



**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

**« ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ,  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ  
ΡΑΔΙΟΠΟΡΩΝ ΣΤΟ GSM ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ »**

*Σεχίδης Παναγιώτης*

*Επιβλέπων Καθηγητής  
Κόκκινος Ευάγγελος*

**The digital standard known as the Global System for Mobile (GSM) has captured a large share of the global cellular market. This book aims to bridge the gap between a reader's basic knowledge of telecommunications and the complexities of the 5000-page GSM technical specification. It describes the system as a whole, covering all aspects of the standard, including mobile stations, switching equipment, the radio interface, infrastructure, transmission methods, and signaling protocols. System architects involved in the design of personal communications systems will find the book to be a complete description of the GSM communications system. It also may serve as a general introduction to digital cellular systems.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	5
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟ ΠΟΡΩΝ .....	5
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ .....	8
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ RR.....	9
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ RR-ΣΥΝΟΔΟΥ .....	10
ΕΝΑΡΞΗ(ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ) .....	14
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	19
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ .....	28
Το BSIC .....	40
ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΔΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ .....	48
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΑΔΙΟ ΚΑΝΑΛΙΩΝ .....	57
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ .....	75
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ RR .....	80
Αρχικές διαδικασίες: πρόσβαση και αρχική ανάθεση.....	81
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	99
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ .....	104
Εκτέλεση Παράδοσης.....	118
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΗΣΗΣ .....	136
ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ RR-ΣΥΝΟΔΟΥ .....	141
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΟΡΤΩΜΑΤΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ .....	144
SACCH ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ .....	148
ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ.....	152
ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΗ ΑΝΑΜΕΤΑΔΟΣΗ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ .....	153
ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ .....	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	160
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	160
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΟΥ .....	161
ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ .....	162
ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΤΤΑΡΟΥ ΚΑΙ PLMN .....	177
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	194
ΟΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ .....	203
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	218

ΟΙ ΑΝΑΓΚΕΣ .....	218
ΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ .....	220
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ .....	228
ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ.....	231
ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΜΜ.....	238
ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ.....	244
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	246
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ .....	246
Η ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	248
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ.....	254
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΛΗΣΗΣ .....	258
Η ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	258
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	280
Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΚΛΗΣΗΣ.....	282
Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	294
ΟΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ .....	299
ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΚΛΗΣΗΣ .....	302
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ IN-CALL .....	304
Η μετάδοση των ακουστικών τόνων .....	310
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	311
Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	311
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ .....	313
ΣΥΝΤΟΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ.....	316
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	317
ΚΙΝΗΤΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΣΥΝΤΟΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ.....	318
ΣΥΝΤΟΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	320
ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ.....	325

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟ ΠΟΡΩΝ

Ως σύστημα τηλεπικοινωνιών, το GSM επιτρέπει στους χρήστες του να επικοινωνούν μέσω καναλιών μετάδοσης διαφόρων χαρακτηριστικών, όπως εξηγούνται στα προηγούμενα κεφάλαια. Εντούτοις αυτά τα κανάλια μετάδοσης δεν διατηρούνται μια για πάντα μεταξύ οποιονδήποτε ζευγαριών χρηστών. Δημιουργούνται ύστερα από απαίτηση και μόνο για τον απαραίτητο χρόνο για μια δεδομένη επικοινωνία. Αυτό απαιτεί την ανταλλαγή πληροφοριών, όχι μόνο μεταξύ των δικτύων που είναι σε άμεση επαφή με τον χρήστη, αλλά και μεταξύ των μηχανών στο εσωτερικό του δικτύου. Αυτό και τα δύο επόμενα κεφάλαια είναι δεσμευμένα στην περιγραφή αυτών των ανταλλαγών πληροφοριών, που επιτρέπουν σε απομακρυσμένους συμμετέχοντες, τους χρήστες και τις μηχανές, να ενεργήσουν από κοινού για να παρέχουν τις υπηρεσίες επικοινωνίας για τις οποίες τα δίκτυα έχουν σχεδιαστεί.

Αυτός ο τεχνολογικός τομέας είναι γνωστός ως σηματοδότηση(signaling), και με αυτό το όνομα, η φήμη του δεν έχει εξαπλωθεί ακόμα τόσο ευρέως όσο άλλοι τομείς όπως η διαμόρφωση, η επεξεργασία σήματος, και άλλες τεχνικές μετάδοσης. Πολλοί άνθρωποι το θεωρούν απλά ως κλάδο της τεχνολογίας λογισμικού, αν και στην πραγματικότητα είναι στο κέντρο του σχεδιασμού σύνθετων συστημάτων, όπου οι στόχοι μπορούν να εκτελεστούν μόνο μέσω της συνεργασίας διακριτών μηχανών. Αυτή είναι η περίπτωση των τηλεπικοινωνιών, κατά την οποία οι μηχανές είναι ουσιαστικά διακριτές και απομακρυσμένες. Η μελέτη της σηματοδότησης GSM είναι επομένως πρωταρχικής σπουδαιότητας για να καταλάβει κανείς πώς λειτουργεί το σύστημα, και ο αναγνώστης δεν πρέπει να εκπλαγεί από το γεγονός ότι το μισό βιβλίο είναι αφιερωμένο στις ανταλλαγές σημάτων.

Η σηματοδότηση είναι συχνά η αντιπαράθεση πολλών απλών και λίγο πολύ αλληλοεξαρτώμενων διαδικασιών, και της πολυπλοκότητάς της, κυρίως από τον

αριθμό και την ποικιλομορφία μικρών ζητημάτων. Έχουμε ήδη δει στο κεφάλαιο 2, σχετικά με την αρχιτεκτονική, ότι η βασική μεθοδολογία για να αντιμετωπίσουμε τέτοια ζητήματα είναι η τεχνική "διαίρεση και κατάκτηση". Κυρίαρχος στις προδιαγραφές της σηματοδότησης GSM είναι ο διαχωρισμός σε τρεις λειτουργικές περιοχές: διαχείριση των ράδιο-πόρων, διαχείριση της κινητικότητας και διαχείριση της επικοινωνίας. Η διαχείριση των κλήσεων είναι το ανώτερο επίπεδο σε αυτήν την οργάνωση, και εξετάζει την εγκατάσταση και την αποδέσμευση των δίπλα-δίπλα καναλιών μετάδοσης, μέσω της περιοχής GSM και της αλληλεπίδρασης με τα εξωτερικά δίκτυα, προκειμένου να υποστηρίξει την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Η διαχείριση επικοινωνίας, ως λειτουργικό επίπεδο, στηρίζεται στις λειτουργίες της διαχείρισης της κινητικότητας προκειμένου να αντιμετωπίσει θέματα κινητικότητας χρηστών και τις σχετικές με την ασφάλεια λειτουργίες. Η διαχείριση των λειτουργιών των ομάδων ράδιο-πόρων, συγκεκριμένα για τη ράδιο διασύνδεση .

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ ενός ράδιο κινητού δικτύου τηλεπικοινωνιών και ενός δικτύου με σταθερές συνδέσεις είναι η διαχείριση των πόρων πρόσβασης. Σε ένα σταθερό σύστημα, υπάρχει συνεχώς ένα δεσμευμένο μέσο επικοινωνίας μεταξύ του τερματικού χρηστών και της υποδομής, έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί όταν πρέπει να αποκατασταθεί μια κλήση. Αντίθετα, σε ένα κυψελοειδές σύστημα όπως το GSM, παρέχεται ένα δεσμευμένο κανάλι πέρα τη ράδιο διεπαφή, στους κινητούς σταθμούς μόνο μετά από απαίτηση και κατά τη διάρκεια της κλήσης, υπό έλεγχο της υποδομής. Αυτό απαιτεί τις λειτουργίες που δεν αντέχουν κανένα αντίτιμο, παραδείγματος χάριν στο ISDN. Ακόμα κι διατεθούν δυναμικά, κανάλια των 64 Kbit/s στην περίπτωση μιας εγκατάστασης πολυτερματικών ISDN, αυτή η διαχείριση των πόρων είναι μάλλον περιορισμένη έναντι σε αυτή ενός πλήρους κυττάρου GSM. Επιπλέον, στο ISDN, ένα κανάλι σηματοδότησης αναμένει πάντα προς χρήση από οποιοδήποτε τερματικό. Το θέμα είναι αρκετά διαφορετικό στο GSM, όπου οι δυνατότητες σηματοδότησης που προσφέρονται σε έναν κινητό σταθμό όταν αυτός βρίσκεται σε κατάσταση μη απασχόλησης, δηλαδή όταν δεν διατίθεται ένα ράδιο κανάλι για εσωτερική χρήση, περιορίζονται στο ελάχιστο. Η συνέπεια είναι ότι ένας πλήθος νέων διαδικασιών απαιτείται.

Εκτός από τη δυναμική κατανομή καναλιών, ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα του GSM (ή άλλων κυψελοειδών συστημάτων γενικά) έναντι με τα σταθερά δίκτυα είναι

η παράδοση. Το πρόβλημα συνίσταται στην παροχή ενός δεσμευμένου καναλιού από τον κινητό σταθμό στο MSC σε κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια μιας κλήσης, παρά την κυκλοφορία του χρήστη. Αυτό απαιτεί μια σύνθετη διαδικασία μέτρησης και απόφασης προκειμένου να ενεργοποιηθεί η μεταφορά της επικοινωνίας στη σωστή στιγμή και προς το σωστό κύτταρο. Σε ένα κυψελοειδές σύστημα, η διαδικασία παράδοσης είναι πολύ σημαντική, δεδομένου ότι επιδρά σημαντικά στην ποιότητα των επικοινωνιών όπως γίνεται αντιληπτή από τους χρήστες, καθώς επίσης και τη φασματική αποτελεσματικότητα.

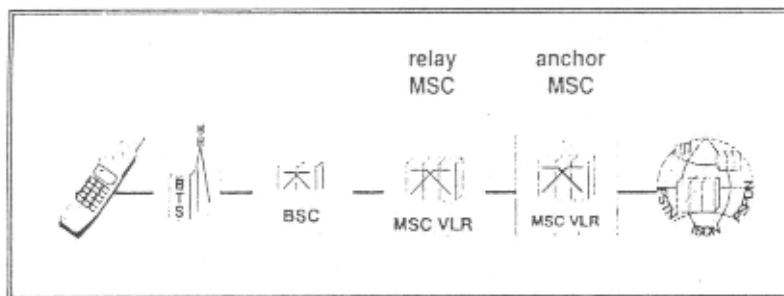
Αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρώσει σε αυτά τα θέματα, δηλαδή στις λειτουργίες που απαιτούνται για να συντονίσουν τους κινητούς σταθμούς και την υποδομή ώστε να παρασχεθούν τα κατάλληλα μέσα μετάδοσης πέρα από τη ράδιο διεπαφή, οτιδήποτε η τηλεπικοινωνιακή υπηρεσία απαιτεί, και οποιοσδήποτε είναι μετακινήσεις του χρήστη. Αυτές οι λειτουργίες διαμορφώνουν μια καλά καθορισμένη περιοχή, η οποία παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2 ως λειτουργικό επίπεδο RR (ράδιο διαχείριση των πόρων). Διαδίδονται μεταξύ τεσσάρων οντοτήτων στην απλοποιημένη αρχιτεκτονική GSM: ο κινητός σταθμός (φυσικά!), τα δύο βασικά τμήματα του υποσυστήματος (BTS και BSC), και ένα μικρό μέρος στο MSC. Όλες οι παραπάνω λειτουργίες στρώματος, που περιγράφονται στα κεφάλαια 7 και 8, είναι βασικά διοικούμενες άμεσα μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC, του βασικού σταθμού του υποσυστήματος (BSS) ενεργώντας για αυτές τις λειτουργίες ως ενιαίο σύνθετο σύστημα μετάδοσης. Η διάδοση των λειτουργιών διαχείρισης των ράδιο-πόρων προϋποθέτει την ύπαρξη διαδικασιών σηματοδότησης μεταξύ των συμμετεχόντων μηχανών υποδομής. Αυτός είναι ο σκοπός των πρωτοκόλλων σηματοδότησης στην A (BSC-MSC) και Abis (BSC-BTS) διασύνδεση, τα οποία θα περιγραφούν σε αυτό το κεφάλαιο.

Το κεφάλαιο αποτελείται βασικά από δύο μέρη. Προκειμένου να παρουσιάσουμε κάποιες συγκεκριμένες έννοιες πρέπει να εισάγουμε κάποιες προκαταρκτικές θεωρήσεις αρχιτεκτονικής, οι σημαντικότερες απαιτήσεις που οδήγησαν το σχέδιο των πρωτοκόλλων RR θα εξεταστούν. Κατόπιν, μετά από ένα τμήμα για την παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του πρωτοκόλλου, οι διάφορες διαδικασίες που απαιτούνται για να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις θα αναπτυχθούν.

## ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

Ένα τμήμα στη μέση αυτού του κεφαλαίου θα επικεντρώσει στην αρχιτεκτονική και τα πρωτόκολλα στη περιοχή της διαχείρισης των ράδιο- πόρων. Εντούτοις, μερικές βασικές έννοιες είναι απαραίτητες για την κατανόηση του πρώτου μέρους του κεφαλαίου. Αφορά κυρίως την έννοια του MSC αναφοράς.

Σε αυτό το κεφάλαιο το σημαντικότερο ρόλο παίζουν τα συστατικά του BSS, του BTS και του BSC. Το MSC επεμβαίνει λίγο, για να εξετάσει τις παραδόσεις μεταξύ των κυττάρων που τις διαχειρίζονται διαφορετικά BSCs. Μερικές παραδόσεις μπορούν ακόμη και να μεταφέρουν τον κινητό σταθμό από ένα κύτταρο μέσα σε μια περιοχή MSC σε ένα κύτταρο σε μια άλλη περιοχή MSC, περιλαμβάνοντας κατά συνέπεια δύο MSC. Οι ρόλοι των δύο MSC είναι διαφορετικοί. Σε καμία περίπτωση το MSC δεν είναι υπεύθυνο για παραχώρηση του ελέγχου της επικοινωνίας στο νέο MSC. Αυτό το MSC καλείται MSC αναφοράς για τη σύνδεση. Αυτό είναι μια σημαντική επιλογή για το σχεδιασμό του GSM, με πολυάριθμες συνέπειες σε διάφορες διαδικασίες. Διάφορα επιχειρήματα δικαιολογούν αυτήν την επιλογή: ένα βασικό είναι το πρόβλημα της φόρτισης, δεδομένου ότι η επικόλληση ετικέτας είναι πολύ απλούστερη όταν ακολουθεί ένα MSC μια κλήση από την αρχή του έως το τέλος του.



Σχήμα 6.1 – Οι αρχές των MSC αναφοράς και ηλεκτρονόμων

Η αλυσίδα μετάδοσης μπορεί να περιλαμβάνει δύο (το πολύ) MSCs: το MSC αναφοράς, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της επικοινωνίας και το MSC ηλεκτρονόμων, το οποίο είναι υπεύθυνο για το BSS, με το οποίο είναι σε επαφή ο κινητός σταθμός.



Μια συνέπεια αυτής της αρχιτεκτονικής επιλογής είναι ότι μετά από μια παράδοση μέσω-MS, δύο MS (και το πολύ-πολύ δύο) μπορούν να περιληφθούν στη σύνδεση. Η αλυσίδα μετάδοσης μεταξύ του κινητού σταθμού και του αλληλεπιδρώντας σημείου με τα εξωτερικά δίκτυα αποτελείται έπειτα από ένα BTS, ένα BSC και είτε δύο MS, ένα MS ηλεκτρονόμων και το MS αναφοράς, είτε από ένα ενιαίο MS (δείτε το σχήμα 1.1). Για να διευκολυνθεί το πρόβλημα της ορολογίας, μια κατάλληλη προσέγγιση είναι να εξεταστούν οι έννοιες του MS ηλεκτρονόμων και του MS αναφοράς ως λειτουργικές, και να αναγνωριστεί ότι όταν υπάρχει μόνο ένα MS, είναι από κοινού και το MS ηλεκτρονόμων και το MS αναφοράς. Κατά συνέπεια ο όρος MS ηλεκτρονόμων θα χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί στο MS σε άμεση επαφή με το BSC, ακόμα κι αν είναι το MS αναφοράς. Και ο όρος MS αναφοράς θα χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί στο MS υπεύθυνο για τις επεξεργασίες του ανώτερου στρώματος, ακόμα κι αν είναι επίσης το MS ηλεκτρονόμων.

## **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ RR**

Σε αυτό το πρώτο μισό αυτού του μακροσκελούς κεφαλαίου, θα μελετήσουμε τις διαφορετικές πτυχές της διαχείρισης των ράδιο-πόρων από την πλευρά των απαιτήσεων. Ενώ τα ζητήματα της υλοποίησης θα αντιμετωπιστούν συχνά, ειδικότερα για τη διανομή των ρόλων ανάμεσα στις περιληφθείσες μηχανές, οι λεπτομέρειες της διαδικασίας σηματοδότησης θα αντιμετωπιστούν εξ ολοκλήρου στο δεύτερο μέρος.

Οι λειτουργίες που καλύπτονται από τη διαχείριση των ράδιο-πόρων επικεντρώνονται στη διαχείριση των καναλιών μετάδοσης μέσω της ράδιο- διεπαφής, και ακριβέστερα μεταξύ του κινητού σταθμού και του MS αναφοράς. Για να αναπτύξουμε αυτές τις λειτουργίες, θα χρησιμοποιήσουμε την έννοια της RR-συνόδου, η οποία θα παρουσιαστεί πρώτα. Μετά από ένα μικρό εδάφιο σχετικά με την πρόσβαση και τη σελιδοποίηση, μέσω των οποίων τα πράγματα ξεκινούν, θα εξετάσουμε το χειρισμό των κύριων ιδιοτήτων της αλυσίδας μετάδοσης, όπως εάν η σηματοδότηση, η ομιλία ή τα δεδομένα μεταφέρονται, και εάν εφαρμόζεται κρυπτογράφηση ή όχι.

Το επόμενο ζήτημα θα είναι ο τρόπος με τον οποίο αποφασίζονται οι παραδόσεις. Η ίδια η εκτέλεση των παραδόσεων θα εξεταστεί κυρίως στο διαδικαστικό τμήμα. Η αντιμετώπιση του ζητήματος της προετοιμασίας της παράδοσης θα μας οδηγήσει βαθιά στην θεώρηση για τις μετρήσεις που εκτελούνται από τον κινητό σταθμό και τον κύριο σταθμό. Αυτές οι μετρήσεις είναι οι βασικές πληροφορίες από τις οποίες οι θα αποφασίσουμε τον τρόπο των παραδόσεων.

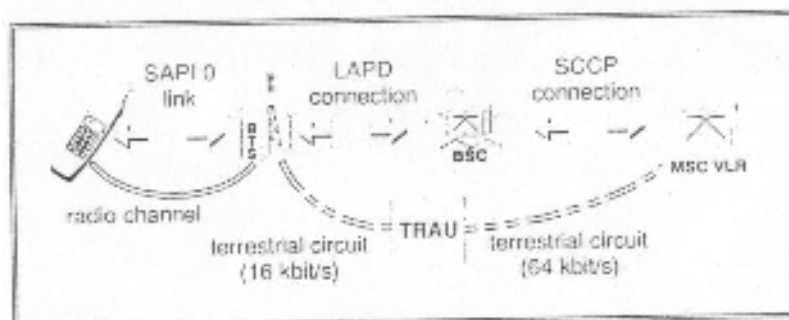
Έπειτα, δύο βοηθητικές λειτουργίες της μετάδοσης πέρα από τη ράδιο- διεπαφή θα εξεταστούν, η διαχείριση της ισχύος μετάδοσης και της προόδου συγχρονισμού.

Τελικά θα εξετάσουμε τη διαχείριση των ράδιο καναλιών στη ράδιο-διεπαφή σαν ένα ενιαίο σύνολο. Οι δύο κύριες απόψεις είναι ο χειρισμός της διαμόρφωσης του ράδιο καναλιού σε κάθε κύτταρο, και τη στρατηγική κατανομής των δεσμευμένων ράδιο καναλιών (TACH/8s και TACH/Fs).

## **Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ RR-ΣΥΝΟΔΟΥ**

Οι περισσότερες από τις λειτουργίες στο επίπεδο της διαχείριση των ράδιο-πόρων αφορούν τη διαχείριση της μετάδοσης μεταξύ του κινητού σταθμού και των MSC αναφοράς. Για κάθε κινητό σταθμό που συμμετέχει σε μια επικοινωνία, υπάρχει ένα κανάλι μετάδοσης καθώς επίσης και ένα κανάλι σηματοδότησης μεταξύ του σταθμού και του MSC αναφοράς. Όπως φαίνεται από έναν κινητό σταθμό, ένα τέτοιο κανάλι δημιουργείται όταν εισάγεται στην δεσμευμένη κατάσταση (δηλ. όταν αφήνει την κατάσταση μη απασχόλησης), και απελευθερώνεται όταν επιστρέφει ο κινητός σταθμός στην κατάσταση μη απασχόλησης. Στην υποδομή, ένα κανάλι μετάδοσης υπάρχει για όλη αυτή την περίοδο, αλλά μπορεί να τροποποιηθεί λεπτομερώς, ειδικά από τις παραδόσεις. Θα αναφέρουμε στο τι ρυθμίζεται κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου ως RR-σύνοδος. Σαν ελάχιστο, μια RR-σύνοδος πρέπει να περιλάβει τα μέσα ώστε να μεταδοθεί η σηματοδότηση μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC αναφοράς μέσω του BTS, BSC και ενδεχομένως ενός MSC ηλεκτρονόμων συμπεριλαμβανομένου ενός δεσμευμένου ράδιο-καναλιού, το οποίο αναφέρεται στη διαχείριση από κοινού της BTS-BSC διεπαφής και της BSC-MSC διεπαφής, και μέσα

στο για την παρακολούθηση του BSS για να ελέγξει τις αποφάσεις ράδιο-σύνδεσης και παράδοσης όταν χρειάζεται. Αυτό το ελάχιστο σύνολο αρκεί μόνο στις περιπτώσεις όπου η μεταφορά των δεδομένων χρηστών κυκλωματικού τύπου δεν απαιτείται, όπως για την ενημέρωση θέσης, τη σύντομη μεταφορά μηνυμάτων ή τη συμπληρωματική διαχείριση υπηρεσιών. Όταν τα δεδομένα χρηστών κυκλωματικού τύπου πρέπει να μεταδοθεί, κατόπιν μια πλήρης σύνδεση κυκλωμάτων μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC αναφοράς είναι επίσης μέρος της RR-συνόδου, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2. Παραδείγματος χάριν, μια λεκτική κλήση απαιτεί τη χρήση μιας σύνδεσης για τη σηματοδότηση καθώς επίσης και μιας σύνδεσης μεταφοράς της ομιλίας μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC. Αυτή η τελευταία σύνδεση χρησιμοποιεί δεσμευμένους πόρους όπως λεκτικό transcoder που μετασχηματίζει τη GSM συγκεκριμένη λεκτική απεικόνιση στα 64 Kbit/s απεικόνιση, που χρησιμοποιείται στα σταθερά δίκτυα.



Σχήμα 1.2 – Περιεχόμενα μιας RR-σύνδεσης

Μια RR-σύνδεση περιέχει και τους πόρους σηματοδότησης μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC αναφοράς, περιλαμβάνοντας ένα δεσμευμένο κανάλι στην ράδιο-πορεία, και κυκλωματικά δεδομένα του χρήστη εάν υπάρχει ανάγκη.

Μια RR-σύνοδος έχει πολλά διαφορετικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ρυθμιστούν με διαδικαστικά μέσα. Κατ' αρχάς, υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη δεσμευμένων καναλιών στη ράδιο διεπαφή, τα οποία αναφέρονται ως TACH/8 και TACH/F στο κεφάλαιο 4 (θα υπάρξουν τρία όταν προστεθούν και τα "half-rate" κανάλια: TACH/8, TACH/H και TACH/F). Δεύτερον, όταν είναι παρόν ένα κύκλωμα για τα δεδομένα των χρηστών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με τους διαφορετικούς τρόπους μετάδοσης. Τέλος, μερικές ακόμα λιγότερο σημαντικές ιδιαιτερότητες μετάδοσης,

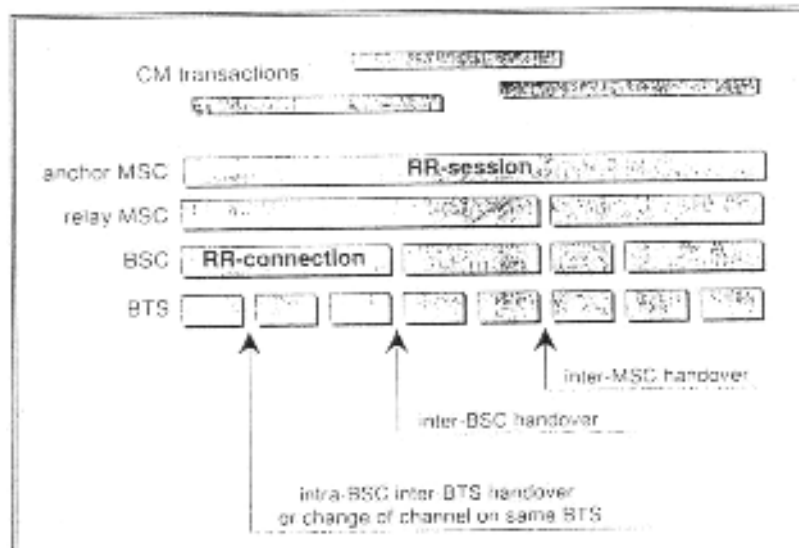
χαρακτηρίζουν τις RR-συνόδους. Ένα παράδειγμα είναι εάν εφαρμόζεται κρυπτογράφηση ή όχι. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια ζωής μιας RR-συνόδου.

Στις προδιαγραφές, ο όρος "RR-σύνδεση" αναφέρεται στις ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια της περιόδου σύνδεσης, σε ένα δεδομένο BSC. Μια αλλαγή στο BSC (π.χ., στην παράδοση inter-BSC) συνεπάγεται μια αλλαγή της RR-σύνδεσης. Οι προδιαγραφές δεν έχουν έναν συγκεκριμένο όρο που καλύπτει το τι ρυθμίζεται για ολόκληρη την περίοδο, όπου ο κινητός σταθμός είναι στην δεσμευμένη κατάσταση μεταξύ δύο περιόδων μη απασχόλησης, δηλ., ότι ονομάζουμε εδώ RR-σύνδεση. Το σχήμα 1.3 επεξηγεί τις έννοιες της RR-σύνδεσης και της RR-συνόδου, και τη σχέση μεταξύ τους. Το σχήμα επίσης δείχνει ότι μια RR-σύνδεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες κλήσεις σε σειρά ή παράλληλα, ή γενικότερα διάφορες συναλλαγές-ΔΕ (όπου ΔΕ, διαχείριση επικοινωνίας), όπως θα περιγραφούν στο κεφάλαιο 8. Οι εκκινήσεις και οι λήξεις των συναλλαγών-ΔΕ αφορούν τη χρήση της μετάδοσης, και είναι απολύτως ανεξάρτητες από τις RR-συνδέσεις, η διαδοχή των οποίων αφορά την μετακίνηση των κινητών σταθμών.

Η RR-σύνδεση είναι ο δεσμός μεταξύ των δύο περιοχών της διαχείρισης των ράδιο-πόρων και της διαχείρισης επικοινωνίας. Αντιπροσωπεύει τις εικόνες του κινητού σταθμού και του MSC αναφοράς. Μια RR-σύνδεση αρχίζει όταν ο κινητός σταθμός εισέρχεται στην δεσμευμένη κατάσταση (η πρόσβαση, όταν εκτελείται η αρχική ανάθεση των δεσμευμένων καναλιών), και εξαφανίζεται όταν ο κινητός σταθμός επιστρέφει στην κατάσταση μη απασχόλησης.

Η ζωή μιας RR-σύνδεσης οριοθετείται από τις παραδόσεις intra-BSC και τις αλλαγές των ράδιο-καναλιών, και αυτό καθορίζει μια άλλη υποδιαίρεση στη διάρκεια ζωής μιας RR-συνόδου. Στο χαμηλότερο επίπεδο, η σύνδεση καναλιών αντιστοιχεί στη συνεχή χρήση του ίδιου ράδιο-καναλιού από τον ίδιο κινητό σταθμό. Μια σύνδεση καναλιών αρχίζει είτε μέσω μιας αρχικής ανάθεσης, μιας διαδοχικής ανάθεσης (μια αλλαγή του καναλιού που γίνεται, π.χ., επειδή το διατιθέμενο κανάλι δεν είναι πλέον του αναγκαίου τύπου), είτε μιας εισερχόμενης παράδοσης οποιουδήποτε τύπου. Εξαφανίζεται είτε μέσω της απελευθέρωσης της RR-συνόδου, της ανάθεσης ενός άλλου καναλιού είτε μιας εξερχόμενης παράδοσης. Οι συνδέσεις καναλιών αντιπροσωπεύουν την εικόνα των BTSs. Από σχεδιαστικής άποψης, ένα BTS

εξετάζει μια αλλαγή του ράδιο-καναλιού μέσα στο ίδιο κύτταρο σαν δύο ανεξάρτητες συνδέσεις καναλιών. Όταν μια σύνδεση καναλιών καθαρίζεται, τα σχετικά δεδομένα διαγράφονται από το BTS, ανεξάρτητα από το εάν ο κινητός σταθμός αναθέσει ένα νέο κανάλι του ίδιου BTS ή ενός άλλου.



Σχήμα 1.4 – Αλλαγές διαμόρφωσης για μια RR-σύνδεση

Κατά την διάρκεια του χρόνου ζωής της, μια RR-σύνδεση μπορεί να έχει διαφορετικές διαμορφώσεις μετάδοσης. Εάν η αρχική διαμόρφωση είναι για παράδειγμα η αριστερή, μπορεί να αλλάξει σε οποιαδήποτε άλλη Από τις υπόλοιπες στο παραπάνω σχέδιο. Το MSC αναφοράς παραμένει υπεύθυνο για τα ανώτερα επίπεδα.

Υπάρχουν πολύ λίγα σταθερά χαρακτηριστικά της RR-σύνδεσης εκτός από τα αντίστοιχα πλαίσια στον κινητό σταθμό και στο MSC αναφοράς, ειδικά όταν κάποιος ανακαλέσει ότι η φυσική πορεία της μετάδοσης μπορεί να αλλάξει πλήρως όταν εμφανίζεται μια παράδοση. Σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, μια δεδομένη RR-σύνδεση ρυθμίζεται από ένα BTS, ένα BSC, ένα MSC αναφοράς και επιπλέον μερικές φορές από ένα MSC ηλεκτρονόμων, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4. Κάθε μια από αυτές τις μηχανές διατηρεί κάποιο σχετικό πλαίσιο με τη RR-σύνδεση. Όταν μια παράδοση εμφανίζεται, η διαμόρφωση αλλάζει, μερικά πλαίσια πρέπει να σβηστούν και άλλα πρέπει να δημιουργηθούν σε άλλες μηχανές. Βασισμένη στις αντίστοιχες διαμορφώσεις, η λειτουργική αρχιτεκτονική του GSM διακρίνει τρία είδη παράδοσης.

Την intra-BSC παράδοση, μόνο το ράδιο-κανάλι, το πλαίσιο στο BTS και ενδεχομένως το ίδιο το BTS αλλάζουν. Σε μια (intra-MSC) inter-BSC παράδοση, το BSC αλλάζει όπως και το ράδιο-κανάλι και το BTS. Τέλος, σε μια inter-MSC παράδοση, το MSC ηλεκτρονόμων είτε δημιουργείται, είτε αντικαθίσταται, είτε εξαφανίζεται. Σε όλες τις περιπτώσεις, το MSC αναφοράς παραμένει σε ισχύ καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής της RR-συνόδου. Είναι πράγματι η μόνη μηχανή που αποτελεί μια σταθερά, και το πλαίσιο της RR-συνόδου στο MSC αναφοράς είναι πράγματι το σημείο αναφοράς της συνόδου.

## **ΕΝΑΡΞΗ(ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ)**

Ένας κινητός σταθμός έχει δύο τελείως διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας, την κατάσταση μη απασχόλησης, όταν δεν συμμετέχει σε μια σύνδεση με την υποδομή, και την δεσμευμένη κατάσταση, όταν ένα πλήρες διπλό κανάλι επιτρέπει να πραγματοποιηθούν πραγματικές επικοινωνίες. Η μετάβαση από την κατάσταση μη απασχόλησης σε δεσμευμένη κατάσταση είναι το πρώτο βήμα της έναρξης μιας RR-συνόδου, και καλείται πρόσβαση. Ως τμήμα μιας διαδικασίας έναρξης, έχει πολλές λειτουργικές πτυχές, και αυτό το τμήμα θα εξετάσει μόνο μερικές πτυχές συγκεκριμένα για το ζήτημα της πρόσβασης. Η ίδια λεπτομερής διαδικασία θα παρουσιαστεί πολύ αργότερα στο κεφάλαιο, αφού θα έχουν εισαχθεί όλες οι σχετικές έννοιες.

Η πρόσβαση μπορεί να προκληθεί είτε για να εκπληρώσει μια ανάγκη η οποία εκφράζεται πρώτα από την πλευρά του κινητού σταθμού (π.χ., μια κλήση που δημιουργείται από το χρήστη του κινητού σταθμού, αλλά και μιας ενημέρωσης θέσης), είτε από την πλευρά υποδομής (π.χ., μια κλήση προς το συνδρομητή GSM). Σε όλες τις περιπτώσεις η διαδικασία πρόσβασης είναι η ίδια, και πυροδοτείται από τον κινητό σταθμό. Όταν το δίκτυο επιθυμεί την εγκατάσταση μιας RR-συνόδου, καταχωρεί τον κινητό σταθμό που αποτελεί ένα αίτημα πρόσβασης για αυτόν. Σε αυτή την κατεύθυνση, όταν παρέχεται μια κανονική υπηρεσία, ο κινητός σταθμός, σε κατάσταση μη απασχόλησης ακούει ένα υποκανάλι καταχώρησης, το οποίο είναι κομμάτι του PAGCH. Εάν ένα μήνυμα σε αυτό το υποκανάλι δείχνει ότι ο συνδρομητής του καταχωρείται, ο κινητός σταθμός αρχίζει τη διαδικασία πρόσβασης,

όμοια με όταν την ζητά ο χρήστης. Θα ασχοληθούμε έπειτα χωριστά με τις δύο αυτές πτυχές, την σωστή πρόσβαση, και την καταχώρηση.

### ***Πρόσβαση***

Ο κινητός σταθμός φανερώνει την «επιθυμία» του για πρόσβαση με την αποστολή ενός μηνύματος στο τυχαίο κανάλι πρόσβασης (RACH), το οποίο αποκρίνεται με ένα αρχικό μήνυμα ανάθεσης στο κανάλι καταχώρησης και παραχώρησης της πρόσβασης (PAGCH), το οποίο περιέχει την περιγραφή του διατιθέμενου δεσμευμένου καναλιού. Ο κινητός σταθμός παρέχει πολύ λίγες πληροφορίες στο αίτημα πρόσβασής του (το μήνυμα έχει μόνο 8 bits του περιεχομένου). Ειδικότερα ο κινητός σταθμός δεν δίνει την ταυτότητά του σε αυτή τη στιγμή, ούτε τον λεπτομερή λόγο για την πρόσβαση. Μια άλλη ενδιαφέρουσα ιδιαιτερότητα είναι ότι η πρόσβαση στο RACH δεν είναι ρυθμισμένη. Η συνέπεια είναι ότι δύο κινητοί σταθμοί μπορούν να στείλουν αιτήματα πρόσβασης ταυτόχρονα, γεγονός το οποίο θα οδηγούσε πιθανότατα στην μη λήψη και των δύο κανενός από το BTS. Το μεγαλύτερο μέρος της πολυπλοκότητας της διαδικασίας πρόσβασης (επανάληψη της προσπάθειας, λύση στο πρόβλημα πρόσβασης στο ίδιο κανάλι, από δύο κινητούς σταθμούς) προέρχεται από την επίλυση αυτών των προβλημάτων.

Η πρόσβαση τελειώνει με την κατανομή ενός ράδιο καναλιού για τη χρήση του κινητού σταθμού. Αυτό καλείται αρχική ανάθεση καναλιών, η οποία στις προδιαγραφές αναφέρεται ως άμεση ανάθεση. Η διαδικασία πρόσβασης, που περιορίζεται εν τούτοις στα μέσα που απαιτούνται για τη μετάβαση μεταξύ των δύο καταστάσεων, κάνει αποκλειστική χρήση δύο συγκεκριμένων καναλιών, του PAGCH και του RACH.

Από μια γενικότερη άποψη, η λειτουργία πρόσβασης είναι η έναρξη μιας συνόδου RR. Υπό αυτήν τη μορφή περιλαμβάνει την έναρξη όλων των πλαισίων και όλων των επαναλαμβανόμενων λειτουργιών που είναι μέρος της συνόδου RR. Η πρόσβαση επομένως θα επανεμφανιστεί σε πολλά από τα λειτουργικά τμήματα, όπως αυτά που εξετάζουν τη διαχείριση της χρονικής προόδου, με τον έλεγχο της ισχύος μετάδοσης (που πρέπει να αρχίσει κατά τη διάρκεια της πρόσβασης), και με την κατανομή

καναλιών. Η λεπτομερής περιγραφή της διαδικασίας πρόσβασης, στο τελευταίο μέρος αυτού του κεφαλαίου, θα παράσχει τη σύνθεση αυτών των διαφορετικών πτυχών.

### ***Καταχώρηση και ασυνεχής υποδοχή***

Συγκρινόμενη με τις άλλες λειτουργίες που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο, η καταχώρηση είναι κάπως ιδιαίτερη, επειδή δεν συνδέεται άμεσα με μια σύνοδο-RR. Ποια είναι πράγματι η σχέση μεταξύ της καταχώρησης και της διαχείρισης των ράδιο-πόρων; Δεδομένου ότι οι σύνοδοι-RR εγκαθίστανται με πρωτοβουλία του κινητού σταθμού, η υποδομή δικτύων χρειάζεται μερικά μέσα προκειμένου να προκαλέσει μια τέτοια εγκατάσταση, αυτός ο ρόλος εκπληρώνεται πράγματι από τη διαδικασία καταχώρησης. Αλλά δεν υπάρχει καμία κοινή αναφορά, καμία σαφής σχέση μεταξύ του μηνύματος καταχώρησης και της επόμενης εγκατάστασης μιας συνόδου-RR. Η μόνη ένδειξη για το δίκτυο είναι η ένδειξη από τον κινητό σταθμό στο πρώτο δεσμευμένο μήνυμα ότι η σύνοδος-RR έχει εγκατασταθεί σε απόκριση κάποιας απροσδιόριστης ένδειξης καταχώρησης.

Η καταχώρηση είναι υπό μία έννοια πιο κοντά στις λειτουργίες διαχείρισης της κινητικότητας απ' ό,τι στις λειτουργίες διαχείρισης των ράδιο-πόρων, δεδομένου ότι εξυπηρετεί τον εντοπισμό ενός κινητού σταθμού, μέσα σε μια ολόκληρη περιοχή θέσης. Η ομαδοποίηση της λειτουργίας καταχώρησης με τη διαχείριση RR, που είναι επίσης αυτό που ακολουθείται στις προδιαγραφές, απεικονίζει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ της καταχώρησης και διάφορων πραγματικών λειτουργιών RR. Παραδείγματος χάριν, τα μηνύματα καταχώρησης και τα αρχικά μηνύματα ανάθεσης μοιράζονται το ίδιο κανάλι (το PAGCH). Αυτή η προσέγγιση είναι επίσης λογική από πραγματική άποψη δεδομένου ότι η κύρια εργασία για την καταχώρηση γίνεται από το BSS, το οποίο σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση εμπλέκεται μόνο με τις λειτουργίες RR.

Πώς αρχίζει η καταχώρηση; Όταν μια εισερχόμενη κλήση φθάνει, το MSC/ VLR ζητά από το BSS να εκτελέσει μια καταχώρηση σε μερικά από τα κύτταρα του BSS. Το MSC παρέχει στο ενδιαφερόμενο BSC την ταυτότητα του κινητού συνδρομητή που καταχωρείται και τον κατάλογο των κυττάρων από τον οποίο πρέπει να απορρέει



η καταχώρηση. Το BSC είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση του PAGCH, δηλαδή την ομαδοποίηση και το σχεδιασμό των μηνυμάτων καταχώρησης καθώς επίσης και των αρχικών μηνυμάτων ανάθεσης. Αυτός ο σχεδιασμός μπορεί να βελτιστοποιηθεί λίγο πολύ, ανάλογα με τον κατασκευαστή. Οι προδιαγραφές περιγράφουν ένα πλαίσιο για μια τέτοια λειτουργία, αλλά ο χειριστής/κατασκευαστής μπορεί να επιλέξει πόσο συχνά θα επαναλαμβάνει τα αναπάντητα μηνύματα καταχώρησης, είτε να στείλει τα αρχικά μηνύματα ανάθεσης επίσης σε εκείνα τα μέρη του PAGCH που αντιστοιχούν στα υποκανάλια καταχώρησης, κ.λπ.

Η διάσπαση των λειτουργιών μεταξύ BTS και BSC όσον αφορά τη καταχώρηση επιτρέπει επίσης κάποια ευελιξία και είναι εξαρτώμενη από τον κατασκευαστή. Χαρακτηριστικά, οι υψηλού επιπέδου στόχοι, όπως οι αποφάσεις προτεραιότητας, στηρίζονται στο BSC. Οι περίπλοκες προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν φορτίο του συστήματος για λογαριασμό της αντίστοιχης προτεραιότητας της καταχώρησης και των αρχικών μηνυμάτων ανάθεσης.

Μια άλλη πτυχή της καταχώρησης που αντιμετωπίζεται επίσης από το BSS αφορά την έννοια της ασυνεχούς υποδοχής. Χάριν της κατανάλωσης μπαταριών στους φορητούς κινητούς σταθμούς, είναι σημαντικό να ελαχιστοποιηθεί το ποσό πληροφοριών που ο κινητός σταθμός πρέπει να λάβει, να αποδιαμορφώσει και να αναλύσει ενώ βρίσκεται σε κατάσταση μη απασχόλησης. Σε αυτή την κατεύθυνση, το κοινό κανάλι ελέγχου downlink μπορεί να διαιρεθεί σε αρκετά υποκανάλια καταχώρησης, και όλα τα μηνύματα καταχώρησης, σχετικά με έναν δεδομένο συνδρομητή, στέλνονται κανονικά στο ίδιο υποκανάλι. Η οργάνωση των υποκαναλιών μπορεί να ποικίλει σε μια βάση κυττάρων, αλλά η πληροφορία μετάδοσης επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να την καθορίσουν. Ένα τέτοιο σχέδιο επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να περιορίσουν τον έλεγχο των μηνυμάτων καταχώρησης στο δικό τους υποκανάλι καταχώρησης, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικά τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους, με την προσθήκη μιας μικρής αύξησης στην καθυστέρηση της ρύθμισης των εισερχόμενων κλήσεων. Ένα τέτοιο χαρακτηριστικό γνώρισμα αναφέρεται ως ασυνεχής υποδοχή, ή DRX, και δεν πρέπει να συγχέεται με την ασυνεχή μετάδοση (DTX) με την οποία δεν έχει καμία σχέση πέρα από τα παρόμοια ονόματα. Οι κινητοί συνδρομητές ανατίθενται σε υποκανάλια καταχώρησης με έναν προκαθορισμένο τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη τα τρία τελευταία

ψηφία της διεθνούς ταυτότητας κινητών συνδρομητών (το IMSI), έτσι ώστε η γνώση της διαμόρφωσης PAGCH να είναι αρκετή για κάθε κινητό σταθμό ώστε να καθορίσει ποια blocks ποιας μονάδας μεταφορέων CCCH πρέπει να ακούσει.

Το PAGCH ακολουθεί τον κύκλο  $51 \times 8$  BP, όπου το BP υποδηλώνει μια περίοδο ενεργοποίησης, χρησιμοποιώντας 9 blocks ανά κύκλο για ένα PAGCH/F (PAGCH μεγάλης περιεκτικότητας) και 3 blocks ανά κύκλο για ένα PAGCH/T (PAGCH μικρής ικανότητας), όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4. Ένας ορισμένος (παραμετρικά ελεγχόμενος) αριθμός αυτών των φραγμών ανήκει σε κάποιο υποκανάλι καταχώρησης, οι υπόλοιποι ανήκουν στα αρχικά μηνύματα ανάθεσης. Αυτός ο αριθμός μπορεί να κυμανθεί από 2 έως 9 για ένα PAGCH/F και από 1 έως 3 για ένα PAGCH/T. Ένα υποκανάλι καταχώρησης είναι (σχεδόν) κυκλικό, με έναν κύκλο που κυμαίνεται από 2 έως 9,  $51 \times 8$  BP (δηλαδή από 0.95 δευτερόλεπτα σε 4.25 δευτερόλεπτα), εδώ πάλι υπό τον έλεγχο μιας παραμέτρου. Ως εκ τούτου, σε ένα δεδομένο PAGCH/F, μπορεί να υπάρξουν από 4 έως 81 υποκανάλια καταχώρησης (2 έως 27 για ένα PAGCH/T). Οι δύο παράμετροι περιγράφουν τη διαμόρφωση PAGCH και μεταδίδονται στο BCCH. Η επιλογή αυτών των παραμέτρων είναι από τον χειριστή. Η δεύτερη παράμετρος (που συνδέεται με τον κύκλο των υποκαναλιών καταχώρησης) αντιστοιχεί σε έναν συμβιβασμό μεταξύ του χρόνου πρόσβασης και της κατανάλωσης ισχύος των κινητών σταθμών. Ο πρώτος εισήχθη απλώς για να επιτρέψει την ανάπτυξη πολύ απλών αλγορίθμων δρομολόγησης για το PAGCH, που δεν χρησιμοποιούν τη δυνατότητα να στέλνουν αρχικές ενδείξεις ανάθεσης σε ένα υποκανάλι καταχώρησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η επιλογή της παραμέτρου συσχετίζεται με την αναλογία μεταξύ του φορτίου καταχώρησης και του αρχικού φορτίου ανάθεσης. Διαφορετικά, η παράμετρος τίθεται έτσι ώστε οποιοδήποτε PAGCH block να ανήκει σε κάποια υποκανάλια καταχώρησης.

Μια μικρή λεπτομέρεια είναι ότι το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών υπό-blocks καταχώρησης της ίδιας υποομάδας είναι σταθερό, εκτός από (σε κάποιους συνδυασμούς) κάθε 3.5 ώρες, όταν το σχέδιο αρίθμησης περνά από το 0. Αυτό συμβαίνει όταν το υποκανάλι καταχώρησης «κύκλος», δεν είναι διαιρέτης του κύκλου αρίθμησης (που διαρκεί  $2048 \times 26 \times 51 \times 8$  BP), δηλ. για τους κύκλους 3, 5, 6, 7 ή 9 φορές  $51 \times 8$  BP.

### *Διαδικαστικές απαιτήσεις για καταχώρηση*

Οι διαδικαστικές απαιτήσεις για τη διαχείριση καταχώρησης περιλαμβάνουν τα μέσα ώστε το MSC να απαιτεί έναν δεδομένο συνδρομητή για να καταχωρηθεί, ένας μηχανισμός για το BSC προκειμένου να ελέγξει την αποστολή αυτού του μηνύματος καταχώρησης (ή εναλλακτικά για να παρέχει στο BTS τα σχετικά στοιχεία για να κατασκευάσει και να δρομολογήσει τα μηνύματα καταχώρησης) και ένας τρόπος να υποδειχθεί η διαμόρφωση PAGCH σε όλους τους κινητούς σταθμούς. Επιπλέον, απαιτούνται μερικά μέσα για να διαμορφωθεί το PAGCH στο υποσύστημα λειτουργίας (OSS), ως τμήμα των γενικότερων τεχνικών για τη διαμόρφωση των κυττάρων. Αυτό εξετάζεται στο κεφάλαιο 9.

### **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ**

Η ζωή και οι πράξεις των RR-συνόδων απλά σκιαγραφήθηκαν στο προηγούμενο τμήμα. Θα δούμε τώρα λεπτομερέστερα τι αποτελεί τη διαχείριση των χαρακτηριστικών μετάδοσης μιας RR-συνόδου. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιλέγονται ανάλογα με την υπηρεσία που παρέχεται. Αποφασίζονται από το MSC αναφοράς, αλλά οι μεταβάσεις συντονίζονται από το BSC. Ο προφανέστερος τομέας του συντονισμού αφορά τον τύπο στοιχείων που πρέπει να μεταφερθεί. από αυτό εξαρτάται η ύπαρξη ή όχι των επίγειων κυκλωμάτων, ο τύπος του ράδιο καναλιού και ο τρόπος μετάδοσης (ομιλία ή δεδομένα). Εκτός από αυτά, το BSS πρέπει να διαχειριστεί επίσης τον τρόπο κρυπτογράφησης, καθώς επίσης και τους ασυνεχείς τρόπους μετάδοσης.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε κάθε μια από αυτές τις πτυχές και θα εξετάσουμε αυτό που πρέπει να γίνει.

### *Διαχείριση τρόπου μετάδοσης*

Ομαδοποιούμε κάτω από τον όρο κατάσταση μετάδοσης τα κύρια χαρακτηριστικά μετάδοσης. Ακριβέστερα, η έννοια του όρου κατάσταση μετάδοσης αναφέρεται στον τρόπο που η αλυσίδα μετάδοσης GSM, χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφοριών του κυκλώματος χρηστών, από τον κινητό σταθμό στο σημείο της

διασύνδεσης με τα συνεργαζόμενα δίκτυα. Το σύνολο των πιθανών καταστάσεων μετάδοσης διαφέρει ανάλογα με τον τύπο καναλιού που χρησιμοποιείται στη ράδιο διεπαφή. Οι τρόποι μετάδοσης έχουν περιγραφεί ήδη λεπτομερώς από την άποψη των χαρακτηριστικών του "φυσικού στρώματος" στα κεφάλαια 3 και 4. Ο πίνακας 1.1 συνοψίζει ποιοι τρόποι μετάδοσης υπάρχουν σε κάθε τύπο ράδιο- καναλιών. Οι τρόποι μετάδοσης που καθορίστηκαν στα half-rate κανάλια δεν είναι στη φάση 1 των προδιαγραφών, αλλά παρουσιάζονται επίσης σε αυτόν τον πίνακα.

<b>TACH/8</b>	<b>TACH/F</b>	<b>TACH/H</b>
Signaling only	Signaling only Speech Data 3.6 kbits/s Data 6 kbits/s Data 12 kbits/s, transparent Data 12 kbits/s, non- transparent	<i>Signaling only</i> <i>Speech</i> <i>Data 3.6 kbits/s</i> <i>Data 12 kbits/s, transparent</i> <i>Data 12 kbits/s, non-transparent</i>

Πίνακας 1.1 – Καταστάσεις μετάδοσης που χρησιμοποιούνται στα ράδιο-κανάλια

Η μοναδική κατάσταση μετάδοσης σε ένα TACH/8 αντιστοιχεί μόνο στην κατάσταση σηματοδότηση μόνο, όπου τα κανάλια «full rate» μπορούν να ικανοποιήσουν 6 διαφορετικές καταστάσεις, και τα κανάλια «half rate» πιθανώς μπορούν να ικανοποιήσουν τις 5 καταστάσεις που είναι καταγεγραμμένες. Οι «διαφανής» και «αδιαφανής» καταστάσεις (δες κεφάλαιο 3) χρησιμοποιούν την ίδια κωδικοποίηση καναλιών στην ράδιο-πορεία, αλλά οδηγούν σε μεταβολές στις λειτουργίες μετάδοσης μέσα στο BSS.

Η κατάσταση "σηματοδότηση μόνο", αντιστοιχεί στην μη-χρήση του καναλιού για να μεταφέρει τα δεδομένα κυκλωματικού τύπου των χρηστών. Η μεταφορά των πληροφοριών σηματοδότησης είναι μια δυνατότητα που υπάρχει σε όλους τους τρόπους μετάδοσης, μόλις εγκατασταθεί μια RR-σύνοδος. Υπάρχουν ακόμη και περιπτώσεις όπου αντιπροσωπεύει τη μοναδική ανάγκη μετάδοσης παραδείγματος χάριν, στην αρχή μιας κλήσης (πριν από τη φάση συνομιλίας), για τη μετάδοση

δεδομένων των χρηστών εκτός από τον κυκλωματικό τύπο (σύντομη μετάδοση μηνυμάτων), για την ενημέρωση θέσης ή για τη συμπληρωματική διαχείριση υπηρεσιών.

Η ύπαρξη μιας πλήρους πορείας μετάδοσης συμπεριλαμβανομένων των επίγειων κυκλωμάτων μεταξύ του BTS και του MSC/IWF, και ο συνυπολογισμός σε αυτή την πορεία του transcoder και μιας μονάδας προσαρμογής της αναλογίας (TRAU), εξαρτώνται από την κατάσταση λειτουργίας. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει κανένα από τα παραπάνω στην κατάσταση «σηματοδότηση μόνο».

Γενικά, ο τρόπος μετάδοσης επιλέγεται από το MSC, ανάλογα με τη δίπλα-δίπλα υπηρεσία. Όταν η RR-σύννοδος εγκαθίσταται αρχικά, το MSC δεν επεμβαίνει στη διαδικασία πριν από το σημείο στο οποίο ξέρει ακριβώς ποιες ανάγκες μετάδοσης πρέπει να εκπληρώσει, μέχρι εκείνο το σημείο. Οι προδιαγραφές επιβάλλουν την κατάσταση "σηματοδότηση μόνο". Το κανάλι μπορεί να επιλεγεί (από το BSC) για να είναι οποιουδήποτε τύπου, αν και είναι συνήθως ένα TACH/8 (δείτε τη σελίδα βιβλίου 355 για τις στρατηγικές κατανομής που μπορούν να ακολουθηθούν από το BSC). Αργότερα κατά τη διάρκεια ζωής της RR-συνόδου, ο τύπος καναλιών και ο τρόπος μετάδοσης μπορούν να αλλάξουν, αυτές οι αλλαγές αποφασίζονται από το MSC, προκειμένου να προσαρμοστούν τα μέσα μετάδοσης στις ανάγκες των χρηστών.

Αν και η απόφαση εναπόκειται στο MSC, είναι το BSC που επιλέγει το ακριβές κανάλι (του ζητούμενου τύπου) και είναι υπεύθυνο για τον συντονισμό των διαφορετικών μηχανών, συμπεριλαμβανομένου του κινητού σταθμού. Η μόνη εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα είναι η εγκατάσταση του επίγειου κυκλώματος (μεταξύ BSC ή TRAU και MSC), το οποίο γίνεται πάντα από τα MSC. Αυτή η εξαίρεση δεν προέρχεται από κάποιο συγκεκριμένο λόγο αλλά καθιερώθηκε από ιστορικούς λόγους. Οι διακόπτες είναι πάντα υπεύθυνοι για την εγκατάσταση του κυκλωματικού περιβάλλοντος. Αυτή η κατάσταση θίγει πραγματικά μερικά προβλήματα στη φάση 2, και πιθανώς η καλύτερη επιλογή θα ήταν να αφηθεί στο BSC ο συνολικός έλεγχος ολόκληρης της αλυσίδας μετάδοσης. Η διαχείριση του επίγειου κυκλώματος θα εξεταστεί με περισσότερες λεπτομέρειες στο επόμενο τμήμα.

### *Διαδικαστικές ανάγκες για τη διαχείριση τρόπου μετάδοσης*

Η διαδικαστική οργάνωση της διαχείρισης του τρόπου μετάδοσης έχει δύο απόψεις. Πρώτα το MSC πρέπει να είναι σε θέση να δείξει την ανάγκη για μια αλλαγή στον τρόπο μετάδοσης σε κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια μιας RR-συνόδου. Δεύτερον, το BSC πρέπει να έχει τα μέσα προκειμένου να συντονίσει τον κινητό σταθμό, το BTS και το TRAU για την πραγματοποίηση του αιτήματος του MSC. Αυτή η τελευταία πτυχή είναι χωρισμένη σε δύο περιπτώσεις από την πλευρά του BSC και του κινητού σταθμού, εάν ο τύπος (πλήρης ρυθμός ή όγδοος ρυθμός) του υπάρχοντος ράδιο καναλιού ταιριάζει στις απαιτήσεις ή όχι. Μια χαρακτηριστική περίπτωση όταν δεν ταιριάζει, είναι στην αρχή μιας RR-συνόδου, που εγκαθίσταται με σκοπό την αποκατάσταση μιας κλήσης, εάν το υπάρχον κανάλι είναι ένα TACH/8. Σε αυτή την περίπτωση, τα ράδιο-κανάλια πρέπει να αλλάξουν. Η διαδικασία για να αλλάξει το ράδιο κανάλι που χρησιμοποιείται από μια RR-συνόδο χωρίς αλλαγή του κυττάρου, καλείται επόμενη ανάθεση. Εάν ο τύπος του υπάρχοντος καναλιού είναι κατάλληλος, αλλά η κατάσταση μετάδοσης δεν είναι, η διαδικασία μεταξύ του κινητού σταθμού και του BSC είναι μια τροποποίηση κατάστασης.

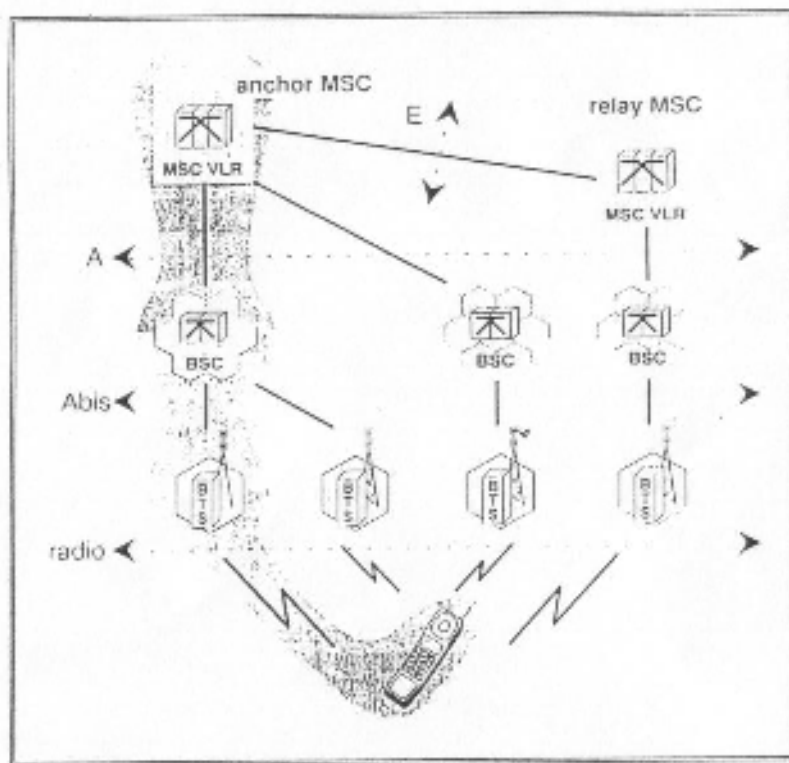
Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία παράδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αλλαγή της κατάστασης μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένου του τύπου καναλιού. Αμοιβαία, μια εσωτερική αλλαγή κυττάρων του καναλιού καλείται συχνά παράδοση, εάν προκαλείται από ποιοτικά αίτια και όχι από την προσαρμογή στις ανάγκες της υπηρεσίας. Μια μικρή παρέκκλιση στους όρους είναι χρήσιμη σε αυτή τη φάση. Η τελευταία χρήση του όρου παράδοσης γίνεται ώστε να γίνει κατανοητή από την άποψη γιατί αυτό γίνεται. Εντούτοις, από την άποψη του τι γίνεται όπως φαίνεται μεταξύ του BSC και του κινητού σταθμού, δεν υπάρχει πράγματι καμία διαφορά μεταξύ μιας επόμενης ανάθεσης και μιας "παράδοσης" στο εσωτερικό του κυττάρου. Η αποδεκτή χρήση του όρου παράδοσης εξαρτάται από το πλαίσιο.

### *Επίγεια διαχείριση καναλιών*

Μια RR-συνόδος μπορεί ή μπορεί και όχι να περιλάβει ένα πλήρες κύκλωμα μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC για να φέρει τις πληροφορίες χρηστών. Αυτό το

κύκλωμα δεν είναι πάντα παρόν παραδείγματος χάριν, εάν η RR-σύνδεση χρησιμοποιείται για την ενημέρωση θέσης, ένα τέτοιο κύκλωμα είναι άχρηστο.

Όταν είναι παρόν, περιλαμβάνει ένα ράδιο κανάλι (ένα TACH/F, ή στο μέλλον ένα TACH/H), και τα επίγεια κυκλώματα που συνδέουν το BTS με το MSC αναφοράς μέσω του BSC και ενός TRAU, εφόσον ενδείκνυται. Το επίγειο κύκλωμα από BTS σε BSC (ενδεχομένως μέσω του TRAU) είναι σε μια ένα προς ένα σχέση με το ράδιο κανάλι, και εξετάζεται έπειτα από το BSC ως τμήμα της διαχείρισης των ραδιοκαναλιών.



Σχήμα 1.5 – Διάθεση καναλιών στις επείγουσες διεπαφές

Όταν το TRAU τοποθετείται στην πλευρά του MSC, στο BSC, το MSC πρώτο επιλέγει ένα κύκλωμα προς το TRAU, μετά μια ανταλλαγή σηματοδότησης λαμβάνει χώρα στην διεπαφή A και τέλος το BSC ελέγχει την εγκατάσταση των κυκλωμάτων ανάμεσα στο BTS και στο TRAU.

Στη διεπαφή A, το κύκλωμα (από το BSC ή το TRAU στο MSC) διατίθεται σε μια RR-σύνοδο από το MSC ηλεκτρονόμων. Η ένδειξη ότι ένα κύκλωμα έχει διατεθεί δίνεται στο BSC μέσω των μέσων σηματοδότησης, καθιστώντας ικανό το BSC έπειτα, να το συνδέσει στο ράδιο μέρος της πορείας μέσω του πίνακα μετατροπής του (δες σχήμα 1.5).

Τέλος, το κύκλωμα μεταξύ του MSC αναφοράς και του MSC ηλεκτρονόμων, εάν αυτά είναι διαφορετικά, εγκαθίσταται με κανονική αρχιτεκτονική χρησιμοποιώντας τυποποιημένες PSTN ή ISDN μεθόδους. Η εγκατάσταση ενεργοποιείται από το MSC αναφοράς, χρησιμοποιώντας τα ίδια διαδικαστικά μέσα που θα χρησιμοποιούσε για να εγκαταστήσει μια κλήση.

Η ύπαρξη μιας κινητής transcoder και προσαρμογής ρυθμού, μονάδας κατά μήκος της πορείας του BTS στο MSC ηλεκτρονόμων καθιστά αυτήν την εικόνα κάπως πιο σύνθετη. Εάν δεν υπάρχει κανένας πίνακας μετατροπής, ελεγχόμενος από το BSC, μεταξύ του TRAU και του MSC, τότε μια ένα προς ένα σχέση πρέπει να υπάρξει μεταξύ ενός συγκεκριμένου πόρου μετάδοσης στο TRAU και ενός κυκλώματος MSC-TRAU. Κατά συνέπεια, είναι σε εκείνη την περίπτωση το MSC που επιλέγει σιωπηρά τη συσκευή κωδικοποίησης με την επιλογή του επίγειου κυκλώματος. Αυτή η κατάσταση δεν αντέχει καμία συνέπεια εάν οι TRAU συσκευές είναι όλες ισοδύναμες, διαφορετικά υπάρχει ένα πιθανό πρόβλημα, δεδομένου ότι ένα BSS είναι υπεύθυνο για το TRAU, και της συνέπειας μεταξύ των ενεργειών που κάνει το TRAU και του τι γίνεται στη ράδιο διεπαφή. Κατά συνέπεια, το TRAU ρυθμίζεται με κάποιο τρόπο και από το MSC και από το BSS, και στην πράξη, οι αρχιτεκτονικές επιλογές του GSM καθιστούν δύσκολο να έχουμε διακριτούς τύπους των TRAU.

#### *Διαδικαστικές ανάγκες για την επίγεια διαχείριση καναλιών*

Το επίγειο μέρος της πορείας μετάδοσης μιας RR-συνόδου εγκαθίσταται όταν ζητείται ένα TCH/F από το MSC αναφοράς. Αυτό είναι ένα μέρος της διαδικασίας επόμενης ανάθεσης. Τροποποιείται προφανώς σε κάθε παράδοση, και συγκεκριμένα τροποποιείται εξ ολοκλήρου για μια παράδοση στο εσωτερικό του MSC. Η εγκατάσταση της νέας πορείας και η απελευθέρωση της προηγούμενης είναι μέρος της διαδικασίας εκτέλεσης παράδοσης.



### *Διαχείριση της κατάστασης κρυπτογράφησης*

Η μετάδοση κατά μήκος της ράδιο-πορείας έχει μερικά χαρακτηριστικά, τα οποία πρέπει να ρυθμιστούν ανεξάρτητα από τον τύπο των δεδομένων που μεταφέρονται. Το πρώτο από αυτά είναι η κατάσταση κρυπτογράφησης: η μετάδοση μπορεί να κρυπτογραφηθεί ή όχι, όπως επιδιώκεται από το MSC, σύμφωνα με μερικά κριτήρια που εξαρτώνται από το χειριστή.

Μια RR-σύνοδος αρχίζει πάντα σε κατάσταση «σηματοδότηση μόνο», και πάντα με καθαρό (άδειο) κείμενο (δηλαδή μη αποκρυπτογραφημένο). Το τελευταίο είναι μια απαραίτητη απαίτηση, δεδομένου ότι το στήσιμο μιας RR-συνόδου εκτελείται χωρίς το δίκτυο που ξέρει την ταυτότητα των συνδρομητών, δεν μπορεί να εφαρμοστεί κρυπτογράφηση με τη χρήση ενός κλειδιού σχετικού με τον χρήστη. Επομένως απαιτούνται τα μέσα για τη μετάβαση από το καθαρό κείμενο στην κρυπτογραφημένη μετάδοση σε μια υπάρχουσα RR-σύνοδο. Οι *προδιαγραφές* δεν επιτρέπουν ρητά την αντίστροφη μετάβαση, δηλ. από την κατάσταση κρυπτογράφησης στην κατάσταση μη-κρυπτογράφησης. Καμία ανάγκη δεν προσδιορίστηκε για μια τέτοια μετάβαση. Ομοίως, οι *προδιαγραφές* δεν φροντίζουν για την αλλαγή του κλειδιού κρυπτογράφησης ενώ βρίσκεται σε κατάσταση κρυπτογράφησης. Εντούτοις, οι υπάρχουσες διαδικασίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για να υποστηρίξουν αυτές τις μεταβάσεις, εάν προέκυπτε η ανάγκη.

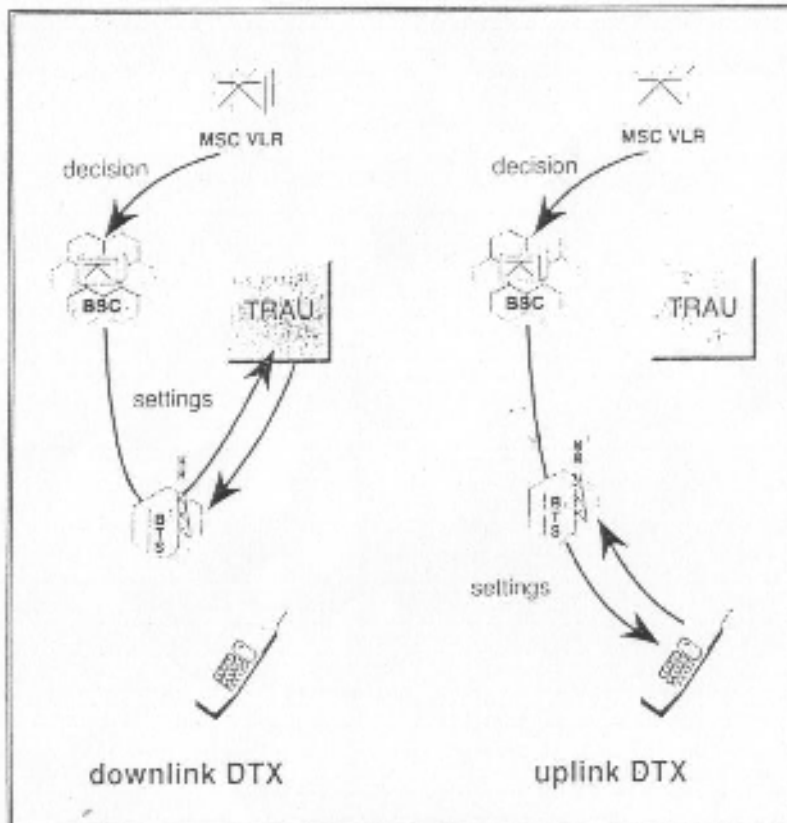
Ομοίως στην περίπτωση της διαχείρισης της κατάστασης μετάδοσης, η μετάβαση από τη μετάδοση καθαρών κειμένων στην κατάσταση κρυπτογράφησης αποφασίζεται από το MSC, το BSC που είναι υπεύθυνο για τον συντονισμό της πραγματικής αλλαγής. Η διαχείριση της κατάστασης κρυπτογράφησης επιδρά στους κινητούς σταθμούς και στο BTS.

Οι διαδικαστικές ανάγκες περιλαμβάνουν τα μέσα για το MSC ώστε να παρασχεθούν οι παράμετροι κρυπτογράφησης (η κατάσταση και το κλειδί κρυπτογράφησης του χρήστη  $K_c$  εάν είναι απαραίτητο) στο BSC για μια εισερχόμενη παράδοση, τα μέσα για το MSC, που απαιτούν μια αλλαγή της τρέχουσας κατάστασης από μη-

κρυπτογραφημένη σε κρυπτογραφημένη, και τα μέσα για το BSC που συντονίζουν την μετάβαση στο BTS και τον κινητό σταθμό. Αυτή η τελευταία πτυχή είναι μεγάλης σημασίας, δεδομένου ότι τα μηνύματα που στέλνονται από μία κατάσταση δεν θα γίνουν κατανοητά από μια ομότιμη οντότητα εάν αυτή η οντότητα είναι τοποθετημένη σε άλλη κατάσταση, με συνέπεια μια μη ανακτήσιμη απώλεια σύνδεσης. Ο τρόπος συγχρονισμού του κινητού σταθμού και του BTS θα περιγραφεί στο διαδικαστικό τμήμα

### ***Ασυνεχής μετάδοση***

Η ασυνεχής μετάδοση (DTX) έχει περιγραφεί στα κεφάλαια 3 και 4. Όταν εφαρμόζεται η ασυνεχής μετάδοση, η πραγματική μετάδοση στη ράδιο πορεία μειώνεται στο ελάχιστο, όταν ανιχνεύεται ότι τα δεδομένα των χρηστών δεν περιέχουν σημαντικές πληροφορίες (παραδείγματος χάριν, κατά τη διάρκεια των λεκτικών σιωπών). Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι προαιρετικό και πρέπει επομένως να ρυθμιστεί. Επιπλέον, η ασυνεχής μετάδοση μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα σε κάθε κατεύθυνση, έτσι ώστε ο έλεγχος της ασυνεχούς μετάδοσης πρέπει να λάβει υπόψη δύο συστατικά: τον uplink τρόπο και τον τρόπο downlink.



Σχήμα 1.6. Διαδικαστικές ανάγκες για τη διαχείριση ασυνεχούς μετάδοσης

Η χρήση ή μη της ασυνεχούς μετάδοσης πρέπει να γνωστοποιηθεί στο τέλος της μετάδοσης. Η μονάδα υποδοχής δεν χρειάζεται να το γνωρίζει νωρίτερα.

Η ασυνεχής μετάδοση είναι σχετική μόνο με κάποιες από τις καταστάσεις μετάδοσης, την ομιλία και τα αδιαφανή δεδομένα, απλά επειδή στις άλλες περιπτώσεις είναι δύσκολο να αξιολογηθεί πότε η μετάδοση δεδομένων χρηστών μπορεί να ανασταλεί χωρίς αλλοίωση της υπηρεσίας. Ο ασυνεχής τρόπος μετάδοσης έχει επιπτώσεις στη λειτουργία του κινητού σταθμού και του TRAU. Το BTS προφανώς εμπλέκεται, αλλά καθορίζει τη συμπεριφορά της δυναμικά από τα δεδομένα που προέρχονται από τον κινητό σταθμό (uplink) και από το TRAU (όπου υπάρχει) και MSC/IWF (downlink). Εάν η ασυνεχής μετάδοση πρέπει να εφαρμοστεί ή όχι, αποφασίζετε από το MSC, και την εκτέλεση ελέγχεται από το BSC. Ένα GSM BSS πρέπει πράγματι να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει την ασυνεχή μετάδοση, οποιαδήποτε κι αν είναι στρατηγική του αντίστοιχου MSC.

Η επιλογή της στρατηγικής για την ασυνεχή μετάδοση είναι μια από τις πολλές παραμέτρους διαμόρφωσης στις οποίες οι χειριστές μπορούν να πειραματιστούν για

να βελτιστοποιήσουν το δίκτυό τους. Διάφορες εκτιμήσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη σε αυτήν την στρατηγική. Παραδείγματος χάριν, το GSM κινητό στις κινητές κλήσεις, υφίσταται μια απώλεια στην ποιότητα όταν η ασυνεχής μετάδοση εφαρμόζεται και στα δύο ράδιο-τμήματα: οι εμπειρογνώμονες αναφέρονται σε αυτό το φαινόμενο ως "διπλό ψαλίδισμα". Ο χειριστής μπορεί επομένως να επιλέξει να μην εφαρμόσει την ασυνεχή μετάδοση downlink, για τέτοιες MS-to-MS κλήσεις, εάν μπορούν να προσδιοριστούν.

Ο ασυνεχής τρόπος μετάδοσης downlink, μπορεί να αλλάξει όταν αλλάξει ο τρόπος μετάδοσης, αυτές είναι πράγματι οι μόνες στιγμές στις οποίες οι *προδιαγραφές* επιτρέπουν μια αλλαγή στον ασυνεχή τρόπο μετάδοσης, δεδομένου ότι καμία άλλη ανάγκη δεν προσδιορίστηκε.

Για τον uplink ασυνεχή τρόπο μετάδοσης, το δίκτυο μπορεί σε κάθε στιγμή είτε να εξαναγκάσει τους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται σε επικοινωνία να τον χρησιμοποιήσουν, να τους απαγορεύσει να τον χρησιμοποιήσουν ή να αφήσει την επιλογή ανοικτή.

Οι διαδικαστικές ανάγκες για την διαχείριση της ασυνεχούς μετάδοσης περιλαμβάνουν τα μέσα για το MSC ώστε να υποδείξει εάν η ασυνεχής μετάδοση πρέπει να εφαρμοστεί για uplink και για downlink σύνδεση, και τα μέσα για το BSC ώστε να διαμορφώσει τον κινητό σταθμό και το TRAU μέσω του BTS (δείτε σχήμα 1.6).

## **ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ**

Η δυνατότητα να αλλάξει το κύτταρο κατά τη διάρκεια μιας RR-συνόδου είναι μια πολύ σημαντική λειτουργία σε ένα κυψελοειδές σύστημα, και η σημαντικότερη πηγή πολυπλοκότητας στο επίπεδο της διαχείρισης των ράδιο-πόρων. Έχουμε ήδη αγγίξει μερικές από τις πτυχές, σχετικές με την εκτέλεση μιας παράδοσης, δηλ., τι πρέπει να τροποποιηθεί όταν λαμβάνει χώρα μια παράδοση. Εντούτοις, αυτό αποτελεί μόνο την κορυφή του παγόβουνου. Η διαδικασία που προηγείται, της προετοιμασίας παράδοσης, μπορεί να θεωρηθεί ως «παρασκηνιακή» δραστηριότητα, όμως είναι το

σημαντικότερο θέμα, το οποίο ρυθμίζει και τη φασματική αποτελεσματικότητα και την ποιότητα της υπηρεσίας όπως γίνεται αντιληπτή από τους χρήστες.

Η απόφαση να προκληθεί μια παράδοση, και η επιλογή του κυττάρου-στόχου, είναι βασισμένα σε διάφορες παραμέτρους, και διάφοροι λόγοι μπορούν να προκαλέσουν την παρούσα απόφαση. Αυτοί οι λόγοι θα μελετηθούν πρώτα, και έπειτα θα ακολουθήσει μια περιγραφή των παραμέτρων που έχουν επιπτώσεις στην επιλογή. Μεταξύ αυτών των παραμέτρων, οι ράδιο μετρήσεις που εκτελούνται από τον κινητό σταθμό και από το BTS είναι πρώτιστης σπουδαιότητας, και θα εξεταστούν λεπτομερώς. Η λειτουργική διανομή των λειτουργιών θα εξεταστεί στο τέλος.

### ***Σκοποί παράδοσης***

Εκ πρώτης όψεως, ο στόχος των παραδόσεων είναι να αποφευχθεί η διακοπή μιας κλήσης υπό εξέλιξη όταν ο κινητός σταθμός αφήνει την περιοχή ράδιο- κάλυψης του επικεφαλής κυττάρου. Τέτοιες διακοπές γίνονται αντιληπτές με πολύ άσχημο τρόπο από τους χρήστες, και έχει μια ιδιαίτερη βαρύτητα στη γενική αντίληψη για την ποιότητα της υπηρεσίας από τους συνδρομητές. Θα καλέσουμε αυτόν τον τύπο παράδοσης «παράδοση διάσωσης», όπου υπάρχει μια υψηλή πιθανότητα ότι η κλήση να διακοπεί εάν το κύτταρο δεν αλλάξει. Μια ακραία μορφή της παράδοσης διάσωσης είναι η αποκατάσταση κλήσης, η οποία είναι μια προσπάθεια για τον κινητό σταθμό να σώσει τη σύνδεση μετά από μια πραγματική απώλεια επικοινωνίας με το εξυπηρετών κύτταρο.

Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να είναι ενδιαφέρον να αλλαχτεί το εξυπηρετών κύτταρο ενός δεδομένου κινητού σταθμού ακόμα κι αν η ποιότητα μετάδοσης είναι ακόμα επαρκής. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το διεθνές επίπεδο παρέμβασης θα βελτιωνόταν σημαντικά εφόσον ο κινητός σταθμός θα ήταν σε επαφή με ένα άλλο κύτταρο. Οι υπολογισμοί και οι προσομοιώσεις παρουσιάζουν πράγματι ότι υπάρχει συνήθως ένα «καλύτερο κύτταρο» από την άποψη της παρεμβολής. Αυτή η δήλωση είναι ιδιαίτερα πραγματική όταν χρησιμοποιείται ο έλεγχος ισχύος, δεδομένου ότι το κύτταρο που αντιστοιχεί στην ελάχιστη απώλεια πορειών θα ελαχιστοποιήσει την ισχύ μετάδοσης των κινητών σταθμών (που ρυθμίζεται από το BTS), με αυτόν τον

τρόπο ελαχιστοποιώντας στατιστικά το γενικό επίπεδο παρεμβολής. Μια παράδοση που προκαλείται με το στόχο να βελτιστοποιήσει το επίπεδο παρεμβολής και όχι χάριν της τρέχουσας επικοινωνίας θα αναφερθεί εδώ ως «παράδοση περιορισμού». Τέτοιες παραδόσεις οδηγούν σε «περιορισμό» των βέλτιστων γεωγραφικών περιοχών των κινητών σταθμών που έχουν μια σύνδεση σε ένα δεδομένο κύτταρο, αποτρέποντας τους από την αναζήτηση της βέλτιστης κυψελοειδή κάλυψη ακόμα κι αν οι συνδέσεις τους δεν έχουν επαρκή ποιότητα. Οι παραδόσεις περιορισμού μπορούν ενδεχομένως να συγκρουστούν με την τοπική βελτιστοποίηση της ποιότητας μετάδοσης, και δεν πρέπει να εκτελεστούν προς τα κύτταρα για τα οποία η ποιότητα μετάδοσης δεν είναι σωστή.

Ένα τρίτο είδος παράδοσης αναφέρεται ως «παράδοση κυκλοφορίας». Μπορεί να συμβεί να είναι ένα κύτταρο κορεσμένο ενώ τα γειτονικά κύτταρα να μην είναι. Μια τέτοια κατάσταση συμβαίνει χαρακτηριστικά όταν συγκεκριμένα γεγονότα οδηγούν σε μια πολύ τοπική γεωγραφική αιχμή: εκθέσεις, αθλητικές εκδηλώσεις, και τα λοιπά. Επειδή η πραγματική κάλυψη των γειτονικών κυττάρων επικαλύπτει πολύ συχνά, η παράδοση μερικών κλήσεων από ένα κύτταρο σε ένα άλλο λιγότερο κορεσμένο, θα μπορούσε προσωρινά να βελτιώσει τις κορεσμένες καταστάσεις. Αυτό το είδος παράδοσης πρέπει να αντιμετωπιστεί με μεγάλη προσοχή, δεδομένου ότι είναι προφανώς σε σύγκρουση με τα κριτήρια περιορισμού. Οι παραδόσεις κυκλοφορίας θα διαταράξουν απαραιτήτως τον προγραμματισμό κυττάρων και θα αυξήσουν το επίπεδο παρεμβολής στην περιβάλλουσα περιοχή.

Οι *προδιαγραφές* χειρίζονται την παράδοση κυκλοφορίας με έναν διαφορετικό τρόπο από τους άλλους τύπους παραδόσεων. Οι έννοιες της παράδοσης διάσωσης και της παράδοσης περιορισμού, αφ' ετέρου, δεν αναπτύσσονται στις προδιαγραφές, αλλά οι ακόλουθες παράγραφοι θα παρουσιάσουν πόσο μπορεί αυτή η διάκριση να βοηθήσει τους χειριστές και τους κατασκευαστές στην ανάπτυξη έξυπνων αλγορίθμων παράδοσης.

### ***Κριτήρια παράδοσης***

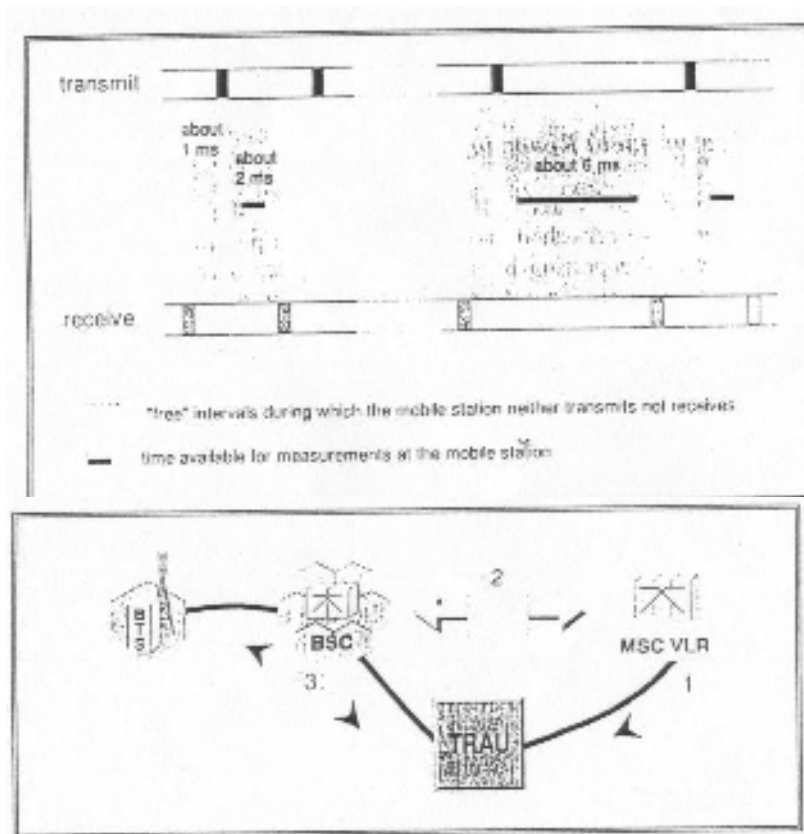
Ανάλογα με το σκοπό για την παράδοση, τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη διαφέρουν, αλλά περιλαμβάνουν πάντα κάποιες πληροφορίες για να προβλέψουν τι θα συμβεί με ή χωρίς παράδοση, σύμφωνα με το κύτταρο προορισμού.

Το κύριο κριτήριο για την παράδοση διάσωσης είναι η ποιότητα της μετάδοσης για την τρέχουσα σύνδεση, τόσο για την uplink όσο και για την downlink σύνδεση. Οι καλύτερες πληροφορίες θα ήταν μια αξιολόγηση της ποιότητας μετάδοσης όπως γίνονται αντιληπτές και από τους δύο χρήστες. Με την ψηφιακή μετάδοση, το ποσοστό λάθους μετάδοσης είναι ένας δείκτης καλής ποιότητας. Η απώλεια πορειών διάδοσης που υφίσταται από τη ράδιο μετάδοση είναι επίσης ενδιαφέρουσα. Ένα άλλο κομμάτι των πληροφοριών, αν και περισσότερο οριακής εφαρμογής, είναι η καθυστέρηση διάδοσης. Η μετάδοση στη GSM ράδιο διεπαφή δεν μπορεί συνήθως να υποστηρίξει μια υψηλή καθυστέρηση διάδοσης, και μια σύνδεση μπορεί να κοπεί εάν γίνεται πάρα πολύ μεγάλη. Η περίπτωση μπορεί μόνο να προκύψει στα μεγάλα κύτταρα αγροτικών περιοχών. Στο GSM, όλες αυτές οι μετρήσεις είναι διαθέσιμες στη διαδικασία απόφασης παράδοσης. Ο κινητός σταθμός και τα BTS μετρούν τακτικά την ποιότητα μετάδοσης και το επίπεδο υποδοχής, από τις οποίες μπορεί να προκύψει η απώλεια πορειών. Ο κινητός σταθμός εκπέμπει τις μετρήσεις του στο BTS, με ποσοστό μία με δύο φορές ανά δευτερόλεπτο.

Τα βασικά κριτήρια για μια παράδοση περιορισμού είναι η uplink και η downlink ποιότητα μετάδοσης, που αντιστοιχεί σε κάθε γειτονικό κύτταρο, όπου ο κινητός σταθμός βρίσκεται σε σύνδεση με εκείνο το κύτταρο. Δεδομένου ότι αυτές οι πληροφορίες είναι αρκετά δύσκολο να ανακτηθούν (παραδείγματος χάριν μπορούν να εξαρτηθούν από το δυνάμει διατιθέμενο κανάλι), η διαδικασία παράδοσης στο GSM πρέπει να αρκестθεί μόνο στην απώλεια πορειών μεταξύ του κινητού σταθμού και διάφορων γειτονικών κυττάρων. Στην πραγματικότητα, μόνο οι τιμές downlink μέτριούνται, από τον κινητό σταθμό, και γίνεται η υπόθεση ότι η απώλεια πορειών είναι ισοδύναμη και στις δύο κατευθύνσεις.

Η διαδικασία απόφασης για τις παραδόσεις κυκλοφορίας απαιτεί τις πληροφορίες για το φορτίο κάθε BTS, και αυτές οι πληροφορίες είναι γνωστές από τα MSCs και τα BSCs. Οι παραδόσεις κυκλοφορίας διαφέρουν αρκετά από τις παραδόσεις διάσωσης και περιορισμού, επειδή οι λόγοι κυκλοφορίας υπαγορεύουν τον αριθμό των κινητών

σταθμών που παραδίδονται, σε ένα δεδομένο κύτταρο, αλλά δεν προσδιορίζουν ποιος από αυτούς πρέπει να είναι. Η επιλογή των ευνοημένων (:) αρχίζει συνήθως με εκείνους που είναι πιο κοντά για να παραδοθούν για άλλους λόγους. Ως εκ τούτου, η παράδοση κυκλοφορίας βασίζεται στα υπόλοιπα κριτήρια και τις αντίστοιχες μετρήσεις.



Σχήμα 1.7 – Διαθέσιμες παύσεις μέτρησης στον κινητό σταθμό

Μία δρομολόγηση TACH/F αφήνει τον κινητό σταθμό με 26 μικρές παύσεις (2 BP – ε, # 1ms), 24 «μικρές» παύσεις (4 BP + ε, # 2ms) και μια «μεγάλη» παύση (12 BP + ε, # 6ms) κάθε 120ms.

Οι αλγόριθμοι για την απόφαση παράδοσης και την επιλογή του κυττάρου- στόχου δεν επιβάλλονται από τις προδιαγραφές. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου αλγορίθμου δίνεται ως παράρτημα του TS GSM 05.08, αλλά ο χειριστής και οι κατασκευαστές έχουν την πλήρη ελευθερία να εφαρμόσουν περισσότερο (ή λιγότερο) περίπλοκους αλγόριθμους βασισμένους στις διαθέσιμες παραμέτρους. Προκειμένου να συνοψίσουμε, ένας κατάλογος των παραμέτρων που λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία απόφασης παράδοσης, παρατίθεται παρακάτω:



- μερικά στατικά στοιχεία, όπως η μέγιστη ισχύς μετάδοσης:
  - ο κινητός σταθμός
  - η εξυπηρέτηση BTS
  - τα BTSs των γειτονικών κυττάρων
- μετρήσεις πραγματικού χρόνου που εκτελούνται από τον κινητό σταθμό:
  - η ποιότητα μετάδοσης downlink (raw bit error rate)
  - το επίπεδο υποδοχής downlink στο τρέχον κανάλι
  - τα επίπεδα υποδοχής downlink από τα γειτονικά κύτταρα
- μετρήσεις πραγματικού χρόνου που εκτελούνται από το BTS:
  - η uplink ποιότητα μετάδοσης (raw bit error rate)
  - το uplink επίπεδο υποδοχής στο τρέχον κανάλι
  - η πρόοδος συγχρονισμού
  - οι εκτιμήσεις κυκλοφορίας, η χωρητικότητα των κυττάρων και το φορτίο

Μερικές από αυτές τις παραμέτρους δημιουργούν κάποια τεχνικά ερωτήματα, παραδείγματος χάριν πώς ο κινητός σταθμός αναφέρει τις μετρήσεις, και πώς ένας κινητός σταθμός κάνει μετρήσεις που αφορούν γειτονικά κύτταρα, τα οποία δεν βρίσκονται σε δεσμευμένη κατάσταση;

### ***Μετρήσεις***

Οι διάφορες πτυχές της διαδικασίας μέτρησης στο GSM αξίζουν μερικές εξηγήσεις. Μία από αυτές είναι πώς εκτελούνται οι μετρήσεις από τον κινητό σταθμό και ο σταθμός βάσης πρέπει να μεταφερθεί σε ένα μοναδικό σημείο για την επεξεργασία. Αυτό θα είναι το πρώτο σημείο που θα εξετάσουμε. Ένα άλλο σημείο είναι πώς ο κινητός σταθμός κατορθώνει να κάνει τις μετρήσεις σχετικά με τους γειτονικούς σταθμούς βάσεων. Τέλος, μερικές από τις δυσκολίες των προδιαγραφών του τι μετριέται, θα εξεταστούν.

### ***Υποβολή αναφοράς μέτρησης***

Προκειμένου να γίνονται αποδοτικές παραδόσεις, το ποσοστό στο οποίο οι μετρήσεις ανανεώνονται πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερο. Στο GSM, το ελάχιστο

ποσοστό είναι μία φορά ανά δευτερόλεπτο. Ο κινητός σταθμός πρέπει να αναφέρει τις μετρήσεις, όχι μόνο για το εξυπηρετών κύτταρο, αλλά και για όσο το δυνατόν περισσότερα γειτονικά κύτταρα τα οποία μπορεί να είναι υποψήφια κύτταρα στόχοι. Αυτό ισχύει ειδικότερα για τις παραδόσεις περιορισμού, δεδομένου ότι ο κινητός σταθμός δεν έχει αρκετή γνώση του πλάνου προγραμματισμού των κυττάρων που καθορίζει με βεβαιότητα ποιο από τα γειτονικά κύτταρα θα ήταν το καλύτερο κύτταρο στόχος. Μια τέτοια επιλογή εξαρτάται όχι μόνο από την απώλεια πορειών, αλλά και από τη μέγιστη ισχύ μετάδοσης, το μέγεθος των κυττάρων, κ.λπ. Στο GSM, ο κινητός σταθμός μπορεί να αναφέρει μέχρι και 6 γειτονικά κύτταρα επιπρόσθετα με τις μετρήσεις που είναι σχετικές με το κύτταρο εξυπηρετητή.

Η μέτρηση που αναφέρει τη δραστηριότητα του κινητού σταθμού αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό κατά προσέγγιση 130 bit/s το λιγότερο. Αυτή η αναφορά φέρεται από τα μηνύματα στο κανάλι μικρής σηματοδότησης που συνδέεται με κάθε TCH και καλεί το SACCH, του οποίου η μέγιστη χωρητικότητα είναι ίση με δύο φορές αυτό το ποσοστό. Ως εκ τούτου, το ποσοστό ανανέωσης μπορεί να ανεβεί σε δύο αναφορές ανά δευτερόλεπτο, εάν το SACCH δεν χρησιμοποιείται για άλλο παράλληλο σκοπό. Σε αυτό το σημείο βρίσκεται ένας λόγος για τον οποίο επιλέχτηκε να υπάρχει ένα κανάλι ξεχωριστό από το κύριο κανάλι. Εάν η TACH ( $TACH = TCH + SACCH$ ) πολυπλεξία δεν γινόταν στη βάση ενεργοποίησης, αλλά μέσω μιας διανομής των ενεργοποιήσεων (μερικά κομμάτια για SACCH, τα υπόλοιπα κομμάτια για το TCH), κατόπιν η ασυνεχής μετάδοση θα ήταν άχρηστη λόγω της σταθερής απαίτησης για την αναφορά μέτρησης.

### ***Μετρήσεις των γειτονικών κυττάρων***

Η απαίτηση για έναν κινητό σταθμό που θα μετράει το επίπεδο υποδοχής των γειτονικών κυττάρων, ενώ φέρει μια κλήση σε ένα δεδομένο κύτταρο, εγείρει διάφορα τεχνικά ζητήματα.

Ένα πρώτο ζήτημα είναι απλά πότε ένας κινητός σταθμός μπορεί να εκτελέσει αυτές τις μετρήσεις. Στο GSM, είναι δυνατό για τον κινητό σταθμό να γίνουν αυτές οι μετρήσεις διατηρώντας μια σύνδεση, και χωρίς να ζητήσει από τους κινητούς

σταθμούς να έχουν δύο δέκτες, χάρη στο σχέδιο TDMA. Ο κινητός σταθμός μετρά πράγματι τα χαρακτηριστικά των γειτονικών κυττάρων κατά τη διάρκεια του διαστήματος μεταξύ της μετάδοσης μιας uplink ενεργοποίησης και της υποδοχής μιας downlink ενεργοποίησης. Αυτά τα διαστήματα είναι διάφορων μηκών, ανάλογα με τον δεσμευμένο τύπο καναλιών. Η χειρότερη περίπτωση αντιστοιχεί στο TACH/F. Τα διαστήματα, για κάθε περίοδο των 120ms, περιγράφονται στο σχήμα 1.7 και είναι τα ακόλουθα:

- από το τέλος της υποδοχής στην έναρξη της μετάδοσης: 26 διαστήματα των 2 BP -ε, όπου ένα BP (περίοδος ενεργοποίησης) διαρκεί για 577 μs και πού το ε αντιπροσωπεύει την πρόοδο συγχρονισμού, αυτά τα διαστήματα είναι πάρα πολύ σύντομα για να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση,
- από το τέλος της μετάδοσης στην έναρξη της υποδοχής: 24 «μικρά» διαστήματα των 4 BP + ε και ενός «μακροχρόνιου» διαστήματος των 12 BP + ε. Αυτό το διάστημα υπάρχει χάρη στην αχρησιμοποίητη θυρίδα στον κύκλο των 26 θυρίδων.

Από αυτές τις τιμές, είναι προφανές ότι οποιοδήποτε αποδοτικό σχέδιο μέτρησης απαιτεί τον κινητό σταθμό για να κάνει τις μετρήσεις, όχι μόνο κατά τη διάρκεια του μακροχρόνιου διαστήματος, αλλά και κατά τη διάρκεια των μικρών διαστημάτων. Η μέτρηση πρέπει να γίνει σε μια συχνότητα που είναι διαφορετική από αυτήν που χρησιμοποιείται για την προηγούμενη μετάδοση που ενεργοποιείται ή την επόμενη ενεργοποίηση υποδοχής. Αυτό οδηγεί σε έναν περιορισμό στην ικανότητα σύνθεσης συχνότητας του κινητού σταθμού: είτε είναι σε θέση να αλλάξει τη συχνότητα υποδοχής/μετάδοσης σε λιγότερο από 1 ms (που αφήνει έτσι 300 μs για μια μέτρηση), ειδάλλως πρέπει να έχει δύο synthesizers συχνοτήτων. Είναι φανερό ότι η απαίτηση για μια πολλαπλών συχνοτήτων ικανότητα σύνθεσης των κινητών σταθμών δεν προέρχεται μόνο από τη συχνότητας πραγματοποίησης μεταγωγών.

Μια άλλη τεχνική δυσκολία προκύπτει από την προηγούμενη συζήτηση, σχετικά με την υποδομή. Όπως εξηγείται ανωτέρω, το πρόγραμμα του κινητού σταθμού είναι πολύ σφιχτό, κατά συνέπεια, οι κινητοί σταθμοί δεν μπορούν να επιβαρυνθούν με την απαίτηση να ακούν ένα συγκεκριμένο κανάλι στα γειτονικά κύτταρα, τα οποία στο

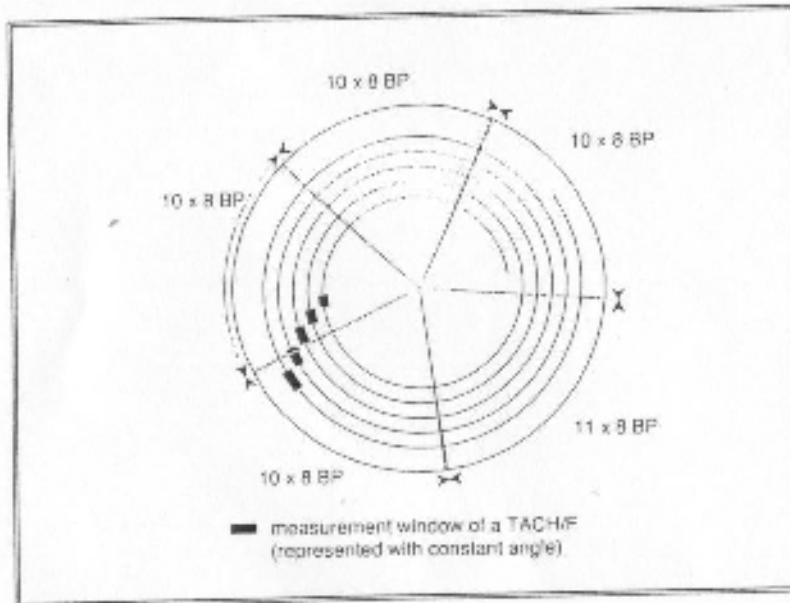
GSM θα σήμαιναν την εύρεση μιας συγκεκριμένης ενεργοποίησης ανάμεσα σε οκτώ από κοινού με την εναλλαγή στη σωστή συχνότητα. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια από τις πιο ενοχλητικές προδιαγραφές (για τους κατασκευαστές BTS) από το GSM. Η επιλεγμένη λύση απαιτεί από κάθε BTS να εκπέμπει συνεχώς (δηλ., σε κάθε περίοδο ενεργοποίησης) σε μια συχνότητα, επιπλέον σε επίπεδο σταθερής ισχύος. Αυτό πρέπει να γίνει ανεξάρτητα από τη θέση των αντίστοιχων θυρίδων, δηλ., είτε χρησιμοποιούνται από κάποιο ενεργό κανάλι είτε χρησιμοποιούνται από κάποιο ανενεργό κανάλι, και απαραίτητα χωρίς εφαρμογή ασυνεχούς μετάδοσης ή ελέγχου ισχύος. Αυτή η συνοχή της μετάδοσης επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς στα γειτονικά κύτταρα να εκτελεί αξιόπιστες μετρήσεις όποτε μπορούν, χωρίς οποιοδήποτε άλλο περιορισμό πέρα από το σχεδιασμό τους.

Το επόμενο πρόβλημα που προκύπτει είναι πώς ο κινητός σταθμός καθορίζει ποιες συχνότητες πρέπει να μετρήσει; Κατ' αρχάς, είναι απαραίτητο για τον κινητό σταθμό να διακρίνει εκείνες τις συχνότητες που χρησιμοποιούνται ως συχνότητες αναγνωριστικών σημάτων σε άλλα κύτταρα, από άλλες ενδεχομένως, συχνότητες παρεμβολής, προκειμένου να σιγουρευτεί ποιο κύτταρο να μετρήσει. Δεύτερον, είναι αποδοτικότερο για τον κινητό σταθμό να περιοριστούν οι μετρήσεις στις συχνότητες αναγνωριστικών σημάτων των γειτονικών κυττάρων. Το τελευταίο σημείο λύνεται με την αποστολή στους κινητούς σταθμούς ενός καταλόγου συχνοτήτων που θα μετρηθούν. Το πρώτο σημείο κρύβει κάποιες δυσκολίες. Απαιτεί από τον κινητό σταθμό να κάνει κάτι περισσότερο από το να μετρήσει μόνο ένα λαμβανόμενο επίπεδο.

Η συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων είναι αυτή που φέρει τα κανάλια συγχρονισμού και διορθώσεων συχνότητας (SCH και FCCH) του κυττάρου. Ένας τρόπος για τον κινητό σταθμό να ελεγχθεί ότι το κανάλι που λαμβάνει είναι πραγματικά ένα κανάλι αναγνωριστικών σημάτων (και όχι ένα άλλο κανάλι ενός άλλου κυττάρου που εκπέμπει στην ίδια συχνότητα) είναι να βρει εάν αυτή η συχνότητα φέρει ένα FCCH. Αυτός ο έλεγχος βοηθά στην πραγματικότητα να καλύψει μια άλλη απαίτηση επίσης: τον **προ-συγχρονισμό**. Επειδή ο συγχρονισμός είναι απαραίτητος πριν από τη μετάδοση, όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 4, ένας κινητός σταθμός πρέπει να πάρει κάποιες πληροφορίες συγχρονισμού από το κύτταρο που θα παραδοθούν, το αργότερο κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης παράδοσης.

Δεδομένου ότι η βελτιστοποίηση της παράδοσης είναι πολύ σημαντική για αυτούς που συνέταξαν τις *προδιαγραφές*, αποφασίστηκε ότι οι κινητοί σταθμοί πρέπει να αποκτήσουν το συγχρονισμό με όλα τα κύτταρα στα οποία αναφέρουν τις μετρήσεις. Ως εκ τούτου, ένας κινητός σταθμός είναι συνεχώς προ-συγχρονισμένος με όλα τα κύτταρα στα οποία μπορεί ενδεχομένως να παραδοθεί.

Ο προ-συγχρονισμός απαιτεί ότι ο κινητός σταθμός αποκωδικοποιεί όχι μόνο το FCCH, αλλά και το SCH του καναλιού αναγνωριστικών σημάτων. Πότε μπορεί ο κινητός σταθμός να εκτελέσει αυτούς τους στόχους; Πώς μπορεί να βεβαιωθεί ότι θα βρει το FCCH δεδομένου του σύντομου χρόνου που είναι σε θέση να ξοδέψει για τις μετρήσεις του; Αυτό είναι το σημείο, όπου εισάγεται το «μακροχρόνιο» διάστημα. Ο αναγνώστης θα θυμάται ότι, στην περίπτωση ενός TACH/F, υπάρχει ένα τέτοιο «μακροχρόνιο» διάστημα (διάρκειας περίπου 6 ms) κάθε 120 ms, και περισσότερα τέτοια διαστήματα στην περίπτωση TACH/8s. Όσον αφορά στο TACH/F, η θυρίδα «μη απασχόλησης» που αντιστοιχεί σε αυτό το «μακροχρόνιο» διάστημα, και που συμβαίνει μία φορά σε κάθε κύκλο 26 θυρίδων, είναι πράγματι κρίσιμης σπουδαιότητας για τη διαδικασία προ-συγχρονισμού. Ο όρος θυρίδα μη απασχόλησης χρησιμοποιείται πράγματι λανθασμένα, δεδομένου ότι ο κινητός σταθμός δεν είναι σε κατάσταση μη απασχόλησης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Η έρευνα για ένα FCCH απαιτεί πράγματι τη δυνατότητα να ακούσει το πιθανό κανάλι αναγνωριστικών σημάτων μέσω ενός αρκετά μεγάλου παραθύρου. Ο κύκλος FCCH επαναλαμβάνεται με μια περίοδο 51x8 BP, ενώ η θυρίδα μη απασχόλησης επαναλαμβάνεται κάθε 26 x 2 x 8 BP.

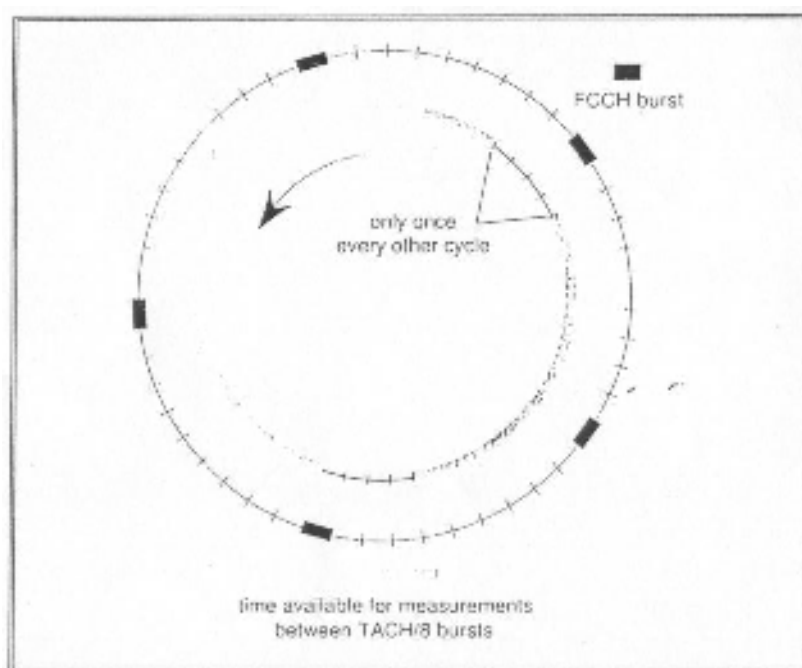


Σχήμα 1.8 – Κύκλος κυλιόμενης μέτρησης

Το διάστημα μεταξύ δύο επιτυχημένων FCCH ενεργοποιήσεων (περιλαμβάνοντας τη μία Από αυτές) είναι το πολύ 88 BP. Αφού σε 11 επιτυχημένα διαστήματα ο κινητός σταθμός θα είναι σε θέση να διαβάσει περισσότερες Από 88 επιτυχημένες ενεργοποιήσεις, πρέπει να έχει συναντήσει μια FCCH ενεργοποίηση εάν το κανάλι που ελέγχει είναι ένα κανάλι αναγνωριστικών σημάτων. Ο μέσος χρόνος για να συμβεί μια τέτοια ενεργοποίηση είναι το μισό αυτής της αξίας, δηλ. 0,6 δευτερόλεπτα.

Σε αυτό το σημείο είναι όπου οι αριθμητικές ιδιότητες των αριθμών 26 και 51 επεμβαίνουν: δεδομένου ότι αυτοί οι δύο αριθμοί δεν έχουν κανέναν κοινό διαιρέτη, οι δύο κύκλοι μετατοπίζονται με τέτοιο τρόπο, με το πέρασμα του χρόνου, έτσι ώστε η θυρίδα μη απασχόλησης έχει 100% πιθανότητα της να ευθυγραμμιστεί με το FCCH μέσα σε 11 κύκλους. Το σχήμα 1.8 (προηγούμενη σελίδα) δείχνει ότι ο κύκλος FCCH μετατοπίζεται 8 BPs έναντι του κύκλου του TACH/F μεταξύ δύο διαδοχικών θυρίδων μη απασχόλησης. Δεδομένου ότι ένα μακροχρόνιο διάστημα διαρκεί για περίπου 12 BPs και επομένως επιτρέπει την υποδοχή κατά τη διάρκεια περίπου 9 BPs (το υπόλοιπο χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της συχνότητας), 11 διαδοχικά μακροχρόνια διαστήματα (δηλ., περίπου 1.2 δευτερόλεπτα) είναι αρκετά για να εξασφαλίσουν στον κινητό σταθμό κάποια ευκαιρία να βρει μια ενεργοποίηση FCCH, όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Επαφίεται στους κινητούς σταθμούς να κάνουν καλή χρήση αυτής της ευκαιρίας!

Στην περίπτωση του TACH/8, τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά, επειδή η επαναλαμβανόμενη περίοδος είναι η ίδια με εκείνη ενός FCCH. Αλλά ο συγχρονισμός μεταξύ των δύο κύκλων μπορεί να είναι οποιοσδήποτε. Το σχήμα 1.9 δείχνει ότι υπάρχει απαραίτητως μια στιγμή κατά την οποία μια από τις 5 εκρήξεις FCCH στον κύκλο 51 x 8 BP μπορεί να ακουστεί. Το σχήμα παρουσιάζει την περίπτωση του TACH/8s που δεν είναι συνδεδεμένο με τα κανάλια ελέγχου, αλλά ο ίδιος συλλογισμός ισχύει για το TACH/8s που συνδέεται με τα κανάλια ελέγχου.



Σχήμα 1.9 – Κύκλος TACH/8 έναντι του κύκλου FCCH

Όποια κι αν είναι η σχετική θέση του TACH/8 και του FCCH κύκλου, οι οποίοι αναπαρίστανται με τον εξωτερικό και τον εσωτερικό κύκλο, υπάρχει πάντα μια πιθανότητα για μια FCCH ενεργοποίηση να διαιρεθεί σε ένα παράθυρο μέτρησης του TACH/8. Η αναπαράσταση των TACH/8s σε αυτό το σχήμα αντιστοιχεί στην δρομολόγηση των TACH/8s σε ομάδες των οκτώ. Η άλλη περίπτωση (TACH/8s σε ομάδες των 4), οδηγεί σε ένα λίγο διαφορετικό αλλά παρόμοιο πρότυπο.

Μια άλλη ερώτηση που χρίζει απάντησης είναι ποιες μετρήσεων γειτονικών κυττάρων αναφέρει ο κινητός σταθμός στο BTS μεταξύ εκείνων των κυττάρων που μετρήσε, και πώς αυτές οι πληροφορίες «χωράνε» σε ένα μικρό μήνυμα; Ένα μήνυμα μέτρησης μπορεί να περιλάβει μέχρι 6 αποτελέσματα μέτρησης τα οποία αναφέρονται σε γειτονικά κύτταρα. Εντούτοις, ο κινητός σταθμός μπορεί να προ-συγχρονιστεί με

περισσότερα από 6 γειτονικά κύτταρα. Εάν αυτό συμβαίνει, κατόπιν μόνο εκείνες οι μετρήσεις που αντιστοιχούν στα 6 κύτταρα που λαμβάνουν καλύτερα, αναφέρονται στο BTS.

Φυσικά, αυτό εισάγει μια τάση στις μετρήσεις που συλλέγονται από το δίκτυο έναντι στα κύτταρα που δεν βρίσκονται μεταξύ των πρώτων στον κατάλογο. Οι μετρήσεις τους μεταδίδονται μόνο όταν είναι μεταξύ των 6 καλύτερων, και κατά συνέπεια η διαταγή επικυρώνεται από το BTS με τον υπολογισμό μέσου όρου διάφορων μετρήσεων, μπορεί να διαφέρει κάπως από την αντίστοιχη διαταγή από τον κινητό σταθμό. Η διαδικασία ανάλυσης μέτρησης στο BSS οφείλει να λάβει υπόψη την πιθανότητα χαμένων μετρήσεων. Εντούτοις, αυτό το πιθανό λάθος δεν πρέπει να επηρεάζει τα καλύτερα κύτταρα, τα οποία μας ενδιαφέρουν περισσότερο.

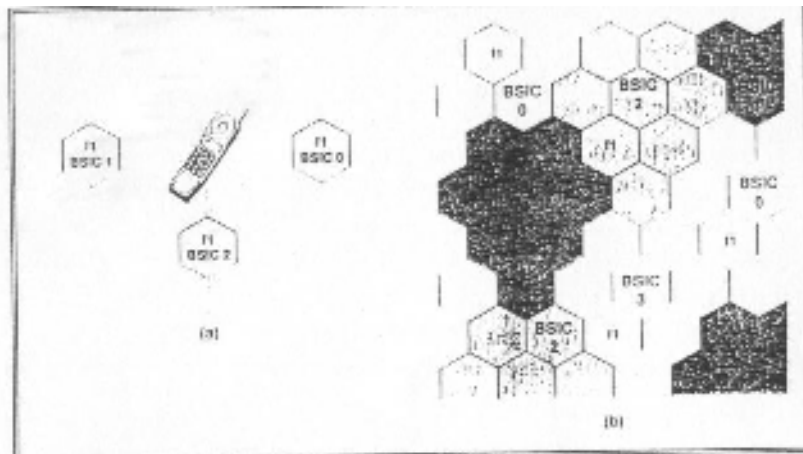
## **To BSIC**

Έχει εξηγηθεί παραπάνω το πώς ο κινητός σταθμός είναι σε θέση να αναγνωρίσει ότι η συχνότητα που παρακολουθεί αντιστοιχεί σε ένα κανάλι αναγνωριστικών σημάτων. Αλλά θα μπορούσαν να υπάρξουν διαμορφώσεις όπου ο κινητός σταθμός είναι σε θέση να συλλάβει περισσότερα από ένα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων χρησιμοποιώντας μια δεδομένη συχνότητα. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν ο σχεδιασμός των συχνοτήτων μπορεί να γίνει με πολύ λίγες συχνότητες, ή μέσα σε εθνικά όρια. Προκειμένου ο κινητός σταθμός να είναι σε θέση να κάνει διακρίσεις μεταξύ των κυττάρων που μεταδίδουν τα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων τους στην ίδια συχνότητα, ένας μηχανισμός βασισμένος στο BSIC (κώδικας ταυτότητας σταθμού βάσης, μια από τις σημαντικότερες ακυριολεξίες στο GSM) έχει εισαχθεί και επιτρέπει μια λεπτομερή εξήγηση.

Το BSIC (κώδικας ταυτότητας σταθμού βάσης), που ισχύει πιο κατάλληλα για ένα κύτταρο είναι δεν είναι ένας σαφής προσδιορισμός ενός σταθμού βάσης. Πολλά κύτταρα αντέχουν το ίδιο BSIC, και επιπλέον η συνηθισμένη πρακτική είναι η ανάθεση του ίδιου BSIC στα γειτονικά κύτταρα. Οπότε τι είναι αυτό; Το BSIC είναι στην πραγματικότητα ένας «χρωματικός κώδικας» (από την αναφορά στο χρωματισμό χαρτών), που επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να διακρίνουν τα



κύτταρα που διαβιβάζουν το κανάλι αναγνωριστικών σημάτων τους στην ίδια συχνότητα (δες σχήμα 1.10). Παραδείγματος χάριν, όταν το διαθέσιμο ράδιο φάσμα σε έναν δεδομένο χειριστή περιορίζεται, για παράδειγμα, στα 2 MHz, ο σχεδιασμός συχνότητας πρέπει να αντιμετωπίσει το πολύ-πολύ 10 συχνότητες. Το καλύτερο σχέδιο κατανομής συχνότητας αναγνωριστικών σημάτων μπορεί να μην είναι σε θέση να αποφύγει την κάλυψη σε αυτήν την περίπτωση, και ένας κινητός σταθμός θα λάβει σε μερικές περιπτώσεις δύο κανάλια αναγνωριστικών σημάτων με την ίδια συχνότητα. Μια παρόμοια κατάσταση ισχύει επίσης στο εσωτερικό των εθνικών ορίων. Εκτιμώντας ότι μέσα σε μια χώρα η κατανομή συχνότητας των διαφορετικών χειριστών είναι διαχωρισμένη, δύο χειριστές δημόσιων κινητών δικτύων εδάφους (PLMN) σε κάθε πλευρά των συνόρων θα έχουν μερικές συχνότητες από κοινού. Ο συντονισμός χρήσης των συχνοτήτων μεταξύ των χειριστών βοηθά, αλλά δεν μπορεί να επιβληθεί. Στις περισσότερες περιπτώσεις ένας κινητός σταθμός θα είναι ακόμα σε θέση να λάβει την ίδια συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων που μεταδίδεται από δύο σταθμούς βάσης διαφορετικών PLMNs. Για όλους αυτούς τους λόγους, ένα σχέδιο που επιτρέπει τη διάκριση των κύτταρων που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων κρίθηκε απαραίτητο. Αυτός είναι ο ρόλος του BSIC, η ραδιοφωνική μετάδοση μιας λέξης κώδικα 6-bit στο SCH κάθε κυττάρου.



Σχήμα 1.10 – Η επιλογή του BSIC

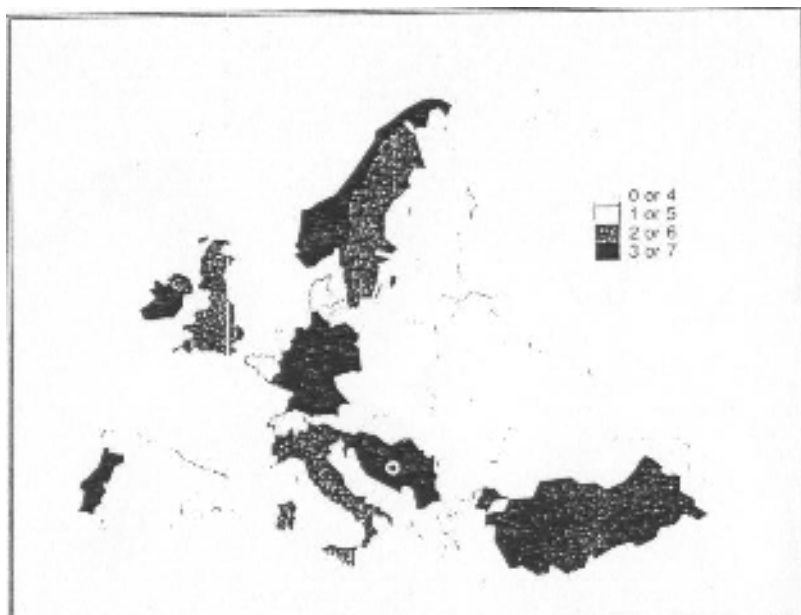
Το BSIC είναι ένας χρωματικός κώδικας που επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να ξεχωρίζουν τα κύτταρα που μοιράζονται τις ίδιες συχνότητες αναγνωριστικών σημάτων (α). Όταν ένα συνηθισμένο πρότυπο χρησιμοποιείται για συχνότητες αναγνωριστικών σημάτων, αυτό το πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βάση για την ανάθεση του BSIC (β).

Το BSIC επεμβαίνει σε διαφορετικές περιπτώσεις, όλες σχετικές με τη διάκριση μεταξύ των κυττάρων που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων:

- προκειμένου να εκτελεστούν μετρήσεις γειτονικών κυττάρων, παρέχεται στον κινητό σταθμό ο κατάλογος συχνοτήτων που ελέγχει. Στο μήνυμα αναφοράς, ο κινητός σταθμός απαιτείται να υποδείξει στο BSIC κάθε συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων στην οποία αναφέρει τις μετρήσεις. Αυτό υπονοεί ότι ο κινητός σταθμός έχει αποκωδικοποιήσει το SCH από τα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων που μετρά, αλλά αυτό δεν είναι ένας πρόσθετος περιορισμός, δεδομένου ότι πρέπει ήδη να έχει γίνει για τον προ-συγχρονισμό. Η διαθεσιμότητα των BSICs για την επεξεργασία μέτρησης στο BSS του επιτρέπει να ελέγξει ποιο κύτταρο έχει μετρηθεί αποτελεσματικά στην περίπτωση των ασαφειών
- για να αποτρέψει την αναφορά μέτρησης για τα κύτταρα προς τα οποία η παράδοση αποκλείεται, ένας μηχανισμός επιτρέπει στο δίκτυο να υποδείξει ένα υποσύνολο BSICs για το οποίο η αναφορά δεν πρέπει να γίνει. Αυτός ο μηχανισμός διαλογής έχει εξηγηθεί νωρίτερα
- όταν ένας κινητός σταθμός στέλνει ένα σήμα ενεργοποίησης για πρόσβαση στο RACH ενός κυττάρου, υπάρχει ο κίνδυνος ότι αυτή η τυχαία πρόσβαση παραλαμβάνεται από ένα άλλο κύτταρο από αυτό για το οποίο προοριζόταν, εάν αυτά τα κύτταρα χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες RACH και εάν ο συγχρονισμός TDMA τους δεν καταρρεύσει πάρα πολύ μακριά. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοιες πλαστές υποδοχές, η κωδικοποιημένη ενεργοποίηση RACH συζεύγνεται "αποκλειστικά-ή" με το BSIC, έτσι ώστε μόνο το σωστό κύτταρο να έχει τη δυνατότητα να κάνει την ενεργοποίηση επιτυχώς, βασισμένο στην πλεονάζουσα επανάληψη, που προστίθεται στα κατάλληλα bits για τον έλεγχο της σωστής αποκωδικοποίησης
- όταν ένας κινητός σταθμός, ο οποίος βρίσκεται σε κατάσταση μη απασχόλησης, παρακολουθεί γειτονικά κύτταρα, συνήθως διαβάζει τα BSICs τους. Αυτό παρέχει στο κινητό σταθμό έναν γρήγορο τρόπο να ελεγχθεί εάν το ελεγχόμενο κύτταρο είναι ακόμα το ίδιο ή όχι. Ένας τέτοιος έλεγχος θα

μπορούσε επίσης να επιτευχθεί από την αποκωδικοποίηση των μηνυμάτων ραδιοφωνικής μετάδοσης που περιέχουν την πλήρη ταυτότητα των κυττάρων, αλλά με μεγαλύτερο κόστος.

Ολόκληρο το ζήτημα του σχεδιασμού του BSIC συνίσταται στην ανάθεση διαφορετικών BSICs στα κύτταρα που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων και μεταξύ της οποίας μπορούν να υπάρξουν περιοχές κάλυψης που επικαλύπτονται. Μέσα σε ένα PLMN, ο σχεδιασμός του BSIC είναι αρκετά εύκολος. Το θέμα είναι διαφορετικό στα όρια, όπου ο συντονισμός είναι απαραίτητος. Προκειμένου να ενισχυθεί αυτός ο συντονισμός, έχει εισαχθεί μια δοκιμαστική κατανομή των πρώτων τριών bits του BSIC βασισμένη σε επίπεδο χωρών, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.11. Αυτό το κομμάτι των 3-bit έχει ονομαστεί «χρωματικός κώδικας PLMN» (ή NCC, για τον χρωματικό κώδικα δικτύων), ένας όρος που έχει παρανοηθεί ευρέως. Η αξία του δεν είναι μια καθορισμένη ιδιότητα ενός PLMN, αλλά μια δυνατότητα για τη χρήση κοντά στα όρια, η οποία μπορεί να ξεπεραστεί με διμερείς ή πολυμερείς συμφωνίες μεταξύ των ενδιαφερόμενων PLMNs. Πράγματι, τίποτα δεν αποτρέπει και τις 64 τιμές του BSIC (και συμπεριλαμβανομένων των 8 τιμών του «χρωματικού κώδικα PLMN») από το να χρησιμοποιούνται μέσα σε ένα PLMN όταν βρίσκεται μακριά από οποιοδήποτε διεθνές όριο. Επιπλέον, δύο PLMNs στην ίδια χώρα πρέπει συνήθως να διαχωρίσουν τις κατανομές συχνότητας, και μπορούν να χρησιμοποιήσουν χωρίς κίνδυνο τα ίδια BSICs (και τους ίδιους «χρωματικούς κώδικες PLMN»!).



Σχήμα 1.11 – Ένας Ευρωπαϊκός PLMN χάρτης κωδικοποίησης

Το πρώτο κομμάτι των 3-bit του BSIC είναι επίσης η βάση για την προβολή της αναφοράς μέτρησης. Όταν δύο κύτταρα διαφορετικών PLMNs χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων μπορούν ενδεχομένως να επικαλυφθούν κοντά σε σύνορα, είναι κανονικά καλύτερο για ένα BSS να υποδείξει στους κινητούς σταθμούς ότι δεν πρέπει να αναφέρουν μετρήσεις σχετικές με τα κύτταρα του άλλου PLMN, δεδομένου ότι αυτές οι μετρήσεις θα ήταν άνευ αξίας (δεδομένου ότι η παράδοση μέσω PLMN συνήθως δεν εκτελείται), και να αποτρέψουν την αναφορά των μετρήσεων μερικών κυττάρων στο σωστό PLMN, δεδομένου ότι ο αριθμός των αναφερόμενων μετρήσεων περιορίζεται σε 6 γειτονικά κύτταρα. Για αυτό τον σκοπό, η μετάδοση πληροφοριών από κάθε BTS περιλαμβάνει μια 8-bit ένδειξη, από τα οποία το ένα υποδεικνύει για κάθε ένα από τα 8 πιθανά 3-bit πρότυπα, εάν τα κύτταρα με BSIC που αρχίζει με αυτό το πρότυπο, πρέπει να αναφερθούν. Αυτή η ένδειξη είναι η ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ PLMN ένδειξη.

Οι ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ PLMN πληροφορίες συμβαίνει να μεταδίδουν στο BCCH. Μια τρέχουσα παρανόηση είναι ότι επηρεάζει την επιλογή κυττάρων (το όνομά του φαίνεται να φέρνει τέτοιες πληροφορίες πράγματι). Αυτό όμως δεν είναι έτσι: αυτές οι πληροφορίες προσκρούουν μόνο στην αναφορά μέτρησης και σε τίποτα άλλο.

## ***Η περίοδος μέτρησης***

Θα κοιτάξουμε τώρα με μερικές λεπτομέρειες την ίδια τη διαδικασία μέτρησης. Τα διάφορα χαρακτηριστικά που μέτριούνται (επίπεδο υποδοχής ή ποιότητα υποδοχής) είναι συνεχή από τη φύση, και επηρεάζονται από ένα σημαντικό επίπεδο "θορύβου", δηλαδή στατιστικές παρεκκλίσεις λόγω του θερμικού ή του βιομηχανικού θορύβου, της εξασθένισης Rayleigh, της παρεμβολής και επίσης λόγω της αλλαγής της συχνότητας που εισάγεται από την συχνότητα πραγματοποίησης μεταγωγών. Για να είναι χρησιμοποιήσιμες για τη λήψη αποφάσεων, οι μετρήσεις πρέπει να φιλτραριστούν (π.χ., να υπολογιστούν κατά μέσο όρο). Το πρώτο βήμα του φιλτραρίσματος γίνεται στον κινητό σταθμό. Είναι αρκετά απλό: συνίσταται στη λήψη της μέσης τιμής κάθε μετρημένης παραμέτρου κατά τη διάρκεια της περιόδου αναφοράς, η οποία θα περιγραφεί στις ακόλουθες παραγράφους. Ένα άλλο σημείο που πρέπει να προσέξουμε είναι ότι υπολογίζεται κατά μέσο όρο είναι το ποσοστό λάθους raw bit για τις ποιοτικές μετρήσεις, και ο λογάριθμος του επιπέδου υποδοχής, ή, με άλλα λόγια, του επιπέδου υποδοχής που εκφράζεται σε decibels.

Μια αναφορά μέτρησης αναφέρεται σε μια δεδομένη περίοδο μέτρησης, δηλαδή η περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας έγιναν οι μετρήσεις. Η διάρκεια της περιόδου μέτρησης είναι πάντα ίση με την περιοδικότητα της μετάδοσης μηνυμάτων στο SACCH (δηλ., 480 ms στο TACH/F, και περίπου 471 ms για το TACH/8). Στο TACH/F, η έναρξη της περιόδου μέτρησης αρχίζει κατά έναν σταθερό χρονικό διάστημα πριν από την έναρξη της μετάδοσης. Αλλά στο TACH/8, τα πράγματα είναι διαφορετικά. Η απόλυτη θέση της περιόδου μέτρησης είναι η ίδια για όλα τα TACH/8s της ίδιας TN (αριθμός χρονοθυρίδων, που δείχνει τη θέση στον κύκλο 8 BP). Η σχέση της με το χρόνο της μετάδοσης μηνυμάτων SACCH επομένως ποικίλλει, ανάλογα με την TN. Επιπλέον, η θέση της περιόδου μέτρησης είναι διαφορετική για τα TACH/8s που συνδυάζονται με τα κοινά κανάλια και για εκείνα που δεν συνδυάζονται. Σε όλες τις περιπτώσεις εντούτοις, οι uplink και downlink περίοδοι μέτρησης είναι ταυτόχρονες.

Μια μικρή οξύνοια στον καθορισμό της περιόδου μέτρησης προέρχεται από την ποιότητα των μετρήσεων. Με το σχέδιο παρεμβολής για την ομιλία, υπάρχει ένα λεκτικό πακέτο που διαδίδεται σε δύο διαδοχικές περιόδους μέτρησης στην

περίπτωση του TACH/F. Η ποιότητα των μετρήσεων για αυτό το πακέτο ανήκει στη δεύτερη περίοδο. Αυτό το πρόβλημα δεν πρέπει να έχει προκύψει για το TACH/8, όπου ο στόχος ήταν να σχεδιαστεί η περίοδος μέτρησης προσεκτικά έτσι ώστε όλα τα πακέτα να είναι εξ ολοκλήρου εντός μιας περιόδου μέτρησης. Εντούτοις, υπάρχει μια εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα, αφού το τρίτο TACH/8 της TN 4 δεν συμμορφώνεται με αυτόν τον στόχο.

Ταυτόχρονα προκύπτει ένα πρόβλημα μεταξύ των μετρήσεων που γίνονται από τον κινητό σταθμό και εκείνων που γίνονται από το BTS. Οι δεύτερες είναι γνωστές στο BTS αμέσως μετά από το τέλος της περιόδου μέτρησης, ενώ η αναφορά της μέτρησης από τον κινητό σταθμό για την ίδια περίοδο καθυστερεί λόγω της καθυστέρησης μετάδοσης μηνυμάτων, η οποία ανέρχεται κατά προσέγγιση σε μισό δευτερόλεπτο σε ένα TACH/F. Προκειμένου να παρασχεθούν στο BSC οι αντιστοιχίσιμες αναφορές, το BTS έπειτα, πρέπει να αποθηκεύσει τις μετρήσεις του έως ότου έχει λάβει το μήνυμα από τον κινητό σταθμό. από την πλευρά του BSC, οι μετρήσεις λαμβάνονται κατά προσέγγιση ένα δευτερόλεπτο μετά από την έναρξη της περιόδου μέτρησης στην περίπτωση ενός TACH/F, και λίγο περισσότερο από μισού δευτερολέπτου και κοντά σε ένα δευτερόλεπτο για το TACH/8, ανάλογα με τη θέση τους στον κύκλο 102 BP. Η πιο σύντομη καθυστέρηση στην περίπτωση ενός TACH/8 προέρχεται από το γεγονός ότι κάθε SACCH μήνυμα στέλνεται άνω των 4 διαδοχικών ενεργοποιήσεων, και δεν διαδίδεται όπως για το TACH/F.

### ***Η αλληλεπίδραση με την ασυνεχή μετάδοση***

Η ακρίβεια των μετρήσεων σχετικά με την τρέχουσα σύνδεση θίγει δύο προβλήματα, το ένα σε σχέση με την ασυνεχή μετάδοση, και το άλλο συνδέεται με τον έλεγχο ισχύος και συχνότητας πραγματοποίησης μεταγωγών κατά χρησιμοποίηση της συχνότητας αναγνωριστικών σημάτων.

Όταν η ασυνεχής μετάδοση εφαρμόζεται, κάποιες θυρίδες που ανήκουν σε ένα κανάλι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποτελεσματική μετάδοση. Αυτός είναι πράγματι ο στόχος της ασυνεχούς μετάδοσης. Αλλά έπειτα οι μετρήσεις σε αυτές τις θυρίδες θα αναφέρουν προφανώς ένα χαμηλό επίπεδο υποδοχής, και μια κακή

ποιότητα. Ακόμα χειρότερα, κάποιος θα μπορούσε να φανταστεί μια περίοδο μέτρησης, ή μια διαδοχή των περιόδων, χωρίς καμία μετάδοση, αυτές είναι μερικές δυσκολίες για τις διαδικασίες που στηρίζονται σε αυτές τις μετρήσεις. Για να παρακάμψουν αυτά τα προβλήματα, οι *προδιαγραφές* επιβάλλουν ότι στέλνονται τουλάχιστον 12 σήματα ενεργοποίησης εντός κάθε περιόδου αναφοράς. Αυτές οι ενεργοποιήσεις αποσκοπούν στην συστηματική χρήση του SACCH για αποτελεσματική μετάδοση (4 ενεργοποιήσεις που αποτελούν ένα πακέτο κωδικοποίησης), και 8 ενεργοποιήσεις στο ίδιο το TCH. Σε ένα TCH/8, το όποιος αντιστοιχεί σε ακριβώς 8 ενεργοποιήσεις ανά περίοδο μέτρησης, αυτό οδηγεί στη συνέπεια ότι η ασυνεχής μετάδοση δεν εφαρμόζεται. Σε ένα TCH/F, αυτό σημαίνει ότι το λιγότερο ένα πακέτο ανά περίοδο μέτρησης πρέπει να σταλεί (ένα πακέτο που παρεμβάλλεται άνω των 8 μισών - ενεργοποιήσεων). Για την ομιλία, αυτό το πακέτο περιέχει ένα πλαίσιο περιγραφέα σιωπής (SID πλαίσιο) που ανανεώνει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά θορύβου.

Εκτός από αυτόν τον ελάχιστο κανόνα μετάδοσης, οι *προδιαγραφές* απαιτούν από το BTS και τον κινητό σταθμό να αναφέρουν δύο σύνολα μετρήσεων σχετικά με τη σύνδεση: "πλήρεις" μετρήσεις, που γίνονται σε όλες τις θυρίδες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση στην περίοδο αναφοράς, και τις "υπό" μετρήσεις, που γίνονται μόνο στις υποχρεωτικά σταλμένες ενεργοποιήσεις και πακέτα. Σε ένα TACH/F, το δεύτερο σύνολο είναι λιγότερο ακριβές από το πρώτο όταν δεν χρησιμοποιείται η ασυνεχής μετάδοση, επειδή ο υπολογισμός του μέσου όρου γίνεται σε ένα μικρότερο σύνολο (παραδείγματος χάριν το επίπεδο υποδοχής υπολογίζεται κατά μέσο όρο σε 12 αντί σε 100 ενεργοποιήσεις). Σε ένα TACH/8, οι δύο μετρήσεις είναι προφανώς όμοιες, αλλά και οι δύο στέλνονται για την ομοιομορφία. Τέλος, και τα BTS και ο κινητός σταθμός αναφέρουν για κάθε περίοδο μέτρησης εάν η ασυνεχής μετάδοση χρησιμοποιήθηκε αποτελεσματικά ή όχι (ή με άλλα λόγια, εάν όλες οι ενεργοποιήσεις μεταδόθηκαν αποτελεσματικά), επιτρέποντας κατά συνέπεια στις διαδικασίες να χρησιμοποιήσουν τη μέτρηση για να απορρίψουν τις "πλήρεις" μετρήσεις.

## ***Η ένδειξη PWRC***

Ένα άλλο πρόβλημα με τις μετρήσεις (και το τελευταίο σημείο στο θέμα) είναι στην πραγματικότητα μια συνέπεια ενός συνδυασμού διαφορετικών ανεξάρτητων λεπτομερειών των προδιαγραφών. Κατ' αρχάς, επιτρέπεται ότι συχνότητας πραγματοποίησης μεταγωγών TACH μπορεί να χρησιμοποιεί τη συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων ως μια από τις συχνότητές του (φυσικά, όχι στην TN 0). Δεύτερο, ο έλεγχος ισχύος μπορεί να εφαρμοστεί στο downlink TACH. Τρίτον, η συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων πρέπει να μεταδοθεί με μια σταθερή ισχύ μετάδοσης, λόγω των μετρήσεων που εκτελούνται από τους κινητούς σταθμούς των γειτονικών κυττάρων. Το αποτέλεσμα για τα κανάλια υπό εξέταση είναι ότι ο έλεγχος ισχύος ισχύει μόνο για ένα υποσύνολο των ενεργοποιήσεων, ενώ άλλες ενεργοποιήσεις (εκείνες που χρησιμοποιούν τη συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων) στέλνονται με μια σταθερή ισχύ μετάδοσης. Αυτό οδηγεί στις ανακριβείς μετρήσεις επιπέδων υποδοχής. Προκειμένου να ανακουφιστεί αυτό το πρόβλημα, ο κινητός σταθμός απαιτείται σε τέτοιες περιπτώσεις να μην λάβει υπόψη τις θυρίδες που αφορούν τη συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων στην εκτίμηση επιπέδων υποδοχής. Αυτό ελέγχεται από έναν δείκτη, τον δείκτη PWRC (αρχικά αποκαλούμενος δείκτης ελέγχου ισχύος, μια ακυριολεξία), που στέλνεται σε μέσω μιας σύνδεσης στον κινητό σταθμό. Αυτός ο δείκτης πρέπει να ενεργοποιηθεί εάν συνυπάρχουν όλες οι παρακάτω συνθήκες: τα hops καναλιών σε τουλάχιστον δύο διαφορετικές συχνότητες, μια από εκείνες τις συχνότητες είναι η συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων, και ο έλεγχος ισχύος μετάδοσης downlink να είναι σε χρήση.

## **ΕΛΕΓΧΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΔΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΥ**

Οι περισσότερες από τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη μετάδοση στη ράδιο διεπαφή αντιστοιχούν στους μετασχηματισμούς των σημάτων που αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα που μεταδίδουν. Αυτό ήταν το αντικείμενο του κεφαλαίου 4. Δύο λειτουργίες, η διαχείριση της ισχύος μετάδοσης και της προόδου συγχρονισμού, βρίσκονται κάπου μεταξύ αυτών των καθαρών λειτουργιών μετάδοσης, και των λειτουργιών διαχείρισης της μετάδοσης. Όπως οι λειτουργίες μετάδοσης, εκτελούνται συνεχώς και συνδέονται άμεσα με τα φυσικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, αλλά μοιράζονται τη χρήση των μέσων σηματοδότησης με τις

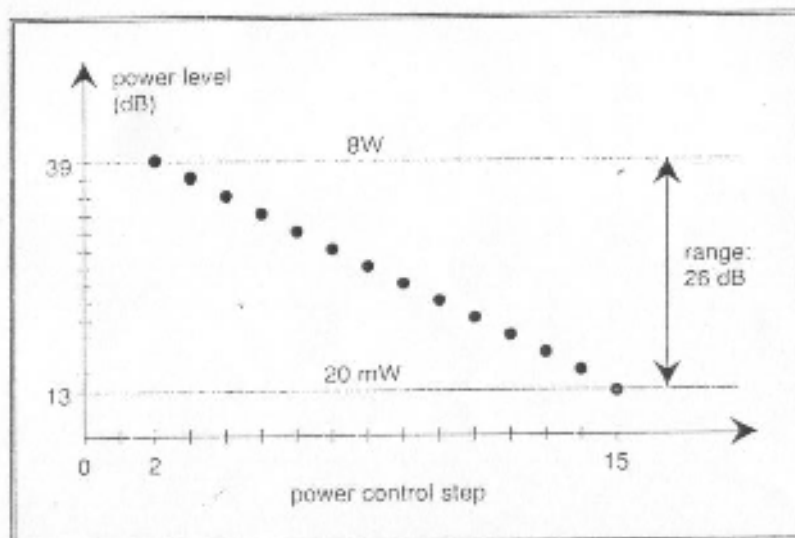


λειτουργίες διαχείρισης της μετάδοσης. Μελετώνται εδώ, λόγω αυτής της χρήσης των μέσων σηματοδότησης, και επίσης επειδή είναι, όπως θα δούμε παρακάτω, ιδιαίτερα συνδεδεμένες με τις διαδικασίες που διαχειρίζονται τις RR-συνόδους. Αυτό προέρχεται από την έναρξη αυτών των διαδικασιών, οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν οποτεδήποτε αλλάζουν το κανάλι.

### **Έλεγχος ισχύος**

Ο έλεγχος ισχύος αναφέρεται στη δυνατότητα να τροποποιηθεί, μέσα σε κάποια κλίμακα, η ισχύς μετάδοσης στη ράδιο συχνότητα, και στον κινητό σταθμό και στο σταθμό βάσης(αλλά ανεξάρτητα). Ο έλεγχος ισχύος έχει έναν κοινό στόχο με την ασυνεχή μετάδοση: τη βελτίωση της φασματικής απόδοσης και αν και σε μια μικρότερη έκταση, τη ζωή των μπαταριών για τον κινητό σταθμό. Όταν μια πλευρά λαμβάνεται πάρα πολύ καλά από μια άλλη, είναι πιο αποδοτικό να μειωθεί η ισχύς μετάδοσής του σε τέτοιο ποσό ώστε να κρατηθεί ένα παρόμοιο ποιοτικό επίπεδο στην επικοινωνία, μειώνοντας την παρεμβολή που προκαλείται σε άλλες κλήσεις στις περιβάλλουσες περιοχές. Σε ένα σύστημα όπως το GSM, το πλήρες κέρδος στη φασματική απόδοση μπορεί να ληφθεί σε μια μικρή έκταση ισχύος, και τα 20dB στην ελάχιστη περίπτωση που διευκρινίζεται από τις *προδιαγραφές*, είναι περισσότερο από ικανοποιητικά για αυτόν το σκοπό.

Στο GSM, τόσο ο uplink όσο και ο downlink έλεγχος ισχύος μπορεί να είναι εφαρμόζεται ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο. Επιπλέον εφαρμόζονται ανεξάρτητα σε κάθε κινητό σταθμό. Η έκταση που διευκρινίζεται από τις *προδιαγραφές* για τον uplink έλεγχο ισχύος βρίσκεται μεταξύ 20 και 30 dB, με βήμα 2 dB, ανάλογα με την κατηγορία ισχύος του κινητού σταθμού. Ένα παράδειγμα δίνεται στο σχήμα 1.12. Η έκταση που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ισχύος downlink είναι εξαρτώμενη από τον κατασκευαστή και μπορεί να είναι μέχρι 30 dB, επίσης με βήμα 2 dB. Ο έλεγχος της ισχύος μετάδοσης είναι μια επιλογή του δικτύου, δηλ., ο χειριστής μπορεί να επιλέξει να το εφαρμόσει ή όχι, σε μια κατεύθυνση ή και στις δύο. Όλοι οι κινητοί σταθμοί, εν τούτοις, πρέπει να υποστηρίζουν το χαρακτηριστικό γνώρισμα, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο στον έλεγχο ισχύος για να είναι πραγματικά αποδοτικός όταν χρησιμοποιείται.

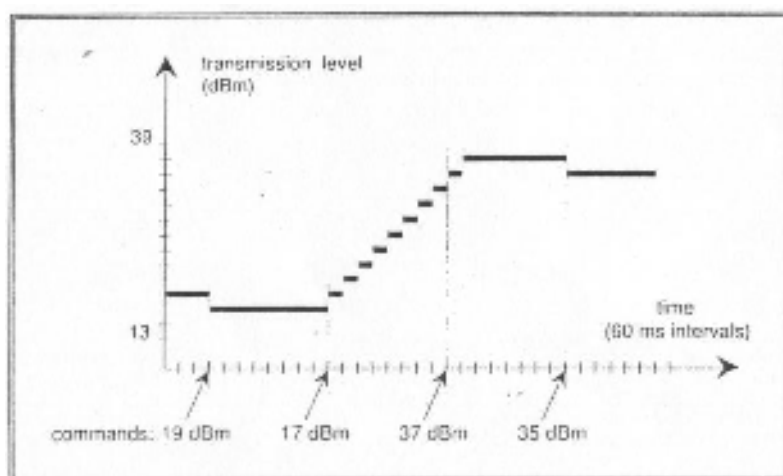


Σχήμα 1.12 – Βήματα ελέγχου ισχύος για ένα GSM900 τάξης 2, κινητό σταθμό. Η ισχύς μπορεί να ελεγχθεί Από βήματα των 2dB σε μια έκταση Από 0,2W (13dBm) μέχρι τη μέγιστη MS ισχύ (8W = 39dBm).

Ο έλεγχος ισχύος και στις δύο κατευθύνσεις ρυθμίζεται από το BSS. Η ισχύς μετάδοσης του κινητού σταθμού επιλέγεται από το BSS και οι εντολές για να το ρυθμίσουν καθορίζονται από τον κινητό σταθμό. Το BSS υπολογίζει την απαραίτητη MS ισχύ μετάδοσης μέσω των μετρήσεων επιπέδων υποδοχής που εκτελούνται από το BTS, λαμβάνοντας υπόψη τις μέγιστες μετρήσεις MS ισχύος μετάδοσης καθώς επίσης και τις μετρήσεις ποιότητας που γίνονται από το BTS. Αυτή η τελευταία παράμετρος βοηθά να εξασφαλίσει ότι η ποιότητα μετάδοσης κρατιέται επάνω από κάποιο κατώτατο όριο αποδοχής. Για την downlink κατεύθυνση, η δύναμη μετάδοσης BTS υπολογίζεται επίσης από το BSS για κάθε σύνδεση, βασισμένη στις μετρήσεις που εκτελούνται από τον κινητό σταθμό και που αναφέρονται τακτικά στο BTS.

Μέσα στο BSS, η διάσπαση μεταξύ BTS και BSC είναι βασικά μια κατασκευαστική επιλογή. Η προδιαγραφή της διεπαφής Abis όπως περιγράφεται στις προδιαγραφές είναι βασικά προσαρμοσμένη στην εφαρμογή του ελέγχου ισχύος στο BSC, αλλά η εφαρμογή στο BTS είναι επίσης δυνατή. Τα λεπτομερή διαδικαστικά μέσα για την τελευταία περίπτωση δεν διευκρινίζονται στις προδιαγραφές, αλλά διάφορα "placeholders" στο πρωτόκολλο BTS-BSC επιτρέπουν στους κατασκευαστές να

διευκρινίσουν και να υλοποιήσουν μέρος ή όλη την διαχείριση ελέγχου ισχύος στο BTS.



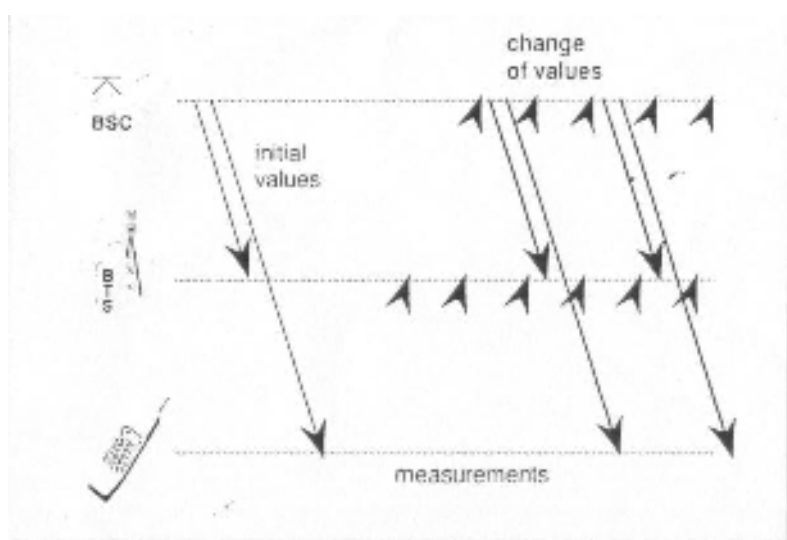
Σχήμα 1.13 – Προσαρμογή ισχύος μετάδοσης

Η ισχύς μετάδοσης ρυθμίζεται σε βήματα των 2dB, και επαναλαμβάνεται κάθε 60 δευτερόλεπτα περίπου. Μια απότομη αύξηση στις εντολές ελέγχου της ισχύος θα απαντηθεί βαθμιαία.

Στην έναρξη μιας σύνδεσης, η αρχική αξία της ισχύος μετάδοσης (και για τον κινητό σταθμό και για το BTS) επιλέγεται από το BSC. Στην περίπτωση μιας αρχικής ανάθεσης, οι διαθέσιμες πληροφορίες που θα καθορίσουν την επιλογή αυτής της ισχύος είναι στην καλύτερη περίπτωση πολύ λίγες: συνίσταται στο επίπεδο υποδοχής μιας ενιαίας ενεργοποίησης πρόσβασης, η οποία είναι αναγκαία περιορισμένης ακρίβειας. Επομένως, στο GSM, το αρχικό επίπεδο ισχύος που χρησιμοποιείται από έναν κινητό σταθμό για τα πρώτα μηνύματα που στέλνονται στο νέο δεσμευμένο κανάλι είναι βασισμένο σε μια κύτταρο-ανά-κύτταρο οργάνωση, και είναι το ίδιο επίπεδο όπως χρησιμοποιείται για την αποστολή των τυχαίων ενεργοποιήσεων πρόσβασης. Η αξία αυτού του επιπέδου μεταδίδεται στο BCCH, και έτσι γίνεται γνωστό σε όλους τους κινητούς σταθμούς πριν από οποιαδήποτε προσπάθεια πρόσβασης. Ένας κινητός σταθμός του οποίου το μέγιστο επίπεδο δύναμης είναι κάτω από την αξία μετάδοσης θα χρησιμοποιήσει εναλλακτικά το μέγιστο επίπεδο δύναμης του. Για τις επόμενες συνδέσεις καναλιών, η MS ισχύς μετάδοσης που χρησιμοποιείται κατά την πρόσβαση του νέου καναλιού διευκρινίζεται από το BSC, είτε χρησιμοποιεί μια προεπιλεγμένη αξία κυττάρων (χαρακτηριστικά η περίπτωση

για μια εισερχόμενη παράδοση μεταξύ διαφορετικού BSCs) είτε βασίζεται στη γνώση σχετικά με την προηγούμενη σύνδεση (αυτή η ικανότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, π.χ., στην επόμενη ανάθεση).

Εκτός από στην έναρξη μιας σύνδεσης καναλιών, μια εντολή για να αλλάξει την ισχύ μετάδοσης δεν πυροδοτεί μια άμεση μετάβαση στη απαιτούμενη αξία στον κινητό σταθμό. Η μέγιστη ταχύτητα εναλλαγής είναι 2dB κάθε 60ms (δείτε το σχήμα 1.13). Αυτό σημαίνει ειδικότερα ότι ένα υψηλή διακύμανση (περισσότερα από 12 dB) δεν θα ολοκληρωθεί όταν φθάσει η επόμενη εντολή.



Σχήμα 1.14 – Διαδικαστικές ανάγκες για τον έλεγχο ισχύος.

Οι μηχανισμοί που αναφέρουν τις ράδιο-μετρήσεις, που ρυθμίζουν την αρχική τιμή της ισχύος και που ελέγχουν την ισχύ περιέχονται στο Abis και στις ράδιο-διεπαφές.

Οι βασικές διαδικαστικές απαιτήσεις για τον έλεγχο ισχύος, όπως φαίνονται στο σχήμα 1.14 περιλαμβάνουν τα ακόλουθα :

- μερικά μέσα για τον κινητό σταθμό ώστε να μεταδοθούν οι μετρήσεις (οι ίδιες SACCH διαδικασίες χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία παράδοσης) μέχρι το BSC, ακόμα κι αν μερικές μετρήσεις μπορούν να σταματήσουν την διαδρομή τους στο BTS για να "προεπεξεργαστούν"
- μερικά μέσα για το BSC ώστε να δώσει εντολή στην MS ισχύ μετάδοσης και ενδεχομένως BTS

- μερικά μέσα για το BSC προκειμένου να υποδείξει στον κινητό σταθμό την αρχική αξία επιπέδων ισχύος που θα χρησιμοποιηθεί στην αρχική ανάθεση, καθώς επίσης και σε κάθε επόμενη εναλλαγή καναλιών
- μερικά μέσα για το BSC ώστε να υποδείξει στο BTS το αρχικό επίπεδο ισχύος όταν μια σύνδεση καναλιών αρχικοποιείται.

### *Πρόοδος συγχρονισμού*

Το σχέδιο της χρονικής πολυπλεξίας που χρησιμοποιείται στη ράδιο πορεία του GSM είναι τέτοιο, ώστε το BTS πρέπει να λάβει τα σήματα που προέρχονται από τους διαφορετικούς κινητούς σταθμούς πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, παρά την καθυστέρηση διάδοσης που υφίσταται από τη διαδρομή επιστροφής από το BTS στον κινητό σταθμό, και να λάβει υπόψη ότι οι χρόνοι μεταξύ των ενεργοποιήσεων έχουν επιλεχτεί να είναι πολύ μικροί για φασματική απόδοση, είναι απαραίτητος ένας μηχανισμός για να αντισταθμίσει την καθυστέρηση διάδοσης. Προς αυτήν την κατεύθυνση, ο κινητός σταθμός προωθεί το χρόνο μετάδοσής του σχετικά με το βασικό του χρονοδιάγραμμα, το οποίο προέρχεται από την υποδοχή των ενεργοποιήσεων, μέσα σε ένα χρονικό διάστημα που υποδεικνύεται από την υποδομή, την πρόοδο συγχρονισμού.

Μόλις εγκατασταθεί μια δεσμευμένη σύνδεση, το BTS μετρά συνεχώς το χρονικό όφσετ μεταξύ του χρονοδιαγράμματος ενεργοποίησης του και του χρονοδιαγράμματος υποδοχής των ενεργοποιήσεων των κινητών σταθμών. Με βάση αυτές τις μετρήσεις, είναι σε θέση να παρέχει στον κινητό σταθμό την απαραίτητη πρόοδο συγχρονισμού και το κάνει αυτό στο SACCH σε ποσοστό δύο φορές ανά δευτερόλεπτο.

Η πρόοδος συγχρονισμού μπορεί να πάρει τις τιμές από 0 έως 233  $\mu$ s, το οποίο είναι αρκετό ώστε να αντιμετωπίσει τα κύτταρα που έχουν μια ακτίνα μέχρι 35 χλμ χωρίς οποιοδήποτε άλλο ειδικό σχέδιο και λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα του φωτός. Αυτό το όριο προέρχεται από τις εκτιμήσεις κωδικοποίησης (η πρόοδος συγχρονισμού κωδικοποιείται μεταξύ 0 και 63, με την περίοδο bit ως μονάδα, ως εκ τούτου 233 $\mu$ s), αλλά υπάρχουν και άλλοι σημαντικότεροι περιορισμοί. Ένα πρώτο

σημείο είναι ο χρόνος φρουράς για τις ενεργοποιήσεις πρόσβασης, ο οποίος στην πράξη περιορίζει σε περίπου 220μs τη δυνατότητα για τη μέτρηση του αρχικού χρόνου διάδοσης. Το άλλο σημείο είναι ότι κάποιος ελάχιστος χρόνος απαιτείται μεταξύ του τέλους της υποδοχής μιας ενεργοποίησης downlink, και της αρχής της μετάδοσης της επόμενης uplink ενεργοποίησης, προκειμένου να επιτραπεί η υλοποίηση των κινητών σταθμών με τον ίδιο συνθέτη συχνότητας για την εκπομπή και την υποδοχή.

Ακόμη και στις αγροτικές ή low-density περιοχές, η υψηλή ποιότητα κάλυψης θα απαιτήσει στην πράξη τις ακτίνες των κυττάρων μικρότερες από 35 χλμ. Εντούτοις, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες τα μεγαλύτερα κύτταρα θα ήταν χρήσιμα. Αυτό ισχύει ειδικότερα για την κάλυψη των παράκτιων περιοχών, όπου οι υψηλές κεραιές (π.χ., στους φάρους) μπορούν να είναι σε οπτική επαφή με τις βάρκες για περισσότερα από 35 χλμ. Τέτοιες χρήσεις είναι πράγματι πιθανές, εις βάρος όμως του αριθμού καναλιών ανά MHz. Το τέχνασμα συνίσταται στη λήψη ενός τεράστιου χρόνου φρουράς (περισσότερο από 580 μs) με τη χρησιμοποίηση μόνο κάθε δεύτερης ενεργοποίησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μόνο τα κανάλια ζυγών TNs μπορούν να χρησιμοποιηθούν (δεδομένου ότι η TN 0 πρέπει να χρησιμοποιηθεί για το BCCH, η περιττές TNs δεν θα χρησιμοποιηθούν). Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα απαιτεί μια συγκεκριμένη επεξεργασία υποδοχής στα BTSs.

Επάνω στην εγκατάσταση μιας νέας δεσμευμένης σύνδεσης, η διαδικασία ελέγχου προόδου συγχρονισμού πρέπει να αρχικοποιηθεί. Αυτό συμβαίνει σε κάθε αρχική ανάθεση, επόμενη ανάθεση ή την παράδοση. Ανάλογα με την περίπτωση, ο κινητός σταθμός και η υποδομή δεν έχουν πάντα το ίδιο ποσό πληροφοριών για να αξιολογήσουν τη νέα πρόοδο συγχρονισμού, και η μέθοδος έναρξης ποικίλλει αναλόγως. Οι διαφορετικές περιπτώσεις θα εξεταστούν τώρα μία-μία.

***α) Και ο κινητός σταθμός και το δίκτυο μπορούν να αξιολογήσουν την πρόοδο συγχρονισμού εκ των προτέρων***

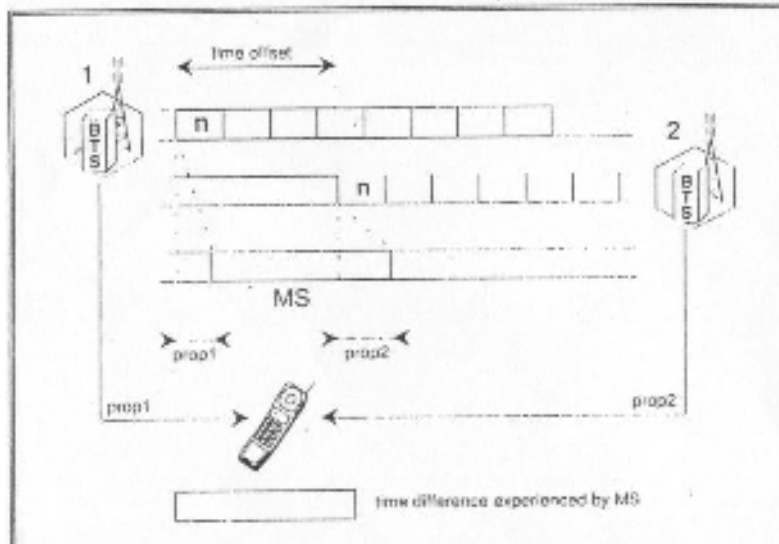
Αυτή η κατάσταση συμβαίνει στην διαδικασία της επόμενης ανάθεσης. Ο κινητός σταθμός χρησιμοποιεί απλά στο νέο κανάλι την παλαιά αξία της προόδου συγχρονισμού που διατάχτηκε από το BTS στο προηγούμενο κανάλι. Από την πλευρά

της υποδομής, η συσκευή BTS υπεύθυνη για το παλαιό κανάλι γνωρίζει την τελευταία εντολή πρόοδο συγχρονισμού, αλλά δεν υπάρχει κανένας τρόπος επικοινωνίας μεταξύ των BTSs. Το BTS δεν γνωρίζει πράγματι ότι η παλαιά και νέα σύνδεση καναλιών αφορά τον ίδιο κινητό σταθμό. Το BSC κρατιέται ενήμερο για την τελευταία διαταγμένη αξία προόδου συγχρονισμού, και είναι επομένως ικανό να τη μεταδώσει στη νέα συσκευή BTS κατά την ενεργοποίησή του. Η διαδικασία ελέγχου προόδου συγχρονισμού επαναλαμβάνει στο νέο κανάλι ακριβώς τις ίδιες τιμές όπως και στο προηγούμενο κανάλι.

Υπάρχει μια άλλη περίπτωση όπου και ο κινητός σταθμός και το δίκτυο είναι ικανά να αξιολογήσουν την πρόοδο συγχρονισμού εκ των προτέρων. Αυτό συμβαίνει στην παράδοση μεταξύ των συγχρονισμένων κυττάρων που είναι τοποθετημένα δίπλα-δίπλα. Εντούτοις, οι *προδιαγραφές* μεταχειρίζονται αυτήν την περίπτωση σαν τα κύτταρα να ήταν συγχρονισμένα, αλλά όχι τοποθετημένα δίπλα-δίπλα (δείτε την επόμενη παράγραφο). Ένα αποδοτικότερο σχέδιο θα μπορούσε να είναι να δοθεί μια ένδειξη στον κινητό σταθμό ότι το παλαιά και τα νέα κύτταρα είναι τοποθετημένα δίπλα-δίπλα, και μια τέτοια βελτίωση μπορεί πράγματι να γίνει στο μέλλον.

***β) Μόνο ο κινητός σταθμός μπορεί να αξιολογήσει τη νέα πρόοδο συγχρονισμού εκ των προτέρων***

Αυτή η περίπτωση προκύπτει όταν εκτελείται η παράδοση μεταξύ δύο συγχρονισμένων κυττάρων που δεν είναι απαραίτητα στην ίδια θέση. Ο κινητός σταθμός είναι έπειτα ικανός να μετρήσει τη διαφορά μεταξύ των χρόνων άφιξης των ενεργοποιήσεων που προέρχονται από τα δύο BTSs. Πρέπει πράγματι να κάνει έτσι για τις απαιτήσεις προ-συγχρονισμού (δείτε τη σελίδα βιβλίου 333). Αυτό το χρονικό όφσετ άφιξης είναι ένας συνδυασμός του χρόνου μετάδοσης που αντισταθμίζεται μεταξύ των δύο BTSs (το οποίο δεν εξαρτάται από τη θέση του κινητού σταθμού), και των δύο χρόνων διάδοσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.15. Επομένως, εάν στον κινητό σταθμό δίνεται το όφσετ του χρόνου μετάδοσης μεταξύ των δύο BTSs (που είναι μηδέν, εξ ορισμού, για τα συγχρονισμένα κύτταρα), είναι σε θέση να παράγει τη διαφορά στους χρόνους διάδοσης, και επομένως να υπολογίσει τη νέα πρόοδο συγχρονισμού που εφαρμόζεται.



Σχήμα 1.15 – Χρονικό οφσσετ μεταξύ δύο BTS.

Όπως είδαμε και Από τον κινητό σταθμό, η διαφορά στο χρόνο άφιξης ανάμεσα στις ενεργοποιήσεις που προέρχονται Από δύο BTS δημιουργείται λόγω της διαφοράς στους χρόνους διάδοσης, συν του οφσσετ μεταξύ των ρολογιών των δύο BTS.

Η ένδειξη ότι δύο κύτταρα συγχρονίζονται είναι επομένως αρκετή για τον κινητό σταθμό να αξιολογήσει τη νέα πρόοδο συγχρονισμού, ως εξής (βασισμένη στις σημειώσεις του σχήματος 1.15):

$$TA2 = TA1 - 2(prop1 - prop2)$$

Από την πλευρά της υποδομής, η νέα πρόοδος συγχρονισμού δεν μπορεί να υπολογιστεί, εκτός από την περίπτωση των τοποθετημένων δίπλα-δίπλα και συγχρονισμένων κυττάρων. Μια πιθανότητα θα ήταν να περιμένει τον κινητό σταθμό να υποδείξει αυτήν αξία (θα δούμε αργότερα ότι ο κινητός σταθμός υποδεικνύει την αξία της προόδου συγχρονισμού που χρησιμοποιεί, τουλάχιστον μία φορά ανά δευτερόλεπτο). Εντούτοις, για να επιτρέψει μια πιθανώς γρηγορότερη αρχικοποίηση στο νέο κανάλι, η διαδικασία παράδοσης μεταξύ των συγχρονισμένων κυττάρων περιλαμβάνει τα μέσα για το νέο BTS προκειμένου να αξιολογήσει το χρόνο διάδοσης με τον κινητό σταθμό. Προς αυτή την κατεύθυνση, ο κινητός σταθμός



αρχίζει τη μετάδοση στο νέο κανάλι με μερικές ενεργοποιήσεις πρόσβασης που στέλνονται με μια μηδενική πρόοδο συγχρονισμού, πριν αλλάξει στην κανονική μετάδοση.

*γ) Ούτε ο κινητός σταθμός ούτε το δίκτυο δεν είναι σε θέση να αξιολογήσει τη νέα πρόοδο συγχρονισμού εκ των προτέρων*

Στην αρχική ανάθεση, ή στην παράδοση μεταξύ δύο κυττάρων που δεν είναι συγχρονισμένα, καμία πληροφορία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε πλευρά για να προβλέψει την πρόοδο συγχρονισμού. Τα μηνύματα σηματοδότησης είναι διαφορετικά, αλλά η διαδικασία έναρξης προόδου συγχρονισμού είναι παρόμοια και στις δύο περιπτώσεις. Ο κινητός σταθμός απαγορεύεται να μεταδώσει τις κανονικές ενεργοποιήσεις έως ότου μάθει τη νέα πρόοδο συγχρονισμού που θα εφαρμόσει. Επειδή το BTS (που είναι η οντότητα που αποφασίζει σχετικά με την πρόοδο συγχρονισμού) πρέπει να λάβει κάτι από τον κινητό σταθμό προκειμένου να αξιολογηθεί ο χρόνος διάδοσης. Ο κινητός σταθμός απαιτείται να στείλει τις ενεργοποιήσεις πρόσβασης στο BTS με μηδενική πρόοδο συγχρονισμού. Όταν το BTS λαμβάνει μια τέτοια ενεργοποίηση, η στιγμή υποδοχής είναι ένα μέτρο του διπλού χρόνου διάδοσης και το BTS μπορεί να προσδιορίσει την αξία της προόδου συγχρονισμού, την οποία στέλνει στον κινητό σταθμό σε ένα μήνυμα σηματοδότησης. Από τη στιγμή που λαμβάνει αυτό το μήνυμα, ο κινητός σταθμός είναι σε θέση να αρχίσει σωστά τις κανονικές ενεργοποιήσεις. Αυτή η ανταλλαγή επιμηκύνει τη διάρκεια της διαδικασίας παράδοσης μεταξύ των ασύγχρονων κυττάρων έναντι στη συγχρονισμένη περίπτωση που περιγράφεται νωρίτερα. Επιπλέον, η "ασύγχρονη" παράδοση οδηγεί σε μια πιο μακροχρόνια διακοπή επικοινωνίας από το "σύγχρονο" γονέα της.

## **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΑΔΙΟ ΚΑΝΑΛΙΩΝ**

Μέχρι τώρα, έχουμε δει πώς διαχειριζόμαστε μεμονωμένες RR-συνόδους. Παρόλο που οι RR-σύνοδοι είναι ανεξάρτητες, μοιράζονται την ίδια ομάδα πόρων, ειδικότερα τα ράδιο κανάλια. Σε αυτό το τμήμα θα εξετάσουμε τη διαχείριση των ράδιο

καναλιών σε ένα κύτταρο συνολικά, που αντιμετωπίζει προβλήματα όπως τη διαμόρφωση των καναλιών και της στρατηγικής ανάθεσης καναλιών.

Η διαχείριση του συνόλου των καναλιών που χρησιμοποιούνται σε κάθε κύτταρο περιλαμβάνει δύο κύριες πτυχές. Από τη μια πλευρά, το σύνολο των καναλιών κάθε κυττάρου πρέπει να καθοριστεί και οι μηχανές πρέπει να διαμορφωθούν αναλόγως. Αυτή η "μακροπρόθεσμη" πτυχή είναι η διαχείριση διαμόρφωσης των καναλιών των κυττάρων. Από την άλλη πλευρά, τα κανάλια περνούν από τους κύκλους ανάθεσης/απελευθέρωσης ακολουθώντας τις ανάγκες επικοινωνίας των κινητών σταθμών. Αυτή η "βραχυπρόθεσμη" πτυχή είναι η δεσμευμένη διαχείριση ανάθεσης των καναλιών. Τόσο η διαχείριση διαμόρφωσης όσο και η ανάθεση των καναλιών είναι ευθύνη του BSC. Το MSC επεμβαίνει μόνο για να προσδιορίσει ποιο τύπο καναλιού απαιτεί μια δεδομένη επικοινωνία, ενώ το BTS εκτελεί διαφορετικούς στόχους, αλλά πάντα υπό έλεγχο του BSC. Και οι δύο περιοχές ασκούν ισχυρή επίδραση στις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται πέρα από τη ράδιο διεπαφή και τη διεπαφή Abis και θα περιγραφούν εδώ.

### ***Διαμόρφωση καναλιών κυττάρων***

Η διαμόρφωση καναλιών ενός κυττάρου είναι ο κατάλογος των καθορισμένων καναλιών σε ένα δεδομένο χρόνο, που χρησιμοποιείται στο κύτταρο. Μια χαρακτηριστική διαμόρφωση κυττάρων περιλαμβάνει ένα σύνολο κοινών καναλιών για να υποστηρίξει τους κινητούς σταθμούς στην κατάσταση μη απασχόλησης και την αρχική πρόσβαση στον κινητό σταθμό (ένα BCCH, ένα PAGCH και ένα RACH) και ένα σύνολο καναλιών κυκλοφορίας (TACHs διάφορων ρυθμών, συμπεριλαμβανομένων αυτών που οι *προδιαγραφές* καλούν TCH/F, TCH/H και SDCCH) για τη μεταφορά δεδομένων σηματοδότησης και δεδομένων των χρηστών. Η διαμόρφωση καναλιών ενός κυττάρου μπορεί να αλλάξει με το χρόνο. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να έχουν διάφορους βαθμούς επίδρασης στη διαχείριση της κυκλοφορίας, δηλ., στην κατανομή και την απελευθέρωση των καναλιών που χρησιμοποιούνται για τις συγκεκριμένες επικοινωνίες.

Από τη μια πλευρά, μερικές τροποποιήσεις συσχετίζονται με την εξέλιξη ολόκληρου του δικτύου, παραδείγματος χάριν μια επέκταση της χωρητικότητας για να αντιμετωπίσουν μια αυξανόμενη πυκνότητα κυκλοφορίας. Τέτοιες αλλαγές βρίσκονται σαφώς στο πλαίσιο της λειτουργίας των δικτύων. Εντούτοις, επειδή οι χειριστές δικτύων εκτιμούν τη δυνατότητα να χειριστούν τέτοιες αλλαγές χωρίς διατάραξη των υπάρχουσών ενεργών επικοινωνιών, οι μηχανισμοί έχουν εισαχθεί στην περιοχή διοίκησης της κυκλοφορίας και για αυτόν το λόγο αυτοί οι μηχανισμοί θα περιγραφούν εδώ.

### ***Διαμόρφωση των καναλιών πρόσβασης***

Ανάλογα με την συνολική φασματική χωρητικότητα του κυττάρου, που υπολογίζεται συνήθως με όρους συχνότητας θυρίδων, η απαίτηση χωρητικότητας για τα κανάλια πρόσβασης (RACH, PAGCH) θα ποικίλει. Οι προδιαγραφές φροντίζουν για πέντε διαφορετικές χωρητικότητες καναλιών πρόσβασης για ένα δεδομένο κύτταρο, οι οποίες συνοψίζονται στον πίνακα 1.2. Οι χωρητικότητες των καναλιών πρόσβασης αντιστοιχούν σε όρους ράδιο κατανάλωσης σε μια κλίμακα από το ισοδύναμο ενός half-rate καναλιού κυκλοφορίας στο ισοδύναμο τεσσάρων full-rate καναλιών κυκλοφορίας.

Αφού οι κινητοί σταθμοί υποτίθεται ότι είναι σε θέση να ακούν μόνο μια μονάδα του φάσματος (το ισοδύναμο ενός TACH/F, δηλ., μια θυρίδα κάθε 8 χρονοθυρίδες) σε μια δεδομένη στιγμή, πρέπει να διανεμηθούν μεταξύ του 1 και 4 ομάδων πληθυσμών, πράγμα που εξαρτάται από την χωρητικότητα της δομής των καναλιών πρόσβασης. Οι κινητοί σταθμοί βρίσκουν τις πληροφορίες για την εφαρμόσιμη δομή στη μετάδοση μηνυμάτων, στο BCCH. Αυτά τα μηνύματα στέλνονται σε κάθε μονάδα μεταφοράς που χρησιμοποιείται για τα κοινά κανάλια ελέγχου (της TN 0, 2, 4 και 6 όπως εφαρμόζονται).

<b>Χωρητικότητα CCCH</b>	<b>Αριθμός ομάδων MS</b>	<b>Ρυθμός ενεργοποιήσεων RACH (ενεργοποιήσεις</b>	<b>Ρυθμός μηνυμάτων PAGCH (μηνύματα ανά</b>
------------------------------	------------------------------	---	---

		ανά δευτερόλεπτο)	δευτερόλεπτο)
1/2 <sup>(*)</sup>	1	114.7	12.7
1	1	216.7	38.2
2	2	433.4	76.5
3	3	650	114.7
4	4	866.7	152.9

### Πίνακας 1.2 – Χωρητικότητα καναλιών πρόσβασης

Τα κανάλια πρόσβασης μπορούν να διαμορφωθούν σε διάφορα μεγέθη, ανάλογα με την χωρητικότητα που προσφέρει το κάθε κύτταρο.

(\*)το υπόλοιπο μισό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για 4 TACH/8.

Η διαμόρφωση καναλιών πρόσβασης μπορεί να αλλάξει στον χρόνο, και οι λεπτομερείς διαδικασίες παρέχονται στις *προδιαγραφές* για να αντιμετωπίσουν τέτοιες δυναμικές αλλαγές και να εξασφαλίσουν ότι η μεταβατική περίοδος μεταξύ δύο σταθερών διαμορφώσεων είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Αυτό προσκρούει κυρίως στο άκουσμα όταν το PAGCH βρίσκεται σε κατάσταση μη απασχόλησης.

Οι αντίστοιχες διαδικαστικές πτυχές θα καλυφθούν στο τμήμα που εξετάζει τις διαδικασίες καταχώρησης.

### **Οργάνωση του PAGCH**

Σε κάθε CCCH "μονάδα" στην οποία οι κινητοί σταθμοί είναι ικανοί να ακούσουν, η καταχώρηση downlink και το κανάλι μεταβίβασης πρόσβασης οργανώνονται σε δύο μέρη:

- διάφορα «υποκανάλια καταχώρησης», σε μια ένα προς ένα σχέση με τα υποσύνολα πληθυσμού των κινητών σταθμών, στους οποίους τα αρχικά μηνύματα ανάθεσης μπορούν επίσης να σταλούν
- πιθανότατα ένα υποκανάλι που διατηρείται αποκλειστικά για τα μηνύματα ανάθεσης

Αυτή η διαμόρφωση PAGCH είναι υποδειγμένη στους κινητούς σταθμούς στη μετάδοση μηνυμάτων στο BCCH, προκειμένου οι κινητοί σταθμοί να αποφασίσουν πού να αφουγκραστούν τα μηνύματα καταχώρησης τους. Η διαμόρφωση PAGCH μπορεί να αλλάξει δυναμικά, και ένας μηχανισμός περιγράφεται στις *προδιαγραφές* για να επιτρέψει μια τέτοια αλλαγή αποφεύγοντας τον κίνδυνο για τους κινητούς σταθμούς να χάσουν τα μηνύματα καταχώρησης κατά τη διάρκεια τέτοιων αλλαγών. Τόσο το αντίστοιχο περιεχόμενο των μηνυμάτων μετάδοσης όσο και η κατανομή των μηνυμάτων καταχώρησης των υποκαναλιών ελέγχονται από το BSC.

Αυτές οι διαδικαστικές πτυχές θα περιγραφούν αντίστοιχα στα τμήματα που εξετάζουν την αναμετάδοση γενικών πληροφοριών και τις διαδικασίες καταχώρησης.

### ***Διαμόρφωση καναλιών κυκλοφορίας***

Ένα άλλο σημείο στον τομέα της διαχείρισης διαμόρφωσης των καναλιών κυττάρων είναι η δυνατότητα να τροποποιηθεί δυναμικά το σύνολο των καναλιών κυκλοφορίας για να ικανοποιήσει την απαίτηση περισσότερο. Παραδείγματος χάριν, ο πόρος που χρησιμοποιείται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή για ένα TACH/F μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για 8 TACH/8 σε κάποια άλλη χρονική στιγμή. Αυτό το είδος επιλογής μπορεί να είναι υπό τον έλεγχο του υποσυστήματος λειτουργίας και συντήρησης (ως αποτέλεσμα των μεσοπρόθεσμων ή μακροπρόθεσμων αναλύσεων κυκλοφορίας), ή μπορεί εναλλακτικά να υλοποιηθεί πλήρως στο BSC, έτσι ώστε η διαδικασία ανάθεσης του BSC να εκτελεί τη μετατροπή όταν απαιτείται. Παραδείγματος χάριν, εάν ένα TACH/8 απαιτείται όταν κανένα δεν είναι ελεύθερο, αλλά ένα TACH/F είναι διαθέσιμο, τότε θα μπορούσε να μετατραπεί σε μια ομάδα των 8 TACH/8s αντί να απορριφθεί το αίτημα. Οι *προδιαγραφές* αφήνουν την πλήρη ελευθερία στο χειριστή/κατασκευαστή για να επιλέξουν την εφαρμογή οπουδήποτε μεταξύ αυτών των δύο ακραίων περιπτώσεων.

Αυτές οι λειτουργίες δεν προσκρούουν άμεσα στις επικοινωνίες υπό εξέλιξη, και είναι συνολικά εσωτερικές διαδικασίες του BSC. Ως εκ τούτου δεν είναι ορατές στα διοικητικά πρωτόκολλα σύνδεσης.

### *Αλλαγές στη διαμόρφωση συχνότητας*

Οι προηγούμενες παράγραφοι έχουν εξετάσει τις αλλαγές στη λειτουργική διαμόρφωση των καναλιών, μέσα σε μια δεδομένη ομάδα των πόρων χρόνου/συχνότητας. Αλλά αυτό δεν είναι το τέλος της ιστορίας. Οι θυρίδες συχνότητας που διατίθενται σε ένα κύτταρο μπορούν να αλλάξουν δυναμικά στο χρόνο, ακόμα κι αν αυτό δεν είναι ένα πολύ συχνό γεγονός.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται μόνο κανάλια μονής-συχνότητας, μια αλλαγή στην ανάθεση συχνότητας του κυττάρου θα επηρεάσει τις επικοινωνίες κάνοντας χρήση οποιασδήποτε υπερφορτωμένης συχνότητας, αλλά κάθε τέτοια επικοινωνία μπορεί να αντιμετωπιστεί ανεξάρτητα από τις άλλες. Εντούτοις, όταν υιοθετείται συχνότητας πραγματοποίησης μεταγωγών, μια συχνότητα χρησιμοποιείται με έναν πολύ στενά συντονισμένο τρόπο από διάφορες συνδέσεις στο κύτταρο συγχρόνως. Οποιαδήποτε αλλαγή στη συχνότητα που έχει επιπτώσεις σε μια δεδομένη σύνδεση πρέπει να συνδεθεί ακριβώς με παρόμοιες αλλαγές σε άλλες συνδέσεις προκειμένου να κρατηθούν οι ιδιότητες μη παρεμβολής των καναλιών. Αυτές οι αλλαγές πρέπει να συμβούν με έναν σύγχρονο τρόπο. Με αυτόν το στόχο, έχουν εισαχθεί συγκεκριμένοι μηχανισμοί στις προδιαγραφές για να επιτρέψουν τη συγχρονισμένη τροποποίηση της ανάθεσης συχνότητας πολλών καναλιών.

Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να διαταχτεί μια ακριβής χρονική αλλαγή των παραμέτρων συχνότητας στους κινητούς σταθμούς και στο BTS για όλες τις συνδέσεις που συγκρούονται, καθώς επίσης και να υπάρξουν οι ακριβείς χρονικές αναθέσεις καναλιών (είτε αρχικές αναθέσεις, επόμενες αναθέσεις είτε παραδόσεις). Η ένδειξη της στιγμής της αλλαγής στηρίζεται στο κυκλικό σχέδιο αρίθμησης των θυρίδων TDMA, το οποίο έχει μια περίοδο περίπου 3,5 ώρες και επιτρέπει την ακρίβεια μικροδευτερολέπτων.

Από την πλευρά του κινητού σταθμού, αυτές οι αλλαγές εμφανίζονται απλά ως αλλαγές των καναλιών που εκτελούνται σε μια καθορισμένη στιγμή. Από την πλευρά του BSS, το θέμα είναι κάπως πιο σύνθετο. Ο στόχος είναι να συγχρονιστεί η συμπεριφορά διάφορων κινητών σταθμών και του BTS, χρησιμοποιώντας τα μέσα σηματοδότησης που υπόκεινται από τη φύση τους ασύγχρονα και είναι επιρρεπή στις

απώλειες λόγω των λαθών μετάδοσης. Η λειτουργία αυτή πρέπει να εκτελεστεί σε διάφορα βήματα.

Πρώτα η γενική απόφαση για να εκτελεστεί μια αλλαγή συχνότητας προέρχεται από το υποσύστημα λειτουργίας και συντήρησης, για τέτοιους λόγους όπως τη σύσταση του νέου υλικού, ή την ανάγκη για την κατάργηση μέρους του υλικού για λόγους συντήρησης, ή λόγω στις παρατηρήσεις της μη σχεδιασμένης παρεμβολής. Η απόφαση να τροποποιηθεί η οργάνωση της συχνότητας ενός κυττάρου δηλώνεται στο BSC, το οποίο είναι έπειτα υπεύθυνο για τους κινητούς σταθμούς συντονισμού και τα BTSs για να φθάσει στη νέα συνεπή διαμόρφωση.

Το πρώτο βήμα για το BSC είναι έπειτα να καθοριστεί η στιγμή μετάβασης. Αυτή η στιγμή δεν πρέπει να είναι πάρα πολύ μακριά, για να αποφύγει τις ασάφειες από το κυκλικό σχέδιο αρίθμησης. Εντούτοις, δεν πρέπει να είναι πάρα πολύ κοντά, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι κινητοί σταθμοί είτε έχουν λάβει την εντολή είτε έχουν απελευθερώσει την τρέχουσα σύνδεσή τους. Οι ενδιαφερόμενοι κινητοί σταθμοί είναι εκείνοι που εμπλέκονται στη μετάδοση σε ένα κανάλι οι παράμετροι συχνότητας του οποίου, επηρεάζονται από την αλλαγή, δηλ., εκείνοι στους οποίους ένα τέτοιο κανάλι έχει ανατεθεί πριν από τον πραγματικό χρόνο μετάβασης: μια χρονομετρημένη διαταγή μετάβασης πρέπει να σταλεί στους ενδιαφερόμενους κινητούς σταθμούς.

Παραμένει η περίπτωση της νέας ανάθεσης των καναλιών πριν από τον πραγματικό χρόνο μετάβασης: τέτοιες διαδικασίες αρχίζουν, αλλά με μια ένδειξη ότι ο κινητός σταθμός θα πάει στο νέο κανάλι μόνο στο χρόνο μετάβασης. Κατά συνέπεια, όλοι οι κινητοί σταθμοί που περιλαμβάνονται σε μια σύνδεση σε ένα από τα κανάλια που συγκρούονται, καθώς επίσης και το BTS, εκτελούν τη μετάβαση όταν εμφανίζεται ο χρόνος μετάβασης, και μια κανονική κατάσταση αποκαθίσταται.

Για να συνοψίσουμε, η αλλαγή της διαμόρφωσης συχνότητας επιδρά σε όλες τις διαδικασίες ανάθεσης, και απαιτεί μια συγκεκριμένη διαδικασία για να εξετάσει τις υπάρχουσες συνδέσεις, η οποία καλείται *διαδικασία επαναπροσδιορισμού* συχνότητας. Οι αντίστοιχες λεπτομέρειες θα βρεθούν στα τμήματα που εξετάζουν κάθε μια από αυτές τις διαδικασίες.

### ***Δεσμευμένη ανάθεση καναλιών***

Το δεύτερο συστατικό της διαχείρισης των ράδιο καναλιών αν τα θεωρήσουμε σαν ένα σύνολο, είναι πώς τα δεσμευμένα κανάλια (TACH/8 και TACH/F) επιλέγονται όταν διανέμονται σε μια RR-σύνοδο. Από την πλευρά της υποδομής, τα δεσμευμένα κανάλια σε μια δεδομένη στιγμή είτε διανέμονται στη χρήση ενός κινητού σταθμού, είτε αποτελούν μέρος μιας ομάδας των καναλιών μη απασχόλησης από τα οποία ένα κανάλι προέρχεται όταν εμφανίζεται μια νέα ανάγκη. Για να συνοψίσουμε τα προηγούμενα τμήματα μια τέτοια νέα ανάγκη μπορεί να εμφανιστεί σε τρεις διαφορετικούς περιπτώσεις:

- στην αρχική ανάθεση καναλιών, όταν ένας κινητός σταθμός, που βρίσκεται σε κατάσταση μη απασχόλησης έχει μερικές ανάγκες επικοινωνίας, παραδείγματος χάριν επειδή ο χρήστης θέλει να οργανώσει μια κλήση, ή επειδή η ενημέρωση θέσης πρέπει να εκτελεστεί
- στην επόμενη ανάθεση, όταν οι ανάγκες επικοινωνίας δεν αντιστοιχούν πια στον τύπο καναλιού που κατανέμεται, παραδείγματος χάριν όταν κατανέμεται ένα TACH/8 στην αρχική ανάθεση και μια λεκτική κλήση πρέπει να συνδεθεί
- στην παράδοση, όταν οι κινήσεις του χρήστη ή οι παραλλαγές του επιπέδου παρεμβολής οδηγούν σε μια κατάσταση όπου η σύνδεση θα ήταν καλύτερη σε ένα άλλο κανάλι, συχνά μέσω ενός άλλου κυττάρου.

### ***Στρατηγικές κατανομής***

Από την πλευρά των κινητών σταθμών, αυτά τα διάφορα είδη ανάθεσης καναλιών είναι απλά διαταγές ώστε να αρχίσει η μετάδοση και η υποδοχή σε συγκεκριμένα κανάλια. Από την άποψη της υποδομής, η κατανομή ενός δεσμευμένου ράδιο καναλιού περιλαμβάνει δύο βήματα, πρώτα την επιλογή του καναλιού που θα χρησιμοποιηθεί, δεύτερον την πραγματική μετάβαση. Η επιλογή του διατιθέμενου καναλιού βρίσκεται εξ ολοκλήρου μέσα στην ευθύνη του BSC. Οι περίπλοκοι αλγόριθμοι μπορούν να σχεδιαστούν έχοντας ως σκοπό να μεγιστοποιήσουν το



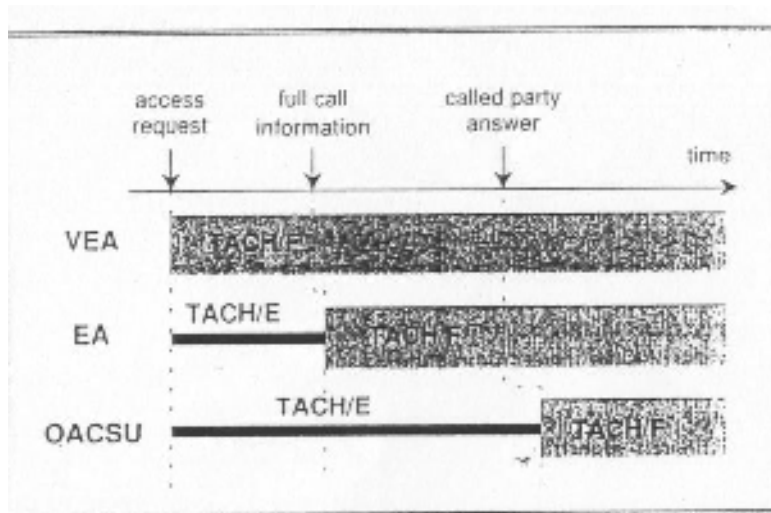
συνολικό ποσό κυκλοφορίας που μπορεί να εξυπηρετηθεί με ένα δεδομένο ποσό πόρων, διατηρώντας ένα λογικό επίπεδο αμεροληψίας στη χορήγηση των αιτημάτων.

Η βελτιστοποίηση κατανομής περιλαμβάνει διάφορες πτυχές. Η πρώτη σχετίζεται με τη σχετικότητα του τύπου καναλιού που διατίθεται για την ουσιαστική ανάγκη. Αυτό οδηγεί σε ένα πραγματικό πρόβλημα στην περίπτωση της αρχικής ανάθεσης δεδομένου ότι πολύ λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες στο BSC οι οποίες θα επιλέξουν τον τύπο του καναλιού (ο κινητός σταθμός δίνει μόνο μια γενική περιγραφή για το λόγο, του να έχει πρόσβαση στο αρχικό μήνυμα αιτήματος πρόσβασης). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αφορά τη σύσταση μιας κλήσης: ένα TACH/F θα απαιτηθεί για να διαβιβάσει τα δεδομένα των χρηστών, αλλά ένα TACH/8 χρησιμοποιώντας 8 φορές λιγότερους πόρους θα ήταν αρκετοί έως ότου οι ανταποκριτές έχουν αρχίσει τη συζήτηση. Διάφορες στρατηγικές μπορούν να επιλεγούν, οι οποίες μπορούν να ομαδοποιηθούν κάτω από τις τρεις ακόλουθες κατηγορίες, όπως επίσης παρουσιάζονται στο σχήμα 1.16:

- η **Πολύ Πρόωρη Ανάθεση** συνίσταται στη διάθεση ενός TACH/F σε κατάσταση αρχικής ανάθεσης, όταν είναι πιθανό ότι η ζητούμενη σύνδεση θα χρειαστεί ένα τέτοιο κανάλι
- η **Πρόωρη Ανάθεση** συνίσταται στην διάθεση ενός TACH/8 αρχικά, κατόπιν διαθέτοντας ένα TACH/F μόλις βεβαιώνεται ότι αυτός ο τύπος καναλιού θα απαιτηθεί
- η **Από Αέρος Οργάνωση Κλήσης (OACSU)** συνίσταται στη διάθεση ενός TACH/8 αρχικά, κατόπιν περιμένοντας έως ότου έχει απαντήσει το συμβαλλόμενο μέρος πριν προσπαθήσει την επόμενη ανάθεση ενός TACH/F.

Κάθε μια Από αυτές τις διαφορετικές μεθόδους έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, τα οποία ενθάρρυναν πολλές συζητήσεις κατά τη διάρκεια των ετών προδιαγραφών του GSM. Η OACSU διαφέρει από τις δύο άλλες μεθόδους δεδομένου ότι παρέχει στους χρήστες έναν διαφορετικό βαθμό υπηρεσίας. Το σωστό κανάλι μπορεί να διατεθεί μετά από ένα αξιοπρόσεχτο χρονικό διάστημα αφού συμβαλλόμενο μέρος έχει απαντήσει, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των καναλιών εκείνη την στιγμή. Η OACSU επομένως απαιτεί κάποια ανακοίνωση στο συμβαλλόμενο μέρος, το οποίο μπορεί ειδάλλως να αναρωτηθεί γιατί χτύπησε το

τηλέφωνο. Ο βαθμός υπηρεσίας που προκύπτει, θεωρείται από πολλούς χειριστές απαράδεκτος, αν και οι απόψεις δίστανται στο συγκεκριμένο ζήτημα. Αφ' ετέρου, το OACSU είναι βεβαίως το αποδοτικότερο των τριών σχεδίων από την άποψη της χρήσης των πόρων. Το δίλημμα βρίσκεται μεταξύ της αποδοτικότητας και της άνεσης των χρηστών.



Σχήμα 1.16 – Στρατηγικές ανάθεσης στην εγκατάσταση μιας κλήσης

Η πολύ πρόωρη ανάθεση (VEA), η πρόωρη ανάθεση (EA) και η Από αέρος εγκατάσταση κλήσης (OACSU), αντιπροσωπεύουν τρεις διαφορετικές στρατηγικές ανάθεσης ανάμεσα στις οποίες μπορούν να διαλέξουν οι χειριστές.

Το κύριο μειονέκτημα της πρόωρης ανάθεσης έναντι της πολύ πρόωρης ανάθεσης συνίσταται σε έναν αυξανόμενο χρόνο οργάνωσης της κλήσης, χωρίς το πραγματικό κέρδος από την άποψη της χρήσης καναλιών στην περίπτωση όταν απαιτείται πραγματικά ένα TACH/F (πρέπει να αναφερθεί ότι ένα μέτρο της χρήσης καναλιών πρέπει να λάβει υπόψη, όχι μόνο το μέγεθος καναλιών (φασματική κατανάλωση), αλλά και τη διάρκεια χρήσης, και ότι οι ανταλλαγές σηματοδότησης είναι γρηγορότερες σε ένα TACH/F απ' ότι σε ένα TACH/8). Αφ' ετέρου, η πολύ πρόωρη ανάθεση είναι πολύ ανεπαρκής εάν ένα TACH/F διατίθεται όταν δεν είναι απαραίτητος, π.χ., για την ενημέρωση θέσης. Σε αυτήν την περίπτωση, το χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του οποίου η σύνδεση πρέπει να κρατηθεί καθορίζεται κυρίως από τη διάρκεια των ανταλλαγών σηματοδότησης μεταξύ των οντοτήτων υποδομής, και καμιά δεν μπορεί να αναμείνει μια σημαντική μείωση με τη χρησιμοποίηση ενός μεγαλύτερου καναλιού. Επομένως, η πολύ πρόωρη ανάθεση

είναι αρκετά ενδιαφέρουσα μόνο εάν αρκετές πληροφορίες, οι οποίες είναι στη χρήση της απαιτούμενης σύνδεσης είναι διαθέσιμες στο δίκτυο πριν από την αρχική ανάθεση (η οποία δεν είναι η περίπτωση στη φάση 1 έκδοση του GSM).

Οποιαδήποτε στρατηγική κατανομής, εδώ υπάρχουν περιπτώσεις όπου κανένας επαρκής πόρος δεν είναι διαθέσιμος όταν απαιτείται. Το δίκτυο μπορεί έπειτα να εφαρμόσει μια από τις δύο στρατηγικές: είτε το αίτημα απορρίπτεται, βασισμένη στο δημιουργό του για να ξαναδοκιμάσει ενδεχομένως αργότερα, ή το αίτημα τίθεται κατά μέρος για να εξυπηρετηθεί όταν ένα κατάλληλο κανάλι γίνεται ελεύθερο. Η τελευταία στρατηγική αναφέρεται ως «τοποθετώ σε σειρά», αν και δεν υπάρχει απαραίτητως μια σειρά αναμονής υπό την ακριβέστερη έννοια της λέξης.

### ***Αναμονή («τοποθετώ σε σειρά»)***

Το ενδιαφέρον για τη στρατηγική της αναμονής ποικίλλει ανάλογα με τους όρους κάτω Από τους οποίους εφαρμόζεται. Στην αρχική ανάθεση, τέθηκε σε ισχύ το επαναληπτικό σχέδιο για να αντιμετωπίσει τις απώλειες λόγω των συγκρούσεων ή των κακών όρων διάδοσης, το οποίο σχεδόν εξάλειψε την ανάγκη χρήσης της στρατηγικής της αναμονής. Η χρησιμοποίηση της αναμονής στην αρχική ανάθεση θα μπορούσε ακόμη και να έχει δυσμενή αποτελέσματα, δεδομένου ότι ένα αίτημα που δεν απαντιέται σε ένα μικρό χρονικό διάστημα θα επαναληφθεί από τον κινητό σταθμό (ο συνηθισμένος λόγος για μη απάντηση είναι η απώλεια μετάδοσης), και αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε ανεπαρκείς πολλαπλές αναθέσεις.

Η αναμονή θα μπορούσε φυσικά να είναι πιθανή στην αρχική ανάθεση, με την εισαγωγή μιας βεβαίωσης λήψης «παρακαλώ αναμείνατε» προς το αίτημα του κινητού σταθμού, αλλά αυτό δεν έχει εισαχθεί για λόγους απλότητας. Η εμφάνιση του στοιχείου ENΔΕΙΞΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ σε ένα μήνυμα που απαντά σε ένα αίτημα για την πρόσβαση, δεν πρέπει να μπερδευτεί με ένα τέτοιο σχέδιο. Στην πραγματικότητα είναι μια προσωρινή απόρριψη που αποτρέπει τον κινητό σταθμό από την παραγωγή νέων προσπαθειών για κάποιο χρόνο.

Το σημαντικότερο ενδιαφέρον για την αναμονή βρίσκεται πράγματι στην περίπτωση των επόμενων αναθέσεων. Το μόνο προκύπτων μειονέκτημα είναι η επιμήκυνση του χρόνου οργάνωσης κλήσης (αυτό γίνεται αντιληπτό από το συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, όταν χρησιμοποιείται η πρόωρη ανάθεση και από αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη όταν χρησιμοποιείται OACSU). Εντούτοις, αυτό πρόκειται να ισορροπηθεί με μια απόρριψη της κλήσης, πιθανώς περισσότερο αντιληπτή από τους συνδρομητές!

Για την παράδοση, η εικόνα δεν είναι τόσο σαφής. Εάν η παράδοση αποφασίζετε για να σώσει μια κατάσταση εκφυλίζεται γρήγορα, η αναμονή δεν μπορεί να βοηθήσει πολύ, δεδομένου ότι η σύνδεση θα χαθεί πιθανότατα εάν το κανάλι δεν μπορέσει να διατεθεί άμεσα, αλλά εάν η σύνδεση δεν είναι σε άμεσο κίνδυνο, και η απόφαση παράδοσης μπλοκάρεται για γενικούς λόγους βελτιστοποίησης, η αναμονή μπορεί να είναι μια πηγή βελτίωσης. Κατά συνέπεια, η σωστή χρήση της αναμονής στην παράδοση απαιτεί ότι η διαδικασία παράδοσης χωρίζεται σε διάφορες περιπτώσεις.

Κατά την εφαρμογή της αναμονής πρόκειται να επιδιωχθεί η αμεροληψία μεταξύ της επεξεργασίας των αιτημάτων. Όταν καμία άλλη αιτία δεν επεμβαίνει, η αντιμετώπιση της υπηρεσίας είναι συνήθως πρώτος-έρχεται, πρώτος-εξυπηρετείται: εκεί έχουμε την κλασική σειρά αναμονής. Μπορούν επίσης να επινοηθούν και πιο περίπλοκα σχέδια, χορηγώντας τα αιτήματα βάσει των κατ' εκτίμηση προτεραιοτήτων τους. Οι παραδόσεις μπορούν να θεωρηθούν υψηλότερης προτεραιότητας από τις επαναθέσεις, και οι κλήσεις έκτακτης ανάγκης θεωρούνται σημαντικότερες από άλλες επικοινωνίες.

Ακόμη και χωρίς αναμονή, υπάρχουν τρόποι να προκαταληφθεί η χορήγηση των αιτημάτων καναλιών στις κορεσμένες καταστάσεις. Παραδείγματος χάριν, ανάλογα με την κατάσταση της συμφόρησης των καναλιών, μπορεί να ήταν συμφέρον να απορριφθούν αιτήσεις καναλιών για τις εξερχόμενες κλήσεις να παρέχουν προνόμια εκείνοι τις αιτήσεις για τις εισερχόμενες κλήσεις (ένας κινητός χρήστης είναι πιθανότερο να απαντήσει από έναν σταθερό, εάν ο κινητός σταθμός είναι σε κατάσταση λειτουργίας, και το δίπλα-δίπλα κύκλωμα είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου εγκατεστημένο ήδη στην περίπτωση μιας εισερχόμενης κλήσης). Μια ακόμα πιο δραστηκή προσέγγιση συνίσταται στον αποτελεσματικό τερματισμό μιας σύνδεσης που θεωρείται μικρής σπουδαιότητας, προκειμένου να επαναχρησιμοποιηθεί ο πόρος

για μερικές ανάγκες που κρίνονται σημαντικότερες. Αυτή η προσέγγιση αναφέρεται ως απόκτηση δικαιώματος προτίμησης, και πρέπει να χρησιμοποιηθεί με μεγάλη προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη τον αρνητικό αντίκτυπο στον χρήστη ενεργεί πρώτος.

Για όλους τους ανωτέρω λόγους, μερικοί μηχανισμοί έχουν εισαχθεί στις *προδιαγραφές* για να καταστήσουν δυνατές στρατηγικές προτεραιότητας για τη κατανομή ράδιο καναλιών στο BSC. Αυτοί οι μηχανισμοί συνίστανται σε ενδείξεις κατηγοριών μεταβίβασης, προτεραιότητας και δικαιώματος προτιμήσεως, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επηρεάσουν τις αποφάσεις κατανομής σε περιπτώσεις συμφόρησης. Οι *προδιαγραφές* δεν περιγράφουν πώς να χρησιμοποιήσουν αυτές τις ενδείξεις, δεδομένου ότι τα σχέδια κατανομής επαφίονται στους χειριστές ή στους κατασκευαστές. Μόνο η μεταφορά τους στις διεπαφές διευκρινίζεται, και η πραγματική χρήση τους είναι πράγματι μια πηγή διαφοροποίησης μεταξύ των προϊόντων διαφόρων κατασκευαστών.

Ελάχιστες ενδείξεις σχετικές με το σκοπό της πρόσβασης που παρέχονται από τον κινητό σταθμό στο BSC στην αρχή της διαδικασίας πρόσβασης, για να επιτρέψουν κάποιο μηχανισμό προτεραιότητας για την αρχική κατανομή. Ομοίως, το MSC μπορεί να παρέχει κάποιες πληροφορίες όταν ζητά μια αλλαγή του τύπου καναλιών (επακόλουθη διαδικασία ανάθεσης). Στην περίπτωση της παράδοσης η αίτηση BSC μπορεί επίσης να παρέχει στο MSC κάποιες πληροφορίες για το λόγο της παράδοσης, και αυτός ο λόγος μπορεί να φέρεται μέχρι το επιθυμητό BSC.

Για αν συνοψίσουμε, μερικά πράγματα εδώ και εκεί στις διαδικασίες επιτρέπουν τη χρήση περίπλοκων αλγορίθμων κατανομής, με την αναμονή, τις προτεραιότητες..., αλλά κανένας περιορισμός δεν τίθεται από τις *προδιαγραφές* στον εξοπλισμό υποδομής, σε αυτήν την περιοχή. Πρόκειται Είναι στο χέρι των κατασκευαστών να περιλάβουν τέτοιες λειτουργίες, ή στο χέρι των χειριστών να τους το ζητήσουν.

### ***Θεωρήσεις παρεμβολών***

Το πραγματικό κανάλι που διατίθεται μπορεί επίσης να επιλεγεί με τη βελτιστοποίηση της απόδοσης μετάδοσης. Αυτό απαιτεί Από το BSC να έχει κάποια

γνώση εκ των προτέρων για την απόδοση μιας σύνδεσης για κάθε ένα από τα ελεύθερα κανάλια. Η απόδοση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι δύσκολο να αξιολογηθούν πριν από την αποτελεσματική χρήση του καναλιού. Εντούτοις, υπάρχει ένας που είναι προσιτός: το επίπεδο παρεμβολής στη uplink κατεύθυνση. Όταν ένα κανάλι δεν διατίθεται σε οποιαδήποτε σύνδεση, το επίπεδο που λαμβάνεται στο κανάλι δίνει μια ιδέα του επιπέδου παρεμβολής και θορύβου. Το GSM παρέχει τη δυνατότητα για το BTS να μετρηθεί αυτό το επίπεδο υποδοχής σε όλα τα αδιάθετα κανάλια και να μεταδοθούν τακτικά στο BSC. Το BSC μπορεί έπειτα να λάβει υπόψη του αυτές οι πληροφορίες προκειμένου να διατεθεί ένα ελεύθερο κανάλι του κατώτατου uplink επιπέδου παρεμβολής, ή να αποφασίσει σχετικά με μια παράδοση στο εσωτερικό του κυττάρου εάν είναι βεβαιωμένο ότι ένα ενεργό κανάλι υφίσταται ένα πιο υψηλό επίπεδο uplink επιπέδου παρεμβολής από ότι το ελεύθερο κανάλι.

Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι στις περισσότερες περιπτώσεις λιγότερου ενδιαφέροντος. Η ανησυχία ενός χειριστή είναι να λάβει ένα σύστημα ικανό να υποστηρίξει μέγιστη χωρητικότητα, κατά συνέπεια η κατάσταση που θα βελτιστοποιήσει είναι η συμφόρηση. Εάν όλα τα κανάλια ενός κυττάρου χρησιμοποιούνται στη συμφόρηση (και αυτό είναι η συνηθισμένη υπόθεση), η κατανομή των καναλιών που ξεκινά με τις λιγότερες αλλαγές δεν προσφέρει τίποτα στην ενδεχόμενη κατάσταση συμφόρησης. Το μόνο κέρδος είναι η βελτίωση της μέσης απόδοσης όταν το σύστημα δεν βρίσκεται σε κατάσταση συμφόρησης.

Εντούτοις, η υπόθεση ότι όλα τα κανάλια χρησιμοποιούνται κατά την συμφόρηση δεν ευσταθεί πάντα. Κάποιος μπορεί να φανταστεί έναν κυψελοειδή προγραμματισμό όπου ο αριθμός των καναλιών που διατίθενται σε ένα κύτταρο είναι πάρα πολύ υψηλός, υπό την έννοια ότι εάν όλα τα κανάλια χρησιμοποιούνται σε όλα τα κύτταρα τότε η συνολική ποιότητα των συνδέσεων δεν είναι αποδεκτή. Με μια τέτοια προσέγγιση η συμφόρηση συμβαίνει πριν από τη διάθεση όλων των καναλιών. Μια πρώτη συνέπεια είναι ότι τα BSCs πρέπει να φροντίσουν να μην εκκινήσουν πρόσθετες συνδέσεις όταν το σύστημα τείνει σε κατάσταση συμφόρησης, ακόμη και αν υπάρχουν διαθέσιμα κανάλια. Μια άλλη συνέπεια είναι ότι το να λάβει τα uplink επιπέδων παρέμβασης υπόψη, είναι σημαντικό. Αυτό που λαμβάνεται είναι ένα είδος αυτόματου προγραμματισμού καναλιών μεταξύ των κυττάρων: η χρήση ενός

καναλιού σε ένα κύτταρο θα οδηγήσει σε κάποιο επίπεδο παρεμβολής σε άλλα κύτταρα, η παρεμπόδιση κατά συνέπεια των τελευταίων στη χρήση (και έπειτα παρεμβολή) καναλιών παρεμβολής. Αυτή είναι ουσιαστικά μια δυναμική μέθοδος κατανομής καναλιών και μπορεί να παρουσιαστεί εύκολα με τη λήψη της ακραίας υπόθεσης ότι όλα τα κανάλια διατίθενται σε όλα τα κύτταρα. Χωρίς να λάβουμε υπόψη αυτή την ακραία υπόθεση, μια μικρή επανεκτίμηση των διαστάσεων της χωρητικότητας των κυττάρων συν την παραπάνω δυναμική μέθοδο κατανομής καναλιών, μπορεί να είναι χρήσιμη για να αντιμετωπίσει μια ανώμαλη διανομή της κυκλοφορίας μεταξύ των κυττάρων. Εάν ένα κύτταρο είναι υπερφορτωμένο, αλλά εάν τα κύτταρα που χρησιμοποιούν τα κανάλια παρεμβολής δεν είναι, το κορεσμένο κύτταρο μπορεί με αυτήν την προσέγγιση να χρησιμοποιήσει περισσότερα κανάλια από την περίπτωση που όλα τα κύτταρα ήταν εξίσου υπερφορτωμένα.

### ***Περιγραφή των ράδιο καναλιών***

Ένα δευτερεύον ζήτημα σχετικό με την κατανομή καναλιών είναι ο τρόπος με τον οποίο τα ράδιο κανάλια περιγράφονται. Το πρόβλημα εναπόκειται συχνότητας πραγματοποίησης μεταγωγών. Όπως εξηγείται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 4, τα χαρακτηριστικά των καναλιών περιλαμβάνουν τις παραμέτρους χρόνου και συχνότητας. Τα χρονικά χαρακτηριστικά δεν είναι προβληματικά, στο επίπεδο του χρόνου, υπάρχουν μόνο 8 τύποι των TACH/F και 68 τύποι των TACH/8, ανάλογα με τον τύπο καναλιού και το όφσετ σχετικά με το ρολόι αναφοράς. Μια ομάδα των οκτώ είναι επομένως αρκετή για να κωδικοποιήσει ποιες εξ αυτών των 76 οικογενειών των καναλιών θα αναφερθούν (92 εάν συμπεριλαμβάνονται τα half-rate κανάλια).

Στην περιοχή της συχνότητας, τα πράγματα είναι κάπως πιο περίπλοκα. Στην περίπτωση των καναλιών απλής-συχνότητας, ο αριθμός των διαφορετικών περιπτώσεων είναι 124 για το GSM900 και 374 για το DCS 1800. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί κάποια εξέλιξη, αυτή η συχνότητα κωδικοποιείται σε 10 bits, που οδηγούν σε συνολικά 18 bits για να κωδικοποιηθεί οποιοδήποτε κανάλι απλής-συχνότητας. Εντούτοις, όταν χρησιμοποιείται συχνότητα πραγματοποίησης μεταγωγών, ο αριθμός συνδυασμών αυξάνεται υπερβολικά. Για το GSM900 μόνο, μια μέτρια αξιολόγηση δείχνει ότι υπάρχουν περίπου

66, 141, 633, 339, 297, 631, 280, 564, 218, 199, 442, 383, 724, 544

διαφορετικές πιθανές ακολουθίες πραγματοποίησης μεταγωγών που συμφωνούν με τις *προδιαγραφές* (συμπεριλαμβανομένων των περιπτώσεων απλής συχνότητας). Αυτή η αξία χρειάζεται 135 bits για να γραφεί σε δυαδική μορφή. Το θέμα είναι χειρότερο για το DCS 1800(εκθετική αύξηση των περιπτώσεων). Αυτό προκαλεί ένα πρόβλημα λόγω του μεγέθους των μηνυμάτων σηματοδότησης, το οποίο είναι ιδιαίτερα κρίσιμο στο PAGCH στο οποίο στέλνονται όλα τα αρχικά μηνύματα ανάθεσης. Είναι επομένως επιθυμητή κάποια μείωση των περιπτώσεων. Αλλά τι είδους μείωση;

Κατ' αρχάς, τι απαιτείται για να περιγραφεί ένα κανάλι πραγματοποίησης μεταγωγών; Ο κατάλογος των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από το κανάλι, προφανώς. Αυτός ο κατάλογος συχνότητας, ο οποίος αναφέρεται ως KINHTEH KATANOMH στις *προδιαγραφές*, είναι προφανώς η κύρια πηγή μήκους. Η περιγραφή περιέχει επίσης δύο άλλες παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ακολουθίας πραγματοποίησης μεταγωγών:

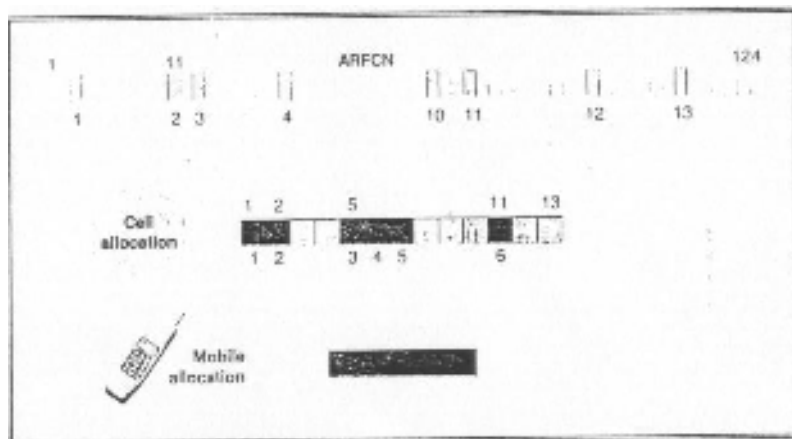
- το κινητό όφσετ δεικτών κατανομής (Mobile Allocation Index Offset, MAIO), Από το οποίο σχηματίζονται τόσες πιθανές τιμές όσες είναι οι συχνότητες στον κατάλογο, ως εκ τούτου το όνομά του, δεδομένου ότι περιγράφει την αφετηρία για τη λειτουργία επανάληψης πραγματοποίησης μεταγωγών, και
- ο αριθμός ακολουθίας πραγματοποίησης μεταγωγών (Hopping Sequence Number, HSN), ο οποίος μπορεί να πάρει 64 διαφορετικές τιμές.

Αυτές οι δύο παράμετροι χρειάζονται το πολύ 13 bits για να περιγραφούν.

Το πραγματικό πρόβλημα κωδικοποίησης εναπόκειται στην κωδικοποίηση του καταλόγου συχνότητας. Μια πρώτη απλοποίηση συνίσταται στη σημείωση ότι μόνο ένα σύνολο (δηλ. ένας ανοργάνωτος κατάλογος) συχνοτήτων απαιτείται για να καθορίσει ένα κανάλι. Ο αλγόριθμος πραγματοποίησης μεταγωγών παραγωγής ακολουθίας αναφέρεται σε έναν κατάλογο συχνοτήτων, αλλά η διαταγή καθορίζεται



σιωπηρά βασισμένος στην αντίστοιχη αξία των συχνοτήτων σε Hertz. Επομένως μόνο τα σύνολα απαιτούνται, μειώνοντας την απαίτηση κωδικοποίησης σε 124 bits. Αυτό είναι πάρα πολύ συγκρινόμενο με τους περιορισμούς του PAGCH.



Σχήμα 1.17 – Διάθεση κυττάρων και κινητού

Δύο προσεγγίσεις ήταν δυνατές: είτε να περιοριστεί ο αριθμός των πιθανοτήτων, είτε να σχεδιαστεί ένα αποδοτικό και σύνθετο σχέδιο σηματοδότησης. Ο περιορισμός του αριθμού των πιθανοτήτων είναι αναπόφευκτος για το DCS 1800. Ο μέγιστος αριθμός συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από οποιοδήποτε δεδομένο κανάλι ποικίλλει από 32 έως 64 ανάλογα με το φάσμα συχνότητας στο οποίο τα κανάλια εκτείνονται. Αλλά υπάρχουν ακόμα και με αυτόν τον περιορισμό περισσότερες ακολουθίες συχνότητας στο DCS 1800 απ' ό τι στο GSM900.

Έτσι απομένει η σύνθετη προσέγγιση σηματοδότησης. Όλα τα κανάλια σε ένα δεδομένο κύτταρο χρησιμοποιούν μόνο εκείνες τις συχνότητες που διατίθενται στο κύτταρο με τον κυψελοειδή προγραμματισμό. Εάν αυτός, ο μάλλον μικρός, κατάλογος μπορεί να μεταδοθεί στους κινητούς σταθμούς ανεξάρτητα από οποιαδήποτε κατανομή, η περιγραφή ενός δεδομένου καναλιού σε ένα γνωστό κύτταρο πρέπει μόνο να προσδιορίσει ποιες εξ' αυτών των συχνοτήτων κυττάρων, χρησιμοποιούνται. Αυτός ο «σε δύο στάδια» μηχανισμός (δείτε το σχέδιο 1.17) οδηγεί στην έννοια της κατανομής κυττάρων, ή την περιγραφή καναλιών κυττάρων, που είναι οι όροι που χρησιμοποιούνται στις προδιαγραφές, για να υποδείξουν το σύνολο όλων των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται σε ένα δεδομένο κύτταρο. (Στην πραγματικότητα, η κύρια χρήση της κατανομής κυττάρων είναι για την αρχική

ανάθεση, έτσι η κατανομή κυττάρων μπορεί να περιοριστεί στο σύνολο των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από τα κανάλια που μπορούν να διατεθούν ως αρχικά κανάλια.) Η κωδικοποίηση της διάθεσης κυττάρων χρησιμοποιεί 16 ομάδες των οκτώ στο GSM900 (όπου περιλαμβάνει έναν δυαδικό χάρτη και για τις 124 συχνοτήτες) και μέχρι δύο φορές περισσότερο στο DCS 1800 (όπου ο αλγόριθμος κωδικοποίησης είναι πιο σύνθετος). Αυτή η κατανομή κυττάρων μεταδίδεται τακτικά στο BCCH. Όταν το BSC στέλνει ένα μήνυμα κατανομής καναλιών στον κινητό σταθμό (είτε στην αρχική ανάθεση, την επόμενη ανάθεση είτε την παράδοση), είναι σε θέση να κωδικοποιήσει αποτελεσματικά τον κατάλογο συχνότητας καναλιών ως υποσύνολο του καταλόγου συχνότητας κυττάρων. Εάν το τελευταίο περιλαμβάνει n συχνοτήτες, η κωδικοποίηση όλων των πιθανών υποσυνόλων χρειάζεται θεωρητικά μόνο τα n bits. Η κατανομή κυττάρων στο GSM 900 περιορίζεται σε λιγότερες από 64 συχνοτήτες (αφού ο δυαδικός χάρτης στην κινητή κατανομή περιορίζεται σε 64 bits). Αυτό δεν είναι στην πραγματικότητα ένας περιορισμός, δεδομένου ότι όλες οι συχνοτήτες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα κύτταρα.

Στη μεγάλη πλειοψηφία των περιπτώσεων, η κατανομή κυττάρων δεν περιέχει περισσότερες από 32 συχνοτήτες. Πράγματι το κέρδος από συχνότητας πραγματοποίησης μεταγωγών αυξάνεται πολύ λίγο με μεγαλύτερους αριθμούς. Μερικά σχέδια κωδικοποίησης έχουν παρουσιαστεί στις *προδιαγραφές* για να κωδικοποιήσουν αποτελεσματικά την ομάδα συχνοτήτων όταν η κατανομή κυττάρων συνίσταται σε έναν τόσο μικρό αριθμό συχνοτήτων. Για ιστορικούς λόγους, δύο τέτοια σχέδια μπορούν να υπάρξουν: ένα για GSM900, ένα για το DCS 1800. Το πρώτο σχέδιο απεικονίζεται σε αυτό που καλείται στοιχείο ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ στις *προδιαγραφές*. Αυτό το στοιχείο επιτρέπει την παράκαμψη της προσέγγιση «σε δύο στάδια», που περιγράφεται ανωτέρω και χρησιμοποιείται στην παράδοση. Κατόπιν, ένα άλλο σχέδιο σχεδιάστηκε με σκοπό να αντιμετωπίσει περισσότερες συχνοτήτες, διατηρώντας ταυτόχρονα τη συμβατότητα με την πρώτη. Το τελευταίο σχέδιο είναι πράγματι ικανό να αντιμετωπίσει 1024 διαφορετικές συχνοτήτες, αφήνοντας κάποια περιθώρια για επεκτάσεις στο μέλλον των σχετικών με τα GSM συστήματα...

## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ

Οι λειτουργίες της διαχείρισης των ράδιο πόρων εξετάζεται κυρίως από το BSC, και ειδικότερα από το BSC που ενεργεί ως ενορχηστρωτής για αυτές τις λειτουργίες. Κατευθύνει τον κινητό σταθμό καθώς επίσης και τις σχετικές μηχανές υποδομής, οι οποίες είναι λίγο-πολύ σκλάβοι (στον τομέα RR), δηλ., το BTS (και TRAU) από τη μία πλευρά, και τα MSCs Από την άλλη. Τα BTS και το TRAU είναι πράγματι οι κύριοι εκτελεστές στην αλυσίδα μετάδοσης, και πρέπει υπό αυτήν τη μορφή να ελεγχθούν από τις λειτουργίες των ράδιο πόρων, στην πραγματικότητα από το BSC. Το BSC συμμετέχει ελάχιστα στη λειτουργία μετάδοσης, αλλά φροντίζει τη συνέπεια της αλυσίδας μετάδοσης, είτε για τις διαφορετικές ιδιότητές του (τρόπος μετάδοσης, τρόπος κρυπτογράφησης) είτε για την ποιότητα της μετάδοσης (προετοιμασία παράδοσης και συντονισμός εκτέλεσης).

Εάν είναι το MSC αναφοράς είναι αυτό που αποφασίζει ποιες ιδιότητες της αλυσίδας μετάδοσης είναι επιθυμητές για να εκπληρώσουν την υπηρεσία, ο ρόλος του MSC για τη διαχείριση των ράδιο πόρων περιορίζεται σε μερικές από τις πτυχές παράδοσης. Το MSC αναφοράς είναι υπεύθυνο για την εκτέλεση των επόμενων παραδόσεων στο εσωτερικό του MSC όταν αποφασίζονται έτσι BSC εξυπηρέτησης. Το MSC ηλεκτρονόμων είναι υπεύθυνο για τις παραδόσεις όταν είναι μεταξύ δύο κυττάρων Από διαφορετικά BSC υπό έλεγχό του, και των κυκλωμάτων μεταξύ του εαυτού του και του BSC του. Για όλες τις άλλες λειτουργίες, το MSC ηλεκτρονόμων ενεργεί ως κόμβος διέλευσης για τις ανταλλαγές σηματοδότησης μεταξύ του MSC αναφοράς και του BSC ή του κινητού σταθμού. Λειτουργικά οι λειτουργίες του MSC ηλεκτρονόμων περιλαμβάνονται όλες μέσα στη σφαίρα της διαχείρισης των ράδιο πόρων.

Αυτή η γενική περιγραφή των ρόλων των διαφορετικών κόμβων πρέπει να βελτιωθεί για τη λειτουργία παράδοσης. Η προετοιμασία παράδοσης χρησιμοποιεί διάφορα κομμάτια των πληροφοριών, που περιγράφονται στα ανωτέρω τμήματα, και που προέρχονται από τις διαφορετικές πηγές. Το BTS είναι το σημείο εισόδου της υποδομής για όλες τις πληροφορίες μέτρησης (και για τις αναφορές από τους κινητούς σταθμούς και για τις μετρήσεις του). Το BSC είναι ο φύλακας όλων των προγραμματισμών συχνότητας και των δεδομένων μορφολογίας των κυττάρων. Οι

πληροφορίες για την κυκλοφορία εκτείνονται μεταξύ του BSC και των MSC. Κατά συνέπεια, οποιαδήποτε λειτουργική διάσπαση επιλέγεται, απαιτείται μεταφορά πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο μεταξύ αυτών των οντοτήτων προκειμένου να διασφαλιστεί μια συνεπής στρατηγική παράδοσης.

Η βασική διάσπαση βρίσκεται μεταξύ του BSS (BSC + BTS) και των MSCs. Ο γενικός κανόνας βάζει το BSS υπεύθυνο για τη διαχείριση των ράδιο πόρων και της απόφασης εκτέλεσης μια παράδοσης σε μια δεδομένη RR-σύνοδο. Η διάσπαση δεν ήταν σαφής από την αρχή στην τυποποιημένη διαδικασία, και προκάλεσε μια έντονη συζήτηση. Το κύριο πρόβλημα μεταξύ των MSC και του BSS λαμβάνει υπόψη την κυκλοφορία (είτε για να επηρεάσει την επιλογή κυττάρων, είτε για την παράδοση κυκλοφορίας). Κάποιος θα μπορούσε να διακρίνει δύο προσεγγίσεις: είτε να έχουν τα MSCs για να υποδείξουν στα BSCs τους το επίπεδο κυκλοφορίας για περιβάλλοντα BSCs, είτε να αφήσουν τα MSCs να επεμβαίνουν στον αλγόριθμο παράδοσης για να «σκεφτούν» ράδιο κριτήρια που προέρχονται από το BSS με τις εκτιμήσεις κυκλοφορίας. Η δεύτερη προσέγγιση ήταν τελικά αυτή που επιλέχτηκε, ακόμα κι αν δεν είναι η απλούστερη. Η επέμβαση των MSCs στη διαδικασία παράδοσης θολώνει κάπως τα λειτουργικά σύνορα μεταξύ BSC και των MSCs, και ο αντίστοιχος ρόλος τους δεν είναι εύκολο να περιγραφεί, ειδικά για τις παραδόσεις κυκλοφορίας. Αυτό είναι εντούτοις αυτό που θα προσπαθήσουμε να κάνουμε τώρα.

Καταρχήν, όταν αποφασίζει ένα BSC ότι μια εξερχόμενη παράδοση είναι απαραίτητη, θα υποδείξει στο MSC ηλεκτρονόμων ένα ή περισσότερα κύτταρα-στόχους, τα οποία ενδεχομένως διαχειρίζονται από διαφορετικά BSCs και MSC. Οι παραδόσεις διάσωσης μπορεί να απαιτήσουν διάφορα κύτταρα-στόχους, ενώ οι παραδόσεις περιορισμού απαιτούν προφανώς μια ενιαία επιλογή. Εάν προτείνονται διάφοροι στόχοι, το MSC ηλεκτρονόμων μπορεί να τους δοκιμάσει ένα μετά από άλλο, στην υποδειγμένη διαταγή. Ή μπορεί να επιλέξει μεταξύ αυτών των ταξινομημένων πιθανοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τα δικά του δεδομένα κυκλοφορίας. Για ένα κύτταρο που ελέγχεται από ένα άλλο MSC, το MSC ηλεκτρονόμων διαβιβάζει το αίτημα στο MSC αναφοράς. Σε αυτό το επίπεδο μόνο ένα κύτταρο-στόχος προτείνεται τη φορά. Η επιλογή μεταξύ διάφορων στόχων είναι έπειτα μια λειτουργία του MSC ηλεκτρονόμων και όχι του MSC αναφοράς.

Μια άλλη πιθανότητα για τις παραδόσεις κυκλοφορίας υπάρχει επίσης στις *προδιαγραφές*, επιτρέποντας στο MSC ηλεκτρονόμων να αναγκάσει το BSC να παραδώσει μια μερίδα της κυκλοφορίας από ένα κύτταρο, με το BSC όντας υπεύθυνο για την επιλογή ποιων συνδέσεων να παραδώσουν και σε ποια κύτταρα. Αυτό καλείται «διαδικασία έρευνας υποψηφίων». Αυτή επίσης η πιθανότητα δεν είναι δυνατή για το MSC αναφοράς.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η σύγκρουση μεταξύ των κριτηρίων περιορισμού και των κριτηρίων κυκλοφορίας είναι προφανής, και δεν λύνεται δεδομένου ότι τα δεδομένα σχετικά με αυτά τα κριτήρια είναι υπό τον έλεγχο διαφορετικών κόμβων. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν στις *προδιαγραφές* μέσα για να ομαδοποιηθούν όλα τα δεδομένα σε μια μοναδική θέση. Συνίσταται στην μεταφορά μέχρι το MSC ηλεκτρονόμων όλων των καινούριων μετρήσεων που προέρχονται από τον κινητό σταθμό και το BTS, και τα αφήνει όλα στο MSC ηλεκτρονόμων για την απόφαση και την επιλογή. Εντούτοις, αυτή η δυνατότητα δεν υλοποιείται από κανένα κατασκευαστή, και θα εξαφανιστεί στη φάση 2, δεδομένου ότι το φερόμενο φορτίο στις συνδέσεις σηματοδότησης και στους επεξεργαστές MSC θα ήταν τεράστιο.

Η λειτουργική διάσπαση μέσα στο BSS ήταν επίσης ένα θέμα μακροχρόνιων συζητήσεων. Η διάσπαση μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους. Μια από τις επιλογές είναι να ομαδοποιηθεί όλη η επεξεργασία στο BSC, με όλες τις μετρήσεις να μεταδίδονται από το BTS χωρίς να εκτελείται οποιοσδήποτε υπολογισμός σε αυτές. Το πλεονέκτημα αυτής της λύσης είναι η συγκέντρωση όλων των δεδομένων, έτσι ώστε οι αποφάσεις παράδοσης που λαμβάνονται να βασίζονται στα καλύτερα διαθέσιμα δεδομένα. Τα μειονεκτήματα είναι το υψηλό φορτίο σηματοδότησης στη διεπαφή Abis, δεδομένου ότι το φερόμενο φορτίο 2 μηνυμάτων ανά σύνδεση και ανά δευτερόλεπτο να αντιπροσωπεύει κατά πολύ την κυρίαρχη κυκλοφορία σε αυτήν την διεπαφή, και επίσης μια σημαντική απαίτηση για υψηλή υπολογιστική δύναμη στα BSCs. Μια άλλη προσέγγιση, καλούμενη "προεπεξεργασία" στις *προδιαγραφές*, συνίσταται στο να αφήσει το BTS να κάνει ένα σημαντικό μέρος της εργασίας, ανακουφίζοντας με αυτόν τον τρόπο την διεπαφής Abis από το σημαντικότερο μέρος της κυκλοφορίας της και την αποκέντρωση του φορτίου υπολογισμού. Η προεπεξεργασία είναι μια αποδεκτή εναλλακτική λύση στις *προδιαγραφές*, αλλά η ακριβής λειτουργική διάσπαση μεταξύ BTS και BSC σε αυτήν την περίπτωση δεν

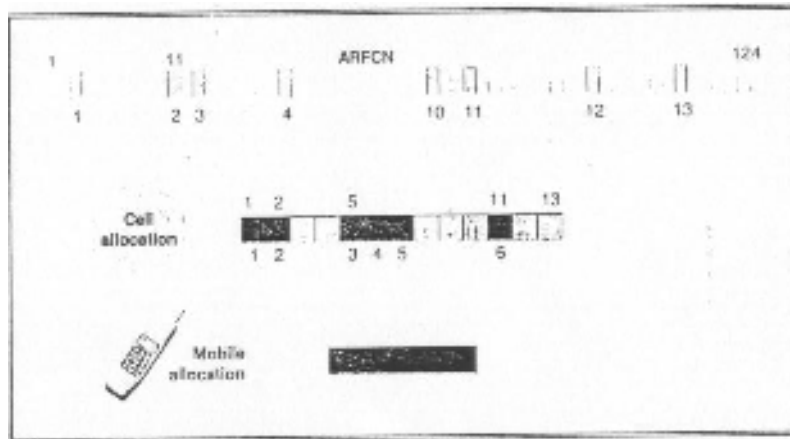
διευκρινίζεται. Τα μηνύματα και τα στοιχεία πληροφοριών υπάρχουν για να φροντίσουν για αυτήν την λειτουργία, αλλά η σημασιολογία τους επαφίεται στους χειριστές και τους κατασκευαστές.

Η προεπεξεργασία θεωρείται συχνά ως τρόπος να μειωθεί το φορτίο στη διεπαφή Abis απλά αναγκάζοντας το BTS να εκτελέσει υπολογισμούς κατά μέσο όρο στις μετρήσεις. Μια τέτοια απλή προσέγγιση θα μπορούσε να επιβραδύνει τη διαδικασία απόφασης παράδοσης σημαντικά, που μπορεί να είναι μια πηγή ανεπάρκειας, ειδικότερα σε ένα περιβάλλον μικρών κυττάρων. Μια σωστή χρήση της προεπεξεργασίας εισάγει σύνθετους αλγορίθμους στο BTS, συμπεριλαμβανομένου κάποιου μέρους της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αυτός είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο δεν διευκρινίζονται οι λεπτομέρειες. Θα απαιτούσε πράγματι έναν πάρα πολύ μεγάλο φόρτο εργασίας προτού να μπορέσει ένα σχέδιο να παρουσιαστεί και να γίνει αποδεκτό από τις επιτροπές προδιαγραφών.

Όλες αυτές οι διαφορετικές επιλογές, που είναι σχετικές με τη διάσπαση των λειτουργιών προετοιμασιών παράδοσης μέσα στην υποδομή, λαμβάνονται υπόψη στις *προδιαγραφές*. Περισσότερες λεπτομέρειες για τις σχετικές διαδικασίες μπορούν να βρεθούν στο λειτουργικό τμήμα SACCH, καθώς επίσης και στο τμήμα εκτέλεσης παράδοσης.

### ***Πρωτόκολλα***

Ανεξάρτητα από την αρχιτεκτονική υποδομής, η εφαρμογή των λειτουργιών RR απαιτεί το κάποιου είδους πρωτόκολλο μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου. Από την πλευρά των δικτύων, ο συνομιλητής (ή όμοια οντότητα) του κινητού σταθμού για αυτό το πρωτόκολλο είναι το BSC (στην πραγματικότητα, μικρό μέρος της σηματοδότησης αντιμετωπίζεται επίσης από το BTS για λόγους αποδοτικότητας). Αυτό το πρωτόκολλο θα αναφέρεται ως RIL3-RR.



Σχήμα 1.18 - Πρωτόκολλα αρχιτεκτονικής RR

Πρωτόκολλα για την διαχείριση του RR χρειάζονται σε πολλές διεπαφές συμπεριλαμβανομένου και της διεπαφής A (BSSMAP), Abis διεπαφή (RSM) και της διεπαφής MSC-MSC (MAP/E). Ο κεντρικός συνεργάτης είναι το BSC που είναι επίσης σε σχέση με τον κινητό σταθμό (RIL3-RR).

Η λειτουργική διανομή μεταξύ των οντοτήτων υποδομής απαιτεί άλλα πρωτόκολλα σχετικά με τις επίγειες συνδέσεις: ένα μεταξύ BTS και BSC, ένα μεταξύ BSC και του ηλεκτρονόμων Msc, και ένας μεταξύ του Msc ηλεκτρονόμων και του Msc αναφοράς. Το πρώτο, στη διεπαφή Abis, χρησιμοποιείται στο BSC για να διαμορφώσει το κανάλι μετάδοσης και για το BTS να αναφέρει μετρήσεις στο BSC. Δεν έχει κανένα επίσημο όνομα στις Προδιαγραφές (οι εμπειρογνώμονες αναφέρονται απλά στο 08,58 πρωτόκολλο, από τον αριθμό της αντίστοιχης τεχνικής προδιαγραφής), και θα αναφερθεί εδώ ως RSM (ράδιο-διαχείριση υποσυστημάτων).

Το πρωτόκολλο μεταξύ BSC και του Msc ηλεκτρονόμων, στην διεπαφή A, χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα αιτήματα για την αρχική αναγνώριση της σύνδεσης, όπως και για οποιαδήποτε αλλαγή στις ιδιότητες σύνδεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ανώτερων στρωμάτων. Χρησιμοποιείται επίσης για την διαχείριση των παραδόσεων μεταξύ του Msc ηλεκτρονόμων και του BSC. Αυτό το πρωτόκολλο BSC-MSC καλείται πρωτόκολλο BSSMAP (μέρος διοικητικής BSS εφαρμογής).

Το τελευταίο πρωτόκολλο, μεταξύ δύο MSC των παρακείμενων περιοχών κάλυψης και της υποστήριξης των ανταλλαγών μεταξύ του Msc ηλεκτρονόμων και του Msc αναφοράς, είναι μέρος του MAP και θα αναφέρεται ως MAP/E πρωτόκολλο. Το

σχήμα 1.18 παρουσιάζει τις μηχανές που περιλαμβάνονται στη ράδιο-διαχείριση των πόρων και των πρωτοκόλλων μεταξύ τους.

## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ RR**

Στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου, εξετάσαμε τους διαφορετικούς στόχους που απαιτήθηκαν για τη διαχείριση των ράδιο-πόρων από την άποψη του "αντικειμένου". Έχουμε μελετήσει πως, παραδείγματος χάριν, διαχειρίζονται τα κανάλια, ή πώς η προαγωγή συγχρονισμού ελέγχεται, αλλά όλα αυτά τα θέματα έχουν εξεταστεί κάπως ανεξάρτητα. Σε αυτό το δεύτερο μέρος, θα εξετάσουμε λεπτομερώς αυτό που συμβαίνει στις διαφορετικές στιγμές, συνδυάζοντας όλων αυτές τις ανεξάρτητες πτυχές. Οι περισσότερες διαδικασίες στην περιοχή RR εμπλέκονται σε διάφορες λειτουργικές πτυχές ταυτόχρονα, και περιλαμβάνουν, ή μπορεί να περιλαμβάνουν, όλες τις μηχανές μεταξύ του κινητού σταθμού και του Msc. Θα ξαναεπισκεφτούμε έπειτα διάφορα θέματα που έχουμε δει στα προηγούμενα τμήματα, αλλά με την πίεση στις χρονικές σχέσεις.

Θα ξεκινήσουμε από την αρχή, δηλαδή με τη διαδικασία πρόσβασης, όπου η σύνδοδος RR δημιουργείται. Αυτό θα είναι η αφορμή για να εξεταστεί λεπτομερώς η χρήση του RACH για την αρχική επαφή από τον κινητό σταθμό. Έπειτα θα παρουσιάσουμε τη διαδικασία σελιδοποίησης, η οποία προηγείται της πρόσβασης όταν αίτηση για μια σύνδεση έρχεται από την πλευρά της υποδομής. Τα εξής τμήματα θα αφιερωθούν σε αυτό που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της ζωής μιας συνόδου RR. Μια πτυχή αφορά την αλλαγή μερικών χαρακτηριστικών όπως ο τύπος του καναλιού ή ο τρόπος κρυπτογράφησης, όταν ζητείται από το Msc αναφοράς. Μια άλλη πτυχή που συζητείται είναι η εκτέλεση μιας παράδοσης, με όλες τις παραλλαγές, συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης κλήσης, που παρουσιάζεται ως παράδοση τελευταίου βοηθήματος. Η μελέτη των κύριων διαδικασιών μιας RR-συνόδου θα τελειώσει με τη διαδικασία απελευθέρωσης.

Θα συζητήσουμε έπειτα διάφορες σωστά ταιριασμένων διαδικασιών, όπως ο διαδικαστικός χειρισμός των μετρήσεων σημάτων, η χρονική προώθηση και ο έλεγχος ισχύος της μετάδοσης, που γίνονται από το SACCH: οι διαδικασίες επαναπροσδιορισμού της συχνότητας, οι οποίοι είναι κάπως σύνθετοι μηχανισμοί για να αντιμετωπίσουν μια αλλαγή στις διατιθέμενες συχνότητες σε ένα κύτταρο όταν



χρησιμοποιείται περιοδεύων συχνότητα, και τελικά η αναμετάδοση των διάφορων πληροφοριών για το BCCH.

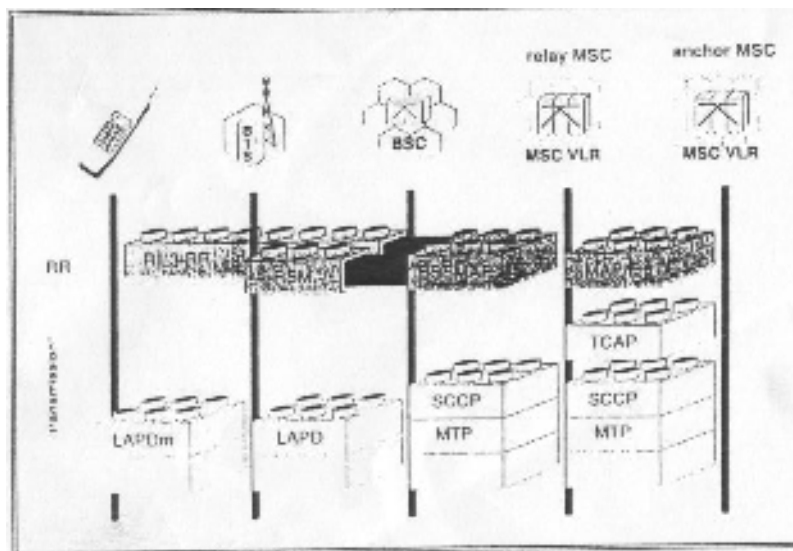
Σε όλες τις περιπτώσεις, σε αυτό το κεφάλαιο και στα ακόλουθα, αυτό που συμβαίνει συνήθως θα παρουσιαστεί λεπτομερώς, χωρίς μετάβαση, εντούτοις, στις εσωτερικές δομές των μηνυμάτων μετάδοσης. Οι σπανιότερες περιπτώσεις, όπως η αποτυχίες ή συγκρούσεις μεταξύ των γεγονότων, θα υποδειχθούν στην καλύτερη περίπτωση αν και ίσως είναι οι σημαντικότερες πτυχές που έχουν πρέπει να έχετε κατά νου κατά το σχεδιασμό των σημάτων πρωτοκόλλων. Αλλά ακόμη και μια ελάχιστη προσπάθεια να καλυφθεί σωστά αυτό το θέμα θα χρειαζόταν ένα πολύ μεγαλύτερο κείμενο από αυτό που μπορεί να περιληφθεί εδώ.

### **Αρχικές διαδικασίες: πρόσβαση και αρχική ανάθεση**

Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι να περιγραφούν οι διαδικασίες που επιτρέπουν τη μετάβαση μεταξύ των δύο σημαντικών καταστάσεων ενός κινητού σταθμού, π.χ., "αδρανής" λειτουργία (όπου ο κινητός σταθμός είναι όλα τα υπόλοιπα εκτός από αδρανής, αλλά απέχει από οποιαδήποτε ενεργό μετάδοση προς την υποδομή), στη «δεσμευμένη» κατάσταση όπου ο κινητός σταθμός διαβιβάζει ενεργά σε ένα κανάλι διατιθέμενο για ίδια χρήση. Η μετάβαση αντιστοιχεί στην καθιέρωση μιας RR-διαδικασίας (δείτε τη σελίδα βιβλίου 3.1 3).

Η αρχική διαδικασία ανάθεσης προκαλείται πάντα κατόπιν του αιτήματος του κινητού σταθμού, για έναν από τους τρεις σημαντικούς λόγους:

- για να εκτελέσει την ενημέρωση θέσης
- στην απάντηση σε μια σελιδοποίηση: ή
- ως αποτέλεσμα στο αίτημα ενός χρήστη π.χ. για μια εξερχόμενη κλήση, ένα συμπληρωματικό διοικητικό αίτημα υπηρεσιών, ή την αποστολή ενός σύντομου μηνύματος



Σχήμα 1.19 - αρχική διαδικασία πρόσβασης

Η μετάβαση από την «αδρανή» στην «ενεργή» κατάσταση από το MS διαμέσου ενός αιτήματος καναλιού μήνυμα RIL3-RR στέλνεται στο κανάλι τυχαίας πρόσβασης. Μόνο όταν το στρώμα δεσμού σηματοδότησης έχει δημιουργηθεί και το «αρχικό μήνυμα» έχει σταλεί στο νέο κανάλι τότε το δίκτυο ξέρει την ταυτότητα του MS

Σε όλες τις περιπτώσεις, η διαδικασία πρόσβασης είναι η ίδια (σχήμα 1.19) γενικά, αυτή η διαδικασία αρχίζει με ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL3-RR που στέλνεται στο RACH η απάντηση από το δίκτυο μεταβιβάζεται σε ένα ΑΜΕΣΟ μήνυμα ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR (ή ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΘΕΣΗ RIL3-RR) που στέλνεται στο κανάλι επιχορήγησης σελιδοποίησης και πρόσβασης (PAGCH), μεταβιβάζοντας την περιγραφή του καναλιού που διατίθεται στον κινητό σταθμό: τέλος, ο κινητός σταθμός καθιερώνει το στρώμα συνδέσεων για τη μεταφορά της σηματοδότησης στο πρόσφατα διατιθέμενο κανάλι, και στέλνει ένα πρώτο σήμα μήνυμα σε αυτό το κανάλι (το "αρχικό μήνυμα"), μεταβιβάζοντας την ταυτότητα του συνδρομητή και του λόγου για τον οποίο ζητά μια σύνδεση. Αυτό το βασικό φόντο εμφανίζεται πολύ απλό με την πρώτη ματιά αλλά κάθε ένα από τα αντίστοιχα βήματα αποκαλύπτει κάποια πολυπλοκότητα όταν μελετάται περισσότερο.

### ***Τυχαία πρόσβαση***

Το μήνυμα αιτήματος καναλιών είναι ένα περίεργο ζώο πράγματι, και αξίζει κάποια προσοχή. Το δίκτυο δεν έχει καμία μέθοδο για να γνωρίζει πότε θα πρέπει να

επικοινωνήσουν οι κινητοί σταθμοί, και επομένως αυτό το πρώτο μήνυμα από τον κινητό σταθμό δεν μπορεί να δρομολογηθεί για να αποφύγει την ταυτόχρονη μετάδοση περισσότερων από ενός κινητών σταθμών (μια σύγκρουση). Αυτό είναι το σημαντικότερο πρόβλημα των τυχαίων σχεδίων πρόσβασης, και το όνομα καναλιών (τυχαίο κανάλι πρόσβασης ή RACH) πράγματι εκφράζει το γεγονός όπου οι κινητοί σταθμοί εκπέμπουν ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Φυσικά, οι κινητοί σταθμοί δεν μεταδίδουν οποιαδήποτε στιγμή, αλλά ακολουθούν την αυλάκωση του χρόνου που επιβάλλεται από το σχέδιο TDMA (ένα RACH/F χρησιμοποιεί μόνο μια αυλάκωση κάθε σε 8 περιόδους). Οι συγκρούσεις μπορούν επομένως να είναι μελετηθούν σε κάθε αυλάκωση. Όταν δύο κινητοί σταθμοί μεταδίδουν κατά τη διάρκεια της ίδιας αυλάκωσης, δύο πράγματα μπορούν να συμβούν: καθεμία μια από τις εκρήξεις παραλαμβάνεται από το BTS σε επίπεδο σημαντικά πιο υψηλό από άλλο, άδεια της σωστής αποκωδικοποίησής του (αυτό καλείται "σύλληψη"), ή κανένας δεν παραλαμβάνεται σωστά. Οι συγκρούσεις είναι επομένως μια πηγή απώλειας μηνυμάτων, οι οποίες αυξάνουν με την κυκλοφορία. Προκειμένου να παρασχεθεί ένα ικανοποιητικό ποσοστό επιτυχίας για τις προσπάθειες πρόσβασης, οι επαναλήψεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Το επαναληπτικό σχέδιο δεν μπορεί να είναι πάρα πολύ απλό, διαφορετικά η επίδρασή του στη έξοδο σε μια υψηλή κατάσταση φορτίων μπορεί να είναι καταστρεπτική, και μπορεί πράγματι να οδηγήσει σε μια πλήρη κατάσταση αδιεξόδου. Αυτό το είδος προβλήματος έχει μελετηθεί λεπτομερώς στον τομέα των τυχαίων τεχνικών πρόσβασης, ένας τομέας ενδιαφέροντος για πολλά δίκτυα που χρησιμοποιούν τους κοινούς πόρους (δίκτυα τοπικής περιοχής, Ραδιόφωνο πακέτων). Το GSM προσφέρει ένα παράδειγμα ένα από τα πιο γνωστά (και τα απλούστερα) τυχαία σχέδια πρόσβασης, με το RACH που είναι μια εφαρμογή του αποκαλούμενου πρωτοκόλλου "αυλακωμένο Aloha".

Όταν ένα αίτημα δεν έχει απαντηθεί, ο κινητός σταθμός θα το επαναλάβει. Εάν δύο κινητοί σταθμοί οι των οποίων προσπάθειες έχουν συγκρουστεί θα επέλεγαν να τους επαναλάβουν σε κάποιο δεδομένος σταθερός χρόνος μετά, τα αιτήματά τους θα συγκρούονταν πάλι. Οι επαναλήψεις στο RACH γίνονται μετά από ένα "τυχαίο" διάστημα για να αποφύγουν αυτό το φαινόμενο. Όπως σε όλα τα πρωτόκολλα Aloha η στρατηγική της Ibis αναμετάδοσης δεν είναι αρκετή να δραπετεύσει από την

κατάρρευση όταν η κυκλοφορία ξεπερνά ένα δεδομένο κατώτατο όριο. Στην πράξη, το προσφερόμενο φορτίο (από την άποψη του αριθμού αιτημάτων, που μπορεί να οδηγήσει στην αποστολή ενός ή περισσότερων μηνυμάτων) στο RACH δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα τέταρτο των συνολικών ευκαιριών αποστολής( αριθμός αυλακωμάτων ανά κανάλι). Προκειμένου να ελεγχθεί το φορτίο Ibis το GSM χρησιμοποιεί τρία διαφορετικά μέσα, σε αντιστοίχιση με τρία διαφορετικά είδη υπερφόρτωσης.

<b>Παράμετρος</b>	<b>Αποτέλεσμα</b>
<i>Tx – ακέραιος</i>	Τυχαία δρομολόγηση κάθε προσπάθειας από 3 έως 50 θυρίδες
<i>MAX RETRANS</i>	Επιτρέπονται μέχρι 1, 2, 4 ή 7 επαναλήψεις

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3 - Επαναλήψεις ελέγχου παραμέτρων RACH

Και ο εσωτερικός χρόνος μεταξύ των επαναμεταδόσεων των τυχαίων αιτημάτων και ο μέγιστος αριθμός τέτοιων επαναλήψεων ελέγχονται από παραμέτρους

Το κατώφλι κατάρρευσης εξαρτάται από τον αριθμό επαναλήψεων και το μέσο χρόνο μεταξύ τους; ένας τρόπος να κατασταθεί το RACH γερό σε ένα υψηλότερο φορτίο είναι να διαδοθούν αυτές οι επαναλήψεις σε περαιτέρω χώρια, και/ ή για να μειωθούν οι αριθμοί των επαναλήψεων. Φυσικά, αυτό μπορεί να είναι καταστρεπτικό στην ποιότητα της υπηρεσίας, αντίστοιχα από την άποψη της καθυστέρησης ή από την άποψη της πιθανότητας επιτυχίας. Τέτοιοι μέθοδοι δεν μπορούν να ωθηθούν πολύ μακριά και δεν είναι επαρκείς για να ελέγξουν τα πολύ υψηλά φορτία. Είναι εντούτοις χρήσιμο σε περιπτώσεις μικρής και προσωρινής υπερφόρτωσης. Στο GSM, και ο αριθμός επαναλήψεων και των διαστημάτων μεταξύ τους ελέγχεται μέσω της ραδιοφωνικής μετάδοσης παραμέτρων τακτικά στο BCC11 σε μια βάση κύτταρο-ανά-κυττάρο. Δεδομένου ότι είναι σημαντικό να υπάρξει μια σύντομη καθυστέρηση μεταξύ της στιγμής που αποφασίζει να αλλάξει το BSC αυτές τις παραμέτρους και τη στιγμή που ενεργούν οι κινητοί σταθμοί σε αυτές, έχει αποφασιστεί να σταλούν όλα σε μηνύματα BCCH, π.χ. 4 φορές ανά δευτερόλεπτο. Το σχέδιο ελέγχεται από δύο παραμέτρους ραδιοφωνικής μετάδοσης, ο μέσος χρόνος μεταξύ των επαναλήψεων (*tx-ΑΚΕΡΑΙΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ*), και ο μέγιστος αριθμός των επιτρεπόμενων επαναλήψεων (*ΑΝΩΤΑΤΕΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΕΙΣ*, δείτε τον πίνακα 1.3).

Αυτές οι παράμετροι πρέπει να ελεγχθούν μέσω ενός συστήματος ανατροφοδότησης πληροφοριών λαμβάνοντας υπόψη την παρατηρηθείς έξοδο. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο έλεγχος Aloha δεν είναι στην πραγματικότητα απολύτως απαραίτητος: οι τιμές μπορούν να τεθούν σε μια σταθερή επιλογή που αντιπροσωπεύει κάποιο συμβιβασμό μεταξύ της εξόδου και της καθυστέρησης χωρίς διακινδύνευση του συστήματος. Όπως αναφέρεται ήδη, αυτός ο τρόπος ελέγχου μπορεί μόνο να αντιμετωπίσει σε συντομία (στο επίπεδο ενός δευτερολέπτου) αιχμές κυκλοφορίας ή τη συνεχή οριακή υπερφόρτωση.

Πριν από το να μελετήσουμε περαιτέρω τα άλλα μέσα ελέγχου το φορτίου στο RACH, αξίζει να σημειωθεί ότι αυτό το κανάλι αποτελεί μόνο την πρώτη σύνδεση σε μια αλυσίδα των πόρων, και δεν είναι απαραίτητως η δυσχέρεια του συστήματος στις κορεσμένες καταστάσεις. Υπάρχουν πράγματι άλλοι υποψήφιοι για έναν τέτοιο ρόλο: το PAGCH, το οποίο προσφέρει μια περιορισμένη ικανότητα για μηνύματα αρχικής ανάθεσης και σελιδοποίησης μεταφοράς, είναι ένας από αυτά. Η κατανομή καναλιών είναι ένα άλλος, δεδομένου ότι η ομάδα των διαθέσιμων καναλιών είναι επίσης περιορισμένη σε κάθε κύτταρο. Ένα αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου υπερφόρτωσης λαμβάνει υπόψιν όλους αυτούς τους παράγοντες και προσπαθεί να κόψει την κυκλοφορία στην πηγή( π.χ. στο RACH) σε περίπτωση συμφόρησης. Αυτό σημαίνει ότι οι μηχανισμοί ελέγχου υπερφόρτωσης δεν πρέπει να προσπαθήσουν απαραίτητως να μεγιστοποιήσουν τη έξοδο του RACH, αλλά πρέπει να περιοριστεί στη μέγιστη κυκλοφορία που ολόκληρη η αλυσίδα μπορεί να καταπιεί.

Έχοντας αναφέρει αυτά, ο δεύτερος τρόπος "ελέγχου" του φορτίου στο RACH αποτελείται από την απόρριψη των αιτημάτων με ένα μήνυμα που απαγορεύει τον κινητό σταθμό για να έχει πρόσβαση στο κανάλι για κάποιο διευκρινισμένο χρονικό διάστημα. Αυτός ο μηχανισμός αποτρέπει περαιτέρω επαναλήψεις από τον κινητό σταθμό, είτε μέσω του αυτόματου επαναληπτικού σχεδίου του (ελεγχόμενου όπως εξηγείται ανωτέρω), ή μέσω των επαναλαμβανόμενων αιτημάτων χρηστών, μια φυσική τάση των χρηστών επάνω στην αποτυχία. Προφανώς, αυτός ο μηχανισμός πρέπει να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν η υπερφόρτωση απειλεί η γενική έξοδο, δεδομένου ότι αυξάνει σημαντικά το χρόνο υπηρεσιών. Εκτός αυτού, απαιτεί την αποστολή ενός μηνύματος απόρριψης (TO AMESO MHNHYMA ANAΘESHS AΠOPPIΨHS RIL3-RR) από το BSC στον κινητό σταθμό κάνει την αίτηση, και είναι

επομένως ακατάλληλος όταν προσκρούει η συμφόρηση στη διεπαφή Abis ή στο PAGCH.

Τελικά, μια τρίτη (και πιο γερή) γραμμή υπεράσπισης υπάρχει και χρησιμοποιεί την έννοια της κατηγορίας πρόσβασης. Βασικά, συνίσταται στην απαγόρευση ολόκληρων των πληθυσμών των κινητών σταθμών για να έχουν πρόσβαση στο κύτταρο, μέσω μιας ένδειξης στο BCCH. Αυτό το σχέδιο είναι πολύ αποδοτικό, δεδομένου ότι επιτρέπει ένα περικοπή στην κυκλοφορία της ίδιας της πηγής, χωρίς να υποστεί οποιαδήποτε πρόσθετη κυκλοφορία προς τους κινητούς σταθμούς. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, οι συνδρομητές είναι χωρισμένοι σε 10 ισορροπημένα υποσύνολα πληθυσμού, μιας τυχαίας κατανομής που ελέγχεται μέσω από τον εγχώριο PLMN χειριστή. Η κατηγορία πρόσβασης στην οποία ένας δεδομένος συνδρομητής ανήκει αποθηκεύεται στην SIM και είναι επομένως διαθέσιμη στον κινητό σταθμό. Στις κανονικές καταστάσεις φορτίων, όλες οι κατηγορίες έχουν επιτρεπόμενη την πρόσβαση. Όταν η κυκλοφορία πρέπει να περικοπεί, το BSC μπορεί να αποφασίσει να εμποδίσει 1, 2 ή οποιοσδήποτε αριθμό αυτών των κατηγοριών πρόσβασης, να μειώσει στατιστικά το ποσό κυκλοφορίας κατά 10%, 20%. ... Οι κινητοί σταθμοί που ανήκουν στις απαγορευμένες κατηγορίες απέχουν από την πρόσβαση του δικτύου, εκτός από σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (π.χ. κλήσεις έκτακτης ανάγκης, όποιοι ελέγχονται από έναν συγκεκριμένο δείκτη). Προκειμένου να είναι δίκαιο, εάν η περίοδος υπερφόρτωσης διαρκεί για έναν αρκετά μακρύ διάστημα, το BSC πρέπει να φροντίσει να αλλάζει το σύνολο εξουσιοδοτημένων κατηγοριών τακτικά (αν και αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί με προσοχή, παραδείγματος χάριν όλοι οι κινητοί σταθμοί που περιμένουν για ενημέρωση περιοχής θα προσπαθήσουν να έχουν πρόσβαση την ίδια χρονική στιγμή που η κλάση τους θα έχει πρόσβαση).

Για να αποφευχθούν τα μπλοκαρίσματα ειδικών κατηγοριών χρηστών στις κορεσμένες καταστάσεις, ορίζονται ακόμα πέντε κλάσεις, για τους "πολύ σημαντικούς συνδρομητές GSM", όπως φαίνεται στον πίνακα 1.4. Η πρόσβαση για αυτές τις κατηγορίες ελέγχεται επίσης μέσω της ραδιοφωνικής μετάδοσης δεικτών στο BCCH. Οι σχετικοί "προνομιούχοι" συνδρομητές ανήκουν σε δύο σε μία από τις 10 τυποποιημένες κατηγορίες και σε μια (ή περισσότερες!) των ειδικών κατηγοριών, και μπορεί να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο όταν επιτρέπεται τουλάχιστον σε μια από τις κατηγορίες τους.

Ένας λόγος για την πρόσβαση εκτός αυτού του μηχανισμού που εξαρτάται από τις κατηγορίες : κλήσεις έκτακτης ανάγκης. Προκειμένου να είναι σε θέση να ελέγξει αυτήν την πηγή κυκλοφορίας, το BCCH δείχνει άντ' αυτού εάν οι κλήσεις έκτακτης ανάγκης επιτρέπονται ή όχι και αυτό εφαρμόζεται σε όλους τους συνδρομητές.

«ειδική» πρόσβασης	θέση	Κατηγορία συνδρομητή
11		Αριστερά ανοιχτό στον χειριστή PLMN
12		Υπηρεσίες ασφάλειας
13		Κοινές
14		Υπηρεσίες ανάγκης
15		Προσωπικό PLMN

Πίνακας 1.4 - Τάξεις προσβάσεων για «πολύ σημαντικούς GSM συνδρομητές»  
Επιπρόσθετα στις «συνήθεις» τυχαίες τάξεις συνδρομητών (0-9) οι SIM συγκεκριμένων χρηστών μπορεί να έχουν κάποιο από τα παραπάνω προνόμια τάξεων

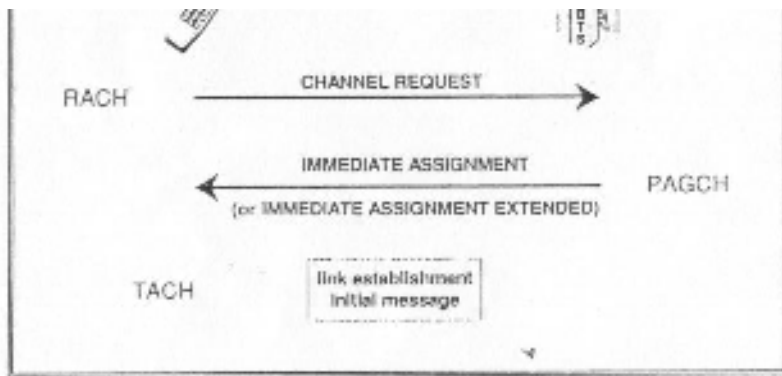
Σε μια κατάσταση συμφόρησης, κάποιος μπορεί να αναρωτηθεί εάν ένας κινητός σταθμός του οποίου η πρόσβαση είναι είτε αναρμόδια είτε απορριφθείσα σε ένα δεδομένο κύτταρο, πρέπει να επιτρέπεται για να προσπαθήσει να έχει πρόσβαση μέσω άλλων κυττάρων. Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε αυτήν την προσέγγιση. Όταν η κυκλοφορία διαδίδεται άνισα σε μια περιοχή, η κατάσταση υπερφόρτωσης ενός κυττάρου μπορεί να βελτιωθεί εάν μέρος της κυκλοφορίας επαναπροσανατολίζεται στα κύτταρα γειτόνων. Εντούτοις, όπως εξηγείται στο τμήμα που εξετάζει την προετοιμασία παράδοσης, υπάρχει ένα καλύτερο κύτταρο για κάθε κινητό σταθμό για τη βελτιστοποίηση του γενικού επιπέδου παρέμβασης, και η επιλογή ενός άλλου κυττάρου συμβάλλει στην υποβάθμιση από την άποψη της φασματικής αποδοτικότητας, και μια τέτοια στρατηγική θα διαδώσει τη συμφόρηση. Αλλά εάν η κατάσταση συμφόρησης είναι γενική, το να επιτρέψουμε στον κινητό σταθμό για να προσπαθήσει αλλού θα έτεινε απλά να ομαδοποιήσει τους κινητούς σταθμούς των δεδομένων κατηγοριών πρόσβασης στα δεδομένα κύτταρα, το οποίο θα μείωνε θα λέγαμε τη ακύρωνε την επίδραση ελέγχου, και δεν θα ήταν το καλύτερο για την παρέμβαση, για να μην πούμε χειρότερα.

Οι *Προδιαγραφές* διακρίνουν τις διαφορετικές περιπτώσεις για αυτό το ζήτημα. Όταν ο κινητός σταθμός έχει προσπαθήσει να έχει πρόσβαση και έχει αποτύχει, επιτρέπεται για να επιλέξει ένα άλλο κύτταρο και είναι πράγματι απαγορευμένο για να επιλέξει το προηγούμενο κύτταρό του για τουλάχιστον 5 δευτερόλεπτα. Αυτό επιτρέπει στον κινητό σταθμό να προσπαθήσει μια πρόσβαση στο δεύτερο καλύτερο κύτταρο (τουλάχιστον εάν ο χρήστης επιθυμεί έτσι, ή αυτόματα). Λόγω αυτού του μηχανισμού, μερική από την κυκλοφορία θα εκτραπεί στα κύτταρα γειτόνων στις καταστάσεις της τοπικής συμφόρησης ή όταν μειώνεται ο αριθμός επαναλήψεων. Σε άλλες περιπτώσεις, π.χ., επάνω στη ρητή απόρριψη πρόσβασης ή όταν φράζεται η σχετική κατηγορία πρόσβασης, οι *Προδιαγραφές* απαιτούν τον κινητό σταθμό για να μείνουν μέσα ή να αφήσουν το κύτταρο με τον κανονικό τρόπο, παρεμποδίζοντας μιας αύξηση στη συμφόρηση. Αυτό είναι εις βάρος μιας περιόδου "καμίας υπηρεσίας" για μερικούς κινητούς σταθμούς, αλλά η μέση υπηρεσία ανά κινητό σταθμό αυξάνεται στην πραγματικότητα μέσω ενός τέτοιου "δραστικού" μηχανισμού. Όπως αναφέρεται ήδη, η δικαιοσύνη μπορεί να ληφθεί εναλλάσσοντας συνολικά τις παρεμποδισμένες κατηγορίες.

### ***Το περιεχόμενο του RIL3-RR μηνύματος αίτησης καναλιού***

Τα RIL3-RR το μήνυμα αίτησης καναλιού, που στέλνεται στο RACH πολύ μικρό σε μέγεθος πράγματι. Οι χρήσιμες πληροφορίες του σήματος αποτελούνται από ακριβώς 8 bits! Αυτή η χωρητικότητα είναι προφανώς ανεπαρκής να φέρει όλες τις πληροφορίες που ο κινητός σταθμός θα ήθελε να διαβιβάσει, όπως η ταυτότητα του συνδρομητή, ο λόγος για αίτηση για ένα κανάλι, τα χαρακτηριστικά του κινητού εξοπλισμού, ... Όλες αυτές οι πληροφορίες συμπεριλαμβάνονται στην πραγματικότητα στο "αρχικό μήνυμα" που θα είναι οι πρώτες πληροφορίες που εκπέμπονται για το δεσμευμένο κανάλι, μόλις προσδιοριστεί.





Σχήμα 1.20 χρήσιμα περιεχόμενα ενός παλμού πρόσβασης στο RACH

Μόνο 8 bits είναι διαθέσιμα σε αυτό το μικρό τύπο παλμού. Τρία από αυτά δείχνουν το λόγο της πρόσβασης, και τα υπόλοιπα 5 λειτουργούν σαν τυχαίοι διευκρινιστές.

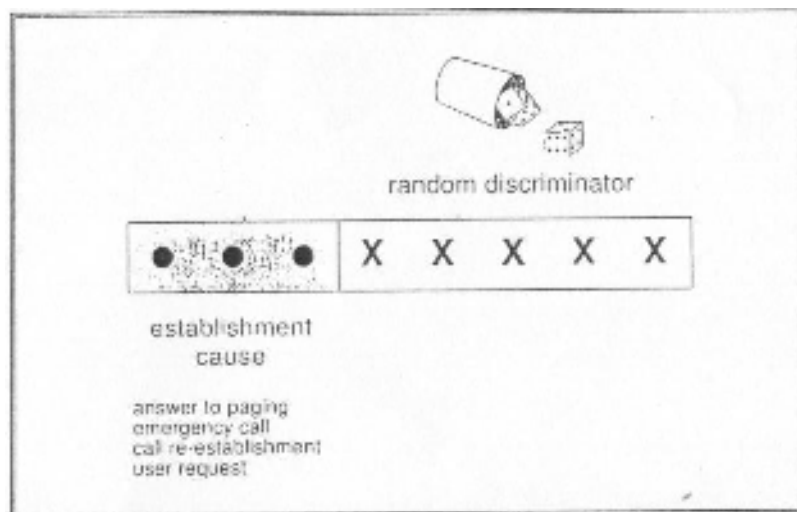
Αλλά η κρισιμότερη χρήση της διάκρισης μεταξύ των τυχαίων προσπαθειών πρόσβασης δεν πρόκειται να παράσχει τις πληροφορίες στο δίκτυο. Ένας δεδομένος κινητός σταθμός πρέπει να είναι σε θέση να συσχετίσει μια αρχική ανάθεση από το δίκτυο με το αίτημά του, με τόσο λιγότερη ασάφεια μπορεί να επιτευχθεί. Για αυτόν το λόγο, 5 bit μεταξύ του συνόλου 8 επιλέγονται τυχαία από τον κινητό σταθμό, μειώνοντας δραστικά την πιθανότητα ότι δύο κινητοί σταθμοί στέλνουν τα ίδια μηνύματα κατά τη διάρκεια της ίδιας αυλάκωσης, το οποίο μπορεί σε περίπτωση σύλληψης να οδηγήσει σε μια ασάφεια ως προς την πιο τα δύο αιτήματα χορηγείται.

3 bit παραμένουν, τα οποία χρησιμοποιούνται όπως φαίνεται στο σχήμα 1.20 για να παρέχουν μια ελάχιστη ένδειξη του λόγου πρόσβασης στο δίκτυο. Αυτή η πρώτη τραχιά ένδειξη μπορεί να είναι χρήσιμη για τις διακριτικές απορρίψεις σε περίπτωση συμφόρησης, και επίσης για να επιλέξει τον καλύτερο τύπο καναλιού που διατίθεται.

### ***Η αρχική ανάθεση καναλιών***

Αφότου το BTS αποκωδικοποιήσει σωστά ένα αίτημα καναλιών, το υποδεικνύει στο BSC μέσω ενός μηνύματος RSM απαίτησης καναλιού, με ένα σημαντικό κομμάτι επιπρόσθετης πληροφορίας: μια εκτίμηση της καθυστέρησης μετάδοσης (αυτή η ένδειξη είναι κρίσιμη για να αρχικοποιήσει έλεγχο χρονικής προόδου συγχρονισμού). Ένας τομέας απροσδιόριστου περιεχομένου (φυσικές πληροφορίες) επιτρέπει στον κατασκευαστή να προσθέσει περισσότερες πληροφορίες, όπως το επίπεδο υποδοχής.

Στις φυσιολογικές καταστάσεις φορτίων, το BSC έπειτα επιλέγει ένα ελεύθερο κανάλι (TACH/8 ή TACH/F), το ενεργοποιεί στο BTS, και, όταν το BTS αναγνωρίσει αυτήν την ενεργοποίηση, δημιουργεί ένα αρχικό μήνυμα ανάθεσης για να σταλεί στο PAGCH.



Σχήμα 1.21 διαδικασία αρχικής ανάθεσης

Μετά την ενεργοποίηση στην διεπαφή Abis, το BSC προετοιμάζει την αρχικής ανάθεσης ένδειξη που περιέχει τα 8bit διευκρίνησης όπως ελήφθησαν από το σωστα αποκωδικοποιημένο μήνυμα αιτήματος καναλιού RIL3-RR όπως και ο αριθμός των πλαισίων στα οποία έχουν ληφθεί. Αυτό ενεργοποιεί τον κινητό σταθμό να ελέγξει εάν τον αφορούν αυτά τα μηνύματα ή όχι

Η διαδικασία ενεργοποίησης απαιτεί το BTS να προετοιμαστεί για την πρόσβαση του κινητού σταθμού στο κανάλι που προσδιορίστηκε πρόσφατα. Η χρονική πρόοδος συγχρονισμού αρχικοποιείται με βάση την εκτίμηση καθυστέρησης μετάδοσης που υποδεικνύει το BSC (αντίστροφη μετάδοση!) στο BTS. Ακόμα κι αν αυτή η εκτίμηση έχει υπολογιστεί αρχικά από το BTS, η μετάβαση πίσω και μπροστά μεταξύ BTS και BSC είναι απαραίτητη, δεδομένου ότι το BTS δεν έχει κανένα μέσο να συσχετίσει τα μηνύματα που παραλαμβάνονται στο RACH με τις αντίστοιχες αναθέσεις καναλιών.

Η αρχική ένδειξη ανάθεσης που στέλνεται στον κινητό σταθμό στο PAGCH περιέχει την περιγραφή του διατιθέμενου καναλιού, η αρχική πρόοδος συγχρονισμού που εφαρμόζεται, η αρχική μέγιστη δύναμη μετάδοσης, όπως και μια αναφορά που επιτρέπει όλους τους κινητούς σταθμούς που αναμένουν ένα τέτοιο μήνυμα για να

ξέρουν εάν έχουν πάρει διεύθυνση ή όχι . Αυτό το τελευταίο σημείο αξίζει λίγο περισσότερη εξήγηση.

Η διευθυνσιολόγηση γίνεται με τη συμπερίληψη στην αρχική ένδειξη ανάθεσης του ακριβούς περιεχομένου του μηνύματος ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL3-RR που απαντιέται, συν την χρονική αναφορά της αυλάκωσης στην οποία παραλήφθηκε (μια τέτοια χρονική αναφορά υπάρχει χάρη στο TDMA). Αυτό επιτρέπει στους κινητούς σταθμούς να ελέγξουν εάν πραγματικά τους αφορά κάθε αρχική ανάθεση, με τη σύγκριση αυτών των τιμών με αυτές έχουν αποθηκεύσει κατά την αποστολή του μηνύματος ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.21.

Εκτός αυτού, οι απαντήσεις στα μηνύματα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR μπορούν να σταλούν σε οποιοδήποτε κομμάτι του PAGCH, ακόμη και κατά την σελιδοποίηση των υπό-καναλιών. Κατά συνέπεια, μόλις κάνει ένας κινητός σταθμός έχει κάνει μια προσπάθεια πρόσβασης, πρέπει να ελέγξει ολόκληρο το PAGCH (στην ίδια χρονική σχισμή όπως το RACH χρησιμοποίησε για την πρόσβαση) για μια απάντηση από το δίκτυο. Επιπλέον, τα μηνύματα BCCH πρέπει να αποκωδικοποιηθούν συνεχώς κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, έτσι ώστε ο κινητός σταθμός να θέσει τις τιμές παραμέτρου ελέγχου RACH σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η φάση είναι πολύ περιοριστική για τους κινητούς σταθμούς από την άποψη της υποδοχής (40 εκρήξεις για κάθε 51 x 8 έκρηξης περιόδου), σχεδόν συγκρίσιμη με TACH/F υποδοχή.

Ας εξετάσουμε μερικά δευτερεύοντα ζητήματα. Μπορεί να συμβεί να είναι η αντίδραση της υποδομής σε ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR πάρα πολύ αργή για να αποφύγει μια επανάληψη από τον κινητό σταθμό. Σε τέτοιες ανεπαρκείς καταστάσεις έναν δεδομένο κινητό σταθμό μπορεί να διατεθεί ένα κανάλι δύο φορές (ή ακόμα και περισσότερες φορές), δεδομένου ότι η υποδομή δεν έχει κανένα μέσο εάν ένα ΑΙΤΗΜΑ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR είναι η επανάληψη μιας προηγούμενης ή όχι. Ο κινητός σταθμός θα χρησιμοποιήσει το κανάλι που διατίθεται στο πρώτο αρχικό μήνυμα ανάθεσης που αποκωδικοποιεί, και οι άλλοι αυτοί θα έχουν εμποδιστεί για μερικά δευτερόλεπτα μάταια. Εντούτοις, οι Προδιαγραφές απαιτούν ότι ο κινητός σταθμός να είναι σε θέση να δεχτεί την απάντηση δικτύων σε οποιαδήποτε από τελευταία τρία μηνύματα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.1-RR

του, προκειμένου να αποκτηθεί η υπηρεσία από τέτοιο «όχι και τόσο αποδοτικό» εξοπλισμό BSS.

Στις κορεσμένες καταστάσεις, όταν κανένα κανάλι δεν είναι ελεύθερο για την κατανομή, το BSC μπορεί να επιλέξει να μην απαντήσει σε ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR, ή να στείλει μια πίσω ένδειξη απόρριψης. Η πρώτη επιλογή δεν είναι πολύ αποδοτική, δεδομένου ότι ο κινητός σταθμός θα ακυρώσει την προσπάθειά του. Η ρητή απόρριψη γίνεται μέσω ενός RIL.3-RR ΑΜΕΣΟΥ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ, περιέχοντας μια χρονική ένδειξη κατά τη διάρκεια της οποίας ο κινητός σταθμός είναι απαγορευμένος για να κάνει άλλες προσπάθειες στο RACH (την παράμετρο ΕΝΔΕΙΞΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ). Εάν η κατάσταση υπερφόρτωσης δεν αφορά το RACH, η αξία της ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ μπορεί να είναι μηδενική, διαφορετικά είναι ένας χρήσιμος μηχανισμός για να βοηθήσει να μειώσει το φορτίο RACH (δείτε τη σελίδα βιβλίου 170).

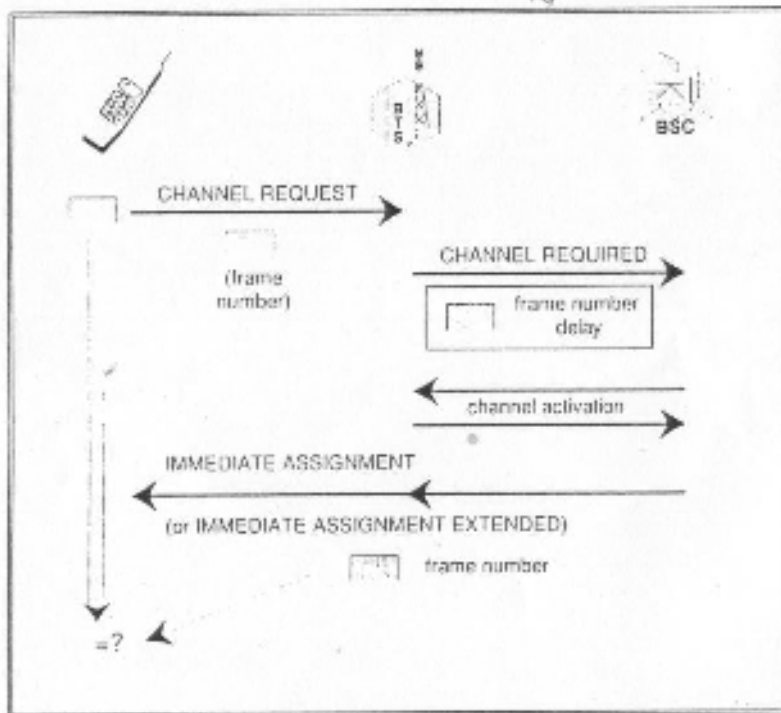
Το ΡΑΓCΗ είναι μια σημαντική πιθανή δυσχέρεια του συστήματος. Προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητά του, και αρχικές ενδείξεις ανάθεσης και απόρριψη αιτήματος καναλιών μπορούν να συγκεντρωθούν για να διαμορφώσουν τα μηνύματα. Υπάρχουν δύο αναθέσεις σε ένα ΑΜΕΣΟ ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΟ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΜΗΝΥΜΑ RIL.3-RR, και μέχρι τέσσερις απορρίψεις σε ένα ΑΜΕΣΟ ΜΗΝΥΜΑ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL.3-RR. Αν και αυτό το σημείο είναι ασαφές στις Προδιαγραφές, η αρχική πρόθεση ήταν για το BTS να εκτελεσθεί η ομαδοποίηση βάσει των μεμονωμένων ενδείξεων που παράχθηκαν από το BSC. Το BSC έχει τη δυνατότητα να παρέχει στο BTS τις άμεσες ενδείξεις ανάθεσης που δεν είναι έτοιμες-να-στείλουν τα μηνύματα (χρησιμοποιώντας το RSM ΑΜΕΣΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ ΕΝΤΟΛΗ μήνυμα). Το BTS πρέπει έπειτα να χτίσει (αντίστοιχα μηνύματα RIL.3-RR. Το γεγονός είναι ότι το BSC μπορεί να επίσης εκτελεί την ομαδοποίηση και να χτίζει τα μηνύματα, και μπορεί να παρέχει τα έτοιμα προς αποστολή μηνύματα στο BTS (αυτό είναι, επί την ευκαιρία η μόνη δυνατότητα για τα μηνύματα απόρριψης ανάθεσης). Εντούτοις, τίποτα δεν αποκλείει πραγματικά το BTS στο ξε-χτίσει αυτά τα μηνύματα και για να χτίσει άλλα που ομαδοποιούν τα αιτήματα διαφορετικά. Η ίδια συζήτηση υπάρχει για τις ενδείξεις σελιδοποίησης.

Δεν κάνει σε καμία περίπτωση το πρόγραμμα BSC προγραμματισμό της μετάδοσης των ενδείξεων ανάθεσης: αυτό είναι πολύ ευκολότερο για το BTS. Το αντίστοιχο είναι αυτό, παρά την ομαδοποίηση, η συμφόρηση μπορεί να συμβεί. Αυτό επιλύεται απλά από το BTS, το οποίο αφήνει τα μηνύματα που πάνω από την δυνατή έξοδο. Ενώ αυτό επιλύει το πρόβλημα συμφόρησης BTS, για το BSC "οδηγεί σε TACHs διατιθέμενο αλλά" που δεν ορίζεται ". Για να αποφύγει μια επιδείνωση της κατάστασης από αυτό το φαινόμενο, το BTS μπορεί να δείξει ότι η μη-αποστολή ενός μηνύματος με ένα RSM μήνυμα ένδειξης διαγραφής. Μια δεύτερη επίδραση του μηνύματος είναι να υποδειχθεί η υπερφόρτωση στο BSC.

### ***Το αρχικό μήνυμα***

Μόλις λάβει μια αρχική ένδειξη ανάθεσης, ο εξετασμένος κινητός σταθμός τροποποιεί την υποδοχή και τη διαμόρφωση μετάδοσής του για να την προσαρμόσει στα χαρακτηριστικά συχνότητας και χρόνου του νέου καναλιού. Στη φάση 1, αυτό το νέο κανάλι μπορεί να είναι ένα TACH/8 ή ένα TACH/F, πάντα λειτουργία "σηματοδότησης μόνο" (δείτε τη σελίδα βιβλίου 321). Το επίπεδο μετάδοσης τίθεται τιμή εύρους στο BCCH (ή στο μέγιστο επίπεδο μετάδοσης του κινητού σταθμού, οποιοσδήποτε η μικρότερη), και οι ενάρξεις μετάδοσης με την αξία προόδου συγχρονισμού που διευκρινίζεται από το BSC.

Το πρώτο πράγμα που ο κινητός σταθμός κάνει στο νέο κανάλι είναι να διαβιβαστεί ένα πλαίσιο στρώματος SABM συνδέσεων για SAPI 0, π.χ. το πλαίσιο που χρησιμοποιείται για να εγκαταστήσει στον αναγνωρισμένο τρόπο τη σύνδεση στρώματος συνδέσεων για τα σηματοδοτούμενα μηνύματα.



Σχήμα 1.22 ανάλυση ανταγωνισμού στην καθίδρυση της ένωσης

Σε σπάνιες περιπτώσεις παραπάνω από ένας κινητός σταθμός μπορεί να βρεθεί στο ίδιο κανάλι. Η μετάδοση ενός αρχικού μηνύματος μη αμφιλεγόμενου στην ανταλλαγή SABM-UA επιτρέπει σε κάθε κινητό σταθμό να ξέρει εάν το κανάλι είναι για δικιά του χρήση

Στα τυποποιημένα πρωτόκολλα HDLC, ένα πλαίσιο SABM δεν φέρνει οποιοσδήποτε πληροφορίες εκτός από αυτήν απαραίτητη για το επίπεδο στρώματος συνδέσεων. Στο GSM, το πλαίσιο SABM που στέλνεται μέσα στην αρχική διαδικασία πρόσβασης περιέχει ένα σηματοδοτούμενο μήνυμα, το "αρχικό μήνυμα". Οι λόγοι για από την τυποποιημένη χρήση είναι διπλοί. Ο πρώτος λόγος είναι αποδοτικότητα. Αν και αυτό δεν ήταν η κύρια αιτία, ο άλλος λόγος προέρχεται από το γεγονός ότι η αναφορά που χρησιμοποιείται στην αρχική ανάθεση για να εξετάσει τον κινητό σταθμό δεν είναι πλήρως σαφής. Μπορεί πράγματι να συμβεί (αν και αυτό είναι μια σπάνια περίπτωση, περίπου 1% στις υψηλές καταστάσεις φορτίων) οι δύο κινητοί σταθμοί στέλνουν ταυτόχρονα τα μηνύματα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL3-RR με ακριβώς το ίδιο περιεχόμενο, και εκείνος ο ένας από τους παραλαμβάνεται σωστά και απαντιέται από το BSS. Η επόμενη ανάθεση καναλιών θα γίνει κατανοητή και από τους δύο κινητούς σταθμούς ως δικιά τους, και και οι δύο κινητοί σταθμοί έχουν πρόσβαση στο "δεσμευμένο" κανάλι. Επομένως, μέχρι το σημείο οι κινητοί σταθμοί

προσδιορίζονται με έναν μη-διφορούμενο τρόπο, μια εγγύηση 100% ότι ένας κινητός σταθμός έχει πρόσβαση στο κανάλι.

Συνέπεια αυτής της κατάστασης, οι πιθανές συγκρούσεις πρέπει να ανιχνευθούν το συντομότερο δυνατόν στο νέο κανάλι, και η ανταλλαγή SAMB-UA παρέχει αυτήν την δυνατότητά του με τη συμπερίληψη ("τρειλερ") σαφών πληροφοριών για αυτά τα συνδεδεμένα πλαίσια στρώματος. Οι κινητοί σταθμοί ελέγχουν το περιεχόμενο του εξωτερικού φορτίου του UA πλαισίου. Εάν ένας κινητός σταθμός λαμβάνει UA που περιέχει κάτι διαφορετικό από το περιεχόμενο που έστειλε ο SABM, πρέπει να αφήσει το κανάλι και να αρχίσει τη διαδικασία πρόσβασης ξανά, με αυτόν τον τρόπο επιτρέποντας στο "σωστό" κινητό σταθμό για μείνει ανενόχλητο στο κανάλι του (σχήμα 1.22).

Ένας προφανής τρόπος να ληφθεί ένα σαφές περιεχόμενο SABM είναι να χρησιμοποιηθεί μια ταυτότητα μοναδική στον κινητό σταθμό. Αυτό θα ήταν αρκετό να εξυπηρετήσει το σκοπό της ανίχνευσης σύγκρουσης. Εντούτοις, το κριτήριο αποδοτικότητας λήφθηκε υπόψη επίσης και το SABM περιλαμβάνει περισσότερά από ακριβώς αυτήν την ταυτότητα, και περιλαμβάνει ένα πλήρες "αρχικό μήνυμα".

Το "αρχικό μήνυμα" έρχεται σε τέσσερα διαφορετικά σήματα, ανάλογα με το λόγο για τον οποίο η πρόσβαση προκλήθηκε (δείτε τον πίνακα 1.5). Όλα αυτά τα μηνύματα περιέχουν μια ταυτότητα του κινητού σταθμού: το classmark, ένας τομέας που δείχνει μερικά βασικά χαρακτηριστικά του κινητού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης δύναμης μετάδοσης και συμπληρωματικές πληροφορίες που καθιστούν το λόγο για την πρόσβαση ακριβέστερο όταν είναι η ανάγκη. Όλα εκτός από τα πρώτα εκείνων των μηνυμάτων ανήκουν στο πρωτόκολλο RIL3-MM, και θα εξηγηθούν στο κεφάλαιο 7. Το πρώτο ανήκει στο πρωτόκολλο RIL3-RR, αλλά θα μπορούσε να έχει τεθεί επίσης στους RIL3-MM. Εάν είχε υπάρξει αρκετός χώρος, αυτά τα μηνύματα θα είχαν σχηματοποιηθεί κατάλληλα, με έναν μέρος για το πρωτόκολλο RIL3-RR (συμπεριλαμβανομένου του classmark), και το υπόλοιπο σε ένα μέρος RIL3-MM.

<b>Λόγος Πρόσβασης</b>	<b>Αρχικό μήνυμα</b>
Απόκριση σε μια καταχώρηση	RIL3-RR απόκριση καταχώρησης

Κανονική ενημέρωση θέσης, Περιοδική ενημέρωση θέσης, Σύνδεση IMSI	RIL3-MM αίτηση ενημέρωσης θέσης
Αποσύνδεση IMSI	RIL3-MM αποσύνδεση IMSI
Όλες οι άλλες περιπτώσεις	RIL3-MM αίτηση υπηρεσίας CM

Πίνακας 1.5 - Πιθανά αρχικά μηνύματα

Τέσσερις τύποι μηνυμάτων σηματοδότησης μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν αρχικά μηνύματα εξαρτώμενα από τον λόγο για την αίτηση καναλιού.

Υπάρχει συνήθως αλλά μια επιλογή για αυτό το "αρχικό μήνυμα". Μια περίπτωση της σύγκρουσης μπορεί να προκύψει, όταν, μετά από μια αποστολή ενός μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR, ο κινητός σταθμός λαμβάνει μια ένδειξη σελιδοποίησης και έπειτα την απάντηση στο ΑΙΤΗΜΑ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR του. Τι θα έπρεπε το αρχικό μήνυμα να είναι σε αυτή την περίπτωση; Εάν ήταν σύμφωνο με το λόγο για το αρχικό μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR, ή θα έπρεπε να είναι το μήνυμα ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL,3-RR; Θα φαινόταν δίκαιο να επιλεγεί το μήνυμα ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL.3-RR εάν παραδείγματος χάριν το αίτημα από τον κινητό σταθμό αφορούσε την περιοδική ενημέρωση θέσης, αλλά κανένα σχέδιο προτεραιότητας δεν καθορίζεται στις Προδιαγραφές, και ολόκληρο το ζήτημα είναι λεία ανοικτό για τους κινητούς κατασκευαστές σταθμών.

Μόλις παραληφθεί ένα "αρχικό μήνυμα" από το BTS (και σταλεί χωρίς οποιαδήποτε τροποποίηση μέσα στο UA πλαίσιο), περνάει στο BSC σε ένα RSM καθιερωμένο το μήνυμα ένδειξης. Σε αυτό το σημείο, ο κινητός σταθμός classmark αποθηκεύεται για την περαιτέρω χρήση (π.χ., για να επιλέξουν τις παραμέτρους βρόχων ελέγχου δύναμης), και το BSC οργανώνει έπειτα μια σύνδεση SCCP προς το MSC ( βλέπε κεφάλαιο 5). Αυτό γίνεται μέσω ενός μηνύματος ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ SCCP ΣΥΝΔΕΣΗΣ, στο οποίο το αρχικό μήνυμα μπορεί προαιρετικά να είναι μεταφερόμενο. Μόνο τότε το MSC γίνεται ενήμερο για την επαφή με τον κινητό σταθμό. Το αρχικό μήνυμα, είτε μεταφερόμενο είτε σταλμένο μετά από την καθιέρωση σύνδεσης SCCP, φέρεται σε ένα BSSMAP ΠΛΗΡΕΣ ΣΤΡΩΜΑ 3 μήνυμα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ, ανεξάρτητα από το πρωτόκολλό του (RR ή MM). Περιέχει αρκετές πληροφορίες για το MSC για να



προκαλέσει τις απαραίτητες ενέργειες στα ανώτερα στρώματα (MM CC,...), αλλά αυτό βγαίνει από το πεδίο της διαδικασίας πρόσβασης.

Όταν η διαδικασία πρόσβασης τελειώνει, η RR-διαδικασία καθιερώνεται πλήρως με μια πλήρη κίνηση σήμα πορεία μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC. Με την καθιέρωση της σύνδεσης SCCP, το MSC αναλαμβάνει των αποφάσεων σχετικά με τα χαρακτηριστικά μετάδοσης της RR-διαδικασίας και το BSS αναμένει ενώ ταυτόχρονα παρακολουθεί τη μετάδοση και εκτελώντας τις αποφάσεις παράδοσης.

### ***Ο κινητός σταθμός Classmark***

Οι κινητοί σταθμοί διαφέρουν από πολλά χαρακτηριστικά, όπως η μέγιστη δύναμη μετάδοσής τους και οι υπηρεσίες που μπορούν να υποστηρίξουν. Είναι σημαντικό για την υποδομή να γνωρίζει μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά όταν συμμετέχει ο κινητός σταθμός σε μια σύνδεση. Επειδή ο εξοπλισμός του χρήστη μπορεί να αλλάξει χωρίς προειδοποίηση του χειριστή (η συνδρομή συνδέεται με την SIM, όχι στον κινητό εξοπλισμό), αυτήν την ένδειξη πρέπει να δοθεί στην αρχή κάθε νέας σύνδεσης. Αυτό είναι ο σκοπός του κινητού σταθμού classmark. Το πλήρες περιεχόμενο του classmark φαίνεται στον πίνακα 1.6

Υπάρχει στην πραγματικότητα για λόγους αποδοτικότητας, ένα υποσύνολο του πλήρους classmark, αποκαλούμενος "κινητός σταθμός classmark τύπος I" στις Προδιαγραφές (το πλήρες classmark που αναφέρεται ως "κινητός σταθμός classmark τύπος 2"), προορισμένος για να σταλεί στο μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ RIL.3-MM ΘΕΣΗ, έτσι ώστε αυτό το μήνυμα ταιριάζει σε έναν ενιαίο φραγμό (που τέμνει δεν χρησιμοποιείται όταν μεταφέρεται το μήνυμα). Μικρότερος classmark χρησιμοποιείται επίσης στους RIL.3-MM IMSI ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ μήνυμα, για κανέναν προφανή λόγο.

Το **επίπεδο αναθεώρησης** χρησιμοποιείται για τον ανοδικό χειρισμό συμβατότητας μεταξύ των διαδοχικών φάσεων των Προδιαγραφών. Οι κινητοί σταθμοί που αναπτύσσονται και ο τύπος που εγκρίνεται σύμφωνα με τη φάση I των προδιαγραφών πρέπει να θέσουν αυτήν την αξία σε 000. Στο μέλλον, άλλες τιμές θα διατεθούν, έτσι

ώστε η υποδομή να ξέρει σε ποιο επίπεδο βελτίωσης χρησιμοποιείται από κάθε κινητό σταθμό.

Η **ικανότητα δύναμης RF** καλούμενη συχνά η κατηγορία δύναμης μετάδοσης, ή ακόμα και όπως η κατηγορία, αναφέρεται στη μέγιστη δύναμη που ο κινητός σταθμός είναι σε θέση να διαβιβάσει. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία ελέγχου και παράδοσης δύναμης. Οι κατηγορίες δύναμης δεν καθορίζονται με τον ίδιο τρόπο για GSM900 και το DCS 1800, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.7. Οι κινητοί σταθμοί της κατηγορίας 1 για GSM900 δεν μπορούν ενδεχομένως ποτέ να αναπτυχθούν, πράγματι οι χαρακτηριστικές κατηγορίες σε GSM900 είναι κατηγορία 2 για το φορητό ή για εξοπλισμό αυτοκινήτου, και κατηγορία 4 για φορητό χεριού. Η κατηγορία 5 φορητών σταθμών θα δοκιμάσει βέβαια τους ισχυρούς περιορισμούς στην κάλυψη και θα προοριστεί για τις αστικές περιοχές. Η χαρακτηριστική κατηγορία κινητών του DCS 1800 είναι κατηγορία I.

Ο **αλγόριθμος κρυπτογράφησης** προσδιορίζει ποιος αλγόριθμος λογαριασμού (ενδεχομένως) εφαρμόζεται στον κινητό σταθμό. Στη φάση 1, υπάρχει μόνο μια επιλογή: όλοι οι κινητοί σταθμοί πρέπει να εφαρμόσουν τον A5 αλγόριθμο που διευκρινίζεται από MoU GSM. Αυτός ο τομέας θα επιτρέψει στο BSC για να αντιμετωπίσει τους μελλοντικούς κινητούς σταθμούς με άλλες ικανότητες κρυπτογράφησης, με να είναι σε θέση να επιλέξει είτε να κρυπτογραφήσει είτε όχι, και εάν ναι με ποιο αλγόριθμο.

Η **ικανότητα συχνότητας** είναι επίσης παρούσα για τη μελλοντική χρήση. Επιτρέπει στο δίκτυο για να αντιμετωπίσει τους κινητούς σταθμούς που έχουν τις διαφορετικές ικανότητες από την άποψη των ζωνών συχνότητας. Ένας κινητός σταθμός φάσης 1 GSM900 πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τις συχνότητες οπουδήποτε στη ζώνη 2X25 MHz που διατίθεται από την έναρξη στο GSM. Μια επέκταση αυτής της ζώνης, πέστε, 35 MHz είναι κάτω από μελέτη, αλλά όλοι οι κινητοί σταθμοί δεν θα είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν την επέκταση. Επομένως, το classmark θα επιτρέψει στο BSC για να διακρίνει τους διαφορετικούς πληθυσμούς των κινητών σταθμών και να διαθέσει τα κανάλια σε κάθε κινητό σταθμό σύμφωνα με την ικανότητα συχνότητάς του.

Τελικά, η **σύντομη ικανότητα μηνυμάτων** δείχνει εάν ο κινητός εξοπλισμός είναι σε θέση να εξετάσει τα σύντομα μηνύματα. Μια τέτοια ένδειξη δεν είναι αυστηρά απαραίτητη στο classmark, από έναν κινητό σταθμό που δεν εξοπλίζεται για να εξετάσει τα σύντομα μηνύματα (ενδεχομένως!) μπορεί πάντα να ενημερώσει το δίκτυο με την απόρριψη ενός πλαισίου LAPDm SABM για SAPI 3. Αλλά αυτό είναι αποδοτικότερο εάν είναι γνωστή η ικανότητα του κινητού σταθμού από την έναρξη, δεδομένου ότι επιτρέπει στο δίκτυο για να αποφύγει την μετάδοση των σύντομων μηνυμάτων μεταξύ του σύντομου κέντρου υπηρεσιών μηνυμάτων και του VMSC.

Έχουμε δει ότι το classmark αποστέλλεται από τον κινητό σταθμό στο αρχικό μήνυμα, στην αρχή της RR-διαδικασίας. Το δίκτυο δεν αποθηκεύει το classmark μεταξύ των RR-διαδικασιών, δεδομένου ότι ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον εξοπλισμό του. Τώρα, μπορεί να συμβεί ότι αυτό το classmark αλλάζει κατά τη διάρκεια της RR-διαδικασίας. Αυτό δεν είναι ένα κοινό γεγονός, αλλά ένα παράδειγμα είναι ένας κινητός εξοπλισμός που αποτελείται από ένα φορητό μέρος και ένα μέρος που βρίσκεται σε αυτοκίνητο συμπεριλαμβανομένης μιας συσκευής αποστολής σημάτων RF, με τη δυνατότητα και αποσυνδέει τα δύο μέρη κατά τη διάρκεια μιας επικοινωνίας. Κατόπιν οι αλλαγές κατηγορίας δύναμης και η νέα αξία πρέπει να παρασχεθούν στο δίκτυο. Για να επιτευχθεί αυτό, μια διαδικασία συμπεριλαμβάνεται στο πλάνο RR. Η ένδειξη από τον κινητό σταθμό φέρεται σε ένα μήνυμα ΑΛΛΑΓΗΣ RIL3-RR CLASSMARK και το BSC μπορεί να διαβιβάσει την ένδειξη στο αναμεταδιδόμενο MSC με ένα μήνυμα ΑΝΑΠΡΟΣΑΡΜΟΓΩΝ BSSMAP CLASSMARK. Εάν το μεταδιδόμενο MSC δεν είναι το MSC αναφοράς, η αλυσίδα σταματάει εκεί στη φάση I, αφού το MAP/E πρωτόκολλο δεν υποστηρίζει αυτήν την λειτουργία.

## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ**

Λίγα πρέπει να ειπωθούν για τις διαδικασίες σελιδοποίησης. Όταν μια κλήση σε έναν συνδρομητή φθάνει σε ένα MSC μέσω του οποίου ο συνδρομητής κρίνεται εφικτός, Το MSC καθορίζει την περιοχή θέσης όπου ο κινητός σταθμός καταχωρείται και στέλνει ένα μήνυμα ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ BSSMAP σε όλα τα κύτταρα BSCs ελέγχει σε που σε αυτήν την περιοχή θέσης. Το μήνυμα περιέχει την ταυτότητα

συνδρομητών στη σελίδα με (μπορεί να είναι μια προσωρινή κινητή ταυτότητα σταθμών, που ονομάζεται TMSI ή την πλήρη διεθνή κινητή ταυτότητα συνδρομητών, το IMSI), το IMSI για να καθορίσει υπό-κανάλι σελιδοποίησης (για να αντιμετωπίσει την ασυνεχή υποδοχή), και ο κατάλογος κυττάρων στον οποίο η σελιδοποίηση πρέπει να εκδοθεί.

Το BSC στέλνει στη συνέχεια μια ΕΝΤΟΛΗ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ RSM στη συσκευή BTS υπεύθυνη για το PAGCH της κατάλληλης TN (που καθορίζεται από το BSC, από το IMSI και τη διαμόρφωση κοινών καναλιών), για κάθε κύτταρο στον κατάλογο. Αυτό το μήνυμα περιέχει τον αριθμό υπό-καναλιών σελιδοποίησης, ο οποίος υπολογίζεται από το BSC, όπως και την TN του PAGCH.

Το BTS στη συνέχεια ενδεχομένως συσκευάζει μερικά αιτήματα σελιδοποίησης μαζί και στέλνει τα προκύπτοντα μηνύματα στο σωστό υπό-κανάλι σελιδοποίησης. Όπως υποδεικνύεται στο λειτουργικό τμήμα, οι περιπλοκότερες προσεγγίσεις είναι πιθανές.

Μηνύματα σελιδοποίησης έρχονται σε τρεις τύπους (αποκαλούμενα ΤΥΠΟΣ 1 ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ RIL.3RR, ΤΥΠΟΣ 2 και ΤΥΠΟΣ 3), προσαρμοσμένα στο μέγεθος της ταυτότητας που χρησιμοποιείται για τη σελιδοποίηση. Ο τύπος 1 μπορεί να φέρει δύο ταυτότητες οποιουδήποτε είδους, ο τύπος 3 μπορεί να φέρει τέσσερα TMSIs και ο τύπος 2 δύο TMSIs και μια ταυτότητα οποιουδήποτε είδους.

Ένα θέμα ενδιαφέροντος είναι η επαναληπτική πολιτική. Σε άλλες περιοχές, GSM διευκρινίζεται έτσι ώστε να παρασχεθεί μια σωστή ποιότητα της υπηρεσίας όταν η ποιότητα μετάδοσης είναι κάθε άλλο παρά ιδανική. Για να είναι συνεπής, η ένδειξη σελιδοποίησης δεν πρέπει να σταλεί μόνο μία φορά σε κάθε κύτταρο. Μια χαρακτηριστική αξία (που δεν διευκρινίζεται) θα ήταν να σταλεί τρεις φορές. Κανένας επαναληπτικός μηχανισμός δεν περιγράφεται στις *Προδιαγραφές*, και αυτό αφήνει κάποιο σκοτάδι ως προς το ποια μηχανή αναλαμβάνει τις επαναλήψεις: το MSC, το BSC ή το BTS; Η επιλογή του BTS έχει μερικά πλεονεκτήματα: μπορεί να βελτιστοποιήσει τη χρήση του PAGCH, και ειδικότερα μπορεί να ακυρώσει τη ζήτηση σελιδοποίησης περισσότερο από το ελάχιστο που απαιτείται εάν το κανάλι αφήνει κάποιο χώρο. Αφ' ετέρου, εάν το MSC είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της επαναληπτικής διαδικασίας, θα περιμένει λίγο χρόνο πριν ζητήσει τις επαναλήψεις, αποφεύγοντας κατά συνέπεια τις άχρηστες επαναλήψεις σε πολλά κύτταρα σε περιπτώσεις επιτυχούς κινητής πρόσβασης σταθμών. Ούτε το BTS ούτε το BSC είναι

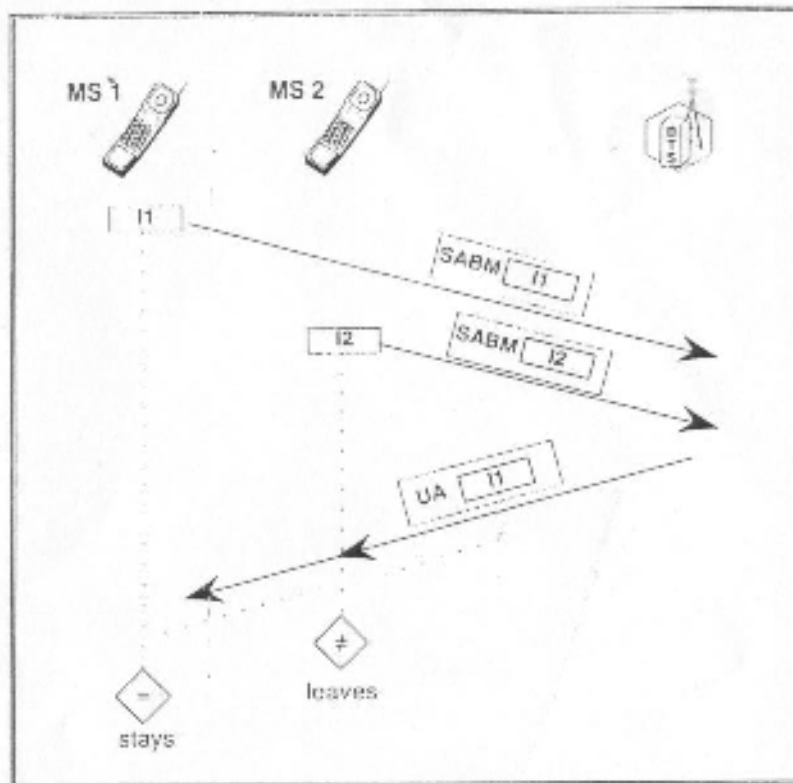
ικανά για τέτοιο έλεγχο, αφού δεν είναι ικανά να συσχετίσουν την απάντηση των κινητών σταθμών για σελιδοποίηση. Αυτό φαίνεται προφανές όταν έχει πρόσβαση ο κινητός σταθμός σε ένα άλλο κύτταρο (το MSC δεν το δείχνει πίσω στο BSCs από το οποίο ζήτησε τη σελιδοποίηση, θα ήταν μια πάρα πολύ μεγάλη διαδικασία), αλλά το ίδιο πράγμα είναι επίσης αληθινό όταν ο κινητός σταθμός έχει πρόσβαση μέσω ενός κυττάρου που είναι υπό έλεγχό τους. Ένα λογικό σχέδιο φαίνεται να παρέχει δύο επίπεδα επαναλήψεων, ένας στο MSC, με μια μεγάλη περίοδο, για να αντιμετωπίσει παραδείγματος χάριν με τη σύντομη διακοπή υποδοχής (όπως μια αλλαγή του κυττάρου, ή όταν ο κινητός σταθμός περνά από μια σήραγγα): και μια βραχυπρόθεσμη επανάληψη στο BTS, όταν το φορτίο επιτρέπει, αντιμετώπιση των μέτριων όρων διάδοσης.

### ***Η κατάσταση σελίδων***

Το PAGCH η διαμόρφωση μπορεί να αλλάξει εγκαίρως για να προσαρμοστεί στη διανομή κυκλοφορίας. Αν και αυτή η διαμόρφωση ρυθμίζεται από το BSC, είναι συνήθως το OSS που αποφασίζει σχετικά με μια τέτοια αλλαγή, είτε αυτόματα βάσει των παρατηρήσεων κυκλοφορίας είτε μέσω της εντολής ενός χειριστή. Η διαμόρφωση του PAGCH σε ένα δεδομένο κύτταρο πρέπει να μαθευτεί από όλους τους κινητούς σταθμούς που στρατοπεδεύουν σε αυτό το κύτταρο, και είναι επομένως μέρος των πληροφοριών μετάδοσης. Όταν οι διαμορφώσεις αλλάζουν, το BSC πρέπει να συντονίσει την αλλαγή των πληροφοριών ραδιοφωνικής μετάδοσης και το σχεδιασμό των μηνυμάτων σελιδοποίησης. Δεν είναι δυνατό να ελεγχθεί πολύ ακριβώς ο χρόνος στον οποίο κάθε κινητός σταθμός θα αποκωδικοποιήσει τη νέα παράμετρο μετάδοσης, και ως εκ τούτου την αλλαγή στη νέα διαμόρφωση. Η αντίστοιχη μεταβατική περίοδος μπορεί να διαρκέσει μέχρι μερικά δευτερόλεπτα. Προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια μηνυμάτων σελιδοποίησης κατά τη διάρκεια αυτής της "συγκεχυμένης" περιόδου, ένα ειδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα έχει ενσωματωθεί στις προδιαγραφές: ο τρόπος σελίδων. Ο τρόπος σελίδων δείχνει στους κινητούς σταθμούς σε πιο ακριβώς μέρος του PAGCH τα μηνύματα σελιδοποίησής τους μπορούν να σταλούν.

Οι τρεις τιμές του τρόπου σελίδων είναι οι ακόλουθες:

- Ο "κανονικός" τρόπος σελίδων αντιστοιχεί στο βασικό σχέδιο. Τα μηνύματα σελιδοποίησης στέλνονται μόνο sub-channel όπως καθορίζονται από τη διαμόρφωση PAGCH και το IMSI
- Ο "πλήρης" τρόπος σελίδων έχει ως σκοπό να αντιμετωπίσει μια δυναμική αλλαγή στη διαμόρφωση PAGCH. Όταν αυτός ο τρόπος υποδεικνύεται στους κινητούς σταθμούς μιας υποομάδας, κατόπιν σημαίνει (τα μηνύματα σελιδοποίησης καλυβών για τους συνδρομητές αυτής της υποομάδας μπορούν να σταλούν οπουδήποτε στο PAGCH ίδιο timeslot
- Ο "επόμενος-αλλά-ένας" τρόπος σελίδων έχει εισαχθεί για τους περίπλοκους αλγορίθμους σχεδιασμού. Επιτρέπει στο BSS για να στείλει τα πρόσθετα μηνύματα σελιδοποίησης για τους συνδρομητές σε μια δεδομένη υποομάδα σε ένα άλλο sub-channel σελιδοποίησης. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα μπορεί να είναι χρήσιμο σε μια κατάσταση της προσωρινής υπερφόρτωσης σε μερικά από τα sub-channels, ή σε ένα ελεύθερο ένα φραγμό για να στείλει ένα αρχικό μήνυμα ανάθεσης. Με βάση το γεγονός ότι ο καθορισμός sub-channels σελιδοποίησης περιλαμβάνει μια υπονοούμενη αρίθμηση για αυτά τα sub-channels, ο "επόμενος-αλλά-ένας" τρόπος δείχνει ότι μηνύματα σελιδοποίησης για τους κινητούς σταθμούς που κανονικά σελιδοποιούνται στο sub-channel  $n$  (το sub-channel στο οποίο η ένδειξη του τρόπου σελίδων στάλθηκε) θα βρεθούν ως προσθήκη στο επόμενο πακέτο του σελιδοποιημένου sub-channel  $n+2$ , δια τον συνολικό αριθμό των σελιδοποιημένων sub-channels στο συγκεκριμένο timeslot. Το παράδειγμα του σχήματος 1.23 θα βοηθήσει στην κατανόηση αυτού του χαρακτηριστικού.



σχήμα 1.21 - Διαφορετικές καταστάσεις σελίδων

Σε αντίθεση στην κανονική κατάσταση σελιδοποίησης, η πλήρη κατάσταση σελίδας και η επόμενη-αλλά-μία κατάσταση σελίδας είναι χρήσιμη σε καταστάσεις μετάβασης ή στην εξουδετέρωση των μερικών καταστάσεων συνωστισμού.

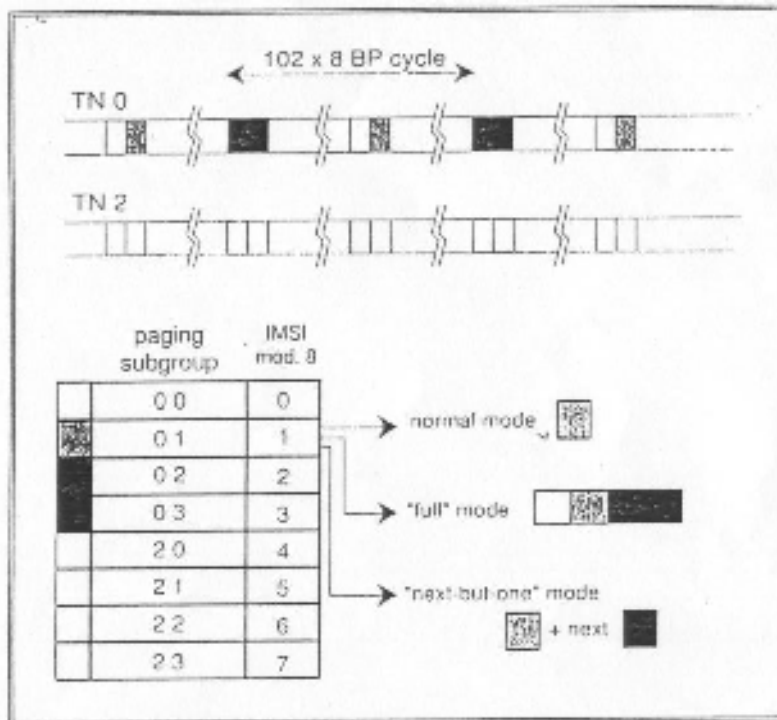
Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κινητός σταθμός είναι ελεύθερος να ακούσει περισσότερο από το απαραίτητο ελάχιστο. Αυτό μπορεί πράγματι να αντιπροσωπεύσει μια απλοποίηση για τους vehicle-mounted κινητούς σταθμούς, για ποια μπαταρία η κατανάλωση δεν είναι σε κίνδυνο. Σε περιπτώσεις όπου το φορτίο στο PAGCH είναι πολύ χαμηλό, ακόμη και να είναι ενδιαφέρον για το BSS να σταλούν τα μηνύματα σελιδοποίησης σε περισσότερα πακέτα από εκείνα που απαιτούνται από το sub-channel σελιδοποίησης. Αυτό θα επιτρέψει να επιταχυνθεί η υποδοχή τους για τους κινητούς σταθμούς που ακούνε περισσότερο από το δικό τους sub-channel σελιδοποίησης.

## **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ**

Οι καταστάσεις μετάδοσης, όσον αφορά στη ράδιο διαχείριση των πόρων, περιλαμβάνουν 7 διαφορετικούς τύπους στη φάση I και αναμένεται να επεκταθούν σε 12 στη φάση 2 (δείτε τον πίνακα 1.1. σελίδα βιβλίου 321). Η κατάσταση είναι μια από τις ιδιότητες της αλυσίδας μετάδοσης. Αλλά μεταβλητά χαρακτηριστικά αυτής της αλυσίδας περιλαμβάνουν την κατάσταση κρυπτογράφησης (εάν η μετάδοση κρυπτογραφείται ή στο καθαρό κείμενο), και όπως και το uplink και την ασυνεχείς κατάσταση μετάδοσης.

Στην αρχική ανάθεση, ο τρόπος μετάδοσης επιλέγεται από το BSC. Αποτελείται απαραίτητως από μια από τη "επισημανση μόνο" των τρόπων, στο σαφές κείμενο. Το κανάλι μπορεί να είναι ένα TACH/8 ή ένα TACH/F. Κατόπιν κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής της RR-συνόδου, η επιλογή του τρόπου μετάδοσης εξαρτάται από τις ανάγκες επικοινωνίας και γίνεται από το MSC, το οποίο μπορεί να ζητήσει μια αλλαγή του τρόπου μετάδοσης οποιαδήποτε στιγμή ενώ μια σύνδεση εγκαθίσταται. Κάνει έτσι μέσω μιας διαδικασίας "ανάθεσης" (που δεν οδηγεί απαραίτητως σε μια ράδιο ανάθεση καναλιών). Η βασική διαδικασία αποτελείται από ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ BSSMAP, περιγράφοντας τα χαρακτηριστικά μετάδοσης όπως επιδιώκεται από το MSC, και η αντίστοιχη ΠΛΗΡΗΣ αναγνώριση ΑΝΑΘΕΣΗΣ BSSMAP, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.25. Μια αρνητική απάντηση είναι επίσης δυνατή σε περίπτωση προβλημάτων, και φέρεται σε ένα μήνυμα ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ BSSMAP. Μια άλλη ειδική περίπτωση είναι πότε η κατανομή δεν μπορεί να προχωρήσει αμέσως, αλλά το αίτημα τίθεται σε μια σειρά αναμονής: Το MSC μπορεί να προειδοποιηθεί για την κατάσταση από ένα μήνυμα ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ BSSMAP (η ολοκλήρωση ή η ένδειξη αποτυχίας στέλνεται τελικά αργότερα). Το αίτημα περιλαμβάνει επίσης την ταυτότητα του πρόσφατα διατιθέμενου επίγειου κυκλώματος μεταξύ του BSC και του MSC σε περίπτωση ανάγκης, π.χ., όταν η κατάσταση αλλάζει από "τη σηματοδότηση μόνο" σε μία άλλη.





Σχήμα 1.24 - Αλλαγή της κατάστασης μετάδοσης από το MSC

Το MSC μπορεί να αλλάξει από την κατάσταση μετάδοσης μιας RR-σύνδεσης σε οποιοδήποτε χρόνο τρέχοντας την διαδικασία ανάθεσης προς το BSC, το οποίο τότε παίρνει τον έλεγχο της κατάστασης μετάδοσης

Η το δράση του BSC κατά λήψη ενός μηνύματος ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ BSSMAP εξαρτάται από τη σύγκριση μεταξύ του υπάρχοντος τρόπου μετάδοσης και της απαραίτητης:

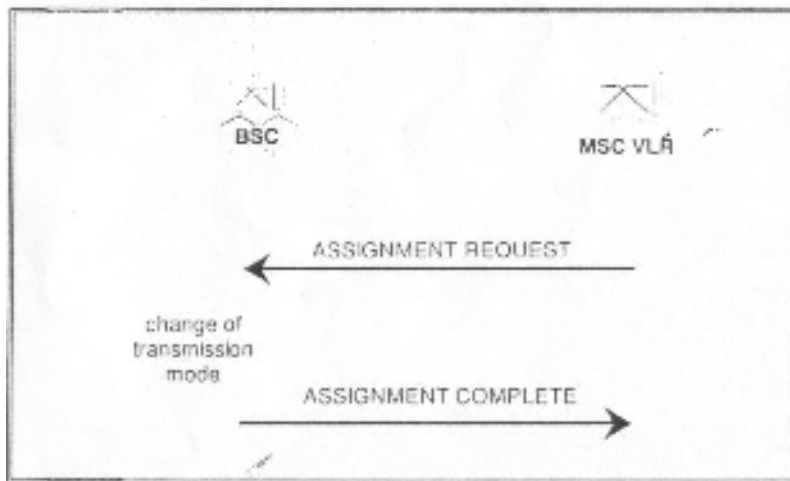
- εάν και οι δύο τρόποι είναι οι ίδιοι, το BSC στέλνει ακριβώς στην ΑΝΑΘΕΣΗ BSSMAP το ΠΛΗΡΕΣ μήνυμα πίσω στο MSC χωρίς οποιαδήποτε άλλη δράση
- εάν και οι δύο τρόποι διαφέρουν από το είδος πληροφοριών που διαβιβάζονται, αλλά χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο καναλιού, το BSC εκτελεί μια διαδικασία "κατάστασης τροποποίησης" πριν αναγνωρίσει το αίτημα MSC
- εάν ο νέος τρόπος απαιτεί ένα κανάλι ενός τύπου διαφορετικού από αυτόν σε χρήση, το BSC εκτελεί μια επακόλουθη διαδικασία ανάθεσης, π.χ., μεταφέρει τη σύνδεση σε ένα κανάλι του απαραίτητου τύπου πριν αναγνωρίσει το αίτημα Msc.

Οι δύο τελευταίες περιπτώσεις θα μελετηθούν τώρα λεπτομερέστερα.

### ***Η κατάσταση τροποποίησης της διαδικασίας***

Όσον αφορά σε οποιαδήποτε διαδικασία που έχει επιπτώσεις στον τρόπο μετάδοσης, κατάσταση τροποποίησης της διαδικασίας περιλαμβάνει δύο μέρη: η διαμόρφωση των συσκευών μετάδοσης από την πλευρά υποδομής (BTS, TRAU και BSC), και η διαμόρφωση του κινητού σταθμού. Κανένα μέσο δεν παρέχεται για να συγχρονίσει αυτά τα δύο μέρη με έναν ακριβή τρόπο, να οδηγήσει συνήθως σε μια μικρή χρονική περίοδο κατά τη διάρκεια της οποίας ολόκληρη η διαμόρφωση είναι ασυμβίβαστη. Οι Προδιαγραφές δεν διευκρινίζουν σε ποια διαταγή τα δύο βήματα διαμόρφωσης πρέπει να ρυθμιστούν, και αυτή η επιλογή μπορεί να ασκήσει επίδραση στην περίοδο ασυνέπειας. Στο ακόλουθο παράδειγμα, έχει υποτεθεί ότι οι δύο διεργασίες είναι τρέχουν παράλληλα

Το BSC πυροδοτεί τον επανασηματισμό του BTS και του TRAU με την αποστολή μιας ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ RSM ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ στο BTS. Μετά από την υποδοχή αυτού του μηνύματος: το BTS τροποποιεί τους αλγορίθμους της κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης και αλλάζει τις in-band πληροφορίες κατάστασης στα πλαίσια του BTS-TRAU. Το TRAU, στη συνέχεια, αντιδρά με την τροποποίηση της επεξεργασίας δεδομένων του (λεκτική κωδικοποίηση ή ποσοστό στοιχείων προσαρμογής). Εάν η νέα κατάσταση είναι ομιλία, ο συγχρονισμός μεταξύ TRAU και BTS απαιτείται. Όταν η αλυσίδα είναι έτοιμη (οι Προδιαγραφές δεν διευκρινίζουν εάν αυτό περιλαμβάνει το συγχρονισμό με το TRAU ή όχι), το BTS απαντάει στο BSC με την αποστολή ενός μηνύματος ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ RSM.



Σχήμα 1.25 - Η διαδικασία αλλαγής κατάστασης

Το BSC έχει τον έλεγχο για τον σχηματισμό και το BTS και του κινητού σταθμού αλλά η σειρά με την οποία αυτά τα βήματα εκτελούνται να μην καθορίζεται. Το TRAU είναι καθορισμένο διαμέσου πληροφορίας στην ζώνη από το BTS

Παράλληλα, το BSC πυροδοτεί τον επανασχηματισμό του κινητού σταθμού με την αποστολή ενός μηνύματος ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ RIL3-RR που περιέχει το νέο τρόπο που εφαρμόζεται (δείτε επίσης το σχήμα 1.25). Όταν ο κινητός σταθμός λαμβάνει τη διαταγή, τροποποιεί το κανάλι/πηγή κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις και οι απαντάει με ένα μήνυμα ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ RIL3-RR ΚΑΝΑΛΙΟΥ στο BSC μέσω του BTS. Αξίζει ότι η σύνδεση των συσκευών πιο υψηλού επιπέδου (μικρόφωνο και μεγάφωνο για την ομιλία, ή ο τελικός προσαρμοστής για τα στοιχεία) δεν ελέγχεται από αυτήν την διαδικασία, αλλά από μια διαδικασία ελέγχου κλήσης (δείτε το κεφάλαιο 8).

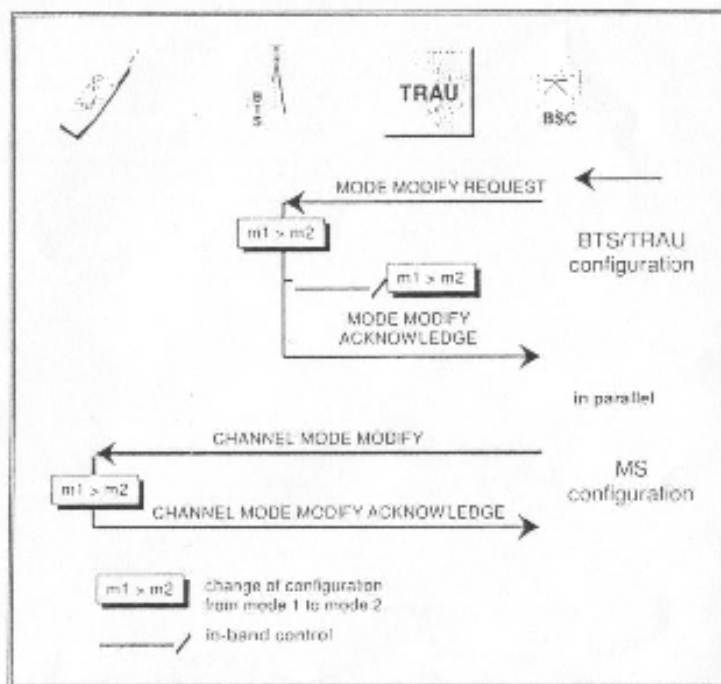
Μια τρίτη λειτουργία πρέπει να εκτελεσθεί από το BSC: αλλαγή κυκλωμάτων. Μπορεί να συμβεί να μην πρέπει να γίνει τίποτα, παραδείγματος χάριν όταν ένα επίγειο κύκλωμα είναι δημιουργημένο και ικανοποιεί τις ανάγκες. Αλλά εάν το επίγειο κύκλωμα BSC-MSC πρέπει να επαναρρυθμιστεί ή να αλλαχτεί, το BSC πρέπει να το συνδέσει με το σωστό κύκλωμα BTS-BSC (στην αλληλογραφία με το TACH/F). Η πιο σύνθετη περίπτωση προκύπτει όταν το TRAU είναι κινητό, και πρέπει να αλλαχτεί σε ένα άλλο ένα, προσαρμοσμένος στην νέα κατάσταση. Αυτό είναι στην πραγματικότητα μόνο δυνατό όταν υπάρχουν οι BSC-ελεγχόμενες

εγκαταστάσεις μετατροπής μεταξύ και του BTS και TRAU και μεταξύ του TRAU και του BSC. Σε αυτήν την περίπτωση, το BSC πρέπει να αλλάξει τις συνδέσεις πριν διατάξει τον επανασχηματισμό του BTS. Στις άλλες περιπτώσεις, η μετατροπή BSC μπορεί να γίνει παράλληλα με τις άλλες ενέργειες.

### ***Η επακόλουθη διαδικασία ανάθεσης***

Όταν μια αλλαγή του ράδιο καναλιού απαιτείται σε σύγκριση με την πιο πάνω περιγραφέντα διαδικασία "κατάσταση τροποποίησης", η διαδικασία είναι κάπως πιο σύνθετη, επειδή η αλλαγή του καναλιού υπονοεί ένα σπάσιμο στην ικανότητα μεταφοράς σήματος μεταξύ του κινητού σταθμού και της υποδομής. Εκτός αυτού, υπενθυμίστε ότι οι συσκευές BTS υπεύθυνες για τη μετάδοση σε ένα δεδομένο TACH ανεξάρτητες και δεν επικοινωνούν. Επομένως, ολόκληρος ο έλεγχος της λειτουργίας συγκεντρώνεται στο BSC και η ίδια η λειτουργία είναι αρκετά παρόμοια με μια παράδοση.

Μια μεταφορά του καναλιού αρχίζει αρχικά με τη σύσταση της νέας πορείας στην υποδομή. Αυτό περιλαμβάνει την κατανομή ενός νέου ράδιο καναλιού (με όλες τις διοικητικές πτυχές προτεραιότητας και αναμονής που περιγράφονται στη σελίδα βιβλίου 357, για να αντιμετωπίσει τη συμφόρηση), η ενεργοποίηση της αντίστοιχης συσκευής BTS, και ενδεχομένως η κατανομή ενός TRAU και της μετατροπής απαραίτητες για να συνδέσουν όλα αυτά τα επίγεια τμήματα.



Σχήμα 1.26 ενεργοποίηση ενός νέου καναλιού στο BTS

Μετά την ενεργοποίηση χειραγιάς από την διεπαφή Abis, το BSC διατάζει τον κινητό σταθμό να αλλάξει το κανάλι με ένα μήνυμα ανάθεσης εντολής RIL3-RR το οποίο είναι γενικά μη αναγνωρίσιμο από τον κινητό σταθμό στο παλιό κανάλι. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας γίνεται στο νέο κανάλι μετά την εγκαθίδρυση της πλήρους ένωσης σηματοδότησης

Η ενεργοποίηση του BTS διατάζεται από το BSC μέσω μιας απλής διαδικασίας αιτήματος/αναγνώρισης, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.26. Το μήνυμα ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RSM περιέχει όλες τις πληροφορίες που διευκρινίζουν την κατάσταση μετάδοσης, συμπεριλαμβανομένου της βασικής κατάστασης μετάδοσης (μεταξύ εκείνων που απαριθμούνται στον πίνακα 1.1), η κατάσταση κρυπτογράφησης και η downlink κατάσταση ασυνεχούς μετάδοσης. Μία uplink ασυνεχή κατάσταση μετάδοσης στέλνεται επίσης, αν και κάποιος μπορεί να αναρωτηθεί σε τι μπορεί να χρησιμοποιηθεί, και επιπλέον την έννοιά της, δεδομένου ότι σε μερικές περιπτώσεις το δίκτυο αφήνει την επιλογή στον κινητό σταθμό. Επιπλέον, περιέχει τις πληροφορίες που απαιτούνται από τον κινητό σταθμό για την πρόσβαση (δείτε την έναρξη της προόδου συγχρονισμού, σελίδα βιβλίου 346) και οι πρώτες τοποθετήσεις ελέγχου δύναμης. Το BTS, επάνω στην υποδοχή αυτού του μηνύματος, ξεκινά τις εντός ζώνης ανταλλαγές πληροφοριών με το TRAU, για να

θέσει το βασικό τρόπο μετάδοσης και τους ασυνεχείς τρόπους μετάδοσης: αυτό είναι το σημείο όπου ο συγχρονισμός με το TRAU αρχίζει.

Μόλις ενεργοποιηθούν τα BTS και το TRAU (ακριβέστερα όταν λάβει το BSC μήνυμα ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RSM), το BSC διατάζει τον κινητό σταθμό για να εκτελέσει τη μεταφορά του καναλιού, μέσω ενός μηνύματος ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR. Η προηγούμενη πορεία, συμπεριλαμβανομένου του σήματος σύνδεσης, δεν απελευθερώνεται από την υποδομή αυτή η στιγμή. Αυτό επιτρέπει στο κινητό σταθμό να επιστρέψει στο προηγούμενο κανάλι εάν αποτύχει η πρόσβαση στο νέο κανάλι για οποιοδήποτε λόγο. Στην περίπτωση μιας χρονικής ανάθεσης (δείτε τη σελίδα βιβλίου 353), ο κινητός σταθμός παραμένει στο παλιό κανάλι μέχρι τη στιγμή της αλλαγής που υποδεικνύεται από την υποδομή. Διαφορετικά, ο κινητός σταθμός εκτελεί τη μεταφορά αλλάζει αμέσως την υποδοχή του μηνύματος ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR, μην αναγνωρίζοντας ακόμη και το αντίστοιχο ευθύγραμμο στρώμα 2. Αυτή η έλλειψη αναγνώρισης οδηγεί σε μια επανάληψη του μηνύματος από το BTS, έως ότου αποφασίζει ότι μια αποτυχία στρώματος συνδέσεων έχει συμβεί, από το οποίο το BSC συμβουλεύεται. Το BSC δεν ενεργεί σε αυτήν την ένδειξη, δεδομένου ότι ξέρει ότι μια ανάθεση είναι υπό εξέλιξη. Σε περίπτωση επιστροφής στο παλιό κανάλι, αυτός ο κινητός σταθμός αρχίζει την επαναμετάδοση σε αυτό το κανάλι με την εκτέλεση μιας καθιέρωσης συνδέσεων, σβήνοντας όλα τα περιεχόμενα ανεξάρτητα από ότι συνέβη σε αυτήν την διαδικασία στρώματος συνδέσεων στο BTS. Η κατάσταση μετάδοσης που χρησιμοποιείται με την επιστροφή στο παλιό κανάλι είναι αυτή που χρησιμοποιήθηκε, και όχι αυτή που ζητήθηκε από το μήνυμα ανάθεσης. Είτε στην περίπτωση μιας επιτυχούς διαδικασίας είτε της επιστροφής στο παλιό κανάλι, η διακοπή του στρώματος συνδέσεων μπορεί να οδηγήσει στην αναχώρηση ενός μηνύματος σταλμένου από τον κινητό σταθμό σε μια μη-αναγνωρισμένη κατάσταση. Αυτή η κατάσταση αντιμετωπίζεται από τα ανώτερα στρώματα, όπως θα εξηγηθεί κατωτέρω.

Μόλις αλλάξει ο κινητός σταθμός τις ρυθμίσεις του με αυτές που αντιστοιχούν στο νέο κανάλι, αρχίζει τη μετάδοση και την υποδοχή σύμφωνα με τον τρόπο μετάδοσης που υποδεικνύεται στο μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR. Πρέπει επίσης να εγκαταστήσει μια νέα κάνοντας σήμα σύνδεση στον αναγνωρισμένο τρόπο. Οι

Προδιαγραφές δεν λένε εάν αυτή η καθιέρωση στρώματος συνδέσεων πρέπει να γίνει(πριν από τη διαβίβαση οποιωνδήποτε στοιχείων χρηστών) ή όχι. Εν πάση περιπτώσει, μόλις καθιερωθεί αυτή η σύνδεση, ο κινητός σταθμός στέλνει ένα μήνυμα ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR στο BSC πριν από οποιοδήποτε άλλο μήνυμα. Κατόπιν, όλα τα μηνύματα που περιμένουν για τη μετάδοση μπορούν να σταλούν: πρώτα αυτά που στέλνονται ήδη στο προηγούμενο κανάλι αλλά ακόμα που δεν αναγνωρίζονται, κατόπιν αυτά που έχουν προκύψει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Το ίδιο πράγμα ισχύει σε περίπτωση επιστροφής για το παλιό κανάλι, εκτός από το ότι το πρώτο μήνυμα είναι μια ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR.

Ένα μήνυμα που στέλνεται από τον κινητό σταθμό πριν από τη διακοπή συνδέσεων και που δεν αναγνωρίζεται τότε δεν μπορεί να χαθεί, αλλά μπορεί να διπλασιαστεί. Τα μηνύματα RIL3-RR θεωρείται ότι έχουν ανοσία στο διπλασιασμό, και επομένως κανένας μηχανισμός δεν έχει εισαχθεί για να αντιμετωπίσει τέτοιους διπλασιασμούς. Αυτό αξίζει να σημειωθεί όταν νέες διαδικασίες προσθέτονται στο μέλλον! Ο τρόπος με τον οποίο το BSC εφαρμόζεται ασκεί επίσης κάποια επίδραση. Ένα "προσεκτικό" BSC θα αναβάλει την αποστολή μιας ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR (ή μιας ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR) ενώ περιμένει για την απάντηση σε μια άλλη εντολή RR (π.χ., για την έναρξη κρυπτογράφησης).

Στην περίπτωση των ανώτερων στρωμάτων, π.χ., έλεγχος κλήσης ή διαχείριση κινητικότητας ο διπλασιασμός μηνυμάτων θα μπορούσε σε μερικές περιπτώσεις να είναι επιβλαβής. Προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα, η διόρθωση λαμβάνεται από την ανίχνευση και την καταστολή του αναπαραχθέντος μηνύματος. Η ανίχνευση λαμβάνεται μέσω της χρήσης κύβων ενός απλού σχεδίου αρίθμησης. Ο αριθμός ακολουθίας 1-κομματιών καλούμενος το  $v$  (SD) στις Προδιαγραφές. Αυτός ο αριθμός συμπεριλαμβάνεται σε κάθε ανώτερο μήνυμα στρώματος, και αλλάζει για κάθε νέο μήνυμα. Δεδομένου ότι τα μηνύματα στέλνονται και αναγνωρίστηκαν ένα κάθε φορά (μέγεθος παραθύρων 1), αυτό το σχέδιο είναι αρκετό για την υποδομή να ανιχνεύσει το διπλασιασμό. Όταν λαμβάνει δύο διαδοχικά μηνύματα με το ίδιο  $v$  (SD), απορρίπτει αυτό το δεύτερο. Αυτή η αποστολή εκτελείται από το επίπεδο RR, αλλά όχι στο BSC. Είναι ένας από τους στόχους του MSC , όποιος είναι ο προορισμός των μηνυμάτων ανώτερων στρωμάτων που στέλνονται από τον κινητό σταθμό. Ο λόγος για τον οποίο δεν μπορεί να εκτελεσθεί μέσα στο BSC είναι ότι

πρέπει να γίνει σε ένα σημείο που παραμένει σταθερό όταν αλλάζει η αλυσίδα μετάδοσης, και ο αναγνώστης θα υπενθυμίσει ότι ο μόνο σταθερό κομμάτι μιας RR-συνόδου βρίσκεται στο MSC.

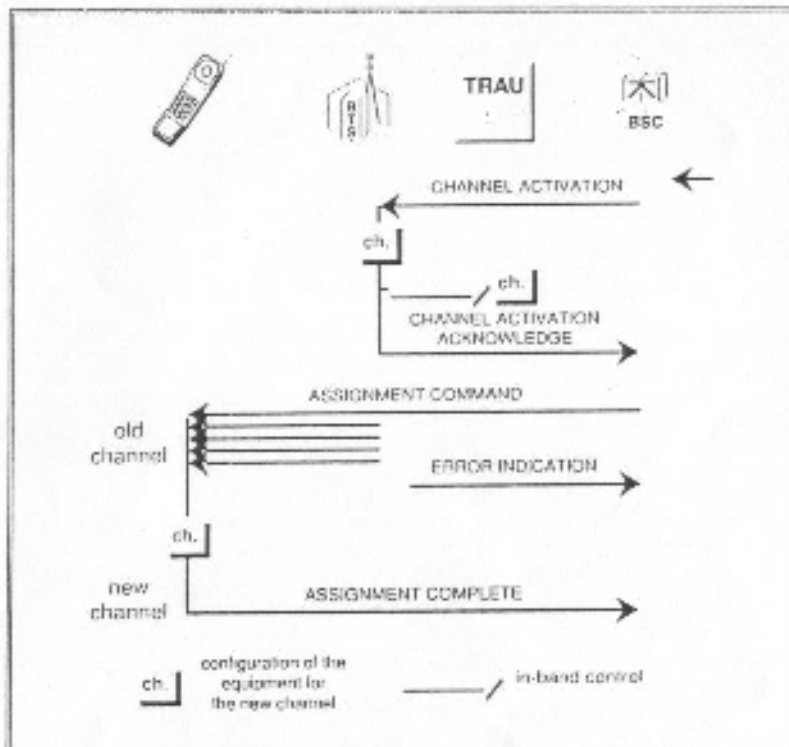
### ***Η αλλαγή της κατάστασης κρυπτογράφησης***

Κατά τη διάρκεια της διάρκειας ζωής μιας RR-συνόδου, η κατάσταση κρυπτογράφησης μπορεί να αλλάξει στην ραδιοφωνική διεπαφή. Αυτή η διαδικασία δεν είναι καθ' όλα εύκολη. Όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 4, η κατάσταση κρυπτογράφησης εφαρμόζεται σε όλες τις διαβιβασθείσες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων των μηνυμάτων σηματοδότησης. Κατά συνέπεια, μια αλλαγή στην κατάσταση κρυπτογράφησης συνεπάγεται ένα σπάσιμο σήματος, με μια πιθανότητα της απώλειας μηνυμάτων.

Στην περίπτωση της διαδοχικής ανάθεσης και της παράδοσης, το πρόβλημα που προκύπτει από το σπάσιμο σήματος λύνεται μέσω μιας πλήρους αποκατάστασης του σήματος σύνδεσης. Αυτό είναι απόδειξη ενάντια στην απώλεια κλήσης μόνο επειδή και τα παλαιά και αυτά τα νέα κανάλια είναι διαθέσιμα κατά τη διάρκεια της κρίσιμης περιόδου, επιτρέποντας κατά συνέπεια την επιστροφή στο παλιό κανάλι σε περίπτωση προβλημάτων στο νέο. Στην περίπτωση μιας αλλαγής στην κατάσταση κρυπτογράφησης, θα είναι πολύ δαπανηρό να απαιτηθεί από το BTS να εκτελέσει την υποδοχή και στους δύο τρόπους (κρυπτογράφησης και μη-κρυπτογράφησης) ταυτόχρονα, και μια διαφορετική λύση υιοθετήθηκε. Αποτελείται από τη διαίρεση της διαδικασίας σε τρία βήματα αντί δύο:

- Βήμα 1: Το BTS διαμορφώνεται για να διαβιβάσει σύμφωνα με τον παλιό τρόπο, και λαμβάνει σύμφωνα με το νέο τρόπο:
- βήμα 2: Ο κινητός σταθμός διαμορφώνεται στο μέγιστο (μετάδοση και υποδοχή)
- βήμα 3: Το BTS διαμορφώνεται στον πλήρη νέο τρόπο.





Σχήμα 6.27 - Αλλαγή κατάστασης κρυπτογράφησης: τα 3 βήματα

Για να μπορέσουμε να αντιμετωπίσουμε μια διακοπή στην ένωση σηματοδότησης όταν μια αλλαγή της κατάστασης κρυπτογράφησης συμβεί, η διαδικασία χωρίζεται σε τρία βήματα έτσι ώστε μόνο μια κατεύθυνση της μετάδοσης να είναι σε κρίσιμη κατάσταση σε κάθε μετάβαση. Το παράδειγμα δείχνει μια μετάβαση από καθαρό κείμενο σε κατάσταση κρυπτογράφησης

Μπορεί να γίνει αποδεκτό ότι τα βήματα 1 και 2 είναι αντίστροφα, αλλά αυτό οδηγεί σε μια αυξανόμενη πιθανότητα απώλειας πλαισίων, δεδομένου ότι σε αυτήν την περίπτωση και uplink και downlink μηνύματα θα χάνονταν μεταξύ του βήματος 1 και του βήματος 2, εκτιμώντας ότι μόνο τα μηνύματα downlink χάνονται σε εκείνη την φάση με τη δεδομένη διαταγή.

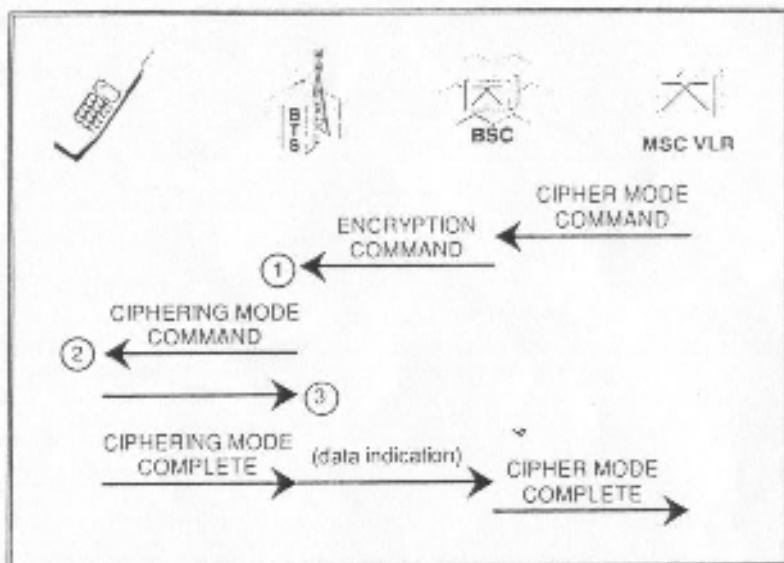
Η κρίσιμη περίοδος είναι χωρισμένη σε δύο με έναν τέτοιο μηχανισμό. Από το πρώτο στο δεύτερο βήμα, από το BTS στο MS η μετάδοση λειτουργεί κανονικά, αλλά όχι και προς στην άλλη κατεύθυνση. Αυτό είναι ικανοποιητικό για ένα μήνυμα downlink που προκαλεί το βήμα 2 να επαναλαμβάνεται αρκετές φορές από την υποδομή, μέχρι να ληφθεί. Ομοίως, από το βήμα 2 στο βήμα 3, μόνο το MS στο BTS μεταδίδεται σωστά. Αλλά είναι ικανοποιητικό να επαναλαμβάνεται το uplink μήνυμα αναγνώρισης που απαιτείται μετά το δεύτερο βήμα, για να προκαλέσουν το βήμα 3.

Δεν κάνει σε καμία περίπτωση μια ενιαία απώλεια μηνυμάτων να διακινδυνεύσει ολόκληρη τη σύνδεση.

Η διαδικασία, που παρουσιάζεται στο σχήμα 1.27, εξαρτάται πολύ από τους μηχανισμούς στρώματος συνδέσεων, δηλαδή στην επανάληψη των μηνυμάτων μετά από μια δεδομένη περίοδο διαλείμματος, ελλείπει μιας αναγνώρισης από την άλλη πλευρά. Αν και μη προφανές, μπορεί να παρουσιαστεί μέσω μιας προσεκτικής μελέτης, ότι ακόμη και με ένα μέγεθος παραθύρων μεγαλύτερο από 1, ή/και μηνύματα που περιμένουν να σταλούν από την κινητή πλευρά σταθμών, η διαδικασία ολοκληρώνει σωστά ακόμα κι αν οι όροι ασύρματης λήψης δεν είναι τέλειοι. Ακόμα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι η διαδικασία αλλαγής τρόπου κρυπτογράφησης μπορεί από να προκαλέσει την απώλεια ενός πλαισίου, και η μετάδοση είναι επομένως περιθωριακά πιο ευαίσθητη στα λάθη στον χρόνο μιας αλλαγής τρόπου κρυπτογράφησης.

Λόγω της ισχυρής απαίτησης στην βάση των τριών βημάτων που απαριθμούνται ανωτέρω, και επειδή η κρυπτογράφηση εφαρμόζεται από το BTS από την πλευρά της υποδομής, η διαδικασία δεν ρυθμίζεται από το BSC, αλλά από το BTS. Το BSC διαβιβάζει μια ενιαία διαταγή στο BTS, που τρέχει έπειτα τη διαδικασία, συμπεριλαμβανομένης της διαμόρφωσής καθώς επίσης και αυτής για τον κινητό σταθμό. Στην πραγματικότητα, η απόφαση να αλλαχτεί ο τρόπος κρυπτογράφησης λαμβάνεται από το MSC, και οδηγεί σε έναν καταρράκτη μηνυμάτων από το MSC στο BSC έπειτα από BSC στο BTS, και τελικά από BTS στα MS στην διεπαφή ασύρματης λήψης. Ολόκληρη η αλυσίδα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.28.

Το μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ BSSMAP δείχνει το νέο ζητούμενη κατάσταση. Αφού έχουν εξαχθεί οι νέοι παραμέτρων από αυτό το μήνυμα, το BSC χτίζει ένα μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RIL3-RR που στοχεύει στον κινητό σταθμό και εμπεριέχει μέσα του ένα μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RSM που στέλνεται στο BTS.



Σχήμα 1.28 - Η κατάσταση κρυπτογράφησης θέτει διαδικασία

Αυτή η διαδικασία αρχικοποιείται από το MSC, αλλά η διαχείριση του συγχρονισμού γίνεται από το BTS, το οποίο είναι υπεύθυνο για την κρυπτογράφηση/απόκρυπτογράφηση η γκρίζα περιοχή αντιστοιχεί σε αυτήν την διαχείριση, όπως διακρίνεται στο σχήμα

Το BTS τότε διαμορφώνει την υποδοχή της στη νέα κατάσταση και στέλνει το συμπυκνωμένο μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RIL3-RR στον κινητό σταθμό χρησιμοποιώντας την παλαιά κατάσταση. Κατά τη λήψη του, κινητός τη σταθμός θέτει τη διαμόρφωσή του στη νέα κατάσταση και βάζει ένα μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RIL3-RR σειρά αναμονής για αποστολή. Αυτό το μήνυμα δεν είναι απαραίτητως το πρώτο που στέλνεται στη νέα κατάσταση, επειδή ένα άλλο μπορεί να είναι εκεί, και το μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RIL3-RR δεν έχει καμία ιδιαίτερη προτεραιότητα. Ο κύριος λόγος για την ύπαρξη αυτού του μηνύματος αναγνώρισης είναι να εξασφαλιστεί ότι τουλάχιστον ένα μήνυμα στρώματος 3 στέλνεται αυτήν τη στιγμή, προκειμένου να προκληθεί η μετατροπή στη νέα κατάσταση στο BTS. Είναι κατά τη λήψη οποιουδήποτε σωστά αποκωδικοποιημένου μηνύματος (στη νέα κατάσταση), το οποίο υπονοεί ότι ο κινητός σταθμός πράγματι σωστά έχει μεταπηδήσει στη νέα κατάσταση, την οποία το BTS μεταστρέφει πλήρως στη νέα κατάσταση. Είτε έπειτα είτε κατόπιν, το μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RIL3-RR διαβιβάζεται στο BSC, το οποίο το

μεταφράζει σε ένα μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ BSSMAP για να δείξει στο MSC ότι το αίτημά του έχει εκπληρωθεί.

Η περίπτωση όταν απαιτεί το MSC μία νέα κατάσταση που είναι ήδη αυτό σε ισχύ δεν έχει εξεταστεί. Αυτή η παράλειψη είναι σκόπιμη, δεδομένου ότι σε αυτήν την περίπτωση οι Προδιαγραφές επιβάλλουν ότι ολόκληρη η διαδικασία οργανώνεται οπωσδήποτε. Αυτή η απαίτηση προέρχεται από τη δεύτερη έννοια του μηνύματος ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ RIL3-RR, το οποίο χρησιμοποιείται για να αναγνωρίσει ένα ΑΙΤΗΜΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ CM RIL3-RR (αυτό θα εξηγηθεί στο κεφάλαιο 7). Η εντολή διαδικασίας κρυπτογράφησης έπειτα για να κυριολεκτήσουμε και όχι μόνο διαδίδεται πέρα από το στρώμα RR και το στρώμα συνδέσεων, αλλά και στο στρώμα MM.

Δεν είναι δυνατό να αλλαχτεί η κατάσταση κρυπτογράφησης κατά τον αλλαγή του καναλιού (ανάθεση ή παράδοση) για ασαφείς λόγους (οι πιο πρόσφατες φάσεις μπορούν πράγματι να αφαιρέσουν αυτό τον περιορισμό!). Ένας κινητός σταθμός που αναπτύσσεται σύμφωνα με τη φάση I τις προδιαγραφές πρέπει να εφαρμόσει την ίδια κατάσταση κρυπτογράφησης στο νέο κανάλι όπως χρησιμοποιήθηκε στο προηγούμενο, και αυτή η κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα σε περίπτωση σύγκρουσης μεταξύ μιας μεταφοράς καναλιών και μιας αλλαγής της κατάστασης κρυπτογράφησης. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοια προβλήματα, μια διαδοχική προσέγγιση μεταξύ αυτών των δύο διαδικασιών πρέπει να επιδιωχθεί από το BSC.

### ***Ασυνεχείς τρόποι μετάδοσης***

Οι Προδιαγραφές δεν δείχνουν σαφώς εάν επιτρέπεται η αλλαγή στους ασυνεχείς τρόπους μετάδοσης κατά τη διάρκεια ζωής μιας RR-σύνδεσης. Η ανάγκη μπορεί να προσδιοριστεί, τουλάχιστον για τον ασυνεχή τρόπο μετάδοσης downlink, δεδομένου ότι αυτός ο τρόπος μπορεί να εξαρτηθεί από τον ανταποκριτή και μια ενιαία RR-σύννοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες επικοινωνίες στη διαδοχή. Πρέπει να σημειωθεί ως προκαταρκτική παρατήρηση ότι δεν υπάρχει καμία ανάγκη για το δέκτη να είναι γνωστή εκ των προτέρων εάν ο αποστολέας εφαρμόζει την ασυνεχή

μετάδοση ή όχι. Επομένως, καμία συγκεκριμένη διαδικασία δεν απαιτείται για την ένδειξη του

ασυνεχούς τρόπου μετάδοσης downlink συνδέσεων στον κινητό σταθμό ή του uplink ασυνεχούς τρόπου μετάδοσης στις συσκευές μετάδοσης υποδομής. Τα μέσα υπάρχουν για τις άλλες περιπτώσεις, και θα περιγραφεί τώρα.

Όσον αφορά στον ασυνεχή τρόπο μετάδοσης downlink, πρέπει να είναι διαταγμένη σύνδεση από τη σύνδεση από το MSC στο BSC, το οποίο διαμορφώνει το BTS, και το ίδιο που διαμορφώνει το TRAU. Πρέπει να υπενθυμιστεί σε αυτή τη φάση ότι, στη πλευρά διαβίβασης, η ασυνεχής μετάδοση όχι μόνο οδηγεί σε μερικά πλαίσια που δεν στέλνονται, αλλά τροποποιεί επίσης τον αλγόριθμο λεκτικής κωδικοποίησης (π.χ., η αποστολή των πλαισίων θορύβου άνεσης γίνεται μόνο στον ασυνεχή τρόπο μετάδοσης)!"Η αρχική εντολή εκδίδεται μέσω ενός ασυνεχούς δείκτη μετάδοσης downlink που περιλαμβάνεται στα μηνύματα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του βασικού τρόπου μετάδοσης από το MSC (ΑΙΤΗΜΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ BSSMAP) και για την ενεργοποίηση καναλιών προς το BTS (ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RSM). Το TRAU, στη συνέχεια, διαμορφώνεται μέσω ενός in-band δείκτη που τίθεται από το BTS. Τα μέσα να αλλαχτεί ο ασυνεχής τρόπος μετάδοσης downlink σε μια καθιερωμένη RR-σύνδεση υπάρχουν επίσης, δεδομένου ότι ο ίδιος δείκτης συμπεριλαμβάνεται επίσης στον ΤΡΟΠΟ RSM ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ το ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ. Εκτός αυτού, (μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ BSSMAP μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το MSC για να προκαλέσει μια ασυνεχή αλλαγή τρόπου μετάδοσης από την πλευρά υποδομής. Όπως αναφέρεται ήδη, ο κινητός σταθμός δεν χρειάζεται να προειδοποιηθεί για μια τέτοια αλλαγή, και καμία διαδικασία δεν έχει καθοριστεί στο διεπαφή ασύρματης λήψης για αυτόν το λόγο.

Ο κινητός σταθμός μπορεί να διαταχτεί για να χρησιμοποιήσει τον ασυνεχή τρόπο μετάδοσης στη uplink κατεύθυνση ως επιλογή κυττάρων. Αυτή η άποψη είναι σύμφωνη με την εκτίμηση της ασυνεχούς μετάδοσης ως μέσο να βελτιωθεί η φασματική αποδοτικότητα, αλλά δεν λαμβάνει υπόψη τους κινητές σταθμούς ή τις συνδέσεις σε μεμονωμένο επίπεδο. Οι επιλογές κυττάρων είναι τακτικά μεταδιδόμενες στο BCCH για τους κινητούς σταθμούς στη μη απασχόλησης κατάσταση, και είναι μέρος επίσης των γενικών πληροφοριών που στέλνονται στους κινητούς σταθμούς επάνω στο sacch όταν είναι στην δεσμευμένη κατάσταση. Ο uplink ασυνεχής τρόπος μετάδοσης θα μπορούσε έτσι εκ πρώτης όψεως αυτός να

θέσει σε μια βάση σύνδεσης με αυτήν την αργή σηματοδότηση , και αλλαγμένος με τον ίδιο τρόπο. Εντούτοις, η προδιαγραφή του πρωτοκόλλου RSM απαιτεί να θέσει τα μηνύματα γενικών πληροφοριών που στέλνονται sacch σε μια συσκευή αποστολής σημάτων/βάση δεκτών (TRX). Αυτό πολυδιατηρημένο των πραγμάτων είναι ακόμα πιο συγκεκριμένο λόγω της παρουσίας ενός uplink ασυνεχούς δείκτη μετάδοσης (εκτός από την downlink) στις πληροφορίες ΤΡΟΠΟΥ ΚΑΝΑΛΙΩΝ, που περιλαμβάνεται στα μηνύματα για τη διαχείριση του βασικού τρόπου μετάδοσης μεταξύ BSC και BTS. Το BTS δεν έχει καμία ανάγκη να ξέρει εάν uplink η ασυνεχής μετάδοση χρησιμοποιείται ή όχι μια πιθανή αιτιολόγηση για την παρουσία αυτού του δείκτη θα βρισκόταν για να ρωτήσει ότι το BTS για να τροποποιήσει τις ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ 6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR αυτό στέλνει στον ενδιαφερόμενο κινητό σταθμό. Ένα σημείο ενάντια σε αυτήν την ερμηνεία είναι ότι οι πληροφορίες στον ΤΥΠΟ 6 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ μήνυμα έχουν τρεις τιμές (DTX πρέπει να εφαρμοστεί, δεν πρέπει να εφαρμοστεί ή μπορεί να εφαρμοστεί), εκτιμώντας ότι οι πληροφορίες στις πληροφορίες ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ έχουν δύο τιμές.

### **Εκτέλεση Παράδοσης**

Η διαδικασία εκτέλεσης παράδοσης ενεργοποιεί το δίκτυο να δώσει εντολή σε ένα κινητό σταθμό σε κατάσταση αφοσίωσης σε πάει σε κάποιο άλλο κανάλι σε άλλο κύτταρο. Η διαδικασία εκτέλεσης παράδοσης είναι πολύ κοντά στην διαδικασία διαδοχικής ανάθεσης. Η θεμελιώδης διαφορά είναι η αλλαγή του κυττάρου. Η διαδικασία εκτέλεσης παράδοσης διαφέρει κυρίως από την διαδικασία διαδοχικής ανάθεσης από την διαχείριση προόδου συγχρονισμού, από την ανάγκη να μεταδώσει μερικά δεδομένα συγκεκριμένα στο νέο κύτταρο, και με λίγους περιορισμούς.

Βασικά η διαδικασία έχει σχεδιαστεί να μην δεσμεύει τον τύπο ή την κατάσταση του νέου καναλιού. Όσο για την διαδικασία ανάθεσης, ο τύπος και η κατάσταση του καναλιού πριν την παράδοση, η ο τύπος και η διαδικασία μετά την παράδοση μπορεί να είναι οτιδήποτε. Η σχεδόν... Εάν η ενδεικτική τιμή του μετρητή T3124 ( ένας μετρητής που χρησιμοποιείται από τον κινητό σταθμό σαν υποστήριξη στην παράδοση μεταξύ ασυγχρόνιστων κυττάρων) όπως καθορίζεται από το TS GSM

04.08, εφαρμόζεται από τους κινητούς σταθμούς σε όλες τις περιπτώσεις, η παράδοση προς ένα TACH/8 δεν τρέχει πάντα σωστά συνεπώς δεν αποτελεί μέρος των απαιτήσεων ελέγχου για την έγκριση του τύπου της φάσης I των κινητών σταθμών. Αυτό θα διορθωθεί στην φάση 2. Όμως ακόμα και έτσι μια παράδοση μεταξύ TACH/8 προς ένα TACH/F είναι δυνατή. Αυτό έχει κάποια εφαρμογή. Όταν μια σύνδεση καθιερώνεται, το κύτταρο έχει δεσμευθεί από τον κινητό σταθμό. Ενώ βρίσκεται σε κατάσταση σύνδεσης, το κύτταρο επιλέγεται από το δίκτυο. Οι δύο αλγόριθμοι επιλογής κυττάρων είναι διαφορετικοί, και για αυτό το λόγο μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα σε αρκετές περιπτώσεις. Όταν συμβαίνει αυτό, και το αρχικό κανάλι είναι ένα TACH/8 δεδομένου ότι κανάλι που απαιτείται είναι ένα TACH/F, μια παράδοση απευθείας από το TACH/8 στο TACH/F στο σωστό κύτταρο είναι γρηγορότερο από να εκτελέσει μια διαδοχική ανάθεση πρώτα, και μια παράδοση μετά. Αυτός ο τρόπος διαδικασιών ονομάζεται “κατευθυνόμενη επανάληψη” ( από το όνομα μιας εφάμιλλης διαδικασίας στα αναλογικά δίκτυα), και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις συμφόρησης.

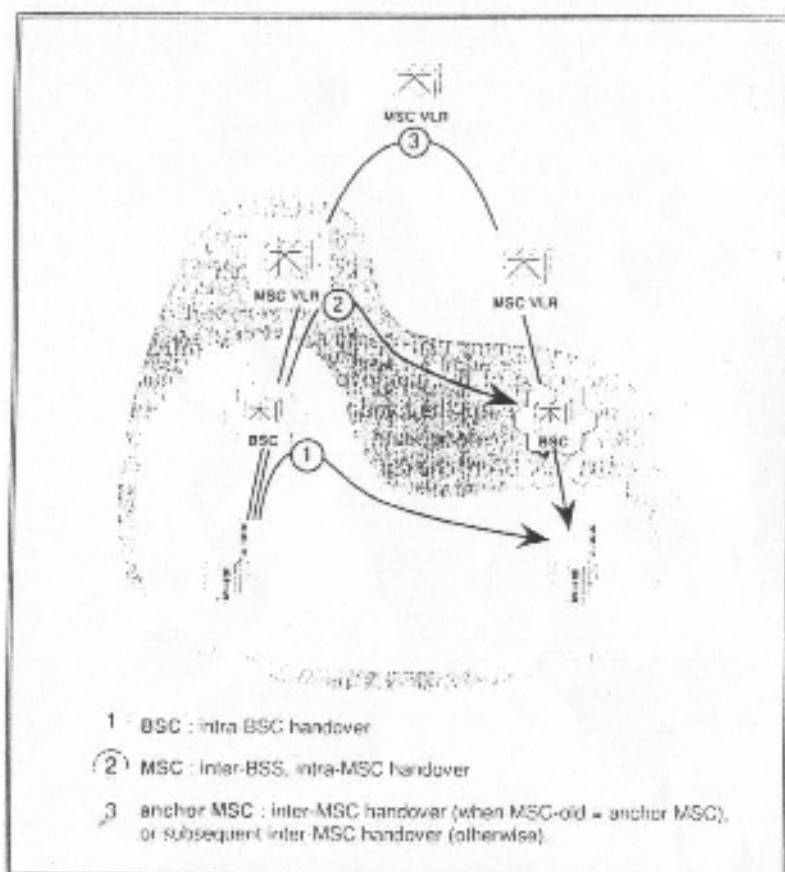
Η διαδικασία παράδοσης μπορεί να εκτελεστεί για διαφορετικούς λόγους, που εξηγούνται μέσα στο πεδίο δράσης της λειτουργίας προετοιμασίας παράδοσης. Αλλά σε όλες τις περιπτώσεις, η απόφαση για να επιχειρήσει ένας δοσμένος κινητός σταθμός μια παράδοση παίρνεται από το BSC. Μόλις γίνει αυτό, και μόλις το καινούργιο κύτταρο ( ή μια λίστα από υποψήφια καινούργια κύτταρα) έχει επιλεγεί, η ακριβής μεταφορά πρέπει να συντονιστεί μεταξύ του κινητού σταθμού και της μηχανής που διοικεί το παλιό κύτταρο (BTS-παλιό) και του νέου κυττάρου (BTS-καινούργιο).

Η διαδικασία παράδοσης έρχεται σε διάφορες παραλλαγές, σύμφωνα με δύο κύρια κριτήρια.

Το πρώτο κριτήριο σχετίζεται με θέμα της προόδου συγχρονισμού, και έχει επίπτωση μόνο στο μέρος “εισόδου” της διαδικασίας ράδιο διεπαφή μεταξύ του κινητού σταθμού και του BTS-καινούργιο. Όπως εκφράστηκε στην λειτουργική περιγραφή η διαχείριση της προόδου συγχρονισμού (βλέπε σελίδα βιβλίου 346), δύο περιπτώσεις μπορεί να διαχωριστούν:

- ο κινητός σταθμός είναι ικανός να υπολογίσει την νέα πρόοδο συγχρονισμού ( που θα εφαρμοστεί στο BTS-καινούργιο), επειδή τα παλιά και τα νέα κύτταρα είναι συγχρονισμένα (σύγχρονη παράδοση)
- η πρόδος συγχρονισμού πρέπει να αρχικοποιηθεί και στον κινητό σταθμό στο BTS-καινούργιο κατά την διάρκεια της διαδικασίας παράδοσης (ασυγχρόνη παράδοση).

Με κάποιο τρόπο, η διαδικασία διαδοχικής ανάθεσης μπορεί να θεωρηθεί σαν μια τρίτη περίπτωση, όπου η πρόδος συγχρονισμού δεν αλλάζει.



Σχήμα 1.29 - Θέση σημείου αλλαγής κατά την παράδοση

Το σημείο αλλαγής εξαρτάται από την σχετική θέση στην ιεραρχία της υποδομής του BSC που ελέγχει τα δύο κύτταρα. Σε όλες τις περιπτώσεις το MSC αναφοράς παραμένει απασχολημένο στην διαδρομή μετάδοσης, και εκεί μπορεί να είναι μόνο ένα άλλο MSC στην διαδρομή



Το δεύτερο κριτήριο αφορά την τοποθεσία του σημείου αλλαγής στην υποδομή. Αυτή η τοποθεσία έχει βαριά επίπτωση στις διαδικασίες που θα χρησιμοποιηθούν μεταξύ των οντοτήτων της υποδομής· η διαδικασία στο ράδιο κανάλι δεν επηρεάζεται τόσο πολύ, εκτός εάν διαχωρίσουμε την ειδική περίπτωση της παράδοσης ενδιάμεσου-κυττάρου η οποία είναι η ίδια διαδικασία όπως η διαδοχική ανάθεση καναλιών. Για να περιγράψουμε κατάλληλα τις διαφορετικές περιπτώσεις, η κατάληξη παλιό θα αναφέρεται σε όλες τις λειτουργικές οντότητες κατά μήκος της διαδρομής μετάδοσης πριν την παράδοση, και το “καινούργιο” θα χρησιμοποιείται για την διαδρομή μετά την παράδοση. BTS-παλιό, BTC-παλιό, και (διακομιστής) MSC-παλιό αναπαριστούν τις μηχανές που ελέγχουν το παλιό κύτταρο, και BTS-καινούργιο, BSC-καινούργιο, και (διακομιστής) MSC-καινούργιο τις μηχανές που ελέγχουν το καινούργιο κύτταρο. Μπορεί να συμβεί ότι το BSC-παλιό =BSC-καινούργιο, ή MSC-παλιό=MSC-καινούργιο. Όσον αφορά το ηλεκτρονόμων MSC, πρέπει να ξαναειπωθεί ότι το MSC αναφοράς, που αρχικά καθιερώθηκε από την RR-σύνοδο, πρέπει να είναι το ίδιο όπως το MSC-παλιό ή το MSC-καινούργιο, η και τα δύο, αλλά μπορεί να είναι και διαφορετικά. Εάν η κλήση πηγαίνει ήδη και από τα δυο MSC, το αναφοράς MSC και το MSC-παλιό είναι διακριτά. Εάν μια παράδοση είναι αναγκαία προς ένα κύτταρο καινούργιου MSC διαφορετικού από ότι το MSC-παλιό, το σημείο αλλαγής είναι το MSC αναφοράς. Το διάγραμμα 1.29 δείχνει την πιο περίπλοκη περίπτωση, όταν όλες οι οντότητες είναι φυσικά διακριτές.

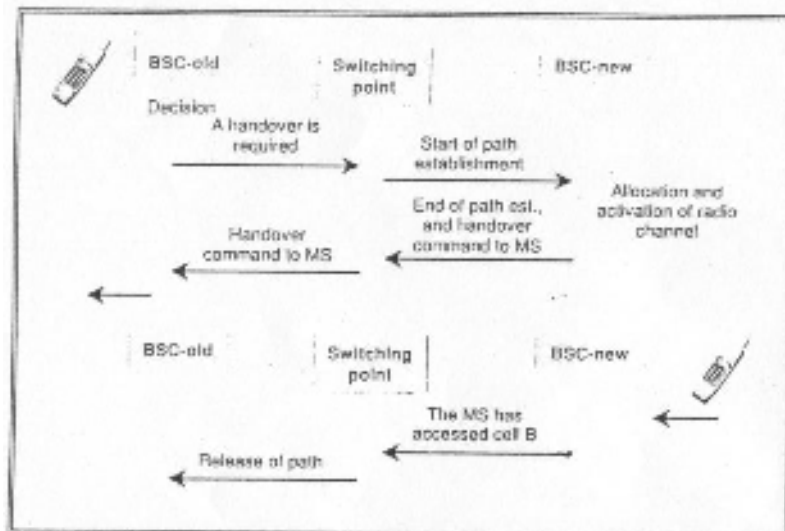
Είτε σύγχρονη είτε ασύγχρονη, είτε διαμοιραζόμενο είτε ενδιάμεσο MSC, και είτε διαμοιραζόμενο είτε ενδιάμεσο BSC, η εκτέλεση μιας παράδοσης είναι σύνθετη και στις δύο φάσεις:

- στην πρώτη φάση, BTC-παλιό πυροδοτεί μια ομάδα από γεγονότα με σκοπό την καθιέρωση μιας μελλοντικής διαδρομής επικοινωνίας. Μόλις γίνει αυτό, αυτή η φάση τερματίζεται με την αποστολή μιας εντολής παράδοσης στον κινητό σταθμό.
- Στην δεύτερη περίπτωση, ο κινητός σταθμός προσπελαύνει το νέο κανάλι. Αυτή η πρόσβαση πυροδοτεί την αλλαγή των διαδρομών στην υποδομή, και την αποδέσμευση της παλιάς διαδρομής.

### ***Το στήσιμο της Νέας Διαδρομής***

Μόλις η απόφαση για παράδοση πάνω σε μία δοσμένη επικοινωνία έχει παρθεί από το BSC-παλιό, αυτό πρέπει να αναφερθεί στο σημείο αλλαγής. Το τελευταίο πρέπει με την σειρά του να καθιερώσει τους επίγειους πόρους, εάν είναι αναγκαίο, μέχρι το BSC-καινούργιο, ένα σήμα σε αυτό για να προσδιορίσει ένα ράδιο πόρο και γενικώς να παρέχει σε όλες τις εμπλεκόμενες μηχανές την πληροφορία που χρειάζονται για την παράδοση και την μέλλουσα διαχείριση της σύνδεσης. Αυτή η πληροφορία περιλαμβάνει:

6. η κατάσταση μετάδοσης, που χρησιμοποιείται για να διαλέξει και να διαμορφώσει την διαδρομή μετάδοσης με κατάλληλο τρόπο, συμπεριλαμβανομένου και του ράδιο καναλιού.
7. η κατάσταση κρυπτογράφησης.
8. η ταυτότητα του αρχικού κυττάρου, που χρησιμοποιείται για το αν η παράδοση μπορεί να γίνει με σύγχρονο ή ασύγχρονο τρόπο.
9. το classmark κινητού σταθμού, που χρησιμοποιείται για την μελλοντική διαχείριση της σύνδεσης.



Σχήμα 1.30 - Ακολουθία εκτέλεσης παράδοσης

Μόλις η απόφαση για παράδοση έχει παρθεί, η ετοιμασία της νέας διαδρομής αναπτύσσεται σε τέσσερα βήματα για να ετοιμαστεί η πρόσβαση σε ένα κινητό σταθμό

Μόλις το BSC-καινούργιο έχει λάβει γνώση όλων αυτών των πληροφοριών, είναι σε θέση να προσδιορίσει το νέο κανάλι, να χτίσει το μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR και να το μεταδώσει στο σημείο αλλαγής, το οποίο με την σειρά του θα το μεταφέρει στο κινητό σταθμό από την παλιά διαδρομή, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.30. Ας μελετήσουμε αυτά τα βήματα και τις σχετικές παραλλαγές με λεπτομέρεια.

*Από το BSC-παλιό στο σημείο αλλαγής*

Ο σκοπός αυτής της συνδιαλλαγής είναι η μετάδοση της πληροφορίας ότι μία παράδοση είναι αναγκαία, και στην συνέχεια πιο κύτταρο ( ή κυτταρα). Οι διαφορετικές περιπτώσεις εξαρτώνται από την φύση του σημείου αλλαγής (βλέπε διάγραμμα 1.31):

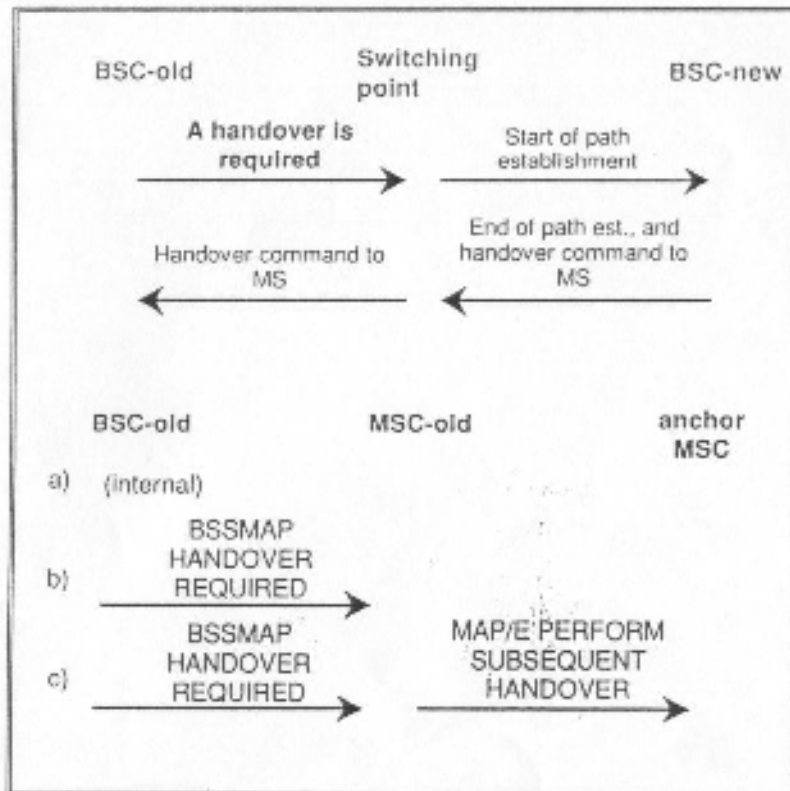
α. BSC-παλιό είναι το σημείο αλλαγής (BSC-παλιό =BSC-καινούργιο):

αυτό το βήμα είναι εσωτερικό και δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα.

β. MSC-παλιό είναι το σημείο αλλαγής (BSC-παλιό  $\neq$  BSC-καινούργιο, MSC-παλιό=MSC-καινούργιο ):

σε όλες τις περιπτώσεις όπου το κύτταρο-στόχος δεν είναι υπό έλεγχο, το BSC-παλιό στέλνει ένα μήνυμα ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP στο MSC-παλιό που περιέχει τις ταυτότητες των κυττάρων-στόχων και του αρχικού κυττάρου.

γ. Το MSC αναφοράς είναι το σημείο αλλαγής, και διαφέρει από το MSC-παλιό:



Σχήμα 1.31 - Η απαίτηση για παράδοση από το BSC σημείο αλλαγής

Όταν είναι εφαρμόσιμο (εξαρτάται από την σχετική θέση του σημείου αλλαγής) το μήνυμα απαίτησης παράδοσης BSSMAP μπορεί να ακολουθηθεί από ένα μήνυμα διαδοχικής εκτέλεσης παράδοσης.

Η συμπεριφορά του BSC-παλιού είναι η ίδια όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, αλλά η συμπεριφορά του MSC-παλιό όταν δέχεται το μήνυμα ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP προς το MSC αναφοράς είναι διαφορετική. Μεταφράζει το μήνυμα σε μήνυμα ΕΚΠΛΗΡΩΣΗΣ ΔΙΑΔΟΧΙΚΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ MAP/E προς το MSC αναφοράς. Και τα δύο μηνύματα έχουν παρόμοιο περιεχόμενο.

#### *Από το Σημείο Αλλαγής στο BSC-καινούργιο*

Ο σκοπός αυτού του βήματος είναι να καθιερώσει την διαδρομή σηματοδότησης μεταξύ του σημείου αλλαγής και του BSC-καινούργιου, να προετοιμάσει για την καθιέρωση του κυκλώματος εάν είναι αναγκαίο και να παρέχει τις μηχανές κατά την νέα διαδρομή με όλες τις αναγκαίες πληροφορίες. Τα αποτελέσματα αυτού του

σταδίου εξαρτώνται από την σχετική θέση του σημείου αλλαγής και του BSC-καινούργιου, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.32:

α. BSC-καινούργιο είναι το σημείο αλλαγής (BSC-παλιό =BSC-καινούργιο):

αυτό το βήμα είναι εσωτερικό. Το BSC είναι ενημερωμένο για όλες τις σχετικές πληροφορίες αφού ήδη διαχειρίζεται το υπάρχον περιεχόμενο της σύνδεσης. Κανένα επίγειο κύκλωμα δεν χρειάζεται να προσδιοριστεί εκτός από το κύκλωμα Abis διασυνδεδεμένο με το νέο ράδιο κανάλι.

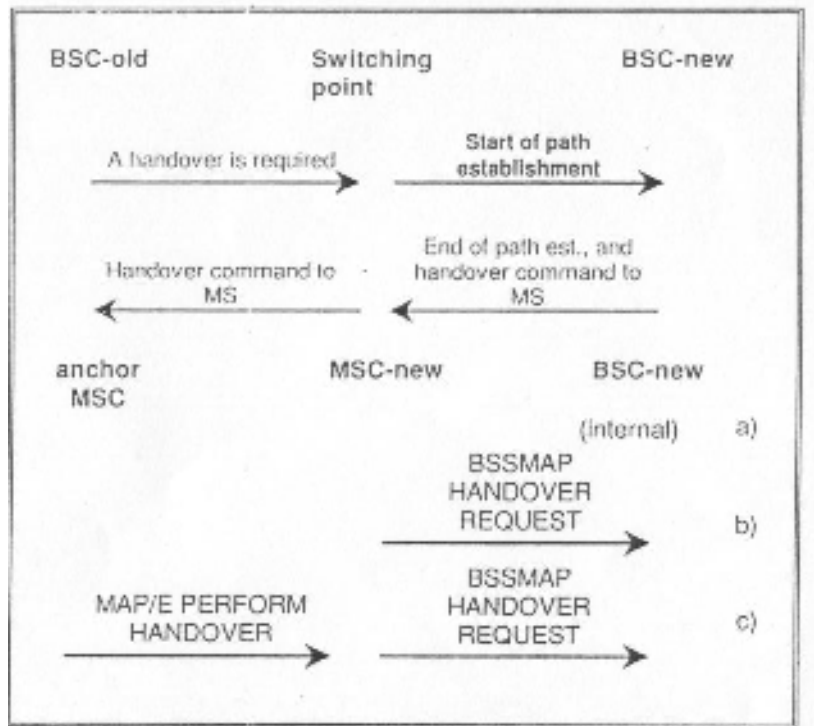
β. MSC-καινούργιο είναι το σημείο αλλαγής (BSC-παλιό  $\neq$  BSC-καινούργιο, MSC-παλιό=MSC-καινούργιο):

Όταν λαμβάνει την ένδειξη ότι ζητείται μια παράδοση, Το MSC-καινούργιο καθιερώνει μια σύνδεση SCCP προς ένα BSC-καινούργιο. Αυτή η σύνδεση θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της ζωής του καινούργιου RR-σύνδεσης. Το MSC-καινούργιο τότε εκπέμπει ένα μήνυμα ΑΠΑΙΤΗΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP στο BSC-καινούργιο, που εμπεριέχει την πληροφορία στα κύτταρα( και το αρχικό και το κύτταρο-στόχος), η κατάσταση μετάδοσης ( που απορρέει από τις τωρινές ανάγκες, και γι' αυτό το λόγο μάλλον διαφέρει από τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης που καθιερώθηκε από το παλιό κύτταρο), την κατάσταση κρυπτογράφησης (που πρέπει να είναι το ίδιο όπως στο παλιό κύτταρο, αφού ο κινητός σταθμός θα το υποθέσει), η classmark και τελικά η αναφορά του επίγειου καναλιού μεταξύ MSC-καινούργιου και BSC-καινούργιου εάν χρειαστεί.

γ. Το MSC αναφοράς είναι το σημείο αλλαγής και διαφέρει από το MSC-καινούργιο:

αυτό ανταποκρίνεται σε πιο σύνθετη περίπτωση. Τα καθήκοντα του MSC αναφοράς δεν μπορούν να γίνουν σε ένα βήμα όπως στην προηγούμενη περίπτωση, επειδή η νέα διαδρομή επικοινωνίας μεταξύ του MSC αναφοράς και του BSC-καινούργιου (διαμέσου του MSC-καινούργιου μπορεί να μεταφερθεί διαμέσου PSTN ή ISDN. Οι συνήθεις ενδιάμεσων αλλαγών διαδικασίες πρέπει συνεπώς να χρησιμοποιηθούν, οι οποίες είναι μέρος του TUP ή του ISUP ( ή διεθνών παραλλαγών αυτών). Αυτά τα πρωτοκολλά δεν παρέχουν αυτά τα μέσα ώστε να μεταβιβάσουν τις αντίστοιχες GSM

πληροφορίες. Συνεπώς χρησιμοποιούνται μόνο για την προετοιμασία του κυκλώματος και οι διαδικασίες MAP/E χρησιμοποιούνται για τις συγκεκριμένες ανάγκες των σημάτων παράδοσης.



Σχήμα 1.32 - Ξεκίνημα εγκαθίδρυσης διαδρομής σε μια παράδοση

Η νέα διαδρομή εγκαθιδρύεται εάν είναι εφαρμόσιμο με το κανάλι στην νέα διεπαφή A. Πυροδοτείται από ένα μήνυμα που έρχεται από το MSC αναφοράς. Μόνο σε ένα βήμα το πραγματικό κύκλωμα μεταξύ MSC αναφοράς και του ηλεκτρονόμων (MSC- καινούργιο) θα εγκαθιδρύεται εάν είναι εφαρμόσιμο.

Το MSC αναφοράς παρέχει την απαραίτητη πληροφορία στο MSC-καινούργιο διαμέσου ενός νέου μηνύματος ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ MAP/E όταν το λαμβάνει, το MSC-καινούργιο καθιερώνει μια σύνδεση SCCP με BSC-καινούργιο, προσδιορίζει εάν είναι ανάγκη ένα κύκλωμα στην διεπαφή A και εκπέμπει ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP στο BSC-καινούργιο, που περιέχει την πληροφορία που ελήφθη στο μήνυμα ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ MAP/E, όπως εξηγήθηκε στην περίπτωση β.

## Από το νέο BSC στο Σημείο Αλλαγής

Σε αυτό το σημείο το BSC-καινούργιο πρέπει να προσπαθήσει να προσδιορίσει το ράδιο κανάλι. Αυτή η διαδικασία έχει είτε θετική είτε αρνητική απάντηση. Εκτός και αν είναι διαφορετικά καθορισμένα, ουρά αναμονής θα πρέπει να εφαρμοστεί, γιατί άλλες μηχανές περιμένουν για απάντηση, και οι μετρητές τρέχουν. Αρνητικές περιπτώσεις θα διανεμηθούν περαιτέρω. Όσο για τη περίπτωση της «ευτυχής κατάληξης», όταν ένα κανάλι ενεργοποιείται και η αντίστοιχη συσκευή BTS-καινούργια είναι έτοιμη για να έχει πρόσβαση σε κινητό σταθμό ( μια ανταλλαγή της ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ RSM και της ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ RSM λαμβάνει χώρα στη (νέα) Abis διεπαφή), το BSC-καινούργιο χτίζει ένα μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR και το μεταδίδει στον κινητό σταθμό, διαμέσου του σημείου αλλαγής και των παλαιών πόρων. Θα πρέπει να δειχθεί έμφαση στο ότι το BSC-καινούργιο είναι αυτό που χτίζει αυτό το μήνυμα ( το οποίο τελικά θα σταλεί από το BSC-παλιό), και για αυτό διαλέγει για παράδειγμα εάν η παράδοση θα είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη, διαλέγει την αναφορά παράδοσης, της αρχική ισχύ μετάδοσης του MS. Μάλιστα, κάποιος μπορεί να υποθέσει ότι το BSC-καινούργιο είναι υπεύθυνο για τον κινητό σταθμό από αυτή την στιγμή.

Έτσι ξανά, διαφορετικές περιπτώσεις αναδύονται ανάλογα με τις σχετικές σχέσεις του BSC-καινούργιου και το σημείου αλλαγής, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.33.

α. Το BSC-καινούργιο είναι το σημείο αλλαγής:

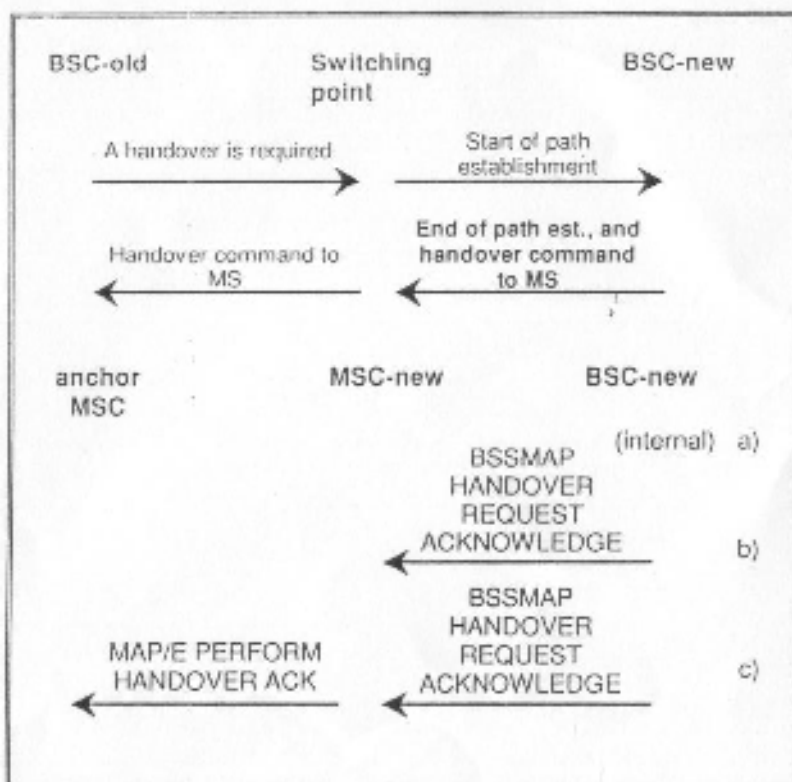
σε αυτό το σημείο, και οι δύο επίγειες διαδρομές ετοιμάζονται, σε σχέση με το παλιό και το καινούργιο BTS.

β. SC-καινούργιο είναι το σημείο αλλαγής:

το BSC-καινούργιο συμπυκνώνει το μήνυμα εντολής παράδοσης ril3-rr σε ένα μήνυμα αιτήματος αναγνώρισης παράδοσης. Τίποτα άλλο δεν είναι ανάγκη να γίνει σε αυτό το στάδιο, αφού η επίγεια διαδρομή είναι πλέον απόλυτα καθορισμένη.

γ. Το MSC- αναφοράς είναι το σημείο αλλαγής, και διαφέρει από το MSC-καινούργιο:

το BSC-καινούργιο ενεργεί στην περίπτωση β πιο πάνω. Όταν λαμβάνει ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP, το MSC-καινούργιο βάζει το μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR που εμπεριέχεται σε ένα νέο φάκελο, το μήνυμα ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ MAP/E. Αυτό το μήνυμα εμπεριέχει έναν αριθμό σαν τηλεφώνου (που παρέχεται από το MSC-καινούργιο) ώστε να επιτρέψει στο MSC- αναφοράς να καθορίσει ένα κύκλωμα διαμέσου του κανονικών μέσων ISUP ή TUP. Αυτός ο αριθμός παράδοσης προσδιορίζεται μόνο για το MSC- αναφοράς ώστε να καθιερώσει το κύκλωμα με το MSC-καινούργιο, και εκτελεί καθήκοντα αναφοράς για το MSC-καινούργιο ώστε να ενώσει το περιεχόμενο με το εισερχόμενο κύκλωμα. Η ίδια MAP/E ανταλλαγή (ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ και το ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ της) εξυπηρετούν δύο σκοπούς παρέχοντας πληροφορίες που χρειάζονται για καθιέρωση κυκλώματος και μεταφορά του μηνύματος ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ, το MSC- αναφοράς είναι ικανό να οργανώσει την επικοινωνία με το MSC-καινούργιο ,διαμέσου π.χ. τα μηνύματα IAM και ACM του ISUP.



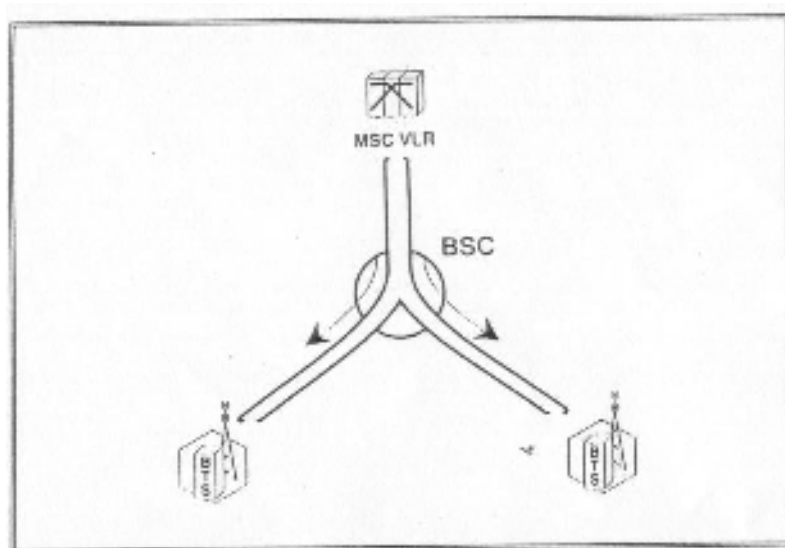
Σχήμα 1.33 - Τέλος εγκαθίδρυσης διαδρομής σε μια παράδοση

Μόλις το BSC-καινούργιο έχει ιδρυθεί σε ένα νέο τηλεπικοινωνιακό κανάλι (και οι αντίστοιχες πηγές στο καινούργιο BTS και στην καινούργια διεπαφή Abis)



αναγνωρίζει το μήνυμα αιτήματος παράδοσης BSSMAP το οποίο πυροδοτεί εάν είναι εφαρμόσιμο την ετοιμασία του κυκλώματος μεταξύ του MSC αναφοράς και του καινούργιου MSC ηλεκτρονόμων όταν το μήνυμα αποτέλεσμα εκτέλεσης παράδοσης MAP/E έχει παραδοθεί

Σε εξάρτηση με τις επιλογές που υλοποιούνται για την μηχανή αλλαγής, οι διαδρομές μπορεί να είναι σε αυτό το στάδιο ενωμένες με μία αμφίδρομη γέφυρα συνδιάσκεψης, με μία μονόδρομη γέφυρα συνδιάσκεψης, ή καθόλου ενωμένα. Στις πρώτες δύο περιπτώσεις, τα δεδομένα του χρήστη που κατεβαίνουν μεταδίδονται στον κινητό σταθμό διαμέσου και των δύο BTS. Στην πρώτη περίπτωση μόνο, οι δύο ροές που ανεβαίνουν συνδυάζονται σε μια μονή προς τον άλλο ανταποκριτή (βλέπε διάγραμμα 1.34). Είναι εφικτό να εισαχθεί τέτοια γέφυρα συνδιάσκεψης μόνο σε μερικές περιπτώσεις, για παράδειγμα όταν κατάσταση μετάδοσης είναι φωνή και ακωδικοποίητες στην παλιά και στην νέα διαδρομή είναι διαφορετικοί ( π.χ. η φωνή μεταφέρεται με 64 kbit/s στο σημείο αλλαγής).



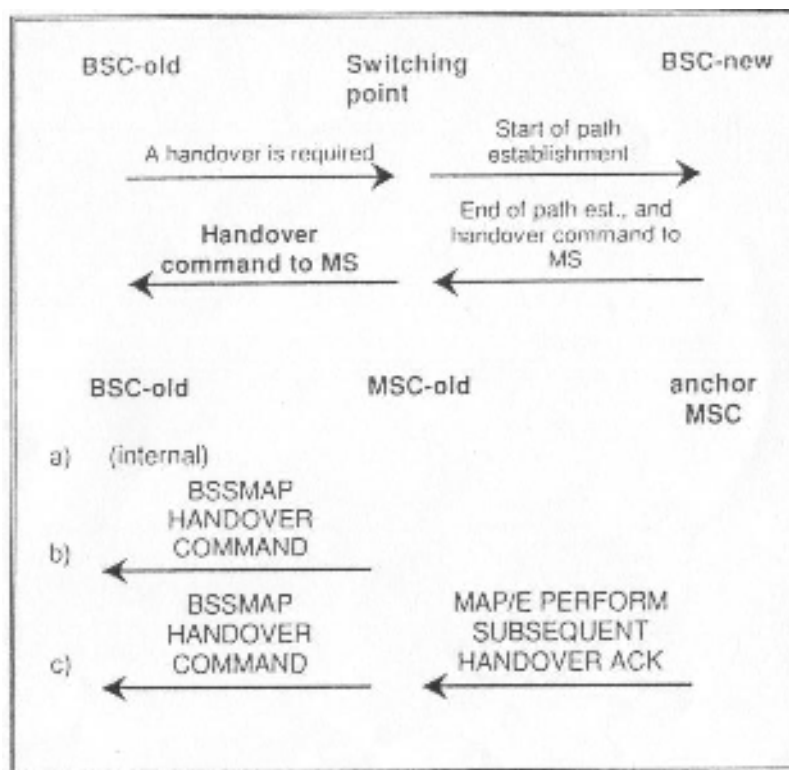
Σχήμα 1.34 - Γέφυρα συνδιάλεξης στο BSC για την παράδοση

Η απόδοση της παράδοσης μπορεί να βελτιωθεί με την είσοδο στο BSC μιας γέφυρας συνδιάλεξης, είτε μονόδρομη είτε αμφίδρομη, έτσι ώστε και οι δύο διαδρομές μιας μέσα-BSC παράδοσης μπορεί να είναι συνδεδεμένη παράλληλα στην ίδια σύνδεση προς το MSC.

## Από το Σημείο Αλλαγής στον Κινητό Σταθμό

Το τελευταίο βήμα της πρώτης φάσης της εκτέλεσης παράδοσης υπάρχει μόνο για στέλνει το μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR στον κινητό σταθμό, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.35, σύμφωνα με τις τρεις παρακάτω περιπτώσεις:

- α. το BSC-παλιό είναι το σημείο αλλαγής (BSC-παλιό= BSC-καινούργιο)
- β. MSC-παλιό είναι το σημείο αλλαγής (MSC-παλιό =MSC-αναφοράς)
- γ. το MSC -αναφοράς είναι το σημείο αλλαγής και διαφέρει από το MSC-παλιό.



Σχήμα 1.35 - Στέλνοντας πίσω μια εντολή παράδοσης

Σαν τελευταίο βήμα στο δίκτυο πριν ο κινητός σταθμός προσβάλει το καινούργιο κανάλι το μήνυμα εντολής παράδοσης RIL3-RR στέλνεται στον κινητό σταθμό.

Το ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR μεταφέρεται από διαφορετικές διεπαφές σε μία ποικιλία από διαφορετικούς φακέλους, όπως φαίνεται από τον πίνακα 1.8, που επίσης συνοψίζει τις μεταφορές που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

Το μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR αναγνωρίζει τα νέο κύτταρο μόνο διαμέσου συχνότητας «σινιάλο» και της BSIC. Αυτό είναι επαρκές για το κινητό σταθμό, και η πλήρη ταυτότητα του κυττάρου θα διαβαστεί αργότερα από τον κινητό σταθμό στο SACCH που στέλνονται από το BTS-καινούργιο.

Διεπαφή	Μηνύματα
Ανάμεσα στο BSC-καινούριο και στο MSC-καινούργιο	BSSMAP ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΙΤΗΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ
Ανάμεσα στο MSC-καινούριο και στο MSC αναφοράς	MAP/E ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ
Ανάμεσα στο MSC αναφοράς και στο MSC-παλιό	MAP/E ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΠΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ
Ανάμεσα στο MSC-παλιό και στο BSC-παλιό	BSSMAP ΕΝΤΟΛΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ

Πίνακας 1.8 - Η μεταφορά μηνύματος εντολής παράδοσης RIL3-RR

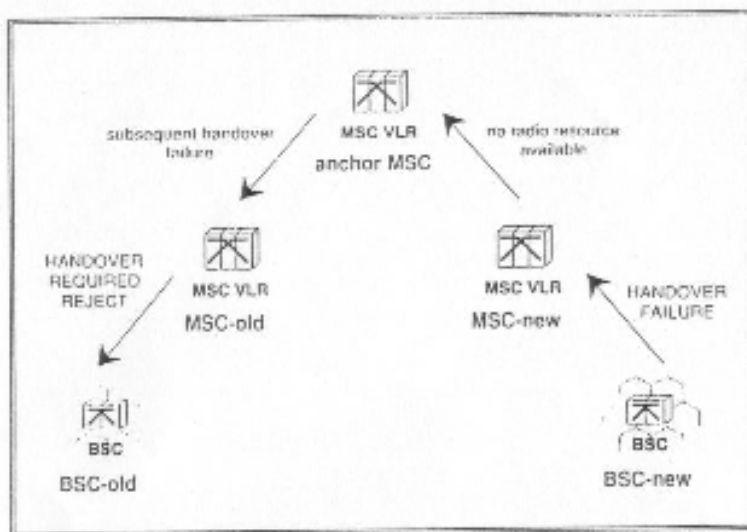
Το μήνυμα στοχεύει στον κινητό σταθμό που περιέχει τα πάντα, ο κινητός σταθμός μπορεί να χρειαστεί να είχε πρόσβαση στο καινούργιο κανάλι, και μεταφέρει αναλλοίωτα μια πλειάδα μηνυμάτων μέσω των επίγειων διεπαφών

Όχι και τόσο Επιτυχείς Εναλλακτικές

Ένας αριθμός από εμπόδια μπορεί να μπει εμπόδιο στην ομαλή διαδοχή των γεγονότων όπως περιγράφηκε παραπάνω. Το κύριο εμπόδιο είναι η μη-διαθεσιμότητα των ράδιο ή των επίγειων πόρων. Σε αυτή την περίπτωση, μία ανεπιτυχή ένδειξη μεταφέρεται πίσω από το BSC-καινούργιο. Λαμβάνοντας υπόψιν την μεγαλύτερη διαδρομή, ένα μήνυμα ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP μεταδίδεται από το BSC-καινούργιο στο MSC-καινούργιο, το οποίο με την σειρά του πυροδοτεί μηνύματα όπως φαίνεται στο σχήμα 1.36. Εναλλακτικά, μετρητής φύλακας μπορεί να εκπνεύσει στο BSC-παλιό, έχοντας ως αποτέλεσμα μια παρόμοια κατάσταση.

Δύο πιθανότητες μπορεί να προβλεφθούν. Είτε να γίνει απόπειρα μιας νέας παράδοσης στο ίδιο κύτταρο ύστερα από μερικό χρόνο, ή να επιχειρηθεί μια

παράδοση προς ένα άλλο κύτταρο. Στην πρώτη περίπτωση, η ένδειξη αποτυχίας πηγαίνει όλο τον δρόμο πίσω μέχρι το BSC-παλιό, που επαναρχικοποιεί την διαδικασία παράδοσης όταν το αποφασίζει αυτό. Όλοι οι πόροι που έχουν προσδιοριστεί κατά μήκος της νέας διαδρομής ελευθερώνονται. Η δεύτερη περίπτωση μπορεί να αντιμετωπιστεί με τον ίδιο τρόπο. Παρόλα αυτά, μια εναλλακτική υπάρχει στις Προδιαγραφές, όπου το BSC-παλιό μπορεί να παρέχει στο MSC-παλιό μια κανονικοποιημένη λίστα με όλα τα κατάλληλα κύτταρα ( αυτό εφαρμόζεται , όπως έχει ήδη αναφερθεί, κυρίως στην περίπτωση διάσωσης παραδόσεων, όταν η παραμονή σε ένα παλιό κύτταρο δεν αποτελεί μια καλή εναλλακτική στο πρώτο κύτταρο-στόχος). Αυτή η λίστα δεν μεταγράφεται στο MSC-αναφοράς εάν το MSC-παλιό διαφέρει από αυτό και από το σημείο αλλαγής του. Η ένδειξη για αποτυχία, όταν φτάνει το MSC-παλιό, θα πυροδοτήσει μια προσπάθεια παράδοσης προς το επόμενο κύτταρο στην λίστα. Μόνο όταν όλα τα κύτταρα έχουν δοκιμαστεί ματαία μόνο τότε το BSC-παλιό θα δώσει ένδειξη αποτυχίας ( και τον πλήρη έλεγχο της σύνδεσης πίσω). Αυτή η πιθανότητα της πολλαπλής επιλογής κυττάρων στο μήνυμα ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP είναι μια επιλογή για το BSC. Οι απαιτήσεις σε ταχύτητα δίνουν μια προτίμηση προς την πολύ-κυτταρική προσέγγιση, ενώ η βελτιστοποίηση του κυττάρου προτιμάει την προσέγγιση με το ένα κύτταρο, αφού μόνο το BSC-παλιό είναι σε θέση να αλλάξει την λίστα των κυττάρων σύμφωνα με τις καινούργιες μετρήσεις.

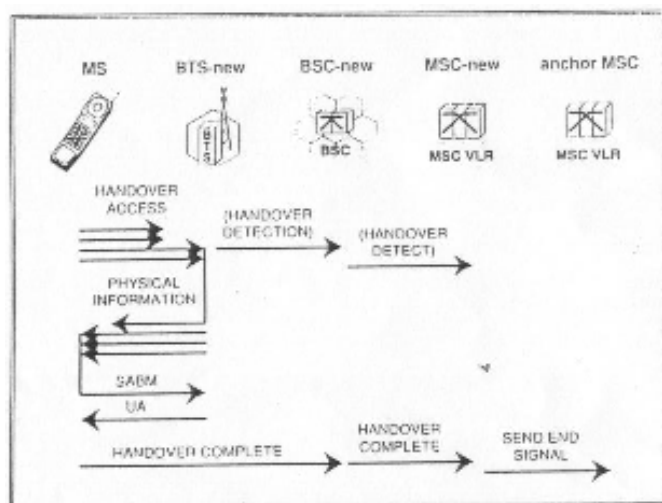


Σχήμα 1.36 - αποτυχία παράδοσης από το καινούργιο BSC

Η ένδειξη αποτυχίας πηγαίνει μέχρι το παλιό BSC όπως φαίνεται, έτσι ώστε η απόφαση για επανάληψη ή εκτέλεση μιας άλλης πράξης μπορεί να γίνει. Εναλλακτικά, το MSC-παλιό μπορεί να προσπαθήσει παραδόσεις προς άλλες κυψέλες εάν έχει στην κατοχή του μια λίστα με υποψήφιες κυψέλες

### **Πρόσβαση Κινητών Σταθμών και το Συμπέρασμα της Διαδικασίας**

Ο κινητός σταθμός δεν έχει καμία γνώση για την υποδομή των διαδικασιών και των αποφάσεων μέχρι να λάβει ένα μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το μήνυμα αυτό περιέχει όλες τις πληροφορίες που χαρακτηρίζουν την μετάδοση στο νέο κανάλι (εκτός από την κατάσταση κρυπτογράφησης που θεωρείται ότι παραμένει η ίδια όπως στο παλιό κανάλι), και τα δεδομένα για την διαδικασία πρόσβασης. Ειδικότερα, επιδεικνύει στο κινητό σταθμό εάν θα ακολουθηθεί είτε σύγχρονη ή ασύγχρονη διαδικασία παράδοσης. Και στις δύο περιπτώσεις, χάρη στο προ-συγχρονισμό, ο κινητός σταθμός είναι ικανός να συγχρονίσει τον εαυτό του γρήγορα στο νέο κανάλι και να ξεκινήσει την επανάληψη αμέσως. Στην πραγματικότητα θα λάβει ομιλία η δεδομένα από αυτό το σημείο, εάν είναι κατάλληλο και εάν το σημείο αλλαγής χρησιμοποιεί μια γέφυρα συνδιάσκεψης.



Σχήμα 1.37 - Πρόσβαση στην περίπτωση ασύγχρονης παράδοσης

Μόνο η ακόλουθη υποδοχή μηνύματος φυσικής πληροφορίας RIL3-RR κάνει τον κινητό σταθμό να αλλάξει από κανονική κατάσταση μετάδοσης με την χρονική προτεραιότητα όπως έχει δείχθει και στέλνει ένα μήνυμα ολοκλήρωσης παράδοσης RIL3-RR αφού έχει εγκαθιδρύσει την ένωση σηματοδότησης SAPI 0 στο καινούργιο κανάλι

Όσο αφορά την μετάδοση από ένα κινητό σταθμό, ο τύπος της παράδοσης παρεμβαίνει. Στην περίπτωση της σύγχρονης παράδοσης, ο κινητός σταθμός πρώτα στέλνει μερικούς παλμούς πρόσβασης (το μήνυμα ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR), και ξεκινάει κανονική μετάδοση εφαρμόζοντας την υπολογισμένη χρονική πρόοδο. Εάν η παράδοση είναι ασύγχρονη (βλέπε διάγραμμα 1.37), ο κινητός σταθμός συνεχίζει να στέλνει παλμούς πρόσβασης μέχρι να λάβει ένα μήνυμα ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ RIL3-RR από το BSC-καινούργιο, μεταγράφοντας τον πραγματική χρονική πρόοδο που πρέπει να εφαρμόσει. Μόνο τότε ξεκινάει την κανονική μετάδοση. Και στις δύο περιπτώσεις, το μήνυμα ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR περιέχει μόνο 8-bit αναφορά παράδοσης. Αυτό το μήνυμα είναι η μόνη περίπτωση όπου μικροί παλμοί πρόσβασης χρησιμοποιούνται σε ένα αφοσιωμένο κανάλι. Η αναφορά παράδοσης ( να μην συγχέεται με τον αριθμό παράδοσης) είναι εκείνο το κομμάτι των δεδομένων που μεταδίδονται στον κινητό σταθμό με το μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το BTS-καινούργιο σαν ένας επιπλέον έλεγχος για το αν ο προσβάσιμος κινητός σταθμός είναι και ο αναμενόμενος.

Το μήνυμα ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ RIL3-RR είναι η μόνη περίπτωση στις Προδιαγραφές όπου ένα μήνυμα από τον πιο πάνω στρώμα σύνδεσης στέλνεται σαν μία αυτόνομη απόφαση από το BTS. Αυτή η απόκλιση από το γενικό κανόνα είναι δικαιολογημένη από τις απαιτήσεις απόδοσης. Για λόγους αποδοτικότητας, το μήνυμα ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ RIL3-RR μπορεί να σταλεί αρκετές φορές στη σειρά, μέχρι η λήψη κανονικών παλμών από τον κινητό σταθμό το κάνει ξεκάθαρο στο BTS-καινούργιο ότι έχει λάβει το μήνυμα. Αυτό δεν θα ήταν και τόσο εύκολο εάν το μήνυμα ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ RIL3-RR θα είχε σταλεί από το BSC.

Το BTS μπορεί σαν επιλογή να υπόδειξη στο BSC ότι έχει λάβει επαρκής παλμούς ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR στο προσδιορισμένο κανάλι, διαμέσου ενός μηνύματος ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RSM· BSC-καινούργιο μπορεί με την σειρά του να περάσει την ένδειξη στο MSC-καινούργιο διαμέσου ενός μηνύματος ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στο σημείο αλλαγής (εκτός από την περίπτωση όπου είναι από το MSC αναφοράς, γιατί η πληροφορία δεν μεταφέρεται από το MAP/E πρωτόκολλο) να αλλάξει την διαδρομή

επικοινωνίας αυτή την στιγμή χωρίς να περιμένει για πλήρη ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Όταν είναι στην κανονική κατάσταση μετάδοσης, ο κινητός σταθμός θέτει το στρώμα σύνδεσης σε κατάσταση αναγνώρισης για μήνυμα σηματοδότησης στέλνοντας ένα πλαίσιο SABM που απαντιέται από ένα UA πλαίσιο. Ο κινητός σταθμός τότε στέλνει ένα μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR, το οποίο μεταφέρεται από την υποδομή έως το σημείο αλλαγής, όταν είναι εφικτό διαμέσου ενός μηνύματος ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP από το BSC-καινούργιο στο MSC-καινούργιο και διαμέσου ενός ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΕΛΟΥΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ MAP/E, από το MSC-καινούργιο στο MSC αναφοράς. Το σημείο αλλαγής θα απελευθερώσει την προηγούμενη διαδρομή στέλνοντας τα κατάλληλα σήματα ( ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΕΛΟΥΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ MAP/E από το MSC αναφοράς στο MSC-παλιό, και ΕΝΤΟΛΗ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ BSSMAP από το MSC-παλιό στο BSC-παλιό), αναμεταδίδεται στο BSC-παλιό το οποίο απελευθερώνει το προηγούμενο ράδιο κανάλι μέχρι αυτό το σημείο. Η απελευθέρωση των πόρων που μετά λαμβάνει χώρα στην διεπαφή A, η διεπαφή ABIS και το BTS δεν έχουν συγκεκριμένες διαφορές συγκρινόμενα σε ένα τερματισμό μιας RR-συνόδου.

Η αποστολή της ένδειξης ολοκλήρωσης παράδοσης πυροδοτεί την αλλαγή των διαδρομών μεταξύ των νέων και καινούργιων, εάν αυτό δεν έχει γίνει ήδη (π.χ. Κατά την διάρκεια ανακάλυψης πρόσβασης στο νέο κανάλι). Η ερώτηση για την αναγκαιότητα της ένδειξης ολοκλήρωσης της παράδοσης μπορεί να γεννηθεί σε αυτό το σημείο: γιατί υπάρχει ανάγκη για μηχανισμό δύο σταδίων; Η διαφορά μεταξύ της πρόσβασης και της ολοκλήρωσης είναι ότι μόνο η τελευταία πυροδοτεί την απελευθέρωση των προηγούμενων καναλιών. Μόνο όταν στέλνει το μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR ο κινητός σταθμός εγκαταλείπει όλες τις πιθανότητες να γυρίσει στο παλιό κανάλι. Το πρώτο στάδιο προστίθεται για να κοντύνει το χρόνο της διακοπής.

Η επιστροφή στο παλιό κανάλι σε περίπτωση προβλήματος είναι όμοιο με την περίπτωση διαδοχικής ανάθεσης· μόνο το όνομα από το μήνυμα αλλάζει: ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΑΝΑΘΕΣΗΣ RIL3-RR στην μία περίπτωση, ΑΠΟΤΥΧΙΑ

ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ RIL3-RR στην άλλη. Όταν η αποτυχημένη έξοδος φτάνει, το BSC-παλιό εκπέμπει την πληροφορία στο MSC-παλιό εάν είναι εφικτό, διαμέσου ενός μηνύματος ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP. Το πρωτόκολλο MAP/E εισάγει κάποιους περιορισμούς. Όταν το MSC-αναφοράς είναι διαφορετικό από το MSC-παλιό, όπου δεν υπάρχει νόημα να περάσει η πληροφορία μεταξύ MSC-παλιό και το MSC αναφοράς, αφού δεν υπάρχει μήνυμα στο MAP/E για αυτό το σκοπό. Ο μόνος τρόπος για το MSC-αναφοράς να αντιδράσει σε αυτήν την περίπτωση είναι διαμέσου κατά η λήξη του μετρητή εφόσον δεν έχει έρθει μήνυμα απόδειξης από το BSC-καινούργιο που να δείχνει την ολοκλήρωση της παράδοσης. Όποια και αν είναι τα μέσα με τα οποία αναγνωρίζεται μια κατάσταση αποτυχίας, το σημείο αλλαγής απελευθερώνει την διαδρομή, χρησιμοποιώντας κανονικές διαδικασίες απελευθέρωσης, και είναι στην ευχέρεια του BSC-παλιό να αποφασίσει τι δράση να κάνει, π.χ. Να επιχειρήσει άλλη παράδοση.

Μια ενδιάμεσο-BSC παράδοση συνήθως γίνεται αυτόνομα από το BSC. Όπως εξηγήθηκε στο τμήμα προετοιμασίας παράδοσης, είναι το επιλογή της BSS υλοποίησης να μην συμπεριλάβει το MSC (που είναι υπεύθυνο για το BSC) καθόλου στην απόφαση όταν είναι το καλύτερο κύτταρο, όπως φαίνεται από το BSC, είναι επίσης κάτω από τον έλεγχο του ίδιου του BSC. Σε αυτήν την περίπτωση, όλη η παράδοση αναπτυχθεί χωρίς να είναι εν γνώση του MSC. Για να ειδοποιηθεί ότι η παράδοση έγινε με επιτυχία, ένα μήνυμα ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ BSSMAP στέλνεται στο BSC στο αναμεταδιδόμενο MSC, προφανώς μεταδιδόμενο από ένα μήνυμα ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ MAP/E από το μεταδιδόμενο MSC στο MSC αναφοράς όταν διαφέρουν. Αυτό το μήνυμα μπορεί να σταλεί στην περίπτωση μιας παράδοσης εσωτερικά στο μεταδιδόμενο MSC ( στην περίπτωση MSC-καινούργιο= MSC-παλιό  $\neq$  MSC αναφοράς). Η αποστολή ή όχι αυτού του μηνύματος MAP/E εξαρτάται από τις απαιτήσεις της Λειτουργίας και της Υποστήριξης

## **ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΛΗΣΗΣ**

Σε ένα περιβάλλον ασύρματου φορητού, υπάρχει πάντα ένα ρίσκο ότι η σύνδεση θα διακοπεί απότομα. Αυτό μπορεί να συμβεί από μια βίαιη απώλεια διάδοσης, λόγω



εμποδίων όπως γέφυρες, σήραγγες, ή απλά κτίρια στην περίπτωση των φορητών χεριού. Ακόμα ένα κύτταρο μπορεί συχνά να χρησιμοποιηθεί για συνέχιση της επικοινωνίας είτε άμεσα ή είτε από μικρό χρονικό διάστημα (σκεφτείτε μια μικρή σήραγγα διαμέσου ενός λόφου).

Η προετοιμασία και η εκτέλεση μιας παράδοσης είναι μέσα περιορισμού της εμφάνισης απωλειών κλήσεων, αλλά δεν μπορούν να τα εξαλείψουν πλήρως. Στο μέλλον, όταν τα κύτταρα θα γίνονται όλο και μικρότερα, οι κίνδυνοι θα αυξάνονται. Η απόδοση που επιτυγχάνεται από τους αλγόριθμους παράδοσης που τρέχουν στο δίκτυο θα μειωθούν, σε ακρίβεια πρόβλεψης όσο και σε χρόνο απόκρισης, και η πιθανότητα απώλειας επικοινωνίας θα αυξηθεί. Ο κινητός σταθμός έχει στην πραγματικότητα μερικούς τρόπους να καθορίσει την παράδοση εάν είναι αναγκαία, και μπορεί να είναι πιο αποδοτική σε αυτές τις περιπτώσεις. Σε μερικά συστήματα κατασκευασμένα για μικρό-κυτταρικά ή pico-κυτταρικά περιβάλλοντα, όλες οι παραδόσεις πυροδοτούνται από τον κινητό σταθμό μόνο. Παρόλα αυτά, ο έλεγχος παραδόσεων δικτύου έχει πολλά πλεονεκτήματα όταν εφαρμόζεται: αυτό απορρέει από προφανές γεγονός ότι το δίκτυο έχει πολύ καλύτερη κατανόηση της γενικής κατάστασης από ότι ένας κινητός σταθμός μόνο. Η αποκατάσταση κλήσης μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα είδος πυροδοτούμενης παράδοσης κινητού σταθμού, αλλά περιορισμένη στην ειδική περίπτωση της διάσωσης παράδοσης όταν η επικοινωνία με το υπάρχον κύτταρο είναι αποτελεσματικά χαμένη. Ένας θα μπορούσε να προβλέψει ότι η σπουδαιότητα αυτού του χαρακτηριστικού θα αυξηθεί στο μέλλον. Για παράδειγμα, μπορεί να φανταστεί ότι σε μερικά περιβάλλοντα η διαδικασία μπορεί να πυροδοτηθεί νωρίτερα, έτσι ώστε να βελτιώσει την απόδοση του συστήματος όπου η πυροδοτούμενη παράδοση δικτύου θα έχει δείξει τα οριά της.

Παρόλη την μελέτη, η διαδικασία ανάκτησης κλήσης είναι φτωχός συγγενής είδος διαδικασιών GSM, και έχει σοβαρούς περιορισμούς στην φάση 1. Ας δούμε τι υπάρχει από αυτό.

Σαν γενικό σημείο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία ανάκτησης κλήσης είναι μια πραγματική RR διαδικασία. Θα δούμε σε αυτό το κεφάλαιο μηνύματα από το πρωτόκολλο RIL3-RR. Μόνο επειδή σε αυτής της συγγένειας με την παράδοση

παρουσιάζουμε την διαδικασία αποκατάστασης σε αυτό το κεφάλαιο και όχι στο κεφάλαιο 2.

Η αποκατάσταση κλήσης έχει δύο μέρη. Ο κινητός σταθμός έχει κυρίαρχο ρόλο στο πρώτο, όπου είναι πολύ κοντά στην διαδικασία πρόσβασης. Το δεύτερο μέρος είναι του δικτύου, και αποτελείται από την ανάκτηση των περιεχομένων ανώτερων στρωμάτων.

Η στενότητα της αποκατάστασης κλήσης με την αρχική πρόσβαση είναι αρκετά φυσιολογική, γιατί ο κινητός σταθμός πρέπει να ξεκινήσει από την αρχή. Οι διαφορές είναι σημαντικές, και προέρχονται κυρίως από τις απαιτήσεις σε ταχύτητα: όταν μια σύνδεση χαθεί, ένας μετρητής ξεκινάει να μετράει στο MSC αναφοράς, και στην εκπνοή του ότι έχει σχέση με την ετοιμοθάνατη σύνδεση καταρρέει. Σαν συνέπεια, οποιοδήποτε κλάσμα δεύτερης απώλειας στην διαδικασία ανάκτησης κλήσης αυξάνει τον κίνδυνο συνολικής απώλειας.

Το πρώτο ζήτημα είναι να καθοριστεί το νέο κύτταρο. Οι απαιτήσεις ταχύτητας περιορίζουν την επιλογή στα ήδη γνωστά γειτονικά κύτταρα με τα οποία ο κινητός σταθμός είναι προ-συγχρονισμένος, επειδή το να βρείς νέα κύτταρα και να συγχρονιστείς παίρνει μερικά δευτερόλεπτα. Ο κανόνας επιλογής είναι απλά να διαλέγεις απλά αυτό με το δυνατότερο σήμα. Οι παράμετροι που χρειάζονται για τον υπολογισμό του διαφορετικού κριτηρίου ασύρματης λήψης ( το CI των πιθανών κυττάρων, που θα περιγραφτούν στο κεφάλαιο 7) για την επιλογή μη απασχολούμενου κυττάρου δεν είναι γνωστές, και η λήψη τους παίρνει χρόνο. Παρόλα αυτά οι Προδιαγραφές απαιτούν από τον κινητό σταθμό να ελέγχει το κριτήριο ασύρματης λήψης για το διαλεγμένο κύτταρο. Αυτός ο περιορισμός οδηγεί τον κινητό σταθμό να περιμένει μια απόδειξη από το μήνυμα BCCH που περιέχει τις απαιτούμενες παραμέτρους, και αυτό μπορεί να πάρει μέχρι τρία τέταρτα του δευτερολέπτου ( εάν η πρώτη προσπάθεια αποκωδικοποίησης επιτύχει!). Μια άλλη τυπικότητα πρέπει να ελεγχθεί το κύτταρο που έχει διαλεκτή πρέπει να μην κωλύεται, πρέπει να επιτρέπει την ανάκτηση κλήσης. Οι αντίστοιχες ενδείξεις είναι μέρος όλων των μηνυμάτων BCCH, και έτσι αυτός ο έλεγχος δεν προσθέτει επιπλέον καθυστέρηση.

Αφού έχει γίνει λήψη του απαιτούμενου μηνύματος BCCH, και έχει ελεγχθεί το κριτήριο ασύρματης λήψης και της εξουσιοδότησης, ο κινητός σταθμός στέλνει ένα αίτημα πρόσβασης στο RACH. Παρόλο που δεν καθορίζεται στις Προδιαγραφές (όπως πολλές άλλες μικρές λεπτομέρειες της διαδικασίας), φαίνεται ότι αυτό επιτρέπεται να χρησιμοποιεί το RACH στο TN-0 , ακόμα και αν είναι άλλοι. Το αίτημα πρόσβασης δείχνει τον λόγο για πρόσβαση (π.χ. επανάκτηση κλήσης), έτσι ώστε το δίκτυο να είναι ενήμερο για την κριτική φύση του αιτήματος. Το ζητούμενο κανάλι δεν υποδεικνύεται, αλλά το δίκτυο μπορεί εύκολα να παίξει στα ασφαλή και να προσδιορίσει το TACH/F.

Το αρχικό μήνυμα είναι ΑΙΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ RIL3-LL. Το περιεχόμενο πληροφοριών του είναι ελάχιστο: Η ταυτότητα συνδρομητών και το classmark. Ο κινητός σταθμός δεν προσφέρεται εθελοντικά τίποτ' άλλο και το δίκτυο πρέπει να χρησιμοποιήσει αυτό για να ανακαλύψει τα πάντα για τη χαμένη σύνδεση! Μεταξύ του ευδιάκριτου ελλείποντος στοιχείου γνωστού άμεσα ή έμμεσα από τον κινητό σταθμό είναι το κύτταρο με το οποίο η σύνδεση χάθηκε, η ταυτότητα του MSC αναφοράς και του απαραίτητου τύπου και η κατάσταση του καναλιού.

Εν πάση περιπτώσει, η μόνη περίπτωση που προμηθεύεται από τα πρωτόκολλα της φάσης 1 είναι τότε το νέο κύτταρο και τα προηγούμενα διοικούνται από το ίδιο MSC. Το MSC αναφοράς έπειτα σιωπηρά καθορίζεται. Επιπλέον, ακόμα κι αν το προηγούμενο κύτταρο ήταν γνωστό, θα ήταν μάταιο δεδομένου ότι κανένας μηχανισμός δεν έχει περιληφθεί για να ανακτήσει τη RR-σύνοδο εκτός από όταν το νέο MSC είναι το MSC αναφοράς. Ένα συμπέρασμα είναι ότι η αποκατάσταση κλήσης είναι αδύνατη όταν υπάρχει ένα MSC ηλεκτρονόμων.

Το γεγονός ότι ο απαραίτητος τύπος καναλιού δεν δίνεται από τον κινητό σταθμό δεν έχει καμία σαφή εξήγηση. Αυτό είναι μια πηγή καθυστέρησης, επειδή το BSC πρέπει να περιμένει για την ένδειξη από το MSC για να προσδιοριστεί ο σωστός τύπος καναλιού. Εκτός αν, όπως αναφέρθηκε ήδη, εάν το BSC παίζει και διαθέτει αρχικά ένα TACH/F.

Η αποκατάσταση των πλαισίων είναι έπειτα εξ ολοκλήρου ένα ζήτημα του MSC, και πρέπει να γίνει με μόνο την ταυτότητα συνδρομητών για να αρχίσει. Από αυτό το MSC πρέπει να βρεί το παλαιό πλαίσιο (εάν υπάρχει ακόμα -- θα μπορούσε να έχει σβηστεί μετά από μια λήξη χρονομέτρων, ή απλά επειδή ο ανταποκριτής δεν ήταν αρκετά υπομονετικός). Κατόπιν το MSC εκτελεί μια διαδικασία ανάθεσης και ενδεχομένως μια διαδικασία έναρξης κρυπτογράφησης, λέγοντας στο BSC τον τύπο καναλιού που απαιτείται, την κατάσταση και όλα τα υπόλοιπα και προσδιορίζοντας την επίγεια διαδρομή BSC-MSC όταν είναι η ανάγκη. Το MSC μπορεί ακόμη και να επιλέξει να εκτελέσει μία πιστοποίηση παρά την επικείμενη καθυστέρηση. Το BSC εκτελεί έπειτα τις αναγκαίες διαδικασίες μέσα στο BTS και με τον κινητό σταθμό (διαδοχική ανάθεση, έναρξη κρυπτογράφησης, την κατάσταση τροποποίησης). Μόνο τότε μπορεί να σταλθεί ένα μήνυμα ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ RIL3-RR στον κινητό σταθμό, και τελικά για να τελειώσει την επικοινωνία που επαναλαμβάνεται. Ας σημειωθεί ότι αυτό σημαίνει για το δίκτυο να απορρίψει το αίτημα που έχει προβλεφθεί. Η ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ RIL3-RR εξυπηρετεί αυτόν τον σκοπό (ειδικότερα με την αιτία "η κλήση δεν μπορεί να προσδιοριστεί", η οποία είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί πολύ).

Διάφορα άλλα συγκεκριμένα σημεία υπάρχουν στις Προδιαγραφές. Περιλαμβάνουν ειδικότερα, την αποκατάσταση διάφορων CM-συναλλαγών και των αντίστοιχων προσδιοριστικών συναλλαγής (κεφάλαια 5 και 8), και σημαντικότερα, όλες τις περιπτώσεις της σύγκρουσης, όταν συμβαίνει η απώλεια σύνδεσης κατά τη διάρκεια μιας τρέχουσας διαδικασίας σε οποιοδήποτε στρώμα. Ένα άλλο ζήτημα είναι η απελευθέρωση της παλαιάς πορείας. Όσο το μπορεί να αναλυθεί το MSC αναφοράς μπορεί και πρέπει να το απελευθερώσει μόλις γίνει ενήμερο για την προσπάθεια αποκατάστασης, ακόμα κι στο ίδιο BSC (ή στο ίδιο κύτταρο).

Αναρωτιέται κανείς ότι αποκατάσταση κλήσης θα χρησιμοποιηθεί πραγματικά στη φάση I. Αυτό είναι ενδεχομένως μια περιοχή στην οποία οι μελλοντικές φάσεις των Προδιαγραφών θα φέρουν τις βελτιώσεις.

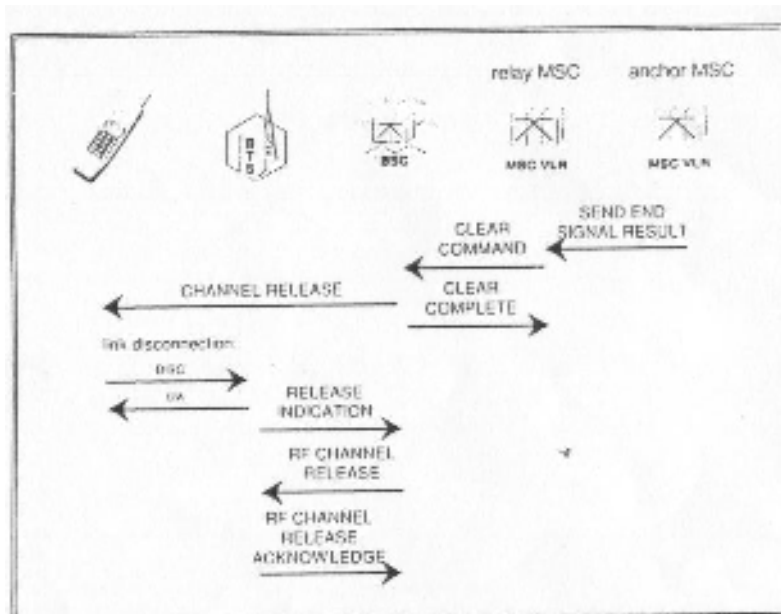
## ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ RR-ΣΥΝΟΔΟΥ

Όταν όλες οι ανάγκες για μια RR-συνόδο εξαφανιστούν, παραδείγματος χάριν επειδή μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης έχει τελειώσει, επειδή μια κλήση ολοκληρώνεται, ή λόγω μιας αποτυχίας, ο κινητός σταθμός πρέπει να επιστρέψει στην κατάσταση μη απασχόλησης και οι πόροι πρέπει να απελευθερωθούν, προκειμένου να είναι ελεύθεροι για την κατανομή για άλλες ανάγκες. Αυτός ο μηχανισμός απελευθέρωσης γίνεται μέσω μιας διαδικασίας αποκαλούμενης "κανονικής απελευθέρωσης", η οποία προκαλείται πάντα από το Msc αναφοράς.

Εάν είναι ευδιάκριτο από το MSC ηλεκτρονόμων το MSC αναφοράς απελευθερώνει τη RR-σύνοδο με την αποστολή ενός μηνύματος ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΤΕΛΟΥΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ MAP/E στο Msc ηλεκτρονόμων στο ένα χέρι, και με την απελευθέρωση του κυκλώματος εάν υπάρχει, μέσω των διαδικασιών απελευθέρωσης ISUP.

Το επόμενο βήμα είναι το μήνυμα το ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ BSSMAP που στέλνεται από το MSC ηλεκτρονόμων στο BSC. Αυτό το μήνυμα μπορεί να είναι μεταφερόμενο σε ένα μήνυμα ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ SCCP απελευθερώνοντας τη σύνδεση SCCP. Σε αυτήν την περίπτωση, η αναγνώριση BSC (μήνυμα ΤΕΛΕΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ BSSMAP) πρέπει να μεταφέρεται στο μήνυμα ΠΛΗΡΗΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ SCCP. Οι ενέργειες καθαρίσματος του BSC μπορούν να πραγματοποιηθούν παράλληλα με την αποστολή του μηνύματος ΠΛΗΡΟΥΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ BSSMAP, δεδομένου ότι οι Προδιαγραφές δεν επιβάλλουν οποιαδήποτε συγκεκριμένη διαταγή μεταξύ αυτών των δύο ενεργειών. Μόλις το BSC διατάξει τον κινητό σταθμό για να επιστρέψει στην κατάσταση μη απασχόλησης μέσω ενός μηνύματος ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL3-RR, ο κινητός σταθμός αποσυνδέει την σύνδεση σήματος, και αυτό το γεγονός αναφέρεται από το BTS στο BSC μέσω του μηνύματος ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ RSM. Οι Προδιαγραφές περιλαμβάνουν έναν αριθμό από χρονόμετρα και επαναλήψεις προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οποιεσδήποτε απώλειες πλαισίων που μπορούν να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ο κινητός σταθμός επιστρέφει τελικά στη κατάσταση μη απασχόλησης και σταματά τα κανάλια. Αυτό είναι

πρωταρχικής σπουδαιότητας για να αποφύγει ένα κανάλι να προσδιοριστεί σε έναν κινητό σταθμό όταν μπορεί ένας άλλος κινητός σταθμός ακόμα να διαβιβάζει σε αυτό το ίδιο κανάλι. Μόνο όταν το BSC είναι βέβαιο ότι ο κινητός σταθμός έχει φύγει θα απενεργοποιήσει τη συσκευή BTS, μέσω της ανταλλαγής ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RSM RF / ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RSM RF. Το αντίστοιχο κανάλι ασύρματης λήψης εξετάζεται έπειτα ως τμήμα της ομάδας των ελεύθερων καναλιών από το BSC. Ολόκληρη η διαδικασία είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 1.38.



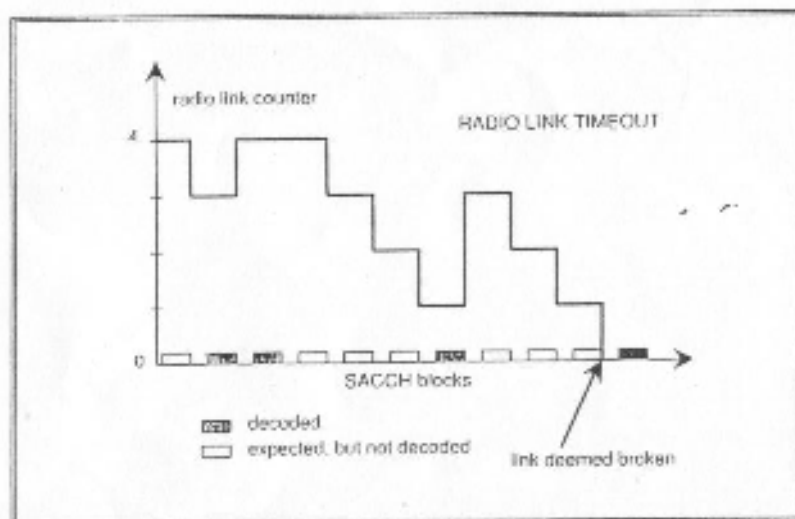
Σχήμα 1.38 - Κανονική απελευθέρωση διαδικασίας σε RR-σύνοδο

Η κανονική απελευθέρωση πάντα πυροδοτείται από το MSC αναφοράς, αλλά το BSC διαχειρίζεται την επιστροφή του κινητού σταθμού στην κατάσταση αδράνειας πριν την απελευθέρωση των πόρων του BSS

Μια RR-σύνοδος μπορεί επίσης να απελευθερωθεί σε άλλους όρους, παραδείγματος χάριν όταν χάσει η υποδομή την πραγματική επαφή με τον κινητό σταθμό. Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να προκύψει όταν οι όροι διάδοσης είναι κακοί ή όταν το επίπεδο παρέμβασης είναι πάρα πολύ υψηλό. Ένας ρόλος της παράδοσης είναι να αντιμετωπιστούν τέτοιες περιπτώσεις, αλλά αυτό είναι όχι πάντα δυνατό, π.χ., όταν πάει ο χρήστης είναι εκτός περιοχής της κάλυψης (σε ένα υπόγειο σταθμό αυτοκινήτων παραδείγματος χάριν), ή σβήσει τον κινητό σταθμό του στη μέση μιας

RR-συνόδου. Τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να ανιχνευθούν, έτσι ώστε η υποδομή να ελευθερώσει τους πόρους.

Ο μηχανισμός που διευκρινίζεται στις Προδιαγραφές συνίσταται να έχει στο μήνυμα και την απώλεια κλάσης στον κινητό σταθμό και στην παρακολούθηση του BTS στο SACCH. Ας θυμηθούμε ότι τα μηνύματα στέλνονται συχνά (περίπου δύο φορές το δευτερόλεπτο) και στις δύο κατευθύνσεις του SACCH, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μιας σύνδεσης. Ένας ισχυρός μηχανισμός ανίχνευσης λάθους έχει περιληφθεί στην σηματοδότηση μηνυμάτων, κάνοντας ικανό τον δέκτη για να υπολογίσει την απώλεια μηνυμάτων. Αυτή η εκτίμηση γίνεται μέσω ενός μετρητή, που αυξάνεται σε περίπτωση σωστά λαμβανόμενου φραγμού και στην άλλη περίπτωση (σχήμα 1.391). Όταν ο μετρητής φθάνει σε ένα ελάχιστο κατώτατο όριο, η σύνδεση θεωρείται ως σπασμένη. Από την κινητή πλευρά σταθμών, αυτό το γεγονός οδηγεί σε μια επιστροφή στη κατάσταση μη απασχόλησης (ο κινητός σταθμός μπορεί στη συνέχεια να προσπαθήσει μια αποκατάσταση, βλέπε τη σελίδα βιβλίου 412). Η υποδομή είναι σε θέση να ρυθμίσει την κινητή συμπεριφορά σταθμών, προκειμένου να επιτραπεί ο συντονισμός γραμμών σε μια βάση κυττάρων, αν και φαίνεται απίθανο ότι θα είναι απαραίτητο να ρυθμιστούν οι διαφορές μεταξύ των κινητών σταθμών. Οι σχετικές παράμετροι στέλνονται τακτικά στο SACCH καθώς επίσης και στο BCCH. Η ρύθμισή τους σε ικανοποιητικές τιμές πρέπει να γίνει μέσω των υπαίθριων πειραμάτων στα λειτουργικά δίκτυα. Από την πλευρά της υποδομής, ο μετρητής είναι στο BTS και η ένδειξη αποτυχίας δίνεται στο BSC σε ένα μήνυμα ENΔΕΙΞΗΣ ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ RSM.



### Σχήμα 1.39 - Μετρητής SACCH για την διαχείριση των ενώσεων

Ένας μετρητής ενεργοποιεί κάθε δέκτη για να εκτιμήσει το ποσοστό απώλειας πλαισίων στο SACCH ( downlink για τον κινητό σταθμό, uplink για την υποδομή) όταν ο μετρητής φτάνει στο 0 η ένωση απομαγνητίζεται και ενέργειες λαμβάνουν χώρα για την απελευθέρωση των πόρων

Ενώ η ανίχνευση της απώλειας μετάδοσης απλά πυροδοτεί τον κινητό σταθμό για να εγκαταλείψει τη σύνδεση και να επιστρέψει στην κατάσταση μη απασχόλησης, τα πράγματα είναι λίγο πιο σύνθετα από την πλευρά της υποδομής. Δεδομένου ότι και οι δύο κατευθύνσεις της μετάδοσης μπορούν να δοκιμάσουν τις διαφορετικές ιδιότητες, φθάνοντας στο κατώτατο όριο στα uplink έγγραφα κατεύθυνσης δεν υπονοήσει απαραίτητα ότι ο κινητός σταθμός βιώνει επίσης ένα σπάσιμο της σύνδεσης. Η υποδομή πρέπει εντούτοις να σιγουρευτεί ότι ο κινητός σταθμός φεύγει πριν κρίνει το κανάλι για να είναι ελεύθερο. Το BSC επομένως διατάζει το BTS στη μετάδοση πλαισίων downlink SACCH (από ένα μήνυμα RSM ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ SACCH), έτσι ώστε ο κινητός μετρητής σταθμών θα φθάσει αδυσώπητα στο ελάχιστο κατώτατο όριο μετά από κάποιο δεδομένο χρόνο. Ο έλεγχος του uplink καναλιού μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε στο BTS ή στο BSC. Στην πρώτη περίπτωση, το BTS μπορεί να εκθέσει την απώλεια της σύνδεσης μέσω ενός μηνύματος ΕΝΔΕΙΞΗΣ ΑΠΟΤΥΧΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ RSM στο BSC.

Μόλις ανιχνευθεί η αποτυχία συνδέσεων και δηλωθεί στον ηλεκτρονόμο MSC μέσω ενός μηνύματος ΣΑΦΟΥΣ ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ BSSMAP, η ίδια ανταλλαγή διεπαφών Α λαμβάνει χώρα όπως στην περίπτωση της κανονικής απελευθέρωσης σύνδεσης, δηλ. .. Το MSC στέλνει ένα μήνυμα ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ BSSMAP, που απαντιέται όπως αναμένεται από ένα μήνυμα ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ από το BSC.

### **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΟΡΤΩΜΑΤΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ**

Μερικές διαδικασίες στο RR πλάνο επιτρέπουν στο MSC και το BSC για να εξετάσουν τις καταστάσεις υπερφόρτωσης. Περιλαμβάνουν τα μέσα να



ανταλλαχθούν οι μηχανές πληροφοριών έτσι ώστε να παίρνουν τις πληροφορίες που χρειάζονται για την τρέχουσα κατάσταση φορτίων και σημαίνει να ενεργήσει ώστε να περιοριστεί η επίδραση της υπερφόρτωσης. Οι διαδικασίες που εξετάζουν τη διαχείριση φορτίων εμφανίζονται σε δύο κύριες περιοχές: RACH και PAGCH φορτία, και φορτίο TCH.

### ***Φορτίο στα κοινά κανάλια***

Κάποιες πληροφορίες σχετικά με το φορτίο για το RACH και για το PAGCH θα μπορούσαν να προκύψουν από το BSC από τα αιτήματα που στέλνει, ή λαμβάνει από το BTS. Ακόμα, το BTS είναι σε καλύτερη θέση να έχει πρόσβαση στο ακριβές φορτίο σε αυτά τα κανάλια.

Ένα μήνυμα, ENΔΕΙΞΗ ΦΟΡΤΙΩΝ RSM, έχει εισαχθεί στο πρωτόκολλο RSM, για να επιτρέψει στο BTS για να στείλει κάποιες πληροφορίες για τα φορτία RACH και PAGCH στο BSC. Οι όροι για αυτό το μήνυμα τίθενται μέσω του υποσυστήματος λειτουργίας μπορεί να σταλεί τακτικά, ή μόνο όταν είναι το φορτίο σε ένα από τα κανάλια επάνω από κάποιο όριο. Το μήνυμα αναφέρεται σε ένα ενιαίο ζευγάρι RACH/PAGCH.

Το BSC μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να αλλάξει τις παραμέτρους ελέγχου φορτίων RACH που περιλαμβάνονται στην αντιστοιχία BCCH, και για να τροποποιήσει τους κανόνες προτεραιότητας ανάθεσής του.

### ***Φορτίο στα κανάλια κυκλοφορίας***

Ο αριθμός αφιερωμένων καναλιών κάθε είδους που προσδιορίζονται κάθε φορά σε ένα κύτταρο είναι γνωστός από το BSC. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν επίσης να είναι χρήσιμες στο MSC, για να ισορροπήσουν παραδείγματος χάριν την κυκλοφορία μεταξύ των κυττάρων. Ο αριθμός του TACH/F (και στη φάση 2 του TACH/H) που κάθε φορά προσδιορίζεται μπορεί να υποδειχθεί στο MSC με ένα μήνυμα ENΔΕΙΞΗΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ BSSMAP. Το μήνυμα μπορεί να σταλεί σε διάφορες περιπτώσεις, οι οποίες ελέγχονται από το MSC και υποδεικνύονται με ένα μήνυμα

ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΠΟΡΩΝ BSSMAP. Το MSC μπορεί να ζητήσει ένα ενιαίο άμεσο μήνυμα για την κανονική αποστολή ή για την αυθόρμητη αποστολή όταν ικανοποιούνται μερικοί όροι (αυτοί οι όροι τίθενται μέσω του OSS).

Το MSC μπορεί να κάνει πολλά πράγματα για να περιορίσει την άχρηστη σηματοδότηση προς το BSC. Εντούτοις, η λειτουργία ένδειξης των πόρων εισήχθη κυρίως για να υποστηρίξει τις παραδόσεις κυκλοφορίας υπό έλεγχο του MSC. Σε περίπτωση συνθήκης υπερφόρτωσης τοπικής σε ένα κύτταρο, οι παραδόσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ισορροπήσουν την κυκλοφορία μεταξύ των κυττάρων. Αυτό είναι ο σκοπός της διαδικασίας "έρευνας υποψηφίων προς παράδοση", η οποία χρησιμοποιείται όταν έχει το υπερφορτωμένο κύτταρο τους γείτονες κάτω από ένα άλλο BSC. Μόνο το MSC (ηλεκτρονόμων) είναι σε θέση να ξέρει πιο από τα γειτονικά κύτταρα μπορεί να πάρει ένα μέρος του φορτίου. Με την αποστολή ενός μηνύματος ΕΡΕΥΝΑΣ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗ BSSMAP, το MSC δείχνει ότι στο BSC ότι θα ήταν καλύτερο για την ισορροπία κυκλοφορίας να παραδοθεί ένας δεδομένος αριθμός συνδέσεων από ένα κύτταρο σε άλλα κύτταρα σε έναν δεδομένο κατάλογο. Όταν το BSC γίνεται με τις συνέπειες αυτού του μηνύματος (ακριβώς μετά από την αποστολή ενός μηνύματος ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ BSSMAP με την κατάλληλη αιτία, για κάθε μία από διάφορες συνδέσεις), στέλνει ένα μήνυμα ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ BSSMAP. Τι το BSC πρέπει να κάνει δεν διευκρινίζεται λεπτομερώς. Όπως αναφέρεται ήδη, η εξισορρόπηση κυκλοφορίας είναι αντιφατική με την επιλογή του κυττάρου για φασματικούς λόγους αποδοτικότητας, και η δράση του BSC πρέπει να σχεδιαστεί με προσοχή, για να αποφύγει να δώσει τις παραδοθείσες συνδέσεις να ξανά-παραδοθούν πίσω μερικά δευτερόλεπτα αργότερα λόγω των κριτηρίων ασύρματης λήψης. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι μια εναλλακτική στρατηγική για να λύσει τη δυσαναλογία κυκλοφορίας είναι να χρησιμοποιηθεί το OSS για να ελέγξει τις παραδόσεις άμεσα μέσω του BSC. Αυτό χρησιμοποιεί τις διαδικασίες τροποποίησης παραμέτρου που συζητούνται στο κεφάλαιο 9.

### ***Γενική υπερφόρτωση***

Επιπλέον στις ειδικές διαδικασίες που περιγράφηκαν ανωτέρω, το BSSMAP και το RSM περιέχουν διάφορες διαδικασίες για να αντιμετωπίσουν την υπερφόρτωση γενικά, είτε των πόρων μετάδοσης είτε της ικανότητας υπολογισμού. Οι Προδιαγραφές περιγράφουν τα μηνύματα που μεταβιβάζουν την πληροφορία από το MSC στο BSC, από BSC στο MSC (ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ BSSMAP) και από BTS σε BSC (ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ RSM) ότι ο παραλήπτης πρέπει "να μειώσει την κυκλοφορία".

Ο σκοπός του ελέγχου υπερφόρτωσης είναι να μειωθεί η κυκλοφορία όσο πιο κοντά στην πηγή είναι δυνατό. Ας εξετάσουμε τις διαφορετικές περιπτώσεις:

- BTS σε BSC: δεν είναι σαφές πώς ένα BTS μπορεί να υπερφορτωθεί διαφορετικά από ότι σε ένα από τα κοινά κανάλια (και αυτό εξετάζεται από τις συγκεκριμένες διαδικασίες), δεδομένου ότι ένα BTS έχει ως σκοπό κανονικά να αντιμετωπίσει την ταυτόχρονη χρήση όλων των καναλιών ασύρματης λήψης του. Το μόνο πράγμα που φαίνεται ότι το BSC θα μπορούσε να κάνει σε απάντηση ενός μηνύματος ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ RSM είναι να θεωρήσει ότι μόνο μια μερίδα των καναλιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί:
- BSC στο MSC: η μόνη κυκλοφορία στη διεπαφή A που καθιερώνεται υπό έλεγχο του MSC αφορά τις κινητές κλήσεις τερματισμού. Μια πιθανή αντίδραση του MSC στο μήνυμα ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗΣ BSSMAP είναι μετά να απορρίψει μια μερίδα των κινητών κλήσεων τερματισμού παρά για να στείλει τα μηνύματα σελιδοποίησης. Αφ' ετέρου, αυτό μπορεί να γίνει από το BSC, και με ένα καλύτερο συσχετισμό με τα κορεσμένα κύτταρα MSC
- σε BSC: μια ένδειξη υπερφόρτωσης MSC μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το BSC για να μειώσει τον αριθμό κινητών προσβάσεων σταθμών που δέχεται, με τη χρησιμοποίηση ενός από τα διάφορα μέσα που περιγράφονται στη σελίδα βιβλίου 370.

## **SACCH ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ**

Όταν ο κινητός σταθμός είναι στην κατάσταση αφιέρωσης , διατίθεται πάντα ένα αμφίδρομο κανάλι της περιορισμένης χωρητικότητας (SACCH), εκτός από το κύριο κανάλι που μεταβιβάζει τις πληροφορίες για τις οποίες η σύνδεση υπάρχει. Το SACCH χρησιμοποιείται για ποικίλες λειτουργίες. Το κύριο στοιχείο, το οποίο δικαιολογεί την ύπαρξη του SACCH, αφορά το συνεχή έλεγχο της σύνδεσης σε ένα κινητό περιβάλλον: έλεγχος ισχύς μετάδοσης, έλεγχος προόδου συγχρονισμού και υποβολή έκθεσης μέτρησης. Ο δεύτερος ρόλος του SACCH είναι να μεταβιβαστούν οι γενικές πληροφορίες στον κινητό σταθμό.

### ***Έλεγχος ασύρματης μετάδοσης***

Στην κατεύθυνση downlink, το SACCH φέρνει τις εντολές σχετικές με την πρόοδο ελέγχου ισχύος και προόδου συγχρονισμού. Αυτές οι εντολές από το δίκτυο μεταφέρονται στο αποκαλούμενο LI- επιγραφή, ή στρώμα 1 επιγραφή, που σημαίνει ότι αυτό το άτυπο ιόν αναφέρεται στο φυσικό στρώμα στην ασύρματη διαδρομή στην αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου, και είναι επομένως σχηματοποιημένου έξω από το πεδίο του στρώματος συνδέσεων, ανεξάρτητα από τα φερμένα μηνύματα στα εσωτερικά πλαίσια στρώματος συνδέσεων. Η απαραίτητη στάθμη του ελέγχου ισχύος και της προόδου συγχρονισμού στέλνονται με ένα μήνυμα SACCH, π.χ. περίπου δύο φορές ανά το δεύτερο. Στη uplink κατεύθυνση, η ίδια επιγραφή υπάρχει, και περιέχει την αντίστοιχη "αναγνώριση" από τον κινητό σταθμό. Κωδικοποιείται με παρόμοιο τρόπο και περιλαμβάνει τις τιμές των δύο παραμέτρων σε χρήση στο τέλος της προηγούμενης περιόδου μέτρησης. Η πραγματική πρόοδος συγχρονισμού που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι ίση με αυτήν που διατάζεται, ενώ το πραγματικό επίπεδο δύναμης μπορεί να διαφέρει από αυτό που διατάζεται λόγω της μέγιστης εναλλαγής της ταχύτητα.

Η πρόοδος συγχρονισμού ρυθμίζεται αυτόνομα από το BTS. Αφ' ετέρου, η δύναμη μετάδοσης είναι βασικά ελεγχόμενη από το BSC. Το BSC αναλύει τις μετρήσεις, και χρησιμοποιεί τα μηνύματα ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ MS RSM και ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΥΝΑΜΗΣ RSM BS για να μεταβιβάσει τις απαιτήσεις στο BTS.

Οι εκθέσεις των μετρήσεων στέλνονται από τον κινητό σταθμό στο uplink SACCH σε κάθε πιθανή ευκαιρία, και τουλάχιστον μία φορά το δευτερόλεπτο. Η ακριβής προδιαγραφή απαιτεί ότι, μεταξύ οποιωνδήποτε δύο διαδοχικών πετυχημένων μηνυμάτων uplink SACCH, το λιγότερο το ένα θα είναι μήνυμα ΕΚΘΕΣΕΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ RIL3-RR. Σε ένα βασικό σχέδιο, το BTS παράγει ένα μήνυμα προς το BSC (ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ RSM) σε κάθε περίοδο μέτρησης (περίπου δύο φορές ανά δευτερόλεπτο) αυτό το μήνυμα δείχνει εάν ένα μήνυμα μέτρησης παραλήφθηκε ή όχι από τον κινητό σταθμό, μεταβιβάζει το περιεχόμενό του στην πρώτη περίπτωση, και περιλαμβάνει το αποτέλεσμα των μετρήσεων που εκτελούνται από το BTS. Όλα αυτά τα στοιχεία υποβάλλονται σε επεξεργασία έπειτα από το BSC για την προετοιμασία ελέγχου και παράδοσης ισχύος μετάδοσης.

Τα σχέδια που περιγράφονται ανωτέρω καθορίζονται εντελώς στις *Προδιαγραφές*. Εντούτοις, παρουσιάζουν μια σοβαρή ατέλεια: οδηγούν σε ένα πολύ ουσιαστικό σήμα φορτίου στη διεπαφή Abis. Οι γάντζοι έχουν εισαχθεί στο πρωτόκολλο για ένα σχέδιο όπου περισσότερη επεξεργασία εκτελείται BTS (και λιγότερη στο BSC), ώστε να μειωθεί η ροή πληροφοριών στο ενδιάμεσο. Αυτό το εναλλακτικό σχέδιο περιγράφεται μόνο στις *Προδιαγραφές*, δεδομένου ότι τα μηνύματα ή τα στοιχεία μηνυμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεν είναι απόλυτα που διευκρινισμένα (RSM ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ. ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ RSM, ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΙΤΗΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ RSM ΚΑΙ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ RSM και μηνύματα ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ RSM, και οι ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΣΧΥΟΣ και στοιχεία πληροφοριών ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΣΧΥΟΣ BS). Για αυτά τα μηνύματα να χρησιμοποιηθούν, οι συμπληρωματικές προδιαγραφές απαιτούνται από το χειριστή ή τον κατασκευαστή. Μέσα σε αυτούς τους περιορισμούς, ο έλεγχος ισχύος μετάδοσης μπορεί να αναληφθεί εξ ολοκλήρου από το BTS, ενδεχομένως με μερικές παραμέτρους (π.χ., μέγιστη ισχύ) που οργανώνονται και τροποποιούνται από το BSC. Η προετοιμασία παράδοσης είναι μια πιο δυσνόητη επιχείρηση. Η προ-επεξεργασία των μετρήσεων στο BTS μπορεί να είναι οτιδήποτε από κανένα (το βασικό σχέδιο) μέχρι να περιλαμβάνει τον πίνακα απόφασης για να προκαλέσει μια παράδοση είναι απαραίτητες ή χρήσιμες, εκτιμήσεις φορτίων. Στην τελευταία περίπτωση, το BSC θα επενέβαινε μόνο όταν χρειάζεται, για

να ελέγξει τις πτυχές διαθεσιμότητας φορτίων και καναλιών και για να προκαλέσει αποτελεσματικά την παράδοση.

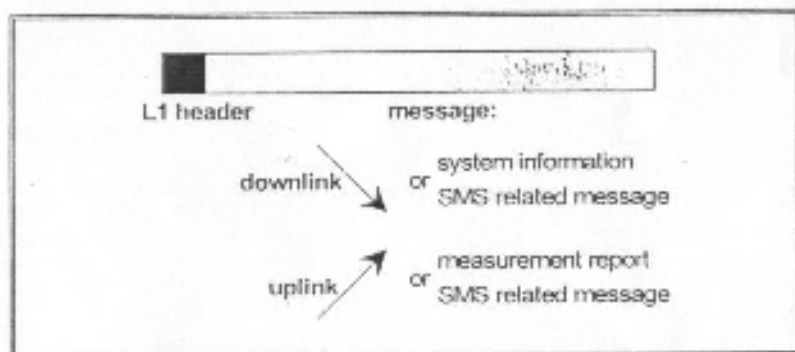
### ***Γενικές πληροφορίες***

Μια δεύτερη χρήση του SACCH είναι η μετάδοση γενικών πληροφοριών από το δίκτυο στον κινητό σταθμό. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν τις παραμέτρους συγκεκριμένες για τη ασύρματη σύνδεση, αλλά όχι για τα ανώτερα στρώματα, και που δεν είναι τόσο σημαντικό ώστε να απαιτηθεί το κλέψιμο των πληροφοριών χρηστών. Βασικά, η μετάδοση αυτών των παραμέτρων είναι χρήσιμο μόνο στην αρχή μιας σύνδεσης καναλιών (ειδικότερα μετά από μια παράδοση) και όταν αλλάζουν, το οποίο είναι πολύ σπάνιο. Εντούτοις, επειδή δεν υπάρχει κανένα υψηλό φορτίο στο downlink SACCH και επειδή αυτά τα μηνύματα δεν αναγνωρίζονται, ακυρώνονται συνεχώς ως σαν δουλειά του παρασκηνίου. Έχουν κάποια σχέση με τη ραδιοφωνική μετάδοση μηνυμάτων σε όλους τους κινητούς σταθμούς σε ένα κύτταρο το BCCH (ΤΥΠΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR I σε 4 μηνύματα), που θα περιγραφεί σε ένα πιο πρόσφατο τμήμα, και τα ονόματά τους (ο ΤΥΠΟΣ 5 και 6 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR) απεικονίζει αυτήν την ομοιότητα. Εντούτοις, το περιεχόμενο πληροφοριών τους είναι διαφορετικό μόνο ένα μέρος της ασύρματης μετάδοσης πληροφοριών στο BCCH πρέπει να σταλεί σε έναν κινητό σταθμό στην δεσμευμένη κατάσταση. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν:

- παράμετροι για τον έλεγχο της διαδικασίας μέτρησης (κατάλογος συχνοτήτων που ελέγχουν, διαλογή BSIC, ένδειξη συχνότητας BCCH)
- παράμετροι για τον έλεγχο για τον εντοπισμό αποτυχίας ασύρματων συνδέσεων (δείτε τη σελίδα βιβλίου 417)
- απαιτήσεις για την εφαρμογή uplink της ασυνεχούς μετάδοσης: και άλλες πληροφορίες που δεν είναι καμίας άμεσης σχετικότητας στην παρούσα κατάσταση των προδιαγραφών (ταυτότητα κυττάρων).

Ο όγκος αυτών των πληροφοριών αφορά τη διαδικασία μέτρησης. Πρέπει να διαπιστωθεί ότι, μετά από μια παράδοση, ο κινητός σταθμός πρέπει να αναμείνει την υποδοχή αυτών των πληροφοριών πριν αρχίζει την υποβολή έκθεσης μέτρησης.

Το SACCH χρησιμοποιείται πάντα και στις δύο κατευθύνσεις για την πραγματική μετάδοση, για να επιτρέψει στην άλλη πλευρά για να κάνει τις αξιόπιστες μετρήσεις και για να ανιχνεύσει τις αποτυχίες των ασύρματων συνδέσεων. Αυτός είναι ο λόγος της συνεχούς αποστολής μηνυμάτων downlink ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR και uplink μηνυμάτων ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ RIL3-RR, όταν δεν πρέπει να σταλεί τίποτα άλλο.



Σχήμα 1.40 - Περιεχόμενα SACCH

Εκτός από τα μηνύματα σχετικά με την μετάδοση μικρών μηνυμάτων, η βασική χρήση του SACCH αφορά την αναφορά των μετρήσεων από το MS στο BTS, και την αποστολή γενικών πληροφοριών από το BTS στο MS ( 5 ή 6 μηνύματα τύπου πληροφορίες συστήματος RIL3-RR)

Μια τελευταία χρήση του SACCH συνίσταται στη μεταφορά των σύντομων μηνυμάτων όταν το κύριο κανάλι είναι ένα TCH/F. Αυτή η ικανότητα επιτρέπει στον κινητό σταθμό είτε να στείλει είτε να λάβει τα σύντομα μηνύματα ενώ συμμετέχει σε μια επικοινωνία με το κύριο κανάλι. Αυτή η κατάσταση αντιπροσωπεύει στην πραγματικότητα την μοναδική περίπτωση στη φάση I όπου δύο ανεξάρτητες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες μπορούν να είναι παρεχόμενες παράλληλα.

Όσο αφορά τα σύντομα μηνύματα, οι λειτουργίες του BTS σχηματίζουν είναι περιορισμένες στη διαχείριση του φυσικού στρώματος και του στρώματος συνδέσεων που περιγράφεται στο κεφάλαιο 5. Η πραγματική απόφαση να σταλεί ένα σύντομο μήνυμα λαμβάνεται από άλλες οντότητες δικτύων. Για την αποστολή των γενικών πληροφοριών, αφ' ετέρου, δεν θα ήταν αποδοτικό να ζητηθεί μια μηχανή εκτός από το BTS για να αποφασίσει σχετικά με κάθε μεμονωμένη αποστολή ενός μηνύματος ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR. Το BTS είναι έπειτα υπεύθυνο για την επανάληψη αυτών των μηνυμάτων στο SACCH. Το BSC παρέχει μόνο τις

πληροφορίες σχετικά με αυτά τα μηνύματα όταν τα περιεχόμενα τους είναι τροποποιημένα, χρησιμοποιώντας για αυτόν το λόγο το μήνυμα ΓΕΜΙΣΜΑ SACCH RSM. Η διαδικασία είναι τέτοια που οι πληροφορίες δεν παρέχονται σε μια βάση σύνδεσης, αλλά σε μια βάση TRX.

Το σχήμα 1.40 συνοψίζει τους διαφορετικούς τύπους πληροφοριών που διέρχεται το SACCH, και το uplink και το downlink, και που δρομολογήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί η χρήση 100% του καναλιού.

### **ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ**

Η διαδικασία επαναπροσδιορισμού συχνότητας χρησιμοποιείται για να αλλάξει τις ιδιότητες συχνότητας του καναλιού συχνότητα-περιοδών που χρησιμοποιείται από έναν κινητό σταθμό στο συγχρονισμό με άλλους κινητούς σταθμούς, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι αλλαγές των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στο κύτταρο.

Είναι μια πολύ απλή διαδικασία, εκ πρώτης όψεως, αυτό συνίσταται απλώς στην αποστολή ενός μηνύματος στον κάθε ενδιαφερόμενο κινητό σταθμό, το μήνυμα ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ RIL3-RR, καθώς επίσης και ένα μήνυμα σε κάθε αντίστοιχη συσκευή BTS. Εντούτοις, δεν υπάρχει κανένα μήνυμα RSM που καθορίζεται για αυτόν το λόγο, και η διαχείριση ενός επαναπροσδιορισμού συχνότητας μεταξύ BSC και BTS πρέπει να χρησιμοποιήσει μια διαδικασία από το πρωτόκολλο λειτουργίας και συντήρησης BSC- BTS για την διαμόρφωση των παραμέτρων RF στο BTS για να διατάξει τη διαμόρφωση του BTS. Το μήνυμα ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ RIL3-RR περιλαμβάνει και έναν αρχικό χρόνο και τις νέες παραμέτρους συχνότητας (ο κατάλογος συχνοτήτων καθώς επίσης και του MAIO και του HSN, όπως εξηγείται στη σελίδα βιβλίου 360), και τον αρχικό χρόνο που μπορεί να τεθεί στο BTS από το πρωτόκολλο λειτουργίας και συντήρησης σχετικά με τη διεπαφή Abis (το διοικητικό BTS πρωτόκολλο, BTSM). Αυτή η παρούσα κατάσταση χαλά τη λειτουργική διάσπαση μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, όπως ένα μήνυμα BTSM χρησιμοποιείται για τη σε πραγματικό χρόνο διαχείριση των συνδέσεων.



## ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΗ ΑΝΑΜΕΤΑΔΟΣΗ ΓΕΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Έχουμε δει σε αυτό το κεφάλαιο ότι κάποιες πληροφορίες τεχνικής φύσης απαιτούνται από τους κινητούς σταθμούς στη κατάσταση μη απασχόλησης, όπως η διαμόρφωση των κοινών καναλιών. Περισσότεροι λόγοι για την ανάγκη τέτοιων πληροφοριών θα εκτεθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Αυτό το στοιχείο είναι τακτικά ραδιοφωνική μετάδοση στο BCCH. Καλύπτει τα στοιχεία της διαφορετικής φύσης που αναφέρονται εδώ και εκεί σε αυτό το κεφάλαιο και στο επόμενο. Αυτό το τμήμα θα ενεργήσει ως περίληψη για την περιγραφή αυτών των πληροφοριών.

Το BCCH είναι ένα κανάλι χαμηλής χωρητικότητας, ικανό να διαβιβάσει ένα μακροχρόνιο μήνυμα 23-octet κάθε 0.235 δευτερόλεπτα. Είναι επομένως ένας λιγιστός πόρος. Το επαναληπτικό ποσοστό για τα διαφορετικά στοιχεία πληροφοριών πρέπει να επιλεχτεί ως ανταλλαγή μεταξύ της χρήσης του πόρου BCCH και του προκύπτοντος χρόνου για τον κινητό σταθμό για να αποκτηθεί η πρόσβαση στις πληροφορίες. Κατά συνέπεια, διάφορα μηνύματα έχουν καθοριστεί που περιέχουν το διαφορετικό περιεχόμενο και που έχουν τη διαφορετική περιοδικότητα. Τα στοιχεία ραδιοφωνικής μετάδοσης θα απαριθμηθούν τώρα μαζί με τη χρήση και το επαναλαμβανόμενο ποσοστό τους: η διαταγή περιγραφής τους είναι βασισμένη στην κινητή φάση σταθμών στην οποία οι πληροφορίες απαιτούνται.

### *Πληροφορίες επιλογής κυττάρων*

Ένα σημαντικό μέρος των πληροφοριών μετάδοσης συσχετίζεται με τη διαδικασία επιλογής κυττάρων. Κάποιες πληροφορίες αυτού του είδους κατευθύνονται επίσης προς τους κινητούς σταθμούς των γειτονικών κυττάρων. Αυτές οι πληροφορίες θα εξεταστούν στο κεφάλαιο 7, όταν θα περιγραφούν τα κριτήρια επιλογής κυττάρων. Περιλαμβάνει την ταυτότητα περιοχής θέσης και τις διάφορες παραμέτρους που προσκρούουν στην επιλογή πρόσβασης, συμπεριλαμβανομένης της ένδειξης εάν το κύτταρο φράζεται για την πρόσβαση ή όχι. Οι αντίστοιχες παράμετροι *Προδιαγραφών* λέγονται LAI , τις ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΚΥΤΤΑΡΩΝ και ( σημαία CELL\_BAR\_ACCESS) τις ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥ RACH.

Το ποσοστό μετάδοσης ασκεί άμεση επίδραση στο χρόνο που χρειάζεται ένας κινητός σταθμός για να περιλάβει το κύτταρο στον κατάλογο σύγκρισής του, από τη στιγμή που παραλαμβάνεται σωστά το BCCH από αυτόν τον κινητό σταθμό. Αυτό δεν είναι ένας τέτοιος αυστηρός περιορισμός, αλλά οι πληροφορίες εντούτοις μεταδίδονται σε ένα υψηλό ποσοστό: 2 περιστατικά από τα 4, και ακόμη και περισσότεροι στην περίπτωση της ένδειξης CELL\_BAR\_ACCESS που είναι μέρος κάθε ενιαίου μηνύματος BCCH. Αξίζει ότι, ακόμα και όταν χρησιμοποιούνται διάφορες χρονικές αυλακώσεις για τα κοινά κανάλια ελέγχου, οι κινητοί σταθμοί που βρίσκονται αυτήν την περίοδο στα κύτταρα γειτόνων ακούνε μόνο το BCCH στην TN 0. Επομένως, το ποσοστό μετάδοσης σε άλλες χρονικές αυλακώσεις δεν χρειάζεται να είναι τόσο συχνό. Για τη χάρη της απλότητας, εν τούτοις, οι προδιαγραφές είναι οι ίδιες για άλλες χρονικές αυλακώσεις όπως για το πρωταρχικό BCCH.

Ένας άλλος περιορισμός προσκρούει στις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για την επιλογή κυττάρων. Οι κινητοί σταθμοί στα γειτονικά κύτταρα πρέπει να ακούσουν στο sub-channel σελιδοποίησής τους. Δεδομένου ότι η επανάληψη στο PACH είναι ένα πολλαπλάσιο του 51 X8 BP, η προσοχή πρέπει να ληφθεί στο ότι η σχετική θέση του sub-channel σελιδοποίησης και οι πληροφορίες επιλογής κυττάρων στα μηνύματα BCCH δεν οδηγούν ποτέ σε μια συστηματική κάλυψη των τελευταίων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω δύο μηχανισμών:

- το μέγιστο ποσοστό sub-channel σελιδοποίησης είναι το μισό ποσοστό ενός BCCH. Επομένως, το sub-channel σελιδοποίησης μπορεί στη χειρότερη περίπτωση να καλύψει τα μισά από τα μηνύματα οποιουδήποτε BCCH, αλλά ποτέ όλα τα μηνύματα
- οι πληροφορίες επιλογής κυττάρων δεν διαβιβάζονται σε κάθε άλλο μήνυμα, αλλά σύμφωνα με το ακόλουθο σχέδιο: , μέσα, έξω, έξω, μέσα, μέσα, έξω, έξω...

Αυτές οι διαμορφώσεις οδηγούν στην κάλυψη, στη χειρότερη περίπτωση, κάθε δεύτερου περιστατικού των πληροφοριών επιλογής κυττάρου από οποιοδήποτε sub-channel σελιδοποίησης.

### ***Πληροφορίες για τις μη απασχόλησης λειτουργίες τρόπου***

Οι πληροφορίες για τις λειτουργίες στην κατάσταση μη απασχόλησης χρησιμοποιούνται από τους κινητούς σταθμούς μόλις επιλέξουν το κύτταρο και μείνουν εκεί για κάποιο χρόνο στη κατάσταση μη απασχόλησης. Περιλαμβάνουν τη διαμόρφωση των κοινών καναλιών, των γειτονικών κυττάρων που ελέγχουν και της διαμόρφωσης για τα μηνύματα μετάδοσης κυττάρων. Μόλις εδραιωθεί στο κύτταρο, ένας κινητός σταθμός θα ελέγξει τακτικά τις τιμές για τις αλλαγές· αυτός ο έλεγχος είναι πολύ αργού ποσοστού και το ποσοστό μετάδοσης επομένως προσκρούει μόνο στον αρχικό χρόνο εγκατάστασης.

Μια πρώτη ανάγκη έχει σχέση με διαμόρφωση κοινών καναλιών δηλ. .. Ο αριθμός χρονικών αυλακώσεων που χρησιμοποιούνται για τα κοινά κανάλια (αυτό είναι αρκετό για έναν δεδομένο κινητό σταθμό να ξέρει ποιες χρονικές αυλακώσεις χρησιμοποιούνται και ποιες να ακούσει), καθώς επίσης και οι παράμετροι που επιτρέπουν στον κινητό σταθμό για να υπολογίσει πού να βρεθεί το sub-channel σελοδοποίησής του. Αυτό βρίσκεται στην παράμετρο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ.

Μόλις στρατοπεδεύσει σε ένα κύτταρο, ο κινητός σταθμός πρέπει επίσης να ξέρει τον κατάλογο συχνοτήτων αναγνωριστικών σημάτων που θα ελέγχει. Αυτό βρίσκεται στην παράμετρο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ. Αυτό το στοιχείο είναι επίσης σχετικό για την κατάσταση αφιέρωσης, αλλά μόνο ως προκαθορισμένη αξία κατά τη διάρκεια του σύντομου χρόνου μεταξύ της πρόσβασης και της υποδοχής του πρώτου μηνύματος SACCH που περιέχει τις πληροφορίες. Λόγω αυτής της πιθανής χρήσης για τη μέτρηση που υποβάλλει έκθεση στην δεσμευμένη κατάσταση, αυτή η παράμετρος περιέχει έναν δυαδικό δείκτη (η σημαία BA\_IND) επιτρέποντας στον κατάλογο συχνοτήτων αναγνωριστικών σημάτων να αλλάζει κρατώντας το δίκτυο ενήμερο του οποίου κάποιο χρησιμοποιήθηκε από τον κινητό σταθμό στην αναφερόμενη μέτρησή του.

Τελικά, οι κινητοί σταθμοί που εξοπλίζονται για τη λήψη των σύντομων μηνυμάτων ραδιοφωνικής μετάδοσης πρέπει να ξέρουν εάν το κύτταρο παρέχει μια ραδιοφωνική

μετάδοση καναλιού κυττάρων (CBCH), καθώς επίσης και πού να το βρουν όπου μπορεί να εφαρμοστεί. Τα στοιχεία ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ CBCH και, εάν είναι απαραίτητο, πληροφορίες "ΚΙΝΗΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ CBCH" μεταδίδονται για αυτόν το λόγο.

Κάθε ένας από αυτούς τους τρεις τύπους πληροφοριών μεταδίδεται σε κάθε τέταρτο μήνυμα, δηλ., κατά προσέγγιση μια φορά ανά δευτερόλεπτο.

### ***Πληροφορίες που απαιτούνται για την πρόσβαση***

Πιο σύντομα ή αργότερα, ο κινητός σταθμός θα θελήσει να έχει πρόσβαση στο κύτταρο δηλ., για να λάβει ένα αμφίδρομο δεσμευμένο κανάλι για τις ανάγκες μετάδοσής του. Αυτό μπορεί να συμβεί στο σημείο της εισόδου μέσα στο κύτταρο, όταν απαιτείται η ενημέρωση θέσης ή για μια αποκατάσταση κλήσης. Οι κρίσιμοι χρονικοί περιορισμοί επομένως ισχύουν για μερικές από αυτές τις πληροφορίες.

Όπως εξηγείται στο τμήμα που εξετάζει την τυχαία πρόσβαση (δείτε τη σελίδα βιβλίου 368), μερικά μέσα ελέγχου είναι διαθέσιμος για BSC για να περιορίσουν τις προσπάθειες πρόσβασης, μέσω του μηχανισμού των "κατηγοριών πρόσβασης". Οι πληροφορίες BCCH επομένως περιλαμβάνουν τον κατάλογο κατηγοριών πρόσβασης που επιτρέπονται για την πρόσβαση και την ένδειξη εάν οι κλήσεις έκτακτης ανάγκης επιτρέπονται. Μια άλλη σημαία δείχνει εάν η αποκατάσταση κλήσης επιτρέπεται. Το BSC ελέγχει επίσης το σχεδιασμό των προσπαθειών και των επαναλήψεων πρόσβασης, και την αντίστοιχη μετάδοση των παραμέτρων. Όλες αυτές οι παράμετροι είναι μέρος των αποκαλούμενων ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ RACH.

Η κρίσιμότερη περίπτωση της πρόσβασης σε αυτές τις πληροφορίες είναι αποκατάσταση κλήσης. Οποιοδήποτε επιβράδυνση των διαδικασιών πρόσβασης σε αυτή την περίπτωση αυξάνει την πιθανότητα της απώλειας της κλήσης. Για αυτόν τον λόγο, όλες οι πληροφορίες ελέγχου πρόσβασης μεταδίδονται σε κάθε μήνυμα BCCH, δηλ., 4 φορές ανά δευτερόλεπτο.

Μόλις σταλεί το ΑΙΤΗΜΑ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL3-RR που εκρήγνυται στο RACH, πρέπει να αποκωδικοποιήσει ο κινητός σταθμός το αντίστοιχο μήνυμα ανάθεσης καναλιών που στείλνεται από το δίκτυο, ενδεχομένως. Δεδομένου ότι ένα τέτοιο μήνυμα πρέπει να ταιριάζει σε έναν ενιαίο φραγμό, το μήκος του μπορεί να πάρα πολύ κοντό σε περίπτωση περιοδεύουσας συχνότητας για να στείλει μια πλήρη περιγραφή των χαρακτηριστικών συχνότητας καναλιών. Επομένως, όπως εξηγείται στη σελίδα βιβλίου 361, μέρος των πληροφοριών περιγραφής καναλιών, εφαρμόσιμο σε όλες τις αρχικές αναθέσεις, μεταδίδεται τακτικά (μια φορά ανά δευτερόλεπτο), στην παράμετρο ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτές οι πληροφορίες αντιστοιχούν στον κατάλογο όλων των συχνοτήτων που να χρησιμοποιηθούν για τα αφιερωμένα κανάλια στο κύτταρο, αν και χρειάζεται μόνο αυτά μόνο τον κατάλογο που περιέχει όλες τις συχνότητες που θα χρησιμοποιηθούν για την αρχική ανάθεση καναλιών στο κύτταρο.

Αυτός ο κατάλογος είναι κρίσιμες πληροφορίες για την πρόσβαση, δεδομένου ότι οι άλλες παράμετροι συχνότητας του διατιθέμενου καναλιού δεν μπορούν να γίνουν κατανοητές από τον κινητό σταθμό χωρίς αυτές. Εντούτοις, ένας κινητός σταθμός θα μπορούσε τέλεια να αρχίσει τη διαδικασία πρόσβασης (δηλ. .. να στείλει ένα μήνυμα ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΝΑΛΙΩΝ RIL3-RR) πριν αποκωδικοποιήσει τον αντίστοιχο φραγμό BCCH, και επομένως να περιμένει έως ότου γίνει αυτό και έτσι μετά την παραλαβή της αρχικής ανάθεσης από το δίκτυο, πριν πραγματικά να έχει πρόσβαση στο δεσμευμένο κανάλι. Οι Προδιαγραφές δεν είναι σαφείς σε αυτό το σημείο, και φαίνεται ένας καλός τρόπος να βελτιωθεί η απόδοση της αποκατάστασης κλήσης.

### ***Πληροφορίες για τους κινητούς σταθμούς στην δεσμευμένη κατάσταση***

Αρκετά παράξενα, μέρος των πληροφοριών μετάδοσης στο BCCH δεν έχει καμία εφαρμογή εκτός από μετά από την πρόσβαση, δηλ. .. για τους κινητούς σταθμούς στην δεσμευμένη τρόπο. Αυτές οι πληροφορίες, που δίνονται πάλι στο SACCH, περιλαμβάνουν τις παραμέτρους για να ελέγξουν την υποβολή έκθεσης των μετρήσεων, ειδικότερα οι πληροφορίες διαλογής BSIC που περιλαμβάνονται στην ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ PLMN παράμετρο, στην οποία θα επιστρέψουμε στο κεφάλαιο 7. Περιλαμβάνει επίσης το "δείκτη ελέγχου ισχύος" που αντιμετωπίσαμε στο τμήμα που

εξετάζει τις μετρήσεις, καθώς επίσης και την ένδειξη εάν οι κινητοί σταθμοί είναι υποχρεωμένοι, απαγορευμένοι ή επιτρεπόμενοι να χρησιμοποιήσουν uplink ασυνεχούς μετάδοσης. Αυτές οι τρεις ενδείξεις συμπεριλαμβάνονται σε μια παράμετρο ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ.

Αυτές οι πληροφορίες δεν αντέχουν κανέναν πραγματικό περιορισμό συγχρονισμού η απουσία τους θα είχε πράγματι λίγη επίπτωση στην απόδοση του συστήματος. Στέλνεται σε κάθε τέταρτο μήνυμα.

### ***Ταυτότητα κυττάρων***

Το τελικό κομμάτι των πληροφοριών που βρίσκεται για το BCCH είναι ολόκληρη η ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΥΤΤΑΡΩΝ η οποία στέλνεται σε κάθε τέταρτο μήνυμα. Αυτό το στοιχείο δεν έχει καμία άμεση χρήση όσο το περιεχόμενο των Προδιαγραφών μπορεί να αναλυθεί, αν και φαίνεται υποχρεωτικό λόγω των γενικών κανονισμών ασύρματης μετάδοσης. Εκτός από αυτό, μπορεί να είναι χρήσιμο για εξεταστικούς λόγους των δικτύων.

### ***Σχέδιο και περιεχόμενο μηνυμάτων***

Τα διαφορετικά στοιχεία που περιγράφονται ανωτέρω ομαδοποιούνται σε τέσσερα διαφορετικά μηνύματα για GSM900, με τα μη-πληροφοριακά ονόματα του ΤΥΠΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ 1 έως 4. Πρόσθετες ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΤΥΠΟΥ 2BIS ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR έχουν καθοριστεί για το DCS1800, προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόσθετο μήκος του καταλόγου συχνοτήτων που προέρχονται από τον αριθμό διαθέσιμων συχνοτήτων. Σε όλα αυτά τα μηνύματα στέλνονται σύμφωνα με 8 X (51 X 8)BP, ο οποίος περιλαμβάνει 8 περιστατικά μηνυμάτων κατά μια διάρκεια περίπου 2 δευτερολέπτων. Ο σχεδιασμός εκτελείται σύμφωνα με την περιγραφή του ΤΥΠΟΥ 1 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RIL3-RR πινάκων 1.9. και 2 στέλνονται τουλάχιστον μία φορά κάθε 2 δευτερόλεπτα, και στον ΤΥΠΟ 3 και 4 στέλνεται τουλάχιστον κάθε δευτερόλεπτο.

Οι πληροφορίες μετάδοσης γεμίζουν από το BSC. Οι περισσότερες από τις παράμετροι αναφέρονται στη διαμόρφωση συστημάτων, και υπό αυτήν τη μορφή τίθεται από το OSS που τις δείχνει στο BSC ως τμήμα της γενικής διαχείρισης διαμόρφωσης. Μερικές παράμετροι πρέπει να ρυθμιστούν δυναμικά, και οι τιμές τους μπορούν να αλλάξουν ως αποτέλεσμα της τοπικής παρατήρησης. Αυτό είναι κυρίως για τις παραμέτρους ελέγχου RACH. Αναφορικά με την κατηγορία πρόσβασης, μπορεί να ελεγχθεί από BSC μόνο, από OSS μόνο ή και από τους δύο αυτό είναι μια επιλογή της εφαρμογής.

Συμβάντα(υπόλοιπο 8)	Πιθανά μηνύματα: ΠΙΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
0	1, ή 2, 3, 4, ή 2 bits
1	2
2	3
3	4
4	1, 2, 3, 4, ή 2 bits
5	1, 2, 3, 4, ή 2 bits
6	3
7	4

Πίνακας 1.9 - Δρομολόγηση BCCH μηνυμάτων

4 τύποι μηνυμάτων BCCH μεταδίδονται χρησιμοποιώντας μια περίοδο από 8 συμβάντα, που αντιστοιχούν σε διάρκεια περίπου δύο δευτερολέπτων.

#### ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

Η έννοια της ασύρματης διαχείρισης των πόρων ως συγκεκριμένη περιοχή εισάγεται βασικά στο **GSM TS 04.07** και στο **GSM TS 04.08** (η ασύρματη προδιαγραφή πρωτοκόλλων εφαρμογής διεπαφών), στην έναρξη της παραγράφου 3.

Οι λειτουργικές περιγραφές μπορούν να βρεθούν σε μερικά θέματα στις 03 σειρές. Το **GSM TS 03.09** εξετάζει τη λειτουργία παράδοσης (σχεδόν μόνο από την άποψη του MSC), και το **GSM TS 03.13** εξετάζει την ασυνεχή υποδοχή.

Ο έλεγχος ισχύος, η υποβολή έκθεσης μέτρησης και η προετοιμασία παράδοσης περιγράφονται λεπτομερώς στην πρόοδο συγχρονισμού **GSM TS 05.08**. και οι πτυχές συγχρονισμού εξετάζονται στο **GSM TS 05.10**, όπου τα διαφορετικά είδη παράδοσης περιγράφονται.

Το GSM TS 04.04 περιγράφουν το περιεχόμενο της LI-επιγραφής στα SACCH μηνύματα.)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Το πλάνο διαχείρισης των ραδιο- πόρων, που μελετήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, καλύπτει πλευρές του σήματος πολύ σχετικές με το ραδιο- διεπαφή του GSM. Το πλάνο διαχείρισης επικοινωνίας, που θα δούμε σε αυτό το κεφάλαιο, καλύπτει, αντίθετα, λειτουργίες με μικρή ιδιομορφία, που αναπτύσσονται με τρόπο πολύ κοντά με αυτό των αντιστοίχων σε ISDN. Ενδιάμεσα, βρίσκονται μερικές άλλες λειτουργίες, μη συγκεκριμένες για τη ραδιο διεπαφή, αλλά προς το παρόν ιδιαίτερες στα κυψελοειδή δίκτυα. Αυτές οι λειτουργίες δεν καλύπτονται από τις προδιαγραφές πρωτοκόλλου ISDN, και ομαδοποιούνται σε ένα ενδιάμεσο λειτουργικό πλάνο.

Αυτή η διαμόρφωση κατ' εξαίρεση οδηγεί σε ένα μάλλον ανόμοιο σύνολο λειτουργιών σε αυτό το πλάνο. Δύο συνδεδεμένες ομάδες διακρίνονται. Η πρώτη περιλαμβάνει τις λειτουργίες που καθίστανται απαραίτητες από τις κινήσεις του συνδρομητή. Αυτή η διαχείριση της κινητικότητας έχει δώσει το γενικό όνομα του λειτουργικού πλάνου. Περιλαμβάνει δύο πλευρές: πώς ο κινητός σταθμός αλληλεπιδρά με ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον, και πώς η υποδομή διαχειρίζεται τα στοιχεία θέσης συνδρομητών, για να επιτρέψουν την αποδοτική καθιέρωση των κλήσεων προς τους συνδρομητές GSM.



Εάν το μερίδιο για την κινητικότητα των συνδρομητών και της αυτόματης διαχείρισής της είναι θεμελιώδης υπηρεσία σε ένα κυψελοειδές δίκτυο, θίγει επίσης μερικά τεχνικά προβλήματα, τα οποία ενισχύονται επίσης στο GSM από την έννοια της περιπλάνησης μεταξύ των δικτύων που χρησιμοποιήθηκαν ανεξάρτητα. Η μελέτη της κινητής πλευράς σταθμών θα κεντροθετηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιλεγεί το κύτταρο και το δίκτυο, όταν υπάρχει μια επιλογή. Η διαχείριση των στοιχείων θέσης συνδρομητών όσον αφορά την πλευρά υποδομής είναι η άλλη πλευρά του προβλήματος, και έχει σχέση με την απόκτηση και την ενημέρωση των πληροφοριών θέσης που απαιτούνται για να καθοδηγήσουν τις κλήσεις προς έναν συνδρομητή GSM που μπορεί να κινηθεί μεταξύ των κυψελίδων ή ακόμα και των δικτύων.

Η δεύτερη ομάδα σχετίζεται με τη διαχείριση των χαρακτηριστικών ασφάλειας του GSM, τα οποία μπορούμε να πούμε ότι είναι τα μέτρα προστασίας ενάντια στην εξαπάτηση και την δυνατότητα να κρυφακούσει κανείς στη ραδιο- διεπαφή.

Και οι δύο ομάδες μοιράζονται τις κοινές πλευρές όταν εξετάζεται η εφαρμογή. Περιλαμβάνουν τους ίδιους εξοπλισμούς, και αλληλεπιδρούν με κάποιες διαδικασίες. Και στις δυο περιπτώσεις, η Μονάδα Ταυτότητας Συνδρομητών (SIM) και ο Κατάλογος Εγγώριας Θέσης διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο. Μερικές μικρές σχετικές λειτουργίες προστίθενται σε αυτές τις δύο ομάδες, σύμφωνα με τη διαμόρφωση των προδιαγραφών. Εξετάζονται γρήγορα στο τελευταίο τμήμα αυτού του κεφαλαίου.

## **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΧΩΡΟΥ**

Η κινητικότητα των συνδρομητών έχει σημαντικές τεχνικές συνέπειες στην υποδομή, αλλά έχει επίσης τη σημαντική συνέπεια σύμφωνα με την οποία η υπηρεσία που παρέχεται σε έναν δεδομένο συνδρομητή αλλάζει καθώς αυτός κινείται, λόγω της ραδιο διάδοσης (μπορεί να κινηθεί εκτός κάλυψης), επειδή η συνδρομή του μπορεί να περιοριστεί γεωγραφικά και επειδή μπορεί να εξυπηρετηθεί από τα διαφορετικά δίκτυα, που παρέχουν διαφορετικές υπηρεσίες.

Στην αδρανή κατάσταση, ο κινητός σταθμός πρέπει να επιλέξει ένα κύτταρο από το οποίο αναμένει να λάβει την προσπάθεια κλήσης προς τους συνδρομητές. Σε αυτή την προσπάθεια, ο κινητός σταθμός ακούει το κανάλι σελιδοποίησης και χορήγησης πρόσβασης (PAGGH). Τότε λέμε ότι **“στρατοπεδεύει”** στο κύτταρο αυτό. Ο τρόπος

με τον οποίο ο κινητός σταθμός πρέπει να επιλέξει σε ποιο κύτταρο ή σε ποιο δίκτυο θα “στρατοπεδεύσει” εξαρτάται πολύ από αυτές τις εκτιμήσεις των υπηρεσιών. Θα παρουσιάσουμε έπειτα τις λειτουργίες διαχείρισης της κινητικότητας, αρχίζοντας από μια επισκόπηση, συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την υπηρεσία που παρέχεται στους συνδρομητές. Μερικοί είναι διοικητικής φύσης, άλλοι είναι θέμα διάδοσης, και ακόμα άλλοι προέρχονται από τη συμπεριφορά του συστήματος, όπως ο έλεγχος συμφόρησης. Αυτό θα επιτρέψει την παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο ο κινητός σταθμός επιλέγει (ή βοηθά το χρήστη για να επιλέξει) μεταξύ των δικτύων και μεταξύ των κυττάρων, εξηγώντας τη λογική πίσω από αυτές τις επιλογές του σχεδιασμού. Μόνο τότε θα αντιμετωπίσουμε την πλευρά υποδομής, που ορίζει το πώς η υποδομή παρακολουθεί της θέσης των συνδρομητών.

## **ΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ**

Στο σύστημα της σταθερής τηλεφωνίας, η υπηρεσία όπως αυτή ορίζεται στον συνδρομητή εξαρτάται την τηλεφωνική γραμμή του δικτύου με την οποία είναι ο συνδρομητής συνδεδεμένος, και έτσι με τον τόπο. Για παράδειγμα, ο τρόπος με τον οποίο ένας καλούμενος αριθμός εισάγεται, η τιμή της επικοινωνίας, οι πρόσθετες υπηρεσίες που μπορούν να είναι διαθέσιμες, όλοι εξαρτώνται από τη θέση. Οι σταθεροί χειριστές δικτύων εργάζονται προς την εναρμόνιση, αλλά η διαδικασία είναι πολύ μεγάλη. Οι συνέπειες αυτών των διαφορών είναι εντούτοις δευτερεύουσες στο σταθερό σύστημα. Σε ένα σύστημα όπου οι χρήστες κινούνται, η κατάσταση είναι αρκετά διαφορετική. Το GSM έχει σχεδιαστεί για να επιτρέψει τη διεθνή κάλυψη, παραδείγματος χάριν στους χρήστες του GSM900 θα προσφερθεί μια πανευρωπαϊκή περιοχή συστημάτων. Ένας συνδρομητής θα είναι σε θέση να πάρει την πλήρη πρόσβαση στην υπηρεσία από πολλές χώρες στην Ευρώπη με μια ενιαία

συνδρομή. Εντούτοις, προκειμένου να προσαρμοστεί το σύστημα στους διάφορους τύπους χρηστών, διάφορα επίπεδα υπηρεσίας μπορούν να προσφερθούν στη γεωγραφική βάση. Παραδείγματος χάριν, οι χειριστές GSM μπορούν να προσφέρουν στους πελάτες τους τις διαφορετικές επιλογές συνδρομής, κυμαινόμενες από μια (φτηνή) συνδρομή που περιορίζεται στο μέρος της χώρας (περιφερειακή συνδρομή) μέχρι μια (ακριβότερη) συνδρομή που καλύπτει ολόκληρη την περιοχή, που καλύπτεται από δίκτυα GSM900. Αυτή η δυνατότητα επεκτείνεται με τη SIM roaming. Εάν οι κατάλληλες συμφωνίες υπάρχουν, η συνδρομή επεκτείνεται στα

δίκτυα άλλων τύπων. Εφόσον η SIM διεπαφή είναι κοινή για όλα τα βασισμένα σε GSM συστήματα, ο συνδρομητής ενός δικτύου GSM900 μπορεί να λάβει την υπηρεσία από ένα δίκτυο DCS1800, και αμοιβαία, υπό τον όρο ότι χρησιμοποιεί έναν προσαρμοσμένο κινητό εξοπλισμό.

Προκειμένου να ρυθμιστεί αυτή η ευελιξία, η συνδρομή στο GSM καθορίζεται γύρω από την κύρια έννοια PLMN ("δημόσιο κινητό δίκτυο"). Αυτή η έννοια θα αναπτυχθεί μαζί με την περιγραφή των άλλων πτυχών της διαχείρισης.

Η συνδρομή αφ' ενός, και ο περιορισμός κάλυψης αφετέρου, έχουν επίδραση στις υπηρεσίες αντίκτυπου ένας χρήστης έχουν πρόσβαση όταν κινείται. Ένα πρώτο τραχύ τμήμα διακρίνει τρία επίπεδα:

- η “κανονική υπηρεσία”, όπου ο χρήστης μπορεί να κληθεί και να καλέσει, χρησιμοποιώντας όλες τις υπηρεσίες στις οποίες είναι συνδρομητής (τουλάχιστον αυτές που μπορεί το δίκτυο υπηρεσίας να παρέχει)
- η “περιορισμένη υπηρεσία”, όπου η μόνη δυνατότητα που απομένει στον χρήστη είναι η δυνατότητα κλήσεων επείγουσας ανάγκης (συνήθως στην περιοχή κάλυψης, αλλά χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα δικαιώματα της συνδρομής)
- η “χωρίς υπηρεσία” περίπτωση, όπου ο χρήστης είναι συνήθως εκτός κάλυψης δικτύου από οποιοδήποτε συμβατό δίκτυο.

Ας δούμε, όμως περισσότερες λεπτομέρειες που καθορίζουν το επίπεδο της υπηρεσίας που παρέχεται στον συνδρομητή.

### ***Πτυχές της Διαχείρισης***

#### ***Η Έννοια του PLMN***

Η ανάπτυξη των τεχνικών προδιαγραφών του GSM ήταν ταυτόχρονη με την οργάνωση μιας πανευρωπαϊκής υπηρεσίας από τους δυνάμει χειριστές GSM. Τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά διαχείρισης του συστήματος έχουν επηρεαστεί βαθειά από το πλαίσιο των ευρωπαϊκών τηλεπικοινωνιών, και διάφορα από αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα έχουν αφήσει τα σημάδια τους στις τεχνικές προδιαγραφές GSM.

Το Ευρωπαϊκό σύστημα GSM διαιρείται σε διάφορα χωριστά λειτουργικά δίκτυα, κάθε ένα από τα οποία χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα από τα άλλα. Κάθε ένα από αυτά τα δίκτυα καλείται PLMN (δημόσιο κινητό δίκτυο εδάφους - ο όρος είναι γενικότερος από τη συγκεκριμένη χρήση του στην προδιαγραφή). Ένας από τους περιορισμούς, πιθανώς προερχόμενος από την οργάνωση του CEPT, είναι ότι η εμπορική περιοχή κάλυψης κάθε PLMN είναι περιορισμένη μέσα στα σύνορα μιας χώρας. Τα PLMN των διαφορετικών χωρών μπορεί εντούτοις να επικαλύψουν λίγο στις παραμεθώριες περιοχές (τα ραδιο κύματα δεν έχουν λαμβάνουν υπόψη τα πολιτικά σύνορα). Οι περισσότερες χώρες έχουν διάφορα PLMNs, όπου οι περιοχές κάλυψης επικαλύπτονται εν μέρει ή εντελώς: ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαδικασιών είναι ο κανόνας του παιχνιδιού. Προς το παρόν, οι άδειες για τη λειτουργία GSM900 ή GSM1800 στην Ευρώπη έχουν χορηγηθεί συνήθως σε δύο ή τρεις χειριστές ανά χώρα. Ο χειριστής μπορεί να είναι ιδιωτική επιχείρηση ή διαχειριστής. Ο συνολικός αριθμός ευρωπαϊκών χειριστών που κρατούν μια άδεια GSM ήταν της τάξεως των 25 το 1992.

## **Roaming**

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ομαδοποίηση κάποιων λειτουργικά ανεξάρτητων PLMNs σε ένα ενιαίο σύστημα ανοικτό στο roaming, στο οποίο οι χρήστες μπορούν να κινήθουν και να κρατήσουν την πρόσβαση στην υπηρεσία, είναι δυνατή εάν μόνο μερικοί όροι ικανοποιούνται. Αρχικά, τα PLMNs δίκτυα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους. Αυτό απαιτεί καθορισμένους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των PLMN. Δεύτερον, ένας συνδρομητής πρέπει να έχει κάποιον εξοπλισμό, ώστε να μπορεί να έχει πρόσβαση σε διαφορετικά δίκτυα. Όπως αναπτύχθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, το GSM είναι σχεδιασμένο να υποστηρίζει MS- roaming, όπου το κομμάτι του εξοπλισμού είναι ο κινητός σταθμός (χάρη στις τυποποιημένες GSM900 ή GSM1800 ραδιο διεπαφές), και επιπλέον ανοίγει το δρόμο για το SIM roaming, όπου το κομμάτι του εξοπλισμού είναι μόνο η SIM.

Η διεπαφή του αέρα και η διεπαφή ανάμεσα στα PLMN είναι οι μόνες απαιτήσεις τυποποίησης που απαιτούνται για να παρέχουν την MS- Roaming. Για SIM-Roaming, η τυποποίηση της διεπαφής PLMN απαιτείται ακόμα, αλλά η μόνη άλλη απαίτηση είναι μια κοινή διεπαφή μεταξύ της SIM και του κινητού εξοπλισμού (SIM-ME διεπαφή).

## Συνδρομή

Ένας πελάτης GSM έχει μια σχέση συνδρομής με ένα μοναδικό PLMN δίκτυο. Αυτό το συγκεκριμένο PLMN καλείται **οικείο PLMN** του συνδρομητή. Η υπηρεσία μπορεί να ληφθεί από άλλα δίκτυα PLMN, με εξάρτηση μεταξύ άλλων όρων από τη συνδρομή. Στις *προδιαγραφές*, ο όρος επισκευμένου PLMN (ή VPLMN) χρησιμοποιείται μερικές φορές για να αναφερθεί σε ένα PLMN εκτός από το οικείο PLMN. Προκειμένου να αφαιρεθούν οι ασάφειες, αυτός ο όρος θα χρησιμοποιηθεί σε αυτό το βιβλίο μόνο όταν είναι να αναφερθεί ρητά ότι το PLMN που αναφέρεται δεν είναι το οικείο PLMN του συνδρομητή. Σε άλλες περιπτώσεις, π.χ. όταν η σχέση με τη συνδρομή δεν είναι σχετική, θα χρησιμοποιηθεί ο όρος "PLMN", ή "η εξυπηρέτηση PLMN".

Οι πληροφορίες συνδρομής περιλαμβάνουν το σύνολο υπηρεσιών που επιλέγονται από το χρήστη, όπως και τις περιφερειακές ή διεθνείς εξουσιοδοτήσεις. Η κλήση έκτακτης ανάγκης είναι η μόνη υπηρεσία που είναι διαθέσιμη οπουδήποτε στο σύστημα, όποιοι και αν είναι οι όροι συνδρομής. Στην πραγματικότητα, αυτή η υπηρεσία μπορεί ακόμη και (στα περισσότερα δίκτυα PLMN) να είναι ανοικτή στις ανώνυμες κλήσεις, π.χ. κλήσεις για τις οποίες καμία ταυτότητα συνδρομητών δεν αναφέρεται. Σε αυτήν την περίπτωση, η SIM δεν είναι απαραίτητη, και ένας κινητός εξοπλισμός χωρίς SIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης. Η πρόσβαση στην κανονική υπηρεσία είναι φυσικά ένα διαφορετικό θέμα: το οικείο PLMN, τα PLMN που επισκευτήκαμε και οι εξουσιοδοτήσεις συνδρομής έχουν έναν ρόλο που διαδραματίζουν.

### ***Δυνατότητα πρόσβασης PLMN***

Θα εξετάσουμε τώρα λεπτομερέστερα τους διαφορετικούς όρους που διέπουν την πρόσβαση σε ένα δεδομένο PLMN, λαμβάνοντας υπόψη τις συμφωνίες roaming και τους περιορισμούς συνδρομών. Για να κάνει αυτό, θα ακολουθήσουμε έναν συνδρομητή αποκαλούμενο Allan.

## Πρόσβαση στο οικείο PLMN

Ανάλογα με την συνδρομή του, ο Allan μπορεί να έχει πρόσβαση στην κανονική υπηρεσία σε ολόκληρη την περιοχή που καλύπτεται από το οικείο του PLMN, ή μόνο σε ένα μέρος της. Η τελευταία περίπτωση αναφέρεται ως περιφερειακή συνδρομή. Προς το παρόν, το οικείο PLMN είναι το μοναδικό στο οποίο μια περιφερειακά περιορισμένη πρόσβαση είναι δυνατή, σε μια βάση συνδρομής. Σε άλλη περίπτωση, δεν υπάρχει κανένα τεχνικό πρόβλημα αν και ο τρόπος που ο κινητός σταθμός επιλέγει κύτταρα στη φάση 1 των προδιαγραφών λαμβάνει αυτόν τον περιορισμό υπόψη. Αυτό θα αλλάξει στη φάση 2, και οι τοπικές συνδρομές σε μερικά τοπικά PLMN δίκτυα θα προσφέρονται, εάν το εμπορικό ενδιαφέρον αξίζει την πολυπλοκότητα των βημάτων διαχείρισης.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, τα τοπικά όρια των ζωνών συνδρομής περιορίζονται από την απαίτηση να μην υπάρχουν κομμάτια VLR περιοχών. Ένα VLR αφορά ένα ή περισσότερα MSC, όπου κάθε ένα ελέγχει έναν αριθμό κυττάρων. Οι περιοχές κάλυψης όλων αυτών των κυττάρων διαμορφώνουν την περιοχή VLR. Θα ήταν πιο εύκαμπτο για τους χειριστές να ενεργοποιήσει τη διαχείριση της περιφερειακής συνδρομής σε μικρότερη βάση, και πράγματι ο περιορισμός θα λειτουργούσε εύκολα από μια αλλαγή του πρωτοκόλλου καταλόγων διά-θέσης. Σε αυτήν την περίπτωση οι ζώνες συνδρομής θα αποτελούνταν από τις περιοχές θέσης (που εισάγονται στο κεφάλαιο 1). Ακόμη καλύτερα θα είναι σε ένα κύτταρο ανά βάση κυττάρων, επειδή οι περιοχές θέσης πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένες, ώστε να ισορροπηθεί η ολοένα ενημερωνόμενη κυκλοφορία θέσης με την κυκλοφορία σελιδοποίησης, και θα ήταν ευκολότερο να φθάσουμε σε αυτό το βέλτιστο κυκλοφορίας χωρίς ανάμιξη των πτυχών διαχείρισης, όπως τα όρια της περιφερειακής συνδρομής. Εντούτοις, δεν υπάρχει κανένας απλός τρόπος να πάμε πιο χαμηλά από το επίπεδο περιοχής θέσης χωρίς μια μεγάλη αύξηση στην τεχνική πολυπλοκότητα. Επειδή ο κατάλογος κυττάρων που συνθέτουν μια περιοχή συνδρομής εξελίσσεται συνεχώς με την επέκταση και τον επανασχηματισμό δικτύων, ο κινητός σταθμός δεν μπορεί να ξέρει αυτόν τον κατάλογο εκ των προτέρων. Μόνο το οικείο PLMN του Alan γνωρίζει αυτές τις πληροφορίες. Ο κινητός σταθμός πρέπει να μάθει σε πραγματικό χρόνο εάν η κανονική υπηρεσία μπορεί να παρασχεθεί ή όχι σε ένα δεδομένο κύτταρο, με μερικούς τρόπους έρευνας. Αυτό θα ήταν πολύ δαπανηρό από την άποψη της

σηματοδότησης, εκτός αν γίνονταν ταυτόχρονα με την ενημέρωση θέσης, και αυτό είναι δυνατό εάν και μόνο εάν τα σύνορα περιοχής συνδρομής είναι επίσης σύνορα περιοχής θέσης. Αυτό ήταν η επιλογή, και η διαδικασία ενημέρωσης θέσης έχει επίσης τη λειτουργία της επαλήθευσης της εξουσιοδότησης συνδρομής στην περιοχή θέσης.

### **Πρόσβαση σε PLMN της ίδιας χώρας**

Οι κανόνες για το roaming σε PLMN της ίδιας χώρας, όπως το οικείο PLMN είναι μια από τις πτυχές των προδιαγραφών που είχαν συνεχίσει να εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των προτύπων. Η φάση 1 του GSM900 και η φάση 1 του DCS1800 παρέχουν διαφορετικές απόψεις, για να μην αναφέρουμε τις πιο πρόσφατες φάσεις.

Στην φάση 1 του GSM900, όλα τα PLMN εκτός από το οικείο PLMN αντιμετωπίζεται στην ίδια

βάση για την επιλογή, ανεξάρτητα από τη χώρα τους. Η πρόσβαση σε αυτά μπορεί να επιτραπεί ή όχι, εξαρτώμενη μεταξύ των άλλων όρων των επιλογών συνδρομής, αλλά πάντα βάσει "παντού" ή "πουθενά" μέσα στην περιοχή κάλυψης PLMN.

Όταν η φάση 1 του DCS1800 τυποποιήθηκε, υπήρξε μια ισχυρή θέληση να εισαχθεί μια λίγο περισσότερο ελεγχόμενη μορφή ανταγωνισμού μεταξύ των χειριστών της κάποιας χώρας. Οι χειριστές ζήτησαν έναν μηχανισμό από τον οποίο οι συνδρομητές άλλου PLMN κάποιας άλλης χώρας δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν σε μια (συνήθως χαμηλής πυκνότητας) περιοχή όπου ένα απλό PLMN παρέχει την κάλυψη, εκτιμώντας ότι αυτοί οι ίδιοι συνδρομητές θα μπορούσαν να φραχτούν σε άλλες (συνήθως υψηλής πυκνότητας) περιοχές όπου διάφορα άλλα PLMN παρέχουν κάλυψη. Ένας τέτοιος μηχανισμός θα επέτρεπε σε κάθε χειριστή να εγκαταστήσει μόνο μέρος της υποδομής που απαιτείται για την πλήρη κάλυψη των μικρής κυκλοφορίας περιοχών, παρέχοντας ταυτόχρονα συνολικά μια πλήρη σε εθνικό επίπεδο, υπηρεσία για τους πελάτες. Αυτός ο μηχανισμός εισήχθη στο DCS1800 από τη φάση 1, και καλείται "εθνικό roaming". Επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε μέρη των PLMN στην ίδια χώρα, με τα μέρη αυτά να επιλέγονται με συμφωνίες μεταξύ των χειριστών και όχι από τη συνδρομή. Οι σχετικές περιοχές

μπορούν στην πραγματικότητα να εξελιχθούν με την επέκταση των δικτύων, χωρίς το συνδρομητή να γνωρίζει άμεσα αυτές τις αλλαγές.

Όσον αφορά την περιφερειακή συνδρομή, η εθνική περιπλάνηση εκτελείται σε μια βάση περιοχής θέσης, για τους ίδιους λόγους. Ο κινητός σταθμός πρέπει να μάθει από τις προσπάθειες ενημέρωσης θέσης ποιές περιοχές θέσης είναι αποδεκτές ή όχι. Στις μελλοντικές φάσεις, ο μηχανισμός του εθνικού roaming θα είναι μέρος τόσο του GSM900 όσο και του DCS1800.

### **PLMN άλλων χωρών**

Η πρόσβαση σε PLMN δίκτυα άλλων χωρών διαφορετικών από τη χώρα του οικείου PLMN είναι εφικτή από συνδρομητές που έχουν το παραπάνω δικαίωμα από τη συνδρομή τους. Τότε, η πρόσβαση είναι εφικτή για ολ'οκληρή την περιοχή του PLMN. Αυτό το χαρακτηριστικό αναφέρεται ως «διεθνικό roaming».

Εφόσον PLMN μπορούν να δημιουργούνται ανά πάσα στιγμή, ο κινητός σταθμός δεν μπορεί να διατηρεί μια λίστα των συνδρομητών στα PLMN. Θα μάθει εάν ένα PLMN δέχεται έναν συνδρομητή ή όχι από προσπάθειες ενημέρωσης θέσης.

### ***Περιορισμοί Κινητού Σταθμού***

Επειδή η υπηρεσία που παρέχεται στον Allan μπορεί να εξαρτάται από το PLMN που χρησιμοποιείται για πρόσβαση, ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για έναν σταθμό είναι πώς επιλέγει ή πώς βοηθά τον Allan να επιλέξει το PLMN που θα του παρεχει την υπηρεσία, ενώ αρκετά άλλα είναι διαθέσιμα. Επιπλέον, ένας αριθμός επιπρόσθετων λεπτομεριών μπορούν να αλλάξουν όταν το PLMN που εξυπηρετεί αλλάζει, όπως είναι το κόστος και το τοπικό σχήμα κλήσης. Επιπλέον, ο Allan χρειάζεται να είναι ενήμερος (και εάν είναι δυνατόν, να ελέγχει την επιλογή) του PLMN που τον εξυπηρετεί.

Η επιλογή PLMN είναι ένα από τα θέματα που τίθενται υπό συζήτηση ακόμα και μετά το πάγωμα της φάσης 1. Υπάρχουν μερικές διαφορές ανάμεσα στα GSM900 και DCS1800, και πολύ πιο σημαντικές διαφορές ανάμεσα στη φάση 1 και 2. Το όλο θέμα προκύπτει από τη σύγκρουση δύο αντίθετων στόχων: γρήγορη απόκριση του κινητού σταθμού στην αλλαγή στη διαμόρφωση του διαθέσιμου PLMN από τη μία,



και το χρόνο ζωής από την άλλη. Κάθε λύση αποτελεί έναν συμβιβασμό ανάμεσα στα δυο άκρα.

*Γρήγορη απόκριση MS στην διαθεσιμότητα του PLMN...*

Αν η κατανάλωση ισχύος δεν ήταν σε κίνδυνο, η λύση θα ήταν να αφήσουμε τον κινητό σταθμό να εξερευνά ολόκληρο το GSM900 (ή το DCS1800) φάσμα για τα BCCH. Θα ανίχνευε τότε, κάθε διαθέσιμο νέο PLMN και θα το λάμβανε υπόψη στον αλγόριθμο επιλογής.

*...Ενάντια στη μικρή κατανάλωση ισχύος*

Ο έλεγχος του ραδιο- περιβάλλοντος για τις συχνότητες αναγνωριστικών σημάτων είναι μια λειτουργία που κοστίζει κατανάλωση ισχύος. Η χρόνος ζωής μπαταριών είναι μια πολύ σημαντική πτυχή ενός φορητού κινητού σταθμού: κανένας συνδρομητής δεν θα δεχόταν μια τέτοια συσκευή εάν απαιτείται ανεφοδιασμός σε καύσιμα κάθε δεύτερη ώρα... Επομένως, μια τάση είναι να προσπαθήσει να περιοριστεί όσο το δυνατόν περισσότερο η αναζήτηση των γειτονικών κυττάρων που γίνεται από τον κινητό σταθμό.

Το σχέδιο που υιοθετήθηκε για τη φάση 1 του GSM900 είναι ένα ακραίο παράδειγμα αυτής της μεθόδου: ο κινητός σταθμός στην κανονική υπηρεσία ελέγχει μόνο τα κύτταρα στο ίδιο PLMN και στη γειτονική περιοχή του κύτταρο που εξυπηρετεί. Για αυτόν τον λόγο, το κύτταρο που εξυπηρετεί μεταδίδει τον κατάλογο των συχνοτήτων αναγνωριστικών σημάτων που χρησιμοποιούνται από τα γειτονικά κύτταρα. Αυτό το σχήμα είναι επαρκές για περιορισμένη κατανάλωση ισχύος, αλλά όχι για να βρούμε εναλλακτικά PLMN όταν ο χρήστης κινείται σε περιοχή επικάλυψης. Η συμπεριφορά που προκύπτει δεν είναι η βέλτιστη, όπως φαίνεται από τους χειριστές των PLMN: θα προτιμούσαν ο κινητός σταθμός να κάνει τη σωστή επιλογή, ιδιαίτερα όταν το οικείο PLMN γίνεται διαθέσιμο για έναν κινητό σταθμό, ο οποίος εξυπηρετούνταν από ένα άλλο PLMN.

Στις περιπτώσεις, όπου ο κατάλογος των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από τα γειτονικά κύτταρα δεν είναι διαθέσιμος, ή πιο γενικά όταν μια επιλογή PLMN πρέπει να λάβει χώρα, ο κινητός σταθμός θα πρέπει να αναζητήσει ολόκληρο το φάσμα.

### ***Ραδιο- εκτιμήσεις***

Οι εκτιμήσεις διαχείρισης δεν είναι, κατά πολύ, ο παράγοντας που καθορίζει την υπηρεσία που ένα δεδομένο κύτταρο παρέχει σε έναν συνδρομητή. Μια πολύ βασική πτυχή είναι η μετάδοση μεταξύ του σταθμού βάσεων και του κινητού σταθμού να προσφέρει μια καλή ποιότητα. Οι ραδιο εκτιμήσεις διάδοσης πρέπει έπειτα να περιέχονται στο κριτήριο για την επιλογή του κυττάρου που εξυπηρετεί. Στην αδρανή κατάσταση, το μόνο πράγμα που ο κινητός σταθμός πρέπει να κάνει είναι να ακούσει τη μετάδοση πληροφοριών από το κύτταρο που βρίσκεται (συμπεριλαμβανομένων των αιτημάτων σελιδοποίησης). Εάν επρόκειτο να λάβουμε μόνο αυτό υπόψη, κατόπιν το καλύτερο κύτταρο που επιλέγει θα ήταν απλά αυτή που έχει το καλύτερη επίπεδο ή ποιότητα υποδοχής. Αλλά ο κανόνας στο GSM είναι ότι όταν θέλει να ανταλλάξει ένας κινητός σταθμός τις πληροφορίες με το δίκτυο, π.χ. στην οργάνωση μιας κλήσης μετά από αίτημα του χρήστη, ή για να απαντήσει σε μια σελιδοποίηση, πρέπει να το κάνει στο κύτταρο που βρίσκεται. Θα μπορούσε να είναι διαφορετικά: κάποιος θα μπορούσε να φανταστεί ότι ο κινητός σταθμός επιλέγει το κύτταρο για να επικοινωνήσει την έσχατη στιγμή. Φυσικά, τίποτα δεν αποκλείει το δίκτυο να εκτελέσει μια παράδοση πολύ σύντομα αφότου έχει λάβει ένα αίτημα κλήσης. Αυτός ο μηχανισμός, αποκαλούμενος "κατευθυνόμενη επαναπροσπάθεια", είναι εντούτοις μακριά από τον συστηματικό μηχανισμό στα δίκτυα GSM: στη γενική περίπτωση, η κλήση θα μείνει για κάποιο χρόνο στο ίδιο κύτταρο όπως και στην ανενεργό κατάσταση.

Λόγω αυτής της επιλογής το κύτταρο που «στρατοπεδεύει» πρέπει επίσης να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στο καλύτερο κύτταρο, στην οποία μια πιθανή σύνδεση θα οργανωθεί. Κατά συνέπεια, η ποιότητα της υποδοχής από τον κινητό σταθμό δεν πρέπει να είναι η μόνη παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη, αλλά και η ποιότητα της υποδοχής από το σταθμό βάσεων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Αυτό δεν μπορεί να μετρηθεί άμεσα στην ανενεργό κατάσταση, δεδομένου ότι ο κινητός σταθμός δεν διαβιβάζει, αλλά μπορεί να προέλθει από τις μετρήσεις υποδοχής και από τη μέγιστη δύναμη που ο κινητός σταθμός μπορεί να χρησιμοποιήσει για τη μετάδοση.

Ένα κριτήριο που χρησιμοποιείται για να επιλέξει ένα κύτταρο στην ανενεργό κατάσταση συνδυάζει το επίπεδο υποδοχής του κινητού σταθμού στη συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων, τη μέγιστη δύναμη μετάδοσης του κινητού σταθμού και διάφορων παραμέτρων ανάλογα με το κύτταρο (και ραδιοφωνική μετάδοση στο BCCH). Ο ακριβής αλγόριθμος περιγράφεται αργά (δείτε την περιγραφή του C1 κριτηρίου, σελίδα βιβλίου 453).

### ***Έλεγχος Φορτίων Συστήματος***

Η συμφόρηση είναι ένας κίνδυνος που υπάρχει σε οποιοδήποτε σύστημα τηλεπικοινωνιών. Η κινητικότητα αλλάζει ελαφρώς τις βάσεις του προβλήματος. Οι παραλλαγές κυκλοφορίας είναι μεγαλύτερου εύρους, δεδομένου ότι προέρχονται όχι μόνο από την αλλαγή της κυκλοφορίας ανά συνδρομητή, αλλά και από τις κυκλοφορίες των συνδρομητών. Παραδείγματος χάριν, μια αθλητική εκδήλωση μπορεί να δει μια τεράστια συγκέντρωση των συνδρομητών κινητών σε μια μικρή θέση στην ίδια στιγμή. Επίσης, επειδή οι συνδρομητές δεν συνδέονται φυσικά με ένα κύτταρο, μπορούν "να κινηθούν" από ένα κορεσμένο κύτταρο προς άλλο εάν ο δεύτερος μπορεί να παρέχει την υπηρεσία. Μια άλλη πτυχή προς εξέταση σχετικά με την επιλογή κυττάρων είναι ο τρόπος με τον οποίο ένα δίκτυο μπορεί να ελέγξει τη διανομή κυκλοφορίας μεταξύ των κυττάρων. Δύο μηχανισμοί υπάρχουν, ένας εκ των οποίων προσκρούει στην επιλογή κυττάρου.

Το δίκτυο μπορεί να φράξει εντελώς ένα κύτταρο ενάντια στην πρόσβαση από όλους τους κανονικούς συνδρομητές. Αυτό το «φραγμένο» καθεστώς υποδεικνύεται στη μετάδοση πληροφοριών από το κύτταρο, στην CELL\_BAR\_ACCESS σημαία που περιγράφεται στο κεφάλαιο 1. Ένας τέτοιος μηχανισμός χρησιμοποιείται όταν ένα BTS είναι ανίκανο να λειτουργήσει κατάλληλα, π.χ. για λόγους συντήρησης. Μπορεί επίσης να αποδειχθεί πρακτικό όταν ιδρύει ο χειριστής το νέο κύτταρο και εκτελεί τις δοκιμές σε αυτήν πριν ανοίξει για την κανονική λειτουργία. Κινητά δοκιμής (που αγνοούν το «φραγμένο» καθεστώς, και δεν προσαρμόζονται στις προδιαγραφές) είναι σε θέση να εγκαταστήσουν τις συνδέσεις με τέτοια κύτταρα για δοκιμαστικούς λόγους. Μια άλλη πιθανή εφαρμογή της φραγής κυττάρων αφορά αυτές που περιορίζονται στην πρόσβαση παράδοσης.

Η φραγή κυττάρων είναι τρόπος ελέγχου για όλα ή για τίποτα, ο οποίος πρέπει να ληφθεί υπόψη από τους κινητούς σταθμούς για την επιλογή κυττάρων στην ανενεργή κατάσταση. Το GSM περιλαμβάνει επίσης έναν λεπτότερο μηχανισμό, που ονομάζεται μηχανισμός κατηγορίας πρόσβασης, ο οποίος επιτρέπει την εκλεκτική πρόσβαση ορισμένων κινητών σταθμών σε ορισμένα κύτταρα. Ο σκοπός του είναι να αντιμετωπίσει τις ανώμαλα υψηλές καταστάσεις φορτίων ή έκτακτης ανάγκης κυκλοφορίας, αλλά δεν επηρεάζει την επιλογή κυττάρων. Παραδείγματος χάριν, ένας κινητός σταθμός μπορεί τέλεια να επιλέξει και να «στρατοπεδεύσει» σε ένα κύτταρο, η οποία την ίδια την στιγμή δεν θα μπορεί να δεχτεί ένα αίτημα σύνδεσης από αυτόν τον ιδιαίτερο κινητό σταθμό (ακόμη και για τους λόγους ενημέρωσης θέσης), λόγω ενός προσωρινού υψηλού φορτίου. Επιτρέποντας ένα κύτταρο, εντούτοις, να επιλεγεί, μπορούμε να αποφύγουμε τη διάδοση της κατάστασης συμφόρησης στα γειτονικά κύτταρα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα επιλογής στις προδιαγραφές όπου μια σφαιρική βελτιστοποίηση, αξιολογημένη σε διάφορα κύτταρα, ευνοείται έναντι της τοπικής βελτίωσης. Το θέμα της κατηγορίας πρόσβασης έχει αναπτυχθεί ήδη στην κατάλληλη θέση, στο κεφάλαιο διαχείρισης των ραδιο- πόρων.

### ***Περιοχές Καταχώρησης και Θέσης***

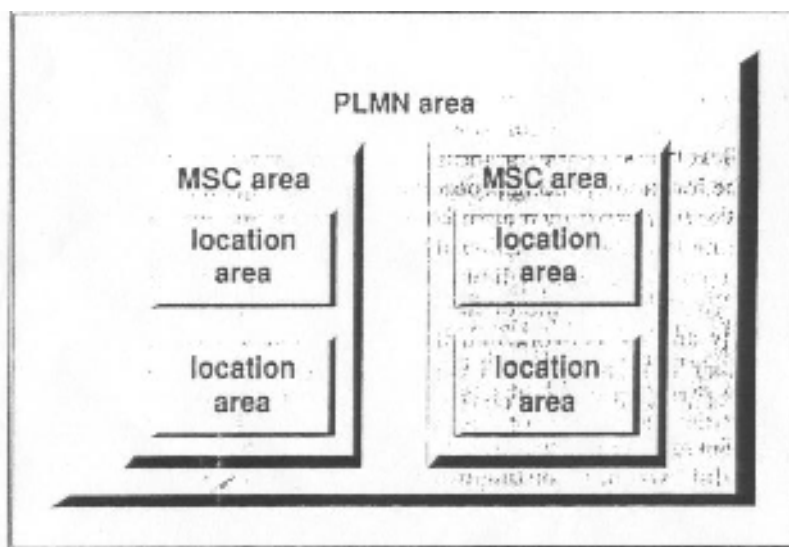
Τέλος, ένα σημαντικό σημείο που λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή PLMN και κυττάρων είναι ότι το δίκτυο πρέπει να είναι σε θέση να καθοδηγήσει τις κλήσεις προς το συνδρομητή. Η υποδομή πρέπει να γνωρίζει κάποιες ελάχιστες πληροφορίες που αφορούν τη θέση του συνδρομητή. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να παρασχεθούν μόνο από τον κινητό σταθμό, και η υπηρεσία που παρέχεται στο χρήστη εξαρτάται από τη συνέπεια μεταξύ της θέσης που αξιολογείται αυτήν την περίοδο από την υποδομή και το κύτταρο που επιλέγεται από τον κινητό σταθμό. Έπειτα, είναι απαραίτητο να εξετάσουμε γενικά, το πώς η υποδομή συμπεριφέρεται στις κλήσεις προς τους συνδρομητές GSM.

Προκειμένου να αποφευχθούν απώλειες της σηματοδότησης, το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε ένας συνδρομητής να αναζητείται (σελιδοποιημένος) μόνο σε μερικά κύτταρα του συστήματος, όταν πρέπει να δημιουργηθεί μια κλήση προς αυτόν. Τα κύτταρα ομαδοποιούνται στις περιοχές θέσης, και ένας κινητός σταθμός σελιδοποιείται χαρακτηριστικά μόνο στα κύτταρα μιας περιοχής θέσης, όταν φθάνει μια εισερχόμενη κλήση (δείτε τις βασικές έννοιες της διαχείρισης θέσης, στο

κεφάλαιο 1). Επομένως, ο κινητός σταθμός πρέπει να ενημερώσει το σύστημα για την περιοχή θέσης στην οποία ο συνδρομητής πρέπει να σελιδοποιηθεί. Αυτό γίνεται από μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης. Αφ' ετέρου, το δίκτυο πρέπει να αποθηκεύσει την παρούσα περιοχή θέσης κάθε συνδρομητή: αυτή η αποθήκευση είναι εσωτερικοί κατάλογοι θέσης, όπως θα εκτεθεί λεπτομερώς μαζί με την περιγραφή της διαδικασίας ενημέρωσης θέσης. Κάθε αλλαγή της περιοχής θέσης βάζει ένα πρόσθετο φορτίο, όχι μόνο στη ραδιο πορεία, αλλά και στους εξοπλισμούς υποδομής: Ο μηχανισμός επιλογής κυττάρων, επομένως, περιλαμβάνει μερικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να περιορίσει τον αριθμό ενημερώσεων θέσης.

### Περιοχές Θέσης

Για προφανείς τεχνικούς λόγους, οι προδιαγραφές επιβάλλουν ότι κάθε περιοχή θέσης είναι ένα υποσύνολο των κυττάρων ενός ενιαίου PLMN. Στην πραγματικότητα, λόγω του τρόπου που μια κινητή ολοκληρώνοντας μια κλήση καθοδηγείται στο δίκτυο, μια περιοχή θέσης πρέπει να περιλάβει τα κύτταρα που διαχειρίζονται από ένα ενιαίο MSC (βλέπε σχήμα 7.1). Αυτός ο περιορισμός σε ένα MSC θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, αλλά μόνο στην περίπτωση των σύνθετων διαδικασιών.



Σχήμα 7.1 Περιοχή θέσης σε σχέση με τις περιοχές PLMN και MSC

*Μια περιοχή θέσης μπορεί μόνο να περιέχει κύτταρα ενός μοναδικού MSC, σε ένα μοναδικό PLMN*

Μέσα σε αυτούς τους περιορισμούς, οι χειριστές έχουν την πλήρη ελευθερία να διαθέσουν τα κύτταρα στις περιοχές θέσης. Ο στόχος αυτής της λειτουργίας είναι να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση των πόρων, λαμβάνοντας υπόψη το φορτίο του σήματος στη ραδιο-πορεία (και από τη σελιδοποίηση και από τη θέση που ενημέρωσης), καθώς επίσης και το φορτίο επεξεργασίας των εξοπλισμών.

### **Ενημέρωση Θέσης**

Εάν ένας κινητός σταθμός θέλει να λάβει την κανονική υπηρεσία από ένα κύτταρο, και ειδικότερα για να λάβει κλήσεις, πρέπει να σιγουρευτεί ότι ο συνδρομητής του (που αντιπροσωπεύεται από SIM) εγγράφεται στην περιοχή θέσης αυτού του κυττάρου. Η κατάσταση εγγραφής του συνδρομητή, εκτός από περιπτώσεις αποτυχίας δικτύων ή μετά από κάποια πολύ μεγάλη περίοδο αδράνειας, μπορεί μόνο να αλλάξει έπειτα από πρωτοβουλία του κινητού σταθμού. Η έκβαση της τελευταίας προσπάθειας εγγραφής αποθηκεύεται στη SIM, όπως και η ταυτότητα της περιοχής θέσης. Εάν η αποθήκευση δείχνει επιτυχία, η κανονική υπηρεσία ισχύει αυτόματα, εάν οι κινητοί σταθμοί «στρατοπεδεύουν» στην ίδια περιοχή θέσης.

Η κατάσταση είναι διαφορετική εάν ο κινητός σταθμός είναι ενεργοποιημένος σε μια διαφορετική περιοχή θέσης από αυτή όπου στο τέλος επιτυχώς καταχωρήθηκε: Όταν οι κινητοί σταθμοί κινούνται σε μια θέση όπου ένα κύτταρο από μια άλλη περιοχή θέσης είναι ταιριάζει καλύτερα, ή όταν ο κινητός σταθμός προσπαθεί να πάρει την κανονική υπηρεσία σε ένα διαφορετικό PLMN. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, ο κινητός σταθμός πρέπει να προσπαθήσει να εγγράψει το συνδρομητή με την εκτέλεση μιας διαδικασίας ενημέρωσης θέσης πριν από τη στρατοπέδευση στο κύτταρο σε κανονική υπηρεσία.

### **Η Κατάσταση μετά την Ενημέρωση Θέσης**

Διάφορες εκβάσεις της ενημέρωσης θέσης είναι δυνατές. Με βάση τα δεδομένα, η διαδικασία ενημέρωσης θέσης κάνει κάτι περισσότερο από το να λείπει στο δίκτυο που ακριβώς είναι ο συνδρομητής. Παρέχει επίσης στο δίκτυο έναν μηχανισμό για να πει στον κινητό σταθμό εάν το κύτταρο μπορεί να χορηγήσει την κανονική υπηρεσία, να λάβει υπόψη τους περιορισμούς συνδρομής, εθνικοί περιορισμοί roaming, και τα λοιπά. Η καλύτερη έκβαση της διαδικασίας επιτυγχάνεται, όταν η διαδικασία τρέχει

σωστά και το δίκτυο δείχνει ότι είναι δυνατή η κανονική υπηρεσία. Τότε ο συνδρομητής εγγράφεται σωστά στο δίκτυο και ο κινητός σταθμός επιτρέπεται να «στρατοπεδεύσει» στο κύτταρο στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών.

Διάφορες εκβάσεις είναι δυνατές όταν οι εγγραφές δεν είναι επιτυχείς. Πρέπει να διακρίνουμε τις περιπτώσεις όπου η διαδικασία οργανώνεται σωστά (π.χ. το δίκτυο δεν απαντά ή απαντά ότι δεν μπορεί να δώσει μια απάντηση με νόημα). Αξίζει να αναφερθεί ότι οι προδιαγραφές βάζουν όλες αυτές τις περιπτώσεις μαζί σε μια κατηγορία "ανώμαλων περιπτώσεων", αλλά υπάρχει μια διαφορά μεταξύ της καμίας απάντησης και μιας κακής απάντησης!

Οι σημαντικές αρνητικές εκβάσεις μπορούν να είναι τριών ειδών, στους διαφορετικούς περιορισμούς που παρουσιάζονται στο τμήμα των διαχειριστικών πτυχών:

- Το κύτταρο μπορεί να ανήκει σε ένα PLMN που δεν υποστηρίζεται από τη συνδρομή. Οι μηχανισμοί διευκρινίζονται (κατάλογος "απαγορευμένων PLMN", δείτε περαιτέρω), έτσι ώστε τα κύτταρα αυτού του PLMN να μη δοκιμαστούν εκ νέου, εκτός αν προκύψει ρητό αίτημα από το χρήστη. Ένα νέο PLMN (και ως εκ τούτου ένα νέο κύτταρο) θα ψαχτεί, εάν επιδιώκεται η κανονική υπηρεσία.
- Το κύτταρο μπορεί να είναι σε μια περιοχή θέσης μη κατάλληλη, λόγω της περιφερειακής συνδρομής. Τότε, ο κανόνας είναι ότι ο κινητός σταθμός πρέπει να μείνει στο κύτταρο (και στο οικείο PLMN), αλλά μόνο η περιορισμένη υπηρεσία μπορεί να παρασχεθεί στο χρήστη. Υπάρχουν μερικοί λόγοι για αυτήν την επιλογή: Λόγω της υπονοούμενης υπόθεσης ότι, όταν ένας συνδρομητής έχει δικαίωμα μόνο στην περιφερειακή συνδρομή του οικείου PLMN, δεν επιτρέπεται από το χειριστή η πρόσβαση στο άλλο PLMN της ίδιας χώρας πιθανότατα: επομένως η έρευνα για άλλο PLMN δεν είναι ουσιαστική. Εντούτοις, αυτή η επιλογή οδηγεί σε μια ιδιαίτερη συμπεριφορά του κινητού σταθμού, όταν η συνδρομή καλύπτει ένα μέρος του οικείου PLMN και του ξένου PLMN. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι κινητοί σταθμοί θα ψάξουν αυτά τα άλλα PLMN μόνο κατά την αναχώρηση από την περιοχή κάλυψης του οικείου PLMN

- Στα DCS1800, το κύτταρο μπορεί να είναι σε μια περιοχή θέσης, η οποία δεν δέχεται τους roamers ενός άλλου PLMN της ίδιας χώρας. Όπως με μη-προσυπογραμμένος σε PLMN, υπάρχουν μηχανισμοί που συμπεριλαμβάνονται για να αποτρέψουν τις περαιτέρω προσπάθειες στα κύτταρα της ίδιας περιοχής θέσης. Επιπλέον, ο κινητός σταθμός θα κοιτάξει αμέσως για να δει εάν το οικείο PLMN είναι διαθέσιμο.

Ένα σημαντικό σημείο είναι ότι σε μερικές περιπτώσεις (εάν η απόρνηση προέρχεται από το οικείο PLMN ή από ένα PLMN που συνδέεται με το οικείο PLMN), ο συνδρομητής διαγράφεται επαρκώς στο HLR: είναι χαρακτηρισμένο στο δίκτυο ως η κατάσταση, όπου οι κλήσεις στους προορισμούς του μπορούν να καθιερωθούν. Τέτοιες κλήσεις είτε αυτές που κατευθύνονται σε μια ανακοίνωση, ή διαβιβάζονται σε έναν άλλο προορισμό, εάν ο συνδρομητής έχει ενεργοποιήσει την πορώθηση κλήσης, είτε απεριόριστα είτε ως μη εφικτές. Στις άλλες περιπτώσεις, ο συνδρομητής κρατά την ίδια κατάσταση εγγραφής HLR που είχε πριν από την προσπάθεια. Εντούτοις, θεωρείται ως διαγραφή από τον κινητό σταθμό, δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία ένδειξη από το δίκτυο για το τι συνέβη με την κατάσταση HLR.

Όταν ο κινητός σταθμός λαμβάνει μιας από τις αρνητικές απαντήσεις που απαριθμούνται παραπάνω, μπορεί να ψάξει ένα άλλο PLMN. Εάν κανένα από τα PLMN δεν είναι σε θέση να παρέχει την κανονική υπηρεσία, ο κινητός σταθμός πηγαίνει στην περιορισμένη κατάσταση υπηρεσιών.

Οι περιπτώσεις αποτυχίας της διαδικασίας είναι ακόμη και πιο πολύπλοκες. Οι λεπτομέρειες μπορούν να βρεθούν στις προδιαγραφές και δεν θα εξεταστούν εδώ. Βασικά, ο κινητός σταθμός θα δοκιμάσει άλλα κύτταρα (εκτός αν τα ραδιο- κριτήρια καθορίζουν έτσι) παρά την έλλειψη γνώσης για την υπηρεσία που μπορεί να παρασχεθεί στο χρήστη: αυτό είναι ένα σημαντικό σημείο. Υπάρχει μια πρώτη φάση κατά τη διάρκεια της οποίας ο κινητός σταθμός θα προσπαθήσει αρκετές φορές να πάρει μια απάντηση από το δίκτυο. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, ο κινητός σταθμός θα συμπεριφερθεί σαν να χορηγήθηκε η ίδια υπηρεσία όπως και πριν. Εάν όλες οι προσπάθειες αποτυγχάνουν κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, ο κινητός σταθμός μπαίνει σε μια ειδική κατάσταση, στην οποία δεν υποθέτει οποιαδήποτε κατάσταση εγγραφής στο δίκτυο. Προσπαθεί που και που, σε μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης, να βγει από αυτή τη μη ικανοποιητική κατάσταση. Ο κινητός



σταθμός δεν απορρίπτει ένα αίτημα από το χρήστη, αλλά αυτό το αίτημα προκαλεί τον κινητό σταθμό για να αρχίσει μια ενημέρωση θέσης, και ο κινητός σταθμός θα απορρίψει τελικά το αίτημα του χρήστη, εάν το δίκτυο δεν απαντά ακόμα θετικά.

## **ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΤΤΑΡΟΥ ΚΑΙ PLMN**

Οι μηχανισμοί επιλογής κυττάρου και PLMN καθορίζονται σχεδόν εξολοκλήρου στις προδιαγραφές. Στο προηγούμενο κομμάτι είδαμε τους διαφορετικούς παράγοντες που θα πρέπει να λάβουμε υπόψη, όπως επίσης και κάποιους πιο γενικούς μηχανισμούς. Ας δούμε, όμως παρακάτω τη λεπτομερή διαδικασία.

### ***Επιλογή PLMN***

Παρόλο που η επιλογή PLMN (όπως επίσης και η επιλογή κυττάρου) επηρεάζει μόνο τον κινητό σταθμό, συγκεκριμενοποιείται με επαρκείς λεπτομέρειες στις προδιαγραφές. Ένας από τους λόγους είναι να εναρμονιστεί κάπως η συμπεριφορά του κινητού σταθμού, έτσι ώστε μπορεί να είναι προβλέψιμη, όταν αλλάζει ένας χρήστης τον εξοπλισμό του, και επίσης, να αποφύγουν τη δυνατότητα μερικές εφαρμογές να προκαταλαμβάνουν την επιλογή PLMN και έτσι τον ανταγωνισμό μεταξύ των χειριστών.

Εντούτοις, οι προδιαγραφές δεν περιορίζουν συνολικά, και πρέπει να ολοκληρωθούν για μερικές οριακές περιπτώσεις από τους κατασκευαστές κινητών σταθμών. Θα αναφερθούμε σε αυτές τις περιπτώσεις, με μερικές από τις δυνατότητες που υπάρχουν σε αυτές. Αυτό που ο κινητός σταθμός πρέπει πραγματικά να κάνει είναι να επιλέξει ένα κύτταρο. Εντούτοις, υπάρχει μια σημαντική διαφορά μεταξύ της επιλογής του PLMN που εξυπηρετεί, και η της επιλογής του κυττάρου που εξυπηρετεί. Η πρώτη είναι υπό έλεγχο του χρήστη, εκτιμώντας ότι η δεύτερη είναι πλήρως αυτόματος. Η επιλογή PLMN είναι πολύ σημαντική για το χρήστη, όταν η αποκτηθείσα υπηρεσία είναι τελικά κανονική υπηρεσία. Στην περιορισμένη περίπτωση υπηρεσιών, η επιλογή είναι λίγο σημαντική, και στην περίπτωση όπου κανένα PLMN δεν μπορεί να βρεθεί η επιλογή ενός PLMN δεν είναι άμεσης εφαρμογής. Θα εξετάσουμε τις τρεις περιπτώσεις στη συνέχεια, πριν συνοψίσουμε την πλευρά του χρήστη.

## ***Η Κανονική Περίπτωση***

Εάν ήδη στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών ο κινητός σταθμός ψάχνει μόνο τα κύτταρα στο PLMN που εξυπηρετεί, ανεξάρτητα από άλλα PLMN. Μια αλλαγή PLMN μπορεί να εμφανιστεί σε μόνο δύο περιπτώσεις: όταν ο χρήστης αποφασίζει έτσι, και όταν ο κινητός σταθμός ανακαλύπτει ότι η εξυπηρέτηση από το PLMN δεν μπορεί πλέον να παρέχει την κανονική υπηρεσία (π.χ. Επειδή ο κινητός σταθμός αφήνει την περιοχή κάλυψης PLMN). Σε εκείνες τις περιπτώσεις, ο κινητός σταθμός θα ψάξει τα κύτταρα σε ολόκληρο το φάσμα, για να βρεί ποιο PLMN καλύπτει τη θέση. Η πρόσβαση, τότε, σε μερικά από αυτά τα PLMN δοκιμάζεται, σύμφωνα με τη μέθοδο επιλογής του PLMN. Δύο μέθοδοι παρέχονται για την επιλογή του PLMN, με την επιλογή να αφήνεται στο χρήστη: ο χειρωνακτικός τρόπος και ο αυτόματος τρόπος.

Διάφορες πτυχές είναι κοινές και για τους δύο τρόπους. Παραδείγματος χάριν, το οικείο PLMN τίθεται ως το PLMN που θα δοκιμαστεί στον ενεργό διακόπτη, ανεξάρτητα από την προιστορία (ακόμα κι αν οι κινητοί σταθμοί ξέρουν, από τη SIM, ότι ο συνδρομητής είναι εγγεγραμμένος αυτήν τη στιγμή σε ένα άλλο PLMN). Μια άλλη κοινή πτυχή μεταξύ του κοινού και αυτόματου τρόπου είναι ο κατάλογος του "απαγορευμένου PLMN" - πρώτο σε μία σειρά 3 καταλόγων του PLMN. Ο πραγματικός κατάλογος του PLMN προσιτός σε έναν συνδρομητή σύμφωνα με τη συνδρομή του μπορεί να αλλάξει, καθώς νέα PLMN ανοίγουν (ή κλείνουν!) για την υπηρεσία. Ο κατάλογος αυτοί του PLMN δεν μπορεί να αποθηκευτεί μια για πάντα (παραδείγματος χάριν στο SIM). Αντ' αυτού, έχει επιλεχτεί να χτιστεί δυναμικά ένας κατάλογος του PLMN που δεν είναι προσιτός, σύμφωνα με τη συνδρομή. Αυτός ο κατάλογος ενημερώνεται σύμφωνα με το αποτέλεσμα των προσπαθειών πρόσβασης που εκτελούνται από τον κινητό σταθμό, και αποθηκεύεται αμετάβλητος σε μια μνήμη στην SIM (και ως εκ τούτου δεν χάνεται όταν σβήνεται ο κινητός σταθμός). Ο κατάλογος περιορίζεται από τις προδιαγραφές σε 4 καταχωρήσεις, αλλά τίποτα δεν αποκλείει έναν μακρύτερο κατάλογο που αποθηκεύεται στο ME (επομένως μάλλον χάνεται κατά την απενεργοποίηση).

Αυτός ο κατάλογος του "απαγορευμένου" PLMN περιλαμβάνει PLMN που δεν προσυπογράφονται. Δεν είναι πραγματικά "απαγορευμένοι", δεδομένου ότι μπόρεσαν

να χρησιμοποιηθούν για τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης, και στο χειρωνακτικό τρόπο ο χρήστης εξουσιοδοτείται τέλεια για να επιλέξει ενός από αυτούς. Όταν ένας κινητός σταθμός προσπαθεί να ενημερώσει τη θέση του σε ένα PLMN στο οποίο η συνδρομή του χρήστη δεν εγκρίνει την πρόσβαση, το δίκτυο θα ενημερώσει τον κινητό σταθμό, και η ταυτότητα του PLMN θα τεθεί στον κατάλογο, εξαλείφοντας, εάν είναι απαραίτητο, την παλαιότερη είσοδο. Ο απαγορευμένος κατάλογος PLMN χρησιμοποιείται για την επιλογή PLMN, και στο χειρωνακτικό και στον αυτόματο τρόπο, εν τούτοις με διαφορετική μέθοδο σε κάθε περίπτωση.

Ένας άλλος κατάλογος, που αυτή τη φορά αποθηκεύεται στον κινητό εξοπλισμό (όχι στη SIM) παρεμβάλλεται λίγο στη διαδικασία επιλογής PLMN, στον αυτόματο τρόπο. Περιέχει τις ταυτότητες των περιοχών θέσης που έχουν απορρίψει την πρόσβαση πριν, λόγω των εθνικών περιορισμών roaming. Τα κύτταρα που ανήκουν στις περιοχές θέσης σε αυτόν τον κατάλογο δεν μπορούν πλέον να είναι υποψήφια για επιλογή, και ένα PLMN για το οποίο όλα τα κύτταρα είναι σε αυτήν την κατηγορία, δεν μπορεί να δοκιμαστεί στον αυτόματο τρόπο. Αυτόν τον κατάλογο γεμίζουν ως αποτέλεσμα των απορρίψεων, με μια κατάλληλη αιτία, ενημέρωσης θέσης (αλλά το PLMN δεν τίθεται στον απαγορευμένο κατάλογο PLMN), και καταστρέφεται, όταν σβήνεται ο κινητός εξοπλισμός, ή αφαιρείται η SIM.

### ***Χειροκίνητος Τρόπος***

Στο χειροκίνητο τρόπο ο κατάλογος του PLMN, που ο κινητός σταθμός έχει βρεί, ως πιθανές υποψηφιότητες για την παροχή της κανονικής υπηρεσίας, υποβάλλονται στο χρήστη, για το εάν είναι ή όχι στον κατάλογο του απαγορευμένου PLMN. Ο κατάλογος του PLMN επιδεικνύεται χρησιμοποιώντας τα ρητά ονόματα (όπως D1-Telecom ή D2 Privat για το γερμανικό PLMN, DK TDK-MOBIL για το δανικό PLMN...) και με μια ρητή αναφορά που λέει στο χρήστη εάν το PLMN είναι στον απαγορευμένο κατάλογο PLMN ή όχι. Κανονικά, ο χρήστης επιλέγει ένα από τα PLMN του καταλόγου του PLMN.

Τα ρητά ονόματα του PLMN δεν μπορούν να βρεθούν στις προδιαγραφές, αν και είναι μέρος των κινητών προδιαγραφών σταθμών. Ο κατάλογος διανέμεται από το GSM MoU, και είναι τακτικά ενημερωμένος. Δεν υπάρχει καμία απαίτηση στην

αναπροσαρμογή των ήδη κατασκευασμένων (και πωλημένων) κινητών σταθμών, ή κατά τη διαδρομή με την οποία πρέπει να απεικονίσουν τα ονόματα νέων PLMN, για το ποια έχουν εισαχθεί εν τω μεταξύ. Χαρακτηριστικά, εάν η γνώση του εμπορικού ονόματος δικτύων είναι άγνωστη, ο κινητός σταθμός θα επιδείξει τα αρχικά της χώρας μαζί με τον αριθμητικό κώδικα δικτύων, παραδείγματος χάριν "DK δίκτυο 05".

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιοδήποτε PLMN στον κατάλογο του PLMN, ακόμα κι αν είναι επίσης μέρος του καταλόγου του απαγορευμένου PLMN. Αυτή η δυνατότητα είναι χρήσιμη μετά από μια αλλαγή της κατηγορίας: παραδείγματος χάριν, εάν ο Alan ζητά από τη συνδρομή του για αλλαχτεί από "το οικείο PLMN μόνο" "σε ολόκληρο PLMN", ενώ περιπλανάται στο εξωτερικό, μπορεί να θελήσει να αναγκάσει τον κινητό σταθμό του να προσπαθήσει να προβεί σε ενημέρωση θέσης ως προς ένα γνωστό προηγουμένως ως "απαγορευμένο", δίκτυο.

Επειδή, στην περίοδο ενεργοποίησης, το κινητό αρχικά ψάχνει το οικείο PLMN και (στο χειρωνακτικό τρόπο) δεν λαμβάνει υπόψη το PLMN στο οποίο ο συνδρομητής είναι εγγεγραμμένος, μερικές καταστάσεις μπορούν να είναι αρκετά ενοχλητικές, όταν αφορούν παραμονές χρηστών σε μια ξένη χώρα για κάποιο χρόνο. Ο αυτόματος τρόπος είναι σε τέτοιες περιπτώσεις πίο κατάλληλος.

Μόλις ο χρήστης επιλέξει το PLMN, ο κινητός σταθμός θα προσπαθήσει να επιτύχει κανονική υπηρεσία σε αυτό το PLMN. Διάφορες εκβάσεις είναι δυνατές, όπως έχουμε δει. Μπορεί να πετύχει καλά : Ωραία! Το PLMN μπορεί επίσης να υποδειχθεί ως μη επιτρεπτό από τη συνδρομή, και επομένως θα εισχωρήσει στον κατάλογο του απαγορευμένου PLMN. Δυστυχώς, οι άλλες περιπτώσεις δεν είναι τόσο απλές, και όχι πάντα σαφώς διευκρινισμένες. Στο χειρωνακτικό τρόπο, αυτές οι περιπτώσεις μπορούν να αντιμετωπιστούν γενικά με το να αφήσουν τον κινητό σταθμό να κάνει ότι μπορεί καλύτερα για να επιτύχουν την κανονική υπηρεσία (ενδεχομένως με δοκιμάζοντας διάφορα κύτταρα στις διαφορετικές περιοχές). Μετά από κάποιο χρόνο, ο κατάλογος του PLMN είναι πάλι παρών, συμπεριλαμβανομένου του PLMN στο οποίο η προσπάθεια απέτυχε: εξαρτάται από το χρήστη να επιλεγεί ένα άλλο PLMN... Εάν όλα αποτυγχάνουν, ο κινητός σταθμός πρέπει σε κάποιο σημείο να φθάσει στην "περιορισμένη υπηρεσία" που περιγράφουμε παρακάτω.

## *Αυτόματος Τρόπος*

Στο αυτόματο τρόπο, ο κινητός σταθμός θα επιλέξει PLMN, δοκιμάζοντάς τους όλους από μόνος του. Ο αυτόματος τρόπος είναι βασισμένος στην ύπαρξη ενός άλλου καταλόγου του PLMN, ο κατάλογος των προτιμημένων PLMN, ο οποίος αποθηκεύεται σε μια αμετάβλητη μνήμη στη SIM. Αυτός ο κατάλογος, ικανός για τουλάχιστον 8 καταχωρήσεις, περιλαμβάνει διάφορες ταυτότητες PLMN κατά σειρά προτίμησης και είναι υπό τον έλεγχο του χρήστη. Το περισσότερο προτιμημένο είναι συνήθως το οικείο PLMN, αλλά δεν διευκρινίζεται πουθενά εάν αυτό πρέπει να εμφανιστεί στην πρώτη στον κατάλογο ή όχι, εάν ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να έχει έναν κατάλογο με ένα διαφορετικό PLMN ως "κορυφή του καταλόγου" και τι συμβένει σε αυτήν την περίπτωση. Ο κατάλογος μπορεί να είναι αρχικά να συμπληρώνεται από το χειριστή του οικείου PLMN, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της εξατομίκευσης SIM. Μπορεί κατόπιν να τροποποιηθεί από το χρήστη, μέσω ενός μηχανισμού που διευκρινίζεται από τον κατασκευαστή κινητών σταθμών. Καμία αυτόματη τροποποίηση του καταλόγου δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Όταν μια επιλογή PLMN πραγματοποιείται με τον αυτόματο τρόπο, το PLMN δοκιμάζεται αρχίζοντας από το πρώτο PLMN στον κατάλογο των προτιμημένων PLMN και όχι στον κατάλογο των απαγορευμένων PLMN. Η επεξεργασία σε μια από τις περιπτώσεις αποτυχίας είναι σαφής: εάν το PLMN είναι υποδειγμένο ως μη επιτρεπτό από τη συνδρομή, η ταυτότητά του τίθεται στον κατάλογο απαγορευμένων PLMN και δεν μπορεί έπειτα να επιλεγεί αυτόματα πάλι, εκτός από τη (σπάνια) περίπτωση όπου περισσότερα από 4 PLMN εντοπίζονται, και από τα οποία κανένα δεν επιτρέπεται από τη συνδρομή: σε εκείνη την περίπτωση, ο κινητός σταθμός μπορεί να ξαναγράψει τον κατάλογο των απαγορευμένων PLMN κατά τρόπο κυκλικό! Στις άλλες αποτυχούσες περιπτώσεις, ο κινητός σταθμός πρέπει να δοκιμάσει τα υπόλοιπα πιθανά PLMN, κατά σειρά προτίμησης από τον κατάλογο των προτιμημένων PLMN. Δεν είναι ξεκάθαρο, ποια είναι η κατάσταση του PLMN, που βρίσκεται από τον κινητό σταθμό, αλλά δεν συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο των προτιμημένων PLMN. Η κατά γράμμα ερμηνεία είναι ότι αυτά τα PLMN δεν μπορούν να επιλεγούν. Αυτό εγείρει διαφορετικά προβλήματα, παραδείγματος

χάριν, στην περίπτωση όπου ο κατάλογος είναι κενός. Φαίνεται λογικότερο για τον κινητό σταθμό να περιληφθούν επίσης στη διαδικασία επιλογής, σύμφωνα με κάποιο κανόνα διαταγής, παραδείγματος χάριν, τυχαία. Η κατάσταση όπου κανένα από το PLMN δεν μπορεί να παρέχει την κανονική υπηρεσία δεν διευκρινίζεται σαφώς στις προδιαγραφές επίσης, αλλά φαίνεται λογικό ότι ο κινητός σταθμός πρέπει να πάει στην κατάσταση περιορισμένων υπηρεσιών, σε εκείνη την περίπτωση. Ο κινητός σταθμός πρέπει να διατηρήσει κάποιο αρχείο των προσπαθειών του να πάρει την υπηρεσία από ένα PLMN χωρίς επιτυχία, όταν κάποιος άλλος θα χορηγούσε την κανονική υπηρεσία.

Όπως στο χειρωνακτικό τρόπο, ο χρήστης μπορεί να αναγκάσει επιλογή PLMN σε κάθε στιγμή. Η διαδικασία είναι έπειτα, η ίδια όπως περιγράφεται ανωτέρω, όταν παύει να παρέχει το PLMN που εξυπηρετεί την κανονική υπηρεσία, εκτός από το ότι το PLMN που εξυπηρετεί είναι στον κατάλογο των PLMN που έχουν εντοπιστεί. Ο κινητός σταθμός θα μείνει έπειτα ως επιλεγμένο PLMN, εκτός εάν ένα PLMN με υψηλότερη εκτίμηση προτίμησης έχει εμφανιστεί, από την τελευταία χρονικά επιλογή PLMN.

### ***Ο Περιορισμένος Τρόπος Υπηρεσιών***

Στον περιορισμένο τρόπο υπηρεσιών, η μόνη διαθέσιμη υπηρεσία είναι η κλήση έκτακτης ανάγκης. Η θεωρία είναι ότι όλο το PLMN μπορεί να παρέχει αυτήν την υπηρεσία. Ο σκοπός επιλογής ενός PLMN είναι έπειτα, αρκετά περιορισμένος. Θα μπορούσε εντούτοις, να αποδειχθεί χρήσιμος για δύο κύριους λόγους: στις παραμεθόριες περιοχές, ο χρήστης να θελήσει να ελέγξει την επιλογή της χώρας όπου μια πιθανή κλήση έκτακτης ανάγκης θα μπορούσε να καθοδηγηθεί. Εκτός αυτού, ο χρήστης θα μπορούσε να επιλέξει ένα PLMN όχι για τον άμεσο σκοπό, αλλά για να είναι αυτό που χρησιμοποιείται για την κανονική υπηρεσία μόλις μπορέσει να βρεί ο κινητός σταθμός ένα κύτταρο αυτού του PLMN.

Οι προδιαγραφές διευκρινίζουν ότι η επιλογή του κυττάρου στον περιορισμένο τρόπο υπηρεσιών γίνεται γενικά ανεξάρτητα από το PLMN ή την περιοχή θέσης. Αυτός ο γενικός κανόνας αναγνωρίζει μια αξιοπρόσεχτη εξαίρεση, όταν το οικείο PLMN είναι

διαθέσιμο για την περιορισμένη υπηρεσία, και κανένα άλλο PLMN δεν είναι διαθέσιμο για την κανονική παροχή υπηρεσιών.

Παράλληλα, ο κινητός σταθμός ελέγχει συνεχώς (αν και ενδεχομένως σε ένα αργό ποσοστό, για να σώσει στην μπαταρία του) τους 30 ισχυρότερους μεταφορείς για το εάν λαμβάνει νέο PLMN. Η φάση 1 στις προδιαγραφές αφήνει ανοικτή τη συμπεριφορά του κινητού σταθμού, ειδικά στο χειρωνακτικό τρόπο, όταν ένα νέο PLMN εντοπίζεται. Στον αυτόματο τρόπο, ο κινητός σταθμός θα εκτελέσει μια επιλογή PLMN και θα προσπαθήσει να αποκτήσει κανονική υπηρεσία σε ένα πρόσφατα εντοπισμένο PLMN, το οποίο δεν είναι στον κατάλογο του απαγορευμένου PLMN (και για DCS1800 εάν η περιοχή θέσης δεν είναι απαγορευμένη). Στο χειρωνακτικό τρόπο, μια αντίδραση θα μπορούσε να ήταν να ρωτάμε το χρήστη κάθε φορά που προκύπτει ένα PLMN: εντούτοις, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε ενοχλητικές καταστάσεις στις παραμεθόριες περιοχές όπου διάφορα PLMN μπορούν να εμφανιστούν και να εξαφανιστούν πολύ συχνά. Μια άλλη προσέγγιση για το χειρωνακτικό τρόπο, η οποία δεν είναι πάρα πολύ ικανοποιητική, θα μπορούσε να είναι να μείνει στον περιορισμένο τρόπο υπηρεσιών, εφ' όσον κάποιο PLMN που επιλέχτηκε από το χρήστη, παραμένει μη διαθέσιμο, ανεξάρτητα με τα PLMN που μπορούν να προκύψουν. Αναμένεται ότι οι κατασκευαστές κινητών σταθμών θα βρουν έναν ικανοποιητικό συμβιβασμό.

Όταν το οικείο PLMN είναι διαθέσιμο, ο περιορισμένος τρόπος υπηρεσιών μπορεί να συμβεί μόνο όταν ο χρήστης έχει μια περιφερειακή συνδρομή και είναι σε ένα μέρος της εγχώριας PLMN περιοχής, όπου δεν έχει δικαίωμα στην κανονική υπηρεσία. Σε περίπτωση αυτή, οι προδιαγραφές επιβάλλουν έναν μηχανισμό επιλογής κυττάρων ίδιο με την κανονική κατάσταση υπηρεσιών, π.χ. περιορισμένος στα κύτταρα του PLMN. Ο κινητός σταθμός δοκιμάζει κάθε τομέα θέσης του οικείου PLMN που προκύπτει, ώστε να βρεθεί αυτό που θα παρέχει κανονικές λειτουργίες. Ένα άλλο PLMN (στο οποίο οι συνδρομητές μπορούν να έχουν το δικαίωμα στην υπηρεσία) μπορεί να πάει στον σταθμό, μόνο κατά τον αναχώρηση από την περιοχή εγχώριας κάλυψης PLMN, ή όταν ζητείται από το χρήστη. Ο κινητός σταθμός δεν αποθηκεύει οποιοδήποτε κατάλογο των περιοχών θέσης στις οποίες ο χρήστης έχει ή δεν έχει δικαίωμα στην κανονική υπηρεσία. Η προστασία ενάντια στη συνεχή δοκιμή της

ίδιας περιοχής θέσης επιτυγχάνεται από το μηχανισμό υστέρησης για την αλλαγή της περιοχής θέσης, όπως στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών (δείτε περαιτέρω).

### ***Οι περιπτώσεις Μη - Υπηρεσιών***

Εάν κανένα κύτταρο δεν μπορεί να βρεθεί καθόλου, οι 124 μεταφορείς στη ζώνη (374 για DCS1800) πρέπει να ελεγχθούν, όχι μόνο οι 30 ισχυρότεροι μεταφορείς, όπως βρέθηκαν στις άλλες περιπτώσεις. Διαφορετικά, ο κινητός σταθμός συμπεριφέρεται όπως στην περίπτωση περιορισμένων υπηρεσιών, εκτός από το ότι δεν μπορεί να δεχτεί ούτε τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης.

### ***Τι βλέπουν οι χρήστες***

Ο κινητός σταθμός πρέπει να δείξει την κατάσταση υπηρεσιών στο χρήστη. Τα διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας φαίνονται. Χαρακτηριστικά, οι πληροφορίες που παρέχονται από τον κινητό σταθμό στο χρήστη διακρίνουν την κανονική υπηρεσία, την περιορισμένη υπηρεσία και τις περιπτώσεις Μη- υπηρεσιών. Θα δούμε περαιτέρω ότι σε περιπτώσεις σήματος αποτυχίας, υπάρχει μια πρόσθετη κατάσταση, αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητως υποδειγμένο στο χρήστη. Επιπλέον, ο κινητός σταθμός πρέπει να είναι σε θέση να δείξει στο χρήστη, ενδεχομένως κατόπιν αιτήσεως, το PLMN που τον εξυπηρετεί, στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών. Η ταυτότητα PLMN δίνεται σε κείμενο, συμπεριλαμβανομένου των αρχικών των χωρών και των ονομάτων των δικτύων.

Για τους χρήστες, η επιλογή PLMN είναι πρώτα μια επιλογή μεταξύ του χειρωνακτικού τρόπου και του αυτόματου τρόπου. Κάποιος έλεγχος πρέπει να παρασχεθεί για να επιτρέψει στο χρήστη να ξέρει εάν ο τρόπος τίθεται ως αυτόματος ή ως χειρωνακτικός, και για να μπορεί να αλλάξει τον τρόπο.

Στον αυτόματο τρόπο, ο χρήστης συνήθως δεν επεμβαίνει στο μηχανισμό επιλογής. Εντούτοις, είναι σε θέση να κατευθύνει τη διαδικασία με δύο ενέργειες: ελέγχει τον κατάλογο του προτιμημένου PLMN και μπορεί να ζητήσει μια εξαναγκασμένη επιλογή PLMN οποιαδήποτε στιγμή, οπότε σ' αυτή την περίπτωση, ο κινητός σταθμός θα ψάξει ολόκληρο το φάσμα και θα επιλέξει ένα PLMN, ενδεχομένως όπως



πριν. Προκειμένου να επιτραπεί ο χρήστης να ελέγξει τον κατάλογο του προτιμημένου PLMN, ο κινητός σταθμός πρέπει να παρέχει τις εντολές επίδειξης και έκδοσης του καταλόγου. Το ζήτημα του κατά πόσο μια τροποποίηση αυτού του καταλόγου λαμβάνεται αμέσως υπόψη (π.χ. από μια εξαναγκασμένη επιλογή PLMN) ή όχι, αφήνεται ανοικτό στους κατασκευαστές των κινητών σταθμών.

Στο χειρωνακτικό τρόπο, ο χρήστης έχει έναν συνολικό έλεγχο, αλλά αυτός ζητείται σε κάθε περίπτωση, ίσως υπερβολικά συχνά, σε μερικές περιπτώσεις. Ζητείται μια επιλογή PLMN σε διάφορες περιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει μετά από την ενεργοποίηση του PLMN (ή την ενεργοποίηση SIM), εάν το οικείο PLMN δεν είναι διαθέσιμο. Αυτό συμβαίνει, επίσης, όταν οι κινητοί σταθμών βγουν εκτός κάλυψης του PLMN που τους εξυπηρετεί. Επιπλέον, αυτό μπορεί να συμβεί σε DCS1800 όταν ήταν ο κινητός σταθμός βρισκόταν σε ένα "δανεικό" PLMN της εγχώριας χώρας, και δεν τώρα μπορεί να βρει άλλο κύτταρο που να το δέχεται. Σε αυτήν την περίπτωση, συμβαίνει μια εξαναγκασμένη επιλογή PLMN, και ως εκ τούτου ο χρήστης θα κληθεί να επιλέξει ένα νέο PLMN. Τέλος, μια προτροπή επιλογής ενός PLMN μπορεί να εμφανιστεί όταν δεν βρισκόμαστε στον κανονικό τρόπο υπηρεσιών, και ένα νέο PLMN προκύπτει. Όπως στον αυτόματο τρόπο, ο χρήστης μπορεί, επιπλέον, να κάνει μια εξαναγκασμένη επιλογή PLMN οποιαδήποτε στιγμή.

Όπως και νά 'ναι, ο κατάλογος όλου του PLMN παρουσιάζεται στη χρήση, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται στον κατάλογο του απαγορευμένου PLMN, τα οποία, παρόλα αυτά τονίζονται με ένα ιδιαίτερο σημάδι. Η σειρά της παρουσίασης ήταν ένα θέμα που προκάλεσε κάποια συζήτηση μεταξύ των χειριστών, δεδομένου ότι θεωρήθηκε ότι αυτή μπορεί να επηρεάσει την επιλογή του χρήστη. Το ζήτημα συμπεριληφθεί στην προδιαγραφή με τυχαία σειρά.

### ***Επιλογή Κυττάρων***

Όπως εξηγείται στις απαιτήσεις, μόνο τα κύτταρα μπορούν να επιλεγούν με βάση τη μετάδοση της ελάχιστης απόδοσης και τότε η επιλογή κυττάρων θα πρέπει να στοχεύει στην μεγιστοποίηση της ποιότητας μετάδοσης. Τα ραδιο κριτήρια επομένως παίζουν τον πρώτιστο ρόλο στην επιλογή κυττάρων. Κατά συνέπεια, πριν

περιγράψουμε τον πραγματικό αλγόριθμο επιλογής κυττάρων, αρχικά, θα τους μελετήσουμε.

### ***Ραδιο κριτήρια***

Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ποιότητα μετάδοσης, έχει καθοριστεί ένα κριτήριο, ο οποίος λαμβάνει υπόψη το επίπεδο του σήματος που λαμβάνεται από τον κινητό σταθμό στη συχνότητα αναγνωριστικών σημάτων, τη μέγιστη δύναμη μετάδοσης του κινητού σταθμού και μερικές παραμέτρους, συγκεκριμένες για το κύτταρο. Αυτό το κριτήριο ονομάζεται CI (δεν υπάρχει κανένα C2 στη φάση 1, αλλά θα εμφανιστεί στη φάση 2)

#### *Περιγραφή του κριτηρίου CI*

Το CI καθορίζεται ως εξής:

$$CI := (A - \text{Max.}(B, 0))$$

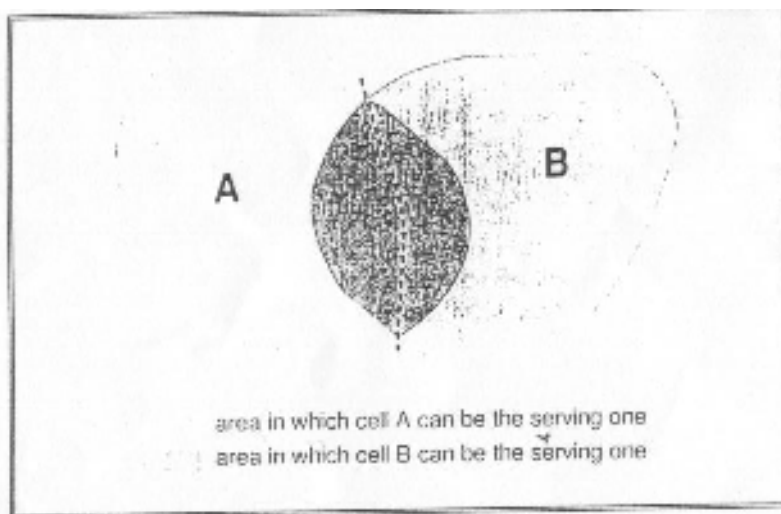
A:=Μέσο επίπεδο λήψης- p1

B:= p2- Μέγιστη ισχύς RF του κινητού σταθμού  
(όλες οι τιμές σε db)

Οι δύο παράμετροι p1 και p2- αποκαλούμενες αντίστοιχα, RXVEL\_ACCESS\_MIN και MX\_TXPWR\_MAX\_CCH στις προδιαγραφές- είναι ραδιοφωνική μετάδοση από το κύτταρο. Ο πρώτος μπορεί να πάρει μια τιμή μεταξύ -110 dBm και -48dBm σε GSM900 (στο DcS1800 το εύρος είναι διαφορετικό). Η δεύτερη παράμετρος έχει άλλη χρήση: αντιπροσωπεύει τη μέγιστη δύναμη μετάδοσης που ένας κινητός σταθμός επιτρέπεται να χρησιμοποιήσει στο RACH.

Το CI χρησιμοποιείται ως εξής: Κατά την έρευνα των κυττάρων, είτε όταν ερευνούμε τα γειτονικά κύτταρα στον κανονικό τρόπο υπηρεσιών, ή κατά την έρευνα PLMN, μόνο τα κύτταρα του θετικού CI (υπολόγισε από p1 και p2 που μεταδίδονται από κάθε κύτταρο) λαμβάνονται υπόψη. Όταν πρέπει να γίνει μια επιλογή μεταξύ των κυττάρων, το κύτταρο του καλύτερου CI επιλέγεται μεταξύ των ισοδύναμων άλλων κριτηρίων. Κατά συνέπεια, το CI καθορίζει δύο πράγματα:

- Το όριο κάλυψης κάθε κυττάρου που λαμβάνεται μεμονωμένα, υπό την έννοια εκείνη όπου έξω από την περιοχή όπου το  $CI$  είναι θετικό, το κύτταρο δεν υπάρχει για τους κινητούς σταθμούς
- Το όριο μεταξύ δύο παρακείμενων κυττάρων για την επιλογή στην ανενεργό κατάσταση, καθορίζεται ως ο γεωμετρικός τόπος, όπου  $CI=CI'$ . Τα όρια με όλα τα παρακείμενα κύτταρα καθορίζουν ένα δεύτερο όριο κυττάρων, συνήθως μέσα στην περιοχή που οριοθετείται από τη συνθήκη  $CI=0$



Σχήμα 7.2 Όρια κυττάρων σύμφωνα με το  $CI$

το σχήμα δείχνει τα όρια μεταξύ δύο κυττάρων  $A$  και  $B$ , σύμφωνα με τις τιμές  $CI_A$  και  $CI_B$  του κριτηρίου  $CI$ . Η γραμμοσκιασμένη περιοχή δείχνει τον κοινό τόπο, όπου  $CI_A = CI_B$ . Επειδή το  $CI$  εξαρτάται από τη μέγιστη ισχύ του κινητού σταθμού, τα όρια αυτά διαφέρουν από σταθμό σε σταθμό.

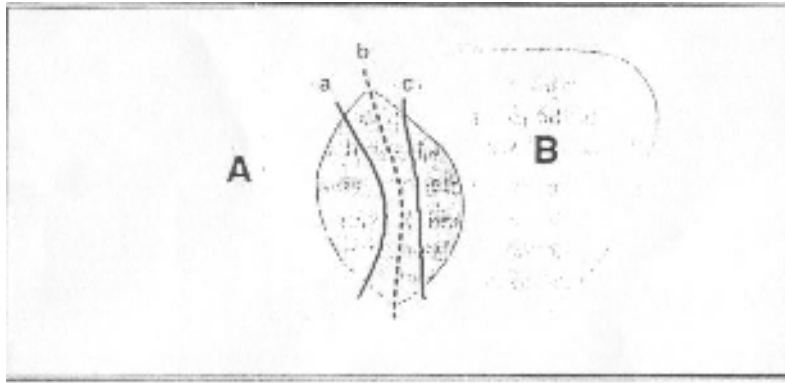
Το σχήμα 7.2 παρουσιάζει ένα παράδειγμα δύο κυττάρων, με  $CI=0$  τα όριά τους, και η γραμμή του ίσου  $CI$ . Δύο σημεία είναι σημαντικά να ληφθούν υπόψη με τα δύο αυτά όρια. Επειδή η μέγιστη ισχύς μετάδοσης του κινητού σταθμού παρεμβάλλεται στο  $C$ , τα όρια είναι διαφορετικά για τις διαφορετικές κατηγορίες κινητών σταθμών. Δεύτερον, υπάρχουν τα υπόλοιπα όρια κυττάρων, που καθορίζονται από την επιλογή του κυττάρου για παράδοση. Εξαρτάται από το χειριστή να επιλέξει τα  $p_1$  και  $p_2$  για να λάβει το σωστό συμβιβασμό μεταξύ των ορίων κυττάρων, την κυκλοφορία και την ποιότητα της μετάδοσης για τις διαφορετικές κατηγορίες κινητών σταθμών, όπως και τη συνέπεια με τους αλγόριθμους και τις παραμέτρους παράδοσης.

### *Κριτήρια εκτός από από το CI*

Λόγω της ραδιοηλεκτρικής φύσης του, το CI μεταβάλλεται γρήγορα και μερικές φορές επεκτείνεται τυχαία γύρω από μια μέση θέση και στη μετακίνηση του κινητού σταθμού. Αυτό σημαίνει ότι οι κινητοί σταθμοί θα άλλαζαν κύτταρα, εάν το CI ήταν το μοναδικό κριτήριο επιλογής. Αυτό είναι αποδεκτό εάν τα κύτταρα είναι ισοδύναμα, αλλά όχι ειδάλλως, παραδείγματος χάριν μεταξύ δύο κυττάρων που ανήκουν σε διαφορετικές περιοχές θέσης. Γι αυτό η σύγκριση μεταξύ των CI τροποποιείται για να προκαταληφθεί σε αντίθεση με τα κύτταρα, τα οποία για να "στρατοπεδεύσουν", πρέπει πρώτα έχουμε ενημέρωση θέσης. Αυτό λαμβάνεται από ένα μειονέκτημα, που προστίθεται στο CI των κυττάρων. Η αξία αυτού του μειονεκτήματος δεν καθορίζεται με σταθερό τρόπο, και γίνεται με μετάδοση από κάθε κύτταρο. Καλείται CELL\_RESELECT\_HYSTERESIS, αν και δεν είναι για να κυριολεκτήσουμε, μια τιμή υστέρησης (η πραγματική υστέρηση είναι το ποσό των τιμών στα δύο κύτταρα).

Μια συνέπεια αυτής της προδιαγραφής είναι ότι τα όρια μεταξύ των παρακείμενων κυττάρων που ανήκουν στις διαφορετικές περιοχές θέσης δεν είναι τα ίδια εάν ο κινητός σταθμός πηγαίνει από ένα κύτταρο σε άλλο ή το αντίθετο. Η υστέρηση από την άποψη του λαμβανόμενου επιπέδου μετασχηματίζεται από τις παραλλαγές της διάδοσης σε μια γεωγραφική υστέρηση. Παίρνοντας το ίδιο παράδειγμα διαμόρφωσης κυττάρων με ανωτέρω, το σχήμα 7.3 παρουσιάζει τα όρια κυττάρων όταν χρησιμοποιούνται τέτοια μειονεκτήματα.

Έχουμε τρία διαφορετικά όρια για μια δεδομένη κινητή κατηγορία σταθμών: ένας για τους κινητούς σταθμούς που πηγαίνουν από το κύτταρο A στο κύτταρο B, ένας για τους κινητούς σταθμούς που πηγαίνουν από το κύτταρο B στο A, και ένα τρίτο για τους κινητούς σταθμούς που δεν εφαρμόζουν την απόκλιση. Οι κινητοί σταθμοί που βρίσκονται στην περιοχή μεταξύ των γραμμών α) και γ) μπορούν να συνδεθούν με κάθε κύτταρο, ανάλογα με την κατεύθυνση από την οποία προέρχονται.



Σχήμα 7.3 επίδραση της CELL\_RESELECT\_HYSTERESIS στα όρια των κυττάρων  
το όριο μεταξύ των δύο κυττάρων διαφέρει από την απαίτηση του κινητού σταθμού  
πραγματοποιήσει μια διαδικασία ενημέρωσης:

A) τα A και B ανήκουν σε διαφορετικές περιοχές θέσης, και ο κινητός σταθμός  
εγγράφεται στην περιοχή του κυττάρου B

B) τα A και B ανήκουν στην ίδια περιοχή θέσης

Γ) τα A και B ανήκουν σε διαφορετικές περιοχές θέσης, και ο κινητός σταθμός  
εγγράφεται στην περιοχή του κυττάρου A

### **Ο αλγόριθμος Επιλογής Κυττάρων**

οι διαφορετικές απαιτήσεις που ο αλγόριθμος επιλογής κυττάρων πρέπει να καλύψει  
έχει εκτεθεί λεπτομερώς στις προηγούμενες παραγράφους. Αυτός ο αλγόριθμος  
διευκρινίζεται στις προδιαγραφές, και θα τον παρουσιάσουμε, σαν περίληψη των  
σημείων που έχουμε δει μέχρι τώρα.

Ο στόχος της επιλογής κυττάρων μπορεί να συνοψιστεί ως εξής: προκειμένου να  
επιτευχθεί η κανονική υπηρεσία, ο κινητός σταθμός πρέπει να στρατοπεδεύσει σε ένα  
από τα κύτταρα που τηρούν τους ακόλουθους όρους:

- μια SIM πρέπει να εισαχθεί, και ο αντίστοιχος συνδρομητής να είναι  
καταχωρημένος στην περιοχή θέσης, όπου το κύτταρο ανήκει
- το κριτήριο CI για το κύτταρο πρέπει να είναι υψηλότερο από 0
- το κύτταρο δεν πρέπει να είναι φραγμένο

Μεταξύ των κυττάρων που συμμορφώνονται σε αυτές τις τρεις απαιτήσεις, το  
επιλεγμένο κύτταρο πρέπει να τηρήσει τους δύο πρόσθετους όρους:

- το CI του κυττάρου πρέπει να είναι υψηλότερο από το CI οποιουδήποτε άλλου κυττάρου που εντοπίζεται από τον κινητό σταθμό, στην ίδια τοποθετημένη περιοχή
- το CI του κυττάρου πρέπει να είναι υψηλότερο από το CI οποιουδήποτε άλλου κυττάρου εντοπίζεται από τον κινητό σταθμό, στις διαφορετικές περιοχές θέσης του ίδιου PLMN, "διορθωμένος" από τον εφαρμόσιμο παράγοντα του μειονεκτήματος.

Όπως μπορεί να σημειωθεί, τα ενδεχομένως καλύτερα κύτταρα στα PLMN, εκτός από αυτό, όπου ο κινητός σταθμός καταχωρείται, δεν λαμβάνονται υπόψη. Αυτό αντιστοιχεί στην απόφαση η επιλογή PLMN να προκαλείται μόνο από τον χρήστη, ή όταν ο κινητός σταθμός "απομακρύνεται" από την κάλυψη του επιλεγμένου PLMN.

Έχοντας υπόψη αυτόν το σκοπό, η συμπεριφορά του κινητού σταθμού μπορεί να παραχθεί εύκολα. Αρχίστε με τον κινητό σταθμό που είναι στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών (ενδεχομένως η πιθανότερη κατάσταση). Σε αυτή την κατάσταση), ο κινητός σταθμός λαμβάνει έναν κατάλογο συχνοτήτων (μετάδοση από το κύτταρο που εξυπηρετεί) που δείχνουν πού πρέπει να αναζητηθούν τα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων των γειτονικών κυττάρων του ίδιου PLMN. Ο κινητός σταθμός πρέπει έπειτα να βρει αυτά τα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων ένα- ένα και να πάρει τις πληροφορίες συγχρονισμού τους, προκειμένου να αποκωδικοποιηθούν μερικές από τις πληροφορίες μετάδοσης που φέρουν. Αυτές οι πληροφορίες επιτρέπουν στον κινητό σταθμό να ελέγξει το PLMN, να ξέρει εάν το κύτταρο φράζεται ή όχι και να λάβει την ταυτότητα της περιοχής θέσης που το κύτταρο ανήκει, όπως και να πάρει τις διάφορες ραδιο παραμέτρους ώστε να υπολογιστεί το CI. Μόνο τα αποδεκτά κύτταρα (π.χ. Μη-φραγμένος και με θετικό CI) του σωστού PLMN θα ληφθούν υπόψη. Ο κινητός σταθμός μπορεί έπειτα να συγκρίνει το CI αυτών των κυττάρων με το CI του τρέχοντος κυττάρου. Όλη αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται παράλληλα με την περιοδική υποδοχή του καναλιού σελιδοποίησης στο τρέχον κύτταρο.

Εάν ο κινητός σταθμός βρίσκει ένα καλύτερο κύτταρο στην ίδια περιοχή θέσης, αλλάζει σε αυτό το κύτταρο και συνεχίζει με τη διαδικασία του καναλιού σελιδοποίησης (του νέου κυττάρου) ελέγχοντας, παράλληλα, τα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων στο νέο κατάλογο. Εντούτοις, εάν ο κινητός σταθμός

βρίσκει ένα καλύτερο κύτταρο σε μια διαφορετική περιοχή θέσης του ίδιου PLMN, λαμβάνοντας υπόψη την ενημέρωση της θέσης του, αλλάζει σε αυτό το κύτταρο.

Την ίδια στιγμή, ο κινητός σταθμός δεν είναι πλέον, για να κυριολεκτήσουμε, στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών: γενικά, οι κλήσεις σε αυτό δεν θα φθάσουν στον προορισμό τους. Ο κινητός σταθμός δοκιμάζει αμέσως μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης για να ειδοποιήσει το δίκτυο για τη νέα θέση του. Τις περισσότερες φορές, στον κινητό σταθμό χορηγείται η κανονική υπηρεσία από το δίκτυο, και είναι πίσω στην κανονική κατάσταση υπηρεσιών στη νέα περιοχή θέσης μετά από μερικά δευτερόλεπτα.

### ***Επιλογή κυττάρων στον χρόνο ενεργοποίησης***

Ας περιγράψουμε τώρα άλλες περιπτώσεις. μια σημαντική περίπτωση είναι η έναρξη: πώς να πάρει την κανονική υπηρεσία αρχικά μετά από την ενεργοποίηση. Το πρώτο PLMN για να προσπαθήσουμε (εάν βρίσκεται) είναι το οικείο PLMN, σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Ο κινητός σταθμός πρέπει να ψάξει για τα όχι-φραγμένα και με θετικό CI κύτταρα μέσα σε αυτό το PLMN. Χωρίς οποιεσδήποτε πληροφορίες, ο κινητός σταθμός πρέπει να ψάξει ολόκληρο το φάσμα για τα κανάλια αναγνωριστικών σημάτων. Αυτό μπορεί να είναι μια μεγάλη λειτουργία, ειδικότερα σε DCS1800, όπου υποστηρίζονται 374 συχνότητες.

Οι προδιαγραφές περιλαμβάνουν έναν μηχανισμό για να βοηθήσουν τον κινητό σταθμό σε τέτοιους όρους: ένας κατάλογος συχνοτήτων για αναζήτηση, μπορεί να αποθηκευτεί σε μια αμετάβλητη μνήμη (στη SIM). Εντούτοις, οι προδιαγραφές δεν είναι σαφείς για το ποιες συχνότητες ο κινητός σταθμός πρέπει να υποβάλει στον κατάλογο. Για να είναι σύμφωνος με την επιβληθείσα αναζήτηση του οικείου PLMN στον χρόνο ενεργοποίησης, πρέπει η μετάδοση συχνοτήτων των γειτονικών κυττάρων να γίνεται από το τελευταίο κύτταρο του οικείου PLMN, στο οποίο ο κινητός σταθμός στρατοπέδευσε (εάν ο κινητός σταθμός δεν καταχωρήθηκε σε άλλο PLMN εν τω μεταξύ).

Σε κάθε περίπτωση, η αναζήτηση καταλήγει σε μια λίστα αποδεκτών κυττάρων, με το CI τους. Εάν αυτός ο κατάλογος δεν είναι κενός, ο κινητός σταθμός επιλέγει το κύτταρο του καλύτερου CI. Επίσης αποθηκεύεται σε μια αμετάβλητη μνήμη η

ταυτότητα της περιοχής θέσης (ενδεχομένως) στην οποία ο κινητός σταθμός ξέρει ότι καταχωρείται.

Εάν το επιλεγμένο κύτταρο ανήκει σε αυτήν την συγκεκριμένο περιοχή θέσης, ο κινητός σταθμός πηγαίνει σε κατάσταση κανονικής υπηρεσίας, πιθανόν υποδεικνύοντας την παρουσία του στο δίκτυο. Αλλιώς, εάν το επιλεγμένο κύτταρο είναι σε διαφορετική περιοχή θέσης, ο κινητός σταθμός παραμένει στο κύτταρο και ξεκινάει αμέσως μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης.

Εάν δεν βρεθεί ένα αποδεκτό κύτταρο του τοπικού PLMN, ο κινητός σταθμός ενεργεί σαν να ήταν έξω από την περιοχή κάλυψης του τοπικού PLMN.

### ***Επιλογή κυττάρου στην αλλαγή PLMN***

Μια ακόμα ειδική περίπτωση είναι όταν ο κινητός σταθμός ψάχνει για διαθέσιμα PLMNs, για παράδειγμα επειδή ο κινητός σταθμός έχει μετακινηθεί έξω από την περιοχή κάλυψης του προηγούμενου PLMN που του παρείχε υπηρεσίες, ή επειδή ο χρήστης επέλεξε αναγκαστικά συγκεκριμένο PLMN. Η διαδικασία είναι παρόμοια με την περίπτωση θέτω σε λειτουργία, εκτός από το γεγονός κατά το οποίο ο κινητός σταθμός δεν έχει πληροφορίες για το σε ποιες συχνότητες να ψάξει, πρέπει να ψάξει σε όλο το φάσμα. Ο κινητός σταθμός συνεχίζει σε δύο βήματα: πρώτα, ψάχνει σε όλους τους φορείς GSM (ή στο DCS 1800), και στη συνέχεια επιλέγει τις 30 καταλληλότερες, που περιέχουν τις πληροφορίες που εκπέμπουν, το PLMN στο οποίο ανήκουν, είτε υπάρχει πρόσβαση είτε υπάρχει φραγή, και οι παράμετροι που ελέγχουν το CI. Ο κινητός σταθμός έπειτα μπορεί να εγκαταστήσει τον κατάλογο με τα αποδεκτά PLMNs, δηλαδή αυτά για τα οποία έχει βρεί τουλάχιστον ένα αποδεκτό κύτταρο. Αυτό οδηγεί σε έναν κατάλογο με PLMN που έχουν βρεθεί, όπως έχει περιγραφεί μερικές σελίδες πριν. Όταν ένα PLMN είναι στον κατάλογο που έχει επιλεγεί, ο κινητός σταθμός θα προσπελάσει το αποδεκτό κύτταρο με το καλύτερο CI ανάμεσα σε αυτά που βρέθηκαν νωρίτερα σε αυτό το PLMN και θα ζητήσει μια ενημέρωση θέσης.



### ***Επιλογή κυττάρου σε κατάσταση περιορισμένης υπηρεσίας***

Τώρα πρέπει να εξετάσουμε εκείνες τις περιπτώσεις όπου η κανονική υπηρεσία δεν μπορεί να μεταβιβαστεί, άλλα είναι δυνατή η περιορισμένη υπηρεσία. Αυτό συμβαίνει όταν ο συνδρομητής δεν έχει το δικαίωμα στην κανονική υπηρεσία κανενός από τα PLMNs που έχουν βρεθεί. Αν το τοπικό PLMN είναι αποδεκτό, π.χ., εάν η πρόσβαση στο τοπικό PLMN είναι απαγορευμένη τοπικά λόγω συνδρομής και όχι από ραδιο-διαβίβαση, η επιλογή του κυττάρου είναι η ίδια όπως στην περίπτωση της κανονικής υπηρεσίας. Αλλιώς, ο κινητός σταθμός επιλέγει το αποδεκτό κύτταρο με το καλύτερο *CI*, ανεξάρτητα από το PLMN ή την περιοχή θέσης των κυττάρων, και έτσι χωρίς να εφαρμόσει την ενημέρωση θέσης. Ο κινητός σταθμός ψάχνει συνεχώς όλο το φάσμα για νέα κύτταρα, προκειμένου να βρει ένα αποδεκτό PLMN όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Όταν βρεθεί ένα τέτοιο PLMN, μπορεί να επιλεγεί και στη συνέχεια ο κινητός σταθμός θα προσπαθήσει να εξασφαλίσει μια κανονική υπηρεσία σε αυτό το PLMN.

Εάν το επιλεγμένο κύτταρο ανήκει σε αυτήν την συγκεκριμένη περιοχή θέσης, ο κινητός σταθμός πηγαίνει σε κατάσταση κανονικής υπηρεσίας, πιθανόν υποδεικνύοντας την παρουσία του στο δίκτυο. Αλλιώς, εάν το επιλεγμένο κύτταρο είναι σε διαφορετική περιοχή θέσης, ο κινητός σταθμός παραμένει στο κύτταρο και ξεκινάει αμέσως μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης.

Εάν δεν βρεθεί ένα αποδεκτό κύτταρο του τοπικού PLMN, ο κινητός σταθμός ενεργεί σαν να ήταν έξω από την περιοχή κάλυψης του τοπικού PLMN.

### ***Επιλογή κυττάρου στην αλλαγή PLMN***

Μια ακόμα ειδική περίπτωση είναι όταν ο κινητός σταθμός ψάχνει για διαθέσιμα PLMNs, για παράδειγμα επειδή ο κινητός σταθμός έχει μετακινηθεί έξω από την περιοχή κάλυψης του προηγούμενου PLMN που του παρείχε υπηρεσίες, ή επειδή ο χρήστης επέλεξε αναγκαστικά συγκεκριμένο PLMN. Η διαδικασία είναι παρόμοια με την περίπτωση θέτω σε λειτουργία, εκτός από το γεγονός κατά το οποίο ο κινητός σταθμός δεν έχει πληροφορίες για το σε ποιες συχνότητες να ψάξει, πρέπει να ψάξει σε όλο το φάσμα. Ο κινητός σταθμός συνεχίζει σε δύο βήματα: πρώτα, ψάχνει σε

όλους τους φορείς GSM (ή στο DCS 1800), και στη συνέχεια επιλέγει τις 30 καταλληλότερες, που περιέχουν τις πληροφορίες που εκπέμπουν, το PLMN στο οποίο ανήκουν, είτε υπάρχει πρόσβαση είτε υπάρχει φραγή, και οι παράμετροι που ελέγχουν το CI. Ο κινητός σταθμός έπειτα μπορεί να εγκαταστήσει τον κατάλογο με τα αποδεκτά PLMNs, δηλαδή αυτά για τα οποία έχει βρει τουλάχιστον ένα αποδεκτό κύτταρο. Αυτό οδηγεί σε έναν κατάλογο με PLMN που έχουν βρεθεί, όπως έχει περιγραφεί μερικές σελίδες πριν. Όταν ένα PLMN είναι στον κατάλογο που έχει επιλεγεί, ο κινητός σταθμός θα προσπελάσει το αποδεκτό κύτταρο με το καλύτερο CI ανάμεσα σε αυτά που βρέθηκαν νωρίτερα σε αυτό το PLMN και θα ζητήσει μια ενημέρωση θέσης.

### ***Επιλογή κυττάρου σε κατάσταση περιορισμένης υπηρεσίας***

Τώρα πρέπει να εξετάσουμε εκείνες τις περιπτώσεις όπου η κανονική υπηρεσία δεν μπορεί να μεταβιβαστεί, άλλα είναι δυνατή η περιορισμένη υπηρεσία. Αυτό συμβαίνει όταν ο συνδρομητής δεν έχει το δικαίωμα στην κανονική υπηρεσία κανενός από τα PLMNs που έχουν βρεθεί. Αν το τοπικό PLMN είναι αποδεκτό, π.χ., εάν η πρόσβαση στο τοπικό PLMN είναι απαγορευμένη τοπικά λόγω συνδρομής και όχι από ραδιο-διαβίβαση, η επιλογή του κυττάρου είναι η ίδια όπως στην περίπτωση της κανονικής υπηρεσίας. Αλλιώς, ο κινητός σταθμός επιλέγει το αποδεκτό κύτταρο με το καλύτερο CI, ανεξάρτητα από το PLMN ή την περιοχή θέσης των κυττάρων, και έτσι χωρίς να εφαρμόσει την ενημέρωση θέσης. Ο κινητός σταθμός ψάχνει συνεχώς όλο το φάσμα για νέα κύτταρα, προκειμένου να βρει ένα αποδεκτό PLMN όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Όταν βρεθεί ένα τέτοιο PLMN, μπορεί να επιλεγεί και στη συνέχεια ο κινητός σταθμός θα προσπαθήσει να εξασφαλίσει μια κανονική υπηρεσία σε αυτό το PLMN.

## **ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

Η επιλογή ενός PLMN και ενός κυττάρου είναι μόνο μια πλευρά της διαχείρισης της κινητικότητας. Ο στόχος του δικτύου όσον αφορά τη διαχείριση θέσης, είναι να προετοιμαστεί για τη δρομολόγηση των κλήσεων προς τους συνδρομητές, λαμβάνοντας υπόψη τις μετακινήσεις τους. Με αυτό το στόχο, το δίκτυο πρέπει να

απομνημονεύσει για κάθε συνδρομητή (με μεγάλη ακρίβεια για κάθε SIM) εάν είναι γνωστό ότι είναι σε κάποια θέση ή όχι (λέγεται ότι είναι καταχωρημένος), σε αυτή την περίπτωση σε οποία περιοχή θέσης. Αυτές οι πληροφορίες ανακτώνται όταν πρέπει να οργανωθεί μια κλήση προς το χρήστη, όπως θα εξηγηθεί στο κεφάλαιο 8. Επειδή μια περιοχή θέσης είναι υποχρεωτικά στο GSM το οποίο περιέχεται μόνο σε μία περιοχή MSC, οι αποθηκευμένες πληροφορίες είναι ικανοποιητικές για τη δρομολόγηση της κλήσης μέχρι το MSC, που θα είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία. Επιπλέον, η γνώση της ακριβούς περιοχής θέσης (μπορούν να υπάρξουν διάφορες περιοχές θέσης μέσα σε μια περιοχή ενός MSC") επιτρέπει να περιοριστεί η καταχώρηση στα αντίστοιχα κύτταρα.

Μια απλή λύση στο βασικό ζήτημα διαχείρισης θέσης θα μπορούσε να συνίσταται στην αποθήκευση σε μια βάση δεδομένων της ταυτότητας κάθε συνδρομητή μαζί με μια ένδειξη εάν είναι καταχωρημένος ή όχι, και σε αυτή την περίπτωση, πού να τον βρεί.

Πράγματι, η κανονική αρχιτεκτονική του GSM προσδιορίζει μια τέτοια βάση δεδομένων, τον κατάλογο τοπικής θέσης (HLR). Αυτή η λειτουργία είναι χωρισμένη από τη λειτουργία δρομολόγησης, η οποία συνίσταται στην επιλογή και την κράτηση κυκλωμάτων για να επιτευχθεί μια συνεχής σύνδεση μεταξύ των χρηστών που επιθυμούν να είναι στην επικοινωνία. Στο GSM, τον κύριο ρόλο από την κινητή πλευρά των χρηστών για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διαχείρισης επικοινωνίας έχει το κέντρο εναλλαγής κινητών υπηρεσιών (το MSC). Αλλά η κανονική αρχιτεκτονική είναι λίγο πιο σύνθετη, και πριν την περιγράψουμε, είναι ενδιαφέρον να εξετάσουμε στους λόγους για τους οποίους συμβαίνει αυτό.

Κάθε σύστημα τηλεπικοινωνιών περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων που περιέχει ποικίλες πληροφορίες σχετικά με κάθε συνδρομητή, όπως οι περιορισμοί συνδρομής, οι υπηρεσίες συνδρομής, οι καταστάσεις της ενεργοποίησης συμπληρωματικών υπηρεσιών, ή των πληροφοριών που απαιτούνται για τη διαχείριση των πληροφοριών χρέωσης. Στο GSM, υπάρχουν οι ίδιες πληροφορίες, συν μερικές που είναι συγκεκριμένες όπως οι πληροφορίες σχετικές με τις λειτουργίες εμπιστευτικότητας.

Σε ένα σταθερό δίκτυο, κάθε συνδρομητής συνδέεται με έναν τοπικό διακόπτη, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κάθε κλήση που περιλαμβάνει αυτόν τον συνδρομητή, είτε μια εκκινούμενη είτε μια κλήση που τερματίζεται, περνά από αυτόν τον διακόπτη. Αυτό είναι έπειτα η φυσική θέση για την αποθήκευση των σχετικών με το συνδρομητή πληροφοριών. Σε ένα σύστημα που εξετάζει τους κινούμενους συνδρομητές, δεν υπάρχει καμία τέτοια φυσική θέση για την αποθήκευση των παραμέτρων συνδρομητών. Εντούτοις, τα δύο είδη δεδομένων προς αποθήκευση (πληροφορίες θέσης και δεδομένα συνδρομητών) απαιτούν μια κοινή λύση αποθήκευσης. Αυτή η επιλογή γίνεται στο GSM και το HLR είναι η βάση δεδομένων και για τα δύο σύνολα πληροφοριών.

Εάν οι πληροφορίες θέσης απαιτούνται μόνο για την εγκατάσταση των κλήσεων κινητού τερματισμού, το υπόλοιπο των πληροφοριών απαιτείται σε διάφορες στιγμές κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε κλήσης. Βασικά, είναι το κατελλημένο MSC υπεύθυνο για έναν κινητό συνδρομητή που συμμετέχει σε μια κλήση, η οποία χρειάζεται αυτά τα κομμάτια των πληροφοριών. Κατόπιν θα προέκυπτε ένα σημαντικό φορτίο σηματοδότησης εάν το MSC έπρεπε να εξετάσει το HLR κάθε φορά που χρειάζεται κάποιο κομμάτι των πληροφοριών. Για να αποφύγει αυτό το φορτίο σηματοδότησης, το αρχείο δεδομένων ενός συνδρομητή αντιγράφεται σε μια βάση δεδομένων κοντά στο MSC ενώ ο συνδρομητής καταχωρείται σε μια περιοχή θέσης που ελέγχεται από το MSC. Η βάση δεδομένων, το VLR (κατάλογος θέσης επισκεπτών), θα αγνοηθεί προς το παρόν ως οντότητα, χωριστή από το MSC: θα μιλήσουμε για ένα MSC/VLR. Η διάκριση αυτή θα εξεταστεί αργότερα.

Αυτή η ικανότητα της προσωρινής αποθήκευσης στο MSC/VLR επιτρέπει κάποια διανομή της λειτουργίας της αποθήκευσης πληροφοριών θέσης. Το HLR χρειάζεται μόνο τις πληροφορίες αποθήκευσης σχετικά με το MSC/VLR στην περιοχή όπου ο συνδρομητής είναι αυτήν την περίοδο. Η ταυτότητα της ακριβούς περιοχής θέσης αποθηκεύεται στο MSC/VLR, μαζί με ένα αντίγραφο των υπόλοιπων σχετικών με το συνδρομητή πληροφοριών. Αυτό είναι επαρκές για να πάρει τις πληροφορίες δρομολόγησης που απαιτούνται για να εξετάσει μια εισερχόμενη κλήση, και αυτές είναι όλες οι απαιτήσεις του HLR.

Αυτή η προσωρινή αποθήκευση στο MSC/VLR εισάγει νέες λειτουργίες. Οι πληροφορίες των συνδρομητών πρέπει να αντιγραφούν όταν ο συνδρομητής εισάγει μια νέα περιοχή στο MSC/VLR. Αντιθέτως, το αντίστοιχο αρχείο πρέπει να διαγραφεί από το προηγούμενο MSC/VLR στο οποίο καταχωρήθηκε ο συνδρομητής. Μερικοί μηχανισμοί απαιτούνται για τη διατήρηση της συνέπειας μεταξύ του περιεχομένου που αποθηκεύεται στο HLR και του τι αποθηκεύεται στα MSC/VLRs, συμπεριλαμβανομένης της περίπτωσης μιας αποτυχίας, με συνέπεια μια απώλεια αποθηκευμένων πληροφοριών.

### *Λειτουργίες*

Όπως καθορίζεται στις *προδιαγραφές*, το HLR είναι βασικά μια ευφυής βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται για να αποθηκεύσει τις πληροφορίες θέσης και τις σχετικές με το συνδρομητή πληροφορίες, που απαιτούνται για την παροχή των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Το HLR δεν έχει καμία ικανότητα μετατροπής. Είναι συνδεδεμένο με τις υπόλοιπες οντότητες του δικτύου και του υποσυστήματος εναλλαγής (NSS) μέσω των μέσων σηματοδότησης, όπως συζητήθηκε στο κεφάλαιο 2. Το HLR δεν είναι μια απλή βάση δεδομένων που μπορεί να δεχτεί μόνο διαταγές «αποθήκευσε» ή «ανάκτησε». Στην πραγματικότητα, το HLR διαχειρίζεται εξολοκλήρου τις πληροφορίες θέσης στο δίκτυο: παραδείγματος χάριν, πρέπει να πει στο παλιό MSC/VLR να διαγράψει ένα αρχείο συνδρομητών όταν αυτός ο συνδρομητής καταχωρείται σε ένα νέο MSC/VLR.

Λειτουργικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπάρχει μια μοναδική λειτουργία HLR, ενδεχομένως κατανεμημένη σε διάφορους εξοπλισμούς. Στην πράξη, μόνο για λόγους λειτουργίας, μια λειτουργία HLR υλοποιείται σε κάθε PLMN. Επίσης, η λειτουργία HLR για ένα PLMN μπορεί να υλοποιηθεί σε έναν μόνο εξοπλισμό ή να κατανεμηθεί μεταξύ διάφορων εξοπλισμών. Και οι δύο προσεγγίσεις επιτρέπονται, και χρησιμοποιούνται. Σημειώστε ότι η χρήση του όρου HLR μπορεί να αναφέρεται στην λειτουργία, καλύπτοντας ενδεχομένως διάφορους εξοπλισμούς, ή έναν ενιαίο εξοπλισμό. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, αυτή η ασάφεια δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα κατανόησης.

Το HLR έχει πολλούς διαφορετικούς ρόλους. Αυτό που μας αφορά σε αυτό το τμήμα είναι η διαχείριση της κινητικότητας συνδρομητών. Οι λειτουργίες του HLR σχετικού με, π.χ., τη διαχείριση των στοιχείων εμπιστευτικότητας, ή τη διαχείριση των συμπληρωματικών υπηρεσιών θα περιγραφούν αντίστοιχα περαιτέρω σε αυτό το κεφάλαιο, και στο κεφάλαιο 8.

### ***Ο κατάλογος θέσης επισκεπτών***

Ενώ έχουμε εισαγάγει τον όρο VLR, η αντίστοιχη έννοια είναι κάπως κρυμμένη. Οι περισσότεροι αναγνώστες επίσης θα έχουν σημειώσει ότι το στο VLR δεν διατέθηκε ακόμη ούτε εικονίδιο. Πρέπει να απαντήσουμε για αυτήν την μάλλον πρόχειρη μεταχείριση.

Στην κανονική αρχιτεκτονική GSM, έχει αναφερθεί μέχρι τώρα, ότι το MSC/VLR αποτελείται από δύο χωριστές λειτουργικές οντότητες, το ίδιο το MSC και μια βάση δεδομένων, το VLR. Το MSC ορίζεται ως η λειτουργία εναλλαγής που είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των κλήσεων, και το VLR ως βάση δεδομένων όπου οι πληροφορίες συνδρομητών αποθηκεύονται προσωρινά για εκείνους τους συνδρομητές που καταχωρούνται κάτω από ένα MSC που συνδέεται με το VLR.

Ένα VLR μπορεί να διαχειριστεί τα στοιχεία συνδρομητών για ένα ή περισσότερα MSC, και μπορεί να είναι ένας εξοπλισμός φυσικά διακριτός από ένα MSC. Ο βασικός λόγος για τον οποίο οι δύο λειτουργίες είναι χωρισμένες δεν είναι η πιθανής υλοποίηση στους διακριτούς εξοπλισμούς, αλλά λόγω η επιλογής να υπάρξει ένα VLR για περισσότερα από ένα MSC. Το βασικό σημείο προς ανάλυση είναι έπειτα γιατί πρέπει να ληφθεί μια τέτοια επιλογή.

Από αρχιτεκτονική άποψη, το VLR μπορεί να ιδωθεί από τρία διαφορετικά σημεία:

- μια πρώτη προσέγγιση είναι να θεωρηθεί το σύνολο του HLR και του VLR ως μια ενιαία κατανομημένη βάση δεδομένων. Η διάκριση μεταξύ των μερών του HLR και των μερών του VLR είναι ζήτημα της εσωτερικής αρχιτεκτονικής αυτής της βάσης δεδομένων. Αυτό θα αντιστοιχούσε σε μια προσέγγιση όπου το VLR εισάγεται απλώς για την διανομή φορτίων σηματοδότησης, και ένα VLR θα εξυπηρετούσε διάφορα MSC

- από την άλλη πλευρά θα θεωρήσουμε το VLR ως την εκπλήρωση ενός συνόλου βοηθητικών στόχων στο MSC, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης της κατειλημμένης βάσης δεδομένων συνδρομητών και των αντίστοιχων διαλόγων με το HLR. Είναι έπειτα φυσικά ένα μέρος του MSC, και δεν υπάρχει λόγος να συνδεθεί ένα VLR με διάφορα MSC
- μια τρίτη προσέγγιση είναι να θεωρηθεί το VLR ως αληθινά ανεξάρτητη οντότητα, που έχει δικούς της τους στόχους, με την προστιθέμενη αξία έναντι στους φυσικούς ρόλους του HLR και του MSC.

Η ακριβής φιλοσοφία της λειτουργικής διάσπασης μεταξύ του VLR και του HLR από τη μία πλευρά, και μεταξύ του MSC και του VLR από την άλλη, μπορεί να καθοριστεί με την λεπτομερή εξέταση των αντίστοιχων πρωτοκόλλων. Με αυτές τις ενέργειες, γίνεται προφανές ότι η περικοπή μεταξύ, του MSC/VLR και του HLR μπορεί να θεωρηθεί ως το ελάχιστο, ενώ η περικοπή μεταξύ του VLR/HLR και του MSC φαίνεται να μην ακολουθεί έντονα τις γραμμές οδηγιών. Εάν το πρωτόκολλο VLR/HLR μπορεί να παρουσιαστεί εύκολα ως πρωτόκολλο MSC/HLR, είναι προφανώς αδύνατο να γίνει έτσι και με το πρωτόκολλο MSC/VLR (η απόδειξη της πρώτης δήλωσης θα βρεθεί σε αυτό το βιβλίο, ενώ από την άλλη θα χρειαζόταν πολύς κόπος και χρόνος για να εξηγήσουμε την δεύτερη, ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στις *προδιαγραφές*). Αυτό αντιστρατεύεται έντονα τη δεύτερη προσέγγιση που έχουμε ακολουθήσει σε αυτό το βιβλίο. Επικαλείται συχνά ως αντίθετο επιχείρημα ότι η διάσπαση μεταξύ του VLR και του MSC συσχετίζεται με την προσέγγιση έξυπνων δικτύων (IN) για την οικοδόμηση των εξοπλισμών διακοπών. Όταν εξετάζεται από πιο κοντά, εν τούτοις, είναι προφανές ότι οι δύο φιλοσοφίες είναι κάπως διαφορετικές. Στην προσέγγιση των έξυπνων δικτύων, το MSC δεν θα είχε καμία λειτουργία υψηλού επιπέδου και το VLR θα ήταν όπου εξετάζονται όλα τα σύνθετα πρωτόκολλα. Αυτό είναι πολύ διαφορετικό στις *προδιαγραφές*. Το MSC ασχολείται πράγματι με τα περισσότερα από τα σύνθετα πρωτόκολλα. Το VLR δεν είναι ούτε μια καθαρή βάση δεδομένων (οπότε σε αυτή την περίπτωση, η διεπαφή VLR-MSC θα ήταν πολύ κοντά σε μια διεπαφή μεταξύ ενός MSC και ενός HLR εάν δεν χρησιμοποιούνταν η προσωρινή αποθήκευση), ούτε ένας αληθινός διαχειριστής κλήσης, που ελέγχει έναν μάλλον βουβό διακόπτη (αυτό θα ήταν η IN προσέγγιση). Οι εφαρμογές ενός δικτύου GSM βασισμένου σε μια IN

προσέγγιση είναι εντούτοις δυνατές και υλοποιήσιμες, αλλά η διάσπαση μεταξύ του «βωβού» σημείου υπηρεσιών εναλλαγής και του «ευφούς» σημείο ελέγχου υπηρεσιών δεν είναι βασισμένο σύμφωνα με μια γραμμή MSC-VLR. Ενώ η αρχιτεκτονική διάσπαση, όπως περιγράφεται στις *προδιαγραφές*, δεν είναι για αυτούς τους λόγους βεβαίως η τελευταία λέξη σε αυτόν τον τομέα, το GSM θεωρείται ως ένα από τα πρώτα «ευφυή» δίκτυα και οι έννοιες όπως η εξέταση ενός συγκεντρωμένο HLR είναι τα πρώτα τούβλα για την κατασκευή μιας πραγματικής δομής έξυπνων δικτύων.

Αυτή η κατάσταση είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο οι συντάκτες αυτού του βιβλίου αποφάσισαν να μην περιγράψουν το VLR ως οντότητα που χωρίστηκε από το MSC. Αυτή η θέση υποστηρίζεται από το γεγονός ότι μέχρι τώρα όλοι οι κατασκευαστές διακοπών έχουν επιλέξει να αναπτύξουν ένα συνδυασμένο MSC/VLR, και κάποιιοι προσφέρουν τη δυνατότητα φυσικού διαχωρισμού τους.

Ας δούμε γρήγορα μερικά από τα σημεία των *προδιαγραφών* μεταξύ των απωλειών που προκαλούνται από την προσέγγισή μας. Εάν είναι χωρισμένα, το MSC και VLR συνδέονται μέσω του SS7 δικτύου σημάτων, και οι διαδικασίες σηματοδότησης για τον αντίστοιχο διάλογο διευκρινίζονται στο MAP (αποτελούν το πρωτόκολλο MAP/B). Το πρωτόκολλο MAP/B αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος της προδιαγραφής MAP, τουλάχιστον όσον αφορά στον αριθμό σελίδων. Εξαιτίας των λόγων που εξηγούνται ανωτέρω, δεν θα αντιμετωπιστεί εδώ.

### ***Ο κινητός σταθμός***

Ο κινητός σταθμός κρατά έναν πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαχείριση θέσης, για προφανείς λόγους. Είναι στην αρχή δημιουργίας των πληροφοριών θέσης, και εξετάζει στην πραγματικότητα τα προβλήματα που δημιουργούνται από την κινητικότητα σχεδόν εξ ολοκλήρου από μόνος του σε κατάσταση μη απασχόλησης. Ένα σημαντικό σημείο που μπορεί να ήταν λιγότερο εμφανές μέχρι τώρα είναι ο αντίστοιχος ρόλος του SIM και του υπολοίπου του κινητού σταθμού, που είναι γνωστού στις *προδιαγραφές* ως κινητός εξοπλισμός.

Η υπόθεση μέσα στις *προδιαγραφές* είναι ότι ο κινητός εξοπλισμός δεν κρατά σε μια αμετάβλητη μνήμη οποιοδήποτε πληροφορία σχετική με τον χρήστη του. Ακόμα, οι



κατασκευαστές κινητών σταθμών δεν αποτρέπονται από το να το κάνουν, αλλά το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σωστά χωρίς μια τέτοια μνήμη. Το αντίστροφο σημείο είναι ότι το SIM φυλάσσει αυτές τις πληροφορίες, και ειδικότερα πολλές πληροφορίες σχετικές με τη διαχείριση κινητικότητας, είτε για το χειρισμό της θέσης είτε σχετικών με την ασφάλεια.

Ο κινητός εξοπλισμός περιέχει εντούτοις κάποιες πληροφορίες κάποιου χρονικού πεδίου, όπως ο κατάλογος απαγορευμένων περιοχών θέσης για την εθνική περιπλάνηση, ή τους καταλόγους συχνοτήτων αναγνωριστικών σημάτων για διαφορετικά PLMNs. Αυτές οι πληροφορίες χάνονται όταν σβήνεται ο κινητός εξοπλισμός. Η επιλογή του τι περιέχεται στο SIM ήταν ένας συμβιβασμός μεταξύ της κατανάλωσης μνήμης (ένας ανεπαρκής πόρος για ένα SIM) και της κράτησης όσο το δυνατόν περισσότερο των ενδεχομένως χρήσιμων πληροφοριών κατά τη διάρκεια μιας περιόδου εκτός λειτουργίας.

### *Το SIM*

το SIM έχει παρουσιαστεί ήδη στα πρώτα-πρώτα κεφάλαια. Αυτό που είναι ενδιαφέρον εδώ είναι οι πληροφορίες που περιέχουν σε σχέση με τη διαχείριση θέσης. Σε αυτήν την περιοχή, το SIM είναι μόνο ένα παθητικό κιβώτιο πληροφοριών, έτσι η απαρίθμηση των σχετικών τομέων θα μας δώσει όλη τη λειτουργική περιγραφή που χρειαζόμαστε:

- η κατάσταση αναβάθμισης
- η ταυτότητα περιοχής θέσης

Αυτοί οι τομείς περιέχουν συνήθως το αποτέλεσμα της τελευταίας προσπάθειας ενημέρωσης θέσης, και την περιοχή θέσης όπου έγινε. Ο κύριος σκοπός τους είναι να αποφύγουν μια προσπάθεια ενημέρωσης θέσης σε μερικές περιπτώσεις όταν τεθεί σε λειτουργία το κύτταρο που επιλέγεται είναι στην ίδια περιοχή θέσης.

- Μια λίστα συχνοτήτων αναγνωριστικών σημάτων («πληροφορίες BCCH»).

Έχουμε συναντήσει ήδη αυτήν τη λίστα. Οι *προδιαγραφές* δεν είναι σαφείς για το ποιο PLMN αφορά. Προκειμένου να πετύχει το στόχο της αυτή η λίστα, δηλ., να επιταχύνει το χρόνο έναρξης μετά από μια ενεργοποίηση, πρέπει να αναφερθεί στο τοπικό PLMN. Μια άλλη ερμηνεία είναι ότι πρέπει να είναι η τελευταία λίστα που παραλαμβάνεται από το δίκτυο εξυπηρετητή.

- Η λίστα των απαγορευμένων PLMNs («απαγορευμένα PLMNs»).

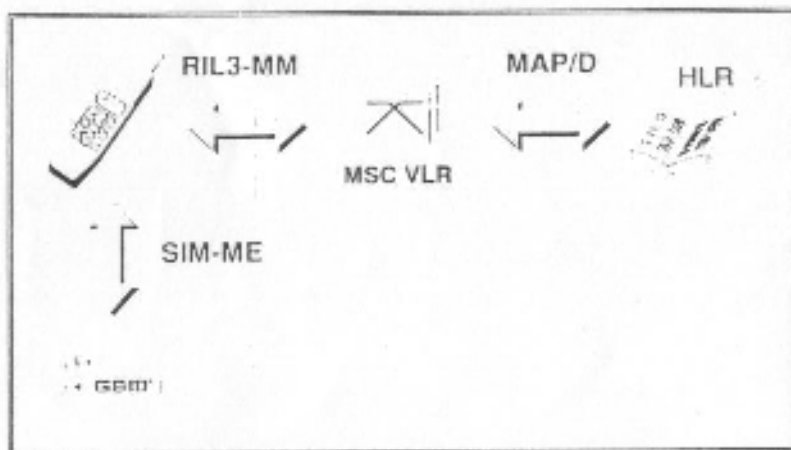
Η λειτουργία αυτού του καταλόγου περιγράφηκε στο τμήμα αυτού του κεφαλαίου σχετικά με την επιλογή PLMN. Πρέπει να σημειωθεί ότι είναι μια ταξινομημένη λίστα, με τις καταχωρήσεις ταξινομημένες κατά σειρά εισαγωγής, λόγω της συνθήκης αντικατάστασης της παλαιότερης εισόδου όταν η λίστα είναι πλήρης.

- Η προτιμώμενη λίστα PLMN.

Η λειτουργία αυτής της λίστας περιγράφηκε επίσης κατά εξέταση της επιλογής PLMN.

### ***Πρωτόκολλα***

Τα πρωτόκολλα που ανήκουν λειτουργικά στο πλάνο διαχείρισης κινητικότητας είναι αυτά που κρατιούνται μεταξύ του HLR και του MSC/VLRs, του MSC/VLR και του κινητού σταθμού, και μεταξύ του κινητού εξοπλισμού και του SIM. Για να επιτραπεί πλήρης περιπλάνησης, είναι εξαιρετικά σημαντικό το κάθε HLR να είναι σε θέση να ανταλλάξει τις πληροφορίες με κάθε MSC/VLR σε όλα τα PLMNs του συστήματος (και ενδεχομένως με τους διακόπτες από άλλους τύπους δικτύων εάν υλοποιείται η SIM-περιπλάνηση). Ένα HLR πρέπει επίσης να είναι σε θέση να συνδιαλλαγεί με όλες τις οντότητες που θέλουν να πάρουν τις πληροφορίες για τους συνδρομητές, κυρίως πληροφορίες θέσης με στόχο τις κλήσεις προς αυτούς τους συνδρομητές. Αυτό θα εξεταστεί στο κεφάλαιο 8.



Σχήμα 7.4 – Πρωτόκολλα διαχείρισης θέσης

Τα πρωτόκολλα περιλαμβάνουν τους καταχωρητές θέσης (VLR και HLR), οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους και με τον κινητό σταθμό, στον οποίο το SIM έχει βασική συμμετοχή.

Το πρωτόκολλο μεταξύ του HLR και των MSC/VLRs υποστηρίζεται μέσω του παγκόσμιου δικτύου σημάτων, το σύστημα σημάτων n°7 (SS7), όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 5. Το πρωτόκολλο εφαρμογής για τους διαλόγους μεταξύ ενός HLR και ενός MSC/VLR είναι μέρος του MAP (μέρος κινητής εφαρμογής). Σε αυτό το βιβλίο, θα το καλέσουμε πρωτόκολλο MAP/D.

Το πρωτόκολλο MS-MSC καλείται πρωτόκολλο RIL3-MM (για τη ραδιο διεπαφή επιπέδου 3, τη διαχείριση κινητικότητας). Χρησιμοποιεί την σύνδεση σηματοδότησης MS-MSC που παρέχεται από το στρώμα RR, όπως είδαμε στα κεφάλαια 5 και 1.

Το SIM-ME πρωτόκολλο είναι περιορισμένο στην ανάγνωση και εγγραφή εντολών όσον αφορά εμάς εδώ, και τα αντίστοιχα μηνύματα δεν θα αναφερθούν στο κείμενο.

Το σχήμα 7.4 συνοψίζει την απλή αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων που απαιτούνται για τη διαχείριση θέσης.

## ΟΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ

Η κύρια διαδικασία για τη διαχείριση θέσης είναι η διαδικασία ενημέρωσης θέσης, η οποία προκαλείται από ένα κινητό σταθμό για να ενημερώσει τα δεδομένα θέσης του

συνδρομητή της. Για διάφορους λόγους, οι ελαφρώς τροποποιημένες εκδόσεις αυτής της διαδικασίας χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς λόγους. Αυτές οι παραλλαγές περιγράφονται επίσης σε αυτό το τμήμα.

### ***Οι βασικές διαδικασίες***

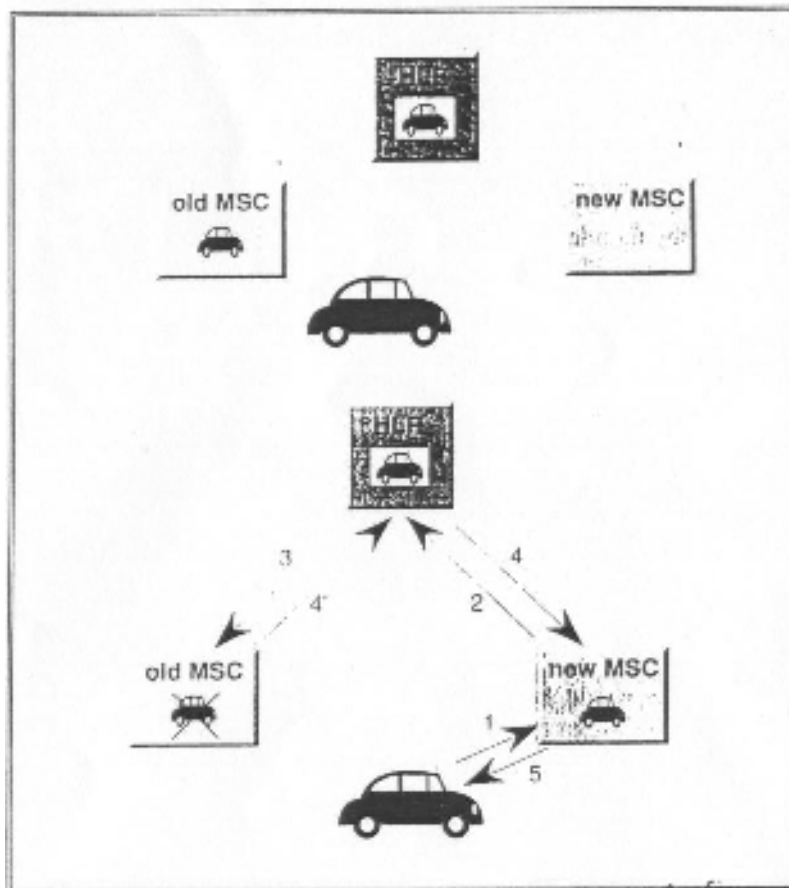
Οι πληροφορίες θέσης αποθηκεύονται σε δύο διαφορετικές θέσεις στην υποδομή GSM, το HLR και το κατειλημένο MSC/VLR. Στην πραγματικότητα οι ίδιες πληροφορίες είναι γνωστές σε τρεις διαφορετικές θέσεις στο σύστημα, στον κινητό σταθμό (και ειδικότερα στο SIM) που είναι η τρίτη θέση. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να αλλάξουν, και οι διάφορες διαδικασίες πρέπει να διατηρήσουν την συνέπεια μεταξύ των τριών οντοτήτων.

Ο κανονικός λόγος για μια αλλαγή είναι πότε ο κινητός σταθμός θα αποφασίσει ότι το πρέπει να αλλάξει η περιοχή θέσης που αρμόζει καλύτερα στον συνδρομητή. Κατόπιν ο κινητός σταθμός δηλώνει το MSC/VLR στο οποίο ανήκει το νέο κύτταρο. Αυτό το MSC/VLR μπορεί να είναι το ίδιο όπως πριν, εάν ελέγχει και την προηγούμενη και τη νέα περιοχή θέσης, ή ένα νέο MSC/VLR. Στην τελευταία περίπτωση, το MSC/VLR δηλώνει στη συνέχεια το HLR, το οποίο δηλώνει το προηγούμενο MSC/VLR. Υπάρχουν άλλες περιπτώσεις όπου μια ασυνέπεια μπορεί να εμφανιστεί, παραδείγματος χάριν όταν χάνονται οι αποθηκευμένες πληροφορίες στο MSC/VLR ή το HLR ως αποτέλεσμα κάποιας αποτυχίας υλικού ή λογισμικού. Κατόπιν οι διαδικασίες μπορούν να ρυθμιστούν για να διορθώσουν την αποτυχημένη βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες σε άλλους εξοπλισμούς.

- Προκειμένου να καλυφθούν όλες αυτές οι περιπτώσεις, οι ακόλουθες στοιχειώδεις διαδικασίες έχουν διευκρινιστεί (δείτε το σχήμα 7.5):
- ενημέρωση της αποθήκευσης του MSC/VLR ύστερα από αίτημα του κινητού σταθμού
- ενημέρωση της αποθήκευσης του HLR ύστερα από αίτημα του MSC/VLR ακύρωση ενός αρχείου συνδρομητών σε ένα MSC/VLR ύστερα από αίτημα του HLR.

### Ο κινητός σταθμός στη διαδικασία ενημέρωσης θέσης MSC

Αυτή η διαδικασία είναι μέρος του πρωτοκόλλου RIL3-MM. Απαιτεί μια ραδιο-σύνδεση, όπως για οποιοδήποτε διάλογο μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου. Η καθιέρωση μιας τέτοιας σύνδεσης είναι μια λειτουργία των λειτουργιών διαχείρισης των ραδιο-πόρων, που περιγράφεται στο κεφάλαιο 1. Αυτή η εγκατάσταση δεν έχει σχεδόν τίποτα συγκεκριμένο για τη διαδικασία ενημέρωσης θέσης.



Σχήμα 7.5 – Βασικές, στοιχειώδεις διαδικασίες ενημέρωσης θέσης

Προκειμένου να αλλάξει την παλιά (φαίνεται στην κορυφή) με την νέα κατάσταση (κάτω), ο κινητός σταθμός παίρνει την πρωτοβουλία της ενημέρωσης θέσης (1), αλλά το HLR, ύστερα από αλληπάλλληλα αιτήματα απο το νέο MSC/VLR (2), αναλαμβάνει τη διαγραφή του παλιού αρχείου στο προηγούμενο MSC/VLR (3, 4), και παράλληλα επιβεβαιώνει την ενημέρωση του νέου MSC/VLR (4), το οποίο αναγνωρίζει διαδοχικά τα αιτήματα του κινητού σταθμού (5).

Η διαδικασία ενημέρωσης θέσης MS-MS-C είναι βασικά πολύ απλή, και αποτελείται από ένα αίτημα (ένα αίτημα ενημέρωσης θέσης) και μια απάντηση. Το αίτημα φέρεται από το μήνυμα RIL3-MM ΑΙΤΗΜΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ. Αυτό το μήνυμα περιέχει κυρίως πληροφορίες για την αναγνώριση του συνδρομητή.

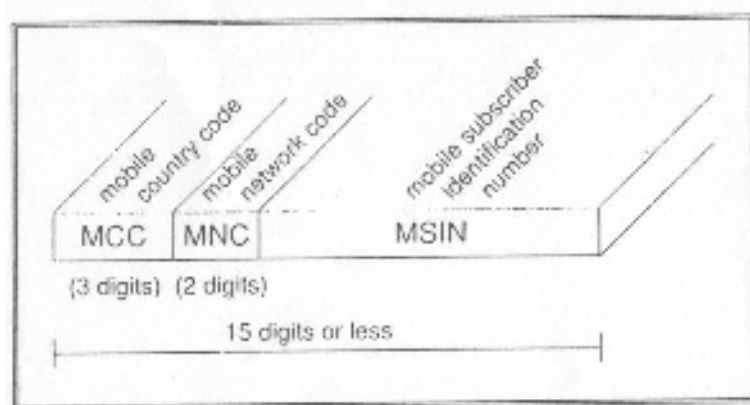
Το MSC/VLR μπορεί να απαντήσει αυτόνομα σε μερικές περιπτώσεις, ή μπορεί εναλλακτικά να πρέπει να ενημερώσει το HLR πρώτα, με τη διαδικασία που περιγράφεται στο επόμενο τμήμα. Υπάρχει μια περίπτωση όταν δεν μπορεί να κάνει αλλιώς, το MSC/VLR να απαντήσει από μόνο του: όταν δεν μπορεί να φθάσει στο HLR ελλείψει οποιασδήποτε συμφωνίας περιπλάνησης μεταξύ των δύο χειριστών. Αυτή η περίπτωση δεν εξετάζεται στις *προδιαγραφές*, αν και μπορεί να συμβεί. Η απάντηση του MSC/VLR είναι απαραίτητως αρνητική και πρέπει να είναι επιλεγμένη ώστε να διασφαλίζει ότι ο κινητός σταθμός θα ψάξει άλλα PLMNs (παραδείγματος χάριν, με την αποστολή της αιτίας «PLMN που δεν επιτρέπεται»).

Η συνηθισμένη «κανονική περίπτωση» όταν μπορεί το MSC/VLR να απαντήσει από μόνο του είναι όταν ο συνδρομητής καταχωρείται ήδη στη βάση δεδομένων του MSC/VLR. Η απάντηση σε εκείνη την περίπτωση είναι συνήθως θετική, και μπορεί να είναι αρνητική μόνο σε περίπτωση περιορισμού εθνικής περιπλάνησης (αιτία «περιοχή θέσης που δεν επιτρέπεται για την εθνική περιπλάνηση», χρησιμοποιημένος μόνο στο DCS 1800). Η περιφερειακή συνδρομή δεν μπορεί να οδηγήσει σε αρνητική απάντηση του MSC/VLR χωρίς συμμετοχή του HLR, δεδομένου ότι το MAP περιορίζει την περιφερειακή συνδρομή που προσφέρεται σε μια βάση ανά VLR.

Η εθνική περιπλάνηση αξίζει έπειτα κάποια προσοχή. Ο κανόνας είναι ότι εάν ο κινητός σταθμός ανήκει σε ένα ανεπιθύμητο PLMN, και εάν η ζητούμενη περιοχή θέσης είναι περιορισμένη, το MSC/VLR είναι κατοχυρωμένο να απαντήσει αρνητικά. Το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου το MSC/VLR δεν θα είναι σε θέση να έρθει σε επαφή με το HLR, και αυτό θα ήταν μια ιδιαίτερη περίπτωση της προαναφερθείσας κατάστασης, με τη διαφορά ότι η αιτία που στέλνεται στον κινητό σταθμό διευκρινίζεται.

Όταν το MSC/VLR πρέπει να έρθει σε επαφή με το HLR του συνδρομητή, πρέπει πρώτα να ξέρει ποιο HLR είναι ενδιαφερόμενο. Οι συνδρομητές προσδιορίζονται για

την εσωτερική επιχείρηση του GSM από έναν αριθμό, το IMSI (διεθνής κινητή ταυτότητα συνδρομητών). Αυτός ο αριθμός παρέχεται από τον κινητό σταθμό οποτεδήποτε έχει πρόσβαση στο δίκτυο (ο αριθμός δεν δίνεται πάντα άμεσα, δείτε την έννοια TMSI, σελίδα βιβλίου 484). Το IMSI έτσι διευκρινίζεται ότι το MSC/VLR είναι σε θέση να παραγάγει την ταυτότητα του τοπικού PLMN του συνδρομητή, και ενδεχομένως περισσότερες πληροφορίες για τον εξοπλισμό του HLR που είναι υπεύθυνο για το συνδρομητή. Το σχήμα 7.6 παρουσιάζει τη δομή του IMSI. Με τη βοήθεια των σχετικών πινάκων μεταφράσεων, το MSC/VLR είναι έπειτα έτοιμο να συνθέσει τη διεύθυνση SS7 στην οποία το αίτημα ενημέρωσης θέσης πρέπει να σταλεί. Στην πράξη, το HLR μπορεί συνήθως να προσδιοριστεί με την εξέταση των σημαντικότερων ψηφία του IMSI μετά από τον κινητό κωδικό χωρών και τον κινητό κωδικό δικτύων. Εντούτοις, αυτή η δυνατότητα συνήθως χρησιμοποιείται μόνο μέσα στην χώρα του τοπικού PLMN. Τα PLMNs άλλων χωρών δρομολογούν τα μηνύματά τους χρησιμοποιώντας το IMSI ως παγκόσμιο τίτλο, προς μια οντότητα πυλών στην χώρα του τοπικού PLMN. Εκεί ο παγκόσμιος τίτλος μπορεί να μεταφραστεί στον κώδικα σηματοδότησης σημείου, του σωστού εξοπλισμού στο σωστό PLMN, όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 5.



Σχήμα 7.6 – Η δομή του IMSI

Μια διεθνής κινητή ταυτότητα συνδρομητή συνίσταται σε τρία μέρη: τον κινητό κωδικό χώρας (MCC), που αναγνωρίζει τη χώρα. Τον κινητό κωδικό δικτύου (MNC), που αναγνωρίζει ένα PLMN στο εσωτερικό μιας χώρας. Και τον κινητό αριθμό αναγνώρισης συνδρομητή, που αναγνωρίζει έναν συνδρομητή μέσα στο PLMN, χρησιμοποιώντας όχι περισσότερα από 10 ψηφία.

Πρίν δώσουμε την απάντηση στον κινητό σταθμό, σε ένα μήνυμα RIL3-MM ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ ή ένα RIL3-MM ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΘΕΣΗΣ, το MSC/VLR μπορεί να προχωρήσει σε μερικές ενέργειες όπως την πιστοποίηση ή την κρυπτογράφηση . Αυτές οι διαδικασίες εξετάζονται λεπτομερώς στο δεύτερο μέρος αυτού του κεφαλαίου.

Η απάντηση που δίνεται από το MSC/VLR, ενδεχομένως μετά από την επαφή με το HLR, είναι είτε η RIL3-MM ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ, δείχνοντας κατά συνέπεια ότι ο συνδρομητής καταχωρείται αποτελεσματικά στη νέα περιοχή θέσης όπως απαιτείται, ή το RIL3-MM ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΘΕΣΗΣ, με μια κατάλληλη αιτία, όπως «PLMN που δεν έχει την άδεια» ή η «περιοχή θέσης που δεν έχει την άδεια». Ο πρώτος δείχνει ότι ο συνδρομητής δεν έχει καμία εξουσιοδότηση συνδρομής για την υπηρεσία στο κατειλημένο PLMN, ενώ ο δεύτερος, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στο τοπικό PLMN, δείχνει ότι ο συνδρομητής δεν έχει καμία εξουσιοδότηση συνδρομής για την υπηρεσία στην περιοχή θέσης. Το HLR δεν προσδιορίζει ποια αιτία να χρησιμοποιήσει (το MAP παρέχει μόνο μια αιτία «περιπλάνηση που δεν επιτρέπεται»). Παρόλο που δεν υποδεικνύεται στις προδιαγραφές, η αιτία στο μήνυμα RIL3-MM είναι «περιοχή θέσης που δεν επιτρέπεται» εάν το κατειλημένο MSC/VLR ανήκει στο τοπικό PLMN, και «PLMN που δεν έχει την άδεια» ειδάλως. Ο κινητός σταθμός αντιδρά στην παραλαβή μιας αρνητικής απάντησης όπως εξηγείται στο τμήμα της επιλογής κυττάρου και PLMN.

### ***Το MSC/VLR στη διαδικασία ενημέρωσης θέσης HLR***

Αυτή η διαδικασία εκτελείται όταν ένας κινητός σταθμός ζητά την καταχώρηση σε ένα νέο MSC/VLR. Μπορεί επίσης να εκτελεστεί όταν το HLR υφίσταται μια αποτυχία, και απαιτεί από το MSC/VLR μια επιβεβαίωση της θέσης συνδρομητών μόλις ο κινητός σταθμός είναι σε επαφή.

Το αίτημα μεταβιβάζεται σε ένα μήνυμα MAP/D ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ. Αυτό το μήνυμα φέρει (μεταξύ άλλων πληροφοριών) την ταυτότητα συνδρομητών και αρκετές πληροφορίες για το HLR για να ξέρει πώς να βρεί τα στοιχεία δρομολόγησης για την οργάνωση μιας κλήσης κινητού τερματισμού, δηλ., τη SS7 διεύθυνση του MSC/VLR. Δεν μεταβιβάζει την ταυτότητα της ακριβούς περιοχής θέσης. Σαν επιλογή που



υποστηρίζεται από τα πρότυπα, τα δεδομένα δρομολόγησης μπορούν να περιληφθούν σε αυτό το σημείο, αλλά θα δούμε στο κεφάλαιο 8 ότι αυτό δεν γίνεται συνήθως.

Το HLR καθορίζει εάν θα δεχτεί να καταχωρήσει τον κινητό σταθμό στο νέο MSC/VLR ή όχι, από την εκτίμηση των περιορισμών συνδρομής του χρήστη. Εάν ο συνδρομητής έχει δικαίωμα στην κανονική υπηρεσία στη ζητούμενη περιοχή VLR, η απάντηση είναι θετική, το HLR ενημερώνει τη μνήμη του και προκαλεί μια διαδικασία ακύρωσης θέσης με το προηγούμενο MSC/VLR (εάν ο κινητός σταθμός καταχωρήθηκε πραγματικά, και σε ένα άλλο MSC/VLR). Εάν δεν μπορεί να χορηγηθεί στο συνδρομητή η κανονική υπηρεσία, το HLR διαγράφει το συνδρομητή, ενημερώνει τη μνήμη του για να δείξει ότι η θέση του κινητού σταθμού είναι άγνωστη, και προκαλεί μια διαδικασία ακύρωσης θέσης εφόσον ενδείκνυται. Η απάντηση από το HLR φέρεται στο MSC/VLR σε ένα μήνυμα MAP/D ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ.

Εάν το MSC/VLR που αιτείται, λάβει μια αρνητική απάντηση, σβήνει όλες τις πληροφορίες σχετικά με το συνδρομητή. Διαφορετικά και εάν είναι απαραίτητο, εισάγει το συνδρομητή στη βάση δεδομένων του. Κανονικά, το HLR θα εξασφαλίζει έπειτα τις πληροφορίες συνδρομητών στις ανάγκες του MSC/VLR. Αυτό γίνεται με την αποστολή ενός μηνύματος MAP/D ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ, το οποίο αναγνωρίζεται από το MSC/VLR μέσω ενός μηνύματος MAP/D ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ. Η ίδια διαδικασία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί όταν εμφανιστεί κάποια αλλαγή στις πληροφορίες του συνδρομητή που αποθηκεύονται στο HLR, παραδείγματος χάριν ύστερα από αίτηση του συνδρομητή. Εναλλακτικά, ανάλογα με τη φύση της τροποποίησης, μια διαδικασία αποτελείται από τα μηνύματα MAP/D ΔΙΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ και MAP/D ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ.

#### ***Διαδικασία ακύρωση θέσης από το HLR στο MSC/VLR***

Η ακύρωση θέσης από το HLR στο MSC/VLR είναι μια πολύ απλή διαδικασία, αποτελούμενη από ένα αιτήμα που φέρεται από ένα μήνυμα MAP/D ΑΚΥΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ και την αντίστοιχη αναγνώριση που φέρεται σε ένα μήνυμα MAP/D

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΑΚΥΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ. Το HLR δεν περιμένει αυτήν την ενημέρωση θέσης για να επιβεβαιώσει την ενημέρωση θέσης στο άλλο MSC/VLR, που προκάλεσε την αλλαγή της θέσης.

### ***Διαδικασία διαγραφής καταχώρησης απο το MSC/VLR στο HLR***

Μια διαδικασία MAP/D ανοίγει τη δυνατότητα για το MSC/VLR να ζητήσει από το HLR τη διαγραφή ενός δεδομένου συνδρομητή. Δεν υπάρχει καμία προσδιορισμένη περίπτωση στο GSM για αυτήν την διαδικασία, και είναι υποδειγμένη πως δεν χρησιμοποιείται σε μια λακωνική πρόταση στην πρώτη σελίδα βιβλίου του GSM TS 09.02.

Αυτή η διαδικασία είναι μια απλή διαταγή/αναγνώριση διαδικασία. Το αίτημα φέρεται από ένα μήνυμα MAP/D ΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΗ, και αναγνωρίζεται από ένα μήνυμα MAP/D ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΗ.

### ***Η περιοδική ενημέρωση θέσης, και η αποκατάσταση αποτυχίας βάσεων δεδομένων***

Ένα HLR ή ένα MSC/ VLR, μπορούν να υποστούν μια αποτυχία έτσι ώστε ένα μέρος της βάσης δεδομένων τους να καταστραφεί. Αυτοί οι εξοπλισμοί υλοποιούνται συνήθως με έναν ασφαλή τρόπο με συστήματα αντιγράφων ασφαλείας, που επιτρέπουν στη βάση δεδομένων να αποκατασταθεί σε μια συνεπή κατάσταση. Εντούτοις, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η αποκατεστημένη βάση δεδομένων δεν είναι πλέον ενημερωμένη π.χ., επειδή οι ενημερώσεις που έχουν εμφανιστεί μεταξύ του τελευταίου αντιγράφου ασφαλείας και της αποτυχίας έχουν χαθεί.

Δεδομένου ότι τέτοιες συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν τη δυνατότητα να οργανωθούν οι κλήσεις σωστά, διάφοροι μηχανισμοί περιγράφονται στις προδιαγραφές για να βελτιώσουν την κατάσταση. Ο γενικός μηχανισμός είναι ο ακόλουθος: σε πρώτη φάση, ο εξοπλισμός που επηρεάζεται θα χαρακτηρίσει τις αβέβαιες πληροφορίες υπό αυτήν τη μορφή. Κατόπιν θα προειδοποιήσει άλλες οντότητες δικτύων (εκείνες με τις οποίες γνωρίζει ότι μοιράζεται πληροφορίες) για

την ασαφή κατάσταση του περιεχομένου των πληροφοριών του. Συνεπώς, αυτές οι οντότητες θα χαρακτηρίσουν επίσης τα αντίστοιχα αρχεία για έλεγχο. Για να αποφύγουμε την υπερφόρτωση του συστήματος σηματοδότησης, δεν γίνεται καμία προσπάθεια για να αποκαταστήσουμε τη συνέπεια αυτή τη στιγμή. Ο εξοπλισμός ανάκτησης πιθανώς δεν θα επιζούσε μιας υψηλής αιχμής στο φορτίο σηματοδότησης! Ένα δεδομένο αρχείο συνδρομητών (πέστε του Christian) διορθώνεται μόνο όταν συμβαίνει κάποιο γεγονός σχετικά με αυτόν τον συνδρομητή, όπως μια ραδιο-επαφή που αρχίζει από τον κινητό σταθμό, ή μια προσπάθεια κλήσης κινητού τερματισμού. Εάν μετά από κάποιο χρόνο δεν συμβεί τίποτα, ο Christian διαγράφεται.

Προφανώς, η καλύτερη θέση για να μείνει κάποιος ενημερωμένος για τη θέση συνδρομητών είναι ο κινητός σταθμός, και μια ραδιο-επαφή είναι τελικά ο μόνος ασφαλής τρόπος να αποκατασταθεί η συνέπεια. Η περιοδική ενημέρωση θέσης έχει εισαχθεί έτσι για να εξασφαλίσει τακτική ραδιο-επαφή, έπειτα από πρωτοβουλία του κινητού σταθμού.

Βασικά, η περιοδική ενημέρωση θέσης αναφέρεται στην απαίτηση κατά την οποία ο κινητός σταθμός είναι σε τακτική επαφή με το δίκτυο, όταν είναι στην κανονική υπηρεσία. Αυτό γίνεται αυτόματα από τον κινητό σταθμό και παίρνει τη μορφή μιας διαδικασίας ενημέρωσης θέσης. Η περίοδος είναι υπό έλεγχο του δικτύου που μεταδίδει την αξία του. Οι δυνατότητες κυμαίνονται από 6 λεπτά (οπότε σ'αυτή την περίπτωση το δίκτυο πιθανόν τελείως υπερκαλυμμένο από τις διαδικασίες ενημέρωσης θέσης!) μέχρι 24 ώρες. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνεται η άπειρη αξία, με άλλα λόγια, το δίκτυο μπορεί να εμποδίσει εντελώς περιοδική ενημέρωση θέσης, εάν επιθυμείται έτσι. Η επιλογή της περιοδικότητας επαφίεται στον χειριστή, και είναι χαρακτηριστικά μια ανταλλαγή μεταξύ της ταχύτητας αποκατάστασης μετά από μια αποτυχία (επομένως ο χρόνος κατά τον οποίο μπορεί να είναι αδύνατο να εξυπηρετηθούν οι κλήσεις κινητού τερματισμού για μερικούς συνδρομητές) και του φορτίου κυκλοφορίας λόγω της περιοδικής ενημέρωσης θέσης. Αυτό εξαρτάται σαφώς πολύ από την αξιοπιστία του MSC/VLR και του HLR. Εάν ο μέσος χρόνος μεταξύ των αποτυχιών είναι πολύ μεγάλος, δεν υπάρχει κανένα σημείο στην ανάληψη του φορτίου και του κόστους της περιοδικής ενημέρωσης (εκτός από εάν χρησιμοποιείται ενδεχόμενη αποσυνδέση, δείτε στη σελίδα βιβλίου 476). Αφ' ετέρου, η περιοδικότητα μπορεί να αυξηθεί από το χειριστή μετά από μια αποτυχία.

Τώρα δείτε λεπτομερέστερα πώς οι καταχωρητές θέσης αντιμετωπίζουν τις απώλειες πληροφοριών μετά από την αποτυχία, και πώς ανακτώνται τα δεδομένα στη γενική θέση.

#### *Η αποτυχία MSC/VLR*

Όταν ένα MSC/VLR υφίσταται μια αποτυχία βάσεων δεδομένων, αυτό αποκαθιστά αρχικά την καταστασή της σε κάποιο προηγούμενη σωσμένη κατάσταση, και αφότου αυτή η αποκατάσταση χαρακτηρίσει όλα τα αρχεία της ώστε να ελεγχθεί με τον κινητό σταθμό και με το HLR. Κατόπιν στέλνει ένα μήνυμα MAP/D EPIANEKKINΗΣΗΣ σε όλα τα HLRs για το οποίο έχει ακόμα έναν συνδρομητή στους πίνακές της. Το MSC/VLR τελικά θα παρατηρήσει ότι λείπει από τα αρχεία του ένας κινητός σταθμός όταν κάποια υπηρεσία πρέπει να παρασχεθεί στο συνδρομητή, και το αργότερο όταν ο κινητός σταθμός εκτελέσει μια περιοδική ενημέρωση θέσης. Στην αντίστροφη κατάσταση (δηλ., ένας κινητός σταθμός καταγράφεται ακόμα και όταν δεν πρέπει), η διόρθωση μπορεί να πάρει περισσότερο χρόνο.

Στην περίπτωση ενός αιτήματος από τον κινητό σταθμό (π.χ., μια οργάνωση κλήσης, αλλά όχι μια ενημέρωση θέσης, οποιουδήποτε είδους), το MSC/VLR θα παρατηρήσει παραδείγματος χάριν ότι ο αντίστοιχος συνδρομητής δεν είναι στον πίνακά του παρόλο που ο κινητός σταθμός θα νομίζει ότι είναι. Το MSC/VLR αντιδρά έπειτα με το να ζητήσει από τον κινητό σταθμό να εκτελέσει μια ενημέρωση θέσης. Αυτό γίνεται με μια απόρριψη με την αιτία «IMSI άγνωστο στο VLR». Επειδή αυτό θα προκαλέσει επίσης μια ενημέρωση θέσης από το MSC/VLR στο HLR, η συνέπεια θα επιτευχθεί εκ νέου. Μια ηπιότερη περίπτωση είναι όταν ένας κινητός σταθμός καλεί από μια περιοχή θέσης που είναι διαφορετική από εκείνη στην οποία το MSC/VLR νομίζει ότι καταχωρούνται. Στο αυτή την περίπτωση, το MSC/VLR διορθώνει απλά το αρχείο της.

Στην περίπτωση μιας κλήσης κινητού τερματισμού, το MSC/VLR μπορεί να παρατηρήσει ένα πρόβλημα εάν λαμβάνει ένα αίτημα από το HLR σχετικά με έναν κινητό σταθμό που δεν είναι στον πίνακά του, αν και το HLR νομίζει ότι είναι. Αυτό

μπορεί να συμβεί είτε λόγω μιας αποτυχίας του MSC/VLR είτε λόγω μιας αποτυχίας του HLR. Σε όλες τις περιπτώσεις, το MSC/VLR εισάγει το συνδρομητή στους πίνακές του, και ρωτά το HLR για τις πληροφορίες συνδρομητών μέσω ενός μηνύματος MAP/D ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ, το οποίο απαντιέται με ένα μήνυμα MAP/D ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ από το HLR. Οι πληροφορίες περιοχής θέσης σε αυτήν την περίπτωση ακόμα λείπουν. Εφεξής, και μέχρι την πραγματική επαφή με τον κινητό σταθμό, η καταχώρηση γίνεται σε όλα τα κύτταρα όλων των περιοχών θέσης που ελέγχονται από αυτό το MSC/VLR. Σημειώστε ότι εάν το λάθος ήταν στο HLR, πράγμα που σημαίνει ότι ο κινητός σταθμός δεν λειτουργεί κάτω από το MSC/VLR όπως ξέρει το HLR, οι πληροφορίες στο δίκτυο είναι ασυμβίβαστες. Μετά από μια προσπάθεια κλήσης κινητού τερματισμού, ο συνδρομητής καταχωρείται σε δύο MSC/VLRs (MSC/VLR-1 όπου είναι πραγματικά, και το MSC/VLR-2 όπου το HLR το φαντάζεται), και το HLR αποθηκεύει την ταυτότητα του λανθασμένου. Το λάθος θα διορθωθεί στο HLR και στο MSC/VLR-2 όταν εκτελείται μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης από τον κινητό σταθμό. Εντούτοις, το MSC/VLR-1 θα παραμείνει στο λάθος με την κράτηση του συνδρομητή στη βάση δεδομένων του. Το ξεκαθάρισμα της κατάστασης μπορεί μόνο να γίνει από έναν εσωτερικό μηχανισμό στο MSC/VLR, που σβήνει όλα τα αρχεία των συνδρομητών που είναι ανενεργά για περισσότερο από κάποιο μεγάλο χρονικό διάστημα π.χ., ένας μήνας.

### ***Αποτυχία HLR***

Η αποκατάσταση του HLR είναι λίγο πιο σύνθετη, επειδή το HLR δεν έρχεται απαραίτητα σε επαφή με στην περίπτωση μιας περιοδικής ενημέρωσης θέσης ή κλήσης κινητής προέλευσης. Για να επιβάλει αυτήν την επαφή, το HLR στέλνει ένα μήνυμα MAP/D ΕΠΑΝΕΚΚΙΝΗΣΗΣ σε όλα τα MSC/VLRs στα οποία τουλάχιστον ένας από τους συνδρομητές HLR είναι γνωστό ότι είναι προσιτός, όπως υποδεικνύεται από τα σωσμένα αρχεία. Τα MSC/VLRs θα χαρακτηρίσουν όλα τα αντίστοιχα αρχεία ώστε να ελεγχθούν με το HLR, η επόμενη ραδιο-επαφή θα προκαλέσει έπειτα μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης από το MSC/VLR στο HLR, διορθώνοντας με αυτόν τον τρόπο τα αρχεία HLR.

Στην περίπτωση μιας κλήσης κινητού τερματισμού, δεδομένου ότι έχουμε δει ήδη δύο παραγράφους ανωτέρω, το εξεταζόμενο κατελλημένο MSC/VLR ευθυγραμμίζει τη βάση δεδομένων του με τα (ανακτημένα και μη ελεγμένα) δεδομένα του HLR. Στο κάτω-κάτω αυτό είναι όλο που το MAP/D πρωτόκολλο, όπως προσδιορίζεται, του επιτρέπει να κάνει. Εντούτοις, Οι μέθοδοι αποκατάστασης του HLR που περιγράφονται στο TS GSM 03.07, περιλαμβάνουν έναν διαφορετικό μηχανισμό, με τον οποίο το HLR θα υποδείκνυε στο MSC/VLR ότι η εξέταση που αφορά έναν κινητό σταθμό για τον οποίο τα δεδομένα δεν είναι ασφαλή. Το MSC/VLR σε αυτή την περίπτωση θα ξέρει εάν είναι καλύτερο να θεωρήσει το HLR ως αναφορά ή να βασιστεί στην δική του κατάσταση και να απαντήσει αντίστοιχα. Εντούτοις, αυτός ο μηχανισμός δεν έχει υλοποιηθεί στη φάση 1 των πρωτοκόλλων MAP.

### ***Οι διαδικασίες σύνδεσης και αποσύνδεσης IMSI***

Η διαδικασία ενημέρωσης θέσης έχει δύο πολύ «συγγενικές» διαδικασίες: την περιοδική διαδικασία ενημέρωσης θέσης, που περιγράφηκαν μόλις πριν και τη διαδικασία σύνδεσης IMSI. Στη ραδιο πορεία, και οι δύο διαδικασίες είναι σχεδόν ίδιες με τη διαδικασία ενημέρωσης θέσης. Διαφέρουν μόνο στα γεγονότα που τις προκαλούν. Αυτά τα γεγονότα είναι τέτοια ώστε οι διαδικασίες «ενημέρωσης της θέσης» εμφανίζονται συνήθως ως αίτημα που καταχωρείται στην περιοχή θέσης όπου ο συνδρομητής είναι ήδη εγγεγραμμένος. Ως εκ τούτου στις περισσότερες περιπτώσεις, το HLR δεν εμπλέκεται σε αυτές τις διαδικασίες.

Τα παράξενα ονόματα διαδικασίες σύνδεση IMSI και αποσύνδεση IMSI, οφείλονται στα ατυχήματα της τυποποίησης, και έχουν μικρή χρησιμότητα για να καταλάβει κανείς την έννοιά τους. Ο καλύτερος τρόπος να γίνουν κατανοητές αυτές οι διαδικασίες είναι να εξηγηθεί ποιον σκοπό ικανοποιούν.

Όταν ένας κινητός σταθμός τίθεται εκτός λειτουργίας (ή όταν αφαιρείται το SIM από το χρήστη). Οι κλήσεις προς τον αντίστοιχο συνδρομητή δεν μπορούν πλέον να ολοκληρωθούν. Τότε σημαντικοί πόροι καταναλώνονται για το τίποτα: όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 8, ένα κύκλωμα εγκαθίσταται μεταξύ του συνδρομητή που καλεί και του MSC που είναι υπεύθυνο για τον κινητό σταθμό στον οποίο έγινε η κλήση,

και η διαδικασία καταχώρησης εκτελείται, χωρίς κανένα όφελος. Χειρότερα (από μια άποψη), το εγκατεστημένο κύκλωμα δεν έχει χρεωθεί αυτό τον ρόλο. Όπως θα δούμε κατά την εξέταση της δρομολόγησης των κλήσεων, η εγκατάσταση του πρώτου μέρους του κυκλώματος (πριν από την ερώτηση HLR) δεν μπορεί να αποφευχθεί. Το δεύτερο τμήμα είναι μια διαφορετική ιστορία, μεταξύ του σημείου όπου γίνεται η ερώτηση HLR και του επισκεπτόμενου MSC.

Για να ελαφρύνει αυτό το άχρηστο φορτίο (και το κόστος), έχουν εισαχθεί οι μηχανισμοί IMSI αποσύνδεσης και το IMSI σύνδεσης. Βασικά, το αρχείο του συνδρομητή στο MSC/VLR περιέχει δυαδικές πληροφορίες που δείχνουν εάν είναι χρήσιμο ή όχι να προσπαθήσει να ολοκληρώσει μια κλήση προς αυτόν τον συνδρομητή. Αυτές οι πληροφορίες καθιστούν τουλάχιστον πιθανό την οικονομία στην καταχώρηση. Μπορεί επίσης να αποτρέψει την εγκατάσταση ενός μέρους της κλήσης. Η διαδικασία αποσύνδεση IMSI θα δώσει σε αυτό το δυαδικό ψηφίο την τιμή «μη χρήσιμο να προσπαθήσει» ενώ η διαδικασία σύνδεσης IMSI θα κάνει την αντίθετη ενέργεια. Ο κινητός σταθμός πυροδοτεί ένα IMSI αποσύνδεσης όταν απενεργοποιείται, και είτε μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης (εάν βρίσκεται σε μια νέα περιοχή θέσης) είτε μια διαδικασία σύνδεσης IMSI όταν επιστρέφει σε ενεργό κατάσταση(στην ίδια περιοχή θέσης).

Οι προδιαγραφές XAPTON περιλαμβάνουν δύο διαφορετικούς τρόπους για τη διαχείριση αυτού του χαρακτηριστικού γνωρίσματος στην υποδομή: είτε οι πληροφορίες αποθηκεύονται μόνο στο MSC/VLR (οι κινητοί σταθμοί παραμένουν καταχωρημένοι σε αυτό το MSC/VLR όσο το HLR είναι απασχολημένο), ή ο συνδρομητής διαγράφεται απλά στο HLR και το αρχείο του ακυρώνεται στο MSC/VLR. Στην πραγματικότητα μόνο η πρώτη επιλογή επιτρέπεται για το GSM, δεδομένου ότι η διαδικασία διαγραφής δεν χρησιμοποιείται.

Με αυτήν την πρώτη επιλογή, η καταχώρηση μπορεί προφανώς να αποτραπεί. Το δεύτερο μέρος της εγκατάστασης κυκλωμάτων μπορεί επίσης να αποτραπεί, αλλά όχι με τόσο προφανή τρόπο. Επιπλέον, ακόμα και όταν είναι δυνατό, αποτελεί επιλογή το να αποτραπεί ή όχι. Όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 8, το κλειδί σενάριο μιας προσπάθειας τερματισμού μιας οργάνωσης κλήσης απαιτεί μια ερώτηση στο MSC/VLR το οποίο επισκέπτεται, από το HLR προτού να παράσχει το τελευταίο τις

απαραίτητες πληροφορίες για τη συνέχεια της δρομολόγησης. Αυτή η φάση επιτρέπει στο MSC/VLR να απορρίψει την κλήση βασισμένο στη θέση σύνδεσης πριν από τη δαπανηρή εγκατάσταση του κυκλώματος κυκλοφορίας. Εάν κάνει έτσι, η προώθηση κλήσης, εάν εφαρμόζεται, μπορεί ενδεχομένως να ελεγχθεί από το HLR. Μια άλλη δυνατότητα είναι ότι το κατειλημένο MSC/VLR δέχεται την κλήση, και εφαρμόζει την προώθηση κλήσης αν είναι απαραίτητο.

Για να συμπληρωθεί ο κατάλογος επιλογών, η υποστήριξη του χαρακτηριστικού γνωρίσματος σύνδεσης/αποσύνδεσης είναι μια επιλογή δικτύου. Επιτρέπεται σε ένα PLMN, ή ένα τμήμα εξ' αυτού, να μην παρέχει αυτήν την δυνατότητα. Αυτό είναι υποδειγμένο στους κινητούς σταθμούς σε μια βάση κυττάρων στις πληροφορίες μετάδοσης. Η επιλογή μεταξύ όλων αυτών των επιλογών και υπό-επιλογών εναπόκειται στο κατειλημένο MSC/ VLR, δεδομένου ότι το HLR δεν επεμβαίνει. Εάν η σύνδεση είναι υποδειγμένη όπως υποστηρίζεται στο συγκεκριμένο κύτταρο, η διαδικασία αποσύνδεσης IMSI χρησιμοποιείται από τον κινητό σταθμό για να δείξει ότι (ακριβέστερα το SIM) θα απενεργοποιηθεί.

Η διαδικασία αποσύνδεσης IMSI είναι ένα παράδειγμα μιας διαδικασίας που περιέχει μόνο τα απαραίτητα: αποτελείται από ένα απλό μήνυμα από τον κινητό σταθμό στο κατειλημένο MSC/VLR, το μήνυμα RIL.3-MM IMSI ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ. Αυτό το μήνυμα δεν αναγνωρίζεται, απλά επειδή έχει θεωρηθεί ότι ο κινητός σταθμός είναι σβησμένος, ή γενικότερα δεν είναι σε θέση να λάβει μια απάντηση από το δίκτυο. Η διαδικασία αποσύνδεσης IMSI πρέπει να χρησιμοποιήσει μια ράδιο σύνδεση, όπως οποιαδήποτε διαδικασία RIL.3-MM. Αυτή η σύνδεση είτε εγκαθίσταται με σκοπό την αποσύνδεση, είτε μπορεί να προϋπάρχει. Η σύνδεση μπορεί να εγκαταλειφθεί από τον κινητό σταθμό αμέσως αφότου σταλεί το μήνυμα RIL.3-MM ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ IMSI. Ο κινητός σταθμός δεν παρακολουθεί εάν του έχει ζητηθεί αποσύνδεση (παραδείγματος χάριν από την αποθήκευση στο SIM): η κατάσταση των πληροφοριών σύνδεσης/αποσύνδεσης στο δίκτυο δεν ελέγχεται από τον κινητό σταθμό.

Εάν η σύνδεση είναι υποδειγμένη όπως υποστηρίζεται στο κύτταρο ο κινητός σταθμός έχει επιλέξει να είναι σε λειτουργία (ή εισαγωγή SIM), και εάν ο κινητός σταθμός ξέρει ότι ο συνδρομητής έχει εγγραφεί ήδη στην ίδια περιοχή θέσης, ξεκινά



μια διαδικασία IMSI σύνδεσης, δηλαδή (εκτός από μια αμελητέα λεπτομέρεια) μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία συνδέσεων μπορεί να συμβεί ακόμα κι αν δεν υπήρξε κανένα αίτημα για αποσύνδεση εκ των προτέρων (επειδή το δίκτυο δεν το απαίτησε εγκαίρως, ή απλά επειδή δεν ήταν φυσικά δυνατό, π.χ., σε περίπτωση απώλειας της κάλυψης πριν από το σβήσιμο). Αυτό είναι συνεπές με την προδιαγραφή ότι ο κινητός σταθμός δεν ελέγχει την κατάσταση σύνδεσης/αποσύνδεσης.

Αυτές οι διαδικασίες θα έπρεπε να ονομαστούν «απενεργοποίηση συνδρομητών» και «επανενεργοποίηση συνδρομητών». Από μια ελαφρώς διαφορετική άποψη, αυτές οι διαδικασίες είναι πολύ κοντά λειτουργικά στις συμπληρωματικές υπηρεσίες προώθησης κλήσης στην περίπτωση όπου ο κινητός σταθμός δεν διαγράφεται. Η διαδικασία αποσύνδεσης IMSI μπορεί πράγματι να γίνει θεωρηθεί ως αυτόματη ενεργοποίηση μιας απεριόριστης προώθησης κλήσης (προς μια ανακοίνωση, ή έναν συγκεκριμένο αριθμό), και η διαδικασία σύνδεσης IMSI ως αντίστοιχη διαδικασία απενεργοποίησης. Μπορεί επομένως να ειπωθεί ότι, από την άποψη του σκοπού αυτών των διαδικασιών, του *γιατί* έχουν τόσα λίγα να κάνουν με την ενημέρωση θέσης, αλλά είναι παρόμοιες με την προώθηση κλήσης. Από την άποψη των μηχανισμών που χρησιμοποιούν, δηλαδή από το *πώς* αυτές οι διαδικασίες είναι συγγενικές με τη διαδικασία ενημέρωσης θέσης.

### ***Αυτόματη αποσύνδεση από το δίκτυο***

Όπως εξηγείται ανωτέρω, η κατάσταση συνδέσεων μπορεί να τροποποιηθεί από τον κινητό σταθμό, μέσω των διαδικασιών σύνδεσης IMSI και αποσύνδεσης IMSI. Μια προηγούμενη συζήτηση στις επιτροπές GSM ήταν εάν ένας πρόσθετος μηχανισμός μπορεί να προστεθεί, βασισμένος στην τοποθέτηση ενός συνδρομητή στην κατάσταση αποσύνδεσης, ή διαγράφοντας τον, εάν δεν έχει ακουστεί τίποτα για περισσότερο από μια δεδομένη χρονική περίοδο. Η συζήτηση έληξε λίγο πολύ ενάντια σε αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα. Μπορεί εντούτοις να χρησιμοποιηθεί, δεδομένου ότι απαιτεί μόνο τις υπάρχουσες διαδικασίες σηματοδότησης και έχει επιπτώσεις μόνο στο MSC/VLR.

Χάρη στην περιοδική ενημέρωση, ο κινητός σταθμός ενός συνδρομητή όταν τίθεται σε λειτουργία πρέπει πράγματι να έρθει σε επαφή με το δίκτυο τουλάχιστον μια φορά κάθε τόσο. Επίσης χάρη στην μη-αποθήκευση της κατάστασης αποσύνδεσης στο SIM, ο κινητός σταθμός θα ξέρει πάντα πότε επανενεργοποιείται: δεν υπάρχει καμία περίοδος αφέτου τεθεί σε λειτουργία, κατά τη διάρκεια της οποίας ο κινητός σταθμός δεν μπορεί να κληθεί λόγω μιας αναγκαστικής διαδικασίας αποσύνδεσης από το δίκτυο.

Το πλεονέκτημα ενός δικτύου με χρονικά ελεγχόμενη διαδικασία αποσύνδεσης είναι ότι η αποσύνδεση μπορεί να συμβεί ακόμη και στις περιπτώσεις όπου ο κινητός σταθμός είναι φυσικά αδύνατο να στείλει ένα μήνυμα RIL.3-MM IMSI ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ.

Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα δεν αναφέρεται πουθενά στις *προδιαγραφές*. Εντούτοις θα λειτουργούσε χωρίς παρενέργειες, και είναι γνωστό ότι διάφοροι χειριστές σκοπεύουν να το χρησιμοποιήσουν.

### **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Η ράδιο μετάδοση είναι από τη φύση της ευάλωτη στην υποκλοπή και στο να ακολουθήσει έναν πιο «πονηρό» δρόμο από τη σταθερή καλωδιακή μετάδοση. Η ακρόαση των επικοινωνιών είναι εύκολη και δεν απαιτεί την πρόσβαση σε ειδικές θέσεις. Το να υποδυθεί κάποιος έναν εγγεγραμμένο χρήστη (και επομένως να πληρώσει εκείνος το κρυπτογράφηση!) είναι επίσης πολύ εύκολο εάν δεν υπάρχουν συγκεκριμένα μέσα προστασίας. Τα αναλογικά συστήματα έχουν υποφέρει πράγματι από τέτοια προβλήματα κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '80. Τα GSM έπρεπε να φέρουν σημαντικές βελτιώσεις σε αυτά τα θέματα.

### **ΟΙ ΑΝΑΓΚΕΣ**

Οι σχετικές με την ασφάλεια λειτουργίες του GSM στοχεύουν σε δύο σκοπούς: κατ' αρχάς, την προστασία του δικτύου από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση (και προστατεύοντας συγχρόνως τους χρήστες από τις ψευδείς προσωποποιήσεις) δεύτερον, την προστασία της ατομικότητας των χρηστών.

Η παρεμπόδιση των μη εξουσιοδοτημένων προσβάσεων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της εξουσιοδότησης, δηλ., από έναν ασφαλή έλεγχο ότι η ταυτότητα συνδρομητών που παρέχεται από τον κινητό σταθμό αντιστοιχεί στο SIM. Από την άποψη του χειριστή, αυτή η λειτουργία είναι ύψιστης σημασίας, ειδικότερα σε συνδυασμό το διεθνές roaming, όπου το κατειλημένο δίκτυο δεν ελέγχει το αρχείο του συνδρομητή... και τη δυνατότητά του να πληρώσει.

Η συντήρηση της ατομικότητας των χρηστών επιτυγχάνεται μέσω των μέσων εξουσιοδότησης. Η μετάδοση μπορεί να κρυπτογραφηθεί για να αποτρέψει την υποκλοπή των επικοινωνιών σχετικά με τη ράδιο πορεία. Το μεγαλύτερο μέρος της σηματοδότησης μπορεί επίσης να προστατευθεί με τον ίδιο τρόπο, αποτρέποντας τρίτους από το να γνωρίζουν ποιος καλείται, παραδείγματος χάριν. Τέλος, η αντικατάσταση της ταυτότητας του συνδρομητή από έναν προσωρινό ψευδώνυμο ένας άλλος μηχανισμός για να πείσει τρίτους πως το άκουσμα στη ράδιο πορεία είναι άχρηστο για τον εντοπισμό συνδρομητών GSM. Δεδομένου ότι οι περισσότερες από τις κλήσεις που αφορούν έναν χρήστη GSM περνούν από το σταθερό δίκτυο, οι σχεδιαστές του GSM δεν στόχευσαν σε επίπεδο ασφάλειας πολύ πιο υψηλό από αυτό του κορμού του σταθερού δικτύου. Οι μηχανισμοί για να εξασφαλίσουν μυστικότητα έχουν εισαχθεί μόνο για τη ράδιο πορεία. Μέσα στην υποδομή, οι επικοινωνίες μεταδίδονται σε κενό κείμενο, δεδομένου ότι είναι στο PSTN.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί σε αυτό το στάδιο ότι όλοι οι μηχανισμοί ασφάλειας του GSM είναι υπό μόνο έλεγχο των χειριστών: οι χρήστες δεν έχουν καμία πιθανότητα να προσβληθούν εάν είτε η εξουσιοδότηση, η κρυπτογράφηση, κ.λπ. εφαρμόζονται είτε όχι. Επιπλέον, οι χρήστες δεν γνωρίζουν απαραίτητως ποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα ασφάλειας χρησιμοποιούνται. Αντιθέτως, αυτές οι υπηρεσίες ασφάλειας δεν είναι συνήθως προσυπογεγραμμένες. Οι *προδιαγραφές* αφήνουν ένα αρκετά περιθώριο ευελιξίας στην εφαρμογή τους σε διάφορες συνθήκες. Κάποια εναρμόνιση είναι εντούτοις επιθυμητή, και εγκαθίσταται για τους χειριστές του GSM900 παραδείγματος χάριν από τις συζητήσεις μέσα MoU GSM.

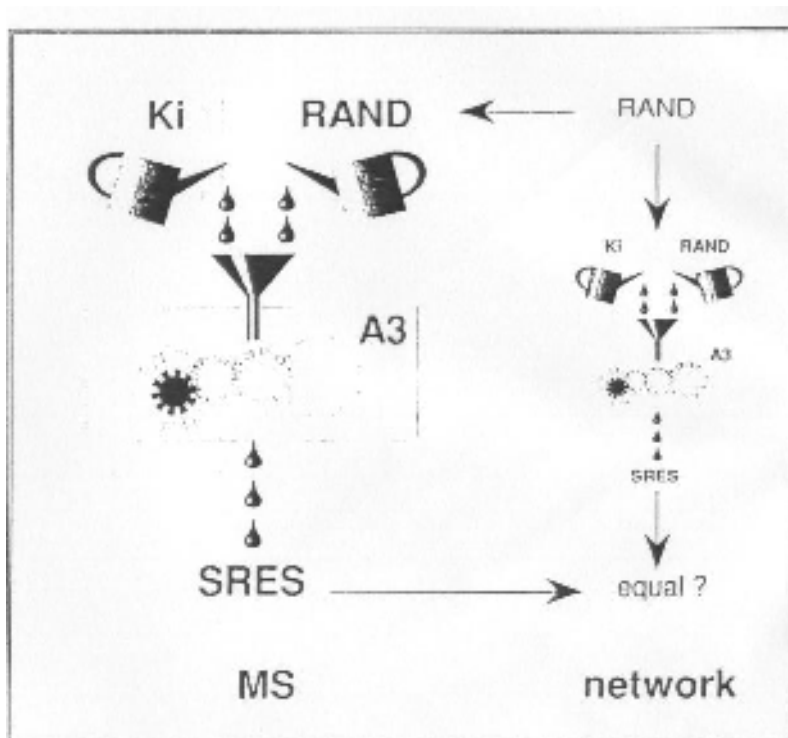
## ΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

### *Εξουσιοδότηση*

Μια απλή μέθοδος εξουσιοδότησης είναι η χρήση ενός κωδικού πρόσβασης (ή ενός κώδικα ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ - προσωπικός αριθμός ταυτότητας). Το επίπεδο προστασίας που επιτυγχάνεται με μια τέτοια μέθοδο είναι πολύ χαμηλό σε ένα ράδιο περιβάλλον, αφού να αποκαλυφθεί μια φορά αυτός ο προσωπικός κωδικός είναι αρκετό για να σπάσει η προστασία. Το GSM χρησιμοποιεί έναν κώδικα ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ από κοινού με το SIM, αυτός ο κώδικας ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ελέγχεται τοπικά από το ίδιο το SIM, χωρίς μετάδοση στη ράδιο-διεπαφή. Αλλά επιπλέον το GSM χρησιμοποιεί μια περιπλοκότερη μέθοδο, που συνίσταται στο ερώτημα μιας ερώτησης την οποία μόνο ο σωστός εξοπλισμός συνδρομητών (σε εκείνη την περίπτωση, το SIM) μπορεί να απαντήσει. Το επίκεντρο σε αυτήν την μέθοδο είναι ότι υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός τέτοιων ερωτήσεων, και ότι είναι επομένως πολύ απίθανο η ίδια ερώτηση να χρησιμοποιηθεί δύο φορές.

Ακριβέστερα, η ερώτηση παίρνει τη μορφή ενός αριθμού, αποκαλούμενη RAND στις *προδιαγραφές*, η τιμή της οποίας επιλέγεται τυχαία μεταξύ 0 και  $2^{128}-1$  (κάτι σαν μερικά εκατομμύρια των δισεκατομμυρίων των δισεκατομμυρίων των δισεκατομμυρίων των δισεκατομμυρίων!). Η απάντηση αποκαλούμενη SRES στις *προδιαγραφές* δηλ., υπογεγραμμένη απάντηση (Signed REsult) στην κρυπτογραφική ορολογία, λαμβάνεται ως έκβαση ενός υπολογισμού που περιλαμβάνει μια μυστική παράμετρο συγκεκριμένη για το χρήστη, και ονομάζεται *Ki* στις *προδιαγραφές* (δείτε το σχήμα 2.7). Η μυστικότητα του *Ki* είναι ο ακρογωνιαίος λίθος στον οποίο όλοι οι μηχανισμοί ασφάλειας είναι βασισμένοι. Θα δούμε ότι αποθηκεύεται με έναν πολύ προστατευμένο τρόπο, παραδείγματος χάριν ένας συνδρομητής δεν μπορεί να ξέρει το *Ki* του. Ο αλγόριθμος που περιγράφει τον υπολογισμό αναφέρεται ως αλγόριθμος A3 στις *προδιαγραφές*, αλλά λεπτομερής περιγραφή του δεν μπορεί να βρεθεί εκεί. Στην πραγματικότητα, οι σχεδιαστικές επιλογές του GSM, και στον κινητό σταθμό και στην υποδομή, επιτρέπουν στο A3 να είναι εξαρτώμενο από τον χειριστή ενώ επιτρέπουν την πλήρη έσω-PLMN περιπλάνηση. Οι χειριστές μπορούν επομένως να επιλέξουν τον A3 που είναι εφαρμόσιμος στους συνδρομητές τους, ανεξάρτητα από

άλλους χειριστές. Τέτοιοι αλγόριθμοι κρατούνται συνήθως μυστικοί (η ζώνη και τα στηρίγματα δεν είναι ποτέ πάρα πολλά σε αυτήν την περιοχή!).



Σχήμα 2.7 – Ο υπολογισμός της πιστοποίησης

Η πιστοποίηση εφαρμόζεται μετά την απαίτηση της σωστής απάντησης στον παρακάτω γρίφο: ποια υπογεγραμμένη απόκριση μπορείς να παράξεις από την είσοδο RAND, εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο A3 με το προσωπικό σου (μυστικό) κλειδί  $K_i$ .

Προκειμένου να φτάσουμε στο επιθυμητό επίπεδο ασφάλειας, ο A3 πρέπει να είναι αυτό που οι εμπειρογνώμονες συστήματος κρυπτογραφίας αναφέρουν ως μονόδρομη (ή καταπακτή) λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι ο υπολογισμός SRES από το  $K_i$  και την RAND πρέπει να είναι εύκολος, ενώ ο υπολογισμός της  $K_i$  όταν τα RAND και SRES είναι γνωστά πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σύνθετος. Στην πραγματικότητα αυτό το επίπεδο πολυπλοκότητας είναι που καθορίζει ποιο επίπεδο ασφάλειας έχει επιτευχθεί. Ακόμη και με τη γνώση διάφορων ζευγαριών (RAND, SRES) σχετικά με τον ίδιο συνδρομητή (δηλ. το ίδιο  $K_i$ ), ο υπολογισμός πρέπει να παραμείνει ιδιαίτερα σύνθετος. Πέρα από αυτήν την απαίτηση, ο μόνος περιορισμός που επιβάλλεται στον A3 είναι το μέγεθος της παραμέτρου εισαγωγής (η RAND είναι 128 bit) και το μέγεθος της παραμέτρου εξόδου (η SRES πρέπει να είναι 32 bit). Το  $K_i$  μπορεί πράγματι να είναι οποιουδήποτε τύπου και μήκους: εδώ πάλι οι σχεδιαστικές

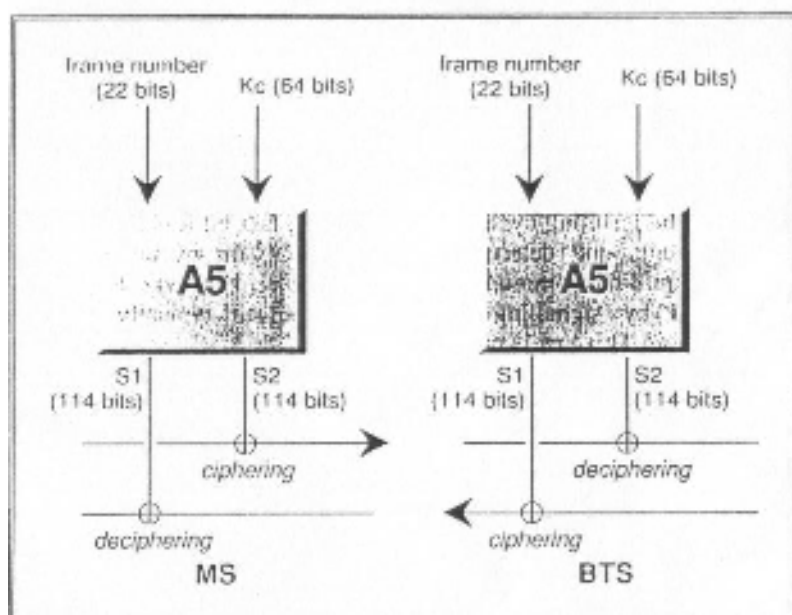
επιλογές αφήνουν στο χειριστή μέγιστη ευελιξία. Μόνο εάν το *Ki* θα μεταφερόταν στο δίκτυο (δείτε τη σελίδα βιβλίου 488) αυτό θα περιοριζόταν σε ένα μέγιστο μήκος των 128 bit.

Με μια πρώτη ματιά, ο αναγνώστης μπορεί να εκπλαγεί όταν μάθει την δυνατότητα για τον κάθε χειριστή να επιλέξει A3 ανεξάρτητα, λαμβάνοντας υπόψη τη γενική φιλοσοφία προδιαγραφών του GSM. Ειδικές προσπάθειες ήταν απαραίτητες για να καλύψουν την περίπτωση του διεθνούς roaming, όπου η προδιαγραφή ενός ενιαίου A3 αλγορίθμου εμφανιζόταν σαν μια εύκολη λύση. Εντούτοις, διάφοροι λόγοι δικαιολογούν αυτήν την προσέγγιση. Ένας από τους είναι η διοικητική πολυπλοκότητα που συνδέεται με την προδιαγραφή και τη διανομή των κρυπτογραφικών αλγορίθμων, ειδικά όταν πρόκειται να διασχίσουν εθνικά σύνορα. Όπως θα εξηγηθεί αργότερα, ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για κρυπτογράφηση στο GSM είναι μοναδικός, και οι προδιαγραφές του ρυθμίζονται με έναν τελείως διαφορετικό τρόπο από τις άλλες προδιαγραφές. Η διαχείριση ενός απλού A3 αλγορίθμου θα ήταν ακόμα πιο σύνθετη, δεδομένου ότι η εξουσιοδότηση είναι πιο ευαίσθητη από την κρυπτογράφηση επικοινωνίας (οι συνέπειες ενός "σπασμένου" αλγορίθμου είναι πιο εκτεταμένες στην περίπτωση της εξουσιοδότησης). Η διαχείριση του A3 είναι πολύ απλούστερη εάν ελέγχεται από έναν μόνο χειριστή. Ένας άλλος λόγος είναι η ύπαρξη αλγορίθμων κατάλληλων για την εξουσιοδότηση και ήδη εφαρμοσμένων στις έξυπνες κάρτες (smart cards), αλλά ενδεχομένως να μην είναι προς ελεύθερη διακίνηση. Ένας περιοριστικός παράγοντας που είναι η ικανότητα μνήμης των έξυπνων καρτών, η επιλογή της κατοχής ενός εξαρτώμενου από το χειριστή A3 αλγορίθμου, επιτρέπει στους φορείς λειτουργίας τηλεπικοινωνιών να χρησιμοποιήσουν έναν ενιαίο αλγόριθμο, π.χ., το GSM SIM και την πρόσβαση σε τηλέφωνα με κερματοδέκτη.

### ***Κρυπτογράφηση***

Η εξασφάλιση μιας καλής προστασίας έναντι στην μη εξουσιοδοτημένη ακρόαση δεν είναι ένα εύκολο θέμα με την αναλογική μετάδοση, αλλά η ψηφιακή μετάδοση επιτρέπει ένα άριστο επίπεδο προστασίας με σχετικά απλά μέσα, χάρη στις ψηφιακές μεθόδους κρυπτογραφίας. Αυτό έχει εκμεταλλευθεί στο GSM όπου η θέση των

διαδικασιών κρυπτογράφησης και αποκρυπτογράφησης στην αλυσίδα μετάδοσης, επιτρέπει σε μια ενιαία μέθοδο να χρησιμοποιηθεί για την προστασία όλων των δεδομένων που μεταδίδονται σε δεσμευμένη κατάσταση, εάν πληροφορίες χρηστών (ομιλία, στοιχεία...), σχετιζόμενη με τον χρήστη σηματοδότηση (π.χ., τα μηνύματα που φέρουν τους αποκαλούμενους τηλεφωνικούς αριθμούς) ή ακόμα και σηματοδότηση που σχετίζεται με συστήματα (π.χ., τα μηνύματα που φέρουν αποτελέσματα ράδιο-μετρήσεων, που προετοιμάζονται για την παράδοση). Αυτή η επιλογή δεν είναι το αποτέλεσμα μιας παρανοϊκής προσέγγισης, αλλά δικαιολογείται από την απλότητά της. Μόνο δύο περιπτώσεις πρέπει να διακριθούν: είτε η μετάδοση προστατεύεται, και όλα στέλνονται κρυπτογραφημένα, ή η μετάδοση δεν προστατεύεται, και όλα στέλνονται σε κενό κείμενο. Η πραγματική διαδικασία για την αλλαγή από κρυπτογραφημένο σε μη-κρυπτογραφημένο τρόπο (και αντίστροφα) ανήκει στις λειτουργίες διαχείρισης των ράδιο πόρων και έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 6.



Σχήμα 2.8 – Κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση

Ο αλγόριθμος A5 παράγει μια ακολουθία από 114 bits για κάθε ενεργοποίηση ανεξάρτητα, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό πλαισίου και τι κλειδί κρυπτογράφησης  $K_c$ .

Τόσο η κρυπτογράφηση όσο και η αποκρυπτογράφηση εκτελούνται με την εφαρμογή μιας «αποκλειστικής-ή» λειτουργίας μεταξύ των 114 «κωδικοποιημένων» δυαδικών

ψηφίων μιας ράδιο ενεργοποίησης και των 114 δυαδικών ψηφίων ακολουθίας κρυπτογράφησης που παράγεται από έναν συγκεκριμένο αλγόριθμο, αποκαλούμενο A5, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4. Προκειμένου να παραχθεί η ακολουθία κρυπτογράφησης για κάθε ενεργοποίηση, ο A5 εκτελεί έναν υπολογισμό με δύο εισόδους: η μία είναι ο αριθμός πλαισίου και η άλλη είναι ένα κλειδί (που ονομάζεται *Kc*) που συμφωνείτε μεταξύ του κινητών σταθμού και του δικτύου (δείτε το σχήμα 2.8). Οι uplink και downlink κατευθύνσεις χρησιμοποιούν δύο διαφορετικές ακολουθίες: για κάθε ενεργοποίηση, μια ακολουθία χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση στον κινητό σταθμό και για την αποκρυπτογράφηση στο BTS, ενώ μια άλλη χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση στο BTS και την αποκρυπτογράφηση στον κινητό σταθμό.

Για όλους τους τύπους ράδιο καναλιών, ο αριθμός πλαισίου αλλάζει από ενεργοποίηση σε ενεργοποίηση, έτσι ώστε κάθε ενεργοποίηση μιας δεδομένης επικοινωνίας στην ίδια κατεύθυνση χρησιμοποιεί μια διαφορετική ακολουθία κρυπτογράφησης. Οι διαδοχικές τιμές του αριθμού πλαισίου εξαρτώνται από τη χρονική οργάνωση κάθε καναλιού. Η χρονική οργάνωση ενός TACH/E, που εκτίθεται στο κεφάλαιο 4, παρουσιάζει παραδείγματος χάριν ότι ο αριθμός πλαισίου δεν αυξάνεται πάντα κατά ένα σε κάθε ενεργοποίηση.

Όσον αφορά στην αντιπροσώπευσή της, ο αριθμός πλαισίου κωδικοποιείται ως αλληλουχία τριών τιμών, οι οποίες αποκαλούνται αντίστοιχα T1, T3 και T2 (με αυτή τη σειρά) έχοντας συνολικό μήκος 22 bit. Τι αντιπροσωπεύουν πραγματικά αυτές οι τρεις τιμές είναι στην πραγματικότητα χωρίς νόημα όσον αφορά την κρυπτογράφηση. Ο προκύπτων κύκλος, το υπερπλαίσιο (hyperframe), είναι λίγο λιγότερο από 3,5 ώρες, και καθορίζει μια περιοδική επιστροφή της ακολουθίας κρυπτογράφησης, εάν η επικοινωνία πρέπει να διαρκέσει τόσο πολύ. Εντούτοις, το κλειδί *Kc* ελέγχεται από τα μέσα σηματοδότησης και αλλάζει χαρακτηριστικά σε κάθε επικοινωνία. Αυτό το κλειδί δεν κοινοποιείται, αλλά, δεδομένου ότι το αλλάζουν συχνά, δεν χρειάζεται τόσο ισχυρή προστασία όσο το *Ki*, παραδείγματος χάριν, το *Kc* μπορεί να μεταδοθεί ελεύθερα από το SIM.

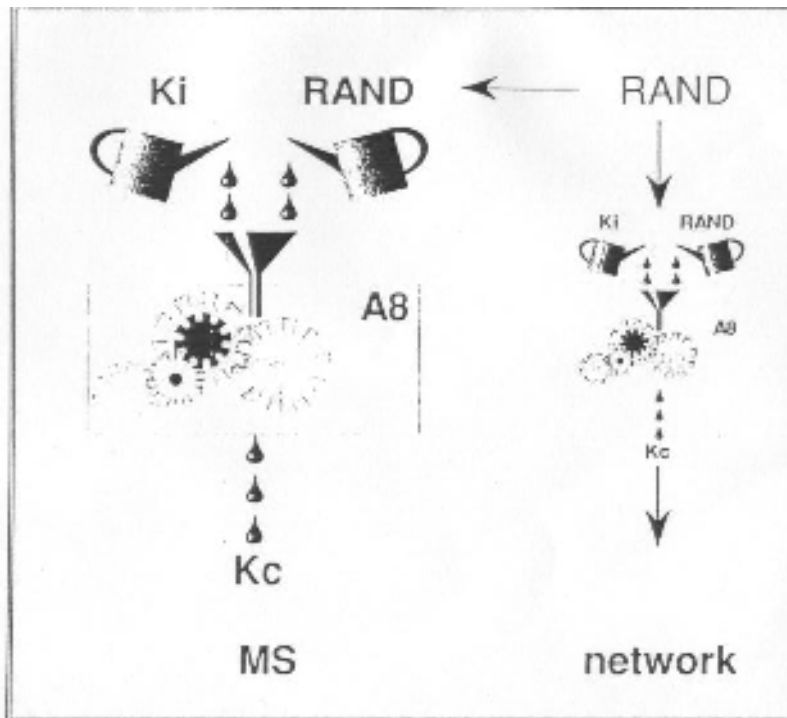
Ο αλγόριθμος A5 πρέπει να διευκρινιστεί στο διεθνές επίπεδο, δεδομένου ότι για την επίτευξη MS-roaming πρέπει να υλοποιηθεί κάθε σταθμό βάσης (καθώς επίσης και σε



οποιοδήποτε κινητό εξοπλισμό). Τα μέσα που χρειάζονται για να φροντιστούν διάφοροι A3 αλγόριθμοι (π.χ., για να αντιμετωπίσουν κάποιους περιορισμούς κανονισμού σε σχέση με την εξαγωγή εκτός Ευρώπης) έχουν παρουσιαστεί στις προδιαγραφές (μερικώς στη φάση 1, και σίγουρα για τη φάση 2). Στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ένας ενιαίος A5 αλγόριθμος έχει διευκρινιστεί για τη χρήση σε όλες τις χώρες. Η προδιαγραφή του εντούτοις δεν μπορεί να βρεθεί στις προδιαγραφές, για λόγους ασφάλειας. Αυτός ο αλγόριθμος είναι η ιδιοκτησία του GSM MoU, και προστατεύεται από πνευματικά δικαιώματα. Οι εξωτερικές προδιαγραφές του ωστόσο είναι δημόσιες και μπορεί να περιγραφούν ως μαύρο κουτί που παίρνει μια παράμετρο 22-bit (ο αριθμός πλαισίου) και μια παράμετρο 64-bit ( $Kc$ ) για να παραγάγει τις δύο 114-bit ακολουθίες. Όσον αφορά τον αλγόριθμο εξουσιοδότησης A3, το επίπεδο προστασίας που προσφέρεται από τον A5 καθορίζεται από την πολυπλοκότητα του αντίστροφου υπολογισμού, δηλ., ο υπολογισμός του  $Kc$  ξέροντας δύο ακολουθίες κρυπτογράφησης των 114-bits και τον αριθμό πλαισίου.

### ***Η διαχείριση του κλειδιού***

Το κλειδί  $Kc$  πρέπει να συμφωνηθεί από τον κινητό σταθμό και το δίκτυο πριν από την έναρξη της κρυπτογράφησης. Η επιλογή στο GSM είναι να υπολογιστεί το κλειδί  $Kc$  ανεξάρτητα από την αποτελεσματική έναρξη της κρυπτογράφησης, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξουσιοδότησης. Το  $Kc$  αποθηκεύεται έπειτα σε μια αμετάβλητη μνήμη μέσα στο SIM, ώστε να αναφερθεί ακόμα και μετά από τη φάση θέτω εκτός λειτουργίας. Αυτό το "κοιμισμένο" κλειδί αποθηκεύεται επίσης στο κατειλημένο MSC/VLR από την πλευρά του δικτύου, και είναι έτοιμο για να χρησιμοποιηθεί για την έναρξη της κρυπτογράφησης. Όταν λαμβάνει χώρα η εξουσιοδότηση ενώ η μετάδοση κρυπτογραφείται, κατόπιν το ενεργό κλειδί  $Kc$  που χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση/αποκρυπτογράφηση δεν επηρεάζεται, αλλά το νέο "κοιμισμένο" κλειδί αποθηκεύεται, και διατηρείται για τη χρήση στο επόμενο περιστατικό μιας μετάβασης μεταξύ της κενής κατάστασης και της κατάστασης κρυπτογράφησης. Ως εκ τούτου η ορολογία «κοιμισμένο» κλειδί (έναντι του «ενεργού» κλειδιού) που εισάγεται σε αυτό το βιβλίο.



Σχήμα 2.9 – Υπολογισμός του  $K_c$

Κάθε φορά που πιστοποιείται ένας κινητός σταθμός, ο κινητός σταθμός και το δίκτυο υπολογίζουν και το κλειδί κρυπτογράφησης  $K_c$  επίσης, εκτελώντας τον αλγόριθμο A8 με τις ίδιες εισόδους RAND και  $K_i$ , όπως και με τον υπολογισμό του SRES μέσω του αλγορίθμου A3.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να υπολογίσει το  $K_c$  από το RAND (το ίδιο που χρησιμοποιείται για την εξουσιοδότηση) και το  $K_i$  καλείται A8 στις προδιαγραφές (δείτε το σχήμα 2.9). Ομοίως με τον A3 (ο αλγόριθμος εξουσιοδότησης που υπολογίζει την SRES από την RAND και το  $K_i$ ), ο A8 δεν διευκρινίζεται στις προδιαγραφές ETSI, αλλά μπορεί να επιλεγεί ανεξάρτητα από κάθε χειριστή. Και οι δύο αλγόριθμοι θα μπορούσαν στην πραγματικότητα να υλοποιηθούν ως ένας ενιαίος υπολογισμός. Παραδείγματος χάριν, θα μπορούσαν να υλοποιηθούν ως ενιαίος αλγόριθμος του οποίου η έξοδος αποτελείται από 96 bit: 32 bit για να σχηματιστεί το SRES, και 64 bit για να σχηματιστεί το  $K_c$ . Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι η γνώση της RAND και της SRES δεν μπορεί να μας δώσει πάρα πολλές πληροφορίες για το  $K_c$ .

Άξιο προσοχής είναι το γεγονός ότι το μήκος του σημαντικού μέρους της εξόδου του κλειδιού  $K_c$  από τον αλγόριθμο A8 καθορίζεται από την ομάδα υπογραφόντων του GSM MoU, και μπορεί να είναι λιγότερο από το μέγιστο των 64 bit. Σε αυτή την

περίπτωση, τα πιο σημαντικά bits είναι συμπληρωμένα με μηδενικά, έτσι ώστε ο τύπος να χρησιμοποιεί πάντα και τα 64 bit. Όσον αφορά τον A5, όλα τα πρότυπα των 64 bit είναι δυνατά και σημαντικά, αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στο επίπεδο ασφάλειας να αυξηθεί στο μέλλον εάν είναι απαραίτητο, χωρίς οποιαδήποτε αλλαγή στον A5 (επομένως χωρίς οποιαδήποτε αλλαγή των κινητών εξοπλισμών) με την αύξηση του αριθμού των περισσότερο σημαντικών ψηφίων μέσα στο όριο του 64.

Δεδομένου ότι ο A3 και ο A8 εκτελούνται πάντα μαζί, και στις περισσότερες περιπτώσεις υλοποιούνται ως ενιαίος αλγόριθμος, θα αντιμετωπιστούν πάντα από κοινού στο υπόλοιπο αυτού του κεφαλαίου, και θα αναφέρονται ως A3/A8. Είναι πράγματι τόσο μπερδεμένοι μεταξύ τους που η εξουσιοδότηση η διαχείριση του «κοιμισμένου» κλειδιού δεν μπορούν να εξεταστούν ανεξάρτητα.

Κανένας άλλος αλγόριθμος «Ax» δεν πρόκειται να βρεθεί στις *προδιαγραφές*. Ο A1, A2, A4 και ου το καθεξής, όπου οι place-holders κατά τη διάρκεια του σχεδίου του συστήματος, εξαφανίστηκαν τελικά, αλλά η ορολογία των τριών επιζώντων A3, A5 και A8 δεν άλλαξε.

### ***Προστασία ταυτότητας χρηστών***

Η κρυπτογράφηση είναι πολύ αποδοτική για την εμπιστευτικότητα, αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προστατεύσει κάθε μία ανταλλαγή στη ράδιο πορεία. Η κρυπτογράφηση με το *Kc* ισχύει μόνο όταν το δίκτυο ξέρει την ταυτότητα του συνδρομητή που μιλά. Προφανώς, η κρυπτογράφηση δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε κοινά κανάλια, όπως το BCCH, το οποίο λαμβάνεται ταυτόχρονα από όλους τους κινητούς σταθμούς στο κύτταρο και στα γειτονικά κύτταρα, ειδάλλως θα μπορούσε να εφαρμοστεί με ένα κλειδί γνωστό σε όλους τους κινητούς σταθμούς, και επομένως αρκετά άχρηστο ως μηχανισμό ασφάλειας! Όταν ένας κινητός σταθμός κινείται προς ένα δεσμευμένο κανάλι, υπάρχει κάποια περίοδος «αυτοδυναμίας» κατά τη διάρκεια της οποίας το δίκτυο δεν γνωρίζει ακόμα την ταυτότητα του συνδρομητή, ας πούμε του Charles, και επομένως δεν μπορεί να κρυπτογραφήσει. Αυτό έχει μια σημαντική συνέπεια: όλες οι ανταλλαγές σηματοδότησης μέχρι και συμπεριλαμβανομένου του πρώτου μηνύματος που φέρνει μια μη-διφορούμενη ταυτότητα συνδρομητών πρέπει

να σταλούν σε κενό κείμενο. Ένας τρίτος θα μπορούσε σε αυτή τη φάση να ακούσει αυτήν την ταυτότητα, και να ξέρει που περιπλανάτε ο Charles σε αυτήν την συγκεκριμένη στιγμή. Αυτό θεωρείται επιβλαβές για την ιδιωτικότητα του Charles, και μια συγκεκριμένη λειτουργία έχει εισαχθεί στο GSM για να φροντίσει για μια τέτοιου είδους εμπιστευτικότητα.

Η προστασία εξασφαλίζεται με τη χρήση μια ψευδούς ταυτότητας, του TMSI (προσωρινή κινητή ταυτότητα συνδρομητών), το οποίο χρησιμοποιείται αντί της ταυτότητας συνδρομητών (IMSI) όταν είναι δυνατό. Αυτό το ψευδώνυμο πρέπει να συμφωνηθεί εκ των προτέρων μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου, κατά τη διάρκεια των προστατευμένων (κρυπτογραφημένων) διαδικασιών σηματοδότησης. Δεδομένου ότι αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα εμπιστευτικότητας είναι συνολικά ανεξάρτητο από τις άλλες λειτουργίες ασφάλειας, η περιγραφή των αντίστοιχων μηχανισμών θα εξεταστεί χωριστά από την εξουσιοδότηση/κρυπτογράφηση αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

## **ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ**

Οι δράστες και τα πρωτόκολλα που περιλαμβάνονται στη διαχείριση ασφάλειας είναι σχεδόν τα ίδια όπως στη διαχείριση θέσης, και αυτό δικαιολογεί το συνυπολογισμό τους στο ίδιο λειτουργικό σχέδιο. Εντούτοις, για τη διαχείριση ασφάλειας, οι βασικοί ρόλοι εκτοπίζονται, και πρέπει να αποδοθούν στο SIM από την πλευρά των κινητών σταθμών, και το κέντρο εξουσιοδότησης (AuC), το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος του HLR, από την πλευρά των δικτύων.

Το SIM και το AuC είναι οι αποθηκευτικοί χώροι του κλειδιού  $K_i$  του συνδρομητή. Δεν μεταδίδουν αυτά τα κλειδιά, αλλά εκτελούν τους A3 και A8 υπολογισμούς, οι ίδιοι. Όσον αφορά την εξουσιοδότηση και τις ρυθμίσεις του κλειδιού  $K_c$ , όλοι οι άλλοι συμμετέχοντες εξοπλισμοί είναι μεσάζοντες.

Το AuC δεν περιλαμβάνεται σε άλλες λειτουργίες από αυτές που απαριθμήθηκαν παραπάνω, σχετικά με τη διαχείριση ασφάλειας των ράδιο πορειών του GSM. Το AuC μπορεί να υλοποιηθεί ως χωριστή μηχανή ή ως υπομονάδα του HLR. Ο κύριος

λόγος για τη διάκριση μεταξύ AuC και HLR στις προδιαγραφές, είναι να ευαισθητοποιηθούν οι χειριστές και οι κατασκευαστές στο ζήτημα της ασφάλειας. Όπως αναφέρεται νωρίτερα, όλοι οι μηχανισμοί ασφάλειας που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο στηρίζονται στη μυστικότητα του *Ki*. Το AuC είναι ένας τρόπος για να δημιουργηθεί ένα πρόσθετο επίπεδο προστασίας γύρω από τα *Ki*'s.

Το SIM παίρνει την ευθύνη για τις περισσότερες από τις λειτουργίες ασφάλειας από την πλευρά των κινητών σταθμών. Αποθηκεύει το *Ki*, υλοποιεί τον A3/A8, που είναι εξαρτώμενος από τον χειριστή, και αποθηκεύει επίσης το «κοιμισμένο» *Kc*. Η ύπαρξη του SIM ως χωριστό φυσικό κομμάτι από τον κινητό εξοπλισμό, είναι πράγματι ένα από τα στοιχεία που επιτρέπουν την ευελιξία στην επιλογή του A3/A8. Οι κατασκευαστές κινητού εξοπλισμού δεν χρειάζονται να γνωρίζουν τις προδιαγραφές αυτών των αλγορίθμων για οποιουδήποτε χειριστές. Οι κατασκευαστές SIM, αφ' ετέρου, πρέπει να υλοποιήσουν τους ενδεχομένως διαφορετικούς αλγορίθμους για κάθε έναν από τους χειριστές-πελάτες τους, αλλά ο ανταγωνισμός, η μαζική παραγωγή και τα ζητήματα διανομής είναι εντελώς διαφορετικά σε σύγκριση με την αγορά κινητών εξοπλισμών.

Το SIM προστατεύει πλήρως το *Ki* από την ανάγνωση. Η τεχνολογία έξυπνων καρτών, η οποία παρουσιάστηκε λίγο χρόνο πριν από το GSM προκειμένου παραχθούν αυτά τα μικροσκοπικά ηλεκτρονικά χρηματοκιβώτια, ήταν ακριβώς κατάλληλη για αυτόν το σκοπό. Η μόνη πρόσβαση στο *Ki* λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης εξατομίκευσης του SIM, όταν το *Ki* εγγράφεται στο SIM. Αυτή η φάση συμβαίνει υπό τον έλεγχο του χειριστή. Αργότερα, το *Ki* προσπελαύνετε μόνο εσωτερικά μέσα στο SIM όταν πρέπει να υπολογίσει το SRES και το *Kc*. Μια διαδικασία στη διεπαφή SIM-ME επιτρέπει στον κινητό εξοπλισμό να στείλει μια αξία RAND και να πάρει σε αντάλλαγμα, μερικές δεκάδες των χιλιοστών του δευτερολέπτου αργότερα, τα αντίστοιχα SRES και *Kc*. Ένα άλλο πλεονέκτημα της αποθήκευσης SIM για το *Ki* εναπόκειται στη δυνατότητα, εάν απαιτείται από την ασφάλεια (π.χ., ως κανονικό μέτρο, ή εάν αποδειχθεί ότι ο επιλεγμένος A3/A8 δεν είναι τόσο ασφαλής όσο αναμένεται) να εκδώσει ένα νέο SIM σε μια βάση για κάθε συνδρομητή.

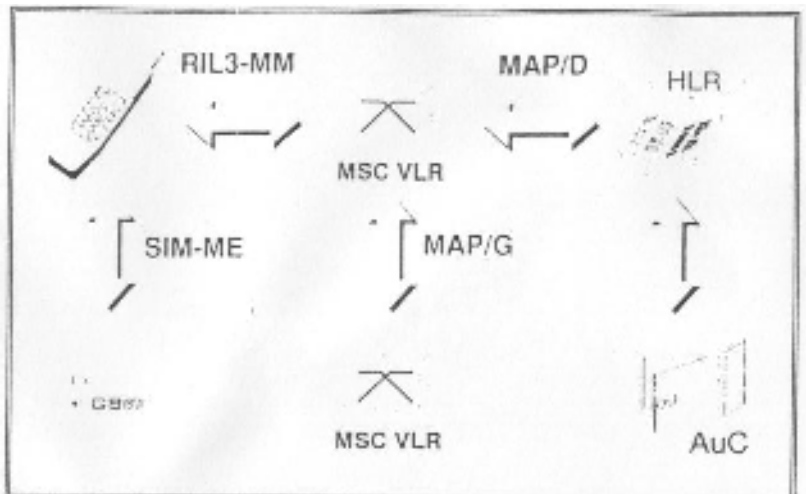
Το MSC/VLR διαδραματίζει διάφορους μικρούς ρόλους. Αρχίζει την εξουσιοδότηση: αποφασίζει να μεταπηδήσει στην κατάσταση κρυπτογράφησης, ελέγχει το SRES που παρέχεται από το SIM (μέσω του κινητού σταθμού), με αυτόν που παρέχεται από το AuC (μέσω του HLR) αποθηκεύει το "κοιμισμένο" Kc από την πλευρά δικτύων και διαχειρίζεται το TMSI.

Η κρυπτογράφηση είναι μια λειτουργία μετάδοσης, και υπό αυτήν τη μορφή περιλαμβάνει τους εξοπλισμούς μετάδοσης (το BTS παραδείγματος χάριν), και τα πρωτόκολλα διαχείρισης των ράδιο-πόρων (και το BSC). Αυτές οι πτυχές αντιμετωπίστηκαν στα αντίστοιχα τμήματα, και δεν θα ξαναεξεταστούν εδώ. Αυτό το κεφάλαιο ασχολείται μόνο με την απόφαση να τεθεί σε κατάσταση κρυπτογράφησης, καθώς επίσης και με τη διαχείριση των αναγκαίων παραμέτρων.

Οι λειτουργίες της διαχείρισης ασφάλειας σε αυτό το επίπεδο υποστηρίζονται από τα ίδια πρωτόκολλα (συν μερικά άλλα) όπως ακριβώς και για τη διαχείριση θέσης. Το πρωτόκολλο RIL.3-MM υποστηρίζει το διάλογο μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC/VLR, όπου το MAP/D χρησιμοποιείται μεταξύ του MSC/VLR και του HLR.

Το πρωτόκολλο SIM-ME στον τομέα της διαχείρισης ασφάλειας χρησιμοποιεί περισσότερες από της εντολές ανάγνωσης και εγγραφής. Άλλες προστίθενται για να παρέχουν την RAND και για να ζητήσουν έναν υπολογισμό του A3/A8, καθώς επίσης και για να πάρουν την SRES.

Τα πρόσθετα πρωτόκολλα συγκρινόμενα με εκείνα που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση της περιοχής θέσης περιλαμβάνουν το πρωτόκολλο μεταξύ HLR και AuC, το οποίο μόνο ενδεικτικά διευκρινίζεται στις *προδιαγραφές*, ως τμήμα του γενικού πρωτοκόλλου GSM λειτουργίας και συντήρησης. Στο τέλος, ένα μικρό πρόσθετο πρωτόκολλο εισάγεται μεταξύ των MSC/VLRs για να επιτρέψει σε ένα MSC/VLR να ρωτήσει ένα άλλο τα δεδομένα ταυτότητας και συνδρομής ενός χρήστη, πριν από την πρόσβαση στο HLR. Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται επάνω στην πρόσβαση ενός κινητού σταθμού που προσδιορίζεται από ένα TMSI σε σχέση με ένα άλλο MSC/VLR. Είναι το πρωτόκολλο MAP/G και περιορίζεται σε μια λειτουργία.



Σχήμα 2.10 – Πρωτόκολλα διαχείρισης ασφάλειας

Η διαχείριση ασφάλειας συνδέεται με την διαχείριση θέσης, και κάνουν χρήση των ίδιων πρωτοκόλλων, με δύο προσθήκες. Ένα μικρό πρωτόκολλο για τη μεταφορά των δεδομένων των συνδρομητών ανάμεσα στα MSC/VLRs (MAP/G) και στην σύνδεση του AuC με το HLR.

## ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ

### *Διαχείριση του κλειδιού εξουσιοδότησης και κρυπτογράφησης*

Όπως εξηγείται στο προηγούμενο τμήμα, ο υπολογισμός της υπογεγραμμένης απάντησης για την εξουσιοδότηση και του κλειδιού κρυπτογράφησης  $K_c$  εκτελείται ταυτόχρονα, βασισμένος στις ίδιες εισόδους  $K_i$  και RAND, που αλλάζουν κάθε φορά. Οι μηχανισμοί σηματοδότησης που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των αντίστοιχων δεδομένων στο δίκτυο συνδέονται έντονα και επομένως θα περιγραφούν από κοινού.

Το κλειδί  $K_i$  είναι μια παράμετρος συνδρομητών. Υπό αυτήν τη μορφή, αποθηκεύεται στο HLR, και ακριβέστερα στο AuC. Η εξουσιοδότηση και η διαδικασία ρύθμισης του κλειδιού, από την άλλη πλευρά, ελέγχονται από το κατειλημένο MSC/VLR, το οποίο αποφασίζει πότε να εκτελέσει αυτήν την διαδικασία: δηλ., στην οργάνωση κλήσης, την ενημέρωση θέσης, κ.λπ.. Υπάρχουν έπειτα δύο διαφορετικές διαδικαστικές πτυχές, διακριτές χρονικά όπως θα δούμε. Η εξουσιοδότηση σε πραγματικό χρόνο και η διαδικασίας ρύθμισης του κλειδιού μεταξύ του κινητού

σταθμού και του MSC/VLR, και η διαδικασία η οποία είναι σχετική με την ασφάλεια της μεταφοράς δεδομένων μεταξύ του HLR/AuC και του MSC/VLR.

### ***Η διαδικασία MS-MSC***

Η διαδικασία εξουσιοδότησης μεταξύ του κατειλημένου MSC/VLR και του κινητού σταθμού αποτελείται από δύο μηνύματα: το μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ από το κατειλημένο MSC/VLR στον κινητό σταθμό, που μεταφέρει την RAND, και την αντίστοιχη απάντηση RIL.3-MM ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ από τον κινητό σταθμό, που δίνει το SRES για έλεγχο, σε αντάλλαγμα.

Στην υποδοχή του μηνύματος RIL.3-MM ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ, ο κινητός εξοπλισμός στέλνει στο SIM ένα μήνυμα ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ GSM, που περιέχει το RAND, και αμέσως μετά από ένα μήνυμα ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ του οποίου η απάντηση περιέχει τα SRES και *Kc*. Το SRES στέλνεται πίσω στο δίκτυο στο μήνυμα RIL.3-MM ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ, ενώ το *Kc* γράφεται πίσω στο SIM στη σωστή θέση, και κρατιέται έτσι για περαιτέρω χρήση.

Μια ενδιαφέρουσα διαδικαστική λεπτομέρεια αφορά τον αριθμό ακολουθίας *Kc*, αποκαλούμενο επίσης CKSN (αριθμός ακολουθίας κλειδιού κρυπτογράφησης) στις προδιαγραφές. Για να αντιμετωπίσει τις πιθανές ασυνέπειες μεταξύ του «κοιμισμένου» *Kc* από την πλευρά υποδομής, και αυτή από την πλευρά του κινητού σταθμού, συνδέεται με αυτό ένας αριθμός ακολουθίας. Αυτός ο αριθμός παρέχεται από το MSC/VLR στο μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ, και αποθηκεύεται μαζί με το «κοιμισμένο» *Kc* στο SIM και στο αρχείο συνδρομητών στο MSC/VLR. Αυτός ο αριθμός δίνεται πίσω στο MSC/VLR στο αρχικό μήνυμα στη διαδικασία πρόσβασης, έτσι ώστε να μπορεί να ελεγχθεί. Εάν δεν είναι συνεπές, το MSC/VLR ξέρει ότι μια διαδικασία εξουσιοδότησης απαιτείται πριν θέσει σε λειτουργία την κατάσταση κρυπτογράφησης. Η αξία 0 του αριθμού ακολουθίας αντιστοιχεί σε «μη διατιθέμενο *Kc*».



### ***Οι διαδικασίες MSC-HLR***

Ο υπολογισμός των SRES και  $K_c$  από την πλευρά του δικτύου, που απαιτεί τη γνώση του  $K_i$  και του A3/A8, πρέπει να εκτελεστεί έτσι ώστε το αποτέλεσμα του να είναι διαθέσιμο για το κατειλημένο MSC/VLR. Δύο επιλογές επιτρέπονται στις προδιαγραφές: είτε ο υπολογισμός γίνεται στο κατειλημένο MSC/VLR, είτε στο AuC.

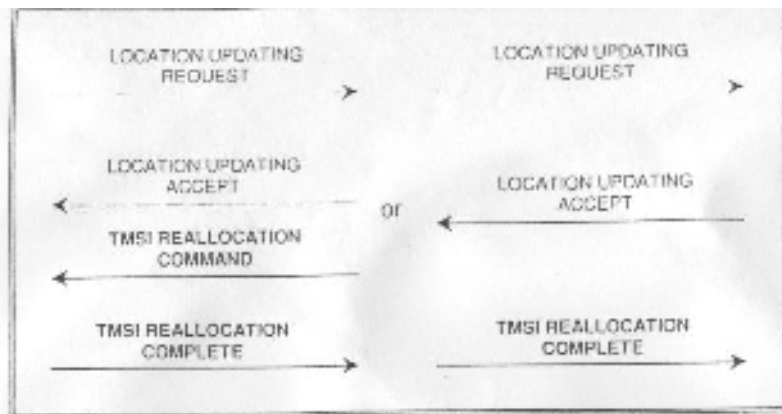
Η πρώτη δυνατότητα (υπολογισμός στο κατειλημένο MSC/VLR) απαιτεί από το κατειλημένο δίκτυο να αντιμετωπίσει τους διαφορετικούς αλγορίθμους A3/A8 που εξαρτώνται από τον οικείο PLMN χειριστή. Σε αυτό το σενάριο, το HLR δεν έχει κανέναν συγκεκριμένο ρόλο σε αυτήν την λειτουργία, και το AuC δεν υπάρχει. Το  $K_i$  είναι μια ακόμα παράμετρος συνδρομητών μεταξύ πολλών άλλων, που αποθηκεύεται και που παρέχεται σε άλλους εξοπλισμούς όταν ζητηθεί. Αυτό το σχέδιο υπονοεί ότι το κλειδί  $K_i$  κυκλοφορεί μέσω του SS7 δικτύου, που εισάγει μια αδυναμία στην ασφάλεια συστημάτων, επειδή η παρεμβολή δεν μπορεί να αποκλειστεί. Επιπλέον, το διεθνές roaming απαιτεί τη συμφωνία μεταξύ των χειριστών όσον αφορά τον A3/A8. Είτε ένας ενιαίος αλγόριθμος A3/A8 είναι τυποποιημένος σε μια πολύπλευρη βάση, ή κάθε χειριστής πρέπει να αναλάβει να παρέχει τις προδιαγραφές του A3/A8 αλγορίθμου του σε όλους τους άλλους. Η πιο δυσκίνητη λύση είναι η υλοποίηση όλων τους σε κάθε κατειλημένο MSC/VLR!

Η δεύτερη λύση υπερβαίνει και την παραβίαση ασφάλειας και το πρόβλημα του roaming, εκτελώντας τον υπολογισμό στο HLR, ή ακριβέστερα στο AuC. Δεν υπάρχει πλέον καμία ανάγκη να μεταφοράς του  $K_i$ , καμία ανάγκη να αποκαλυφθούν οι προδιαγραφές του A3/A8. Εντούτοις, τα μέσα σηματοδότησης πρέπει να σχεδιαστούν για να μεταφέρουν το αποτέλεσμα του υπολογισμού από το HLR στο κατειλημένο MSC/VLR. Προκειμένου να αποφευχθεί μια τέτοια μεταφορά κάθε φορά που αποφασίζει το κατειλημένο MSC/VLR ότι πρέπει να εξουσιοδοτήσει, ο υπολογισμός γίνεται εκ των προτέρων. Για κάθε υπολογισμό, το AuC πρέπει να επιλέξει τυχαία μια αξία για την RAND και να εφαρμόσει τον A3/A8. Το αποτέλεσμα είναι ένα τρίδυμο των τιμών: (RAND, SRES,  $K_c$ ) το οποίο πρέπει να σταλεί στο κατειλημένο MSC/VLR. Το κατειλημένο MSC/VLR αποθηκεύει ένα απόθεμα μερικών τέτοιων τριδύμων ανά συνδρομητή, από τα οποία μπορεί να επιλέξει τυχαία

στην ανάγκη. Αυτό το απόθεμα εγκαθίσταται αρχικά όταν ο συνδρομητής καταχωρείται πρώτος στο κατειλημμένο MSC/VLR. Είναι μέρος των δεδομένων των συνδρομητών που παρέχονται από το HLR στο μήνυμα ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΩΝ MAP/D. Η υψηλού επιπέδου ασφάλεια απαιτεί να χρησιμοποιείται ένα τρίδυμο μόνο μια φορά. Κατά συνέπεια, όταν το απόθεμα πέφτει κάτω από κάποιο κατώτατο όριο, το κατειλημμένο MSC/VLR ζητά από το AuC, μέσω του HLR, περισσότερα τρίδυμα. Η μόνη αποδεκτή εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα «πέταξε μετά από τη χρήση», είναι το πότε μια αποτυχία επικοινωνίας έχει εμφανιστεί μεταξύ του κατειλημμένου MSC/VLR και του HLR. Η διαδικασία ανανέωσης του αποθέματος συνίσταται σε δύο μηνύματα: Το μήνυμα MAP/D ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ και η απάντησή του, το μήνυμα MAP/D ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.

### ***Προστασία ταυτότητας χρηστών***

Η προσωρινή ταυτότητα κινητών συνδρομητών (TMSI) είναι ένα ψευδώνυμο για την ταυτότητα συνδρομητών που χρησιμοποιείται προκειμένου να αποφευχθεί η αποστολή του IMSI χωρίς κρυπτογράφηση στη ράδιο-πορεία. Το TMSI διατίθεται από το δίκτυο σε στη βάση της περιοχής θέσης, σε μια δεδομένη στιγμή. Αναφέρεται με σαφήνεια σε έναν συνδρομητή όταν χρησιμοποιείται από κοινού με την ταυτότητα περιοχής θέσης (LAI). Για να κυριολεκτήσουμε, ο όρος TMSI πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί στην πλήρη σειρά ψηφίων που αποτελείται από το LAI και από τη σειρά ψηφίων που διατίθεται σε μια δεδομένη στιγμή σε έναν ορισμένο κινητό σταθμό σε αυτήν την περιοχή θέσης (η οποία ονομάζεται «κώδικας TMSI» ή TIC). Εντούτοις, στις *προδιαγραφές*, το TMSI χρησιμοποιείται συχνότερα για να αναφερθεί στο TIC, ως εκ τούτου με ασάφεια όταν το πλαίσιο της περιοχής θέσης δεν είναι σαφές. Στη ράδιο πορεία, οι περισσότερες συνδέσεις οργανώνονται στην περιοχή θέσης στην οποία καταχωρείται ο κινητός σταθμός. Το TIC είναι σε τέτοιες περιπτώσεις επαρκές για να προσδιορίσει το συνδρομητή με σαφήνεια, το LAI είναι αναμφίβολα ίσο με αυτό το κύτταρο στο οποίο ανήκει. Η μόνη εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα είναι το πότε ο κινητός σταθμός πρέπει να εκτελέσει μια προσπάθεια ενημέρωσης θέσης σε ένα κύτταρο μιας νέας περιοχής θέσης, τότε το πλήρες TMSI (συμπεριλαμβανομένου του "παλαιού" LAI) πρέπει να χρησιμοποιηθεί.



Σχήμα 2.11 – Διάθεση του TMSI

Ένα νέο TMSI μπορεί να διατεθεί σε έναν κινητό σταθμό μέσω μιας μοναδικής διαδικασίας, η οποία αποτελείται από δύο μηνύματα. Παρόλα αυτά, μια πιο οικονομική ακολουθία επιτρέπεται όταν η διάθεση του TMSI εφαρμόζεται σε συνδυασμό με μια επιτυχή διαδικασία ανανέωσης θέσης.

Το μήκος του TIC είναι 4 ομάδες των οκτώ, ενώ το IMSI αποτελείται το πολύ από 15 ψηφία, που κωδικοποιούνται σε 9 ομάδες των οκτώ συμπεριλαμβανομένου του δείκτη μήκους. Το μικτό μήκος του TIC επιτρέπει την μείωση φάσματος στη ραδιοπορεία όταν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του. Αυτό είναι μια ειδική περίπτωση για τα μηνύματα καταχώρησης, όπου περισσότεροι από δύο κινητοί σταθμοί μπορούν να καταχωρηθούν σε ένα ενιαίο μήνυμα όταν χρησιμοποιείται το TIC, το οποίο δεν μπορεί να είναι διαφορούμενο σε αυτά τα μηνύματα.

Αλλά ο πιο ενδιαφέρων τομέας της μελέτης αφορά τη διαχείριση των TMSIs. δηλ., πώς και πότε διατίθενται και απελευθερώνονται. Στο δίκτυο, τα TMSIs ρυθμίζονται από το MSC/VLR (από το VLR στην πλήρη κανονική αρχιτεκτονική). Ένα TMSI διατίθεται αρχικά σε έναν κινητό σταθμό την πρώτη φορά που καταχωρείται στην περιοχή θέσης, και απελευθερώνεται όταν το αφήνει ο κινητός σταθμός. Μια αυτόνομη διαδικασία κατανομής χρησιμοποιεί δύο μηνύματα: το μήνυμα RIL.3-MM ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΝΑΔΙΑΝΟΜΗΣ TMSI από το MSC/VLR στον κινητό σταθμό και την αντίστοιχη βεβαίωση λήψης RIL.3-MM ΠΛΗΡΗ ΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ TMSI. Εντούτοις, όταν εκτελείται η κατανομή TMSI, αμέσως μετά από μια επιτυχή ενημέρωση θέσης (που είναι η συνηθισμένη περίπτωση), το μήνυμα κατανομής μπορεί να συνδυαστεί με το μήνυμα RIL.3-MM από το δίκτυο. Το νέο TMSI είναι

έπειτα μέρος του μηνύματος RIL.3-MM ΑΠΟΔΟΧΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ και η RIL.3-MM ΕΝΤΟΛΗ ΑΝΑΔΙΑΝΟΜΗΣ TMSI εξαιρείται, αλλά όχι η βεβαίωση λήψης. Η πλήρης ακολουθία 4 μηνυμάτων επιτρέπεται επίσης. Οι αντίστοιχες ακολουθίες παρουσιάζονται στο σχήμα 2.11.

Οι ακυρώσεις του TMSI είναι συνήθως αναμφίβολες. Στον κινητό σταθμό, η ακύρωση είναι αυτόματη στην διάθεση ενός νέου TMSI, ή στην αποδοχή ενημέρωσης θέσης σε μια νέα περιοχή θέσης. Η ρητή ακύρωση μπορεί επίσης να γίνει, με την αποστολή του IMSI στο μήνυμα RIL.3-MM ΑΠΟΔΟΧΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ, αυτό πρόκειται να γίνει κατανοητό από τον κινητό σταθμό ως ακύρωση του προηγούμενου TMSI.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα της διαδικασίας διανομής TMSI επιτρέπει στο δίκτυο να χρησιμοποιήσει μια σύντομη έκδοση του μηνύματος RIL.3-MM ΕΝΤΟΛΗΣ ΑΝΑΔΙΑΝΟΜΗΣ TMSI προκειμένου να διατεθεί ένα TMSI έχοντας το ίδιο μέρος του TIC (τις 4 ομάδες των οκτώ μέσα σε μια περιοχή θέσης) όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Αυτό επιτυγχάνεται με την μη αναφορά οποιασδήποτε ταυτότητας στο μήνυμα κατανομής RIL.3-MM (είτε ΕΝΤΟΛΗ ΑΝΑΔΙΑΝΟΜΗΣ TMSI είτε ΑΠΟΔΟΧΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ). Το κέρδος που αποκομίζεται από αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι ωστόσο αμελητέο.

Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει μια περίληψη για το πώς να ερμηνεύσει κανείς το μήνυμα κατανομής ανάλογα με το περιεχόμενό του όσον αφορά στην ΚΙΝΗΤΗ παράμετρο ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ.

Το TMSI αποθηκεύεται στο αρχείο του συνδρομητή το οποίο είναι υπό την κατοχή του MSC/VLR, αλλά όχι του HLR. Όταν το αρχείο καταστρέφεται, παραδείγματος χάριν επάνω στην ακύρωση θέσης από το HLR, το TMSI ακυρώνεται έπειτα στην υποδομή. Αυτό ανακινεί μερικά προβλήματα όταν εξετάζονται οι αποτυχίες βάσεων δεδομένων. Παραδείγματος χάριν, μερικές καταστάσεις μπορούν να οδηγήσουν τον κινητό σταθμό στη χρησιμοποίηση ενός TMSI που δεν διατίθεται στο συνδρομητή του πια, ή που χειρότερα διατίθεται σε έναν άλλο συνδρομητή. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τέτοιες καταστάσεις, έχουν συμπεριληφθεί μερικά εργαλεία στις προδιαγραφές.

Ταυτότητα που χρησιμοποιήθηκε στο μήνυμα	Νέο TMSI
Κανένα	LAI (νέο) + TIC (παλιό)
TIC (νέο)	LAI (νέο) + TIC (νέο)
TMSI	κανένα

Πίνακας 2.1 – Κανόνες που εξάγουν το νέο TMSI προς διάθεση

Ο κινητός σταθμός μπορεί να εξάγει μια νέα τιμή – εάν υπάρχει – για το TMSI του, βασισμένος στα περιεχόμενα του μηνύματος που στάλθηκε από το δίκτυο.

Ειδικότερα, μια διαδικασία επιτρέπει στο δίκτυο να ρωτήσει τον κινητό σταθμό για το πλήρες IMSI. Η χαρακτηριστική χρήση μιας τέτοιας διαδικασίας είναι πότε το TMSI από το οποίο ο κινητός σταθμός προσδιορίζεται δεν είναι γνωστό στο MSC/VLR, ή, εάν είναι γνωστό, μετά από την αποτυχία της εξουσιοδότησης, η οποία μπορεί να απεικονίσει μια απόκλιση του TMSI μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου. Η διαδικασία προσδιορισμού αποτελείται από δύο μηνύματα, το μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ που στέλνεται από το δίκτυο και την αντίστοιχη απάντηση RIL.3-MM ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ από τον κινητό σταθμό. Η διαδικασία είναι στην πραγματικότητα γενικότερη από ένα αίτημα για το IMSI, δεδομένου ότι μπορεί να ζητηθούν άλλοι τύποι ταυτοτήτων.

Όταν μια αποτυχία βάσεων δεδομένων εμφανιστεί στο MSC/VLR, όλα τα TMSIs που αποθηκεύονται στα σωσμένα αρχεία είναι αμφίβολα. Σε αυτήν την κατάσταση, όταν φθάνει μια εισερχόμενη κλήση, οι σελίδες MSC/VLR ο κινητός σταθμός σε όλη την περιοχή του (αντί ακριβώς σε μια περιοχή θέσης), χρησιμοποιεί το IMSI αντί του TMSI.

Μια παρενέργεια του TMSI είναι η χρήση ενός μηνύματος RIL.3-MM ΑΙΤΗΜΑΤΟΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ, που στέλνεται σε μια περιοχή θέσης η οποία διαχειρίζεται από ένα MSC/VLR, εκτός από αυτό που διέθεσε το TMSI. Έχουμε δει ότι σε αυτήν την περίπτωση ο κινητός σταθμός δίνει το πλήρες TMSI, και όχι μόνο το TIC όπως για μια οργάνωση κλήσης ή μια απάντηση στη καταχώρηση. Ενώ το πλήρες TMSI

είναι σαφές, δεν υποδεικνύει το HLR ή ακόμα και το οικείο PLMN όπως το IMSI. Αλλά δίνει την ένδειξη του MSC/ VLR που διέθεσε το TMSI, και που έπειτα πιθανώς ξέρει το αντίστοιχο IMSI.

Το νέα MSC/VLR έχει δύο δυνατότητες. Η πρώτη είναι ότι μπορούν να ζητήσουν από τον κινητό σταθμό τα IMSI τους. Αυτό είναι απλό, αλλά είναι μια παραβίαση στην προστασία της ταυτότητας των συνδρομητών. Η άλλη δυνατότητα είναι να ζητηθεί το IMSI από τα προηγούμενα MSC/VLR, όπως υποδεικνύεται από το μέρος LAI του TMSI. Αυτό υποστηρίζεται από τη διαδικασία MAP/G (μοναδική σε αυτό το πρωτόκολλο), αποτελούμενη από ένα μήνυμα MAP/G ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ και την απάντηση, το μήνυμα MAP/G ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ. Το πρώτο μήνυμα περιλαμβάνει τον κατάλογο των επιθυμητών δεδομένων, δηλ., το IMSI και προαιρετικά τα τρίδυμα εξουσιοδότησης. Το μήνυμα απάντησης περιλαμβάνει τα ζητούμενα δεδομένα. Ένα τρίδυμο εξουσιοδότησης επιτρέπει στα νέα MSC/VLR να εκτελέσουν την εξουσιοδότηση πριν από την απάντηση HLR, προκειμένου να κερδηθεί χρόνος.

## **ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ MM**

Όπως εξηγείται στην αρχή του κεφαλαίου, το πλαίσιο της διαχείρισης κινητικότητας περιλαμβάνει περισσότερο από τη διαχείριση θέσης και τη διαχείριση ασφάλειας, εάν όλες οι διαδικασίες στο πρωτόκολλο RIL.3-MM λαμβάνονται υπόψη. Ακόμα κι αν αυτό το κεφάλαιο δεν είναι κατάλληλο για την ανάλυση μερικών από αυτές τις άλλες λειτουργίες, θεωρήσαμε καλύτερο να κάνουμε την περιγραφή τους εδώ, ώστε να μην απομακρυνθούμε πάρα πολύ από την περιγραφή των *προδιαγραφών*. Δεν πρέπει να ξεχαστεί ότι ο στόχος μιας δομημένης διαμόρφωσης πρωτοκόλλου προορίζεται περισσότερο ως βοήθεια για την κατανόηση, απ' ό,τι ως οδηγία υλοποίησης. Η αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου μπορεί επομένως να είναι σε μια μεγάλη έκταση υποκειμενική.

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές λειτουργίες MM που δεν έχουν περιγραφεί ακόμα. Όλες τους αφορούν μόνο τον κινητό σταθμό και το MSC/VLR. Στην πραγματικότητα μόνο δύο από αυτές περιλαμβάνουν τις διαδικαστικές ανταλλαγές (στο πρωτόκολλο RIL.3-MM), ενώ οι υπόλοιπες δύο αποτελούν προδιαγραφές της συμπεριφοράς των

κινητών σταθμών. Αυτές οι διαδικασίες ή προδιαγραφές σχετίζονται μέχρι στιγμής, αφού χρησιμοποιούν μια κοινή έννοια διαμόρφωσης, την σύνδεση MM. Αυτό δεν πρέπει να αναμιχθεί με την έννοια της συναλλαγής CM (όπου CM, διαχείριση επικοινωνίας), που αναφέρεται σε μια συναλλαγή στο ανώτερο στρώμα, το σχέδιο ελέγχου κλήσης. Μια CM συναλλαγή αντιστοιχεί σε μια συναλλαγή κλήσης (πρωτόκολλο RIL.3-CC), σε μια σύντομη συναλλαγή μηνυμάτων, ή σε μια συμπληρωματική σύνοδο διαχείρισης υπηρεσιών. Μια CM συναλλαγή αντιστοιχεί έπειτα σε όλες τις δραστηριότητες που περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο. Μετά από την παρουσίαση αυτών των λειτουργιών, θα συζητήσουμε πόσο χρήσιμη είναι αυτή η διαμόρφωση.

### *Γενική εγκατάσταση CM συναλλαγής*

Στις διαδικασίες οργάνωσης κλήσης ISDN, το πρώτο μήνυμα στη διεπαφή πρόσβασης που έχει δημιουργηθεί, είναι το μήνυμα ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ. Αυτό το μήνυμα περιέχει αρκετές πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού κλήσης. Στο GSM, η ατομικότητα στη ράδιο-πορεία ζητά αυτό το πρώτο μήνυμα να είναι κρυπτογραφημένο. Εντούτοις, επειδή η απόφαση για κρυπτογράφηση εναπόκειται στην υποδομή, ένα προκαταρκτικό μήνυμα από τον κινητό σταθμό είναι απαραίτητο για να δώσει αρκετές πληροφορίες στο δίκτυο για να αποφασίσει εάν θα εφαρμόσει την κρυπτογράφηση (και την εξουσιοδότηση) ή όχι. Μια εναλλακτική λύση θα ήταν η κρυπτογράφηση να γίνεται συστηματικά.

Επειδή αυτό το προκαταρκτικό μήνυμα δεν υπάρχει στο ISDN, λόγω της επιλογής να κρατηθεί ο έλεγχος κλήσης όσο το δυνατόν αναλλοίωτος από συγκεκριμένες πτυχές της ράδιο-μετάδοσης, και επειδή η ίδια ανάγκη υπάρχει για άλλα είδη υπηρεσιών, όπως η σύντομη μεταφορά μηνυμάτων ή συμπληρωματικών υπηρεσιών, μια διαδικασία γενικής κινητής προέλευσης εγκατάσταση εισήχθη ως τμήμα του πρωτοκόλλου RIL.3-MM. Όταν εκκινεί από τον κινητό σταθμό, μια κλήση, μια σύνοδος σύντομου μηνύματος ή μια σύνοδος διαχείρισης μιας συμπληρωματικής υπηρεσίας πρέπει να χρησιμοποιήσει τη διαδικασία γενικής εγκατάστασης καθιερώσεων, ακόμα κι αν τα μέσα μετάδοσης έχουν εγκατασταθεί ήδη και χρησιμοποιούνται κρυπτογραφημένα. Αυτό επιτρέπει στην υποδομή να εκτελέσει την

εξουσιοδότηση, ή/και να πάει στην κατάσταση κρυπτογράφησης πριν προχωρήσει περαιτέρω η σύνοδος.

Δεν υπάρχει καμία αντιστοίχιση στην γενική διαδικασία εγκατάσταση που έχει δημιουργηθεί για τον κινητό σταθμό, εάν η σύνοδος έχει εκκινήσει από την πλευρά του δικτύου, απλά επειδή το δίκτυο επιλέγει να εφαρμόσει την εξουσιοδότηση ή/και την κρυπτογράφηση πριν αρχίσει οποιαδήποτε διαδικασία στο ανώτερο στρώμα.

Η γενική διαδικασία εγκατάστασης που έχει δημιουργηθεί για τον κινητό σταθμό, συνίσταται βασικά σε ένα προκαταρκτικό μήνυμα που στέλνεται από τον κινητό σταθμό, το μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΣΗΣ CM ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ , και μια ακολουθία σηματοδότησης στην απάντηση από το MSC. Το μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΣΗΣ CM ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ μπορεί να είναι ένα αρχικό μήνυμα, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 6. Οι αντιδράσεις του MSC μπορούν να ξεκινήσουν μια διαδικασία εξουσιοδότησης (μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΣΗΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗΣ), ή να απαντηθεί θετικά το αίτημα. Αυτό μπορεί να γίνει με την αποστολή ενός μηνύματος RIL.3-MM ΑΠΟΔΟΧΗΣ CM ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ, που φαίνεται κανονικό, ή με την έναρξη μιας διαδικασίας ρύθμισης της κατάστασης κρυπτογράφησης (μήνυμα RIL.3-RR ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ), η οποία είναι μια περίεργη προδιαγραφή. Μια ακόμα δυνατότητα για το MSC είναι να απορριφθεί το αίτημα με την αποστολή ενός μηνύματος RIL.3-MM ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ CM ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ. Εάν η απάντηση είναι θετική, ο κινητός σταθμός μπορεί να αρχίσει να κινεί τη διαδικασία που δικαιολόγησε τις προηγούμενες ενέργειες, παραδείγματος χάριν με την αποστολή ενός μηνύματος RIL.3-CC ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ.

Ο μόνος λόγος για το συνδυασμό της γενική διαδικασία εγκατάστασης με τη διαδικασία ρύθμισης της κατάστασης κρυπτογράφησης (από ένα άλλο πρωτόκολλο!) είναι να μειωθεί ο αριθμός μηνυμάτων. Μια ανεπάρκεια αυτής της μεθόδου είναι εντούτοις η ασάφεια. Δεν υπάρχει κανένας τρόπος να διακριθεί ένα μήνυμα RIL.3-RR ΕΝΤΟΛΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ που αναγνωρίζει μια εγκατάσταση CM συναλλαγής και ενός που δεν την αναγνωρίζει. Οι περιπτώσεις «συγκρούσεων» μπορούν να εμφανιστούν όταν το MSC επιθυμεί να αρχίσει μια κρυπτογραφημένη σύνοδο στον ίδιο χρόνο που ο κινητός σταθμός αρχίζει μια CM



συναλλαγή για έναν άλλο σκοπό. Αυτή η κατάσταση θα βελτιωθεί πιθανώς στη φάση 2.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο που πρέπει να υπογραμμιστεί είναι η έλλειψη αναφοράς σύνδεσης σε ένα μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΣΗΣ CM ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ και στην αντίστοιχη αναγνώριση. Αυτό οδηγεί στην ασάφεια εάν δύο διαδικασίες γενικών εγκαταστάσεων εκτελούνται παράλληλα. Έτσι αυτό απαγορεύεται από τις προδιαγραφές. Θα επιστρέψουμε σε αυτά τα ζητήματα στο τέλος του κεφαλαίου.

### **Συγχρονισμός του ανώτερου στρώματος**

Οι προδιαγραφές απαιτούν ότι οι CM συναλλαγές δεν μπορούν να αρχίσουν ενώ μια διαδικασία ενημέρωσης θέσης εκτελείται. Η απαίτηση είναι ακόμα πιο αυστηρή στη φάση 1 του GSM: ο κινητός σταθμός πρέπει να επιστρέψει σε κατάσταση μη απασχόλησης πριν οργανώσει μια νέα RR-σύνδεση, που στοχεύει στην υποστήριξη μιας CM συναλλαγής.

Αυτή η απαίτηση προκύπτει από την ανάγκη σωστής εγγραφής ενός συνδρομητή στο δίκτυο πριν να έχει πρόσβαση σε οποιαδήποτε υπηρεσία. Με άλλα λόγια, η λογική απαιτεί ότι καμία άλλη διαδικασία διαχείρισης κινητικότητας ή ελέγχου κλήσης δεν θα αρχίσει κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας ενημέρωσης θέσης σε μια περιοχή θέσης διαφορετική από αυτήν στην οποία ο κινητός σταθμός καταχωρήθηκε προηγουμένως, τουλάχιστον μέχρι την υποδοχή του μηνύματος RIL.3-MM ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ. Μια εναλλακτική λύση θα ήταν να επιτραπεί στον κινητό σταθμό να προλάβει την εκκίνηση της διαδικασίας ενημέρωσης θέσης και να απαιτήσει από το MSC/VLR να αποθηκεύσει το αίτημα υπηρεσιών μέχρι (και εάν) η ενημέρωση θέσης να είναι επιτυχής με το HLR. Αυτό δεν επιτρέπεται στη φάση 1 στις προδιαγραφές. Μια άλλη λύση θα μπορούσε να είναι να επιτραπεί στον κινητό σταθμό να στείλει ένα αίτημα αμέσως μετά την υποδοχή του μηνύματος RIL.3-MM ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΘΕΣΗΣ ή να προλάβει στην περίπτωση μιας περιοδικής ενημέρωσης θέσης. Αλλά ακόμη και αυτό είναι απαγορευμένο στη φάση 1. Ο μόνος λόγος για μια τέτοια δραστική προσέγγιση ήταν η απλότητα του MSC/VLR.

Ανεξάρτητα από τις ανεπάρκειες, η προδιαγραφή πρέπει να υλοποιηθεί όπως είναι. Ο αντίκτυπος αυτής της λειτουργίας συγχρονισμού, που διαμορφώνεται στο σχέδιο MM στις *προδιαγραφές*, γίνεται αισθητός μόνο στον κινητό σταθμό και δεν επηρεάζει οποιαδήποτε άλλη διαδικασία.

### ***Έλεγχος δραστηριότητας υποδομής***

Μια τρίτη λειτουργία που διαμορφώνεται μέσα στο σχέδιο MM η οποία δεν συμπεριλαμβάνει οποιαδήποτε διαδικασία πρωτοκόλλου, είναι ένας φύλακας για την δραστηριότητα σηματοδότησης MSC. Η απελευθέρωση ράδιο-καναλιών είναι πράγματι ένα προνόμιο της υποδομής. Σε περίπτωση αποτυχίας, ο κινητός σταθμός μπορεί έπειτα να βρεθεί σε μια δύσκολη κατάσταση με ένα αχρησιμοποίητο δεσμευμένο κανάλι, που δεν επιτρέπεται να απελευθερώσει. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο κινητός σταθμός πρέπει να επιστρέψει σε κατάσταση μη απασχόλησης αυτόνομα. Αυτό απαιτεί ότι ο κινητός σταθμός ελέγχει συνεχώς εάν υπάρχει μια CM συναλλαγή υπό εξέλιξη. Σε αντίθετη περίπτωση, ο κινητός σταθμός περιμένει κάποιο χρόνο και αποφασίζει να επιστρέψει σε κατάσταση μη απασχόλησης εάν δεν συνέβη τίποτα στο μεταξύ, χωρίς να στείλει οποιοδήποτε μήνυμα στο δίκτυο. Η αντίστοιχη λειτουργία φυλάκων διαμορφώνεται στις προδιαγραφές μέσω ενός χρονομέτρου, αποκαλούμενου T3240. Αυτό το χρονομέτρο θα μπορούσε εξίσου καλά να είναι μέρος του σχεδίου RR, αλλά διευκρινίζεται στο σχέδιο MM στις *προδιαγραφές*.

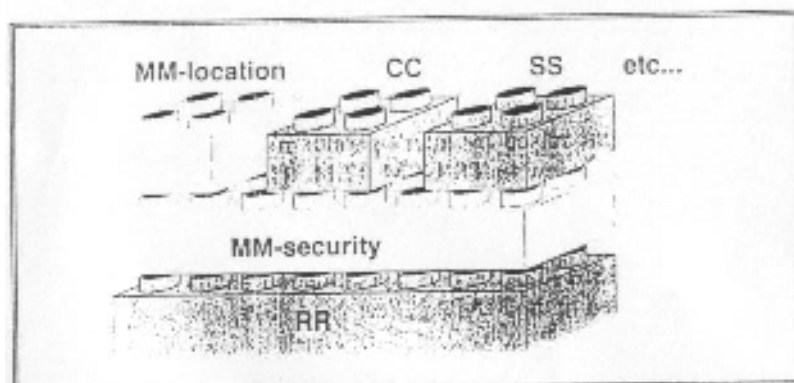
### ***Αποκατάσταση***

Όταν ένας κινητός σταθμός, στον οποίο παρέχεται κάποια υπηρεσία, ξαφνικά χάνει την επαφή με την υποδομή, υπάρχει μια δυνατότητα να επανακτήσει αυτή την επαφή, παραδείγματος χάριν σε ένα άλλο κύτταρο. Τέτοιες περιπτώσεις μπορούν να συμβούν παραδείγματος χάριν στις διαμορφώσεις όπου η διαδικασία παράδοσης αποδεικνύεται πολύ αργή. Μια προσπάθεια διάσωσης από τον κινητό σταθμό, έχει εισαχθεί στις *προδιαγραφές*, και έχει διαμορφωθεί στο σχέδιο MM. Αυτό καλείται διαδικασία αποκατάστασης. Όλοι οι κινητοί σταθμοί πρέπει να υποστηρίζουν αυτήν την διαδικασία, αλλά είναι προαιρετική από την πλευρά των δικτύων. Εάν υποστηρίζεται, τα πλαίσια κλήσης πρέπει να κρατηθούν λίγο μετά από την απώλεια της επαφής, για να επιτρέψουν στην πιθανή αποκατάσταση να είναι αποτελεσματική.

Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι πολύ κοντά σε αυτό που καλείται προκαλούμενη από τον κινητό σταθμό παράδοση σε άλλα συστήματα. Ικανοποιεί την ίδια απαίτηση με την παράδοση, αλλά με έναν πολύ λιγότερο ελεγχόμενο τρόπο, εν τούτοις με μια καλύτερη αποδοτικότητα στις διαμορφώσεις όπου η απώλεια διάδοσης είναι πολύ απότομη. Λόγω αυτής της αναλογίας, η διαδικασία αποκατάστασης έχει μελετηθεί στο κεφάλαιο 6. Για να ζητήσει το αρχικό μήνυμα μια αποκατάσταση πρέπει να σταλεί το μήνυμα RIL.3-MM ΑΙΤΗΣΗ CM ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ. Αξίζει έπειτα να προσέξουμε ότι η αποδοχή και η απόρριψη από το δίκτυο χρησιμοποιούν το ίδιο μήνυμα όπως για τη διαδικασία γενικής CM εγκατάστασης: αντίστοιχα τα μηνύματα RIL.3-MM ΑΙΤΗΣΗ CM ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ και RIL.3-MM ΑΠΟΡΡΙΨΗ CM ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ. Η διαδικασία αποκατάστασης είναι έπειτα στενά συνδεδεμένη με τη διαδικασία γενικής εγκατάστασης CM συναλλαγής, ένα σημείο που καθιστά δύσκολη την εξέλιξη της διαδικασίας αποκατάστασης.

### ***Διαμόρφωση***

Οι τέσσερις διαφορετικές λειτουργίες που περιγράφονται ανωτέρω μπορούν να φανούν αρκετά προβληματικές από την άποψη της αρχιτεκτονικής. Οι δύο τελευταίες θα ταίριαζαν καλύτερα στο πλάνο των ράδιο-πόρων παραδείγματος χάριν. Υπάρχει εντούτοις ένας κοινός παρονομαστής μεταξύ των τεσσάρων λειτουργιών στις *προδιαγραφές*: η έννοια της MM-σύνδεσης. Αυτή η καθαρή έννοια διαμόρφωσης δεν χρησιμοποιήθηκε εδώ επειδή δεν είναι απαραίτητο και δεν βοηθά στην πραγματικότητα. Στην πραγματικότητα η έννοια της MM-σύνδεσης δεν εμφανίζεται συγκεκριμένα στα πρωτόκολλα. Υπάρχει μια ένα προς ένα αντιστοίχιση μεταξύ των CM συναλλαγών και των MM-συνδέσεων, η οποία καθιστά άχρηστη την εισαγωγή ενός αναγνωριστικού της CM σύνδεσης στα μηνύματα. Οι MM-συνδέσεις εγκαθίστανται ρητά μόνο όταν αρχίζουν από την πλευρά των κινητών σταθμών (από τη γενική κινητής προέλευσης εγκατάσταση που παρουσιάζεται ανωτέρω), αλλά όχι όταν αρχίζει από το MSC (η εγκατάσταση γίνεται αυστηρά από την εγκατάσταση της CM συναλλαγής). Επιπλέον δεν απελευθερώνεται ποτέ.



Σχήμα 2.12 Εναλλακτική μοντελοποίηση MM

Οι λειτουργίες MM του GSM μπορούν να μοντελοποιηθούν σε δύο κομμάτια: ένα κομμάτι διαχείρισης θέσης στο ίδιο επίπεδο με τον έλεγχο κλήσης, κ.τ.λ., και ένα ενδιάμεσο επίπεδο το οποίο παρέχει υποστήριξη στο κομμάτι διαχείρισης θέσης, όπως τα υπόλοιπα κομμάτια στο ανώτερο επίπεδο.

Μια εναλλακτική λύση της προσέγγισης διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται στις προδιαγραφές, η οποία ενδεχομένως απεικονίζει ακριβέστερα τους διαφορετικούς ρόλους του πλάνου MM, θα συνίστατο στην εξέταση των λειτουργιών MM σε δύο χωριστές λειτουργίες (δείτε το σχήμα 2.12). Από τη μια πλευρά, η διαχείριση θέσης ενός λειτουργικού κομματιού, που θα στεκόταν παράλληλα και στο ίδιο επίπεδο με τον έλεγχο κλήσης, τη συμπληρωματική διαχείριση υπηρεσιών, κ.λπ.. Μια σύνδεση ενημέρωσης θέσης θα θεωρούταν έπειτα, ίδιος τρόπος με μια CM συναλλαγή. Κάτω από τέτοια κομμάτια, και επάνω από το στρώμα RR, ένα δεύτερο λειτουργικό κομμάτι MM θα παρείχε υπηρεσίες σχετικές με τις την ασφάλεια στα ανώτερα στρώματα, δηλαδή εξουσιοδότηση, διαχείριση του κλειδιού κρυπτογράφησης, καθώς επίσης και τη διαδικασία γενική κινητής προέλευσης εγκατάσταση και μια λειτουργία συγχρονισμού της οποίας μόνος στόχος είναι να απαγορευθεί η εγκατάσταση των διαδικασιών του ανώτερου στρώματος ενώ μια σύνδεση διαχείρισης θέσης είναι υπό εξέλιξη.

## ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

Τα προβλήματα που προκύπτουν με το roaming διά-χειριστών εκτίθενται από την άποψη των υπηρεσιών στο GSM TS 02.11. Το κύριο μέρος του παρόντος σύντομου κειμένου αφορά την επιλογή PLMN.

Οι τεχνικές πτυχές της ενημέρωσης θέσης στα NSS αποτελούν το αντικείμενο του GSM TS 03.12. Αυτή η προδιαγραφή εισάγει κυρίως τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται στο XAPTH.

Αξίζει να προσέξουμε ότι οι γενικές πτυχές της ενημέρωσης θέσης, PLMN και της επιλογής κυττάρων στον κινητό σταθμό θα παρουσιαστούν γενικά στο μελλοντικό GSM TS 03.22, δυστυχώς δεν βρίσκονται στη φάση 1 των *προδιαγραφών*. Εν τούτοις απαιτείται κάποια προσοχή, λόγω των λειτουργικών διαφορών μεταξύ της φάσης 1 και της φάσης 2, και το παρόν κείμενο μπορεί να είναι χρήσιμο.

Οι λεπτομέρειες των αλγορίθμων επιλογής κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των εκτιμήσεων μέτρησης εξετάζονται στην παράγραφο 6 του GSM TS 05.08..

Οι πτυχές σηματοδότησης του πρωτοκόλλου MM μεταξύ του κινητού σταθμού και της υποδομής (που εξετάζουν όλα τα θέματα αυτού του κεφαλαίου, την ενημέρωση θέσης καθώς επίσης και τη διαχείριση ασφάλειας) εξετάζονται στο GSM TS 04.08, παράγραφος 4.

Μια πολύ καλή σύνθεση του γενικού σχεδίου για τη διαχείριση ασφάλειας μπορεί να βρεθεί στο GSM TS 03.20.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Η διαχείριση των κλήσεων, δηλαδή κυρίως η εγκατάσταση και η απελευθέρωση πορειών μετάδοσης, υπερφορτωμένων δικτύων, δεν είναι ένα νέο θέμα. Η ανάπτυξη σταθερών δικτύων, κυρίως του PSTN, και του ISDN σήμερα, έχουν εξελιχθεί σημαντικά στις τεχνικές σηματοδότησης. Τα δημόσια κυψελοειδή δίκτυα γενικά, και το GSM ειδικότερα, είναι βασικά δίκτυα πρόσβασης για αυτά τα γενικά συστήματα τηλεπικοινωνιών. Υπό αυτήν τη μορφή, το σχέδιο της διαχείρισης επικοινωνίας σηματοδότησης τους εξαρτάται πολύ από τις υπάρχουσες τεχνικές, και προσφέρει λίγες καινοτομίες. Παραδείγματος χάριν, οι ανταλλαγές σηματοδότησης στη διεπαφή μεταξύ του GSM και των εξωτερικών δικτύων, επιβάλλονται από αυτά τα δίκτυα. Η επίδραση είναι ακόμα μεγαλύτερη, και οι διαδικασίες διαχείρισης της επικοινωνίας σηματοδότησης, που προσδιορίζονται μεταξύ των κινητών σταθμών και της υποδομής GSM, απλοποιούνται και προσαρμόζονται όπως διευκρινίζεται για την πρόσβαση ISDN. Ένα μέρος του τι περιγράφεται σε αυτό το κεφάλαιο δεν είναι επομένως πραγματικά συγκεκριμένο για τα κυψελοειδή δίκτυα, και θα μπορούσε εξίσου να ισχύσει για τα σταθερά τερματικά. Εντούτοις, είναι μέρος των *προδιαγραφών*, και αυτή η περιγραφή συμπεριλαμβάνεται για να ολοκληρώσει την πλήρη εικόνα του συστήματος.

Ακόμα, ο έλεγχος κλήσης δεν κληρονομείται συνολικά από το ISDN. Τα κυψελοειδή συστήματα έχουν μερικά δικά τους προβλήματα, εξαιτίας της κινητικότητας των χρηστών και του γεγονότος ότι δεν υπάρχει καμία σταθερή σύνδεση μεταξύ κάθε εγκατάστασης χρηστών και της υποδομής. Το κεντρικό ζήτημα είναι η εγκατάσταση των κλήσεων προς τους χρήστες που κινούνται τριγύρω. Μια άποψη του προβλήματος είναι ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα πρέπει να ακολουθήσει την κυκλοφορία των χρηστών μεταξύ των κλήσεων, προκειμένου αυτοί να βρεθούν

εύκολα όταν υπάρξει ανάγκη. Αυτό έχει αντιμετωπιστεί ήδη στο κεφάλαιο 2 (διαχείριση κινητικότητας). Η άλλη άποψη είναι η δρομολόγηση της κλήσης μέσω των δικτύων σε έναν χρήστη GSM. Αυτό είναι μέρος του ελέγχου κλήσης και θα εκτεθεί λεπτομερώς σε αυτό το κεφάλαιο.

Τα τεχνικά ζητήματα που σχετίζονται με την εγκατάσταση των κλήσεων προς τους κινητούς χρήστες είναι ο λόγος για διάφορες νέες προσεγγίσεις για τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Μια από αυτές τις σημαντικές νέες έννοιες είναι η έννοια του GMSC (MSC πυλών, ένας λανθασμένος όρος από εννοιολογική άποψη, δεδομένου ότι η λειτουργία "GMSC" δεν έχει καμία σχέση με τη λειτουργία MSC, ακόμα κι αν ομαδοποιούνται συχνά στον ίδιο εξοπλισμό), η οποία είναι η κεντρική έννοια στη δρομολόγηση κλήσης. Αυτή η έννοια θα είναι σημαντική στο μέλλον, όχι μόνο για τα κινητά δίκτυα, αλλά για όλα τα δημόσια δίκτυα τηλεπικοινωνιών. Το μέλλον τους βρίσκεται αναμφισβήτητα στην ανάπτυξη της προσωπικής επικοινωνίας, δηλ., η αρχή ότι οι κλήσεις δεν κατευθύνονται στις θέσεις, όπως συμβαίνει στο PSTN και το ISDN προς το παρόν, αλλά στους ανθρώπους, που μπορούν να επιτευχθούν μέσω των διαφορετικών μέσων τηλεπικοινωνιών, σύμφωνα με τα παρόντα ίχνη τους. Η κινητικότητα είναι ένα ουσιαστικό σημείο για την προσωπική επικοινωνία, και η τεχνολογία GSM παρέχει εάν όχι μια έτοιμη προς χρήση λύση, τουλάχιστον μια πρωτοποριακή εργασία στο θέμα.

Μια άλλη περιοχή όπου τα πρωτόκολλα σηματοδότησης, που αναπτύσσονται για το ISDN και δεν ανταποκρίνονται σε όλες τις ανάγκες του GSM είναι η διαχείριση της ράδιο διεπαφής, με τα συγκεκριμένα προβλήματα που προκύπτουν από το σύνθετο σχέδιο μετάδοσης στη ράδιο πορεία, και από τις κυκλοφορίες των χρηστών κατά τη διάρκεια μιας επικοινωνίας. Αυτά τα ζητήματα έχουν εξεταστεί στο κεφάλαιο 6 (διαχείριση των ράδιο-πόρων). Όσον αφορά σε αυτό το κεφάλαιο, η πορεία μεταξύ του MSC και του κινητού σταθμού θεωρείται ως μια απλή σταθερή σύνδεση. Αυτό είναι πάλι μια εφαρμογή της τεχνική «διαίρει και βασίλευε». Αυτό το είδος παρουσίασης επιτρέπει μια συνεπέστερη περιγραφή, χωρίς να αλλάζει συνεχώς από το ένα θέμα στο άλλο (αφ' ετέρου, η πλήρης εικόνα για το πώς μια κλήση εγκαθίσταται στο GSM μπορεί να ιδωθεί μόνο με το να εξεταστούν και οι δύο απόψεις).



Σχήμα 8.1 – GSM λειτουργική διάσπαση

Η διάσπαση των πτυχών σηματοδότησης σε τρία βασικά πεδία επιτρέπει την περιγραφή μιας επικοινωνίας χωρίς να λάβουμε υπόψη τη διαχείριση της κινητικότητας του χρήστη και των ράδιο-πόρων.

Χάρη σε αυτήν την προσέγγιση, που διευκρινίζεται στο σχήμα 8.1, η ουσία αυτού του κεφαλαίου μπορεί πραγματικά να εστιάσει στην έννοια της δίπλα- δίπλα επικοινωνίας.

Τα βασικά «αντικείμενα» που εξετάζουν τον έλεγχο κλήσης σηματοδότησης είναι οι επικοινωνίες, και θα οργανώσουμε την παρουσίαση σε αυτό το κεφάλαιο σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνίες είναι η όχι ενεργές, και τον τρόπο με τον οποίο αλλάζουν. Θα προσπαθήσουμε αρχικά να καθορίσουμε τι είναι μια επικοινωνία, και ποιες είναι οι ιδιότητές της, σε μία προσπάθεια να προσδιοριστούν οι βασικές λειτουργίες της διαχείρισης κλήσης.

## Η ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Βασικά μια επικοινωνία είναι μια προσωρινή σχέση μεταξύ των χρηστών τηλεπικοινωνιών, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών. Μια επικοινωνία χρησιμοποιεί μια αλυσίδα μετάδοσης που εγκαθίσταται μέσω των δικτύων, μεταξύ των χρηστών. Οι μόνες ενδιαφέρουσες επικοινωνίες είναι αυτές που περιλαμβάνουν τουλάχιστον έναν χρήστη GSM. Μια επικοινωνία ουσιαστικά ένα «κατανομημένο» αντικείμενο, το οποίο υπάρχει πέρα από τις αποστάσεις. Πολλά από τα χαρακτηριστικά του πρέπει να διαχειριστούν συνεταιριστικά από διαφορετικές μηχανές που εμφανίζονται κατά μήκος της πορείας μετάδοσης. Αυτή η διαχείριση αφορά και τις στατικές ιδιότητες, που τίθενται στην αρχή της επικοινωνίας, και τις



δυναμικές, που τροποποιούνται κατά τη διάρκεια ζωής της κλήσης, συνήθως κατά απαίτηση του χρήστη.

### ***Οι χρήστες***

Το πρώτο πράγμα που εξετάζεται σε μια σύνδεση επικοινωνίας είναι οι χρήστες, ή αλλιώς «συμβαλλόμενα μέρη». Η βασική περίπτωση επικοινωνίας περιλαμβάνει δύο χρήστες, αλλά το GSM θα παράσχει (στη φάση 2) τη δυνατότητα να υπάρξουν και επικοινωνίες που περιλαμβάνουν περισσότερους από δύο χρήστες. Εν τούτοις αν και δεν υπάρχει η δυνατότητα στη φάση 1, θα εξετάσουμε αυτήν την «πολυμερή» δυνατότητα, τουλάχιστον στο λειτουργικό επίπεδο, κυρίως επειδή αυτό επιτρέπει μια ευρύτερη προσέγγιση στις έννοιες του ελέγχου κλήσης, οι οποίες θα μπορούσαν εύκολα να προκαταληφθούν όταν εξετάζονται μόνο οι «διμερείς» επικοινωνίες. Μια κλήση αρχίζει πάντα μεταξύ μόνο δύο χρηστών. Όπως θα δούμε παρακάτω, η πολυμερής δυνατότητα επιτρέπει την επιλογή της πρόσθεσης ή της απαλοιφής χρηστών σε κάθε στιγμή, μόλις εγκατασταθεί πλήρως η επικοινωνία, κάνοντας την ιδιότητα "χρήστες" δυναμική.

Οι χρήστες όμως δεν είναι λειτουργικά ίδιοι. Ένας από τους χρήστες έχει μια ειδική θέση: αυτός που ζήτησε αρχικά την εγκατάσταση της κλήσης. Αυτός ο χρήστης καλείται το "συμβαλλόμενο μέρος που έκανε την κλήση". Ο άλλος είναι το "συμβαλλόμενο μέρος που δέχθηκε την κλήση". Υπάρχει εδώ μια δυσκολία στην ορολογία. Λόγω της δυνατότητας της προώθησης κλήσης, ο συνδρομητής του οποίου ο αριθμός σχηματίζεται από το συμβαλλόμενο μέρος που έκανε την κλήση δεν είναι απαραίτητος το «συμβαλλόμενο μέρος που δέχθηκε την κλήση» μόλις εγκατασταθεί πλήρως η κλήση. Θυμηθείτε το παράδειγμα του κεφαλαίου 1, όπου ο Bjorn θέλησε να καλέσει τη Nina, αλλά κάλεσε τον Hans αντί αυτής, επειδή η Νίνα είχε ζητήσει να προωθηθούν οι κλήσεις της. Η χρήση του όρου «συμβαλλόμενο μέρος που δέχθηκε την κλήση» είναι επομένως διφορούμενη, τουλάχιστον στη φάση της εγκατάστασης. Δυστυχώς, δεν χρησιμοποιείται κανένας καθιερωμένος όρος για να διακρίνει τις δύο έννοιες. Όπου υπάρχει ανάγκη, θα χρησιμοποιήσουμε τους όρους «προώθηση στο συμβαλλόμενο μέρος», ή «σύνδεση με το συμβαλλόμενο μέρος». Ακόμα για να κάνουμε τα πράγματα τους κάπως πιο περίπλοκα, μπορούν να προστεθούν επιπλέον

χρήστες από καθένα των υπάρχοντα συμβαλλόμενα μέρη. Οι νέοι χρήστες έπειτα αποκαλούνται «συμβαλλόμενα μέρη που δέχθηκαν την κλήση», αλλά η έννοια «συμβαλλόμενο μέρος που έκανε την κλήση» είναι σχετική με κάθε συμβαλλόμενο μέρος που δέχεται μια κλήση. Ελπίζουμε ότι το πλαίσιο θα είναι επαρκές για να καταλάβει κανείς τι σημαίνουν αυτοί οι όροι!

Η ασυμμετρία μεταξύ των χρηστών είναι σημαντική σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Παραδείγματος χάριν, στα σταθερά δίκτυα, η κλήση θα απελευθερωθεί αμέσως εάν ο χρήστης που καλεί, κλείσει το τηλέφωνο, αλλά θα παραμείνει λειτουργική για μερικά δευτερόλεπτα εάν ο χρήστης που κλήθηκε, κλείσει το τηλέφωνο, επιτρέποντας σε αυτόν τον, παραδείγματος χάριν, να επαναλάβει την κλήση σε ένα άλλο τερματικό. Ένα άλλο παράδειγμα της ασυμμετρίας είναι η χρέωση. Αλλά η ασυμμετρία είναι προφανώς σημαντικότερη για τη σηματοδότηση κατά τη διάρκεια της φάσης εγκατάστασης. Επειδή ο σκοπός μας εδώ είναι να εστιάσουμε στους χρήστες GSM, η διμερής επικοινωνία μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες:

- Κλήσεις όπου ο χρήστης GSM είναι το συμβαλλόμενο μέρος που έκανε την κλήση. Αυτές είναι οι «κλήσεις κινητής έναρξης», ή απλούστερα "κλήσεις MO".
- Κλήσεις όπου ο χρήστης GSM είναι αποκαλούμενη ή/και συνδεδεμένος στο συμβαλλόμενο μέρος. Αυτές είναι οι «κλήσεις κινητού τερματισμού», ή απλούστερα "κλήσεις MT".
- Κλήσεις όπου τα δύο συμβαλλόμενα μέρη είναι χρήστες GSM.

Ο τελευταίος τύπος κλήσης δεν φέρει καμία συγκεκριμένη επωνυμία, και επειδή είναι ένας συνδυασμός των άλλων δύο, δεν θα εξεταστεί χωριστά.

### ***Το δίκτυο συνεργατών***

Γενικότερα, ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της επικοινωνίας είναι το δίκτυο στο οποίο το άλλο συμβαλλόμενο μέρος (εκτός από το χρήστη GSM υπό εξέταση) ανήκει. Αυτό το δίκτυο θα αναφερθεί ως δίκτυο τερματισμού, για μια επικοινωνία MO, ή ως δίκτυο έναρξης, για μια επικοινωνία MT. Το GSM σχεδιάζεται

προκειμένου να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών του και των χρηστών από άλλα εξωτερικά δίκτυα, όπως το PSTN, το ISDN, το CSPDNs και το PSPDNs. Οι διαδικασίες εγκατάστασης ειδικότερα, και η διαχείριση επικοινωνίας γενικά θα επηρεαστούν σημαντικά από τη φύση του άλλου δικτύου. Θα επικεντρωθούμε στις περιπτώσεις του PSTN και ISDN, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύουν κατά πολύ το σημαντικότερο μέρος της κυκλοφορίας.

Επίσης σημαντικά, όταν περιλαμβάνονται σε μια σύνδεση επικοινωνίας, είναι τα δίκτυα διέλευσης. Μπορούμε να θεωρήσουμε πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις δικτύων. Για πρακτικούς λόγους, θα εξετάσουμε κυρίως τις απλές περιπτώσεις, χαρακτηριστικά όταν μόνο δύο δίκτυα εμπλέκονται, το ένα είναι ένα GSM PLMN, και το άλλο είναι το PSTN ή το ISDN.

### ***Ο τύπος υπηρεσίας***

Συνεχίζοντας με τα χαρακτηριστικά επικοινωνίας, ο τύπος υπηρεσίας που παρέχεται κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, αξίζει κάποια προσοχή. Ο «τύπος υπηρεσίας» είναι μια έννοια που επικεντρώνεται στο είδος πληροφοριών που ανταλλάσσεται μεταξύ των χρηστών (ομιλία, fax, στοιχεία), αλλά περιλαμβάνει περισσότερα πράγματα. Η «υπηρεσία» είναι γενικότερα μια έννοια συνδρομής και διαχείρισης. Τα πρωταρχικά χαρακτηριστικά του αντιστοιχούν στην ικανότητα της πορείας μετάδοσης που εγκαθίσταται μεταξύ των χρηστών. Αυτές οι «ικανότητες φορέων» αντιστοιχούν στη μετάδοση όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3, δηλαδή (από την πλευρά του GSM) ο τύπος σύνδεσης μεταξύ των λειτουργιών των τερματικών προσαρμογής μέσα στον κινητό σταθμό (TAF) και των εσωτερικών λειτουργιών στα σύνορα με τα εξωτερικά δίκτυα (IWF). Το GSM μπορεί να εξετάσει πολλούς τύπους σύνδεσης, οι οποίοι έχουν συνοψιστεί στο κεφάλαιο 3.

Κάποιες υπηρεσίες απαιτούν δύο ικανότητες φορέων, έτσι ώστε η υπηρεσία να μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ τους κατά τη διάρκεια μιας κλήσης. Οι υπηρεσίες «εναλλαγής» χρησιμοποιούν την ικανότητα λεκτικών φορέων και την ικανότητα φορέων δεδομένων (μπορούν να υπάρξουν και άλλες περιπτώσεις, αλλά δεν πρόκειται να βρεθούν στο GSM). Το ενδιαφέρον με αυτές τις υπηρεσίες είναι ότι η

κλήση μπορεί να ξεκινήσει στον λεκτικό τρόπο, π.χ., προτού να αρχίσει η μετάδοση δεδομένων, να συμφωνηθούν μερικές λεπτομέρειες από τους χρήστες προφορικά. Τέτοιες υπηρεσίες απαιτούν από το σύστημα να είναι σε θέση να αλλάξει μεταξύ των δύο ικανοτήτων φορέων κατά τη διάρκεια μιας επικοινωνίας. Αυτό δεν είναι μια απλή λειτουργία, και για αυτό το δίκτυο πρέπει να ξέρει ότι τα συμβαλλόμενα μέρη επιθυμούν μια εναλλασσόμενη υπηρεσία κατά τη διάρκεια της φάσης εγκατάστασης κλήσης, έτσι ώστε να μπορεί να διατηρήσει τις σχετικές συσκευές. Η λειτουργία εναλλαγής είναι μια ιδιότητα της υπηρεσίας, και όχι μια δυνατότητα διαθέσιμη για οποιαδήποτε μετάδοση ομιλίας ή δεδομένων. Η διαδικασία που επιτρέπει την επιλογή μεταξύ δύο ικανοτήτων φορέων είναι η διαδικασία «in-call τροποποίηση».

Για μερικές υπηρεσίες, η περιγραφή των ικανοτήτων των τερματικών που χρησιμοποιούνται στα τελικά συμβαλλόμενα μέρη είναι σχετική. Αυτές οι υπηρεσίες είναι οι «τηλε-υπηρεσίες». Μαζί με την ικανότητα φορέων (ή τις ικανότητες), η περιγραφή τους μπορεί να περιλάβει τη «συμβατότητα χαμηλού επιπέδου» (LLC) και τη «συμβατότητα υψηλού επιπέδου» (HLC) των τερματικών. Η "συμβατότητα χαμηλού επιπέδου" περιλαμβάνει τις παραμέτρους για τη βασική μετάδοση από τερματικό σε τερματικό, όπως η ελάχιστη διάρκεια του σήματος στάσεων στην περίπτωση των ασύγχρονων δεδομένων, ενώ η "συμβατότητα υψηλού επιπέδου" περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά που είναι σχετικά με το πρωτόκολλο τερματικό σε τερματικό, όπως τα πρωτόκολλα τελετέξ, ή τα πρωτόκολλα βιντεοτέξ. Αυτές οι ιδιότητες δεν είναι συγκεκριμένες για το GSM, και οι αντίστοιχες παράμετροι, κληρονομούνται άμεσα από το ISDN. Επιπλέον, δεν είναι συνήθως απαραίτητοι για τα ενδιάμεσα δίκτυα, τα οποία λαμβάνουν ικανοποιητικές πληροφορίες ελέγχου από την ικανότητα φορέων. Εντούτοις, η ένδειξη αυτών των ιδιοτήτων είναι η πρώτη φάση της διαπραγμάτευσης μεταξύ των τερματικών, και αυτό επιτρέπει έναν πρόωρο έλεγχο συμβατότητας, ο οποίος μπορεί να οδηγήσει στη λήξη της κλήσης εάν τα τερματικά είναι ανέκανα να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, σωστά. Οι σημαντικές τηλε-υπηρεσίες είναι η ομιλία (βασικές και κλήσεις έκτακτης ανάγκης), το fax και το βιντεοτέξ.

Άλλες υπηρεσίες δεν περιλαμβάνουν τίποτα σχετικά με τα τερματικά. Είναι οι «υπηρεσίες φορέων», και η περιγραφή τους όσον αφορά τις ανταλλαγές πληροφοριών, περιορίζεται στις ικανότητες φορέων. Η διαφορά μεταξύ μιας

ικανότητας φορέων και μιας υπηρεσίας φορέων είναι ότι η τελευταία χρησιμοποιείται στην περιοχή συνδρομής ενώ η πρώτη είναι περιορισμένη στις ικανότητες μετάδοσης. Οι υπηρεσίες πρέπει να γίνονται συνδρομητές χωριστά, και οι συμπληρωματικές υπηρεσίες συνδέονται με τις βασικές υπηρεσίες (δηλ., φορέας ή τηλε-υπηρεσίες). Παραδείγματος χάριν, ο αριθμός προώθησης που χρησιμοποιείται για την ομιλία μπορεί να διαφέρει από αυτήν που χρησιμοποιείται για fax.

### ***Οι ενεργές και κρατημένες καταστάσεις***

Οι επικοινωνίες που περιγράφηκαν μέχρι τώρα ήταν συνήθως στατικής φύσης, εκτός από τον αριθμό των συμβαλλόμενων μερών που δέχθηκαν κλήση, και την επιλογή της ικανότητας φορέων στην περίπτωση των υπηρεσιών εναλλαγής. Μια άλλη δυναμική πτυχή της επικοινωνίας είναι η δυνατότητα για το ένα ή το άλλο των συμβαλλόμενων μερών, να αφήσει προσωρινά την επικοινωνία (χαρακτηριστικά για να εγκαταστήσει μια άλλη) και έπειτα να την ξαναρχίσει. Τέτοιες δυνατότητες αναφέρονται ως "τοποθέτηση της κλήσης σε αναμονή" και έπειτα για "ανάκτηση". Θα είναι διαθέσιμες στη φάση 2, και αναφέρονται ακριβώς εδώ για να ολοκληρώσουν την εικόνα. Από την άποψη της επικοινωνίας, υπάρχουν δύο αποκλειστικές καταστάσεις για κάθε ένα από τα συμβαλλόμενα μέρη: η κλήση μπορεί είτε να είναι κρατημένη είτε ενεργή. Εάν, για οποιοδήποτε λόγο, ένα από τα δύο συμβαλλόμενα μέρη είναι κρατημένο, τα δεδομένα των χρηστών δεν μεταδίδονται, αλλά όλοι οι πόροι μετάδοσης διατηρούνται για να επιτρέψουν μια γρήγορη επανάληψη της μετάδοσης όταν επιδιώκεται από το συμβαλλόμενο μέρος που ζήτησε την κρατημένη κατάσταση. Φυσικά, ο μετρητής χρέωσης τρέχει συνεχώς.

Επειδή υπάρχει η πιθανότητα να εγκατασταθεί ή να απαντηθεί μια άλλη κλήση ενώ η πρώτη είναι σε αναμονή, ένας δεδομένος χρήστης μπορεί να είναι μέρος διάφορων επικοινωνιών συγχρόνως. Εντούτοις, μόνο μια επικοινωνία μπορεί να είναι ενεργή σε μια δεδομένη στιγμή για έναν δεδομένο χρήστη, όλες οι άλλες είναι σε αναμονή (εκτός από τα σύντομα μηνύματα, τα οποία μεταδίδονται όπως τα μηνύματα σηματοδότησης και ως εκ τούτου μπορούν να σταλούν και να παραληφθούν παράλληλα με άλλες βασικές υπηρεσίες). Στο μέλλον, με τα κανάλια half-rate, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι δύο επικοινωνίες είναι ενεργές συγχρόνως με ένα μόνο

τερματικό, κάθε μία σε ένα διαφορετικό κανάλι half-rate. Αυτό είναι κάτι που προβλέπεται, και για το οποίο μερικές διαδικασίες είναι ήδη τεκμηριωμένες στη φάση 1 στις προδιαγραφές.

## **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ**

Αυτό το πλήθος των ιδιοτήτων της επικοινωνίας έχει ήδη επεξηγηθεί για τις περισσότερες από τις διαδικασίες που μπορούν να έχουν επιπτώσεις σε μια επικοινωνία. Πρώτιστη είναι η εγκατάσταση της επικοινωνίας, η οποία πρέπει να οδηγήσει στην ρύθμιση όλων των ιδιοτήτων, και στην εγκατάσταση της δίπλα-δίπλα πορείας μετάδοσης (αυτή η περιγραφή αποκλείει τα σύντομα μηνύματα, για τα οποία δεν υπάρχει καμία εγκατάσταση μιας κυκλωματικής πορείας μετάδοσης. Τα σύντομα μηνύματα εξετάζονται σε χωριστό τμήμα).

Οι περισσότερες ιδιότητες μιας επικοινωνίας καθορίζονται μεταξύ του συμβαλλόμενου μέρους που κάνει την κλήση και των μηχανών υποδομής, ακριβέστερα με το MSC, κατά τη διάρκεια της φάσης εγκατάστασης. Μερικές από τις ιδιότητες επιλέγονται απλώς από τον χρήστη που καλεί, όπως ο αριθμός καταλόγου του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε ή ο τύπος υπηρεσίας. Άλλες ιδιότητες καθορίζονται μόνο από την υποδομή, όπως ο πραγματική σύνδεση με το συμβαλλόμενο μέρος, το οποίο εξαρτάται από τους όρους προώθησης που διαχειρίζονται από την υποδομή υπό έλεγχο του συμβαλλόμενου μέρους που δέχτηκε την κλήση. Τέλος, μερικές ιδιότητες διαπραγματεύονται μεταξύ του χρήστη (ή του κινητού σταθμού) και του MSC. Ένα παράδειγμα τέτοιας διαπραγμάτευσης στο μέλλον θα είναι η επιλογή του τύπου καναλιού στη ράδιο πορεία, όταν η απαραίτητη υπηρεσία μπορεί προσαρμοστεί ή σε ένα full-rate ή σε ένα half-rate κανάλι.

Κατόπιν έρχεται η ρύθμιση της πορείας μετάδοσης. Δεδομένου ότι το GSM είναι κυρίως ένα σύστημα πρόσβασης, το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας γίνεται από τα εξωτερικά δίκτυα. Για μια κινητής έναρξης κλήση, το MSC πρέπει να αναλύσει τον κληθέντα αριθμό και την απαιτούμενη υπηρεσία προκειμένου να επιλεχτεί το εξωτερικό δίκτυο προς το οποίο η κλήση θα δρομολογηθεί. Πρέπει έπειτα να διατηρήσει μια κατάλληλη σύνδεση προς αυτό το δίκτυο και να συνεχίσει με τη

σχετική σηματοδότηση, σύμφωνα με τους κανόνες πρόσβασης του επιλεγμένου εξωτερικού δικτύου. Κατόπιν, το MSC (και ο χρήστης GSM) θα περιμένουν και θα αντιδράσουν σύμφωνα με τις διαθέσιμες πληροφορίες σηματοδότησης που αφορούν την πρόοδο της κλήσης.

Σε όλα τα τυποποιημένα δίκτυα τηλεπικοινωνιών, η πορεία μετάδοσης είναι οργανωμένη τμήμα ανά τμήμα, από αυτόν που έκανε την κλήση στον χρήστη που κλήθηκε. Κάθε κόμβος που λαμβάνει το αίτημα εγκατάστασης κλήσης αναλύει τον αριθμό κλήσης, κατόπιν καθορίζει τον επόμενο κόμβο, διατηρεί μια σύνδεση προς αυτόν τον κόμβο, και δίνει περνάει τον έλεγχο παρακάτω. Η πορεία χτίζεται κατ' αυτό τον τρόπο έως ότου φθάσει στον κόμβο που είναι υπεύθυνος για το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε. Οι πίνακες δρομολόγησης χρησιμοποιούνται σε κάθε κόμβο, δίνοντας τους κανόνες για την μετάφραση του αριθμού σε μια σύνδεση προς τον επόμενο κόμβο. Αυτή η απλή τεχνική λειτουργεί καλά επειδή το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε, είναι σε μια σταθερή θέση. Η ιστορία είναι κάπως διαφορετική όταν ο χρήστης, που κλήθηκε μετακινείται, όπως συμβαίνει με τους συνδρομητές του GSM. Κατόπιν ο αριθμός που κλήθηκε δεν είναι επαρκής για να αποφασίσει πού να δρομολογήσει την κλήση, και μια πιο σύνθετη προσέγγιση είναι απαραίτητη. Η δρομολόγηση των κλήσεων MT είναι ένα σύνθετο θέμα που επιτρέπει μια λεπτομερή μελέτη και θα αφιερωθεί ένα ολόκληρο τμήμα σε αυτό το θέμα, αργότερα.

Μόλις εγκατασταθεί η πορεία μετάδοσης και ο τελικός χρήστης έχει δεχτεί την κλήση, η κλήση «συνδέεται», σημαίνοντας ότι η πορεία μετάδοσης είναι πλήρως διαθέσιμη για τη μετάδοση δεδομένων, τουλάχιστον μεταξύ του TAF και του IWF. Στην περίπτωση της ομιλίας, αυτό σημαίνει ότι οι τελικοί χρήστες μπορούν να ακούσουν ο ένας τον άλλον, αλλά στην περίπτωση των δεδομένων, τα περαιτέρω βήματα της εγκατάστασης πρέπει να γίνουν προτού τα δεδομένα των χρηστών να μπορέσουν πραγματικά να ανταλλάσσονται δίπλα-δίπλα. Θα επιστρέψουμε σε αυτό το ζήτημα.

Κατά τη διάρκεια της «συνδεδεμένης» φάσης, αποκαλούμενης επίσης και ως «ενεργός» φάση της κλήσης, παρέχεται ένας μικρός αριθμός λειτουργιών. Αφορούν κυρίως τη διαχείριση των υπηρεσιών εναλλαγής και (στη φάση 2) τη διαχείριση των

πολλαπλών κλήσεων. Κατά τη διάρκεια μιας εναλλασσόμενης υπηρεσίας επικοινωνιών, ο χρήστης GSM μπορεί να ζητήσει μια επιλογή της ικανότητας φορέων (από την ομιλία στα δεδομένα, ή αντίστροφα). Αυτό το αίτημα πρέπει να μεταδοθεί στο MSC, που ελέγχει έπειτα τις αλλαγές μεταξύ της πορείας μετάδοσης (π.χ., στο IWF) για να καλύψει τη νέα απαίτηση.

Η διαχείριση πολλαπλών κλήσεων αντιστοιχεί στις πολυμερές κλήσεις, ή τη δυνατότητα να επαναληφθούν οι κλήσεις ή να τεθούν σε αναμονή. Εδώ πάλι, το MSC είναι υπεύθυνο, και η σηματοδότηση μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC επιτρέπει έναν συντονισμό των διαδικασιών.

Οι in-call λειτουργίες περιλαμβάνουν επίσης τη μετάδοση των ψηφιακών ακουστικών τόνων (τόνοι DTMF, για τη διπλή πολύ-συχνότητα τόνου). Αυτοί οι τόνοι, που παράγονται συνήθως με την πίεση των πλήκτρων σε ένα σύγχρονο τηλεφωνικό σύνολο, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο, π.χ., των ταχυδρομικών θυρίδων φωνής, των αυτόματων τηλεφωνητών, κ.λπ.. Αν και η μετάδοση DTMF δεν είναι στην πραγματικότητα μέρος της διαχείρισης της επικοινωνίας, όντας πιο συγγενής σε με τη δυνατότητα μετάδοσης (που παρέχει μια ικανότητα μετάδοσης δεδομένων μερικών δεκάδων bit/s!), έχει επιλεγεί να υποστηριχθεί στο GSM με τη χρησιμοποίηση των ανταλλαγών σηματοδότησης στην περιοχή ελέγχου κλήσης. Θυμηθείτε ότι ο λεκτικός κωδικοποιητής στο GSM έχει βελτιστοποιηθεί για τα λεκτικά σήματα, και οι τόνοι DTMF που περνούν από μια δοκιμασία κωδικοποίησης-αποκωδικοποίησης, δεν θα έχουν την ποιότητα που απαιτείται στα εξωτερικά δίκτυα. Για αυτό τα μέσα σηματοδότησης χρησιμοποιούνται για τη μεταβίβαση των σημάτων DTMF στον τομέα MS προς MSC.

Η τελευταία λειτουργία που απαιτείται για τη διαχείριση κλήσης κυκλωμάτων είναι στοιχειώδης, αλλά πολύ σημαντική, **η απελευθέρωση της κλήσης**. Αυτή μπορεί να πυροδοτηθεί από οποιοδήποτε από τους χρήστες, και ελέγχεται με τη σηματοδότηση μεταξύ των χρηστών, του κινητού σταθμού και του MSC.

Μέχρι στιγμής έχουμε αφήσει στην άκρη δύο λειτουργικές περιοχές, τη διαχείριση των συμπληρωματικών υπηρεσιών και τη μεταφορά των σύντομων μηνυμάτων, και αυτές θα αναλυθούν τώρα.



Το GSM επιτρέπει στους συνδρομητές του να επιθεωρήσουν και να τροποποιήσουν τη θέση ή τις παραμέτρους των συμπληρωματικών υπηρεσιών τους, με τη χρησιμοποίηση του κινητού σταθμού τους και τη μετάδοση στη ραδιο-πορεία. Αυτό μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε χρόνο, ανεξάρτητα από εάν μια κλήση είναι υπό εξέλιξη ή όχι. Μερικές συμπληρωματικές υπηρεσίες μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν μετά από αίτημα του συνδρομητή, όπως παραδείγματος χάριν οι υπηρεσίες φραγής κλήσης. Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι υπηρεσίες προώθησης κλήσης, όπου οι αριθμοί προώθησης μπορεί να αλλάξουν κατά βούληση από το συνδρομητή. Σε σχέση με αυτές τις τροποποιήσεις, ένας κωδικός πρόσβασης μπορεί να τεθεί από το χρήστη, για να βελτιώσει το επίπεδο ασφάλειάς του. Παραδείγματος χάριν, ένας κωδικός πρόσβασης που τίθεται σχετικά με την φραγή όλων των εξερχόμενων διεθνών κλήσεων, επιτρέπει στο συνδρομητή GSM να δανείσει το SIM του χωρίς να φοβηθεί ότι οι διεθνείς κλήσεις θα χρεωθούν σε αυτόν.

Όλες αυτές οι λειτουργίες διαχείρισης των συμπληρωματικών υπηρεσιών γίνονται μεταξύ του χρήστη και του καταχωρητή εγχώριας θέσης του (HLR), με τη χρήση του κινητού σταθμού. Απαιτούν μερικές διαδικασίες σηματοδότησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές οι λειτουργίες διαχείρισης αντιπροσωπεύουν μόνο μια άποψη της σηματοδότησης που σχετίζεται με τις συμπληρωματικές υπηρεσίες. Οι υπόλοιπες αφορούν τον πραγματικό αντίκτυπο των ενεργών υπηρεσιών στο χειρισμό κλήσης, εισάγοντας τις παραλλαγές της διαδικασίας εγκατάστασης κλήσης. Υπό αυτήν τη μορφή, περιγράφονται αργότερα στο τμήμα που εξετάζει την εγκατάσταση κλήσης.

Η επικοινωνία σύντομων μηνυμάτων διαφέρει από την επικοινωνία κυκλωμάτων στο γεγονός ότι η εγκατάσταση, η μετάδοση δεδομένων χρηστών και η απελευθέρωση, γίνονται όλες σε μια διαδικασία (στο επίπεδο διαχείρισης επικοινωνίας). Αυτό είναι κοντά σε μια τεχνική διαγραμμάτων δεδομένων. Δεν υπάρχει καμία εγκατάσταση μιας δεσμευμένης πορείας μετάδοσης, δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται μόνο τα μέσα σηματοδότησης. Μια άλλη διαφορά προέρχεται από μια ειδική λειτουργία που προστίθεται για τη βελτίωση της ποιότητας της υπηρεσίας, όταν δεν μπορεί να βρεθεί το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε. Τα μη παραδομένα μηνύματα κρäftιούνται, και μπορεί να ξεκινήσει μια άλλη προσπάθεια προώθησης όταν ο συνδρομητής για τον οποίο προορίζεται μπορεί να βρεθεί. Ο μηχανισμός αυτός απαιτεί τις ανταλλαγές

σηματοδότησης μεταξύ των οντοτήτων του δικτύου για να θέσει σε επιφυλακή κέντρο υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων.

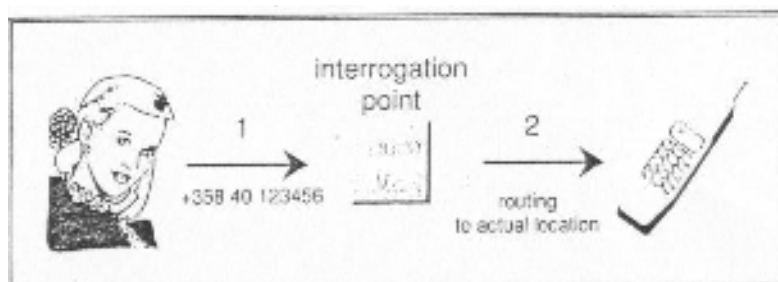
Αυτό συμπληρώνει τον κατάλογο των λειτουργιών διαχείρισης επικοινωνίας, και μπορούμε τώρα να κοιτάξουμε λεπτομερέστερα κάθε ένα από αυτά τα ζητήματα.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΛΗΣΗΣ

Πριν περιγράψουμε την αρχιτεκτονική και τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται στον έλεγχο κλήσης, θα αναλύσουμε πώς μπορούν να δρομολογηθούν οι κλήσεις σε έναν κινητό συνδρομητή, δεδομένου ότι αυτή η πτυχή κρύβει ένα μεγάλο μέρος της δικτυακής αρχιτεκτονικής, και είναι πρώτιστης σπουδαιότητας στην κατανόηση πολλών πτυχών του συστήματος, όπως, π.χ., πώς να καλέσει έναν χρήστη GSM ή τη χρέωση.

## Η ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Για τον κινητό τερματισμό μιας κλήσης, ο αριθμός που δίνεται από το συμβαλλόμενο μέρος που έκανε την κλήση, δεν αναφέρεται σε μια τηλεφωνική γραμμή ή μια θέση, αλλά κατευθύνεται σε ένα αρχείο σε κάποιο HLR. Τα πρώτα ψηφία ενός αριθμού καταλόγου GSM είναι επαρκή για να δείξουν ότι ο αριθμός είναι ένας αριθμός GSM, και επιπλέον για να υποδείξουν το χειριστή με τον οποίο η συνδρομή κρατιέται. Η δομή του αριθμού καταλόγου GSM, αποκαλούμενη επίσης «MSISDN», επειδή είναι μέρος του ίδιου σχεδίου αρίθμησης με τους αριθμούς ISDN, καθορίζεται στη CCITT σύσταση E.164 και παρουσιάζεται στο σχήμα 8.3. Το HLR που τηρεί το αρχείο του συνδρομητή μπορεί να καθοριστεί από την ανάλυση των πρώτων ψηφίων αυτού του αριθμού.



Σχήμα 8.2 – Τα δύο μέρη του κινητού τερματισμού διαδρομής κλήσης.

Η διαδρομή κλήσης συνίσταται σε δύο μέρη: το πρώτο κομμάτι βασίζεται στον κληθέντα αριθμό καταλόγου, και συνεχίζει μέχρι το σημείο όπου η πραγματική θέση του κληθέντα GSM συνδρομητή λαμβάνεται υπόψη για το υπόλοιπο της διαδρομής.

Το αρχείο HLR περιέχει στο απαραίτητες πληροφορίες για την εύρεση του τελικού προορισμού της κλήσης, δηλ., το MSC όπου ο χρήστης GSM επισκέπτεται τη συγκεκριμένη περίοδο. Κατά συνέπεια, η τελική δρομολόγηση μπορεί να γίνει μόνο μετά από την εξέταση του HLR. Αυτό χωρίζει την εγκατάσταση κλήσης σε δύο μέρη: πριν από την εξέταση, και μετά από την εξέταση. Αυτό αντιστοιχεί επίσης σε έναν σαφή διαχωρισμό της δρομολόγησης κλήσης σε δύο μέρη: από σημείο έναρξης της κλήσης στο σημείο εξέτασης, και το υπόλοιπο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 8.2.

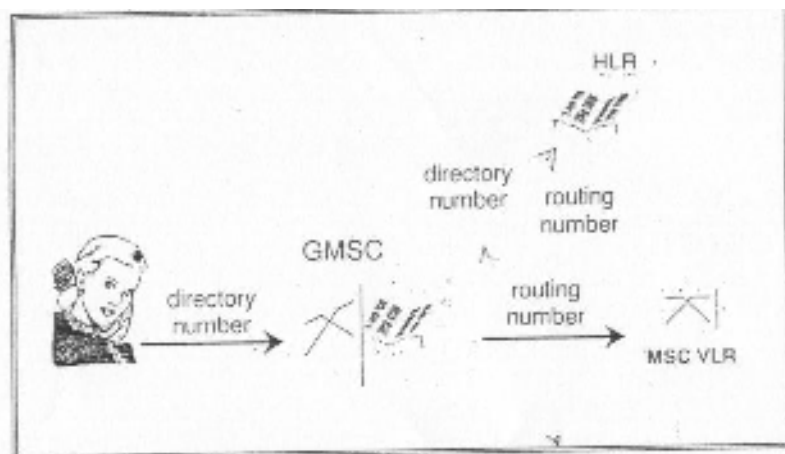
CC	NDC	subscriber number
+44	602	UK GSM number (Celnet)
+44	385	UK GSM number (Vodafone)
+44	956	UK DCS 1800 number (Mercury P.C.)
+44	973	UK DCS 1800 number (Hutchinson Microtel)
+358	40	Finnish GSM number (Telecom Finland)
+358	50	Finnish GSM number (OY Radiolinja)

Σχήμα 8.3 – Η δομή του GSM αριθμού καταλόγου

Ένα GSM “MSISDN” μοιάζει με έναν τοπικό ISDN ή PSTN αριθμό, αλλά η γνώση του «Εθνικού Κωδικού Προορισμού» (NDC) αναγνωρίζει έναν χειριστή μέσα σε μία χώρα, και όχι έναν κωδικό περιοχής. Τα πρώτα ψηφία που ακολουθούν το «NDC» χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίσουν το σχετικό HLR του συνδρομητή μέσα στο PLMN.

Αυτό που ακολουθεί ισχύει για τις κλήσεις κινητού τερματισμού, που απαιτούν την εγκατάσταση ενός κυκλώματος. Η δρομολόγηση των σύντομων μηνυμάτων κινητού

τερματισμού είναι παρόμοια, αλλά περιέχει μερικές διαφορές και θα περιγραφεί χωριστά στο τμήμα που εξετάζει τις υπηρεσίες σύντομων μηνυμάτων. Ένα άλλο σημείο είναι ότι διευκρινίζεται στο GSM ισχύει γενικά, εάν όχι μόνο, στις περιπτώσεις όπου το δεύτερο μέρος της διαδρομής περνά από το PSTN ή το ISDN και όχι από ένα packet-switched ή circuit-switched δίκτυο δεδομένων (PSPDN ή CSPDN). Μια κλήση MT που προέρχεται από αυτά τα τελευταία δίκτυα πρέπει έπειτα είτε να εισαχθεί άμεσα στο GSM Πριν φθάσει στο σημείο εξέτασης, είτε να χρησιμοποιήσει το PSTN είτε το ISDN ως δίκτυο διέλευσης. Θα περιορίσουμε έπειτα την παρουσίασή μας στις κλήσεις κυκλωμάτων MT που περιλαμβάνουν μόνο γενικά δίκτυα, όπως το PSTN, το ISDN ή το GSM.



Σχήμα 8.4 – Ο βασικός ρόλος του GMSC.

Μια κλήση κινητού τερματισμού δρομολογείται πρώτα προς ένα GMSC, π.χ., ένας διακόπτης που είναι σε θέση να εξετάσει το κινητό HLR του συνδρομητή ώστε να ξέρει που να δρομολογήσει την κλήση.

Το πρώτο μέρος της δρομολόγησης γίνεται μόνο με τις πληροφορίες που μπορούν να αντληθούν από τον κληθέντα αριθμό (το MSISDN) ανεξάρτητα από την θέση του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε. Αυτή η δρομολόγηση γίνεται όπως για οποιοδήποτε αριθμό ISDN, με τους πίνακες σε κάθε ένας από τους διακόπτες παρέμβασης. Οι πίνακες δρομολόγησης είναι κανονικά τοποθετημένοι ώστε να φθάσουν γρήγορα στο διακόπτη που είναι σε θέση να εξετάσει το αντίστοιχο HLR. Ένας τέτοιος διακόπτης δεν περιλαμβάνει μόνο το απαραίτητο λογισμικό για την εκτέλεση των διαδικασιών εξέτασης, αλλά κρατά επίσης έναν πίνακα που αφορά ένα MSISDN με το αντίστοιχο HLR. Αυτή η λειτουργία αναφέρεται ως λειτουργία

GMSC (MSC πυλών), και ο ρόλος της παρουσιάζεται στο σχήμα 8.4. Η εξέταση του HLR είναι μια απλή διαδικασία αίτησης-απάντησης όπως φαίνεται από την πλευρά του GMSC. Η απάντηση περιέχει την ταυτότητα του συνδρομητή (για λόγους τιμολόγησης), και τις πληροφορίες για το επόμενο βήμα δρομολόγησης. Αυτές οι πληροφορίες είναι βασικά ένας αριθμός δρομολόγησης, που δείχνει είτε τον κληθέντα συνδρομητή GSM στην τρέχουσα θέση του, είτε έναν τρίτο χρήστη στην περίπτωση της προώθησης κλήσης.

Αυτή η απλή περιγραφή θίγει διάφορα ενδιαφέροντα σημεία. Κατ' αρχάς, τι είναι ακριβώς ένας διακόπτης ικανός για τη λειτουργία GMSC. Δεύτερον, από πού προέρχεται ο αριθμός δρομολόγησης; Τρίτον, ποιος πληρώνει και για τι; Η τελευταία ερώτηση είναι το κλειδί στο πρώτο, οπότε ας αρχίσουμε με το ζήτημα της χρέωσης.

### ***Ποιος πληρώνει τι;***

Οι πολιτικές χρέωσης και δασμολόγησης είναι σε μεγάλο βαθμό έξω από τη σφαίρα των προδιαγραφών. Είναι ένα ζήτημα των χειριστών, που εξετάζεται στις GSM moU συνεδριάσεις. Εντούτοις, η απάντηση έχει μερικές τεχνικές συνέπειες, και αξίζει έτσι κάποια εκτίμηση. Οι αρχές χρέωσης που ακολουθούνται, έχουν εξαχθεί από τις διάφορες δημόσιες διασκέψεις των GSM moU χειριστών.

Στην περίπτωση μιας μη-προωθημένης κλήσης, δύο συμβαλλόμενα μέρη εμπλέκονται και μπορούν να χρεωθούν: το συμβαλλόμενο μέρος που έκανε την κλήση (πέστε Woldemar, ένας γερμανικός συνδρομητής του PSTN) και ο συνδρομητής GSM που δέχτηκε την κλήση (πέστε Peter, ο οποίος είναι συνδρομητής στις Κάτω Χώρες, αλλά που συμβαίνει αυτήν την περίοδο να είναι στην Ισπανία και λαμβάνει την υπηρεσία από το ισπανικό TELEFONICA δίκτυο GSM). Διάφορα δίκτυα έχουν δικαίωμα να απαιτήσουν κάποιο μέρος της δαπάνης κλήσης. Αυτά είναι το γερμανικό PSTN, η διέλευση PSTNs ή ISDNs κατά μήκος της πορείας, και το PLMN TELEFONICA που θα εγκαταστήσουν το τελικό τμήμα της πορείας. Ο Woldemar θα λάβει το λογαριασμό του από το γερμανικό PSTN, και ο Peter, εάν οποιαδήποτε δαπάνη επιβάλλεται σε αυτόν, θα χρεωθεί από το τοπικό PLMN του, δηλ., στις Κάτω Χώρες, και στο ολλανδικό νόμισμα. Τα άλλα δίκτυα δεν είναι ικανά να χρεώσουν αυτούς

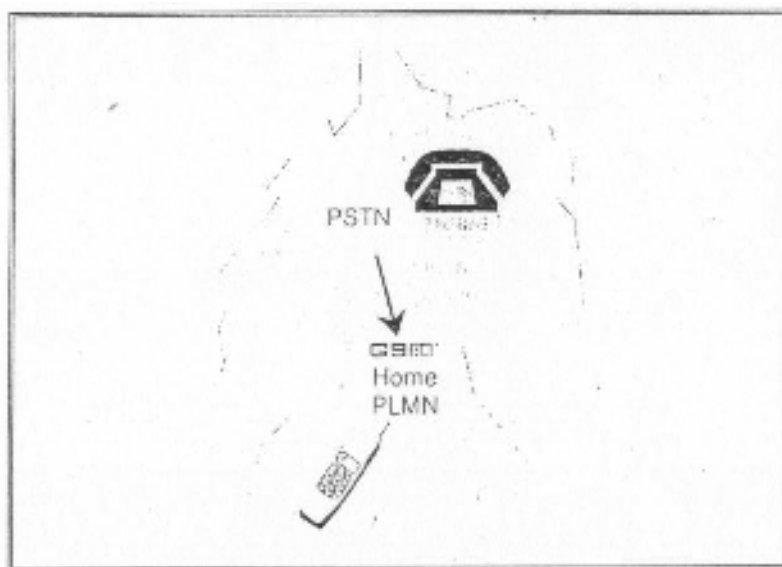
τους συνδρομητές άμεσα. Το θέμα δεν είναι έπειτα απλό, και η μεταφορά λογαριασμών μεταξύ μερικών από τα δίκτυα θα είναι απαραίτητη, καθώς επίσης και συγκεκριμένες συμφωνίες μεταξύ των χειριστών. Μερικές πρακτικές εκτιμήσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη και μερικοί κανόνες πρέπει να καθοριστούν για να απλοποιήσουν τους συνδυασμούς.

Το συνολικό κόστος μιας κλήσης εξαρτάται προφανώς από τη θέση του συνδρομητή GSM. Είναι επίσης σαφές ότι το συμβαλλόμενο μέρος που καλεί θα επιθυμούσε να ξέρει εκ των προτέρων πόσο θα χρεωθεί για την κλήση. Επιπλέον, φαίνεται ότι οι συνδρομητές GSM δεν είναι πρόθυμοι να τους καλεί οποιοσδήποτε γνωρίζοντας τη θέση τους, ακόμη και με μικρή ακρίβεια. Αυτά τα επιχειρήματα οδηγούν στην αρχή ότι η δαπάνη που επιβάλλεται στο συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, είναι ανεξάρτητη από την πραγματική θέση του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε. Αυτή η φιλοσοφία συμφωνεί με το παρόμοιο πρόβλημα μιας προωθημένης κλήσης στο PSTN: σε αυτήν την περίπτωση, στο συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, επιβάλλεται συνήθως η ίδια δαπάνη όπως όταν δεν προωθείται η κλήση, και το συμβαλλόμενο μέρος που ζήτησε την προώθηση χρεώνεται για το συμπλήρωμα.

Αυτή η αρχή αφήνει ακόμα περιθώρια για διαφορετικές λύσεις. Σε μια πρώτη ακραία λύση, το ποσοστό της δαπάνης που επιβάλλεται στο συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε κατά μέσον όρο να καλύπτει το κόστος της κλήσης, όποια και αν είναι η θέση του (και συμπεριλαμβανομένης της δαπάνης για το ράδιο-τιμήμα) και το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε δεν πληρώνει ποτέ τίποτα. Άλλη ακραία, αλλά αντίθετη, λύση συνίσταται στη χρέωση του συμβαλλόμενου μέρους που καλεί, με μόνο την ελάχιστη δαπάνη (το ελάχιστο που λαμβάνεται σε όλες τις πιθανές θέσεις του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε), και υποχρεώνει το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε, να πληρώνει συστηματικά για το υπόλοιπο του κόστους.

Αλλά η επιβολή μιας δαπάνης στο συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη, δεδομένου ότι σημαίνει την αύξηση στις δαπάνες κλήσεων που ο χρήστης μερικές φορές θα είχε προτιμήσει να μην λάβει. Στα σταθερά δίκτυα και στα περισσότερα κυψελοειδή δίκτυα σε λειτουργία σήμερα, ολόκληρη η δαπάνη υποστηρίζεται από τον συνδρομητή που καλεί (εκτός από την περίπτωση της προώθησης, όπως εξηγείται ανωτέρω). Φαίνεται έπειτα ορθή πρακτική να γίνει το

ίδιο πράγμα όταν βρίσκεται ο συνδρομητής στο τοπικό PLMN του (στο παράδειγμά μας εάν ο Peter ήταν ακόμα στις Κάτω Χώρες), δηλ. για να χρεώσει μόνο το δημιουργό της κλήσης. Αυτό θα απαιτήσει μηχανισμούς αποζημιώσεων μεταξύ των χειριστών, αλλά με έναν πιο αιτιοκρατικό τρόπο.



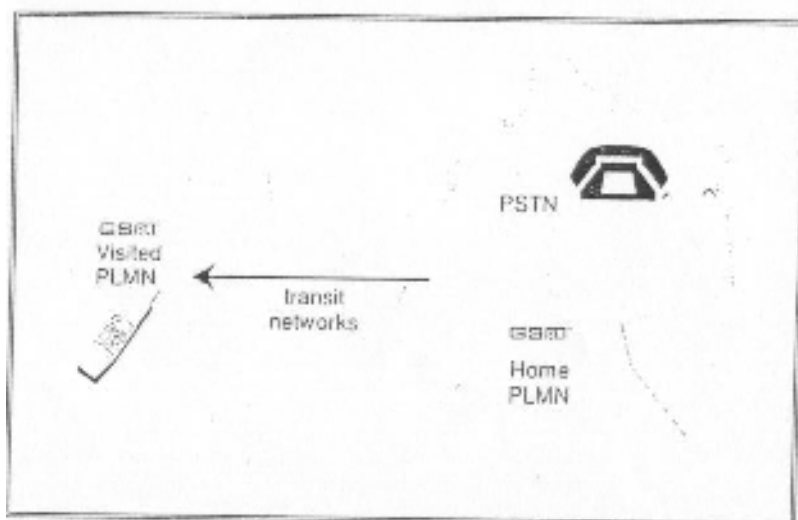
Σχήμα 8.5 – Δρομολόγηση μια κλήσης MT στο εσωτερικό μιας χώρας

Όταν ο χρήστης GSM που κλήθηκε περιπλανάτε στο τοπικό του PLMN, μια κλήση από έναν σταθερό χρήστη στην ίδια χώρα απλά δρομολογείται στο τοπικό PLMN μέσω π.χ., του PSTN.

Θεωρήστε διάφορα παραδείγματα, για να καταλάβετε καλύτερα πώς ισχύει αυτή η αρχή. Αρχίζοντας από την απλούστερη περίπτωση, δείτε τι συμβαίνει όταν ο Woldemar (που χρησιμοποιεί το PSTN) καλεί έναν Γερμανό συνδρομητή GSM, για παράδειγμα τον Frieder, ο οποίος περιπλανάτε στο τοπικό PLMN του. Το σχήμα 8.5 επεξηγεί την περίπτωση. Ο Woldemar είναι ο μόνος που χρεώνεται. Το ποσό της αποζημίωσης που πληρώνεται από το γερμανικό PSTN στο τοπικό PLMN του Frieder είναι, ενδεχομένως, ένα θέμα συμφωνίας μεταξύ των χειριστών. Φαίνεται λογικό ότι αυτή η αποζημίωση πρέπει να καλύψει τις δαπάνες σχετικά με το "ράδιο" τμήμα (MSC προς MS) το λιγότερο, και ενδεχομένως περισσότερα ανάλογα με το σημείο εισόδου στο δίκτυο GSM. Εντούτοις, δεδομένου ότι για τις κλήσεις κινητής έναρξης η κατάσταση αντιστρέφεται (η δαπάνη ανακτάται από το χειριστή GSM, ο οποίος πρέπει να δώσει κάποια χρήματα στο γερμανικό PSTN για τη δρομολόγηση της κλήσης προς τον κληθέντα χρήστη), δεν υπάρχει απαραίτητως μια θετική ροή των

χρημάτων στο τέλος του μήνα από το χειριστή του PSTN στο χειριστή GSM! Εν πάση περιπτώσει, τα γερμανικά δίκτυα τηλεπικοινωνιών εξεταζόμενα ως σύνολο δεν μπορούν να λάβουν άλλα χρήματα για μια κλήση κινητού τερματισμού από αυτά που επιβάλλονται στον χρήστη που κάλεσε από το PSTN του.

Ας προσφέρουμε ένα ταξίδι στον Frieder, ας πούμε στην Πορτογαλία, ο Woldemar σχηματίζει ακόμα τον ίδιο αριθμό για να καλέσει τον Frieder (δηλ., έναν γερμανικό αριθμό), και το σημείο ερώτησης (το GMSC) αυτόματα επανδρομολογεί την κλήση από τη Γερμανία στην Πορτογαλία, χωρίς να το γνωρίζει ο Woldemar (αρχή της εμπιστευτικότητας θέσης). Θα πρέπει έπειτα να πληρώσει τις ίδιες δαπάνες όπως στην προηγούμενη περίπτωση. Αλλά περισσότερα δίκτυα έχουν περιληφθεί στην κλήση, που περιλαμβάνει τώρα ένα διεθνές σκέλος, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.6. Οι τυποποιημένοι μηχανισμοί αποζημιώσεων μεταξύ των σταθερών δικτύων για τη διεθνή δρομολόγηση θα ισχύσουν για το γερμανικό PSTN, έτσι ώστε τα δίκτυα διέλευσης να πάρουν το μερίδιό τους. Σε τέτοιες περιπτώσεις, χρειάζεται μια πρόσθετη δαπάνη για να καλύψει το διεθνές σκέλος, και μπορεί να επιβληθεί σε κανένα άλλον πέρα από τον Frieder εάν διατηρείται η αρχή της εμπιστευτικότητας θέσης.

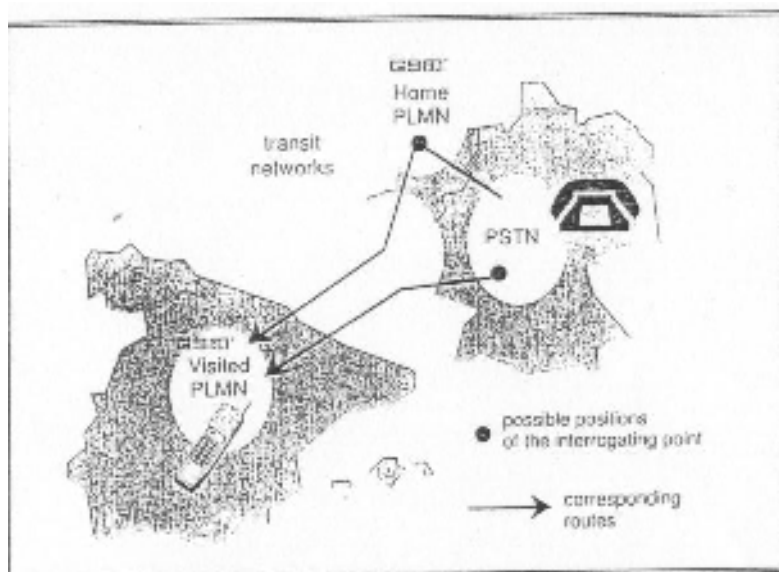


Σχήμα 8.6 – Κλήση MT προς έναν χρήστη που περιπλανάτε.

Το συμβαλλόμενο μέρος που κάλεσε δεν γνωρίζει την πραγματική θέση του κληθέντα συνδρομητή (για τον ίδιο, όλα είναι απaráλλακτα όπως στο σχήμα 8.5). Το κόστος του διεθνούς σκέλους μπορεί να σωθεί επιβάλλοντας χρέωση στον κληθέντα χρήστη GSM.



Ας πάρουμε τώρα την πιο σύνθετη περίπτωση, όπου το νέο δίκτυο, το τοπικό PLMN του κληθέντα χρήστη και το κατειλημένο PLMN είναι όλα ενδεχομένως σε διαφορετικές χώρες. Αυτό αντιστοιχεί στο αρχικό παράδειγμά μας, όταν ο Woldemar κάλεσε τον Peter (συνδρομητής GSM των Κάτω Χωρών), και ο ίδιος περιπλανιόταν στην Ισπανία. Σε αυτήν την περίπτωση, ο Woldemar σχηματίζει έναν διεθνή αριθμό αρχίζοντας από 31 (ο κωδικός χώρας για τις Κάτω Χώρες), και υπό αυτήν τη μορφή προετοιμάζεται για να πληρώσει το κόστος μιας διεθνούς κλήσης προς τις Κάτω Χώρες, και ενδεχομένως λίγο περισσότερο εάν ξέρει ότι ο αριθμός που καλεί είναι ένας από έναν κινητό συνδρομητή (και εάν το γερμανικό PSTN ξέρει επίσης αυτές τις πληροφορίες, οι οποίες δεν είναι κατά πολύ προφανείς). Ανάλογα με τη θέση του σημείου εξέτασης (το GMSC είναι σε θέση να εξετάσει το HLR του Peter στις Κάτω Χώρες για να ξέρει που βρίσκεται), η κλήση μπορεί να δοκιμάσει ένα ή περισσότερα διεθνή σκέλη, όπως φαίνεται στο σχήμα 8.7. Εκτός από το γερμανικό PSTN, το οποίο παίρνει τα χρήματα από τον Woldemar, το τοπικό PLMN του Peter μπορεί να τον χρεώσει για κάποιο ποσό που συνδέεται με την τρέχουσα θέση του, αλλά είναι το GMSC που φυλάσσει τις σχετικές πληροφορίες για το κόστος χρέωσης του δεύτερου τμήματος της κλήσης (από GMSC σε VMSC). Όσον αφορά στα άλλα δίκτυα μέσω των οποίων δρομολογείται η κλήση (συμπεριλαμβανομένου του κατειλημένου PLMN), πρέπει να πάρουν κάποια αποζημίωση για τις δαπάνες που ανέλαβαν.



Σχήμα 8.7 – Κλήση MT μεταξύ τριών χωρών

Η κλήση μπορεί να δρομολογηθεί μέσω ενός ή περισσότερων διεθνών σκελών, χωρίς να το ξέρει ο χρήστη που καλεί, πράγμα που εξαρτάται από τη θέση του σημείου εξέτασης.

Όλη τα παραπάνω οδηγούν προφανώς σε σύνθετους μηχανισμούς μεταφοράς. Το GMSC εμφανίζεται ως σημαντικός συμμετέχων, και το δίκτυο στο οποίο ανήκει επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την πολυπλοκότητα του προβλήματος. Στην πραγματικότητα τα πράγματα μπορούν να απλοποιηθούν εάν γινόντουσαν κάποιες επιλογές σχετικά με τη θέση του GMSC. Ας εξετάσουμε αυτό το ζήτημα λεπτομερέστερα.

### ***Η λειτουργία GMSC***

Η λειτουργία GMSC απαιτεί μόνο μια ικανότητα μετατροπής, και το ειδικό λογισμικό (συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας να εγκατασταθεί ένα εισιτήριο φόρου για το δεύτερο κλάδο της κλήσης). Πρέπει να κρατήσει μια σύνδεση πινάκων MSISDNs με HLRs. Δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο ο πίνακας πρέπει να είναι πλήρης. Πράγματι, ένα δεδομένο GMSC μπορεί να εκπληρώσει τη λειτουργία του, μόνο για τους συνδρομητές κάποιων τοπικών PLMNs, ή ακόμα και για ένα μόνο τοπικό PLMN. Όπως θα δούμε, μια απλοποίηση θα είναι να αντιστοιχούν τα GMSCs σε ένα συγκεκριμένο PLMN.

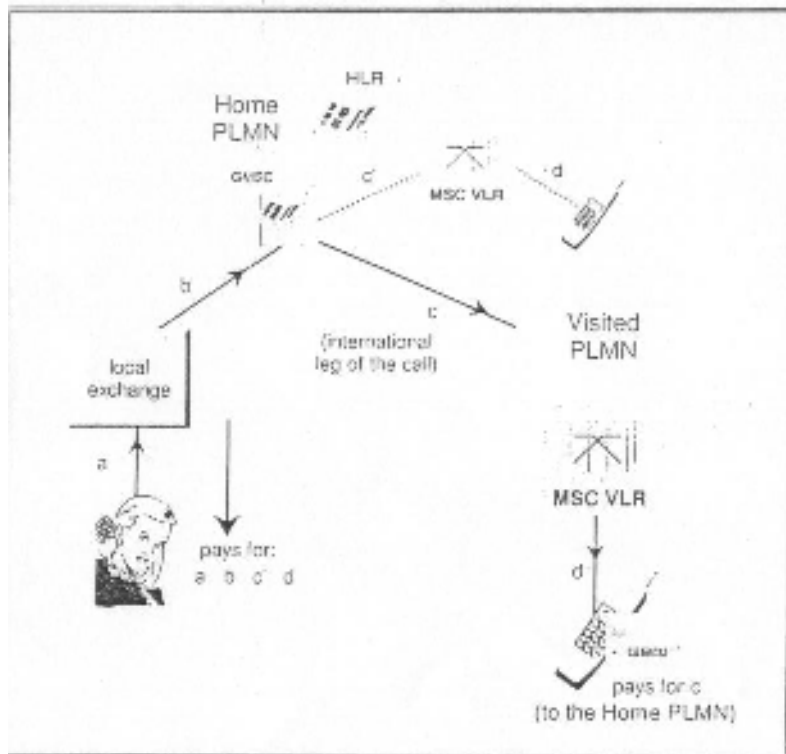
Από τη φύση της η λειτουργία GMSC είναι ανεξάρτητη από τη λειτουργία ράδιο-πρόσβασης, που παρέχεται από ένα PLMN. και μπορεί να υλοποιηθεί ως μέρος ενός δικτύου μέσω του οποίου δρομολογείται η κλήση, χαρακτηριστικά το PSTN ή το ISDN. Όπως διευκρινίζεται στις *προδιαγραφές*, η λειτουργία GMSC μπορεί να υλοποιηθεί σε οποιονδήποτε διακόπτη του PSTN, του ISDN, ή να συνδεθεί άμεσα με εκείνα τα δίκτυα. Από την πλευρά των υπηρεσιών, όσο μεγαλύτερη η πυκνότητα των GMSCs τόσο καλύτερα. Πράγματι, όσο πιο κοντά το σημείο εξέτασης στο συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, τόσο αποδοτικότερη είναι η δρομολόγηση. Η επιτομή του τι πρέπει να αποφευχθεί είναι αυτό που ονομάζεται στην τεχνική επαγγελματική γλώσσα «trombone», δηλαδή η περίπτωση όπου ο δεύτερος κλάδος

αρχίζει με την αντιστροφή της πορείας του πρώτου κλάδου. Αυτό είναι προφανώς μη αποδοτικό, και αποτρέπεται εάν τα GMSCs είναι παντού.

Αυτή η ιδανική άποψη δεν είναι τόσο ιδανική εάν λάβουμε υπόψη τις εκτιμήσεις χρέωσης. Το αρχείο χρέωσης, που καθιερώνεται από το GMSC καλύπτει το δεύτερο τμήμα της κλήσης (από GMSC στο συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε). Αυτό το αρχείο πρέπει να μεταφερθεί προς το τοπικό PLMN του κληθέντα συνδρομητή, προκειμένου να τον χρεώσει το ποσό που δεν καλύπτεται από τη σταθερή δαπάνη του συνδρομητή που κάλεσε. Ένα πρώτο πρόβλημα είναι ότι αυτή η μεταφορά των αρχείων χρέωσης πρέπει να οργανωθεί με όλα τα τοπικά PLMNs για τα οποία το GMSC είναι σε θέση να εξετάσει το HLR. Ένα δεύτερο πρόβλημα είναι ότι ο μηχανισμός χρέωσης για το δεύτερο κλάδο εξαρτάται από τη θέση του GMSC. Εάν το GMSC δεν είναι στην χώρα του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε, ένα μέρος της δαπάνης για το δεύτερο κλάδο μπορεί να πρέπει να πάει στο συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, εάν θέλουμε να ακολουθήσουμε τις αρχές, που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο τμήμα. Μια σημαντική απλοποίηση για τη χρέωση της διαχείρισης εξασφαλίζεται εάν το πρώτο σκέλος χρεώνεται πάντα στο συμβαλλόμενο μέρος που καλεί και ο δεύτερος κλάδος χρεώνεται πάντα στο συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε. Τώρα, η εφαρμογή αυτής της αρχής είναι σε αντίφαση με την αναζήτηση μιας αποδοτικής δρομολόγησης. Όπως εξηγείται στις προηγούμενες παραγράφους, σε μια διαμόρφωση δικτύων που βελτιστοποιείται για τη δρομολόγηση, πρέπει πάντα να υπάρχει ένα GMSC κοντά στον χρήστη που καλεί, για το οποίο ο χρήστης δεν θα πλήρωνε, π.χ., τη διεθνή πορεία εάν ο χρήστης που κλήθηκε είναι αλλοδαπός. Για να λυθεί αυτό το δίλημμα, η επιλογή έγινε υπέρ της απλούστευσης της λογιστικής διαδικασίας, και για να παραμεριστεί η αποδοτικότητα δρομολόγησης. Για να επιτύχει αυτόν τον στόχο η λειτουργία εξέτασης για τους συνδρομητές ενός συγκεκριμένου PLMN, εκτελείται μόνο από τους διακόπτες αυτού του PLMN. Το GMSC είναι πάντα στο τοπικό PLMN (και ως εκ τούτου στην χώρα του τοπικού PLMN), και τα δύο τμήματα της κλήσης μπορούν να εξεταστούν ως «από το συμβαλλόμενο μέρος που καλεί στο τοπικό PLMN», και «από το τοπικό PLMN στο κατηλευμένο PLMN», και το κάθε ένα χρεώνεται στο τέλος της διαδρομής. Οι αρχές που προκύπτουν από τα παραπάνω εμφανίζονται στο σχήμα 3.8.

Ας εξετάσουμε τις συνέπειες αυτής της προσέγγισης. Εάν το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε είναι στο τοπικό PLMN του (ο Peter είναι στις Κάτω Χώρες), ο δεύτερος κλάδος της κλήσης μειώνεται σε ένα ελάχιστο, και αυτό είναι συνεπές με να μη επιβολή χρέωσης στον κληθέντα χρήστη σε αυτήν την περίπτωση (ο Woldemar καταβάλλει ολόκληρο το ποσό, και ο Peter δεν χρεώνεται). Αντιθέτως, όταν το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε περιπλανάτε στο εξωτερικό (ο Peter είναι στην Ισπανία), θα πληρώσει για το διεθνές σκέλος μεταξύ του τοπικού PLMN του και στην πραγματική του θέση. Αυτό δεν προκαλεί πρόβλημα αποδοχής, επειδή αυτός ο κανόνας είναι απλός να κατανοηθεί, και η δαπάνη είναι εύκολο να προβλεφθεί (συνίσταται στην τιμή μιας διεθνούς κλήσης μεταξύ της χώρας του τοπικού PLMN και της χώρας στην οποία προορίζεται η κλήση). Επιπλέον, ένας συνδρομητής GSM έχει τη δυνατότητα να ζητήσει να μην ολοκληρωθούν οι εισερχόμενες κλήσεις όταν περιπλανάτε στο εξωτερικό. Για να το κάνει αυτό, πρέπει να ενεργοποιήσει τη συμπληρωματική υπηρεσία «Φραγή των εισερχόμενων κλήσεων κατά την περιπλάνηση έξω από την χώρα του τοπικού PLMN» (BIC-roam).

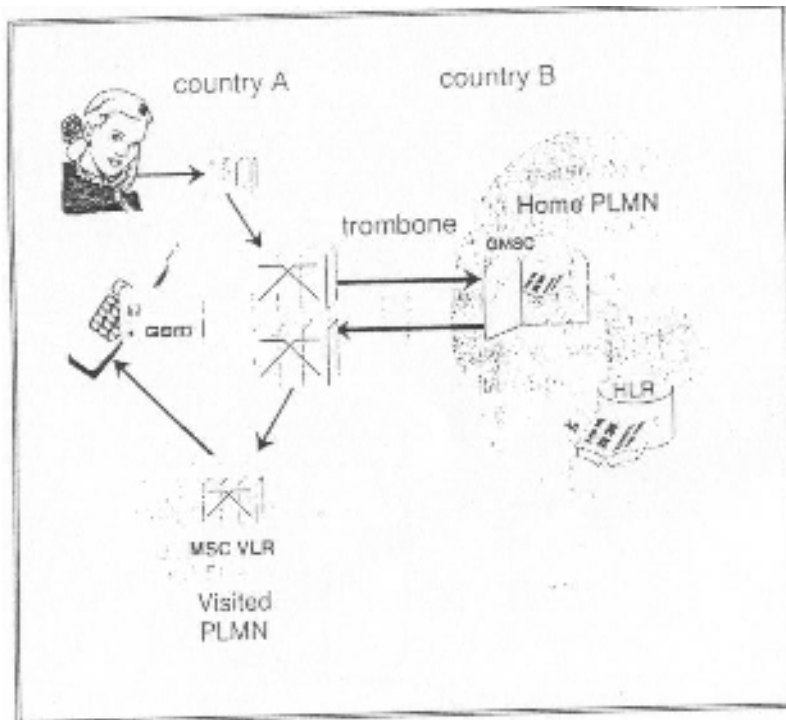
Η μεταφορά δαπανών κλήσης απλοποιείται πολύ. Το ίδιο δίκτυο (το τοπικό PLMN του κληθέντα συνδρομητή) παράγει τις πληροφορίες χρέωσης σχετικά με το δεύτερο κομμάτι της διαδρομής, συλλέγει, εάν υπάρχουν, τις αντίστοιχες δαπάνες από το συνδρομητή του, και λαμβάνει το τιμολόγιο των άλλων παρεμβαλλομένων δικτύων κατά μήκος της διαδρομής κλήσης, για την αποζημίωση.



Σχήμα 3.8 – Αρχές χρέωσης κλήσεων κινητού τερματισμού

Οι αρχές χρέωσης που διασφαλίζονται από τους χειριστές GSM MoU βασίζονται στην παρακάτω αρχή: ο δημιουργός της κλήσης χρεώνεται όπως ο κληθέντας χρήστης GSM στο τοπικό του PLMN.

Το μόνο πρόβλημα με αυτήν την προσέγγιση είναι ότι δεν μειώνεται το «tromboning». Η βελτιστοποίηση της δρομολόγησης μπορεί ακόμα να επιτευχθεί σε εθνική βάση, εάν η πυκνότητα GMSCs είναι υψηλή, αλλά αυτό δεν είναι δυνατό όταν χρήστης που καλεί και το τοπικό PLMN είναι σε διαφορετικές χώρες. Η έλλειψη αποδοτικότητας είναι προφανής όταν ο συνδρομητής GSM που κλήθηκε, περιπλανάτε σε μια ξένη χώρα (A) και καλείται από κάποιον από τη χώρα A, ενδεχομένως μερικά μόνο μέτρα μακριά. Κατόπιν η κλήση δρομολογείται στην χώρα του τοπικού PLMN και πίσω στην αφετηρία, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9. Έπειτα δύο διεθνείς κλήσεις εγκαθίστανται ενώ μια τοπική διαδρομή θα ήταν ικανοποιητική (αυτό είναι το πρόβλημα του «tromboning»). Οι δύο διεθνείς κλήσεις πληρώνονται (μία από το συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, και η άλλη από το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε), και μόνο σε έναν μικρό αριθμό περιπτώσεων ο χρήστης που καλεί θα κατανοήσει την πραγματική κατάσταση, δεδομένου ότι παραμένει απληροφόρητος της θέσης του κληθέντα χρήστη εάν ο τελευταίος δεν του το πει ρητά.



Σχήμα 3.9 – Το φαινόμενο «tromboning»

Όταν ο δημιουργός μιας κλήσης και ο κινητός συνδρομητής συμβαίνει να είναι κοντά γεωγραφικά, ένα «trombone» μπορεί να εμφανιστεί στη δρομολόγηση της κλήσης όταν το τοπικό PLMN του κινητού συνδρομητή είναι σε άλλη χώρα. Συνίσταται στη δρομολόγηση της κλήσης μπρος και πίσω ανάμεσα στις δύο χώρες, οδηγώντας σε δύο διεθνή σκέλη αντί μιας εθνικής (ή ακόμα και τοπικής) κλήσης.

Φυσικά, το παράδειγμα που παρουσιάζεται αντιπροσωπεύει μια ακραία και αρκετά οριακή περίπτωση. Εάν και οι δύο χρήστες κατανοούν την κατάσταση, μπορούν και οι δύο να μειώσουν τους λογαριασμούς εάν αναγκάσουν τον κινητό χρήστη να τερματίσει άμεσα την κλήση, και να την ξαναρχίσει από εκεί που τελείωσε, δεδομένου ότι όλα τα προβλήματα της θέσης των συνδρομητών μεταξύ του κινητού χρήστη και του σταθερού χρήστη, δεν υπάρχουν. Πιο γενικά, η έλλειψη αποδοτικότητας (και επομένως το επιπλέον κόστος) σε ορισμένες καταστάσεις, όπως αυτή που περιγράφεται, αντιπροσωπεύει την τιμή που πρέπει να πληρώσει κάποιος, για την εμπιστευτικότητα θέσης σε ένα διεθνές περιβάλλον όπου η χρέωση και η λογιστική είναι ένα σύνθετο και περιοριστικό ζήτημα.

Για να ολοκληρώσουμε αυτήν την μακροχρόνια συζήτηση, ας θυμηθούμε το αποτέλεσμα: η λειτουργία GMSC, παρόλο που σχεδιάστηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί με έναν πολύπλευρο τρόπο, θα είναι τουλάχιστον στα πρώτα έτη του GSM, πάντα τοποθετημένο στην ίδια θέση με ένα MSC, και θα περιορίζεται στην εξέταση των HLRs μέσα στο ίδιο PLMN.

### ***Από πού προέρχονται οι πληροφορίες δρομολόγησης;***

Η απάντηση στην ερώτηση από πού προέρχονται οι πληροφορίες δρομολόγησης, συνδέεται έντονα με το πώς οι αναγνωρίζονται οι συνδρομητές στο GSM, καθώς επίσης και στο ISDN και το PSTN, για λόγους δρομολόγησης. Έχουμε αντιμετωπίσει ήδη το MSISDN, το οποίο είναι ο «αριθμός καταλόγου» που χρησιμοποιείται για να καλέσει τους συνδρομητές GSM. Το MSISDN είναι μέρος του σχεδίου αρίθμησης E. 164. Επίσης μέρος αυτού του σχεδίου αρίθμησης είναι το MSRN, ή αριθμός περιπλάνησης κινητών σταθμών, ο οποίος είναι ο αριθμός δρομολόγησης (δείτε τη σελίδα βιβλίου 512) που χρησιμοποιείται στο δεύτερο σκέλος μιας εισερχόμενης κλήσης μεταξύ του GMSC στο κατειλημμένο MSC. Το MSRN δεν είναι ορατό στους χρήστες GSM ή στα συμβαλλόμενα μέρη που καλούν, αλλά χρησιμοποιείται απλώς μεταξύ των μηχανών υποδομής. Δεν διατίθεται μόνιμα σε έναν συνδρομητή, και είναι γεωγραφικά ενσωματωμένο στο σχέδιο αρίθμησης των σταθερών δικτύων, δεδομένου ότι ο σκοπός του είναι η δρομολόγηση προς το κατειλημμένο MSC.

Ένας τρίτος τύπος ταυτότητας, που εισάγεται στο κεφάλαιο 7, είναι το IMSI, το οποίο χρησιμοποιείται ως το κύριο κλειδί συνδρομητών στις βάσεις δεδομένων θέσης του GSM. Τόσο το MSISDN όσο και το IMSI περιέχουν ένα στοιχείο αναγνώρισης της χώρας και του δικτύου μέσα σε αυτήν την χώρα. Ο πίνακας 3.1 (στο πίσω φύλλο) δίνει μερικά παραδείγματα της αντιστοιχίας μεταξύ του «κωδικού χώρας» (CC) των διεθνών αριθμών τηλεφώνων (ή ISDN) και του «κινητού κωδικού χώρας» (MCC) του IMSI.

Το πρόβλημα είναι τώρα πώς το GMSC θα κάνει το MSRN να δείξει στο MSC που βρίσκεται ο συνδρομητής. Η μέθοδος με την οποία το σύστημα καθόρισε αρχικά τη

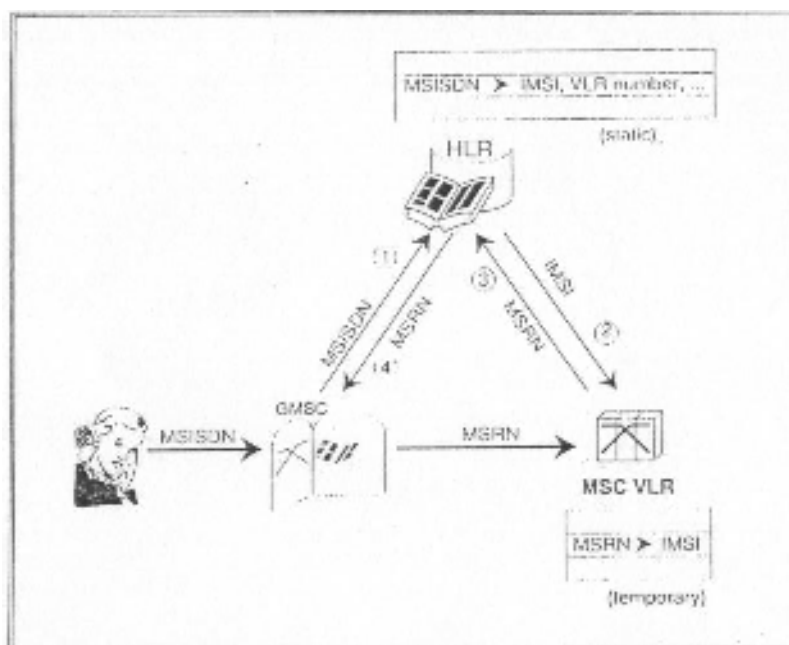
θέση κάθε συνδρομητή έχει μελετηθεί λεπτομερώς στο κεφάλαιο 7. Για να συνοψίσουμε, τα HLR αποθηκεύουν μέσα σε κάθε αρχείο συνδρομητή κάποιες πληροφορίες θέσης, που περιλαμβάνουν τουλάχιστον μια διεύθυνση του κατειλημμένου MSC/VLR, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη SS7 σηματοδότηση. Το αρχείο HLR μπορεί επίσης να περιλάβει ένα MSRN χρήσιμο για τη δρομολόγηση του δεύτερου κλάδου της κλήσης, εάν το κατειλημμένο MSC/VLR έχει εξασφαλίσει έναν τέτοιο αριθμό περιπλάνησης κατά την ενημέρωση των πληροφοριών θέσης στο HLR. Σε αυτήν την περίπτωση η απάντηση στην εξέταση μπορεί να δοθεί εύκολα, αλλά όταν το αρχείο περιορίζεται στην κατειλημμένη διεύθυνση MSC/VLR, το HLR πρέπει να εξετάσει πρώτα (χρησιμοποιώντας αυτήν την διεύθυνση) το κατειλημμένο MSC/VLR για να πάρει τις πληροφορίες δρομολόγησης. Η ροή των πληροφοριών παρουσιάζεται στο σχήμα 3.10. Κατά τη λήψη του μηνύματος, το κατειλημμένο MSC/VLR επιλέγει τον αριθμό περιπλάνησης από μια ομάδα ελεύθερων αριθμών, και τον συνδέει προσωρινά με το IMSI. Όταν η κλήση φθάνει τελικά στο κατειλημμένο MSC, χρησιμοποιώντας τον αριθμό περιπλάνησης ως διεύθυνση, το MSC μπορεί να ανακτήσει το IMSI από τα αρχεία του, και μπορεί να προχωρήσει με την εγκατάσταση της κλήσης προς τον κινητό σταθμό. Ο αριθμός περιπλάνησης μπορεί έπειτα να ελευθερωθεί μόλις εγκατασταθεί πλήρως η κλήση.

<b>Χώρα</b>	<b>CC</b>	<b>MCC</b>
Δανία	45	23X
Φινλανδία	358	244
Γαλλία	33	208
Γερμανία	4 <sup>c</sup> )	262
Ιταλία	39	
Ολλανδία	31	204
Νορβηγία	47	242
Πορτογαλία	351	268
Ισπανία	34	214
Σουηδία	46	240
Ελβετία	41	228
Μεγάλη Βρετανία	44	234



Πίνακας 3.1 – Αντιστοιχία μεταξύ CC και MCC για μερικές Ευρωπαϊκές χώρες.

Τα δύο σενάρια για την παροχή MSRN (διαθέσιμου συνεχώς στο HLR ή παρεχόμενος από εξέταση σε κάθε εισερχόμενη κλήση) προκάλεσαν μια μεγάλη συζήτηση στις επιτροπές προδιαγραφών. Το ζήτημα τώρα διευθετείται υπέρ της παροχής MSRN σε μια κλήση σε μια βάση κλήσης, αν και οι δύο λύσεις εμφανίζονται ακόμα στη φάση 1 των προδιαγραφών. Ένα από τα θεμελιώδη επιχειρήματα είναι η κατανάλωση αριθμών καταλόγου. Αν το MSRN διατίθεται σε έναν συνδρομητή καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής του στο VMSC, η ποσότητα των αριθμών που διατηρούνται για αυτόν το λόγο σε κάθε MSC πρέπει να είναι ίση με τον αριθμό των συνδρομητών που μπορούν να εγγραφούν συγχρόνως σε αυτό το MSC. Συγκριτικά, η διάθεση κλήση προς κλήση απαιτεί μια ποσότητα αριθμών που είναι περίπου ίση με τον αριθμό ταυτόχρονων εγκαταστάσεων κλήσεων από το MSC, μια πολύ μικρότερη αξία. Αυτό το πλεονέκτημα ενισχύεται όταν λαμβάνεται υπόψη το πρόβλημα των πολλαπλών υπηρεσιών (δείτε το επόμενο τμήμα). Παρακάτω, εξετάζεται μόνο η διάθεση κλήση προς κλήση του MSRN.



Σχήμα – 3.10 Η πρόβλεψη του MSRN

Το HLR απαιτεί τη θέση επίσκεψης του καταχωρητή για να παρέχει ένα MSRN το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να δρομολογήσει μια εισερχόμενη κλήση προς το σωστό MSC.

### ***Το πρόβλημα της πολλαπλής υπηρεσίας***

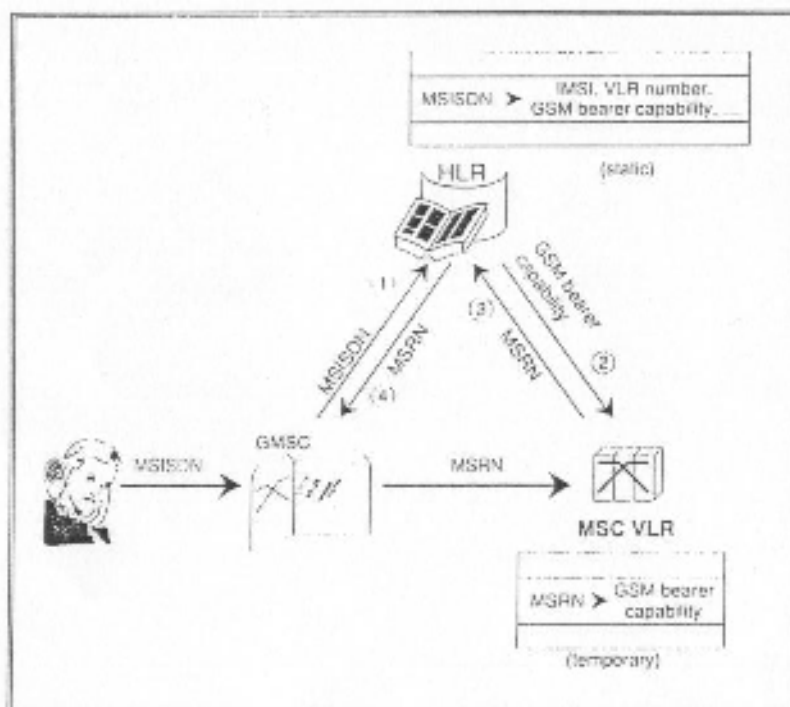
Το GSM σχεδιάζεται για να παρέχει διαφορετικές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Οι περισσότερες από αυτές όπως η ομιλία, το fax, ή οι υπηρεσίες φορέων δεδομένων, μπορούν να παρασχεθούν μέσω του PSTN ή του ISDN. Ένας κινητός σταθμός GSM, ή ένα τερματικό ISDN, σχεδιάζεται έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να προσδιορίσει ποια υπηρεσία, μεταξύ των υποστηριζόμενων, χρειάζεται. Αυτό δεν είναι τόσο εύκολο για ένα συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, που χρησιμοποιεί μια γραμμή πρόσβασης του PSTN. Το πρόβλημα είναι παραδείγματος χάριν πώς να κάνει το δίκτυο να καταλάβει ότι ζητείται μια κλήση fax αντί μιας λεκτικής κλήσης; Επιπλέον, ακόμα κι αν οι πληροφορίες παρέχονται από ένα GSM ή ένα ISDN συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, ένα PSTN που παρεμβάλετε, είναι ανέκδοτο να το μεταφέρει. Το πρόβλημα υπάρχει εάν οποιοδήποτε μέρος της διαδρομής είναι μέσω του PSTN.

Μια λύση υπάρχει εάν ο πρώτος κλάδος δεν περιλαμβάνει οποιοδήποτε αναλογικό τμήμα του PSTN. Αυτό ισχύει εάν η κλήση εξέρχεται από το GSM ή από το ISDN, και εάν το GMSC μπορεί να παραδοθεί μέσω του ISDN χρησιμοποιώντας SS7. Κατόπιν οι πληροφορίες μπορούν να μεταφερθούν μέχρι το GMSC, και από έπειτα προς το HLR, και από εκεί στο VMSC (που ουσιαστικά παρακάμπτει μια πιθανή μετάβαση του δεύτερου κλάδου μέσω του PSTN).

Το πρόβλημα παραμένει όταν η μόνη πληροφορία που παραλαμβάνεται από το GMSC είναι ο καλούμενος αριθμός (το MSISDN). Δύο λύσεις της γενικής εφαρμογής έχουν τεθεί προς συζήτηση, και αποτελούν θέμα εντατικών συζητήσεων. Η πρώτη λύση συνίσταται στο να αφήσει την υπηρεσία να επιλεγεί από το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε. Το μήνυμα που θέτει την κλήση από το δίκτυο στον κινητό σταθμό δεν διευκρινίζει την υπηρεσία, και ο κινητός σταθμός σε αντάλλαγμα, την υποδεικνύει. Αυτή η λύση επιβάλλει την απαίτηση ότι η υπηρεσία τίθεται από το χρήστη στον κινητό σταθμό πριν από την πραγματική έναρξη της

επικοινωνίας. Ένα χαρακτηριστικό σενάριο για να σταλεί ένα fax σε έναν συνδρομητή GSM είναι έπειτα, πρώτα να του τηλεφωνήσει (λεκτική επικοινωνία), ζητώντας του να ρυθμίσει τον κινητό σταθμό έτσι ώστε η επόμενη κλήση να αντιμετωπιστεί ως κλήση fax. Κατόπιν να κλείσει το τηλέφωνο και να επαναλάβει την κλήση για να εγκατασταθεί η κλήση fax.

Αυτή η λύση ασκεί ελάχιστη επίδραση στο δίκτυο, αλλά δεν είναι πολύ βολική για τους χρήστες. Για αυτό μια εναλλακτική λύση προτάθηκε, η οποία συνίσταται στην παροχή σε ένα συνδρομητή GSM τόσων MSISDNs όσες είναι οι υπηρεσίες για τις οποίες επιθυμεί να λάβει τις εισερχόμενες κλήσεις (παραδείγματος χάριν ένας λεκτικός αριθμός και ένας αριθμός fax). Η υπηρεσία μπορεί έπειτα να επιλεγεί από το συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, με τη χρησιμοποίηση του σωστού αριθμού. Η σχέση μεταξύ των αριθμών και των υπηρεσιών κρατιέται στο HLR. Το επόμενο ζήτημα είναι να μεταβιβαστούν οι πληροφορίες στο VMSC. Αυτό γίνεται απλά στη διαδικασία που χρησιμοποιείται για να ληφθεί ο αριθμός περιπλάνησης, ο οποίος επιτρέπει άλλη μια φορά να παρακαμφτούν τα δίκτυα που επεμβαίνουν μεταξύ του GMSC και του MSC/VLR. Το HLR στέλνει την αναφορά της απαιτούμενης υπηρεσίας στο MSC, το οποίο την αποθηκεύει αντί του παρεχόμενου αριθμού περιπλάνησης. Όταν τελικά μια κλήση με αυτόν τον αριθμό περιπλάνησης φθάνει στο VMSC, συνεχίζει με την εγκατάσταση κλήσης για την απαιτούμενη υπηρεσία. Αυτό το σχέδιο παρουσιάζεται στο σχήμα 3.11. Μόνο μειονέκτημα αυτής της λύσης είναι η κατανάλωση αριθμών καταλόγου για τα MSISDNs, το οποίο μπορεί να είναι μη αποδεκτό σε μερικές χώρες. Αφ' ετέρου, επιτρέπει την παροχή υπηρεσίας μάλλον καλύτερα από αυτή με την οποία οι συνδρομητές του PSTN είναι εξοικειωμένοι.



Σχήμα 3.11 – Δρομολόγηση πληροφοριών υπηρεσιών.

Όταν μια εισερχόμενη κλήση φθάνει από το PSTN, ο μόνος τρόπος για να διαβιβαστεί η πληροφορία στην υπηρεσία (βασισμένη στον κληθέντα αριθμό καταλόγου) είναι να φέρει μια περιγραφή υπηρεσίας (δυνατότητα) μεταξύ του HLR και του κατειλημμένου MSC/VLR.

Και τα δύο σχέδια που παρέχονται πρέπει να υποστηριχθούν από όλα τα MSC/VLRs. Η επιλογή του σχεδίου γίνεται από το τοπικό PLMN του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε. Όταν δεν παρέχεται καμία πληροφορία υπηρεσιών από το HLR, το MSC/VLR μπορεί είτε να επιλέξει την υπηρεσία είτε να αφήσει τον κινητό σταθμό να αποφασίσει. Η πρώτη προσέγγιση είναι αποδεκτή μόνο στην περίπτωση που η συνδρομή περιορίζεται σε μια υπηρεσία.

### **Υπηρεσίες δεδομένων**

Οι κλήσεις που προέρχονται από ένα PSPDN ή ένα CSPDN και κατευθύνονται προς έναν συνδρομητή GSM εγείρουν συγκεκριμένα προβλήματα. Το σημαντικότερο ζήτημα σχετίζεται με την αρίθμηση. Ενώ το PSTN, το ISDN και το GSM χρησιμοποιούν τους αριθμούς E.164, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων (PDNs) χρησιμοποιούν ένα διαφορετικό σχέδιο αρίθμησης, που καθορίζεται από το CCITT

Rec. X. 121. Το GSM και το ISDN επιτρέπουν τις κλήσεις κινητής προέλευσης που διευθυνσιοδοτούνται από τους X.121 αριθμούς, αλλά η υποστήριξη των αριθμών E.164 από τα PDNs θα γίνει υποχρεωτική σε μερικά έτη (αυτό προγραμματίζεται για στην αρχή του 1997). Διάφορες περιπτώσεις μπορούν να προβλεφθούν.

Σε έναν συνδρομητής GSM μπορεί να δοθεί ένας X.121 αριθμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για να τον καλούν από PDNs. Αυτός ο αριθμός πρέπει να διατεθεί έτσι ώστε τα PDNs να δρομολογούν τις κλήσεις προς το GSM. Αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί με τον καθορισμό ενός GSM PLMN ως «PDN», ουσιαστικά με τη διάθεση ενός κώδικα δεδομένων δικτύου στο GSM PLMN που χρησιμοποιείται ως πρώτο μέρος του X. 121 αριθμού των συνδρομητών του. Η κλήση δρομολογείται μέσω PDNs άμεσα σε μια εσωτερική λειτουργία του στόχου PLMN, το οποίο ενεργεί ως GMSC. Η περιπλάνηση μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρησιμοποίηση διαδρομών ISDN/PSTN. Πρέπει να σημειωθεί εντούτοις ότι εάν ο καλούμενος χρήστης GSM εξυπηρετείται από το τοπικό του PLMN, μπορεί να στηθεί ένα κύκλωμα χωρίς ακουστικούς αποδιαμορφωτές, ενώ τέτοιοι αποδιαμορφωτές μπορούν να είναι απαραίτητοι εάν οι απαιτήσεις περιπλάνησης αναγκάζουν την κλήση να διαβιβαστεί μέσω του PSTN.

Μια παραλλαγή συνίσταται στον καθορισμό των PDNs και του PLMN ως τμήματα του ISDN. Ο κώδικας δεδομένων δικτύου αναφέρεται έπειτα στο ISDN, και οι κλήσεις δρομολογούνται πρώτα στο ISDN (και ακριβέστερα σε έναν χειριστή πακέτων στην περίπτωση μιας κλήσης από ένα PSPDN), που πρέπει να μεταφράσει έπειτα τον X.121 αριθμό σε έναν αριθμό E.164 για τη δρομολόγηση της κλήσης σε οποιοδήποτε GMSC προς το στόχο PLMN και έπειτα στο κατάλληλα MSC/IWF. Έτσι η περιπλάνηση αντιμετωπίζεται κανονικά. Το ISDN καθορίζει εάν θα χρησιμοποιηθούν οι ακουστικοί αποδιαμορφωτές ή όχι. Αυτός ο προσδιορισμός μπορεί να είναι δύσκολος όταν ο χρήστης περιπλανάτε, και η λύση προεπιλογής είναι να χρησιμοποιηθούν οι ακουστικοί αποδιαμορφωτές.

Μια άλλη περίπτωση είναι όταν το PDN υποστηρίζει αριθμούς E.164. Η δρομολόγηση εξαρτάται από την ικανότητα του PDN να προσδιορίσει ότι ο αριθμός αναφέρεται σε έναν χρήστη GSM. Η βασική υπόθεση είναι ότι δεν μπορεί να το προσδιορίσει, και η κλήση δρομολογείται στο ISDN, το οποίο θα την δρομολογήσει

έπειτα σε ένα κατάλληλο GMSC. Εάν το PDN μπορεί να αναλύσει περαιτέρω τον αριθμό, η διαδρομή μπορεί να δρομολογηθεί μέσω των PDNs άμεσα σε ένα IWF που μπορεί να ενεργήσει ως GMSC.

Δεν προβλέπεται η ύπαρξη μιας λειτουργία εξέτασης HLR στη μέση του σκέλους PDN. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα αποφευχθούν οι tromboning διαδρομές. Αυτό δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα, δεδομένου ότι έχουμε δει ότι αυτό θα έσωζε μόνο ένα μέρος της διαδρομής στο εσωτερικό της χώρας.

### ***Ο αντίκτυπος της προώθησης κλήσης***

Η κατηγορία συμπληρωματικών υπηρεσιών που έχουν τη μέγιστη επιρροή στην δρομολόγηση κλήσεων είναι οι υπηρεσίες προώθησης. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι που μπορούν να οδηγήσουν την υποδομή να προωθήσει μια κλήση και η διαδικασία διαφέρει αναλόγως. Υπάρχουν δύο κύριες περιπτώσεις:

- Είτε το HLR είναι σε θέση να αποφασίσει να προωθήσει την κλήση, οπότε σε αυτή την περίπτωση στέλνει πίσω στον αριθμό προώθησης στο GMSC ως αποτέλεσμα της εξέτασης
- Ή η προώθηση μπορεί να αποφασιστεί μόνο από το κατειλημένο MSC/VLR με ευθύνη του συνδρομητή.

Η πρώτη περίπτωση είναι προφανώς αποδοτικότερη για τη δρομολόγηση, και πρέπει να ευνοηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Ας μελετήσουμε τους λόγους προώθησης μια κλήση και να δούμε πώς ταιριάζουν σε αυτές τις δύο ευρείες κατηγορίες.

Στην περίπτωση μιας απεριόριστης προώθησης κλήσης (CFU), το HLR, που ξέρει τη θέση των συμπληρωματικών υπηρεσιών, δεν έχει καμία δυσκολία να το κάνει το ίδιο. Εντούτοις, μια προώθηση κλήσης που γίνεται επειδή το τελικό συμβαλλόμενο μέρος είναι απασχολημένο (προώθηση κλήσης όταν είναι απασχολημένος, CFB) μπορεί μόνο να εκτελεστεί από το VMSC/VLR στην παρούσα κατάσταση των *προδιαγραφών*. Η διαδρομή εγκαθίσταται αρχικά προς το VMSC/VLR και έπειτα μόνο στο συμβαλλόμενο μέρος που προωθήθηκε.

Υπάρχουν δύο τύποι προώθησης κλήσης υπό όρους: Προώθηση κλήσης μη προσβάσιμη (CFNRc) και προώθηση κλήσης χωρίς απάντηση (CFNRy). Η πρώτη περίπτωση μπορεί να αντιμετωπιστεί από το δίκτυο με διάφορους τρόπους, σύμφωνα με τη μέθοδο με την οποία εξασφαλίζεται η γνώση ότι ο κινητός σταθμός δεν είναι προσβάσιμος. Σε μερικές περιπτώσεις, παραδείγματος χάριν επειδή ο κινητός σταθμός που προσπάθησε τελευταίος να εγγραφεί, από μια γεωγραφική περιοχή όπου ο συνδρομητής δεν έχει το δικαίωμα υπηρεσίας από τη συνδρομή, το HLR ξέρει την κατάσταση (δείτε το κεφάλαιο 7), και εκτελεί την προώθηση. Σε άλλες περιπτώσεις η κατάσταση μπορεί να μαθευτεί μόνο μετά από μια αποτελεσματική (και ανεπιτυχή) προσπάθεια να έρθει σε επαφή με τον κινητό σταθμό κατά μήκος της ραδιο-πορείας. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο από το MSC/VLR. Επιπλέον αυτό γίνεται αφότου έχει εγκατασταθεί η διαδρομή από το GMSC στο MSC/VLR, και έπειτα η προώθηση γίνεται από το MSC/VLR.

Μια άλλη περίπτωση για την προώθηση κλήσης σε μη προσβάσιμη περιοχή, συμβαίνει όταν ο κινητός σταθμός ιάνει σε θέση να δείξει ότι επρόκειτο να σβηστεί (αυτό είναι η διαδικασία «IMSI αποσύνδεσης», που περιγράφεται στο κεφάλαιο 7), ή εάν ο συνδρομητής είναι ανενεργός για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα και υλοποιείται «ενδεχομένη αποσύνδεση» από το κατειλημμένο PLMN. Η ένδειξη «απρόσιτη» αποθηκεύεται στο VLR, αλλά όχι στο HLR. Θα είναι δυνατό στη φάση 2 να σταλούν αυτές οι πληροφορίες στο HLR κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξέτασης, αλλά αυτό δεν αποτελεί περίπτωση στη φάση 1 και η προώθηση πρέπει επίσης σε αυτήν την περίπτωση να πραγματοποιηθεί από το MSC/VLR.

Η προώθηση κλήσης χωρίς απάντηση προκαλείται όταν ο κινητός σταθμός έχει βρεθεί επιτυχώς στη ραδιο πορεία, αλλά όταν δεν παραληφθεί καμία απάντηση από το χρήστη μετά από κάποιο χρόνο. Το CFNRy επομένως προκαλείται πάντα από το VMSC.

Είτε η προώθηση είναι γίνεται από HLR είτε από το κατειλημμένο MSC/VLR δεν έχει καμία σημασία για το συμβαλλόμενο μέρος που καλεί, του οποίου ο λογαριασμός δεν επηρεάζεται με την πραγματική δρομολόγηση της κλήσης πέρα από το GMSC, αλλά μπορεί να κάνει μια μεγάλη διαφορά για το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε, το οποίο χρεώνεται για το υπόλοιπο της διαδρομής. Η σοβαρότερη

περίπτωση είναι όταν το κατειλημμένο MSC του συμβαλλόμενου μέρους που κλήθηκε είναι σε μια άλλη χώρα από την χώρα κλήσης. Η διαφορά είναι έπειτα μεταξύ εθνικής, ή ακόμα και τοπικής κλήσης, και δύο διεθνών κλήσεων! Οι χρήστες που θέλουν να κάνουν οικονομία στους λογαριασμούς τους θα προτιμήσουν πιθανώς να ενεργοποιήσουν την απεριόριστη προώθηση κλήσης, σε αυτήν την περίπτωση.

## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Μέχρι τώρα έχουμε παρουσιάσει γενικά τις λειτουργίες για τη διαχείριση κλήσης. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε ακριβέστερα τις διαδικασίες σηματοδότησης, και για αυτόν το σκοπό είναι απαραίτητο να υποδειχθούν πρώτα οι διαφορετικά οντότητες και τα πρωτόκολλα που περιλαμβάνονται σε αυτές τις διαδικασίες.

Οι κύριοι συμμετέχοντες του ελέγχου κλήσης είναι οι χρήστες και ο κινητός σταθμός από τη μία πλευρά, και το υποσύστημα δικτύων και μετατροπής (NSS) και το εξωτερικό δίκτυο από την άλλη. Οι λειτουργικές οντότητες των NSS που περιλαμβάνονται στον έλεγχο κλήσης περιλαμβάνουν το MSC/VLR και το IWF, το GMSC και το HLR. Το κύριο είναι το MSC/VLR, το οποίο εξετάζει όλες τις επικοινωνίες, τον κινητό τερματισμό ή την προέλευση, των οποίων η μία άκρη είναι ένας κινητός σταθμός GSM μέσα στη ράδιο-κάλυψή του. Το MSC είναι το σημείο σύνδεσης μεταξύ των κινητών σταθμών στη μια πλευρά, μέσω του BSS, και τα εξωτερικά δίκτυα στην άλλη. Υπό αυτήν τη μορφή το MSC είναι η λειτουργία όπου οι διαδικασίες ελέγχου κλήσης που κρατιούνται με τον κινητό σταθμό αλληλεπιδρούν με εκείνους που κρατιούνται με το εξωτερικό δίκτυο. Επιπλέον, για τις κλήσεις κινητού τερματισμού, το HLR και το GMSC επεμβαίνουν. Επικοινωνούν ο ένας με τον άλλον και με το VLR/MSC μέσω του SS7 δικτύου.

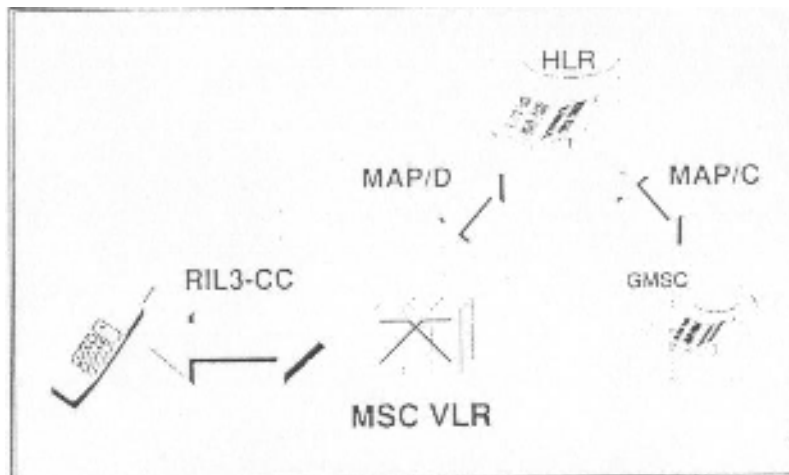
Τα πρωτόκολλα σηματοδότησης σχετικά με τον έλεγχο κλήσης παρουσιάζονται στο σχήμα 3.12. Περιλαμβάνουν τα εξής:

- Το πρωτόκολλο MS-MSC ενεργοποιεί τις αιτήσεις χρηστών για να μεταβιβαστεί μεταξύ του κινητού σταθμού και της παροχής δικτύων και υπηρεσιών να συντονιστούν μεταξύ τους. Αυτό το πρωτόκολλο θα αναφερθεί



ως RIL3-CC. Ενεργεί ως ηλεκτρονόμος του πρωτοκόλλου ανθρώπου-μηχανής που κρατιέται μεταξύ του χρήστη και του κινητού σταθμού.

- Το πρωτόκολλο GMSC-HLR επιτρέπει την εξέταση του HLR από το GMSC για να πάρει τις πληροφορίες δρομολόγησης για την εισερχόμενη εγκατάσταση κλήσης. Αυτό το πρωτόκολλο αναφέρεται ως MAP/C.



Σχήμα 3.12 – Πρωτόκολλα στο πεδίο CC

Η βασική οντότητα υποδομής για τον έλεγχο κλήσης είναι το MSC, το οποίο είναι σε επαφή με τον κινητό σταθμό. Το μεγαλύτερο μέρος της πολυπλοκότητας οφείλεται στη δρομολόγηση κλήσεων προς τον κινητό σταθμό, μπλέκοντας δύο ακόμα πρωτόκολλα μεταξύ της πύλης MSC και HLR, όπως επίσης και μεταξύ του HLR και του MSC (το τελευταίο εμφανίζεται επίσης στο πεδίο MM).

- Το πρωτόκολλο MAP/D μεταξύ του HLR και του MSC/VLR, το οποίο είναι κυρίως ένα πρωτόκολλο για τη διαχείριση κινητικότητας (και υπό αυτήν τη μορφή έχει αναφερθεί ήδη στο κεφάλαιο 7), χρησιμεύει επίσης στη μεταβίβαση πληροφοριών σχετικών με την κλήση, για τις εισερχόμενες κλήσεις.

Τα πρωτόκολλα με τον εξωτερικό κόσμο πρέπει να προστεθούν σε αυτά τα εσωτερικά πρωτόκολλα GSM: το πρωτόκολλο χρήστη-MS από τη μία πλευρά, και τα πρωτόκολλα σχετικά με τη διεπαφή με τα εξωτερικά δίκτυα από την άλλη πλευρά.

Από την πλευρά των κινητών σταθμών, η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (MMI) μεταξύ του χρήστη και του κινητού σταθμού έχει αναφερθεί ήδη. Σε μεγάλο βαθμό δεν

διευκρινίζεται από τις προδιαγραφές, αφήνοντας κάθε κατασκευαστή κινητών σταθμών ελεύθερο να αναπτύξει φιλικά προς το χρήστη μέσα για αυτόν το λόγο.

Από την πλευρά του MSC, τα πρωτόκολλα με τα εξωτερικά δίκτυα είναι συγκεκριμένα για κάθε ένα από αυτά τα δίκτυα. Η λειτουργικότητα είναι πάντα λίγο πολύ η ίδια, αλλά υπάρχουν παραλλαγές σύμφωνα με τον τύπο δικτύου, και επίσης στη συγκεκριμένη υλοποίηση που υιοθετείται από κάθε χώρα. Τα βασικά παραδείγματα είναι το TUP (μέρος τηλεφωνικών χρηστών) και ISUP (μέρος χρηστών ISDN), ή εθνικές παραλλαγές επ' αυτού, οι οποίες είναι τα τυποποιημένα πρωτόκολλα διαχείρισης κλήσης κυκλωμάτων που χρησιμοποιούνται σε ένα SS7 περιβάλλον. Το TUP ή το ISUP είναι σε άμεση αλληλεπίδραση με το πρωτόκολλο RIL3-CC στο MSC. Ομοίως, οι διεπαφές GMSC με το PSTN ή το ISDN για τα οποία εκτελεί το ρόλο πυλών του, μέσω του πρωτοκόλλου διαχείρισης κλήσης συγκεκριμένα για το σχετικό εξωτερικό δίκτυο. Στην περιγραφή των διαδικασιών που ακολουθεί, το ISUP θα ληφθεί ως παράδειγμα για την αλληλεπίδραση.

Μια τελευταία περιοχή όπου υπάρχουν τα σχετικά πρωτόκολλα σηματοδότησης είναι μεταξύ του κινητού σταθμού και του IWF ή του άλλου τερματικού. Για τις περισσότερες υπηρεσίες δεδομένων, η εγκατάσταση του κυκλώματος μετάδοσης είναι μόνο η πρώτη φάση της εγκατάστασης κλήσης. Οι πρόσθετοι διαπραγματεύσεις και ο συγχρονισμός διενεργούνται «in-band», δηλαδή χρησιμοποιώντας το κύκλωμα εγκατάστασης για να μεταβιβάσουν τα απαραίτητα μηνύματα για το διάλογο. Αυτή η φάση αφορά τις παρεμβαλλόμενες οντότητες, και το GSM, αλλά κάποιες πτυχές ασκούν επίδραση στο IWF, έτσι εμείς θα εξετάσουμε εν συντομία αυτά τα πρωτόκολλα.

## **Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΕΝΑΡΞΗΣ ΚΛΗΣΗΣ**

Από την πλευρά του χρήστη που καλεί, η εγκατάσταση μιας επικοινωνίας ακολουθεί διάφορα βήματα, τα οποία αντιλαμβάνεται μέσω των εμφανιζόμενων στην οθόνη ή ακουστικών πληροφοριών. Η αλληλουχία για τη βασική τηλεφωνία είναι γνωστή σε οποιονδήποτε. Η έναρξη μιας κλήσης αρχίζει από το χρήστη που ανυψώνει το δέκτη, μια δράση όπου το δίκτυο απαντά με κάποιο τόνο. Κατόπιν ο αριθμός που κλήθηκε

κλειδώνεται μέσα. Μόλις εισαχθεί το τελευταίο ψηφίο, σε μερικές περιπτώσεις δεν συμβαίνει τίποτα για κάποιο χρόνο, σε άλλες περιπτώσεις, ένας τόνος αναμονής μπορεί να ακουστεί. Τελικά, μια απάντηση έρχεται. Μπορεί να είναι ένας απασχολημένος τόνος, δείχνοντας ότι το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε συμμετέχει ήδη σε μια επικοινωνία, μια ανακοίνωση που δηλώνει για ποιόν λόγο το δίκτυο ήταν ανίκανο να εκπληρώσει το αίτημα (π.χ., συμφόρηση, ή ανύπαρκτος αριθμός), ή, μερικές φορές, έναν τόνο που δείχνει ότι το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε προειδοποιείται. Κατόπιν, στην τελευταία περίπτωση, μπορεί να συμβεί μετά από μια στιγμή να σηκώσει το άλλο συμβαλλόμενο μέρος το δέκτη, και αυτό γίνεται αντιληπτό από τη λεκτική πορεία που συνδέεται, επιτρέποντας κατά συνέπεια να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία.

Η κυψελοειδής τηλεφωνία δεν εισάγει πολλές τροποποιήσεις σε αυτό το βασικό σχέδιο. Η κύρια διάκριση είναι ότι ο αριθμός κλειδώνεται μέσα Πριν εγκατασταθεί η επαφή με το δίκτυο. Επιπλέον εμφανίζεται στην οθόνη, και μια πολύ χρήσιμη συνέπεια είναι ότι μπορεί να τροποποιηθεί αν χρειαστεί πριν από τη μετάδοση. Μια άλλη διαφορά, εφαρμόσιμη στα δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών όπως το GSM, είναι ότι κάποιες πρόσθετες πληροφορίες μπορούν να ανταλλαχθούν μεταξύ του χρήστη και του δικτύου στην αρχή της κλήσης, όπως ο τύπος υπηρεσίας ή στο μέλλον ο τύπος του καναλιού. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις, αυτά τα ζητήματα θα εξεταστούν αυτόματα από τον κινητό σταθμό, με προεπιλεγμένες ή ενδεχόμενες τιμές.

Για όλες αυτές τις αλληλεπιδράσεις, ο κινητός σταθμός παρεμβάλλεται μεταξύ του χρήστη, με τον οποίο ανταλλάσσει τα μηνύματα σύμφωνα με ένα πρωτόκολλο ανθρώπου-μηχανής, και της υποδομής, με την οποία ανταλλάσσει πληροφορίες με ηλεκτρονικά μέσα. Όσον αφορά στον έλεγχο κλήσης, αυτές οι δύο ροές των πληροφοριών είναι για τα σημαντικά μέρη σε αντιστοιχία ένα προς ένα ή μια με την άλλη. Ο κινητός σταθμός ενεργεί ως μεταφραστής πρωτοκόλλου. Λαμβάνει τις διαταγές από το χρήστη υπό μορφή πίεσης πλήκτρων παραδείγματος χάριν, και τις μεταφράζει στα μηνύματα σηματοδότησης για το δίκτυο σύμφωνα με το πρωτόκολλο RIL3-CC. Στην άλλη κατεύθυνση, το MSC δίνει τις απαντήσεις ή την ένδειξη του στον κινητό σταθμό υπό μορφή μηνυμάτων RIL3-CC, και ο κινητός σταθμός τα

μεταφράζει σε σήματα κατανοητά από το χρήστη, όπως τα ακουστικά σήματα (τόνοι) ή οπτικά σήματα (φώτα, αλφαριθμητική ένδειξη...).

Αυτή η σύγχρονη προσέγγιση, που χρησιμοποιείται επίσης αυτός από το ISDN (από το οποίο έχει προέλθει το πρωτόκολλο RIL3-CC), είναι διαφορετική από αυτή που χρησιμοποιείται ακόμα στο PSTN. Στο PSTN, όλες οι πληροφορίες που παρέχονται στον χρήστη είναι υπό μορφή ακουστικών σημάτων (τόνοι, ανακοινώσεις), και παράγονται από το δίκτυο. Δεν υπάρχει κανένα ψηφιακό μήνυμα που να προέρχεται από το δίκτυο στο τηλεφωνικό σύνολο. Μέσα στο PSTN, η μετάδοση των πληροφοριών που προορίζονται τελικά σε έναν χρήστη μπορεί να γίνει με το πρόσχημα των μηνυμάτων (που κωδικοποιούνται ψηφιακά), οπότε σε αυτή την περίπτωση η μετάφραση σε τόνους ή σε ανακοινώσεις γίνεται στο τέλος, από το διακόπτη που είναι υπεύθυνος της γραμμής χρηστών. Υπάρχουν ακόμα παλαιές μηχανές που δεν υποστηρίζουν αυτό το σχέδιο, και έπειτα οι τόνοι και οι ανακοινώσεις μπορούν να προέλθουν από τους διακόπτες μακριά από το χρήστη, και ρόλος του τοπικού διακόπτη περιορίζεται στη μετάδοσή τους, όπως κατά τη διάρκεια της πραγματικής φάσης επικοινωνίας. Η συνέπεια για το GSM (και για το ISDN) είναι ότι πρέπει να παρασχεθεί ένας μηχανισμός διαφυγής (πληροφορίες «προόδου») έτσι ώστε ο διάλογος μεταξύ του χρήστη και του δικτύου να μπορεί να γίνει με τον παλιό τρόπο.

Υπάρχει ακόμα μια προσέγγιση, που διευκρινίζεται (εκτός από το «λειτουργικό» πρωτόκολλο που περιγράφεται ανωτέρω) στο τερματικό ISDN στο πρωτόκολλο δικτύων για τα απλά τερματικά, και καλείται κατάσταση «διέγερσης». Σε αυτήν την κατάσταση, το δίκτυο έχει τον πλήρη και λεπτομερή έλεγχο των σημάτων (οπτική ένδειξη ή ήχος) που παρέχονται στο τερματικό, και το καθοδηγεί μέσω απλών μηνυμάτων, δίνοντας άμεσα τα σήματα για να παρασχεθεί ο έλεγχος στο χρήστη. Αυτή η προσέγγιση δεν χρησιμοποιείται στο GSM, αλλά μερικά σημεία από αυτή μπορούν να βρεθούν, με το πρόσχημα του στοιχείου πληροφοριών ΣΗΜΑΤΩΝ. Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι αυτό δεν είναι ένα πλήρες πρωτόκολλο διέγερσης.

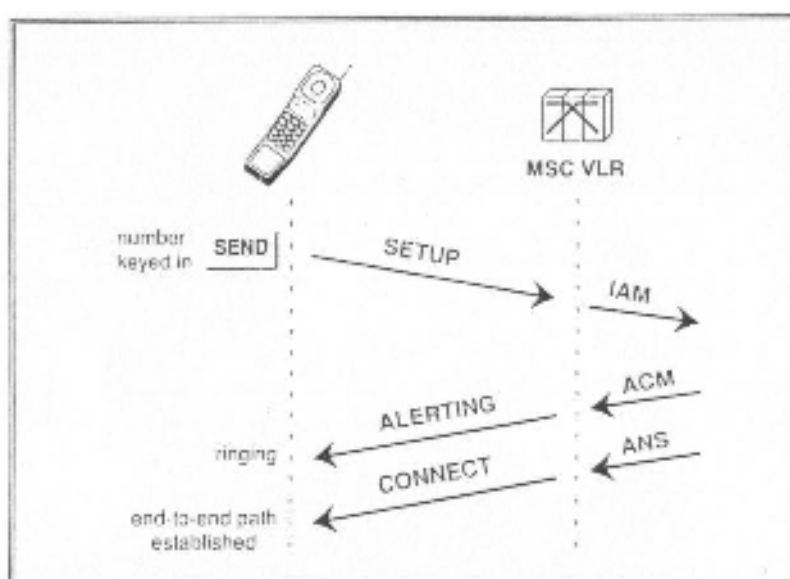
Θα περιγράψουμε πρώτα το σύγχρονο σχέδιο, χρησιμοποιώντας τα μηνύματα, και θα εξετάσουμε έπειτα τους μηχανισμούς διαφυγής.

Το πρωτόκολλο RIL3-CC μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC διευκρινίζεται εξ ολοκλήρου στις *προδιαγραφές*, αλλά η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής μεταξύ του χρήστη και του κινητού σταθμού αφήνεται πάρα πολύ ανοικτή. Ομοίως, η αλληλεπίδραση μεταξύ του πρωτοκόλλου RIL3-CC και του πρωτοκόλλου ανθρώπου-μηχανής δεν διευκρινίζεται λεπτομερώς, αν και οι λειτουργίες που εκπληρώνονται περιγράφονται συχνά στις προδιαγραφές RIL3-CC. Η περιγραφή που ακολουθεί αντιστοιχεί σε ένα πρωτόκολλο ανθρώπου-μηχανής, που προέρχεται από τη γνώση σχετικά με τα υπάρχοντα τερματικά. Δεν καλύπτει, κατά πολύ, όλες τις δυνατότητες. Αυτή η περιοχή είναι μια από τις σημαντικότερες για την εμπορική προώθηση των τερματικών GSM (και του GSM), και είναι επιθυμητό οι τελικοί κατασκευαστές να έχουν πολλές ιδέες για την διεπαφή και το πρωτόκολλο ανθρώπου-μηχανής, να βοηθήσουν και να καθοδηγήσουν το χρήστη, μέσα στη δύσκολη διαδρομή του GSM. Τελικά θα εμφανιστούν περίπλοκες και πιο σύνθετες μέθοδοι, όπως η αναγνώριση φωνής, επιτρέποντας στο χρήστη για να δώσουν τις εντολές του προφορικά, πρωτόκολλα προσανατολισμένα προς τις επιλογές του χρήστη, και άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που καθιστούν τη χρήση της τεχνικής πιο διασκεδαστική για τους ανθρώπους.

### ***Η ροή σηματοδότησης για μια κινητή έναρξη κλήσης***

Πάρτε το παράδειγμα ενός χρήστη GSM (Ansgar) που καλεί έναν σταθερό χρήστη (Remi). Στο πρώτο μέρος της εγκατάστασης κλήσης, ο Ansgar δείχνει, μέσω του κινητού σταθμού, τι θέλει (αριθμός καταλόγου του Remi, τύπος υπηρεσίας που απαιτείται - ομιλία, fax...), και ο κινητός σταθμός θα περάσει τις πληροφορίες στο MSC. Στο GSM, όπως στο ISDN, ο χρήστης πρέπει να παρέχει αυτά τα βασικά δεδομένα προτού ο κινητός σταθμός έρθει σε επαφή με το δίκτυο. Αυτό μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το τερματικό, αλλά και τον τύπο υπηρεσίας. Παραδείγματος χάριν, για τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης, αυτό μπορεί να μειωθεί στην πληκτρολόγηση ενός ή δύο πλήκτρων (χαρακτηριστικά ένα κλειδί «έκτακτης ανάγκης» και έπειτα ένα κλειδί «αποστολής»). Κάποια προσπάθεια καταβλήθηκε ώστε να μειωθεί η εξάρτηση των κλειδωμένων πληροφοριών από τη θέση όπου βρίσκεται ο χρήστης. Ένα από τα ζητήματα είναι το σχήμα του αριθμού που καλείται, και θα επανέλθουμε αργότερα σε αυτό το θέμα. Η αποκλειστική

παροχή των χαρακτηριστικών της υπηρεσίας θα παραλείπεται συχνά. Παραδείγματος χάριν, για ένα τερματικό μόνο για ομιλία, η ομιλία είναι προφανώς η υπηρεσία προεπιλογής, θα πρέπει έπειτα να μην ζητηθεί ρητά. Χαρακτηριστικά, ο Ansgar εισάγει πρώτος τον αριθμό κλήσης, που παρουσιάζεται σε μια οθόνη, μπορεί να τη διορθώσει και έπειτα να πληκτρολογήσει ένα κλειδί «αποστολής». Μόνο όταν το κλειδί «αποστολής» έχει πληκτρολογηθεί ο κινητός σταθμός ενεργοποιεί την φάση αποτελεσματικής εγκατάστασης με το δίκτυο, που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.13.



Σχήμα 3.13 – Εγκατάσταση κινητής προέλευσης κλήσης.

Μια επιτυχημένη εγκατάσταση MO κλήσης οδηγεί σε μια ακολουθία σηματοδότησης όπως φαίνεται, κάθε βήμα συνδέεται με τα ακόλουθα περιστατικά: - την διεπαφή ανθρώπου-μηχανής ανάμεσα στον χρήστη και στον κινητό σταθμό, - το πρωτόκολλο ανάμεσα στο MSC και στα εξωτερικά δίκτυα (για παράδειγμα το ISUP).

Κατόπιν ο κινητός σταθμός εκτελεί τη διαδικασία που απαιτείται για την εγκατάσταση κλήσης. Αυτό αρχίζει από τη διαδικασία πρόσβασης (επίπεδο RR), και την εγκατάσταση σύνδεσης MM. Αυτά τα βήματα έχουν εξεταστεί στα κεφάλαια 6 και 7 αντίστοιχα, και η επίδρασή τους όσον αφορά τον έλεγχο κλήσης, είναι να εγκαταστήσουν μια κατάλληλη σύνδεση σηματοδότησης μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC. Κατόπιν ο κινητός σταθμός στέλνει στο MSC ένα μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ή ένα μήνυμα RIL3-CC ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, το οποίο είναι η μετάφραση του αιτήματος του Ansgar. Αυτό το μήνυμα περιέχει τον αριθμό του Remi και μια περιγραφή (η οποία μπορεί να είναι

μακροσκελής και λεπτομερής στην περίπτωση των υπηρεσιών δεδομένων) της απαραίτητης υπηρεσίας. Μπορεί να περιέχει πρόσθετες πληροφορίες, σε σχέση με τις συμπληρωματικές υπηρεσίες.

Όταν το MSC λαμβάνει το μήνυμα εγκατάστασης, αναλύει το αίτημα, και ελέγχει εάν μπορεί να το δεχτεί. Το αν γίνεται αποδεκτό εξαρτάται από την ικανότητα του MSC/VLR να παρέχει αυτήν την υπηρεσία (με έναν συμβατό τρόπο με την χωρητικότητα των κινητών σταθμών), από τα χαρακτηριστικά συνδρομής του Ansgar (αυτό καθορίζεται συνολικά Χάρη στο αρχείο πληροφοριών συνδρομητών που στέλνεται από το HLR κατά τη διάρκεια της ενημέρωσης θέσης, και που αποθηκεύεται στο MSC/VLR) και από τη διαθεσιμότητα των πόρων (συσκευές αλληλεπίδρασης, ένα ελεύθερο κύκλωμα με το εξωτερικό δίκτυο, κ.λπ.). Εάν μερικοί από αυτούς τους ελέγχους αποτύχουν, η εγκατάσταση κλήσης εγκαταλείπεται με την αποστολή ενός μηνύματος RIL3-CC ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΠΑΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ στον κινητό σταθμό, πριν από την απελευθέρωση των συνδέσεων χαμηλότερων επιπέδων επανατοποθετώντας τον κινητό σταθμό σε κατάσταση μη απασχόλησης τρόπο. Εάν όλα είναι εντάξει, το MSC από τη μία πλευρά ξεκινά την εγκατάσταση μέσω του δικτύου (παραδείγματος χάριν με την αποστολή ενός μηνύματος ΑΡΧΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ISUP (IAM) στην περίπτωση επικοινωνίας με το ISDN), και αφ' ετέρου στέλνει ένα μήνυμα RIL3-CC ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΛΗΣΗΣ στον κινητό σταθμό, ο οποίος δείχνει απλά ότι το αίτημα έχει περάσει τις δοκιμές MSC, και ότι το MSC συνεχίζει με αυτό. Πιο πρακτικά, λέει στον Ansgar (εάν υποδεικνύεται έτσι από κάποιο σήμα στην διεπαφή ανθρώπου-μηχανής) να είναι υπομονετικός.

Αργά ή γρήγορα, το MSC θα λάβει από τον εξωτερικό κόσμο μια αναφορά της ζητούμενης εγκατάστασης κλήσης, όπως φαίνεται από τον υπεύθυνο για το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε διακόπτη. Μια τέτοια αναφορά μπορεί να δείξει ότι ο Remi προειδοποιείται (ένδειξη προειδοποίησης), ή ότι η εγκατάσταση κλήσης εγκαταλείπεται (ένδειξη απελευθέρωσης κλήσης) επειδή απέτυχε για κάποιους λόγους (συμφόρηση, ή επειδή ο Remi είναι ήδη κατειλημμένος, ή μη προσιτός, κ.λπ.). Στην περίπτωση του ISUP, η αναφορά μιας επιτυχημένης προειδοποίησης λαμβάνει τη μορφή ενός μηνύματος ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ISUP (ACM), και μια αποτυχία υποδεικνύεται από ένα μήνυμα ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ISUP. Το MSC αντιδρά αντίστοιχα με τη διαβίβαση των πληροφοριών στον Ansgar

(μήνυμα RIL3-CC ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ, που μεταφράζεται παραδείγματος χάριν σε έναν προειδοποιητικό τόνο από τον κινητό σταθμό), ή με την αναστολή της εγκατάστασης κλήσης. Εάν ένα μήνυμα RIL3-CC ΔΙΑΔΙΑΚΣΙΑΣ ΚΛΗΣΗΣ έχει σταλεί πριν, η αναστολή γίνεται με την αποστολή του μηνύματος RIL3-CC ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ, που θα απαντηθεί από τον κινητό σταθμό με ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ, το οποίο αναγνωρίζεται από το MSC με ένα μήνυμα RIL3-CC ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ (οι εξηγήσεις σε αυτές τις ανταλλαγές θα βρεθούν στο τμήμα που ασχολείται με την απελευθέρωση κλήσης). Μόνο τότε μπορεί οι συνδέσεις χαμηλότερων επιπέδων να απελευθερωθούν, εάν δεν χρησιμοποιούνται για κάποιο άλλο πλαίσιο.

Κάποιος χρόνος μπορεί έπειτα να παρέλθει πριν από τη δίπλα-δίπλα απάντηση, δηλ., πριν από την αποδοχή του Remi (που σηκώνει το δέκτη στην περίπτωση της απλής τηλεφωνίας). Σε αυτή τη φάση ο κινητός σταθμός (και ο Ansgar) περιμένουν ακόμα το αποτέλεσμα του αιτήματος. Η κατάσταση είναι στα χέρια του Remi, ο οποίος μπορεί να απαντήσει, ή όχι. Στην περίπτωση μη απάντησης, η κλήση ματαιώνεται από το δίκτυο αφότου παρέλθει κάποιος χρόνος (ας πούμε 3 λεπτά), επίσης παρέχεται στον Ansgar η δυνατότητα να ματαιώσει ο ίδιος την κλήση, πληκτρολογώντας συνήθως ένα πλήκτρο «τέλους». Η αποδοχή της κλήσης από τον Remi οδηγεί σε ένα μήνυμα ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ ISUP που παραλαμβάνεται από το MSC. Όταν συμβεί αυτό, η κλήση είναι συνδέεται-κατευθείαν, δηλαδή ότι η πορεία μετάδοσης ολοκληρώνεται μεταξύ των δύο τελικών χρηστών, και αυτό υποδεικνύεται στον Ansgar μέσω ενός μηνύματος RIL3-CC ΣΥΝΔΕΣΗ. Ο κινητός σταθμός ενεργεί με το να σταματήσει την ένδειξη προειδοποίησης, εάν υπάρχει, αφετέρου απαντώντας στο δίκτυο με ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ, και τρίτον με τη σύνδεση της μετάδοσης κυκλωμάτων στη ράδιο- πορεία με το κατάλληλο τερματικό. Στην περίπτωση της ομιλίας, αυτό αποτελείται από την ολοκλήρωση της λεκτικής πορείας στο μικρόφωνο και στο μεγάφωνο. Η κλήση έπειτα εισάγεται στη συνδεδεμένη φάση (εν ολίγης, «συνδέεται»), η χρέωση αρχίζει και παρέχεται αποτελεσματική αμφίδρομη μετάδοση μεταξύ των δύο χρηστών στην περίπτωση της ομιλίας, ή μεταξύ των τερματικών, ή του τερματικού στην κινητή πλευρά και του IWF στις περιπτώσεις των κλήσεων δεδομένων. Στην τελευταία περίπτωση, η διαδικασία εγκατάστασης πηγαίνει in-band. Ας δούμε τώρα μερικές από τις παραλλαγές σε αυτό το βασικό σενάριο.

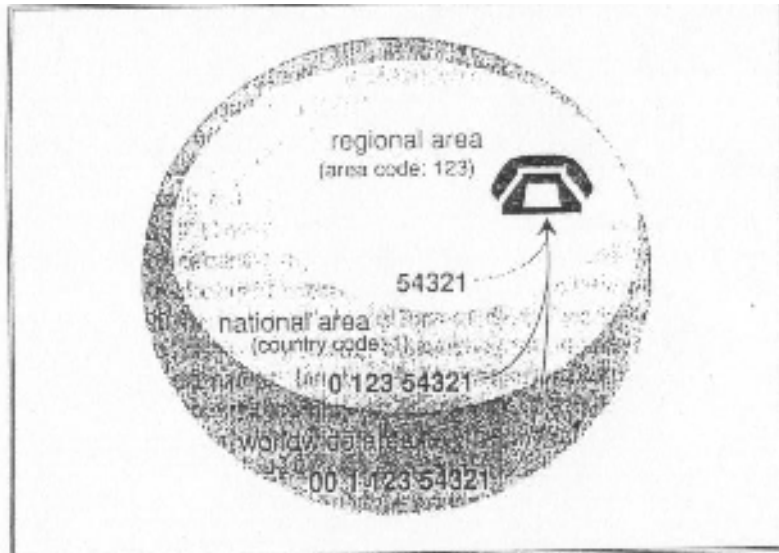


### ***Αυτόματη απάντηση***

Όταν το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε είναι μια μηχανή, όπως συχνά παρατηρείται για τις κλήσεις δεδομένων, μερικά από τα βήματα μπορούν να συγχωνευθούν. Παραδείγματος χάριν, σύνδεση-κατευθείαν μπορεί να συμβεί χωρίς οποιαδήποτε ένδειξη προειδοποίησης. Σε μερικές ακόμη πιο βολικές περιπτώσεις, η σύνδεση-κατευθείαν μπορεί να συμβεί ως άμεση απάντηση στο αίτημα. Στην τελευταία περίπτωση, τα μηνύματα RIL3-CC ΣΥΝΔΕΣΗ στέλνονται άμεσα ως απάντηση στο μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ. Στην προηγούμενη περίπτωση, ακολουθεί άμεσα το μήνυμα RIL3-CC ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΛΗΣΗΣ.

### ***Ο αριθμός που πληκτρολογείτε***

Ένα από τα προβλήματα συγκεκριμένα για ένα διεθνές δίκτυο κινητής επικοινωνίας όπως το GSM, όπου κάθε χρήστης μπορεί να εγκαταστήσει τις κλήσεις από διαφορετικές χώρες, είναι το σχήμα του αριθμού κλήσης. Ως χρήστες του PSTN, ξέρουμε συνήθως τρεις βασικούς τύπους σχημάτων: ένα τοπικό σχήμα, το οποίο αναφέρεται σε έναν προορισμό μόνο σε κάποια περιφερειακή περιοχή ένα υπεραστικό ή εθνικό σχήμα, χρησιμοποιούμενο όταν ο προορισμός είναι σε την ίδια χώρα αλλά σε μια διαφορετική περιοχή, και ένα διεθνές σχήμα που χρησιμοποιείται για κλήσεις στο εξωτερικό. Η διάκριση γίνεται με την χρήση των προθεμάτων. Το σχήμα 3.14 παρουσιάζει τρία σχήματα σε ένα παράδειγμα χρησιμοποιώντας τα τυποποιημένα (αλλά όχι ακόμα παγκοσμίως ισχύοντα) προθέματα 0 και 00.



Σχήμα 3.14 – Μορφές αριθμών κλήσης

Οι αριθμοί PSTN μπορούν να εισαχθούν με τρεις διαφορετικούς τρόπους, που διαχωρίζονται με διαφορετικά προθέματα, εξαρτώμενοι από την σχετική θέση του χρήστη που καλεί και του χρήστη που καλείται.

Ο τρόπος με τον οποίο ένας αριθμός σχηματίζεται στο PSTN κατόπιν εξαρτάται από τη θέση του συμβαλλόμενου μέρους που καλεί. Αυτό είναι αρκετά ακατάλληλο σε ένα κινητό περιβάλλον. Για να αποφύγουμε το δύσκολο έργο που απαιτεί από το χρήστη να ξέρει σε ποια τηλεφωνική περιοχή είναι αυτήν την περίοδο, και πώς πρέπει να εισαχθούν οι αριθμοί, το ζήτημα πρέπει να αντιμετωπιστεί διαφορετικά σε ένα κυψελοειδές δίκτυο. Το πρωτόκολλο ISDN, και τα RIL3-CC, υποστηρίζουν πολλά διαφορετικά σχήματα αριθμών, πιστοποιώντας τη σειρά ψηφίων με δύο δείκτες, τον «τύπο αριθμού» (TON) και το «σχέδιο αναγνώρισης αριθμησης» (NPI). Εντούτοις, οι *προδιαγραφές* δεν είναι πολύ πληροφοριακές σχετικά με το θέμα αυτό του τι ο χρήστης πρέπει να εισαγάγει. Υπάρχει εντούτοις ένας μηχανισμός που πρέπει υποχρεωτικά να υποστηριχθεί, σχετικά με το διεθνές σχήμα. Για να μην ζητηθεί από το χρήστη να ξέρει όλα τα προθέματα σε όλες τις χώρες όπου επιθυμεί να περιπλανηθεί, ένας διεθνής αριθμός μπορεί να εισαχθεί από τη πληκτρολόγηση του κλειδιού «+» που ακολουθείται από τον κωδικό χωρών κ.λπ. Επιπλέον, ένας διακόπτης πρέπει να είναι σε θέση να μεταχειριστεί σωστά έναν αριθμό που παρουσιάζεται ως διεθνής, ακόμα κι αν εξετάζει έναν προορισμό στην ίδια χώρα. Αυτή η συμπεριφορά δεν είναι με κανένα τρόπο προφανής: παραδείγματος χάριν στο γαλλικό PSTN, μια διεθνής κλήση που κλειδώνεται με τον κωδικό χώρας 33 (Γαλλία)

από ένα τηλεφωνικό σύνολο PSTN οδηγεί σε μια κλήση στους διεθνείς καταλόγους εξέτασης για τη χώρα της οποίας ο κωδικός ακολούθησε το πρόθεμα 33. Μια διαφορετική επεξεργασία απαιτείται από το MSC. Αυτή η ελάχιστη προδιαγραφή επιτρέπει στο χρήστη να εισαγάγει τον αριθμό ενός συγκεκριμένου προορισμού συνολικά ανεξάρτητου από τη θέση του: είναι επομένως ενδεδειγμένο για τους συνδρομητές GSM που ταξιδεύουν στο εξωτερικό να αποθηκεύουν πάντα τους συντεταγμένους αριθμούς κλήσης τους με αυτό το σχήμα (π.χ. .. + 44 701 1234...), αντί ενός εθνικού σχήματος.

Όπως αναφέρεται ήδη, αυτό το σχήμα είναι μόνο ένα μεταξύ πολλών που μπορούν να υποστηριχθούν από το πρωτόκολλο RIL3-CC. Η μετάφραση του αριθμού στο πρωτόκολλο ανθρώπου-μηχανής (ο αριθμός που κλειδώνεται από το χρήστη), και ο αριθμός που στέλνεται στο μήνυμα RIL3-CC δεν διευκρινίζονται από τις προδιαγραφές, όπως και ο τρόπος που το MSC πρέπει να ερμηνεύσει τους αριθμούς που λαμβάνει. Αυτό είναι ατυχές, επειδή το τι πρέπει να κλειδώσει χρήστης εξαρτάται από το τερματικό καθώς επίσης και από το χειριστή του PLMN. Πιθανότατα, κάποια τυποποίηση θα εμφανιστεί. Αν και άλλα σχέδια δεν μπορούν να αποκλειστούν μέχρι σήμερα, το πιο διαδεδομένο σχήμα για την τηλεφωνική κλήση (εκτός από το σχήμα του «+» κλειδιού) φαίνεται να είναι το εθνικό σχήμα της κάθε χώρας, συνήθως χωρίς προθέματα, που χρησιμοποιούνται για τους αριθμούς μέσα στη χώρα.

### ***Από αέρος οργάνωση κλήσης***

Στο βασικό σενάριο οργάνωσης κλήσης, η πορεία μετάδοσης μεταξύ του MSC και του MS είναι πλήρως λειτουργική για την απαιτούμενη υπηρεσία, προτού το MSC να γνωρίσει ότι αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη είναι αναμένουνε για να συζητήσουν. Η κλήση μπορεί να είναι σύνδεση-μέσω άμεσα. Μια παραλλαγή είναι δυνατή, η οποία αποκαλείται από αέρος οργάνωση κλήσης (OACSU), όπου η διάθεση του κατάλληλου ράδιο πόρου καθυστερείτε όσο το δυνατόν περισσότερο, σε μία προσπάθεια να γίνει οικονομία στους ράδιο πόρους (δείτε το κεφάλαιο 6). Σε αυτήν την περίπτωση, το MSC πρέπει πρώτα να ζητήσει από το BSS να εγκαταστήσει τη σύνδεση κυκλωμάτων με το σωστό τρόπο μετάδοσης, Πριν σύνδεση την επικοινωνία. Για το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε, η στιγμή της σύνδεσης δεν καθυστερείτε,

αλλά η σύνδεση μπορεί να δρομολογηθεί προσωρινά σε μια μηχανή ανακοίνωσης έως ότου πραγματοποιηθεί η πραγματική σύνδεση-κατευθείαν.

### ***Πρόδος***

Το βασικό σενάριο οργάνωσης υποθέτει ότι τα μηνύματα σηματοδότησης παραλαμβάνονται από το δημιουργημένο δίκτυο. Τώρα, αυτό δεν είναι πάντα εγγυημένο, δεδομένου ότι ένα σημαντικό ποσοστό του εξοπλισμού του PSTN δεν χρησιμοποιεί τα προηγμένα πρωτόκολλα. Μπορεί έπειτα να συμβεί ότι οι ενδείξεις σχετικά με την πρόοδο της κλήσης μπορεί να εμφανιστούν ως ακουστικοί τόνοι ή ως ανακοινώσεις. Αυτή η περίπτωση προβλέπεται και αντιμετωπίζεται με το πρωτόκολλο ISUP, και το MSC ξέρει πότε η εγκατάσταση κλήσης πρέπει να συνεχιστεί με τον παλιό τρόπο. Το MSC αντιδρά με το να εκτελέσει ένα είδος μιας μονόδρομης κατευθείαν-σύνδεσης εκ των προτέρων στο κανονικό σημείο, έτσι ώστε η λεκτική πορεία από το κληθέν συμβαλλόμενο μέρος στο χρήστη GSM εγκαθίσταται και οι τόνοι και οι ανακοινώσεις μπορούν να ακουστούν. (Σημειώστε ότι αυτό δεν είναι εύκολο με τις υπηρεσίες δεδομένων εκτός από τις υπηρεσίες εναλλαγής ομιλίας/δεδομένων.) Αυτή η πρόωρη σύνδεση διατάζεται μέσω του μηνύματος RIL3-CC ΠΡΟΟΔΟΥ, ή το στοιχείο πληροφορίες ΠΡΟΟΔΟΥ εμπεριέχεται στα μηνύματα όπως το RIL3-CC ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΛΗΣΗ ή ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ, ανάλογα με τη στιγμή που θα είναι γνωστό ότι η κλήση δεν είναι συμβατή με το ISDN καθ' όλη τη διάρκεια. Επιπλέον, εάν το μήνυμα RIL3-CC ΠΡΟΟΔΟΥ χρησιμοποιείται, δεν υπάρχουν άλλα μηνύματα για την εγκατάσταση κλήσης, εκτός από τα RIL3-CC ΣΥΝΔΕΣΗ το μήνυμα που χρησιμοποιείται για να δείξει την αμφίδρομη κατευθείαν-σύνδεση.

### ***Η πρόσθετη in-Band εγκατάσταση για τις υπηρεσίες δεδομένων***

Στην περίπτωση των κλήσεων δεδομένων, η σύνδεση-κατευθείαν δεν είναι επαρκής για να επιτρέψει την χρήστη προς χρήστη ανταλλαγή πληροφοριών, και ούτε τις τερματικό προς τερματικό ανταλλαγές σε μερικές περιπτώσεις. Η σύνδεση-κατευθείαν μπορεί να γίνει κατανοητή ως εγκατάσταση των πρωτοκόλλων

χαμηλότερων επιπέδων στο σχέδιο μετάδοσης, αλλά συγκεκριμένα πρωτόκολλα δεδομένων πρέπει επίσης να ξεκινήσουν.

Το επόμενο βήμα είναι η επιβεβαίωση της σύνδεσης-κατευθείαν μεταξύ των τελικών λειτουργιών προσαρμογής στον κινητό σταθμό (το TAF) και του IWF. Οι *προδιαγραφές* δεν δηλώνουν σαφώς πότε εγκαθίσταται το σχέδιο συγχρονισμού V.110 μεταξύ του προσαρμογέα αναλογίας (TRAU) και του IWF. Κάποιος μπορεί να πει ότι είναι όταν εγκαθίσταται η πορεία μετάδοσης μεταξύ του IWF και του κινητού σταθμού, δηλαδή προτού γίνει η ανταλλαγή μηνυμάτων σύνδεσης. Μετά από αυτήν την ανταλλαγή μια μικρή διαδικασία πραγματοποιείται μεταξύ του TAF και του IWF, ως εξής. Πρώτα το ένα άκρο στέλνει τα δεδομένα και τις βοηθητικές πληροφορίες όλες με προεπιλεγμένη τιμή «1» και έπειτα τις άλλες απαντήσεις με τον ίδιο τρόπο. Όταν ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, η πορεία μετάδοσης χρησιμοποιείται από τα πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων, για να εγκαταστήσει παραδείγματος χάριν ένα επίπεδο συνδέσεων στην περίπτωση μιας σύνδεσης X.25. Αυτή η διαδικασία εγείρει μερικά προβλήματα. Δεν υπάρχει καμία σαφής ένδειξη στη φάση 1 των *προδιαγραφών* του τι μεταφέρεται πριν από την σύνδεση-κατευθείαν, δηλαδή αμέσως πριν από το προαναφερθέν παράδειγμα. Το δεύτερο σημείο είναι ότι αυτή η λεπτομέρεια στις *προδιαγραφές* καταστρέφει τη δυνατότητα μιας «μηδενικής» λειτουργίας αλληλεπίδρασης μεταξύ του GSM και του ISDN για τις συνδέσεις T (η διαδικασία συγχρονισμού που περιγράφεται παραπάνω δεν υπάρχει στο ISDN). Όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 3, η δυνατότητα ενός τέτοιου «μηδενικού» IWF με το ISDN, ήταν ένα όρισμα για την ιδιαίτερη διαχείριση των E1, E2 και E3 bits στο σχέδιο V.110.

Μόλις επιβεβαιωθεί η ύπαρξη μιας V.110 σύνδεσης, το πρωτόκολλο RLP πρέπει να ξεκινήσει στις περιπτώσεις NT. Αυτό γίνεται από μια ανταλλαγή των πλαισίων SABM και UA, όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 5. Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τα σήματα ελέγχου αποδιαμορφωτών, και γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως μεταξύ ενός τερματικού και ενός αποδιαμορφωτή.

Τα επόμενα, και τελευταία βήματα, εξαρτώνται από την υπηρεσία και φέρονται κανονικά μεταξύ των ίδιων των τερματικών. Αντιστοιχούν στην εγκατάσταση των πρωτοκόλλων ανώτερων επιπέδων για τη μετάδοση, ή ακόμα και στην περαιτέρω

εγκατάσταση κλήσης όπως με τις περιπτώσεις διπλής αρίθμησης που έχουμε δει για την πρόσβαση PSPDN ή CSPDN. Γενικά δεν έχουν επιπτώσεις στο GSM, αλλά υπάρχουν μερικές εξαιρέσεις. Παραδείγματος χάριν, το IWF περιλαμβάνεται στη διαδικασία, στην περίπτωση της αποστολής αντιγράφου, το οποίο συνίσταται κυρίως σε μια διαπραγματεύση σχετικά με διάφορα χαρακτηριστικά της μετάδοσης, και ειδικότερα την ταχύτητα των αποδιαμορφωτών. Ένα άλλο παράδειγμα είναι για την δεσμευμένη PAD ή πακέτων, πρόσβαση, όπου τη διαδικασία εγκατάστασης μέσω του PSPDN φροντίζει το IWF.

Πρέπει να σημειωθεί ότι μέρος των διαδικασιών που παρουσιάζονται στις προηγούμενες παραγράφους αναπαράγει τη βασική εγκατάσταση κλήσης, ή θα μπορούσε να υποστηριχθεί από αυτό. Η τάση είναι να περιοριστούν, τουλάχιστον για το χρήστη, όπως εξηγείται από την εισαγωγή των δεσμευμένων PAD και πακέτων υπηρεσιών πρόσβασης.

## **Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Τώρα ας εξετάσουμε την περίπτωση των κλήσεων κινητού τερματισμού με τον ίδιο τρόπο όπως κάναμε ακριβώς για τις κλήσεις κινητές προέλευσης, δηλ., από την άποψη του χρήστη στη διεπαφή δικτύων. Σε αυτή τη φάση, η κλήση μόλις έχει φθάσει στο κατειλημένο MSC και ενδιαφερόμαστε για το τι συμβαίνει από αυτή τη στιγμή και μετά.

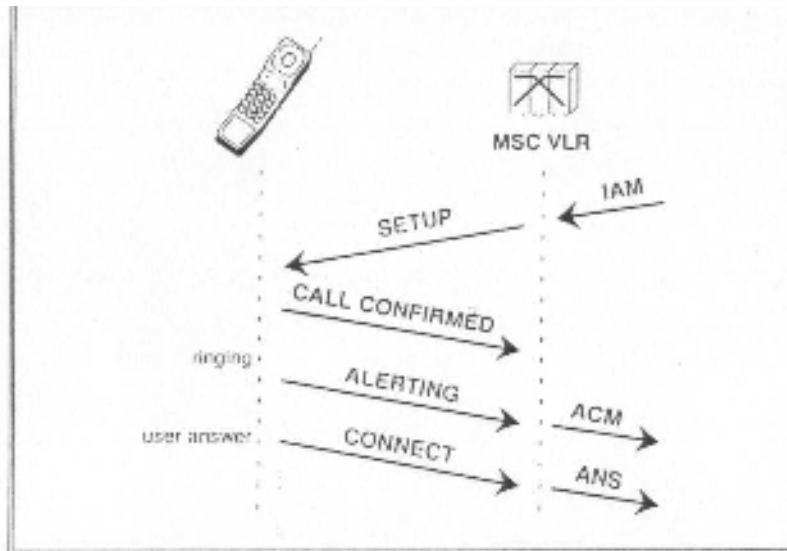
Στη συνηθισμένη τηλεφωνία, η αλληλεπίδραση μεταξύ ενός κληθέντα χρήστη και της τηλεφωνικής του συσκευής είναι πολύ απλή: η συσκευή κουδουνίζει, και ο χρήστης σηκώνει τον και η επικοινωνία ακολουθεί. Στην κυψελοειδή τηλεφωνία, η συμπεριφορά είναι βασικά η ίδια. Εμφανίζεται κάποια συνθετότητα εάν τεθούν σε λειτουργία πρόσθετες διαδικασίες. Παραδείγματος χάριν ο αριθμός καταλόγου του συμβαλλόμενου μέρους που καλεί μπορεί να επιδειχθεί, όπως στο ISDN, και επιτρέπει στο συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε την επιλογή να απαντήσει ή όχι στις ανεπιθύμητες κλήσεις. Από την άποψη της σηματοδότησης, μια κλήση κινητού τερματισμού φθάνει στο κατειλημμένο MSC μέσω μιας από τις διεπαφές της με τα εξωτερικά δίκτυα. Εάν χρησιμοποιείται ISUP σε αυτήν την διεπαφή, αυτό το γεγονός

αντιστοιχεί στην υποδοχή ενός μηνύματος ISUP ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ (IAM). Από το περιεχόμενο αυτού του μηνύματος, και από τα στοιχεία που αποθηκεύτηκαν προηγουμένως (κατά τη διάρκεια της φάσης εξέτασης) και που μπορούν να συνδεθούν με την εισερχόμενη κλήση μέσω του αριθμού περιπλάνησης, το MSC/VLR μπορεί να παραγάγει όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται, όπως το IMSI, τον απαιτούμενο τύπο υπηρεσίας... Ας δούμε μετά τι συμβαίνει συχνότερα, και στη συνέχεια να μελετήσουμε τις μεταβλητές μιας κλήσης από έναν χρήστη ISDN που καλείται Carlo σε έναν συνδρομητή GSM, τον Jan. Η ανταλλαγή σηματοδότησης που αντιστοιχεί στη βασική επιτυχή κινητού τερματισμού εγκατάσταση κλήσης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.15.

Εάν ο Jan δεν είναι γνωστός για να συμμετέχει ήδη σε μια επικοινωνία, το επόμενο βήμα συνίσταται στη «καταχώρηση» του κινητού σταθμού, δηλαδή με λίγα λόγια, για να βρει εάν ο κινητός σταθμός είναι ενεργά στην κάλυψη, και για να του ζητήσει να εγκαταστήσει μια σύνδεση σηματοδότησης με το MSC. Όταν αυτό και άλλοι συμπληρωματικοί στόχοι επιτευχθούν (δείτε τα κεφάλαια 6 και 7), ένα μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ αποστέλλεται στον κινητό σταθμό, δείχνοντας πολλές λεπτομέρειες σχετικά με την κλήση, οι οποίες περιλαμβάνουν τον τύπο υπηρεσίας που απαιτείται και, εφόσον ενδείκνυται, τον αριθμού καταλόγου του Carlo. Ο κινητός σταθμός ελέγχει εάν μπορεί να εξετάσει τον τύπο υπηρεσίας, και εάν όχι απορρίπτει την εγκατάσταση με ένα μήνυμα RIL3-CC ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ. Διαφορετικά, ο κινητός σταθμός απαντά με ένα μήνυμα RIL3-CC ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ, και προειδοποιεί τον Jan, με μια οπτική ένδειξη ή με ένα κουδούνισμα.

Το μήνυμα RIL3-CC ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ είναι επίσης ο φορέας για την επιλογή των παραμέτρων που μπορεί να αποφασιστεί από τον κινητό σταθμό. Δύο περιπτώσεις έχουν ενδιαφέρον. Πρώτα υπάρχει η μελλοντική περίπτωση κινητών σταθμών ικανών να εξετάσουν τόσο τα half-rate όσο και τα full-rate κανάλια για την ίδια υπηρεσία. Το μήνυμα μεταβιβάζει έπειτα την επιλογή του κινητού σταθμού. Η άλλη περίπτωση είναι όταν το συμβαλλόμενο μέρος που κλήθηκε επιλέγει τον τύπο υπηρεσίας. Έχουμε δει ότι αυτό μπορεί να συμβεί με μια κλήση που προέρχεται από το PSTN, και όταν διατίθεται ένας μόνο αριθμός καταλόγου σε έναν κινητό χρήστη που επιθυμεί την πρόσβαση σε διαφορετικές υπηρεσίες (ομιλία και fax παραδείγματος χάριν). Κατόπιν το μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ δεν περιέχει

οποιαδήποτε ένδειξη υπηρεσιών (το MSC ξέρει από το αρχείο συνδρομής ότι ο συνδρομητής μπορεί να λάβει κλήσεις για διαφορετικές υπηρεσίες), και αυτές οι πληροφορίες παρέχονται από τον κινητό σταθμό στο μήνυμα RIL3-CC ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ.



Σχήμα 3.15 – Ακολουθία εγκατάστασης βασικής κλήσης MT

Μετά από τη φάση της διαπραγμάτευσης (ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΕΠΙΒΑΙΒΕΩΣΗ ΚΛΗΣΗΣ), ο κινητός σταθμός στέλνει πίσω το μήνυμα προειδοποίησης ενώ το τηλέφωνο χτυπάει. Η αποστολή του μηνύματος σύνδεσης συμβαίνει μόνο αφού ο κληθέντας χρήστης απαντήσει στην κλήση.

Το ακόλουθο βήμα είναι η έναρξη της προειδοποίησης συναγερμού χρηστών. Υπάρχει εντούτοις ένα πρόβλημα εδώ. Το διατιθέμενο ράδιο κανάλι δεν είναι σε αυτή τη φάση απαραίτητως κατάλληλο για την επικοινωνία. Εάν ο κινητός σταθμός είναι σε κατάσταση προειδοποίησης, ο Jan μπορεί να απαντήσει (αυτό είναι ο σκοπός της προειδοποίησης!), και εάν αυτήν τη στιγμή το κανάλι δεν είναι ακόμα κατάλληλο, η επικοινωνία δεν μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα και ο Jan δεν θα είναι ευτυχής. Αφ' ετέρου, είναι χρήσιμο, για λόγους οικονομίας, να καθυστερηθεί η διάθεση του full-rate καναλιού κυκλοφορίας (TACH/F) όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτή είναι η έννοια της OACSU, μια στρατηγική διάθεσης καναλιών που αντιμετωπίσαμε ήδη με την κινητής προέλευσης εγκατάσταση κλήσης. Δύο σχέδια είναι δυνατά, και η επιλογή τους αφήνεται στο χειριστή. Είτε η έναρξη της προειδοποίησης ΘΑ μετατεθεί έως ότου διατεθεί ένα κατάλληλο κανάλι (πρόωρη ανάθεση), ή η προειδοποίηση



αρχίζει αμέσως ώστε να καθυστερηθεί η διάθεση ενός κατάλληλου καναλιού (από αέρος εγκατάσταση κλήσης).

Ο κινητός σταθμός πρέπει να ξέρει ποιο εκ των δύο σχεδίων χρησιμοποιείται, προκειμένου να αποφασίσει εάν θα αρχίσει την προειδοποίηση χρηστών ή όχι. Αυτές οι πληροφορίες μεταβιβάζονται από μια ένδειξη στο μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ (ένα στοιχείο πληροφοριών ΣΗΜΑΤΩΝ, μακριά από τη συνηθισμένη του χρήση στο ISDN, όπου χρησιμοποιείται για τη λειτουργία της κατάστασης διέγερσης). Όταν το στοιχείο πληροφοριών ΣΗΜΑΤΩΝ είναι απόν, ο κινητός σταθμός προειδοποιεί το χρήστη μόνο στην περίπτωση που θα διατεθεί ένα κατάλληλο κανάλι. Αντιθέτως, η παρουσία αυτών των στοιχείων πληροφοριών δείχνει μια οργάνωση κλήσης από-αέρα, όπου η κατάλληλη πορεία μετάδοσης θα εγκατασταθεί μόνο αφού ο χρήστης έχει δεχτεί την κλήση (και ως εκ τούτου αφού έχει προειδοποιηθεί).

Μόλις αρχίσει το κατάλληλο σήμα προειδοποίησης, ο κινητός σταθμός στέλνει ένα μήνυμα RIL3-CC ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ. Στο MSC, το στάδιο επαγρύπνησης απεικονίζεται προς το δίκτυο από το οποίο προέρχεται η κλήση, στην περίπτωση του ISUP με ένα μήνυμα ISUP PLHRVN ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ (ACM). Όταν η οργάνωση κλήσης από-αέρα χρησιμοποιείται, αυτό το μήνυμα στέλνεται μόλις παραλαμβάνεται το μήνυμα RIL3-CC ΕΠΙΒΑΙΒΕΩΣΗ ΚΛΗΣΗΣ από τον κινητό σταθμό: διαφορετικά, στέλνεται όταν παραλαμβάνεται το μήνυμα RIL3-CC ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ από τον κινητό σταθμό.

Το επόμενο βήμα είναι η αποδοχή της κλήσης από το χρήστη GSM, η οποία συμβαίνει στην περίπτωση της ομιλίας όταν ο Jan σηκώνει το δέκτη ή πληκτρολογεί κάποιο πλήκτρο. Αυτή η ενέργεια είναι μεταφρασμένη στο μήνυμα RIL3-CC ΣΥΝΔΕΣΗ. Στην παραλαβή αυτού του μηνύματος, το MSC ενώνει την πορεία μετάδοσης δικτύων και την πορεία πρόσβασης, και η δίπλα-δίπλα μετάδοση μπορεί να αρχίσει.

Ας δούμε τώρα μερικές παραλλαγές από αυτό το γενικό σχέδιο, κατευθυνόμενοι μέσω της διαδικασίας από την έναρξη και μετά.

### ***Αναμονή Κλήσης***

Όταν το MSC λαμβάνει μια εισερχόμενη κλήση από τον εξωτερικό κόσμο, ελέγχει την πιθανότητα ο χρήστης που κλήθηκε να συμμετέχει ήδη σε μια άλλη επικοινωνία. Εάν η απάντηση είναι ναι και ο συνδρομητής δεν έχει ενεργοποιήσει την λειτουργία αναμονής κλήσης (CW) κλήσης, ή εάν για οποιοδήποτε άλλο λόγο (π.χ., πάρα πολλές κλήσεις ήδη σε αναμονή) η αναμονή κλήσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί, το αίτημα απορρίπτεται ή προωθείται. Αντιθέτως, εάν η αναμονή κλήσης είναι ενεργή, το MSC συνεχίζει άμεσα με την οργάνωση της κλήσης, χρησιμοποίηση των μέσων σηματοδότησης που υπάρχουν ήδη μεταξύ του MSC και του MS. Η φάση της καταχώρησης και η εγκατάσταση των χαμηλότερων επιπέδων μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC μπορούν έπειτα να παραλειφθούν, και η διαδικασία αρχίζει με το μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ. Όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 5, οι διακριτές συναλλαγές ελέγχου κλήσης προσδιορίζονται από ένα προσδιοριστικό συναλλαγής (TI) που περιλαμβάνεται σε κάθε μήνυμα RIL3-CC. Αυτός ο αριθμός επιτρέπει στον κινητό σταθμό να διακρίνει τα μηνύματα που χαρακτηρίζουν διαφορετικές επικοινωνίες. Μόλις έχει ληφθεί το μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ για αυτήν την νέα κλήση, ο κινητός σταθμός συμπεριφέρεται στο επίπεδο ελέγχου κλήσης ακριβώς όπως για την πρώτη κλήση, και είναι στην ευχέρεια του χρήστη να απελευθερώσει μια από τις κλήσεις ή να κάνει «ταχυδακτυλουργίες» μεταξύ τους εάν η αναμονή κλήσης είναι διαθέσιμη.

### ***Αυτόματη απάντηση***

Στην περίπτωση μιας κλήσης δεδομένων που περιλαμβάνει έναν χωριστό τερματικό εξοπλισμό (TE) που συνδέεται με τον κινητό τερματισμό (MT), το μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ αντηχείτε στη διεπαφή μεταξύ του MT και του TE. Αυτή η διεπαφή δεν διευκρινίζεται μέσα στο GSM, αλλά χρησιμοποιεί τα υπάρχοντα πρότυπα όπως το V.25bis ή το X.21 μεθόδους πρόσβασης. Τα μηνύματα RIL3-CC αναμεταδίδονται έπειτα από τα σήματα σε αυτήν την διεπαφή. Χαρακτηριστικά, σε αυτήν την περίπτωση, το εισερχόμενο σήμα κλήσης απαντιέται αμέσως από τον TE, ζητώντας τη σύνδεση της γραμμής. Αυτό είναι ένα παράδειγμα της αυτόματης απάντησης, η οποία μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε έναν ενσωματωμένο κινητό σταθμό. Σε αυτές τις καταστάσεις, ο κινητός σταθμός επιτρέπεται να παραλείψει το

μήνυμα RIL3-CC ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ και στέλνει άμεσα το μήνυμα RIL3-CC ΣΥΝΔΕΣΗΣ με το δίκτυο μετά από μήνυμα RIL3-CC ΕΠΙΒΑΙΒΕΩΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ.

### *Άλλα σημεία*

Όπως για μια κινητής προέλευσης οργάνωση κλήσης, μπορεί να συμβεί το δημιουργημένο δίκτυο να μην υποδεικνύει την πρόοδο της εγκατάστασης κλήσης μέσω των μηνυμάτων, αλλά από τους in-band τόνους. Οι ίδιοι μηχανισμοί διαφυγής που έχουμε δει για τις κινητής προέλευσης κλήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις κινητού τερματισμού κλήσεις. Σε αυτήν την περίπτωση, το στοιχείο πληροφοριών ΠΡΟΟΔΟΥ συμπεριλαμβάνεται στο μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ. Αυτό διατάζει μια πρόωρη σύνδεση-κατευθείαν, αλλά δεν επηρεάζει με άλλο τρόπο την εκτέλεση των διαδικασιών εγκατάστασης κλήσης.

Οι κλήσεις δεδομένων έχουν ανάγκη από πρόσθετες in-band διαδικασίες εγκατάστασης, όπως για τις κινητής προέλευσης κλήσεις, και υπάρχουν μικρές διαφορές, εκτός από το σημείο ότι οι περισσότερες διαδικασίες εκκινούν από την πλευρά δικτύου παρά από την πλευρά των κινητών σταθμών.

## **ΟΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ**

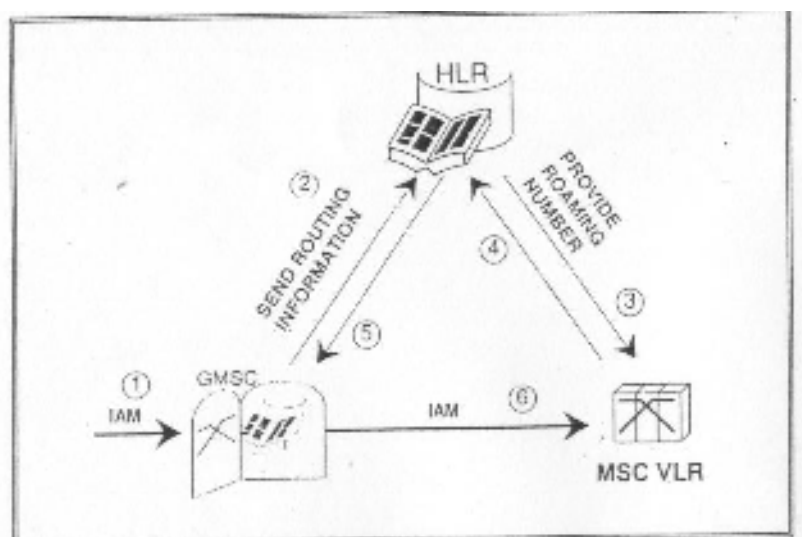
Όπως μελετήσαμε λεπτομερώς στα προηγούμενα τμήματα αυτού του κεφαλαίου, μια κλήση προς έναν συνδρομητή GSM πρέπει να περάσει από μια σύνθετη διαδικασία δρομολόγησης, που περιλαμβάνει την ερώτηση του HLR, προτού να φθάσει στο κατειλημμένο MSC. Δεν υπάρχει καμία τέτοια όμοια διαδικασία για τις κλήσεις κινητής προέλευσης. Έχουμε μελετήσει το γενικό ζήτημα της δρομολόγησης κλήσης MT. Ας περιγράψουμε λοιπόν λεπτομερώς τις σχετικές διαδικασίες, όταν φθάνει μια κλήση σε ένα GMSC, παίρνοντας ως συνήθως τα ονόματα μηνυμάτων ISUP για παραδείγματα για την αλληλεπίδραση σηματοδότησης. Η βασική ροή παρουσιάζεται στο σχήμα 3.16.

Το εισερχόμενο μήνυμα ISUP ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ περιέχει τουλάχιστον το MSISDN του κληθέντα συνδρομητή GSM, και μπορεί, επιπλέον, να περιλάβει τον

τύπο της απαιτούμενης υπηρεσίας εάν η κλήση εκδόθηκε στο ISDN. Το GMSC παράγει από το MSISDN έναν SS7 προσδιορισμό του αντίστοιχου HLR, και του στέλνει ένα μήνυμα MAP/C ΣΤΕΙΛΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ, που περιέχει το MSISDN και την ένδειξη υπηρεσιών εάν είναι διαθέσιμη.

Στην παραλαβή αυτού του μηνύματος, το HLR εξετάζει το αρχείο δεδομένων του συνδρομητή, και ενεργεί με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με αυτό που βρίσκει στο αρχείο. Μπορεί να απαντήσει στο GMSC άμεσα στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- η κλήση δεν μπορεί να δρομολογηθεί σε έναν προορισμό. Αυτή η κατάσταση μπορεί να συμβεί όταν, π.χ., ο συνδρομητής δεν έχει πληρώσει το λογαριασμό του και αναστέλλεται προσωρινά (αυτό καλείται «φραγή καθορισμένη από τον χειριστή»), ή όταν ο συνδρομητής είναι γνωστό ότι δεν μπορεί να βρεθεί αλλά δεν έχει ενεργοποιήσει την προώθηση.



Σχήμα 3.16 – Δρομολόγηση μιας MT κλήσης από το GMSC στο VMSC

Η εξέταση του HLR από το GMSC, η οποία προκαλεί συνήθως την απαίτηση του αριθμού περιπλάνησης από το HLR στο VLR, παρέχει στο GMSC έναν αριθμό δρομολόγησης που θα χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικά μηνύματα IAM. Η ροή των ταυτοτήτων αυτών των μηνυμάτων φαίνεται στο σχήμα 3.10, και η ανταλλαγή ενεργοποιεί την μεταφορά πληροφοριών υπηρεσιών, όπως Ενετία στο σχήμα 3.11.

- η κλήση δεν μπορεί να παραδοθεί επειδή ο συνδρομητής έχει ενεργοποιήσει τη φραγή όλων των εισερχόμενων κλήσεων (BAIC), ή τη φραγή των

εισερχόμενων κλήσεων όταν περιπλανάτε (BIC-roam) και είναι γνωστό ότι περιπλανάτε στο εξωτερικό

- το HLR ξέρει ότι η κλήση πρέπει να προωθηθεί (π.χ., όταν η απεριόριστη προώθηση κλήσης είναι ενεργή)
- ένας αριθμός επανδρομολόγησης (MSRN) είναι εύκολα διαθέσιμος στο HLR όπως εξηγήθηκε νωρίτερα, αυτή η δυνατότητα αφέθηκε σε μερικές προδιαγραφές, αλλά δεν χρησιμοποιείται στην πράξη, και θα εξαφανιστεί στη φάση 2.

Μια αρνητική απάντηση από το HLR επιστρέφει στο GMSC με ένα μήνυμα λάθους στο μήνυμα MAP/C ΣΤΕΙΛΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ, ενώ μια θετική απάντηση περιλαμβάνει τον αριθμό προώθησης ή το MSRN σε ένα μήνυμα MAP/C ΣΤΕΙΛΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.

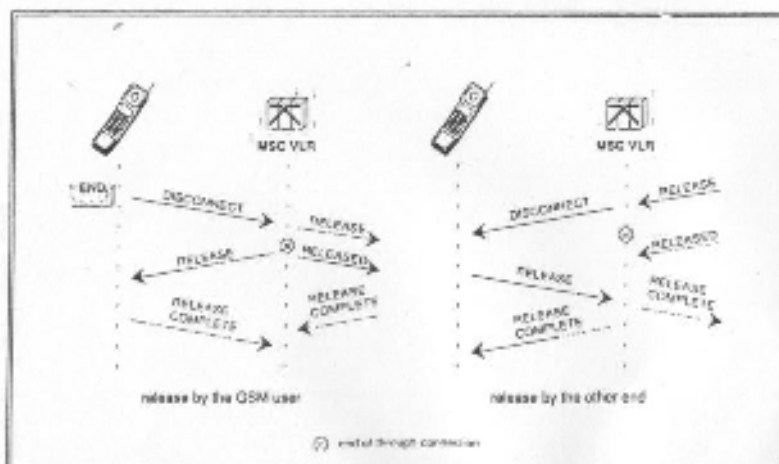
Στο εναλλακτικό και πιο συνηθισμένο σενάριο, το HLR ξέρει μόνο κάποιο μέρος του αναγνωριστικού (SS7 διεύθυνση ή γενικός τίτλος) του MSC/VLR που επισκέπτεται από το συνδρομητή. Για να πάρει το MSRN, το HLR στέλνει ένα μήνυμα MAP/D ΠΑΡΟΧΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΗΣΗΣ στο MSC/VLR. Αυτό το μήνυμα περιέχει ποικιλία πληροφοριών συμπεριλαμβανομένου του IMSI του συνδρομητή, και στην περίπτωση της πολλαπλής αρίθμησης, την ικανότητα φορέων GSM που χρειάζεται για την απαιτούμενη υπηρεσία. Εάν το αρχικό μήνυμα IAM περιείχε τις πληροφορίες υπηρεσιών, το κομμάτι του υψηλότερου επιπέδου του (σχετικό με τα τελικά τερματικά) μπορεί επίσης να μεταφερθεί στο GMSC μέσω του μηνύματος MAP/D ΠΑΡΟΧΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΗΣΗΣ. Εάν η απάντηση του VMSC είναι θετική, μπορεί να περιέχει τον αριθμό προώθησης (εάν το MSC/VLR ξέρει ήδη ότι ο συνδρομητής δεν μπορεί να βρεθεί), αλλά συχνότερα ένα MSRN. Αυτό συμπεριλαμβάνεται σε ένα μήνυμα MAP/D ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΠΕΡΙΠΛΑΝΗΣΗΣ. Η παραλαβή αυτού του μηνύματος από το HLR, είναι μεταφρασμένη σε ένα μήνυμα MAP/C ΣΤΕΙΛΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ, που στέλνεται προς το GMSC, το οποίο μπορεί έπειτα να συνεχίσει με την εγκατάσταση κλήσης προς τον πραγματικό προορισμό.

## ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΚΛΗΣΗΣ

Έχουμε δει πώς οι επικοινωνίες δρομολογούνται και εγκαθίστανται. Επίσης πρέπει να παρασχεθούν τα μέσα για να ολοκληρωθούν. Θα μελετήσουμε τώρα τα μέσα σηματοδότησης που συνδέονται με αυτές τις απελευθερώσεις κλήσεων, οι οποίες δεν είναι συγκεκριμένες για το GSM.

Μια επικοινωνία μπορεί σε κάθε στιγμή να σταματήσει από έναν από τους δύο χρήστες. Ένας χρήστης θα υποδείξει ότι επιθυμεί να ολοκληρώσει την κλήση με την αντικατάσταση του ακουστικού τηλεφώνου, ή με την πληκτρολόγηση του πλήκτρου τέλους, κ.λπ.. Στην περίπτωση ενός κινητού σταθμού GSM, μια τέτοια ενέργεια μεταφράζεται από τον κινητό σταθμό σε ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ (σχήμα 3.17). Το αποτέλεσμα είναι ότι η κλήση είναι «αποσυνδεδεμένη», στη λογική ότι το άλλο συμβαλλόμενο μέρος ειδοποιείται για την πλήρη λήξη της κλήσης (στην περίπτωση μιας κλήσης ISDN, το MSC στέλνει ένα μήνυμα ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ISUP για να το επιτύχει αυτό) και η δίπλα-δίπλα σύνδεση ολοκληρώνεται. Η κλήση εντούτοις δεν απελευθερώνεται πλήρως σε αυτή τη φάση. Το τοπικό πλαίσιο μεταξύ του MSC και του κινητού σταθμού κρατιέται, επιτρέποντας την ολοκλήρωση των δευτερευόντων στόχων, όπως η ένδειξη δαπανών. Όταν το MSC καθορίζει ότι η κλήση δεν έχει άλλο λόγο ύπαρξης, στέλνει ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ στον κινητό σταθμό, ο οποίος απαντά με ένα μήνυμα RIL3-CC ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ. Μόνο τότε απελευθερώνονται οι συνδέσεις χαμηλότερων επιπέδων (εκτός αν χρησιμοποιούνται παράλληλα για κάποιο άλλο λόγο) και ο κινητός σταθμός επιστρέφει σε κατάσταση μη απασχόλησης.

Στην πραγματικότητα, η διαδικασία φάση 1, που περιγράφεται στις *προδιαγραφές* απαιτεί από το MSC να στείλει το μήνυμα RIL3-CC ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ αμέσως αφότου λάβει το μήνυμα RIL3-CC ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ. Αυτό είναι σύμφωνο με το γεγονός ότι δεν υπάρχει στη φάση 1 καμία δυνατότητα για το χρήστη να ανταλλάξει τα δεδομένα σηματοδότησης κατά τη διάρκεια της περιόδου μεταξύ της αποσύνδεσης και της απελευθέρωσης. Η διαδικασία φάση 1 απελευθέρωση, θα μπορούσε έπειτα να έχει σχεδιαστεί με έναν απλούστερο τρόπο, π.χ., χρησιμοποιώντας δύο μηνύματα μόνο. Η επιλογή μιας πιο σύνθετης τριπλής διαδικασίας έγινε για να μην εμποδιστούν οι μελλοντικές δυνατότητες.



Σχήμα 3.17 – Απελευθέρωση κλήσης

Η διαδικασία απελευθέρωσης είναι μια τριπλή διαδικασία.

Η περίπτωση μιας απελευθέρωσης που προκαλείται από τον άλλο χρήστη γίνεται με παρόμοιο τρόπο: το MSC λαμβάνει ένα μήνυμα ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ ISUP, το οποίο προκαλεί την προώθηση του μηνύματος RIL3-CC ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ προς τον κινητό σταθμό, που επεξηγεί καλύτερα πώς να αντιμετωπιστεί ένας ασυνήθιστος τερματισμός. Ο κινητός σταθμός πρέπει να απαντήσει με ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ, που αναγνωρίζεται από ένα μήνυμα RIL3-CC ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ από το δίκτυο. Μεταξύ του MS και του MSC, η διαδικασία είναι συμμετρική με αυτήν που χρησιμοποιήθηκε όταν η απελευθέρωση ξεκινάει από την πλευρά του κινητού σταθμού. Όπως στην περίπτωση της εγκατάστασης κλήσης, αυτή η διαδικασία δεν είναι κατάλληλη για την κατάσταση όταν περιλαμβάνεται το PSTN. Οι εξηγήσεις για την αποσύνδεση δίνονται έπειτα εάν είναι απαραίτητο ως τόνοι ή ανακοινώσεις. Για να αντιμετωπίσουμε αυτήν την περίπτωση, το μήνυμα RIL3-CC ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ μπορεί να εμπεριέχει έναν δείκτη ΠΡΟΟΔΟΥ, οπότε σε αυτή την περίπτωση ο κινητός σταθμός μπορεί να κρατήσει την ακουστική σύνδεση, και η απελευθέρωση θα ολοκληρωθεί κατόπιν ύστερα από πρωτοβουλία του δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση τα μηνύματα DISCONNECT και ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗΣ προέρχονται από το δίκτυο.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ IN-CALL

Έχουμε δει μέχρι τώρα πώς δρομολογούνται οι κλήσεις, εγκαθίστανται και απελευθερώνονται. Μεταξύ της εγκατάστασης και της φάσης απελευθέρωσης, η κλήση θεωρείται «ενεργή». Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, διάφορα γεγονότα μπορούν να συμβούν που απαιτούν μερικές πρόσθετες λειτουργίες στο επίπεδο ελέγχου κλήσης, παραδείγματος χάριν, ο τύπος υπηρεσίας μπορεί να αλλάξει μέσα στην ίδια κλήση, ο χρήστης μπορεί να θελήσει να κάνει μεταβαίνει σε διάφορων κλήσεων ή μπορεί να θελήσει να πληκτρολογήσει μερικά πλήκτρα για να στείλει τα σήματα ελέγχου στο άλλο συμβαλλόμενο μέρος (π.χ., στην ταχυδρομική θυρίδα φωνής του). Ας εξετάσουμε αυτά τα γεγονότα με τη σειρά και ας περιγράψουμε τις αντίστοιχες διαδικασίες ελέγχου κλήσης.

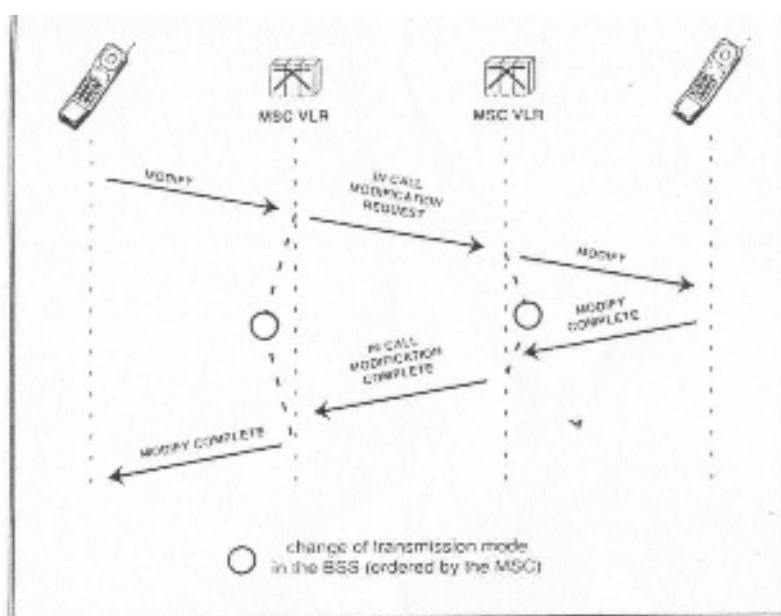
### *Οι υπηρεσίες εναλλαγής*

Μερικές από τις υπηρεσίες που προτείνονται στο GSM, επιτρέπουν στο χρήστη να επιλέξει μεταξύ δύο καταστάσεων μετάδοσης, της ομιλίας και των δεδομένων. Ένα σημαντικό παράδειγμα (η μοναδική περίπτωση φάσης 1, άλλες υπηρεσίες εναλλαγής που είναι μέρος της φάσης 2) είναι η εναλλαγή ομιλία/φαξ. Μερικά μέσα σηματοδότησης εισάγονται στις *προδιαγραφές* για να συντονίσουν τη μετάβαση όλων των μηχανών μεταξύ της αλυσίδας μετάδοσης από τη μία κατάσταση στην άλλη. Οι αντίστοιχες διαδικασίες θα χρησιμοποιηθούν πλήρως, κυρίως στη φάση 2 της υλοποίησης, όπου θα διορθωθούν και θα ενισχυθούν. Επομένως θα τους περιγράψουμε εν συντομία, εξετάζοντας την περίπτωση μιας κινητής προς κινητή κλήσης fax.

Για την εφαρμογή fax, η επιλογή των καταστάσεων μετάδοσης εκκινείται πάντα από το χρήστη, μέσω κάποιας εντολής ανθρώπου-μηχανής, και ισχύει μόνο στο τέλος της κλήσης. Αυτό μεταφράζεται από τον κινητό σταθμό σε ένα μήνυμα RIL3-CC ΤΡΟΠΟΠΟΙΣΗ, που στοχεύει στο MSC. Σε αυτή τη φάση ο κινητός σταθμός δεν παίρνει την πρωτοβουλία να αλλαχτεί η κατάσταση μετάδοσής του. Όταν το MSC που εξυπηρετεί τον ενεργοποιημένο κινητό σταθμό, λαμβάνει το μήνυμα, αλλάζει εφόσον ενδείκνυται την λειτουργία αλληλεπίδρασης, και έπειτα διατάζει την αλλαγή



της κατάστασης στο BSC, το οποίο είναι υπεύθυνο για τις πτυχές μετάδοσης στο MS προς MSC τμήμα. Είναι το BSC που θα διατάξει την αποτελεσματική αλλαγή κατάστασης μετάδοσης στον κινητό σταθμό (αυτό είναι έξω από το πεδίο του ελέγχου κλήσης, και έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 6) και το BTS. Όταν η αλλαγή της κατάστασης μετάδοσης υποδεικνύεται επιτυχώς πίσω στο MSC, αυτό στέλνει στον κινητό σταθμό το μήνυμα RIL3-CC ΠΛΗΡΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ. Κατόπιν, όταν η νέα κατάσταση είναι δεδομένων, εκτελούνται οι περαιτέρω διαδικασίες επανασύνδεσης που απαιτούνται από την υπηρεσία (συγχρονισμός, εντολές αποδιαμορφωτών...).



Σχήμα 3.18 – Διαδικασία in-call διαμόρφωσης

Η αλλαγή της κατάστασης μέσα στην κλήση ελέγχεται από μια διαδικασία ελέγχου κλήσης, η οποία με τη σειρά προκαλεί τις σχετικές ενέργειες στο επίπεδο των ραδιοπύργων, ώστε να αλλάξει τον τύπο σύνδεσης στην κατάλληλη κατάσταση.

Στο άλλο άκρο, πρέπει να πραγματοποιηθεί η ίδια διαδικασία, η οποία προκαλείται από τον άλλο χρήστη. Το σημαντικό σημείο είναι ότι το παρεμβαλλόμενο σύστημα δεν φροντίζει για το συγχρονισμό των δύο αλλαγών. Σε μερικές περιπτώσεις, το άλλο άκρο γνωρίζει την αλλαγή από το fax στην ομιλία με την ακοή ή την ανίχνευση της έναρξης της ανταλλαγής τόνου αποδιαμορφωτών, και μόνο έπειτα θα ζητήσει την τροποποίηση της κατάστασης στην πλευρά του.

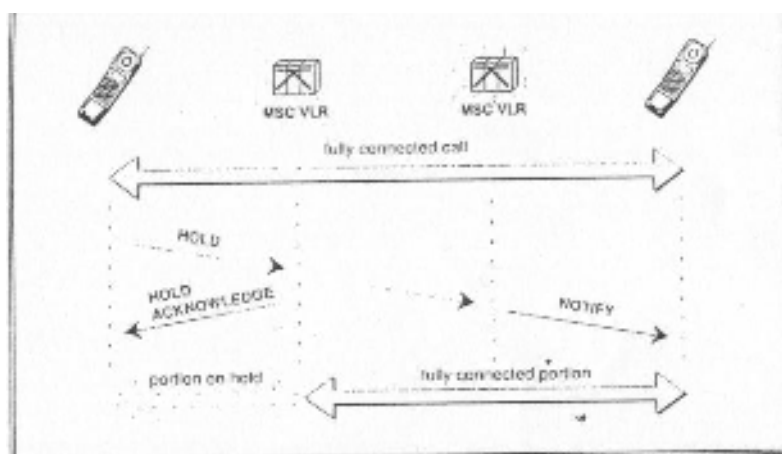
Γιατί διευκρινίστηκε έτσι; Η υπηρεσία εναλλαγής φαξ/ομιλίας είναι από τη φύση της σχεδιασμένη για την αλληλεπίδραση με το PSTN. Σαφώς, η ένδειξη αλλαγής κατάστασης σε μια άλλη ακρότητα στο PSTN, ή ακόμα και απλά μέσω του PSTN, δεν είναι δυνατή. Αυτό προέρχεται απλά από το PSTN που δεν ιάνει εξοπλισμένο για αυτό το είδος σηματοδότησης. Δεν υπάρχει έπειτα σε αυτές τις περιπτώσεις καμία εναλλακτική λύση να αφήσει τους χρήστες να αντιμετωπίσουν το συντονισμό, οι ίδιοι. Τα πράγματα μπορούν να είναι διαφορετικά στην περίπτωση μιας πλήρους συμβατής με το ISDN κλήσης (μέσω του ISDN, και τερματισμού παραδείγματος χάριν στο ISDN ή στο GSM). Το ISUP υποστηρίζει αυτήν την λειτουργία, και οι πληροφορίες που δείχνουν ότι ένα άκρο έχει ζητήσει την αλλαγή της κατάστασης μετάδοσης φέρονται από ένα μήνυμα ISUP IN-CALL ΑΙΤΗΣΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ. Το σχήμα 3.18 επεξηγεί αυτήν την περίπτωση. Η παραλαβή αυτού του μηνύματος στο άλλο άκρο προκαλεί την αποστολή, από το MSC, ενός μηνύματος RIL3-CC ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ, και μια διαταγή στο BSC να αλλαχτεί η κατάσταση μετάδοσης για αυτό το τμήμα MSC-MS. Τελικά, ο κινητός σταθμός θα απαντήσει με το μήνυμα RIL3-CC ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ, το BSC θα δείξει τη σωστή ολοκλήρωση της εντολής, και έπειτα το MSC μπορεί να αναφέρει αυτήν την επιτυχή έκβαση στο άλλο άκρο, με ένα μήνυμα ISUP IN-CALL ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ. Υπάρχει απαραίτητως μια (μικρή) χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας η δίπλα-δίπλα πορεία μετάδοσης δεν είναι συνεπής, προτού να μπορέσει η μετάδοση να επαναληφθεί στη νέα κατάσταση. Θυμηθείτε ότι η πλήρης διαδικασία, όπως περιγράφεται εδώ, θα είναι σε χρήση μόνο στη φάση 2, παρόλο που ένα μεγάλο κομμάτι από αυτή έχει ήδη διευκρινιστεί.

### *Χειρισμός πολλαπλών κλήσεων*

Ως προκαταρκτικό σε αυτό το τμήμα, θα επιθυμούσαμε να υπενθυμίσουμε στον αναγνώστη ότι όλες οι περιπτώσεις των πολλαπλών κλήσεων είναι επίσης χαρακτηριστικά γνωρίσματα της φάσης 2. Οι προδιαγραφές τους δεν σταμάτησαν κατά την διάρκεια του γραψίματος αυτού του βιβλίου. Επομένως δεν θα εξετάσουμε το ζήτημα με μεγάλη λεπτομέρεια, αλλά εν συντομία θα περιγράψουμε τις διαδικασίες που επιτρέπουν στους χρήστες να μεταπηδούν μεταξύ αρκετών κλήσεων παράλληλα.

Έχουμε συναντήσει ήδη μια περίπτωση πολλαπλών κλήσεων, η οποία είναι η αναμονή κλήσης, όταν στέλνεται ένα μήνυμα RIL3-CC ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ σε έναν κινητό σταθμό που συμμετέχει πλήρως σε μια άλλη επικοινωνία. Όπως είδαμε σε εκείνο το παράδειγμα, και αληθινό σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, η αντιμετώπιση των πολλαπλών κλήσεων περιλαμβάνει μόνο τον κινητό σταθμό και το MSC εξυπηρετητή. Πέρα από αυτό το σημείο στο δίκτυο, οι κλήσεις είναι όλες ανεξάρτητες, και διαχειρίζονται υπό αυτήν τη μορφή. Οι σχετικές λειτουργίες είναι έπειτα ουσιαστικά τοπικές στο GSM.

Το βασικό ζήτημα που εγείρεται από την ανάγκη που προκύπτει να ανταλλαχθούν μηνύματα σηματοδότησης σχετικά με διάφορες παράλληλες κλήσεις, λύνεται, όπως έχει αναφερθεί ήδη, από την έννοια των παράλληλων συναλλαγών ελέγχου κλήσης, τα μηνύματα των οποίων διακρίνονται από ένα προσδιοριστικό συναλλαγής. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στις δραστηριότητες σηματοδότησης να λάβουν χώρα για διάφορες κλήσεις, και αυτό μπορεί να γίνει ακόμα και όταν μια από αυτές είναι πλήρως συνδεδεμένη (μέσω του γρήγορου σχετικού σχεδίου σηματοδότησης). Εντούτοις, οι μόνες περιπτώσεις όπου αυτό επιτρέπεται, είναι η απόρριψη μιας νεοαφιχθήσας κλήσης (αναμονή κλήσης) ή η απελευθέρωση μια άλλης σε αναμονή. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις ο χρήστης μπορεί να παρεμβληθεί σε μια κλήση μόνο εάν όλες οι άλλες είναι σε αναμονή.

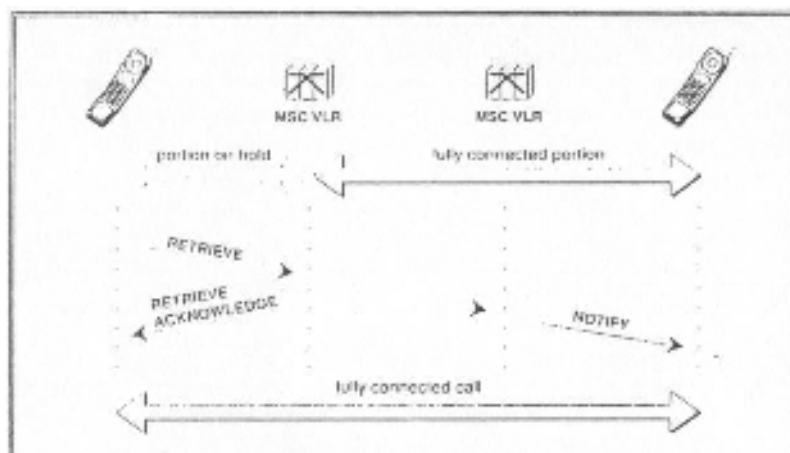


Σχήμα 3.19 – Αναμονή κλήσης

Εδώ ο χρήστης Α τοποθετεί το άκρο του μιας κινητό προς κινητό κλήσης σε αναμονή.

Η τοποθέτηση κλήσεων σε αναμονή, και η ανάκτηση τους, αντιπροσωπεύει τις δύο σημαντικότερες ενέργειες στην περιοχή των πολλαπλών κλήσεων. Ο χρήστης βάζει ένα τέλος στην αναμονή μιας επικοινωνίας ύστερα από δική του απαίτηση. Αυτή η ενέργεια προκαλεί τη διαδικασία που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.19. Πρώτα, ο κινητός σταθμός στέλνει ένα μήνυμα RIL3-CC ANAMONΗΣ στο MSC. Στην παραλαβή του μηνύματος, το MSC αναγνωρίζει τη νέα κατάσταση με ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ, και εάν ιάνει δυνατό προειδοποιεί το άλλο συμβαλλόμενο μέρος. Σε ένα περιβάλλον ISDN, αυτό γίνεται με ένα μήνυμα ISUP ΑΝΑΣΤΟΛΗ, που θα ήταν, στην περίπτωση ενός χρήστη GSM στο άλλο άκρο, μεταφρασμένο σε ένα μήνυμα RIL3-CC ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ. Αυτά τα μηνύματα είναι μόνο ενδεικτικά, και δεν συνεπάγονται οποιαδήποτε αλλαγή κατάστασης στο άλλο άκρο. Πρέπει να σημειωθεί πάλι ότι η συνθήκη αναμονής, αναφέρεται σε ένα ενιαίο άκρο της επικοινωνίας, έτσι ώστε μια κλήση μπορεί να είναι στη μια από τις τέσσερις καταστάσεις, ανάλογα με εάν καμία, μια ή και τα δύο άκρα είναι σε αναμονή.

Η αντίστροφη διαδικασία συνίσταται στην επανάληψη της πλήρους σύνδεσης στο τέλος της επικοινωνίας, η οποία τέθηκε σε αναμονή. Ονομάζεται διαδικασία «ανάκτησης», και μπορεί να γίνει ένα δεν είναι συνδεδεμένη καμία άλλη κλήση. Συνίσταται στην ανταλλαγή ενός μηνύματος RIL3-CC ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ και του αντίστοιχου μηνύματος RIL3-CC ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ. Επίσης το άλλο άκρο μπορεί να ειδοποιηθεί σε ένα πλήρες περιβάλλον ISDN/GSM, χρησιμοποιώντας στο GSM ράδιο μέρος, ένα μήνυμα RIL3-CC ΔΗΛΩΣΗΣ. Η διαδικασία παρουσιάζεται στο σχήμα 3.20.



Σχήμα 3.20 –

Ανακτώντας μια κλήση σε αναμονή

Ο χρήστης μπορεί να επαναλάβει μια δίπλα-δίπλα επικοινωνία σε μια κλήση που ήταν προηγουμένως σε αναμονή, χρησιμοποιώντας για αυτό τον λόγο την διαδικασία ανάκτησης.

Μόλις όλες οι υπάρχουσες κλήσεις είναι σε αναμονή, ο χρήστης μπορεί να ανακτήσει οποιαδήποτε από αυτές, να απελευθερώσει οποιαδήποτε από αυτές, να εγκαταστήσει μια νέα (εάν ο μέγιστος αριθμός παράλληλων επικοινωνιών το επιτρέπει), ή να απαντήσει σε μια εκκρεμή κινητού τερματισμού κλήση. Αυτή η τελευταία διαδικασία δεν γίνεται από μια διαδικασία ανάκτησης, αλλά με την αποστολή του μηνύματος RIL3-CC ΣΥΝΔΕΣΗΣ, όπως περιγράφεται στην περίπτωση της κινητού τερματισμού κλήσης.

Μια άλλη ενέργεια που μπορεί να γίνει στην κατάσταση σύνδεσης είναι να συγχωνευθούν οι κλήσεις σε μια πολυμερή διάσκεψη. Ακριβέστερα, ένας χρήστης μπορεί να ζητήσει τη σύσκεψη των κλήσεών του. Στα άλλα άκρα, οι κλήσεις δεν έχουν τίποτα συγκεκριμένο από μια την πλευρά της διαχείρισης. Για να συγχωνευθούν οι κλήσεις πρέπει να υπάρξουν όταν ζητείται η σύσκεψη. Το πρώτο βήμα θα είναι έπειτα να συγχωνευθούν δύο κλήσεις, η ενεργή και η κρατημένη (δεν μπορεί να υπάρξει παραπάνω από μια κλήση σε αναμονή εάν μια άλλη είναι ενεργή). Αργότερα μπορούν να προστεθούν και άλλες κλήσεις στο ίδιο άκρο τοποθετώντας τα πολλαπλά συμβαλλόμενα μέρη σε αναμονή, εγκαθιστώντας μιας νέα κλήση, και τοποθετώντας σε σύσκεψη τη νέα κλήση και τα πολλαπλά συμβαλλόμενα μέρη. Οι κλήσεις σε πολλαπλά συμβαλλόμενα μέρη μπορούν να αποσυνδεθούν προσωρινά, ή

να απελευθερωθούν ανεξάρτητα. Η πολυμερής κατάσταση εξαφανίζεται όταν μειώνεται σε μία κλήση.

### **Η μετάδοση των ακουστικών τόνων**

Στο PSTN ο διπλός πολυσυχνικός τόνος αναφέρεται στη μετάδοση των τόνων διπλής συχνότητας που παράγονται στη λεκτική πορεία με την πληκτρολόγηση πλήκτρων με αριθμούς, του τηλεφωνικού συνόλου, (ή με μια χωριστή γεννήτρια τόνων με τα παλιά τηλεφωνικά σύνολα!). Η προδιαγραφή του κινητού σταθμού GSM ζητά να μην παραχθούν οι τόνοι DTMF από τον κινητό σταθμό, αλλά αντί αυτού από το MSC για να αποφευχθεί η λεκτική κωδικοποίηση των 13 Kbit/s. Αντιθέτως τα μηνύματα σηματοδότησης στέλνονται ως αποτέλεσμα της πληκτρολόγησης στην πλευρά του κινητού σταθμού, και οι τόνοι παράγονται από το MSC κατά την υποδοχή τέτοιων μηνυμάτων. Σημειώστε ότι αυτό ισχύει μόνο για τη μετάδοση από τον κινητό σταθμό. Τίποτα δεν αποκλείει την αποστολή τόνων DTMF σε έναν κινητό σταθμό, και θα περάσουν από τη διαδικασία κωδικοποίησης των 13 Kbit/s. Κατά συνέπεια, δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι ένας δέκτης DTMF, που ακούει το μεγάφωνο του κινητού σταθμού, θα αναγνωρίσει τους τόνους.

Η διαδικασία δεν είναι τόσο απλή, επειδή η περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας ένας τόνος παράγεται, είναι υπό τον έλεγχο του χρήστη, και επειδή θεωρήθηκε απαραίτητο ότι το MSC πρέπει αναγνωρίζει αυτά τα μηνύματα (αν και η πιθανότητα της απώλειας του μηνύματος RIL3-CC χωρίς να κοπεί η κλήση είναι πολύ μικρή, χάρη στα πρωτόκολλα των χαμηλότερων επιπέδων). Σαν αποτέλεσμα, η αποστολή ενός τόνου απαιτεί τέσσερα μηνύματα RIL3-CC, και αυτό δεν περιλαμβάνει το τις αναγνωρίσεις του επιπέδου 2. Η παραγωγή ενός τόνου αρχίζει από ένα μήνυμα RIL3-CC ENΑΡΞΗ DTMF, το οποίο αναγνωρίζεται από το MSC με το μήνυμα RIL3-CC ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ENΑΡΞΗ DTMF (ή εναλλακτικά απορρίπτεται διαδοχικά με ένα μήνυμα RIL3-CC ΑΠΟΡΡΙΨΗ ENΑΡΞΗ DTMF). Ο τόνος σταματάει με την αποστολή ενός μηνύματος RIL3-CC ΠΑΥΣΗ DTMF, η παύση του οποίου αναγνωρίζεται προβλέψιμα από το μήνυμα RIL3-CC ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΑΥΣΗΣ DTMF. Αυτό επαναλαμβάνεται για κάθε τόνο, με συνέπεια συνολικά 40 μηνύματα για την αποστολή ενός αριθμού δέκα ψηφίων.

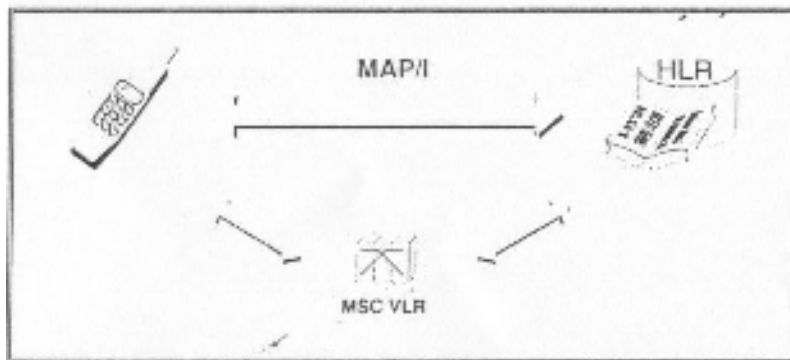
## **ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

Στα προηγούμενα τμήματα, έχουν περιγραφεί διάφορες συμπληρωματικές υπηρεσίες όσον αφορά στην αλληλεπίδρασή τους με το χειρισμό κλήσης (π.χ., προώθηση κλήσης, αναμονή κλήσης ή κράτημα κλήσης). Οι περισσότερες από αυτές τις λειτουργίες μπορούν να ενεργοποιηθούν (επιτρέποντας τη χρήση τους ή την επίδρασή τους) και να απενεργοποιηθούν (αποτρέποντας τη χρήση τους ή σταματώντας την επίδρασή τους) από το συνδρομητή, και μερικές έχουν τις παραμέτρους που πρέπει να τεθούν ή μπορούν να αλλάξουν, τέτοιες όπως π.χ., ο αριθμός προώθησης. Τα μέσα σηματοδότησης παρέχονται για να υποστηρίξουν την τροποποίησή τους, ή για να ελέγξουν την αξία τους, από το συνδρομητή και χρησιμοποιώντας τον κινητό σταθμό για να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο GSM. Θα περιγραφούν τώρα.

### **Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

Οι απαιτήσεις σηματοδότησης για τη διαχείριση συμπληρωματικών υπηρεσιών περιλαμβάνει ενεργά μόνο δύο οντότητες: τον κινητό σταθμό και το HLR, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.21. Οι ανταλλαγές σηματοδότησης ομαδοποιούνται σε ένα ειδικό πρωτόκολλο, που ονομάζεται MAP/I, το οποίο διαφέρει από το άλλο πρωτόκολλο MAP στο γεγονός ότι ο ένας από τους δύο «πρωταγωνιστές» του πρωτοκόλλου είναι ο κινητός σταθμός, ο οποίος δεν συνδέεται άμεσα με το σύστημα σηματοδότησης CCITT αριθμός 7, δίκτυο (SS7 δίκτυο). Μεταξύ του κινητών σταθμού και του MSC/VLR, τα μηνύματα MAP/I δεν φέρονται από το SS7, αλλά φέρονται στα μηνύματα RIL3-CC που συμπυκνώνονται σε ένα στοιχείο πληροφοριών ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ, καθένα από αυτά σαν αυτοτελής πληροφορία (στα μηνύματα RIL3-CC ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ, τα οποία μπορούν να φερθούν στην πραγματικότητα κάτω από έναν ειδικό διευκρινιστή πρωτοκόλλου, SS), ή ως πληροφορίες που φέρονται σε άλλα μηνύματα RIL3-CC όπως η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ή η ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ. Η ακριβής έννοια ενός μηνύματος ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ή ενός στοιχείου πληροφοριών ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ, που προέρχεται από τον κινητό σταθμό, καθορίζεται από τις πληροφορίες μέσα στο μήνυμα ή το στοιχείο. Είναι μόνο μεταφορείς, περιορισμένης σημασιολογικής αξίας. Σε μερικές περιπτώσεις (όπως για

τη διαχείριση μιας πολυμερούς διάσκευσης) η έννοια της δυνατότητας είναι τοπική, και αφορά την κλήση. Σε αυτήν την περίπτωση το MSC/VLR μεταχειρίζεται αυτά τα μηνύματα μόνο του. Στις άλλες περιπτώσεις, το μήνυμα προωθείται από το MSC/VLR στο HLR. Στην άλλη κατεύθυνση τα πράγματα είναι απλούστερα για το MSC/VLR, δεδομένου ότι όλα τα μηνύματα MAP/I προωθούνται στον κινητό σταθμό.



Σχήμα 3.21 – Πρωτόκολλα για διαδικασίες συμπληρωματικών υπηρεσιών.

Οι χρήστες μπορούν να ελέγξουν και να αλλάξουν τη θέση των συμπληρωματικών τους υπηρεσιών μέσω του GSM. Το MSC/VLR ενεργεί μόνο ως ηλεκτρονόμος για το αντίστοιχο MAP/I πρωτόκολλο, το οποίο αντιμετωπίζεται μεταξύ του κινητού σταθμού και του HLR.

Συμπληρωματικές υπηρεσίες	Ακολουθία κλειδιών
Απεριόριστη προώθηση κλήσης εφαρμοζόμενη στην τηλεφωνία	**21*[αριθμός προώθησης] *11#[SEND]
Προώθηση κλήσης σε απασχόληση εφαρμοζόμενη σε όλες τις βασικές υπηρεσίες	**67*[αριθμός προώθησης]*[SEND]
Φραγή σε όλες τις εξερχόμενες κλήσεις εφαρμοζόμενες σε όλες τις βασικές υπηρεσίες	*33*[κωδικός πρόσβασης]#[SEND]
Γενική απενεργοποίηση όλων των υπηρεσιών φραγής κλήσεων	*330*[κωδικός πρόσβασης]*[SEND]
Αλλαγή κωδικού πρόσβασης για όλες τις συμπληρωματικές υπηρεσίες που απαιτούν κωδικό	**03**[παλιός κωδικός πρόσβασης]*[νέος κωδικός πρόσβασης]*[νέος κωδικός]



	πρόσβασης]#[SEND]
--	-------------------

Πίνακας 3.2 – Εντολές γενικής διεπαφής ανθρώπου-μηχανής

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ

Η διαχείριση δυνατότητας μπορεί να γίνει κάθε στιγμή, κατά παράκληση του χρήστη. Ένα γενικό, αλλά όχι πολύ φιλικό προς το χρήστη, πρωτόκολλο ανθρώπου-μηχανής μπορεί να βρεθεί στις *προδιαγραφές*. Διευκρινίζει πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν οι εντολές από το χρήστη στο πληκτρολόγιο του κινητού σταθμού του. Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί μόνο τα 12 βασικά πλήκτρα τηλεφωνίας (τα 10 ψηφία, συν τα \* και #), και τα παραδείγματα από αυτό δίνονται στον πίνακα 3.2. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της γενικής μεθόδου είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για νέες λειτουργίες στο μέλλον χωρίς να πρέπει να τροποποιηθούν οι κινητοί σταθμοί. Εντούτοις, είναι πιθανό ότι οι κατασκευαστές κινητών σταθμών θα προσθέσουν τις πιο φιλικές μεθόδους, για να βοηθήσουν τους χρήστες να ελέγξουν αποτελεσματικά τις διαφορετικές λειτουργίες, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την άνεση των χρηστών.

Οποιαδήποτε μέθοδος χρησιμοποιείται από το συνδρομητή για να τον έλεγχο των εντολών, ο κινητός σταθμός θα παραγάγει τα μηνύματα σηματοδότησης για να σταλούν στο δίκτυο. Εάν υπάρχει ήδη μια σύνδεση σηματοδότησης μεταξύ του MS και του MSC, χρησιμοποιείται, διαφορετικά δημιουργείται μια νέα. Οι διαδικασίες μπορούν να γίνουν παράλληλα με οποιαδήποτε άλλη διαδικασία, συμπεριλαμβανομένης μιας επικοινωνίας που είναι πλήρως λειτουργική. Τα μηνύματα σχετικά με τη διαχείριση ανεξάρτητης δυνατότητας κλήσης διακρίνονται έπειτα από σχετικά με την κλήση μηνύματα από έναν χωριστό διευκρινιστή πρωτοκόλλου, και μεταξύ τους από τα διαφορετικά προσδιοριστικά συναλλαγής, εάν υπάρχουν διάφορες συναλλαγές.

Συμπληρωματικές υπηρεσίες	Τύπος μηνύματος ενεργοποίησης	Παράμετροι ενεργοποίησης
---------------------------	-------------------------------	--------------------------

Απεριόριστη προώθηση κλήσης σε απασχόληση, σε μη προσιτό προορισμό	ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ SS	Αριθμός προώθησης. βασική υπηρεσία
Προώθηση κλήσης στην απάντηση	ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ SS	Αριθμός προώθησης. βασική υπηρεσία
Φραγή κλήσης	ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ SS	Βασική υπηρεσία

Πίνακας 3.3 – Ενεργοποίηση συμπληρωματικών υπηρεσιών.

Τα μηνύματα δυνατότητας αναφέρονται σε διαφορετικά είδη διαδικασιών, γεγονός το οποίο μπορεί να διαιρεθεί σε διάφορες κατηγορίες. Πρώτα βρίσκουμε τα μηνύματα που επιτρέπουν την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση των λειτουργιών. Υπάρχουν αρκετά τέτοια μηνύματα, με οριακές διαφορές. Η ενεργοποίηση (ως ένας γενικός όρος) κάνει χρήση των μηνυμάτων MAP/I ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ του SS, ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ του SS ή ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ του SS. Επιπρόσθετα, η απενεργοποίηση (ως γενικός όρος) χρησιμοποιεί τα μηνύματα MAP/I ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ του SS ή ΔΙΑΓΡΑΦΗ του SS. Η επιλογή του μηνύματος που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τη λειτουργία. Ένα τέτοιο μήνυμα περιέχει μια αναφορά στη λειτουργία που ενεργοποιεί ή που απενεργοποιεί, μια αναφορά στη βασική υπηρεσία (ομιλία, fax, σύντομο μήνυμα...) στην οποία είναι συνδεδεμένες, και, για την ενεργοποίηση, διάφορες παραμέτρους ανάλογα με τη λειτουργία. Ο πίνακας 3.3 δείχνει, για μερικές από τις σημαντικότερες συμπληρωματικές υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών της φάσης 1, ποιος τύπος παραμέτρων ενεργοποίησης είναι σχετικός.

Μια δεύτερη ομάδα μηνυμάτων επιτρέπει στο χρήστη (ας τον ονομάσουμε Finn) να ερευνήσει την κατάσταση των λειτουργιών του. Αυτή αποτελείται από το μήνυμα MAP/I ΕΞΕΤΑΣΗ του SS και την απάντησή του. Ένα μήνυμα εξέτασης αναφέρεται σε μια μόνο λειτουργία, η οποία αναφέρεται στο μήνυμα. Η απάντηση περιέχει την αξία και τις διαφορετικές παραμέτρους όπως τίθενται στο HLR για αυτήν την λειτουργία. Σαν εξαίρεση στο γενικό κανόνα ότι τα μηνύματα MAP/I αντιμετωπίζονται μεταξύ του κινητού σταθμού και του HLR, οι *προδιαγραφές* θεωρούν ότι το μήνυμα MAP/I ΕΞΕΤΑΣΗΣ του SS αντιμετωπίζονται μεταξύ του

κινητού σταθμού και του MSC/VLR όταν αναφέρεται στην υπό όρους προώθηση κλήσης.

Τελικά εξετάζουμε το χειρισμό των κωδικών πρόσβασης. Ένας κωδικός πρόσβασης μπορεί πράγματι να συνδεθεί με κάθε λειτουργία, ως πρόσθετη προστασία για το συνδρομητή ενάντια σε μια τροποποίηση της θέσης ή των παραμέτρων του από ένα τρίτο πρόσωπο. Το μήνυμα MAP/I ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΚΩΔΙΚΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ επιτρέπει στον Finn να θέσει, να αλλάξει ή παύσει έναν κωδικό πρόσβασης σε σχέση με μια δεδομένη λειτουργία. Αντιθέτως, το μήνυμα MAP/I ΛΗΨΗΣ ΚΩΔΙΚΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ και η αναγνώρισή του μεταβιβάζει αντίστοιχα ένα αίτημα από το HLR ώστε να παρασχεθεί ο κωδικός πρόσβασης και ο ίδιος ο κωδικός πρόσβασης, όπως δίνεται από το χρήστη. Αυτό τίθεται σε λειτουργία φυσικά από το HLR όταν παραλαμβάνεται ένα αίτημα που επεμβαίνει στην ενδιαφερόμενη λειτουργία δυνατότητα.

Όλα τα μηνύματα που έχουμε δει μέχρι τώρα αφορούν τις περιπτώσεις όπου ο κινητός σταθμός καταλαβαίνει ακριβώς τι γίνεται. Εάν οι εντολές διαχείρισης της λειτουργία εισάγονται ως ακολουθία ψηφίων, # και \*, ένα μήνυμα MAP/I ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΗ ΔΟΜΗΜΕΝΩΝ SS ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ στέλνεται από τον κινητό σταθμό. Εάν απαιτείται κωδικός πρόσβασης, πρέπει να περιέχεται στο αίτημα. Ο έλεγχος κατάστασης δεν είναι δυνατός με αυτόν τον τρόπο. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στους χειριστές να εισάγουν νέες υπηρεσίες μεταξύ του χρήστη και του εγχώριου δικτύου, χωρίς την ανάγκη να τις χειριστούν με έναν συγκεκριμένο τρόπο, οι υπάρχοντες κινητοί σταθμοί ή άλλα δίκτυα. Υπό αυτήν τη μορφή, συμβάλλει στην συμβατότητα του συστήματος.

Το μήνυμα MAP/I ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ SS ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ χρησιμοποιείται όταν το HLR ανιχνεύει ότι η ενεργοποίηση μιας συμπληρωματικής υπηρεσίας απαιτεί την απενεργοποίηση μιας άλλης υπηρεσίας προκειμένου να αποφευχθούν συγκρούσεις στη λειτουργία των δύο υπηρεσιών.

Το τελευταίο μήνυμα MAP/I, ΕΝΔΕΙΞΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ SS, χρησιμοποιείται έπειτα από πρωτοβουλία του HLR, σε περιπτώσεις όταν μπορεί κάποια αποτυχία να είχε οδηγήσει σε μια λανθασμένη κατάσταση των λειτουργιών

για το συνδρομητή. Ο συνδρομητής καλείται στην ουσία να ελέγξει για τον εάν είναι όλα σωστά.

## **ΣΥΝΤΟΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ**

Όλες οι επικοινωνίες κυκλωματικής φύσης, όπως η μεταφορά ομιλίας ή δεδομένων, εγκαθίστανται, απελευθερώνονται και ρυθμίζονται γενικά από τις διαδικασίες που περιγράφονται στα προηγούμενα τμήματα. Τώρα δείτε πώς οι επικοινωνίες άλλης φύσης αντιμετωπίζονται στο GSM. Οι μόνες υπηρεσίες GSM που δεν απαιτούν τη δίπλα-δίπλα εγκατάσταση μιας πορείας κυκλοφορίας είναι οι υπηρεσίες σύντομων μηνυμάτων. Κατά συνέπεια, η μετάδοση σύντομων μηνυμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί ακόμα κι αν ο κινητός σταθμός είναι ήδη σε πλήρη κυκλωματική επικοινωνία.

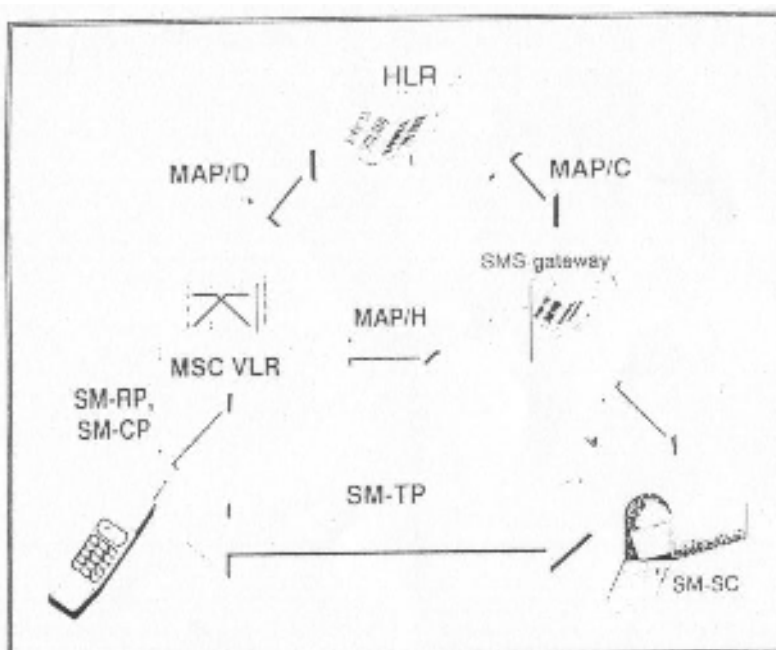
Μια επικοινωνία σύντομων μηνυμάτων περιορίζεται σε ένα μήνυμα, ή με άλλα λόγια η μετάδοση ενός μηνύματος είναι μια επικοινωνία από μόνη της. Η υπηρεσία είναι έπειτα ασύμμετρη, και η μετάδοση κινητής προέλευσης σύντομων μηνυμάτων θεωρείται ως διαφορετική υπηρεσία από την μετάδοση κινητού τερματισμού σύντομων μηνυμάτων. Αυτό δεν αποτρέπει έναν πραγματικό διάλογο, αλλά τα διαφορετικά μηνύματα θεωρούνται ανεξάρτητα από το σύστημα. Η μετάδοση ενός μηνύματος αναμεταδίδεται πάντα από ένα κέντρο υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων (SM-SC), που θεωρείται εξωτερικό GSM<sup>1</sup>. Η συνέπεια είναι ότι η μεταφορά ενός σύντομου μηνύματος πραγματοποιείται πάντα μεταξύ ενός κινητού σταθμού και κάποιου SM-SC από την άποψη της υποδομής του GSM. Εντούτοις, για το χρήστη, το μήνυμα έχει επίσης έναν τελικό προορισμό ή μια προέλευση, που προσδιορίζεται από κάποιο τομέα στο μήνυμα, αλλά σχετικό μόνο για το χρήστη και το SM-SC και όχι για την υποδομή του GSM.

<sup>1</sup> Οι λεπτομερείς λειτουργίες του SM-SC και οι δειπαφές του είναι έξω από το πεδίο των προδιαγραφών. Αυτό εντούτοις δεν αποκλείει από έναν χειριστή GSM να ενεργοποιήσει ένα SM-SC και έτσι να το περιλάβει στο δίκτυό του.

## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Όπως εξηγείται στο κεφάλαιο 2, οι από σημείο προς σημείο υπηρεσίες σύντομων μηνυμάτων που καθορίζονται στο GSM, επιτρέπουν τη μεταφορά των σύντομων μηνυμάτων μεταξύ του κινητού σταθμού και ενός κέντρου υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων, που είναι σε επαφή με τα δίκτυα GSM μέσω συγκεκριμένου MSC, το οποίο ονομάζεται SMS-GMSC (για τα κινητού τερματισμού σύντομα μηνύματα) ή SMS-IWMSC (για τα κινητής προέλευσης σύντομα μηνύματα), αναφέρθηκαν κατωτέρω, όπως στο κεφάλαιο 5, και τα δύο ως «πύλη-SMS». Τα πρωτόκολλα που περιλαμβάνονται στη διαχείριση SMS παρουσιάζονται στο σχήμα 3.22. Περιέχουν τα εξής:

- ο κινητός σταθμός στο πρωτόκολλο SM-SC ενεργοποιεί τη μεταφορά των σύντομων μηνυμάτων, είτε από είτε προς τον κινητό σταθμό. Αυτό το πρωτόκολλο αναφέρεται ως SM-TP (πρωτόκολλο μεταφορών σύντομων μηνυμάτων) αυτό το πρωτόκολλο στηρίζεται στα υποστηριζόμενα πρωτόκολλα που έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο 5.
- το πρωτόκολλο μεταξύ της πύλης-SMS και του HLR επιτρέπει στην πύλη-SMS να εξετάσει το HLR σε αναζήτηση της διεύθυνσης του συνδρομητή όταν είναι σε προσιτή θέση: είναι μέρος του πρωτοκόλλου MAP/C που αναφέρθηκε ήδη για την εξέταση του HLR από ένα GMSC μέσα στην τυποποιημένη διαδικασία ελέγχου κλήσης.



Σχήμα 3.22 – Πρωτόκολλα για τη μεταφορά σύντομων μηνυμάτων.

Τα πρωτόκολλα χαμηλότερων επιπέδων (φαίνονται στο σχήμα σαν βέλη με πιο φωτεινή σκιά) και το SM-TP ενεργοποιούν την παράδοση σύντομων μηνυμάτων ανάμεσα στον κινητό σταθμό και στο SM-SC είτε σε πραγματικό χρόνο ή όταν ο χρήστης γίνει προσιτός, με τη βοήθεια των πληροφοριών που αποθηκεύονται στο HLR

- το πρωτόκολλο μεταξύ του MSC και του HLR, όπως και το πρωτόκολλο μεταξύ HLR και της πύλης-SMS, επιτρέπει την προειδοποίηση του SM-SC όταν ένας κινητός σταθμός χάσει ένα μήνυμα, ενώ ήταν εκτός εμβέλειας αλλά στη συνέχεια γίνεται προσιτός. Αυτή η λειτουργία πρέπει επίσης να υποστηριχθεί στη διεπαφή μεταξύ της πύλης-SMS και του SM-SC, αλλά τα πρωτόκολλα σχετικά με αυτήν την διεπαφή δεν καθορίζονται στις προδιαγραφές.

Φυσικά, απαιτούνται τα πρωτόκολλα εφαρμογής πάνω από το SM-TP (παραδείγματος χάριν για να σχηματοποιήσουν τις πληροφορίες χρηστών), αλλά αυτά τα πρωτόκολλα αποτελούν επιλογή των χειριστών, και είναι έξω από το πεδίο των προδιαγραφών.

Τώρα θα περιγράψουμε τις λειτουργίες αυτών των πρωτοκόλλων με τη σειρά, ξεκινώντας με την περίπτωση των κινητής προέλευσης σύντομων μηνυμάτων.

## **ΚΙΝΗΤΗΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΣΥΝΤΟΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ**

Όταν ένας χρήστης GSM θέλει να στείλει ένα σύντομο μήνυμα, πρέπει σαν ελάχιστο τύπο στο περιεχόμενό του, να προσδιορίσει τον τελικό προορισμό, και τον αριθμό καταλόγου του κέντρου υπηρεσιών που πρέπει να εξετάσει το μήνυμα. Κατόπιν, από κάποια εντολή ανθρώπου-μηχανής, μπορεί να ζητήσει τη μεταφορά του μηνύματος.

Αξίζει να προσέξει κανείς ότι δεν υπάρχει καμία προδιαγραφή σχετικά με τις πτυχές ανθρώπου-μηχανής, του χειρισμού σύντομων μηνυμάτων. Σχεδόν σίγουρα, διάφορες λύσεις θα παρουσιαστούν από τους κατασκευαστές. Οι απλούστεροι κινητοί σταθμοί

θα περιέχουν απαραίτητως μια μικρή οθόνη και ένα λίγο πολύ σύνθετο πληκτρολόγιο, οι οποίες μπορούν να είναι επαρκείς για να υποστηρίξουν το σύντομο μήνυμα που εισάγεται, π.χ., με τους μηχανισμούς διαφυγής ή τα πλήκτρα λειτουργιών για να μιμηθούν ένα πλήρες αλφαβητικό πληκτρολόγιο. Η σύνταξη που εφαρμόζεται στο περιεχόμενο μηνυμάτων είναι άσχετη με το GSM αλλά μπορεί να εξαρτηθεί από το κέντρο υπηρεσιών για συγκεκριμένες εφαρμογές και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να είναι γνωστή από το χρήστη.

Η μετάδοση σύντομων μηνυμάτων απαιτεί την οργάνωση μιας σύνδεσης σηματοδότησης μεταξύ του κινητού σταθμού και του MSC, εάν δεν υπάρχει κανένα αυτήν την περίοδο. Αυτό γίνεται όπως για οποιαδήποτε άλλη επικοινωνία. Η μεταφορά του ίδιου του μηνύματος απαιτεί την εγκατάσταση μιας ειδικής σύνδεσης στρώματος συνδέσεων στη ράδιο πορεία, τη σύνδεση SAPI 3 (δείτε το κεφάλαιο 5), και τη χρήση των συγκεκριμένων πρωτοκόλλων μεταφοράς μηνυμάτων. Στην κορυφή της στοίβας των πρωτοκόλλων είναι το πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς, που αποτελείται στην περίπτωση ενός κινητής προέλευσης μηνύματος από ένα μόνο μήνυμα, το μήνυμα SM-TP SMS-ΑΠΟΔΟΧΗΣ. Τα χαμηλότερα επίπεδα εξετάζουν την παράδοση αναγνώρισης, η οποία δείχνει μόνο ότι το SM-SC έχει λάβει το μήνυμα. Δεν υπάρχει καμία υποστήριξη σε αυτό το επίπεδο μιας αυτόματης αναγνώρισης για να υποδειχθεί ότι το μήνυμα έχει φθάσει στον τελικό προορισμό του. Εάν η εφαρμογή στο SM-SC υποστηρίζει αυτό το είδος υπηρεσίας, η δίπλα-δίπλα αναγνώριση θα σταλεί πιθανώς σε ένα ανεξάρτητο σύντομο μήνυμα. Εν πάση περιπτώσει, το τι κάνει το SM-SC με το μήνυμα είναι έξω από το πεδίο των *προδιαγραφών* και δεν υπάρχει διαθέσιμη βιβλιογραφία στο θέμα μέχρι σήμερα. Τι μπορεί να κάνει ο χρήστης όπως προσφέρεται από το πρωτόκολλο SM-TP είναι να τεθεί ένας χρόνος ισχύος για το μήνυμα, το μετά από τον οποίο το κέντρο υπηρεσιών δεν θα δοκιμάσει να παραδώσει το μήνυμα αλλά θα το καταστρέψει. Υπάρχουν επίσης μερικές προβλέψεις όσον αφορά το σχήμα της διεύθυνσης προορισμού να ζητήσει τη μεταφορά από το SM-SC σε ποικίλες κατευθύνσεις, όπως μηχανές fax, μηχανές τελετέξ, άλλες λειτουργίες διαχείρισης μηνυμάτων,..., και συνδρομητές GSM.

## ΣΥΝΤΟΜΑ ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

Ένα σύντομο μήνυμα που απευθύνεται σε έναν συνδρομητή GSM πρέπει πρώτα να δρομολογηθεί από τον αποστολέα σε ένα κέντρο υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων, και από εκεί έπειτα δρομολογείται στον πραγματικό του προορισμό. Ο τρόπος που το μήνυμα φθάνει αρχικά στο SM-SC είναι άλλη μια φορά έξω από το πεδίο των *προδιαγραφών*. Μπορούμε να φανταστούμε μια μεγάλη ποικιλία από λύσεις για να επιτρέψουν στους χρήστες του PSTN να στείλουν τα μηνύματα προς τους χρήστες GSM, χρησιμοποιώντας τους ανθρώπινους χειριστές ή αλληλεπιδρώντας με άλλες υπηρεσίες όπως το βιντεοτέξ.

Όταν το SM-SC έχει ένα μήνυμα προς αποστολή σε κάποιο συνδρομητή GSM, δημιουργεί το μήνυμα SM-TP SMS-ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ, που περιέχει τα διάφορα κομμάτια πληροφοριών προς όφελος του παραλήπτη. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν ειδικότερα το περιεχόμενο του χρήστη, τον προσδιορισμό του αρχικού αποστολέα, και μια «σφραγίδα» που δείχνει πότε παραλήφθηκε το μήνυμα από το SM-SC. Ομοίως με την περίπτωση της κινητής προέλευσης, το μήνυμα SM-TP SMS-ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ θα μεταφερθεί στις διάφορες διεπαφές, χρησιμοποιώντας τις ικανότητες των πρωτοκόλλων χαμηλότερων επιπέδων που περιγράφονται στο κεφάλαιο 5, ειδικότερα για να μεταβιβάσουν την αναγνώριση πίσω στο SM-SC.

Προτού το μήνυμα SM-TP SMS-ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ φθάσει στον προορισμό του (ο κινητός σταθμός), η πραγματική του δρομολόγησή πρέπει να παραχθεί χρησιμοποιώντας τις λειτουργίες εξέτασης MAP/C. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ακόλουθο τρόπο. Το SM-SC μεταβιβάζει το σύντομο μήνυμα σε μια πύλη-SMS με την οποία είναι συνδεδεμένο το κέντρο υπηρεσιών, το οποίο επιλέγει ανάλογα με το συνδρομητή που θέλει να φθάσει, αφού πολύ συχνά μια πύλη θα είναι σε θέση να ασχοληθεί μόνο με μερικούς από τους συνδρομητές (παραδείγματος χάριν εκείνους από μια συγκεκριμένη χώρα, ή συγκεκριμένο χειριστή). Ο συνδρομητής αναγνωρίζεται έπειτα από τον αριθμό καταλόγου του (το ίδιο MSISDN όπως για την τηλεφωνία), που εισάγεται αρχικά από το δημιουργό του μηνύματος. Αυτό επιτρέπει στην πύλη-SMS να αναγνωρίσει το σχετικό HLR και να το εξετάσει. Η εξέταση γίνεται με την αποστολή ενός ειδικού μηνύματος MAP/C ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ για το ΣΥΝΤΟΜΟ ΜΗΝΥΜΑ. Αυτό



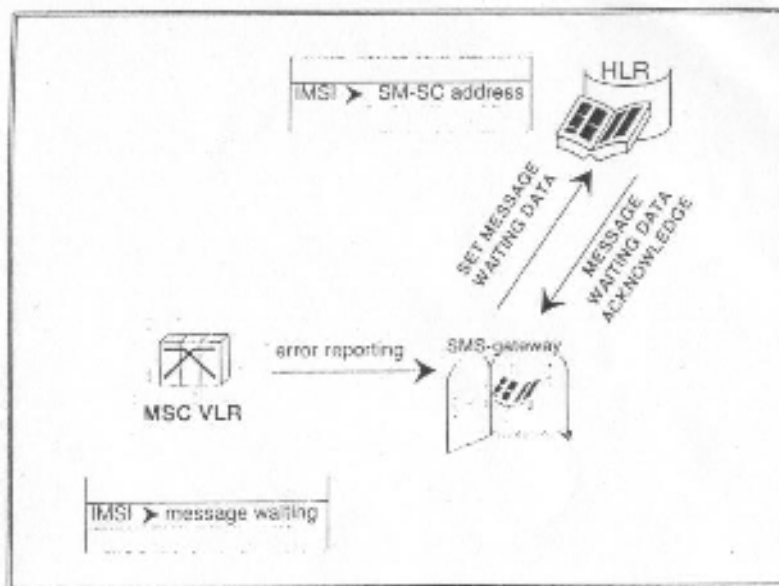
απαντιέται με το αντίστοιχο μήνυμα MAP/C ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ για το ΣΥΝΤΟΜΟ ΜΗΝΥΜΑ, που περιέχει μια SS7 διεύθυνση σχετικά με το MSC/VLR που επισκέπτεται ο συνδρομητής, είτε από ένα μήνυμα απόρριψης εάν είναι γνωστό ότι ο συνδρομητής δεν είναι προσιτός αυτήν την στιγμή. Δεν υπάρχει καμία ανάγκη για έναν συγκεκριμένο αριθμό περιπλάνησης, όπως για τις κυκλωματικές κλήσεις, δεδομένου ότι το σύντομο μήνυμα χρησιμοποιεί μόνο SS7 μέσα σηματοδότησης για να μεταφερθεί στο κατειλημμένο MSC.

Η πύλη-SMS χρησιμοποιεί τη SS7 διεύθυνση για να προωθήσει το μήνυμα στο σχετικό MSC, που το παραδίδει στον κινητό σταθμό αφού ρυθμιστεί, αν χρειαστεί, μια σύνδεση σηματοδότησης, όπως και στην περίπτωση της κινητής προέλευσης. Η παράδοση στον κινητό σταθμό δεν περιλαμβάνει το χρήστη. Το μήνυμα μπορεί να αποθηκευτεί έως ότου αποφασίσει ο χρήστης να το απορρίψει μετά την ανάγνωση. Ακριβέστερα, αποθηκεύεται στο SIM και μπορεί να μείνει αποθηκευμένο ακόμα και αν θέσουμε εκτός λειτουργίας τον κινητό σταθμό, ή ακόμα και να αναγνωστεί από έναν άλλο κινητό σταθμό. Εντούτοις η περιορισμένη χωρητικότητα μνήμης SIM εγείρει ένα μικρό πρόβλημα όταν για οποιοδήποτε λόγο η μνήμη είναι πλήρης. Στη φάση 1, ένα μήνυμα που παραδόθηκε σε ένα SIM χωρίς να υπάρχουν ελεύθεροι πόροι μνήμης, θα μπορούσε να χαθεί. Στη φάση 2, ένας μηχανισμός έχει δημιουργηθεί για να επιτρέψει ένα μη επεξεργασμένο είδος ελέγχου ροής από τον κινητό σταθμό, ο οποίος θα είναι σε θέση έπειτα να δείξει στο δίκτυο πότε η μνήμη είναι γεμάτη, ή αντιθέτως όταν είναι ξανά σε κατάσταση μηνύματα να δεχθεί μηνύματα.

Μια σημαντική παραλλαγή σε αυτό το βασικό σενάριο αντιστοιχεί στις περιπτώσεις που ο κινητός σταθμός δεν προσιτός. Για να παρέχει μια ικανοποιητική ποιότητα της υπηρεσίας, το μήνυμα δεν χάνεται σε αυτές τις περιπτώσεις, και λαμβάνονται μέτρα έτσι ώστε αυτό το μήνυμα, και ενδεχομένως και τα επόμενα μετά από αυτό, κρατούνται και παραδίδονται στο συνδρομητή το συντομότερο δυνατόν. Δεδομένου ότι το μήνυμα, εάν δεν αναγνωρίζεται, αποθηκεύεται για κάποιο χρόνο στο SM-SC, μπορεί να σταλεί εκ νέου μόλις ο συνδρομητής ανακτήσει την επαφή με το δίκτυο. Αυτό απαιτεί από το δίκτυο GSM να αποθηκεύσει τη συνθήκη μη παράδοσης και τη διεύθυνση του SM-SC, και για να αρχίσει μια διαδικασία «προειδοποίησης» του SM-

SC όταν ο συνδρομητής επανεμφανιστεί. Το HLR είναι προφανώς το «επίκεντρο» σε τέτοιους μηχανισμούς. Ας περιγράψουμε πώς λειτουργούν, εξετάζοντας τις διαφορετικές καταστάσεις στις οποίες η παράδοση αποτυγχάνει.

Μπορούν να προσδιοριστούν τρία διαφορετικά είδη μη-προσιτότητας, παρόμοια με αυτό που έχουμε δει με τις κυκλωματικές κλήσεις. Το HLR μπορεί να τον ξέρει από πριν ότι ο συνδρομητής δεν είναι προσιτός προς το παρόν, το VLR μπορεί να το ξέρει, αλλά όχι το HLR, και τελικά μπορεί να ανακαλυφθεί αφότου αποτύχει η προσπάθεια για να παραδοθεί το μήνυμα από το MSC/VLR. Όταν εξετάζεται από μια πύλη-SMS, το HLR μπορεί να ξέρει αμέσως ότι η παράδοση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, επειδή κρατά ήδη έναν μη κενό κατάλογο κέντρων υπηρεσιών που δεν έχουν πετύχει τη μετάδοση των μηνυμάτων, και περιμένουν να προειδοποιηθούν. Προσθέτει έπειτα εάν είναι δυνατό τη νέα ταυτότητα SM-SC σε αυτόν τον κατάλογο. Σε τέτοιες καταστάσεις, θα υποδείξει συνήθως το πρόβλημα στην πύλη-SMS με μια αρνητική απάντηση στο μήνυμα MAP/C ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ το ΣΥΝΤΟΜΟ ΜΗΝΥΜΑ. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όταν το HLR ξέρει ότι ο συνδρομητής δεν είναι προσιτός, παραδείγματος χάριν επειδή ο συνδρομητής δεν έχει δικαίωμα να φέρει την υπηρεσία στη γεωγραφική περιοχή όπου βρίσκεται αυτήν την περίοδο. Υπάρχει εντούτοις μια εξαίρεση σε αυτήν την απόρριψη στο επίπεδο HLR. Μια ένδειξη προτεραιότητας συνδέεται με κάθε μήνυμα, και χρησιμοποιείται για να παρακάμψει την απλή απόρριψη του HLR όταν μερικά μηνύματα δεν έχουν παραδοθεί ακόμα. Το HLR θα απαντήσει θετικά εάν το μήνυμα είναι υψηλής προτεραιότητας, και το πιθανό πρόβλημα παράδοσης, εάν υπάρχει ακόμα, θα ανιχνευθεί από το MSC/VLR.



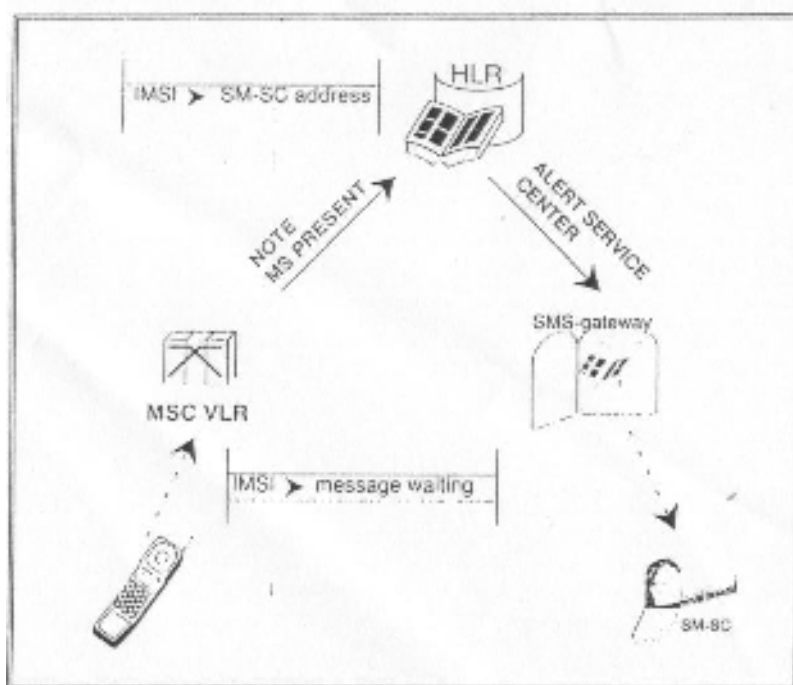
Σχήμα 3.23 – Διαχείριση αποτυχίας παράδοσης σύντομου μηνύματος

Όταν το MSC δεν είναι σε θέση να παραδώσει ένα σύντομο μήνυμα στον κινητό σταθμό, αυτή η κατάσταση αποθηκεύεται και στο MSC/VLR και στο HLR.

Στις περιπτώσεις όπου το MSC/VLR έχει δώσει το μήνυμα αλλά δεν μπορεί να το παραδώσει, μια ένδειξη λάθους στέλνεται στην πύλη SMS, σαν απάντηση στο μήνυμα MAP/I ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΥ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ. Η πύλη στην συνέχεια στέλνει από τη μία πλευρά μια αρνητική αναφορά στο SM-SC, και από την άλλη πλευρά ένα μήνυμα MAP/C ΘΕΣΗ ΜΗΝΥΜΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, στο HLR, που αναγνωρίζει την ανανέωση του πίνακα του με ένα μήνυμα MAP/C ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΘΕΣΗΣ ΜΗΝΥΜΑΤΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ. Αυτή η κατάσταση αποθηκεύεται και από το MSC/VLR και από το HLR στο αρχείο του συνδρομητή. Επιπρόσθετα, όπως έχουμε ήδη πει, το HLR περιέχει για κάθε συνδρομητή μια λίστα με διευθύνσεις για τα κρατημένα SM-SC μηνύματα σε αναμονή. Η αλληλουχία των γεγονότων περιγράφεται στο σχήμα 3.23.

Κατόπιν, ο συνδρομητής αναδύεται ξανά στην επιφάνεια. Αυτό μπορεί να είναι γνωστό για παράδειγμα με την επαφή με το MSC/VLR, όπου ήταν η θέση του συνδρομητή (π.χ., προσπάθεια κινητής προέλευσης κλήσης). Όταν συμβαίνει κάτι τέτοιο, χάρη στην αποθηκευμένη ένδειξη μιας προηγούμενης αποτυχίας παράδοσης, το MSC/VLR ειδοποιεί το HLR με ένα μήνυμα MAP/D ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ MS. Ο κινητός σταθμός μπορεί επίσης να επανεμφανιστεί στην

περιοχή κάλυψης ενός άλλου MSC, σε αυτήν την περίπτωση το HLR θα ενημερωθεί άμεσα για την κατάσταση των πραγμάτων, χάρη στην διαχείριση διαδικασιών κινητικότητας, που έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 7. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, το HLR στη συνέχεια στέλνει μια ένδειξη της επανεμφάνισης του συνδρομητή σε όλα τα SM-SC των οποίων οι ταυτότητες έχουν αποθηκευτεί σαν κράτημα μηνύματος για αυτόν τον συνδρομητή. Αυτό επιτυγχάνεται με την αποστολή ενός μηνύματος MAP/C ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ στην κατάλληλη πύλη SMS για κάθε κέντρο υπηρεσίας. Όλη αυτή η ακολουθία περιγράφεται παραπάνω στο σχήμα 3.24. Η πύλη SMS θα μεταβιβάσει τις σχετικές πληροφορίες στο κέντρο υπηρεσίας, για να προκαλέσει μια νέα προσπάθεια μεταφοράς.



Σχήμα 3.24 – Προειδοποίηση κέντρου υπηρεσιών

Όταν ένας συνδρομητής γίνεται προσιτός, το HLR προειδοποιεί όλα τα κέντρα υπηρεσιών που είναι γνωστό ότι κρατάνε μηνύματα που δεν έχουν παραδοθεί στον κατάλληλο συνδρομητή.

Ο μηχανισμός προειδοποίησης πρέπει να υποστηρίζεται από όλα τα MSC/VLR, αλλά είναι επιλογή του χειριστή να αποθηκεύσει την λίστα των SC στο HLR και να τα προειδοποιήσει.

## ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ

Το μόνο GSM TS που μπορεί να αναφερθεί για μια γενική παρουσίαση της διαχείρισης μηχανισμών κλήσης είναι το GSM TS 03.01, *Λειτουργίες δικτύων*, αλλά το θέμα εξετάζεται μόνο μερικώς. Για περισσότερες λεπτομέρειες ο αναγνώστης πρέπει να ανατρέξει στις λεπτομερείς προδιαγραφές διεπαφών.

Η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής μεταξύ του κινητού σταθμού και του χρήστη εξετάζεται στη σειρά 02. Το GSM TS 02.30 είναι αφιερωμένο στο θέμα, και τα κομμάτια που ασχολούνται με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κινητών σταθμών μπορούν επίσης να βρεθούν στο GSM TS02.07.

Όλες οι προδιαγραφές που αναφέρονται κατωτέρω είναι τεχνικές, και περιγράφονται εν τάχει για να βοηθήσουμε στην κατανόηση του θέματος.

Οι διεπαφές για τη διαχείριση κλήσης μεταξύ ενός κινητού σταθμού και ενός τερματικού εξοπλισμού αναφέρονται στα TS GSM 07.01, 07,02 και 07,03. από το οποίο το κύριο μέρος αφιερώνεται στις πτυχές μετάδοσης στη διεπαφή.

Οι γενικότητες σχετικά με τις πτυχές διαμόρφωσης των RIL3 πρωτοκόλλων μπορούν να βρεθούν στο GSM TS 04.07. Τα RIL3 πρωτόκολλα διευκρινίζονται στο GSM TS 04.08, όπου η παράγραφος 5 αφιερώνεται στο πρωτόκολλο CC. Η παράγραφος 6 εξετάζει τον έλεγχο κλήσης για την κατάσταση πακέτων δεδομένων, αλλά δεν έχει εφαρμογή (αφαιρείται ακόμη και για τη φάση 2). Οι πτυχές συμπληρωματικών υπηρεσιών του ελέγχου κλήσης δεν συμπεριλαμβάνονται στο GSM TS 04.08, αλλά εξετάζονται στο GSM TS 04.10 και στις προδιαγραφές της σειράς 04.8x, συμπεριλαμβανομένης της κωδικοποίησης των μηνυμάτων στο GSM TS 04.80. Στη φάση 1, μόνο οι λειτουργίες φραγής κλήσης και προώθησης κλήσης συμπεριλαμβάνονται πλήρως, και διευκρινίζονται αντίστοιχα στο GSM TS 03.82 και 03.88 (για τις γενικές τεχνικές πτυχές) και στο GSM TS 04.82 και 04.88 (για τη λεπτομερή προδιαγραφή της υλοποίησης των υπηρεσιών αντίστοιχα της προώθησης κλήσης και της φραγής υπηρεσιών κλήσης). Γενικότερα στη φάση 2, η υλοποίηση των λειτουργιών που περιγράφονται στο επίπεδο υπηρεσιών στο GSM 02 TS.Hx (το x κυμαίνεται από το 1 ως 8) περιγράφεται στο αντίστοιχο GSM 03 TS.Sx και 04.8x.

Οι λεπτομέρειες των πρωτοκόλλων MAP βρίσκονται στο GSM TS 09.02, ειδικότερα στην παράγραφο 5.4 (ανάκτηση των παραμέτρων συνδρομητών κατά τη διάρκεια της οργάνωσης κλήσης), παράγραφος 5.3 (χειρισμός των συμπληρωματικών υπηρεσιών) και παράγραφος 5.13 (υποστήριξη των υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων).

Η διεπαφή μεταξύ των MSC ή GMSCs και των εξωτερικών δικτύων αναφέρονται στα TSs GSM 09.03 έως 09.07, για διάφορες κατηγορίες εξωτερικών δικτύων. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το GSM TS 09.03 και το GSM TS 09.07 που εξετάζει τις πτυχές σηματοδότησης της διεπαφής με το PSTN ή το ISDN, και το GSM TS 09.11, το οποίο εξετάζει τη σηματοδότηση για τις συμπληρωματικές υπηρεσίες.

Οι υπηρεσίες σύντομων μηνυμάτων εξετάζονται στο GSM TS 03.40, το οποίο καλύπτει όλες τις πτυχές των υψηλότερων επιπέδων στρώματος υπηρεσίας.