



ΤΕΙ Κρήτης - Παράρτημα Χανίων



Μαρκουλάκη Χρυσάνθη

Τεχνικές Διαχείρισης Ραδιοπόρων &

Τεχνικές Επαύξησης της Ραδιοκάλυψης και της

Χωρητικότητας σε **WCDMA** Σύστημα

Εισαγωγή

Η έκφραση αξιολόγηση ραδιοπόρων καλύπτει όλη την λειτουργικότητα για τον χειρισμό των air interface πόρων σε ένα δίκτυο ραδιοπρόσβασης. Ο συνδυασμός αυτών των λειτουργιών είναι υπεύθυνος για την παροχή βέλτιστης κάλυψης, προσφέροντας την μέγιστη σχεδιασμένη χωρητικότητα, εγγυάται την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσιών και εξασφαλίζει ικανή χρήση φυσικών πόρων και πόρων μεταφοράς. Η λειτουργία Διαχείρισης Ραδιοπόρων (RRM) αποτελείται από τον έλεγχο ισχύος, τον έλεγχο μετάβασης (handover), τον έλεγχο συμφόρησης (τυπικά υποδιαιρέμενος σε έλεγχο εισόδου, φορτίου, και σχεδίαση πακέτων δεδομένων) και τον χειρισμό πόρων. Το μεγαλύτερο τμήμα της λειτουργικότητας της εκμετάλλευσης ραδιοπόρων εντοπίζεται μέσα στο RNC. Μόνο μικρό τμήμα των ελέγχων σχεδίασης, φορτίου και του χειριστή πόρων μπορεί επίσης να βρεθεί στον σταθμό βάσης ενώ στον εξοπλισμό χρήστη μόνο ο έλεγχος σχεδίασης πακέτων δεδομένων συμπεριλαμβάνεται.

Η πυκνότητα της θέσης ενός χειριστή και οι σχετικές διαμορφώσεις της θέσης καθορίζονται πρώτιστα από τις επιδιώξεις της κάλυψης υπηρεσιών και της χωρητικότητας του συστήματος. Η πυκνότητα της θέσης που καθορίζεται για την αρχική επέκταση του συστήματος πρέπει να ληφθεί υπόψιν και για τις παρούσες και για μελλοντικές απαιτήσεις κάλυψης και χωρητικότητας. Από άποψη χωρητικότητας, η πυκνότητα τοποθεσίας πρέπει να είναι επαρκής για να επιτρέψει τις βελτιώσεις χωρητικότητας χωρίς την απαίτηση για νέες παρεμβαλλόμενες θέσεις, όπως π.χ. η συμπερίληψη πρόσθετων μεταφορέων, η ποικιλομορφία στην downlink μετάδοση ή πρόσθετη τομεοποίηση (sectorisation). Με αυτό τον τρόπο το αρχικό σχέδιο ραδιοδικτύου παραμένει σχετικά αμετάβλητο καθώς η χωρητικότητα του συστήματος αυξάνεται για να υποστηρίξει τα ωριμάζοντα επίπεδα κυκλοφορίας WCDMA. Η επίτευξη αυτού απαιτεί ο ραδιο-σχεδιαστής να έχει μια ισχυρή κατανόηση τόσο των προσδοκιών κυκλοφορίας WCDMA όσο και των διαθέσιμων τεχνικών για την ενίσχυση της κάλυψης υπηρεσιών και της χωρητικότητας συστήματος.

Το 2ο κεφάλαιο ανοίγει με την περιγραφή των προϋπολογισμών συνδέσεων WCDMA, των εξισώσεων φορτίου του συστήματος και των περιορισμένων κατά χωρητικότητα uplink και downlink συστημάτων. Αυτά τα τμήματα παρέχουν τη βάση για την καταόηση των επόμενων λύσεων για την ενίσχυση της κάλυψης υπηρεσιών και της χωρητικότητας συστήματος. Το κεφάλαιο κλείνει με μια περίληψη των διάφορων διαμορφώσεων τοποθεσιών.

Introduction

The expression Radio Resource Utilisation (RRU) covers all functionality for handling the air interface resources of a radio access network. These functions together are responsible for supplying optimum coverage, offering the maximum planned capacity, guaranteeing the required quality of service (QoS) and ensuring efficient use of physical and transport resources. The Radio Resource Manager (RRM) function consists of Power Control (PC), Handover Control (HC), congestion control (typically subdivided into admission control (AC), Load Control (LC), and packet data scheduling (PS)) and the resource manager (RM). Most of the RRM functionality is located in the RNC. Only part of the PC, LC and the RM can also be found in the base station, and in the user equipment (UE) only PC functionality is included.

An operator's site density and the associated site configurations are primarily determined by the service coverage and system capacity objectives. The site density defined for initial system deployment should account for both the present and future coverage and capacity requirements. In terms of capacity, the site density should be sufficient to permit capacity upgrades without the requirement for interleaving new sites, i.e. by including additional carriers, downlink transmit diversity or additional sectorisation. In doing so the original radio network plan remains relatively unchanged as the system capacity is increased to support the maturing levels of WCDMA traffic. Achieving this requires the radio planner to have a strong understanding of both the WCDMA traffic expectations and the techniques available for enhancing service coverage and system capacity.

The 2nd chapter opens by describing WCDMA link budgets, system load equations and uplink and downlink capacity-limited systems. These sections provide the basis for understanding the subsequent solutions for enhancing service coverage and system capacity. The chapter closes with a summary of the various site configurations

1

1.1 Εισαγωγή

. Ο έλεγχος ισχύος παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα. Εφόσον σε ένα WCDMA δίκτυο πολλοί χρήστες λειτουργούν στην ίδια συχνότητα, η παρεμβολή είναι ένα κρίσιμο ζήτημα και ο έλεγχος ισχύος είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή των επιπέδων ισχύος μετάδοσης στην άνω και κάτω ζεύξη (uplink, downlink) στην ελάχιστη επιθυμητή στάθμη για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσιών. Ο έλεγχος μετάβασης, ο οποίος παρουσιάζεται στην ενότητα 1.3, φροντίζει ώστε ένας συνδεδεμένος χρήστης μεταβιβάζεται από μια κυνέλη σε μια άλλη καθώς κινείται μέσω της περιοχής κάλυψης ενός κινητού δικτύου. Οι έλεγχοι εισόδου και φορτίου, μαζί με τον σχεδιασμό πακέτων δεδομένων, εξασφαλίζουν ότι το δίκτυο μένει εντός των σχεδιασμένων συνθηκών. Ο έλεγχος εισόδου, που παρουσιάζεται στην ενότητα 1.4.2, επιτρέπει στους χρήστες να στήσουν ή να επανασηματίσουν έναν κομιστή ραδιοπρόσβασης μόνο εάν αυτό δεν υπερφορτώσει το σύστημα και εάν οι απαραίτητοι πόροι είναι διαθέσιμοι. Ο έλεγχος φορτίου φροντίζει ώστε ένα σύστημα το οποίο οδηγείται προσωρινά στον κόρο να επιστρέψει σε μια μη-κορεσμένη κατάσταση, και αυτό είναι το αντικείμενο της ενότητας 1.4.4. Η κύρια ασχολία της σχεδίασης πακέτων δεδομένων είναι ο χειρισμός όλης της μη-πραγματικού-χρόνου κίνησης, π.χ. να κατανέμει βέλτιστους bit rates και να σχεδιάζει την μετάδοση των πακέτων δεδομένων, διατηρώντας την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσιών σε σχέση με την έξοδο και τις καθυστερήσεις. Η λειτουργικότητα του ελέγχου σχεδίασης αντιμετωπίζεται στην ενότητα 1.1.3. Ο χειριστής πόρων είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο των φυσικών και λογικών ραδιοπόρων σε ένα RNC. Οι κύριες ασχολίες του είναι να συντονίζει την χρήση των διαθέσιμων hardware πόρων και να χειρίζεται το δέντρο κώδικα (code tree). Με αυτό ασχολείται η ενότητα 1.5

1.2 Έλεγχος ισχύος

Στα συστήματα κινητών επικοινωνιών όπως τα συστήματα τρίτης γενιάς, τα οποία βασίζονται στην CDMA τεχνική κατά την οποία όλοι οι χρήστες μπορούν να μοιράζονται μια κοινή συχνότητα, εκεί ο έλεγχος παρεμβολής είναι ζωτικής σημασίας θέμα. Είναι δε ιδιαίτερος σημαντικό για την κατεύθυνση της άνω ζεύξης, εφόσον ένας κινητός σταθμός που βρίσκεται κοντά στο σταθμό βάσης και μεταδίδει με υπερβολική ισχύ, μπορεί εύκολα να overshout κινητά που βρίσκονται στο χείλος του κυττάρου (near- far φαινόμενο) ή ακόμη και να μπλοκάρει όλη την κυνέλη. Στην κάτω ζεύξη η χωρητικότητα του συστήματος καθορίζεται ευθέως από την απαιτούμενη ισχύ του κώδικα για κάθε σύνδεση. Επομένως είναι βασικό να διατηρούνται τα επίπεδα της ισχύος μετάδοσης σε μια ελάχιστη στάθμη, εξασφαλίζοντας επίσης ικανοποιητική ποιότητα σήματος στο άκρο λήψης. Στο WCDMA ένα σύνολο παρουσιάζεται για αυτό τα σκοπό. Αναφέρονται συνοπτικά ως έλεγχος ισχύος (power control) και αποτελείται από έλεγχο ισχύος ανοικτού βρόγχου (open-loop pc), έλεγχο εσωτερικού βρόγχου (λεγόμενος και γρήγορος έλεγχος κλειστού βρόγχου – fast closed-loop pc) και έλεγχο εξωτερικού βρόγχου (outer-loop pc) και για την άνω και για την κάτω ζεύξη. Επίσης αργός έλεγχος ισχύος εφαρμόζεται στα κοινά downlink κανάλια.

Στις επόμενες ενότητες δίνονται οι πλευρές του σχεδιασμού ραδιοδικτύου που αφορούν τον έλεγχο ισχύος και περιγράφονται οι παράμετροι που εμπλέκονται. Ο έλεγχος ανοικτού βρόγχου, που παρουσιάζεται στην ενότητα 1.2.1, ευθύνεται για την εφαρμογή των αρχικών τιμών ισχύος μετάδοσης σε άνω και κάτω ζεύξη όταν ένας εξοπλισμός χρήστη εισέρχεται στο δίκτυο. Το αντικείμενο της παραγράφου 1.4.2 είναι ο αργός έλεγχος ισχύος που εφαρμόζεται στα κοινά κανάλια της κάτω ζεύξης. Ο εσωτερικού βρόγχου έλεγχος, η προσαρμογή των ισχύων μετάδοσης δυναμικά σε μια βάση των 1500Hz και οι διαφορές μεταξύ των δύο αλγορίθμων περιγράφονται στην παράγραφο 1.2.3. Ο εξωτερικού βρόγχου έλεγχος υπολογίζει την ληφθείσα ποιότητα και

προσαρμόζει τον επιθυμητό λόγο SIR για τον γρήγορο κλειστού βρόγχου έλεγχο ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή ποιότητα. Αυτό είναι το θέμα της ενότητας 1.2.4. Ο έλεγχος ισχύος κατά την διάρκεια της UMTS compressed κατάστασης παρουσιάζεται στην παράγραφο 1.2.5.

1.2.1. Ανοικτού βρόγχου έλεγχος ισχύος

Εφόσον οι συχνότητες της άνω και κάτω ζεύξης του WCDMA ανήκουν στην ίδια μπάντα συχνοτήτων, μια σημαντική συσχέτιση υπάρχει ανάμεσα στο μέσο μονοπάτι απωλειών των δύο ζεύξεων. Αυτό καθιστά δυνατό για κάθε εξοπλισμό χρήστη, προτού αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο, αλλά και για κάθε σταθμό βάσης όταν στήνεται η ραδιοζεύξη, να υπολογίζουν τις αρχικές ισχύεις μετάδοσης που χρειάζονται στην άνω και κάτω ζεύξη, βασισμένοι στους υπολογισμούς για το μονοπάτι απωλειών στην downlink κατεύθυνση. Αυτή η λειτουργία δηλώνεται ως ανοικτού βρόγχου έλεγχος ισχύος.

1.2.2.1 Ανοικτού βρόγχου έλεγχος ισχύος άνω ζεύξης

Η λειτουργία του ελέγχου αυτού εντοπίζεται και στο τερματικό και στο UTRAN και απαιτεί την μετάδοση στην κυψέλη κάποιων παραμέτρων ελέγχου καθώς και την μέτρηση της ισχύος του ληφθέντος σήματος κώδικα από το τερματικό στο ενεργό P-CPICH. Βασισμένο στον υπολογισμό του ελέγχου ισχύος ανοικτού βρόγχου, το τερματικό θέτει τις αρχικές ισχύεις για το πρώτο PRACH προοίμιο και για το uplink DPCCCH πριν την έναρξη του ελέγχου εσωτερικού βρόγχου. Κατά την διάρκεια της τυχαίας κατά πρόσβαση διαδικασίας, η ισχύος του πρώτου εκπεμπόμενου προοιμίου τίθεται από τον εξοπλισμό χρήστη ως :

$$\text{Preamble_Initial_Power} = \text{CPICH_Tx_power} - \text{CPICH_RCSP} + \text{UL_interface} + \text{UL_required_CI} \quad (1.1)$$

Όπου η ισχύς μετάδοσης των P-CPICH, CPICH_Tx_power και ο απαιτούμενος λόγος C/I στην άνω ζεύξη, το UL_required_CI (στο 3GPP σημειώνεται ως σταθερά) ρυθμίζονται από τον RNP, και η UL_interference (στο 3GPP λέγεται η ισχύς του ολικού εύρους του δέκτη), μετρούμενα στον σταθμό βάσης, εκπέμπονται στον BCH. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται από τον εξοπλισμό χρήστη όταν ρυθμίζεται το επίπεδο ισχύος του πρώτου PCPCH προοιμίου πρόσβασης.

Όταν επαληθευτεί το πρώτο DPCCCH, ο εξοπλισμός χρήστη ξεκινά τον εσωτερικού-βρόγχου έλεγχο ισχύος στην άνω ζεύξη, ως ένα επίπεδο ισχύος που ακολουθεί την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{DPCCCH_initial_power} = \text{DPCCCH_Power_offset} - \text{CPICH_RSCP} \quad (1.2)$$

Όπου η ισχύς του ληφθέντος σήματος κώδικα των P-CPICH, CPICH_RSCP μετράται από το τερματικό, και το DPCCCH_Power_offset υπολογίζεται από τον έλεγχο εισόδου στο RNC και παρέχεται στον εξοπλισμό του χρήστη, για παράδειγμα στην εγκατάσταση της RRC σύνδεσης ή κατά την διάρκεια ενός ραδιο-φέροντος ή φυσικού καναλιού αναδιαμόρφωσης, ως εξής:

$$\text{DPCCCH_Power_offset} = \text{CPICH_Tx_power} + \text{UL_interfrence} + \text{SIR}_{\text{DPCCCH}} - \log_{10}(\text{SF}_{\text{DPDCH}}) \quad (1.3)$$

Όπου το $\text{SIR}_{\text{DPCCCH}}$ είναι ο αρχικός στόχος SIR παραγόμενος από τον έλεγχο εισόδου για αυτή την συγκεκριμένη σύνδεση και ο $\text{SIR}_{\text{DPDCH}}$ είναι ο παράγοντας διάδοσης του αντίστοιχου DPDCH.

1.2.1.2 Downlink open-loop power control

Στην κάτω ζεύξη, ο ανοικτού-βρόγχου έλεγχος ισχύος χρησιμοποιείται για να θέσει την αρχική ισχύ των downlink καναλιών βασισμένος σε αναφορές downlink μετρήσεων από τον εξοπλισμό χρήστη. Αυτή η λειτουργία εντοπίζεται και στο UTRAN και στον UE. Ένας πιθανός αλγόριθμος για τον υπολογισμό της τιμής αρχικής ισχύος του DPDCH όταν η πρώτη υπηρεσία φέροντος ξεκινά, είναι:

$$P_{Tx}^{Initial} = \frac{R * (E_b / N_0)}{W} \times \left(\frac{CPICH_Tx_power}{(Eb / N0) CPICH} - \alpha \times PtxTotal \right) \quad (1.4)$$

όπου R είναι ο ρυθμός bit του χρήστη, $(E_b/N_0)_{DL}$ είναι η σχεδιασμένη για downlink αξία E_b/N_0 ορισμένη από το RNP για αυτήν την συγκεκριμένη υπηρεσία φέροντος, W είναι το chip rate, ο λόγος $(E_c/N_0)_{CPICH}$ αναφέρεται από τον εξοπλισμό χρήστη, το α είναι ένας παράγοντας ορθογωνικότητας του downlink, και το PtxTotal είναι η ισχύς φέροντος μετρημένη στον σταθμό βάσης και αναφερθείσα στο RNC. Ο αλγόριθμος για τον υπολογισμό της αρχικής ισχύος της ραδιοζεύξης μπορεί να απλοποιηθεί όταν ένας κλάδος πολλαπλής μετάβασης (diversity HO branch) εγκαθίσταται ή όταν μια ραδιοζεύξη μεταβάλλεται. Για προσθήκη κλάδου είναι αρκετό να διαβαθμίσουμε την εκπεμπόμενη ισχύ κώδικα της υπάρχουσας ραδιοζεύξης (ή ραδιοζεύξεων) βασισμένοι στην διαφορά μεταξύ της P-CPICH ισχύος της κυψέλης (ή κυψελών) με την υπάρχουσα ζεύξη (ή ζεύξεις) και της P-CPICH ισχύος της κυψέλης με τον πρόσθετο κλάδο. Για ένα τροποποιημένο ραδιοφέρον η διαβάθμιση πραγματοποιείται με το καινούριο bit rate του χρήστη και το καινούριο downlink (E_b/N_0) .

1.2.2. Έλεγχος ισχύος σε downlink κοινά κανάλια

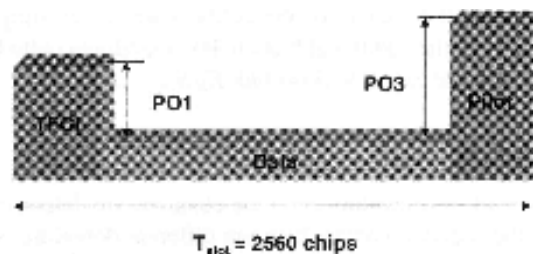
Οι ισχύεις μετάδοσης στα downlink κοινά κανάλια καθορίζονται από το δίκτυο. Γενικά, ο λόγος των ισχύων μετάδοσης μεταξύ διαφορετικών downlink κοινών καναλιών δεν καθορίζεται στα 3GPP και μπορεί ακόμη και να αλλάξει δυναμικά. Μια εφικτή λύση εφαρμογής περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους και οι τυπικές τιμές για τα επίπεδα ισχύος κοινών καναλιών φαίνονται στον πίνακα 1.1

Πίνακας 1.1: Τυπικά επίπεδα ισχύος downlink κοινών καναλιών

DL κοινό κανάλι	Τυπικό επίπεδο ισχύος	Σημείωση
P-CPICH	30-33db	5-10% της μέγιστης Tx ισχύος κυψέλης (20W)
P-SCH και S-SCH	-3db	σχετική με την ισχύ P-CPICH
P-CCPCH	-5db	σχετική με την ισχύ P-CPICH
PICH	-8db	σχετική με την ισχύ P-CPICH και $N_p = 72$
AICH	-8db	ισχύς ενός Acquisition Indicator (AI) συγκρινόμενη με την P-CPICH ισχύ
S-CCPCH	-5db	σχετική με την P-CPICH και SF = 256 (15kbps)

- Οι ισχύεις μετάδοσης των P-CPICH, P-SCH και P-CCPCH είναι παράμετροι διαμόρφωσης συγκεκριμένων κυψελών, τις οποίες θέτει ο RNP για να ορίσει το πραγματικό μέγεθος της κυψέλης. Ως κανόνας προσδιορίζεται για το P-CPICH μια ισχύς μετάδοσης της τάξεως περίπου 5-10% της συνολικής ισχύος μετάδοσης της κυψέλης. Τότε η ισχύς μετάδοσης των υπολοίπων κοινών καναλιών που αναφέρονται, καθορίζεται σε σχέση με αυτήν την ισχύ ως αντιστάθμισμα (offset), σε decibels.

- Οι ισχύεις μετάδοσης των AICH και PICH είναι κοινές TrCH παράμετροι διαμόρφωσης που ορίζει ο RNP σε σχέση με την P-CPICH ισχύ μετάδοσης ώστε να έχει την ίδια κάλυψη στην κυψέλη. Αυτές οι παράμετροι στέλνονται στους σταθμούς βάσης όποτε το αντίστοιχο κοινό TrCH ξεκινά ή αναδιαμορφώνεται. Η PICH ισχύς μετάδοσης εξαρτάται από το πλήθος των κληθέντων ενδείξεων (paging indicators PI) ανά πλαίσιο, N_p , και είναι πάντα διαθέσιμος στο σταθμό βάσης μαζί με την ισχύ του S-CCPCH το οποίο μεταφέρει το PCH. Όσο μεγαλύτερο το πλήθος τόσο λιγότερο συχνή είναι η επανάληψη των bits ανά πλαίσιο και τόσο υψηλότερη είναι η απαιτούμενη PICH ισχύς σε σχέση με το PCPICH. Τυπικές offset τιμές είναι οι -10dB ($N_p=18$ or $N_p=36$), -8dB ($N_p=72$), & -5dB ($N_p=144$).
- Σύμφωνα με το πρότυπο, όταν το S-CCPCH, π.χ. τα FACH και PCH ξεκινούν ή επαναρυθμίζονται, ο κόμβος B δέχεται την S-CCPCH πληροφορία οφσεί ισχύος (power offset information PO1) για TFCI bits, PO3 για τα δοκιμαστικά bits (βλ. σχήμα), τις παραμέτρους FACH, τη μέγιστη FACH ισχύ, τις παραμέτρους PCH και την PCH ισχύ. Για το FACH, ο αργός έλεγχος ισχύος μπορεί να εφαρμοστεί βάσει του λειτουργούντος P-CPICH E_c/N_0 που αναφέρεται από τον εξοπλισμό χρήστη και άλλες σχετικές παραμέτρους ελέγχου με ένα ιδιόκτητο αλγόριθμο ώστε να βελτιωθεί η downlink χωρητικότητα της κυψέλης. Σε αυτήν την περίπτωση, η ενδεικνυόμενη τιμή είναι το αρνητικό αντιστάθμισμα σε σχέση με την μέγιστη ισχύ που διαμορφώνεται για το S-CCPCH, όπου το αντίστοιχο FACH είναι χαρτογραφημένο. Αν υποθέσουμε την ίδια ισχύ για όλα τα TrCHs πολυπλεγμένα στο ίδιο φυσικό κανάλι, οι τυπικές τιμές ισχύος για το S-CCPCH σε σχέση με το P-CPICH είναι: +1dB για SF (60ksps), -1dB για SF =128 (30ksps) και -5dB για SF=256 (15ksps). Για offsets ισχύος των pilot/ TFCI συμβόλων συναρτήσει της ισχύος του S-CCPCH πεδίου δεδομένων, οι τυπικές τιμές μπορεί να είναι: 2dB για 15ksps, 3dB για 30 ksps και 4dB για 60ksps. Κατά την διάρκεια της επικοινωνίας, οι αντισταθμίσεις ισχύος ίσως ποικίλουν ανάλογα με το bit rate που χρησιμοποιείται.

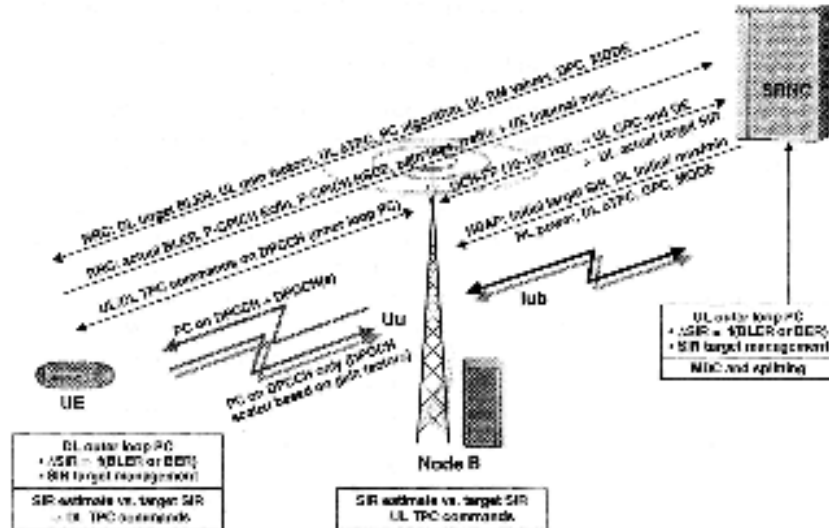


Σχήμα 1.1: Downlink ισχύς μετάδοσης στο S-CCPCH. Τα PO1 και PO3 δηλώνουν τα offsets ισχύος των συμβόλων πιλότου και TFCI αντίστοιχα.

- Το PDSCH υποστηρίζει εσωτερικού βρόγχου έλεγχο ισχύος, βασισμένο στις TPC εντολές που στέλνει ο εξοπλισμός χρήστη. Η PDSCH ισχύς μπορεί να προσαρμοστεί περαιτέρω κατά την διάρκεια της σύνδεσης χρησιμοποιώντας το Iub interface CCH-FP επίπεδο χρήστη. Σε αυτήν την περίπτωση, ένας ιδιόκτητος αλγόριθμος αργού ελέγχου ισχύος χρησιμοποιείται για να δείξει το PDSCH επίπεδο μεταδιδόμενης ισχύος, στον κόμβο B σαν αντιστάθμισμα, συγκριτικά με την ισχύ των TFCI bits, του downlink DPCCCH που εκπέμπεται στον ίδιο εξοπλισμό χρήστη όπως το DSCH.

1.2.3 Εσωτερικού βρόγχου έλεγχος ισχύος

Ο εσωτερικού βρόγχου έλεγχος ισχύος (fast closed-loop PC) βασίζεται στην πληροφορία ανάδρασης στο επίπεδο 1 από το αντίθετο άκρο της ραδιοζεύξης. Αυτό επιτρέπει στον UE/BS να προσαρμόσει την εκπεμπόμενη ισχύ του βασισμένος στο ληφθέν SIR επίπεδο στο BS/UE για να εξισορροπήσει την εξασθένηση του ραδιοκαναλιού. Η συνάρτηση εσωτ. βρ. PC στο UMTS χρησιμοποιείται για τα δεδομένα κανάλια και στις δύο κατευθύνσεις ζεύξης και για την uplink του CPCH. Στο WCDMA υποστηρίζεται ο γρήγορος έλεγχος ισχύος με συχνότητα 1.5 kHz. Μια γραφική αναπαράσταση των διαδικασιών που περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες δίνεται με το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.2: Uplink/downlink inner- and outer-loop έλεγχος ισχύος.

1.2.3.1. Downlink κλειστού-βρόγχου γρήγορος έλεγχος ισχύος

Ο uplink έλεγχος ισχύος εσωτερικού-βρόγχου χρησιμοποιείται για να θέσει την ισχύ των uplink DPCH και PCPCH ως εξής. Ο σταθμός βάσεων λαμβάνει το SIR στόχο από το uplink PC εξωτερικού-βρόγχου (δείτε το τμήμα 1.2.4.1) που βρίσκεται στο RNC και το συγκρίνει με τον κατ' εκτίμηση SIR στο πειραματικό σύμβολο του uplink DPCCCH ανά σχισμή. Εάν ο λαμβανόμενος SIR είναι μεγαλύτερος από το στόχο, ο σταθμός βάσεων διαβιβάζει μια εντολή TPC «κάτω» στον εξοπλισμό χρήστη στην κάτω ζεύξη DPCCCH. Εάν ο λαμβανόμενος SIR είναι κάτω από το στόχο, μια εντολή TPC στέλνεται για «άνοδο».

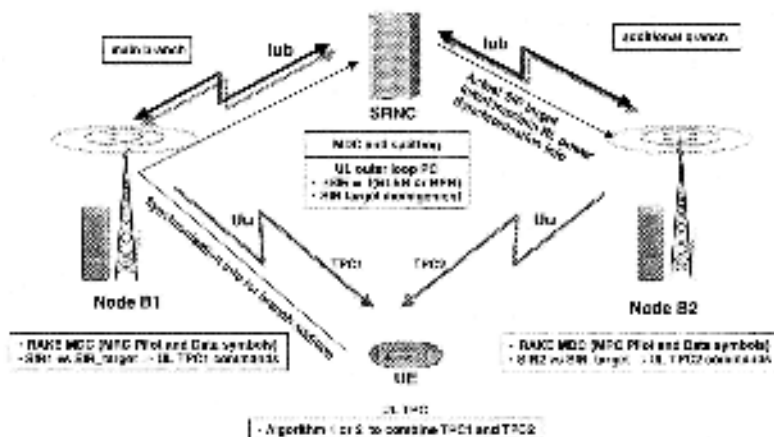
Στο [11] φαίνεται ότι το βέλτιστο μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος ποικίλλει ανάλογα με την ταχύτητα του UE. Για έναν δεδομένο ποιοτικό στόχο, το καλύτερο μέγεθος βημάτων για uplink έλεγχο ισχύος είναι αυτό που οδηγεί στον χαμηλότερο SIR στόχο. Με ένα ποσοστό αναπροσαρμογών 1500 Hz, ένα μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος μπορεί αποτελεσματικά να ακολουθήσει ένα χαρακτηριστικό κανάλι Rayleigh εξασθένησης μέχρι μια συχνότητα Doppler περίπου 55 Hz (30 km/h). Στις υψηλότερες ταχύτητες, μέχρι περίπου 80 km/h, ένα μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος 2dB δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Παρουσιάζεται επίσης στα [10] και [11] ότι για τις ταχύτητες εξοπλισμού χρήστη μεγαλύτερες από 80 km/h ο έλεγχος ισχύος εσωτερικού-βρόγχου δεν μπορεί πλέον να ακολουθήσει τις εξασθενίσεις και απλά εισάγει θόρυβο στην uplink μετάδοση. Αυτή η δυσμενής συνέπεια στην uplink απόδοση θα μπορούσε να μειωθεί εάν εφαρμοζόταν ένα μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος μικρότερο από 1 DB. Επίσης, για τις ταχύτητες εξοπλισμού χρήστη χαμηλότερες από περίπου 3 km/h όπου το ποσοστό εξασθένισης

του καναλιού είναι πολύ μικρό, ένα μικρότερο μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος είναι ευεργετικότερο.

Στο [2], δύο εναλλακτικοί αλγόριθμοι, που ορίστηκαν ως αλγόριθμοι 1 και 2, καθορίστηκαν για τον εξοπλισμό χρήστη για την ερμηνεία των εντολών TPC που στάλθηκαν από το σταθμό βάσης. Ο αλγόριθμος 1 χρησιμοποιείται όταν η ταχύτητα του εξοπλισμού χρήστη είναι αρκετά χαμηλή για να αντισταθμίσει την εξασθένηση του καναλιού. Το μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος τίθεται από το RNP σε 1 ή 2 DB. Ο αλγόριθμος 2 σχεδιάστηκε για την εξομοίωση της επίδρασης κατά την χρήση ενός μεγέθους βημάτων ελέγχου ισχύος μικρότερου από 1 DB και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντισταθμίσει την αργή τάση εξασθένησης του καναλιού διάδοσης παρά οι γρήγορες διακυμάνσεις. Εκτελεί καλύτερα από τον αλγόριθμο 1 όταν ο εξοπλισμός χρήστη κινείται ταχύτερα από 80 km/h ή πλιό αργά από 3 km/h. Στον αλγόριθμο 2 το μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος καθορίζεται σε 1 DB. Ο εξοπλισμός χρήστη δεν αλλάζει την ισχύ μετάδοσής του έως ότου λάβει πέντε διαδοχικές εντολές TPC. Στο τέλος της πέμπτης σχισμής, βασισμένης στις σκληρές αποφάσεις, ο εξοπλισμός χρήστη ρυθμίζει την ισχύ μετάδοσής του σύμφωνα με τον ακόλουθο κανόνα:

- Εάν και οι πέντε κατ' εκτίμηση εντολές TPC είναι «down» η ισχύς μετάδοσης μειώνεται κατά 1 DB.
- Εάν και οι πέντε κατ' εκτίμηση εντολές TPC είναι «up» η ισχύς μετάδοσης αυξάνεται κατά 1 DB.
- Διαφορετικά η ισχύς μετάδοσης δεν αλλάζει.

Πρίν αρχίσει η άνω ζεύξη DPDCH ένα τερματικό μπορεί να καθοδηγηθεί από το δίκτυο για να χρησιμοποιήσει έναν uplink DPCCH έλεγχο ισχύος εισαγωγής λαμβάνοντας την κατιούσα σύνδεση DPCCH. Το μήκος του uplink DPCCH P.C. εισαγωγής είναι μια παράμετρος που μπορεί να τεθεί από το RNP και εκτείνεται από 0 έως 7 πλαίσια [1]. Κατά τη διάρκεια της uplink DPCCH P.C. εισαγωγής, οι εντολές TPC που στέλνονται από το σταθμό βάσης ακολουθούνται πάντα σύμφωνα με τον αλγόριθμο 1, επιτρέποντας την μετάδοση ισχύος άνω ζεύξης να συγκλίνει γρηγορότερα και να σταθεροποιείται ταχύτερα πριν από την αρχή του κανονικού ελέγχου ισχύος. Στο UMTS τα σχέδια πολλαπλότητας απευθύνονται μόνο στα αφιερωμένα (dedicated) κανάλια. Αφότου επιτυγχάνεται ο συγχρονισμός L1, μια ή περισσότερες κυψέλες που συμμετέχουν στο HO πολλαπλότητας, αρχίζουν τον uplink έλεγχο ισχύος εσωτερικού-βρόχου. Κάθε κυψέλη με την οποία ο εξοπλισμός χρήστη συνδέεται μετρά τον uplink SIR και συγκρίνει την κατ' εκτίμηση αξία με το επίπεδο του SIR στόχου. Μια εντολή TPC παράγεται από κάθε κυψέλη που συμμετέχει στο HO πολλαπλότητας και στέλνεται στον εξοπλισμό χρήστη. Η αρχική ιδέα ήταν ότι το τερματικό αυξάνει το επίπεδο σημάτων Tx μόνο εάν όλες οι κυψέλες με τις οποίες επικοινωνεί ο εξοπλισμός χρήστη ζητούν μια αύξηση στο uplink επίπεδο ισχύος. Εάν μόνο μια κυψέλη ζητά την μείωση ισχύος, το τερματικό χαμηλώνει το επίπεδο σημάτων μετάδοσής του από το καθορισμένο μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος.



Σχήμα 1.3: Εσωτερικού βρόχου έλεγχος ισχύος ανιούσας ζεύξης κατά της διάρκεια DHO

Όταν ο εξοπλισμός χρήστη είναι σε softer HO επισημαίνεται από τον εξυπηρετών σταθμό βάσης ότι οι εντολές TPC που λαμβάνει προέρχονται από την ίδια καθορισμένη ραδιοζεύξη και πρέπει να συνδυαστεί σε μια εντολή TPC σύμφωνα με τον αλγόριθμο 1 ή 2. Εάν ο εξοπλισμός χρήστη είναι πρόσθετα σε soft HO, αυτή η εντολή TPC συνδυάζεται περαιτέρω από το τερματικό με τις εντολές TPC που προέρχονται από άλλες ραδιο-συνδέσεις διαφορετικών συνόλων ραδιοσυνδέσεων. Οι διαδικασίες για συνδυασμένες εντολές TPC από τις ραδιοσυνδέσεις των διαφορετικών συνόλων ραδιοζεύξεων καθορίζονται στο [2] και διευκρινίζονται εδώ στο σχήμα 1.3.

Εάν οι εντολές TPC είναι από διαφορετικές κυψέλες και χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος 1, ο εξοπλισμός χρήστη αντλεί μια συνδυασμένη εντολή TPC βασισμένη στις soft αποφάσεις που λαμβάνονται για κάθε εντολή TPC που έχει ληφθεί από τα διαφορετικές κυψέλες, και αλλάζει αναλόγως την ισχύ μετάδοσής του από τον προκαθορισμένου μεγέθους βημάτων έλεγχου ισχύος. Εάν εφαρμόζεται ο αλγόριθμος 2, ο εξοπλισμός χρήστη λαμβάνει μια hard απόφαση σχετικά με την αξία κάθε εντολής TPC από τις ραδιοσυνδέσεις των διαφορετικών συνόλων ραδιοσυνδέσεων για πέντε διαδοχικές και ευθυγραμμισμένες σχισμές. Αυτό οδηγεί σε τόσες σκληρές αποφάσεις όσες είναι οι κυψέλες που συμμετέχουν σε SHO. Τέλος, ο εξοπλισμός χρήστη παράγει μια συνδυασμένη εντολή TPC για την πέμπτη σχισμή σύμφωνα με τον ακόλουθο κανόνα:

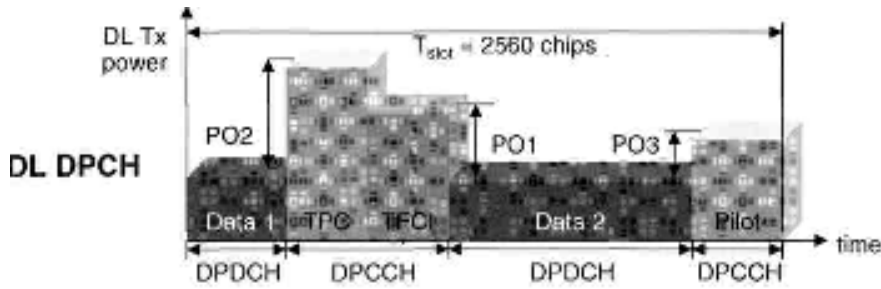
- Εάν ο μέσος όρος των υπολογισμένων προσωρινών εντολών TPC είναι μεγαλύτερος από 0.5, η ισχύς μετάδοσης αυξάνεται κατά 1 DB.
- Εάν ο μέσος όρος των κατ' εκτίμηση προσωρινών εντολών TPC είναι μικρότερος από 0.5, η ισχύς μετάδοσης μειώνεται κατά 1 DB.
- Διαφορετικά η ισχύς μετάδοσης δεν αλλάζει.

Στον ανωτέρω υπολογισμό κάθε κατ' εκτίμηση «άνω» εντολή αντιπροσωπεύεται από την αξία «+1» και η υπολογισμένη «κάτω» εντολή αντικαθίσταται από την αξία «- 1».

Κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, μετά από την εφαρμογή των ρυθμίσεων DPCH ισχύος και τους παράγοντες κέρδους, ο εξοπλισμός δεν επιτρέπεται για να υπερβεί την μέγιστη τιμή ισχύος μετάδοσης που τίθεται από το RNP. Επιπλέον, κατά τη διαβίβαση σε ένα DPCH το πρότυπο [7] απαιτεί ότι ο εξοπλισμός χρήστη πρέπει να είναι σε θέση να μειώσει την ισχύ μετάδοσής του τουλάχιστον στα -50dBm. Υποθέτοντας μια μέγιστη ισχύ μετάδοσης του εξοπλισμού χρήστη στα 21dBm (250 MW) αυτό οδηγεί σε μια δυναμική περιοχή περίπου 70 DB.

1.2.3.2.Downlink Γρήγορος Έλεγχος Ισχύος Κλειστού -Βρόχου

Ο downlink έλεγχος ισχύος εσωτερικού-βρόχου θέτει την ισχύ του downlink DPCH. Όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 1.2, το τερματικό λαμβάνει από τα υψηλότερα στρώματα το στόχο BLER που τίθεται από το RNC για τον downlink έλεγχο ισχύος εξωτερικού-βρόχου μαζί με άλλες παραμέτρους ελέγχου, και υπολογίζει το downlink SIR από τα πειραματικά σύμβολα του downlink DPCH. Αυτή η εκτίμηση του SIR συγκρίνεται με το στόχο SIR. Εάν η εκτίμηση είναι μεγαλύτερη από το στόχο, ο εξοπλισμός χρήστη διαβιβάζει την εντολή TPC «down» στο σταθμό βάσης, διαφορετικά ο εξ. χρήστη διαβιβάζει την TPC «up» εντολή. Εάν DPC-MODE = 0 ο εξ. χρήστη στέλνει μια μοναδική εντολή TPC σε κάθε σχισμή, διαφορετικά ο εξ. χρήστη επαναλαμβάνει την ίδια εντολή TPC άνω των τριών σχισμών. Οι εντολές TPC στέλνονται στο άνω ζεύξης DPC κανάλι και ελέγχουν ταυτόχρονα την ισχύ ενός DPC καναλιού και της αντιστοιχίας των DPDκαναλιών στην κατιούσα σύνδεση από το ίδιο ποσό. Οι σχετικές διαφορές ισχύος μεταξύ του DPD καναλιού και των TFCI. TPC καθώς και οι πειραματικοί τομείς του DPC καναλιού στην κατιούσα σύνδεση καθορίζονται από τα offset ισχύος PO1, PO2 και PO3, αντίστοιχα, όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 1.4. Στο SHO η ισχύς μετάδοσης του εξοπλισμού χρήστη μειώνεται αν η ποιότητα σήματος του ελέγχου ισχύος βελτιώνεται με τον καθορισμό μιας υψηλότερης ισχύος για το DPC κανάλι από αυτήν για το DPD κανάλι στην κατιούσα σύνδεση.



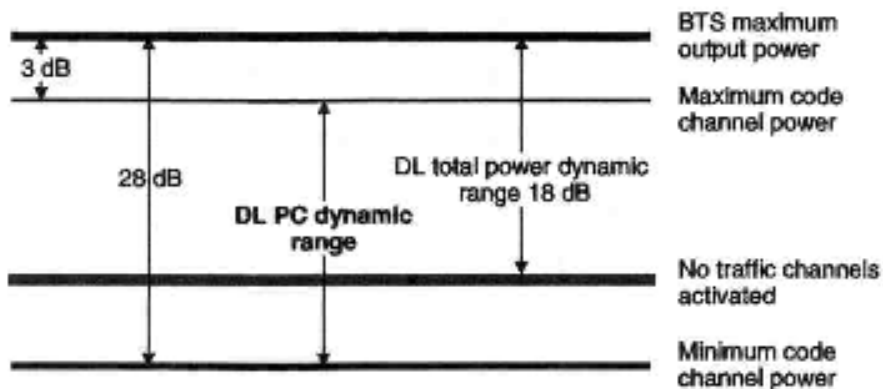
Σχήμα 1.4: Offsets ισχύος για τη βελτίωση της ποιότητας της downlink σηματοδότησης.

Ανάλογα με το DPC-MODE, ο σταθμός βάσης υπολογίζει την μεταδιδόμενη TPC εντολή (TPC_{est}), ώστε άνω της μιας ή τριών σχισμών να είναι «0» ή «1», και ενημερώνει την ισχύ ραδιοζεύξης για κάθε μονή ή κάθε τρίτη σχισμή αναλόγως [2]. Το μέγεθος βημάτων του downlink ελέγχου ισχύος είναι μια παράμετρος RNP που μπορεί να πάρει τις τιμές 0.5, 1, 1.5 ή 2 DB. Το ελάχιστο υποχρεωτικό μέγεθος βημάτων που υποστηρίζεται από το σταθμό βάσης είναι 1 DB: τα άλλα μεγέθη βημάτων είναι προαιρετικά [2]. Εντούτοις, εάν ένα τερματικό είναι σε SHO, όλες οι κυψέλες με τις οποίες συνδέεται ο εξοπλισμός χρήστη πρέπει να χρησιμοποιήσουν το ίδιο μέγεθος βημάτων ελέγχου ισχύος για να αποφύγουν τη μετατόπιση ισχύος (δείτε το τμήμα 1.2.3.4). Σε περίπτωση συμφόρησης ο σταθμός βάσης μπορεί να διαταχθεί από RNC να αγνοήσει τις TPC «up» εντολές από τον εξοπλισμό χρήστη.

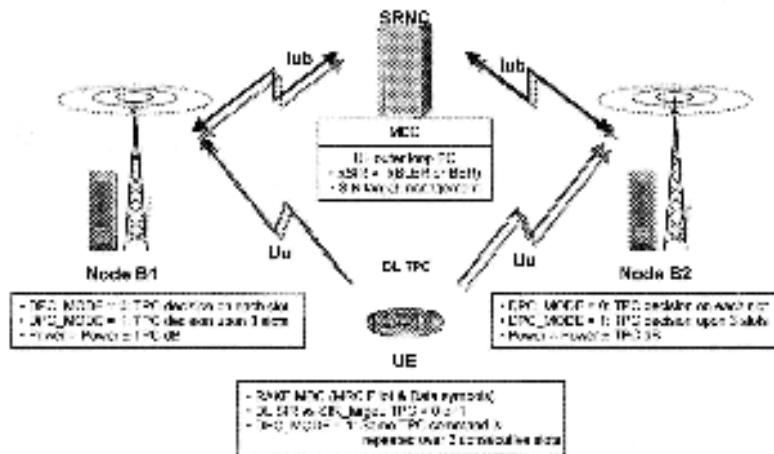
Η δυναμική περιοχή downlink ελέγχου ισχύος που απαιτείται από τα πρότυπα είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 1.5.

Ο έλεγχος ισχύος εσωτερικού-βρόχου σε downlink DP κανάλια σύνδεσης κατά τη διάρκεια softer HO ενεργεί με τον ίδιο τρόπο όπως στην περίπτωση μονής-ζεύξης. Μόνο ένα DPC κανάλι διαβιβάζεται στην άνω ζεύξη, και το μέρος σηματοδότησης και στοιχείων των λαμβανόμενων σημάτων από τις διαφορετικές κεραιές συνδυάζονται σε επίπεδο συμβόλων στο σταθμό βάσης. Στην κατιούσα σύνδεση ο σταθμός βάσης ελέγχει ταυτόχρονα την ισχύ της ορισμένης ραδιοσύνδεσης και χωρίζει το ρεύμα στοιχείων που παραλαμβάνεται από το DCH-FP σε όλες τις κυψέλες που συμμετέχουν σε softer HO.

Σε soft HO ο έλεγχος ισχύος εσωτερικού-βρόχου στο downlink DP κανάλι έχει δύο σημαντικά ζητήματα που διαφέρουν από την περίπτωση μονής-σύνδεσης: περιφερόμενες ισχύεις στις κυψέλες και την αξιόπιστη ανίχνευση των uplink TPC εντολών. Η λειτουργία ελέγχου ισχύος εσωτερικού-βρόχου κατά τη διάρκεια SHO είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 1.6. ενώ η περιφερόμενη ισχύς περιγράφεται λεπτομερέστερα στο τμήμα 1.2.3.4.



Σχήμα 1.5: Downlink power control dynamic range.



Σχήμα 1.6: Downlink εσωτερικού-βρόχου έλεγχος ισχύος κατά τη διάρκεια DHO.

1.2.3.3. Περιορισμένη Αύξηση Ισχύος σε Κατιούσα Ζεύξη

Ο downlink αλγόριθμος περιορισμένης αύξησης ισχύος που καθορίστηκε μέσα [2] λειτουργεί στο σταθμό βάσης μαζί με τον downlink γρήγορο έλεγχο ισχύος κλειστού βρόχου. Ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη μόνο την downlink αύξηση ισχύος λόγω των εντολών TPC και υιοθετείται όταν η υπηρεσία που φέρεται από το DPCH είναι μια μετάδοση πακέτων στοιχείων NRT. Ο σκοπός του είναι να περιορίσει τις παραλλαγές στα επίπεδα ισχύος που θα υποβίβαζαν την ποιότητα των RT συνδέσεων.

Μετά από τον υπολογισμό της κ-ισστής εντολής TPC TPC_{est} , (δείτε το τμήμα 1.2.3.2), ο σταθμός βάσεως ρυθμίζει την τρέχουσα ισχύ DPCH κατιούσας σύνδεσης σύμφωνα με την εξίσωση (1.5) όπως

$$P(k) = P(k-1) + P_{TPC}(k) \quad (1.5)$$

όπου $P_{TPC}(k)$ (dB) είναι η κ-ιστή ρύθμιση ισχύος λόγω του ελεγχου ισχύος εσωτερικού-βρόχου κατιούσας σύνδεσης. Για τις πρώτες ($DL_Power_Averaging_Window_Size - 1$) ρυθμίσεις ισχύος μετά από την ενεργοποίηση αυτής της μεθόδου, το $P_{TPC}(k)$ υπολογίζεται με την εξίσωση (1.6):

$$P_{TPC}(k) = \begin{cases} +\Delta_{TPC} & \text{if } TPC_{est}(k)=1 \\ -\Delta_{TPC} & \text{if } TPC_{est}(k)=0 \end{cases} \quad (1.6)$$

Μετά από αυτό, η Εξίσωση (1.7) χρησιμοποιείται:

$$P_{TPC}(k) = \begin{cases} +\Delta_{TPC} & \text{αν } TPC_{est}(k)=1 \text{ και } \Delta_{sum}(k) + \Delta_{TPC} < Power_Rise_Limit \\ 0 & \text{αν } TPC_{est}(k)=1 \text{ και } \Delta_{sum}(k) + \Delta_{TPC} > Power_Rise_Limit \\ -\Delta_{TPC} & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (1.7)$$

$$\text{όπου } \Delta_{sum}(k) = \sum_{i=k-DL_Power_Averaging_Window_Size}^{k-1} P_{TPC}(i) \quad (1.8)$$

$Power_Rise_Limit$ και $DL_Power_Averaging_Window_Size$ είναι παράμετροι που θέτει το RNP. Τυπικές τιμές είναι τα 3 Db και 30 inner-loop προαρμογές ισχύος [5], αντιστοίχως.

1.2.3.4. Μετατόπιση Ισχύος στην Κατιούσα Ζεύξη

Όταν ο εξοπλισμός χρήστη είναι σε SHO μόνο μια ενιαία εντολή TPC στέλνεται στην άνω ζεύξη σε όλες τις κυψέλες που συμμετέχουν στο SHO. Δεδομένου ότι θα εισήγαγε πάρα πολλή καθυστέρηση για να συνδυάσει όλες τις λαμβανόμενες εντολές TPC στο RNC και να στείλει μια συνδυασμένη εντολή πίσω, κάθε κυψέλη ανιχνεύει την εντολή TPC ανεξάρτητα. Λόγω παραδείγματος χάριν, λαθών των σημάτων στη διεπαφή αέρα (air interface), είναι δυνατό κάθε κυψέλη να ερμηνεύει αυτήν την εντολή TPC διαφορετικά. Κατά συνέπεια μια κυψέλη χαμηλώνει την ισχύ μετάδοσής της σε εκείνο το κινητό ενώ η άλλη κυψέλη μπορεί να την αυξάνει. και επομένως οι downlink ισχύεις κινούνται χώρια.

Δεδομένου ότι η μετατόπιση ισχύος υποβιβάζει την downlink απόδοση, απαιτούνται μέθοδοι για να καταπολεμηθεί αυτήν την επίδραση. Η ευκολότερη δυνατότητα είναι ακριβώς να περιοριστεί η δυναμική περιοχή ελέγχου ισχύος, αλλά αυτό έχει την αρνητική επίπτωση ότι επίσης μειώνεται το κέρδος από το SHO. Μια πιο σύνθετη αλλά αποτελεσματικότερη μέθοδος προτείνεται στο κεφάλαιο [5]. Τα επίπεδα ισχύος κώδικα μετάδοσης των συνδέσεων από τις κυψέλες σε SHO διαβιβάζονται στο RNC αφότου έχουν υπολογιστεί κατά μέσο όρο. Ένας χαρακτηριστικός χρόνος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό μέσου όρου είναι η **Περίοδος Αναφοράς Μέτρησης** που τίθεται από το RNP ίσο με, παραδείγματος χάριν, 500ms, που αντιστοιχεί σε 750 εντολές TPC. Από αυτές τις μετρήσεις το RNC προσδιορίζει μια τιμή σχύος αναφοράς, P_{ref} που στέλνεται στις κυψέλες. Αυτό χρησιμοποιείται έπειτα για να υπολογίσει περιοδικά μια μικρή ρύθμιση ισχύος προς την τιμή αναφοράς, η οποία ισορροπεί τις δυνάμεις συνδέσεως των συνδέσεων SHO και με αυτόν τον τρόπο μειώνει τη μετατόπιση ισχύος.

1.2.4.Εξωτερικού Βρόχου Έλεγχος Ισχύος

Ο στόχος του αλγορίθμου ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου είναι να διατηρηθεί η ποιότητα της επικοινωνίας στο επίπεδο που καθορίζεται από τις ποιοτικές απαιτήσεις της εν λόγω υπηρεσίας φορέα με την παραγωγή του επαρκούς SIR στόχου για τον έλεγχο ισχύος εσωτερικού-βρόχου. Αυτή η λειτουργία γίνεται για κάθε DCH που ανήκει στην ίδια σύνδεση RRC. Όπως φαίνεται στο [9], ο SIR στόχος πρέπει να ρυθμιστεί όταν αλλάζει η κινητή ταχύτητα ή το περιβάλλον πολυοδικής διάδοσης. Όσο υψηλότερη η παραλλαγή στη λαμβανόμενη ισχύ, τόσο ψηλότερα πρέπει να είναι ο SIR στόχος. Εάν επιλεγεί ένας σταθερός SIR στόχος, η προκύπτουσα ποιότητα της επικοινωνίας θα ήταν πάρα πολύ χαμηλή ή πάρα πολύ υψηλή, προκαλώντας μια περιττή άνοδο ισχύος στις περισσότερες περιπτώσεις.

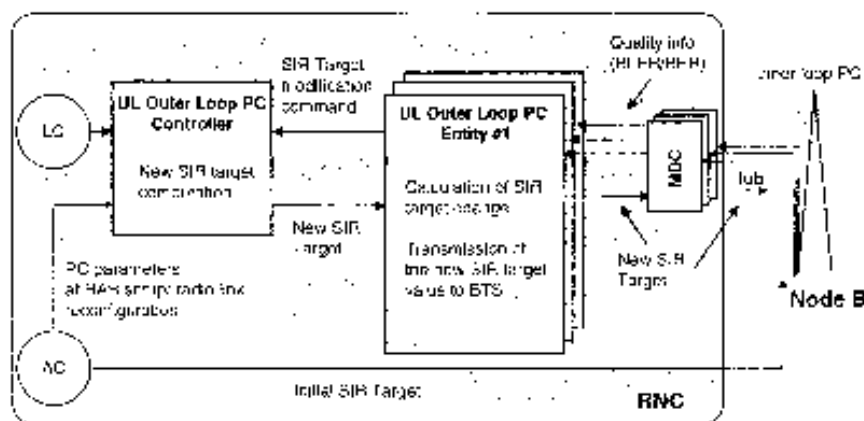
Ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού-βρόχου παρουσιάζεται στο σχήμα 1.2 για μια μονή σύνδεση και στο σχήμα 1.3 κατά τη διάρκεια SHO. Τελικά η ποιότητα άνω ζεύξης παρατηρείται μετά από την επιλογή μακροπολλαπλότητας (macrodiversity) που συνδυάζεται στο RNC, και ο SIR στόχος παρέχεται σε όλες τις κυψέλες που συμμετέχουν στο SHO. Η συχνότητα του ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου κυμαίνεται χαρακτηριστικά από 10 έως 100 Hz. Όπως διευκρινίζεται στο σχήμα 1.3, κατά τη διάρκεια του SHO τα ρεύματα δεδομένων Iub και Iur DCH που προέρχονται από τις διαφορετικές κυψέλες συνδυάζονται στο SRNC σε ένα ρεύμα δεδομένων στην άνω ζεύξη. Στην κατιούσα ζεύξη το ρεύμα δεδομένων DCH είναι χωρισμένο μεταξύ των σταθμών βάσεων. Αυτός ο συνδυασμός και ο διαχωρισμός στο RNC εκτελείται από τον Συνδυαστή Μακρο Πολλαπλότητας (MDC). Ο ΣΜΠ στο RNC είναι βασισμένος στις πληροφορίες που παραλαμβάνονται από τον σταθμό βάσης στα FP πλαίσια (frames), δηλαδή ειδικώς-αποκλεισμένα αποτελέσματα κέντρου ανίχνευσης και ελέγχου μεταφορών και πιθανώς υπολογισμένες πληροφορίες ποιότητας. Το αξιόπιστο SHO είναι βασισμένο στις πληροφορίες CFN που περιλαμβάνονται στα ρεύματα δεδομένων Iub/Iur. Στον εξοπλισμό χρήστη το MRC των λαμβανόμενων σημάτων εκτελείται σε επίπεδο συμβόλων (δεδομένα και πιλότοι). Μόνο ένα DPCH διαβιβάζεται στην uplink κατεύθυνση.

Στις παρακάτω παραγράφους περιγράφονται μερικές πτυχές του ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου εφαρμοσμένες για τις κατευθύνσεις άνω και κάτω ζεύξης.

1.2.4.1. Έλεγχος Ισχύος Εξωτερικού Βρόχου για Άνω Ζεύξη

Ο έλεγχος εξωτερικού-βρόχου στην άνω ζεύξη λειτουργεί μέσα στο SRNC και είναι αρμόδιος για τη ρύθμιση του SIR στόχου στο σταθμό βάσης για κάθε μεμονωμένο έλεγχο ισχύος εσωτερικού-βρόχου στην άνω ζεύξη. Αυτός ο στόχος SIR ενημερώνεται έπειτα σε μεμονωμένη βάση για κάθε εξοπλισμό χρήστη σύμφωνα με την uplink εκτιμημένη ποιότητα, π.χ. BLER ή BER για εκείνη την συγκεκριμένη σύνδεση RRC. Ένας αλγόριθμος, βασισμένος σε έναν κυκλικό έλεγχο πλεονασμού του ρεύματος δεδομένων ως ποιοτικό μέτρο, παρουσιάζεται στο [9]. Εάν ο κυκλικός έλεγχος πλεονασμού είναι εντάξει, ο στόχος SIR ελαττώνεται κατά ορισμένο ποσό, διαφορετικά αυξάνεται. Οι χαρακτηριστικές τιμές για το μέγεθος βημάτων στην προσαρμογή SIR είναι στην σειρά από 0.1 έως 1.0 DB.

Μια λογική αρχιτεκτονική της uplink λειτουργίας ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου έγκυρης για την περίπτωση υπηρεσιών multibearer είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 1.7.



Σχήμα 1.7: Αλγόριθμος uplink εξωτερικού-βρόχου ελέγχου ισχύος – λογική αρχιτεκτονική

Υπάρχει ένας ελεγκτής Ελέγχου Ισχύος εξωτερικού-βρόχου για κάθε σύνδεση RRC και μια οντότητα uplink ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου για κάθε DCH μέσα στην ίδια σύνδεση RRC. Οι οντότητες uplink ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου υπολογίζουν την απαραίτητη αλλαγή στο στόχο SIR σύμφωνα με τις αντίστοιχες ποιοτικές εκτιμήσεις άνω ζεύξης. Υπό την ίδια RRC σύνδεση, μια από τις οντότητες ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου άνω ζεύξης, π.χ. η σύνδεση σήμανσης (DCCH), επιλέγεται για να διαβιβάσει το νέο κοινό στόχο SIR στο σταθμό βάσης. Ο νέος SIR στόχος υπολογίζεται από τον ελεγκτή uplink ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου, βασισμένος στις αλλαγές στο SIR στόχο που λαμβάνονται από τις οντότητες EI και άλλες παραμέτρους διαμόρφωσης (π.χ. ο αρχικός/μέγιστος/ελάχιστος SIR στόχος) που παρέχεται από το εναλλασσόμενο ρεύμα στην εγκατάσταση RAB ή τον επανασηματισμό ραδιοσύνδεσης. Το DCH-FP χρησιμοποιείται για τη διαλογική επικοινωνία μεταξύ του RNC και των σταθμών βάσης.

Κάθε οντότητα ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου άνω ζεύξης λαμβάνει τις ποιοτικές πληροφορίες άνω ζεύξης από τη μονάδα MDC, όπου τα εισερχόμενα στοιχεία από τους διαφορετικούς κλάδους SHO συνδυάζονται (επιλογή και διαδικασία συνδυασμού). Ανάλογα με τον τύπο ραδιο-φορέα, η οντότητα ελέγχου ισχύος λαμβάνει είτε μια BLER εκτίμηση, που υπολογίζεται στο MDC σύμφωνα με τα κομμάτια κυκλικού ελέγχου πλεονασμού του επιλεγμένου πλαισίου, ή/και μια εκτίμηση BER, που υπολογίζεται στο σταθμό βάσης. Εάν ο

κυκλικός έλεγχος πλεονασμού δεν είναι εντάξει, το MDC μπορεί να επιλέξει την καλύτερη εκτίμηση BER. Σε οποιοδήποτε TTI, μια ή περισσότερες οντότητες ελέγχου ισχύος μπορούν να συμβάλουν στον υπολογισμό νέου στόχου SIR όταν, παραδείγματος χάριν, η διαφορά μεταξύ της εκτίμησης BLER/BER και του στόχου BLER/BER πολλαπλασιαστούν με ένα μέγεθος βημάτων μεγαλύτερο από 0.1 DB (ακρίβεια του στοιχείου πληροφορίας για το Iub interface target SIR).

1.2.4.2. Έλεγχος ισχύος Εξωτερικού-Βρόχου Κάτω ζεύξης

Η λειτουργία ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου εφαρμόζεται στον εξοπλισμό χρήστη, και η τιμή στόχου SIR για τον downlink έλεγχο ισχύος εσωτερικού-βρόχου ρυθμίζεται από τον εξοπλισμό χρήστη χρησιμοποιώντας έναν ιδιόκτητο αλγόριθμο που παρέχει την ίδια μετρημένη ποιότητα (BLER) όπως τον ποιοτικό στόχο που τίθεται από το RNC. Εάν το CPCH υιοθετείται στην επικοινωνία, ο ποιοτικός στόχος που επισημαίνεται από το RNC είναι το downlink DPCCCH BER, διαφορετικά μια τιμή στόχου BLER παρέχεται στον εξοπλισμό χρήστη. Επιπλέον, όταν χρησιμοποιείται το BLER κανάλι μεταφοράς ως στόχος στην επικοινωνία, ο downlink έλεγχος ισχύος εξωτερικού-βρόχου στον εξοπλισμό χρήστη εξασφαλίζει ότι η ποιοτική απαίτηση διατηρείται για κάθε TrCH στο οποίο ορίζεται ένας στόχος BLER. Αφ' ενός, εάν το BER του downlink DPCCCH στέλνεται ως ποιοτικός στόχος, ο βρόχος ελέγχου στον εξοπλισμό χρήστη θα κρατήσει την ποιοτική απαίτηση για κάθε CPCH, στο οποίο ορίζεται ένας downlink DPCCCH BER στόχος.

Η τιμή του ποιοτικού στόχου για τον downlink έλεγχο ισχύος εξωτερικού-βρόχου στον εξοπλισμό χρήστη ελέγχεται από το εναλλασσόμενο ρεύμα στο RNC, το οποίο καθορίζει την τιμή του downlink στόχου BLER για κάθε DCH που χαρτογραφείται στο CCTrCH. Ο downlink στόχος BLER για κάθε κανάλι μεταφορών λαμβάνεται έπειτα από το τερματικό στα μηνύματα RRC όπως διευκρινίζεται στο [1].

1.2.5. Έλεγχος ισχύος κατά την διάρκεια Συμπιεσμένης Κατάστασης

Η λειτουργία ελέγχου ισχύος UMTS στην συμπιεσμένη κατάσταση κατιούσας ή/και άνω ζεύξης παρέχει τους μηχανισμούς για να επιταχύνει τη σύγκλιση της αναλογίας σήματος-παρέμβασης (SIR) κοντά στον στόχο SIR μετά από κάθε χάσμα μετάδοσης όσο το δυνατόν γρηγορότερα.

Οι υποχρεωτικές διαδικασίες φυσικού στρώματος για τον έλεγχο ισχύος μετάδοσης στην συμπιεσμένη κατάσταση μπορούν να βρεθούν στο [2], όπου οι διαφορές μεταξύ των αλγορίθμων, των ορισμένων για τις κατευθύνσεις άνω και κάτω ζεύξεων επίσης επισημαίνονται. Ούτε οι uplink ούτε οι downlink λειτουργίες ελέγχου ισχύος εξωτερικού-βρόχου δεν επηρεάζονται από την εφαρμογή συμπιεσμένης κατάστασης. Εντούτοις, ο στόχος SIR πρέπει να ρυθμιστεί στο σταθμό βάσης και στον εξοπλισμό χρήστη κατά τη διάρκεια των συμπιεσμένων πλαισίων έναντι της κανονικής κατάστασης, δηλ.

$$SIR_{cm_target} = SIR_{target} + \Delta SIR_{pilot} + \Delta SIR_{coding} \quad (1.9)$$

όπου ΔSIR_{pilot} και ΔSIR_{coding} λαμβάνουν αντίστοιχα υπόψη τη μείωση των πειραματικών συμβόλων στην συμπιεσμένη κατάσταση και το μηχανισμό για την δημιουργία χασμάτων. Μια περιεκτική και λεπτομερής περιγραφή του υπολογισμού του στόχου SIR κατά τη διάρκεια της συμπιεσμένης κατάστασης μπορεί να βρεθεί στα [2] και [1] για uplink και downlink, αντίστοιχα.

1.2.6. Έλεγχος Ισχύος με Σφάλματα TPC Εντολών

Στις υψηλότερες ταχύτητες, το πρόβλημα στον γρήγορο έλεγχο ισχύος κλειστού-βρόχου είναι το υψηλό ποσοστό σφάλματος στις εντολές TPC. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους φορείς που τρέχουν στις χαμηλές αναλογίες Σήματος - Παρεμβολής. Για να διατηρήσει το ίδιο BLER στο δέκτη, ο εξωτερικός βρόχος θα αντισταθμίσει την ατέλεια ελέγχου ισχύος με τη διατήρηση ενός

υψηλότερου στόχου E_b/N_0 . Ο πίνακας 1.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα προσομοίωσης για τις τιμές στόχων E_b/N_0 ως λειτουργία της πιθανότητας λάθους στις εντολές TPC.

Πίνακας 1.2: Στόχοι E_b/N_0 ως λειτουργία της αναλογίας σφάλματος των εντολών TPC (ταχύτητα 3km/h).

Error rate (%)	Target E_b/N_0 UL (dB)		Target E_b/N_0 DL (dB)	
	Average	Std	Average	Std
5	4.05	0.27	6.37	0.48
10	4.08	0.30	6.44	0.50
20	4.33	0.49	6.74	0.47
30	5.36	0.64	7.51	0.57
40	9.50	1.51	10.4	1.38

1.2.7. Γρήγορος Έλεγχος Ισχύος και Ταχύτητα Τερματικού

Ο στόχος SIR για τον έλεγχο ισχύος κλειστού βρόγχου εξαρτάται από την απαίτηση E_b/N_0 της απαιτούμενης υπηρεσίας (στόχος E_b/N_0) που εξαρτάται στη συνέχεια από την ταχύτητα του τερματικού. Επομένως θέτοντας τον μέγιστο επιτρεπτό στόχο E_b/N_0 θα πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψη τα τερματικά με τις υψηλότερες ταχύτητες. Υπάρχουν δύο λόγοι για τους οποίους αυτό είναι απαραίτητο. Αρχικά, με τη χαμηλότερη ταχύτητα, ο γρήγορος έλεγχος ισχύος

Πίνακας 1.3: Στόχοι E_b/N_0 σε διάφορες ταχύτητες τερματικού (στόχος BLER= 1%, 64Kbps CS data traffic)

Terminal Speed (km/h)	Target E_b/N_0 UL (dB)		Target E_b/N_0 DL (dB)	
	Average	Std	Average	Std
3	3.75	1	5.72	0.78
20	3.75	1.1	5.09	0.93
50	3.70	1.46	5.87	1.47
120	4.10	1.86	5.99	1.90

είναι κοντά στο τέλειο και ο στόχος E_b/N_0 μπορεί να τεθεί σε μικρότερες τιμές. Στις υψηλότερες ταχύτητες ο γρήγορος έλεγχος ισχύος γίνεται ατελής και, π.χ., στα 120 km/h λίγος συσχετισμός αφήνεται μεταξύ του καναλιού και των εντολών TPC. Για να επιτύχει ακόμα τις απαιτούμενες λαμβανόμενες αναλογίες BLERs ένας ελαφρώς υψηλότερος μέσος στόχος E_b/N_0 απαιτείται. Αφετέρου, υπάρχει επίσης περισσότερη ποικιλία στον στόχο E_b/N_0 για τις υψηλότερες τερματικές ταχύτητες. Κατά συνέπεια ο ορισμός υψηλότερου μέγιστου στόχου SIR στον έλεγχο ισχύος εξωτερικού-βρόγχου είναι απαραίτητος εάν η κυψέλη πρόκειται να υποστηρίξει επίσης τα τερματικά σε υψηλότερες ταχύτητες. Τα παραδείγματα των τιμών του στόχου E_b/N_0 ως λειτουργία της τερματικής ταχύτητας παρουσιάζονται στον πίνακα 1.3.

1.3. Έλεγχος Μεταβίβασης (Handover)

Ο έλεγχος μεταβίβασης (HC) του επίγειου δικτύου ραδιο-πρόσβασης UMTS (UTRAN) υποστηρίζει τους διαφορετικούς τύπους μεταβίβασης και διαδικασιών μεταβίβασης. Οι παρακάτω παράγραφοι δίνουν μια εισαγωγή στους πύο κοινούς τύπους και τις διαδικασίες που υποστηρίζονται από το UTRAN. Το HC μπορεί να διακριθεί σε ακόλουθους τύπους μεταβίβασης:

- **Intrasytem HO** που εμφανίζεται μέσα σε ένα σύστημα WCDMA. Μπορεί να υποδιαιρείται περαιτέρω σε

Intrafrequency HO μεταξύ των κυψελών που ανήκουν στον ίδιο φορέα

WCDMA

Interfrequency HO μεταξύ των κυψελών που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικούς φορείς WCDMA.

- **Intrasystem HO** που πραγματοποιείται μεταξύ των κυψελών που ανήκουν σε δύο διαφορετικές τεχνολογίες ραδιο-πρόσβασης (RAT) ή σε διαφορετικές καταστάσεις ραδιο-πρόσβασης (RAM). Η συχνότερη περίπτωση για τον πρώτο τύπο αναμένεται μεταξύ των συστημάτων WCDMA και GSM/EDGE. Εντούτοις, το Intrasystem HO μπορεί επίσης να προκύψει, π.χ., σε άλλα συστήματα CDMA (π.χ. cdmaOne). Ένα παράδειγμα του inter-RAM HO είναι μεταξύ των καταστάσεων UTRA FDD και UTRA TDD.

Επιπλέον, οι ακόλουθες διαδικασίες HO μπορούν να προσδιοριστούν:

- **Σκληρή Μεταβίβαση (HHO)**, μια κατηγορία διαδικασιών HO στην οποία όλες οι παλιές ραδιοζεύξεις ενός MS αποδεσμεύονται πριν οριστούν οι νέες ραδιοζεύξεις. Για πραγματικού-χρόνου φορείς αυτό σημαίνει μια μικρή αποσύνδεση του φορέα, για μη-πραγματικού-χρόνου φορείς η σκληρή μεταβίβαση είναι μάταιη.

- **Soft Μεταβίβαση (SHO) και softer μεταβίβαση** είναι μια κατηγορία διαδικασιών HO στην οποία ένας κινητός σταθμός τηρεί πάντα τουλάχιστον μια ραδιο-σύνδεση στο UTRAN. Κατά τη διάρκεια του soft handover ένας κινητός σταθμός ελέγχεται ταυτόχρονα από δύο ή περισσότερες κυψέλες που ανήκουν σε διαφορετικούς BTS του ίδιου RNC (intra-RNC SHO) ή διαφορετικούς RNCs (inter-RNC SHO). Σε softer μεταβίβαση ένας κινητός σταθμός ελέγχεται από τουλάχιστον δύο κυψέλες υπό ένα BTS. Οι SHO και softer HO είναι μόνο δυνατές μέσα σε μια συχνότητα φέροντος.

Ανάλογα με τη συμμετοχή σε SHO, οι κυψέλες σε ένα σύστημα WCDMA διαιρούνται σε ακόλουθα δύο σύνολα:

- Ενεργό σύνολο, συμπεριλαμβανομένων όλων των κυψελών που συμμετέχουν αυτήν την περίοδο σε μια σύνδεση SHO ενός τερματικού.

- Γειτονικό σύνολο/ελεγχόμενο σύνολο. Και οι δύο όροι χρησιμοποιούνται ταυτοσήμως. Αυτό το σύνολο περιλαμβάνει όλες τις κυψέλες που ελέγχονται/μετριοούνται συνεχώς από τον κινητό σταθμό και που δεν συμπεριλαμβάνονται την στιγμή αυτή στο ενεργό σύνολό του.

1.3.1. Ενδοσυστηματική – Ενδοσυχνότητας Soft Μεταβίβαση (SHO)

Η soft μεταβίβαση είναι ένα γενικό γνώρισμα στα συστήματα όπως το WCDMA, στο οποίο οι γειτονικές κυψέλες λειτουργούν στην ίδια συχνότητα. Όταν βρίσκεται στην κατάσταση σύνδεσης, ο κινητός σταθμός μετρά συνεχώς την εξυπηρέτηση και τις γειτονικές κυψέλες (κυψέλες που υποδεικνύονται από το RNC) στην τρέχουσα συχνότητα φορέα. Ο κινητός σταθμός συγκρίνει τα αποτελέσματα μέτρησης με τα κατώτατα όρια HO που παρέχονται από το RNC, και στέλνει μια έκθεση μέτρησης πίσω στο RNC όταν εκπληρώνονται τα κριτήρια αναφοράς. Η soft μεταβίβαση επομένως είναι μια μεταβίβαση αξιολόγησης κινητού (MEHO). Ο αλγόριθμος απόφασης της SHO, εντούτοις, βρίσκεται στο RNC. Με βάση την έκθεση μέτρησης που λαμβάνεται από τον κινητό σταθμό (είτε περιοδικά είτε προκαλούμενα από ορισμένα γεγονότα), το RNC διατάζει τον κινητό σταθμό να προσθέσει ή να αφαιρέσει κυψέλες από το ενεργό σύνολό του (αναπροσαρμογή ενεργού συνόλου ASU). Ο έλεγχος μεταβίβασης στο UTRAN υποστηρίζει όλους τους τύπους των SHO που περιγράφονται, τόσο για φορείς ραδιοπρόσβασης πραγματικού-χρόνου (RT) όσο και για μη-πραγματικού-χρόνου (NRT).

Στο σύστημα WCDMA η μεγάλη πλειοψηφία των μεταβιβάσεων είναι μεταβιβάσεις ενδοσυχνότητας (intrafrequency). Οι διαφορετικοί τύποι μεταβιβάσεων ενδοσυχνότητας μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα. Παραδείγματος χάριν, το RAN είναι σε θέση να εκτελέσει soft (intra-RNC καθώς επίσης και inter-RNC) και softer μεταβιβάσεις συγχρόνως. Οι κύριοι στόχοι της soft/softer μεταβίβασης είναι οι ακόλουθοι:

- Ο βέλτιστος γρήγορος έλεγχος ισχύος κλειστού-βρόχου, καθώς το τερματικό συνδέεται πάντα με τις ισχυρότερες κυψέλες.
 - Αψευγάδιαστη μεταβίβαση χωρίς την αποσύνδεση του φορέα ραδιοπρόσβασης.
 - Για να επιτρέψουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο υποδοχής για τη διατήρηση των επικοινωνιών συνδυάζοντας τα λαμβανόμενα σήματα (macrodiversity) σε επίπεδο συμβόλων από πολλαπλές κυψέλες σε περιπτώσεις όταν ο κινητός σταθμός κινείται προς τις περιοχές ορίου των κυψελών, και δεν μπορούν να λάβουν ένα ικανοποιητικό επίπεδο υποδοχής από μια μονό κυψέλη.
 - Επιπλέον, το κέρδος macrodiversity που επιτυγχάνεται με το συνδυασμό του λαμβανόμενου σήματος στο σταθμό βάσης (softer μεταβίβαση) ή στο RNC (SHO) βελτιώνει την ποιότητα σήματος άνω ζεύξης και μειώνει έτσι την απαραίτητη ισχύ μετάδοσης του κινητού σταθμού.
- Όλες οι λειτουργίες RRM συμμετέχουν στη διαδικασία SHO. Ο έλεγχος μεταβίβασης επεξεργάζεται τις εκθέσεις μέτρησης από το τερματικό και παίρνει την τελική απόφαση βασισμένος σε αυτές τις πληροφορίες. Ο έλεγχος μεταβίβασης επίσης ενημερώνει την αναφορά ισχύος μετάδοσης που χρησιμοποιείται από τον αλγόριθμο πρόληψης μετατόπισης ισχύος κατά τη διάρκεια SHO (δείτε το τμήμα 1.2.3.4). Ο έλεγχος εισόδου (AC – admission control) απαιτείται πρώτα για την downlink απόφαση εισόδου για RT ο φορέας ραδιοπρόσβασης και για την αναμονή ενός κλάδου HO σε μια κυψέλη σε περίπτωση συμφόρησης. Όταν ο νέος κλάδος διατεθεί, ο έλεγχος αποδοχής απαιτείται για την downlink κατανομή ισχύος για τον κλάδο HO. Εάν το αίτημα προσθήκης του κλάδου HO απορριφθεί, ο έλεγχος εισόδου μπορεί να αρχίσει είτε την αναγκαστική απελευθέρωση κλήσης, αναγκασμένη μεταβίβαση ενδοσυχνότητας είτε αναγκασμένη μεταβίβαση ενδοσυστήματος. Ο διευθυντής των πόρων (RM) διαθέτει τον downlink κώδικα διάδοσης για έναν νέο κλάδο HO, και απελευθερώνει τον κώδικα διάδοσης όταν αφαιρείται ο κλάδος HO από την κυψέλη. Ο στόχος του RM είναι να ενεργοποιηθεί η ραδιο-σύνδεση για έναν νέο κλάδο HO και να απελευθερωθεί η ραδιο-σύνδεση όταν αφαιρείται ο κλάδος HO από την κυψέλη. Ο έλεγχος φορτίου (LC) ενημερώνει τις πληροφορίες downlink φορτίου της κυψέλης όταν αναγνωρίζεται ένας νέος RT φορέας ραδιοπρόσβασης (κλάδος HO για SHO) ή όταν απομακρύνεται ένας RT φορέας ραδιοπρόσβασης (παλιός κλάδος HO) από την κυψέλη. Για την κυκλοφορία πακέτων ο προγραμματιστής πακέτου (PS) απελευθερώνει έναν κώδικα διάδοσης κάτω ζεύξης για τον κλάδο μεταβίβασης στην περίπτωση του NRT φορέα ραδιοπρόσβασης, και σχεδιάζει το αίτημα προσθήκης κλάδου μεταβίβασης για έναν NRT φορέα ραδιοπρόσβασης με την υψηλότερη προτεραιότητα.

1.3.2. Ενδοσυστηματική – Ενδοσυχνότητας Hard Μεταβίβαση (HHO)

Η intrafrequency hard μεταβίβαση απαιτείται όταν οι κυψέλες που συμμετέχουν στην μεταβίβαση ελέγχονται από διαφορετικά RNCs στις καταστάσεις όταν δεν μπορεί η μεταβίβαση inter-RNC να εκτελεσθεί ως SHO, ή εάν η SHO δεν επιτρέπεται. Η intrafrequency hard μεταβίβαση προκαλεί την προσωρινή αποσύνδεση του RT φορέα ραδιοπρόσβασης αλλά είναι χωρίς απώλειες για τους NRT φορείς. Οι αποφάσεις της λαμβάνονται από το RNC βασισμένο στα αποτελέσματα μέτρησης της ενδοσυχνότητας που στέλνει ο κινητός σταθμός περιοδικά αφότου έχει αναφέρει ένα intrafrequency triggering event και ο AS δεν μπορούσε να ενημερωθεί, καθώς και σχετικές παραμέτρους ελέγχου. Οι αναφορές εφαρμόζονται συνήθως στη διαδικασία SHO, έτσι η hard μεταβίβαση συχνότητας είναι μια MEHO. Ένας απλός αλγόριθμος για HHO θα μπορούσε να βασιστεί στις υπολογισμένες κατά μέσο όρο τιμές P-CPICH E_c/I_0 της εξυπηρετούσης κυψέλης και των γειτονικών κυψελών, και ένα περιθώριο HO που χρησιμοποιείται ως κατώφλι για να αποτρέψει επαναλαμβανόμενες HHOs μεταξύ των κυψελών. Πριν να είναι δυνατή σε αυτήν την περίπτωση η HHO ενδοσυχνότητας, τα αποτελέσματα μέτρησης της γειτονικής κυψέλης πρέπει να ικανοποιούν την εξίσωση (1.10):

$$AveEcloDownlink + EcloMargin(n) < AveEcloNcell(n) \quad (1.10)$$

όπου AveEcloDownlink είναι ο μέσος όρος του P-CPICH E_c/I_o της καλύτερα εξυπηρετούσης κυψέλης, και ave-EcloNcell (n) είναι ο μέσος όρος του P-CPICH E_c/I_o της γειτονικής κυψέλης (n). Η παράμετρος EcloMargin (n) είναι το περιθώριο από το οποίο ο λόγος E_c/I_o της γειτονικής κυψέλης (n) πρέπει να υπερβεί τον E_c/I_o της καλύτερα εξυπηρετούσης κυψέλης προτού η μεταβίβαση να είναι δυνατή. Με την εκτέλεση μιας HHO όταν η SHO δεν είναι δυνατή, η υπερβολική παρεμβολή μπορεί να αποφευχθεί. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας HHO όλες οι συνδέσεις στο AS αντικαθίσταται ταυτόχρονα από μια νέα σύνδεση.

1.3.3. Intrasystem-Interfrequency Handover

Η Interfrequency HO (IF-HO) είναι μια σκληρή μεταβίβαση μεταξύ των διαφορετικών φορέων WCDMA που απαιτείται για να εξασφαλιστεί ένα μονοπάτι μεταβίβασης από μια κυψέλη σε μια άλλη κυψέλη σε καταστάσεις όπου διαφορετικοί φορείς έχουν διατεθεί στις εν λόγω κυψέλες. Επίσης, HHO εδώ σημαίνει ότι η IF -HO προκαλεί την προσωρινή αποσύνδεση του RT φορέα ραδιοπρόσβασης και είναι χωρίς απώλειες για τους NRT φορείς. Η IF-HO επιτρέπει επίσης μεταβιβάσεις μεταξύ των χωριστών στρώματων ενός πολυστρωματικού κυψελοειδούς δικτύου, παραδείγματος χάριν ένα δίκτυο αποτελούμενο από μακρο- και μικροκυψέλες όπου τα στρώματα κυψελών χρησιμοποιούν διαφορετικούς φορείς. Ο RAN έλεγχος μεταβίβασης πρέπει να υποστηρίξει τους ακόλουθους τύπους των IF -HO:

- * Intra-BS HHO (για να ελέγξει το φορτίο μεταξύ των φορέων)
- * Intra-RNC HHO
- * Inter-RNC HHO

Η IF -HO είναι μια αξιολογημένη από το δίκτυο μεταβίβαση (NEHO) δεδομένου ότι ο αλγόριθμος αξιολόγησής της βρίσκεται στο RNC. Το RNC αναγνωρίζει τη δυνατότητα μιας IF-HO βασισμένο στη διαμόρφωση του ραδιο- δικτύου (συχνότητα/κατανομή φορέων, ορισμοί κοντινών κυψελών, στρώματα κυψελών, κ.λπ.). Όταν ένας κινητός σταθμός βρίσκεται εκεί που μια IF-HO είναι εφικτή και απαραίτητη, το RNC διατάζει τον κινητό σταθμό να αρχίσει τις interfrequency μετρήσεις και να αναφέρει τα αποτελέσματα περιοδικά. Οι αποφάσεις HO λαμβάνονται έπειτα από το RNC βάσει εκείνων των αποτελεσμάτων μέτρησης (inter και Intrafrequency) και των σχετικών παραμέτρων ελέγχου.

Για να είναι σε θέση να εκτελέσει τις interfrequency μετρήσεις, το κινητό πρέπει να εξοπλιστεί με έναν δεύτερο δέκτη συντονισμένο στη γειτονική συχνότητα ή πρέπει να υποστηρίξει την αποκαλούμενη συμπίεσμένη κατάσταση. Περισσότερα για την συμπίεσμένη κατάσταση μπορούν να βρεθούν στην παράγραφο 1.3.6.

1.3.4. Intersystem Handover

Όπως το όνομα δείχνει, η intersystem μεταβίβαση (IS-HO) είναι μια μεταβίβαση μεταξύ UTRA FDD και ενός γειτονικού συστήματος που χρησιμοποιεί μια διαφορετική τεχνική ραδιοπρόσβασης (RAT), ή μέσα σε WCDMA εάν το άλλο σύστημα χρησιμοποιεί μια διαφορετική μέθοδο ραδιοπρόσβασης (RAM), δηλ. UTRA TDD. Η IS-HO πρέπει, παραδείγματος χάριν, να συμπληρώσει τους τομείς κάλυψης του WCDMA και ενός γειτονικού συστήματος, του ενός με το άλλο, όταν η περιοχή κάλυψης του WCDMA περιορίζεται μόνο σε ορισμένες περιοχές. Όταν οι τομείς κάλυψης του WCDMA και του γειτονικού συστήματος επικαλύπτουν ο ένας τον άλλον, μια IS-HO μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για να ελέγξει το φορτίο μεταξύ των συστημάτων. Παραδείγματος χάριν, οι συνδέσεις ομιλίας μπορούν να παραδοθούν στις συνδέσεις γειτονικών 2G συστημάτων και δεδομένων που αντιμετωπίζονται μέσα στο σύστημα WCDMA. Η IS-HO είναι μια σκληρή μεταβίβαση, δηλαδή προκαλεί την

προσωρινή αποσύνδεση του RT φορέα ραδιοπρόσβασης. Όταν ένας RT φορέας ραδιοπρόσβασης παραδίδεται από ένα σύστημα σε άλλο, το κεντρικό δίκτυο είναι αρμόδιο για την προσαρμογή των παραμέτρων ποιότητας των υπηρεσιών (QoS) που περιλαμβάνονται στις ιδιότητες RAB σύμφωνα με το νέο σύστημα. Για περισσότερα σχετικά με την QoS δείτε το κεφάλαιο 9. Επίσης η IS-HO είναι μια NEHO, δεδομένου ότι η αξιολόγηση γίνεται στο RNC. Ο αλγόριθμος απόφασης της IS-HO βρίσκεται στο RNC, αλλά ο κινητός σταθμός πρέπει να υποστηρίξει την IS-HO και τις μετρήσεις της εντελώς προτού να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί το χαρακτηριστικό γνώρισμα.

Όταν ένας κινητός σταθμός βρίσκεται εκεί που μια IS-HO είναι εφικτή και απαραίτητη, το RNC διατάζει τον κινητό σταθμό να αρχίσει τις intersystem μετρήσεις και να αναφέρει τα αποτελέσματα περιοδικά. Οι αποφάσεις μεταβίβασης που λαμβάνονται από το RNC είναι βασισμένες στα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων (inter και Intrasystem) και των σχετικών παραμέτρων ελέγχου.

Το RNC αναγνωρίζει τη δυνατότητα μιας IS-HO βασισμένο στη διαμόρφωση του ραδιοδικτύου (ορισμοί γειτονικών κυψελών και σχετικές παράμετροι ελέγχου). Σε περίπτωση που το δεύτερο σύστημα είναι ένα σύστημα GSM, ο αλγόριθμος απόφασης της intersystem μεταβίβασης από το GSM στο WCDMA βρίσκεται στον ελεγκτή σταθμών βάσης GSM (BSC). Από την άποψη του RNC μια IS-HO από το GSM στο WCDMA δεν διαφέρει από την inter-RNC HO. Αντίστοιχα, μια IS-HO από το WCDMA στο GSM δεν διαφέρει από την inter-BSC HO από την άποψη του GSM BSS.

Όπως με τις interfrequency μετρήσεις, ο κινητός σταθμός πρέπει είτε να εξοπλιστεί με έναν δεύτερο δέκτη είτε να υποστηρίξει την συμπιεσμένη κατάσταση (δείτε 1.3.6) για να εκτελέσει τις intersystem μετρήσεις.

1.3.5 Αναφορά Μέτρησης Μεταβίβασης

Η αναφορά μέτρησης HO μπορεί να διαιρεθεί στα ακόλουθα στάδια:

1. Ορισμοί κοντινών κυψελών
2. Μέτρηση που αναφέρει τα κριτήρια
3. Αναφορά των αποτελεσμάτων μέτρησης

1.3.5.1 Ορισμοί Γειτονικής Κυψέλης

Για κάθε κυψέλη στο UTRAN ένα δικό του σύνολο γειτονικών κυψελών πρέπει να καθοριστεί στη διαμόρφωση δεδομένων του ραδιοδικτύου, που βρίσκεται τυπικά στο RNC. Δεδομένου ότι μία γειτονική κυψέλη μπορεί να βρεθεί στο ίδιο δίκτυο στην ίδια συχνότητα, σε μια διαφορετική συχνότητα ή σε οποιοδήποτε γειτονικό δημόσιο κινητό δίκτυο εδάφους (PLMN), οι ακόλουθοι κοντινοί κατάλογοι πρέπει να καθοριστούν για κάθε κυψέλη σε περίπτωση που η αντιστοιχία HO πρέπει να υποστηριχθεί:

- **Κοντινός κατάλογος Intrafrequency.** Ο εξοπλισμός χρήστη πρέπει να είναι σε θέση να ελέγξει τουλάχιστον 32 κυψέλες στην ίδια συχνότητα φορέων WCDMA με την εξυπηρετούσα κυψέλη [4].
- **Κοντινός κατάλογος Interfrequency.** Ο εξοπλισμός χρήστη πρέπει να είναι σε θέση να ελέγξει τουλάχιστον 32 κυψέλες γενικά σε δύο συχνότητες φορέων WCDMA πρόσθετα από την συχνότητα της εξυπηρετούσης κυψέλης [4].
- **Κοντινοί κατάλογοι Intersystem.** Για κάθε γειτονικό PLMN ένας χωριστός κατάλογος απαιτείται. Συνολικά ένα μέγιστο 32 γειτόνων interfrequency πρέπει να υποστηριχθεί από τον εξοπλισμό χρήστη [1].

Το Δίκτυο Ραδιο Πρόσβασης μεταδίδει την αρχική λίστα γειτονικών κυψελών μιας κυψέλης στα μηνύματα πληροφοριών συστήματος στο BCCH. Σε περίπτωση που ένα απαραίτητο ASU έχει εκτελεσθεί, μια νέα λίστα γειτόνων συνδυάζεται στο RNC βάσει των καταλόγων γειτόνων των κυψελών στο νέο ενεργό σύνολο και έπειτα στέλνεται στον κινητό σταθμό στο DCCH.

Για να προσδιορίσει ένα κοντινό κυψέλη WCDMA, αυτός ο κατάλογος περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

Global RNC Identifier (PLMN Identifier MCC and MNC, RNC Identifier)

Cell Identifier

Location Area Code (LAC)

Routing Area Code (RAC)

UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number (UARFCN)

Scrambling code of the Primary Common Pilot Channel (P-CPICH)

Για μία γειτονική κυψέλη GSM, στέλνονται οι παρακάτω πληροφορίες:

Cell Global Identification, CGI = MCC + MNC + LAC + CI

BCCH frequency

Base Station Identity Code, BSIC = BCC + NCC

Η αναζήτηση γειτονικής κυψέλης στην τρέχουσα συχνότητα φορέα

Στην αδρανή καθώς επίσης και στην κατάσταση σύνδεσης ο εξοπλισμός χρήστη ψάχνει συνεχώς για τις νέες κυψέλες στην τρέχουσα συχνότητα φορέα. Οι λεπτομέρειες της διαδικασίας αναζήτησης κυψελών μπορούν να βρεθούν στο τμήμα 1.5.2.1. Εάν ο κινητός σταθμός ανιχνεύσει μία υποψήφια κυψέλη που δεν έχει οριστεί ως γειτονική, πρέπει να αποκωδικοποιήσει το BCCH της κυψέλης για να την αναγνωρίσει προτού να μπορέσει να αναφέρει τον μετρημένο λόγο E_c/I_0 του εντοπισμένου γειτονικής κυψέλης στο RNC. Σε αυτήν την περίπτωση οι ακόλουθες πληροφορίες χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν τις απροσδιόριστες γειτονικές κυψέλες: για μία γειτονική κυψέλη WCDMA ο downlink scrambling κώδικας, ο κώδικας περιοχής θέσης (LAC) και η ταυτότητα κυψέλης (CI). Για μία γειτονική κυψέλη GSM : ο αριθμός καναλιών ραδιοσυχνότητας GSM του BCCH, και τον κώδικα ταυτότητας σταθμού βάσης (BSIC = BCC + NCC).

1.3.5.2. Κριτήρια Αναφοράς Μέτρησης

Ανάλογα με τον τύπο μεταβίβασης (MEHO ή NEHO), διαφορετικά κριτήρια αναφοράς μέτρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ο Έλεγχος Ραδιο -Δικτύου (RNC) μπορεί να ζητήσει από τον κινητό σταθμό να εκτελέσει και να αναφέρει τους ακόλουθους διαφορετικούς τύπους βασικών μετρήσεων HO:

- Μετρήσεις Intrafrequency (MEHO)
- Μετρήσεις Interfrequency (NEHO)
- Μετρήσεις Intersystem (NEHO)
- Εσωτερικές μετρήσεις εξοπλισμού χρήστη

Όλοι οι τύποι μέτρησης HO ελέγχονται ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον και το τόξο που καθορίζονται σε μια cell-by-cell βάση. Δύο ή περισσότεροι τύποι μέτρησης HO μπορούν να είναι ενεργοί ταυτόχρονα, παραδείγματος χάριν intra- και interfrequency μετρήσεις. Τα χωριστά σύνολα παραμέτρου μέτρησης για RT και οι NRT φορείς μπορούν να καθοριστούν. Ο έλεγχος των μετρήσεων HO εξηγείται λεπτομερώς στα εξής τμήματα σχετικά με τους σχετικούς τύπους HO.

Οι μετρήσεις Intrafrequency μεταβίβασης

Το δίκτυο Ραδιοπρόσβασης μεταδίδει τα κριτήρια αναφοράς μετρήσεως (παράμετροι μέτρησης) για τις intrafrequency μετρήσεις στο BCCH. Όταν τα κριτήρια εκπληρώνονται, ο εξοπλισμός

χρήστη αναφέρει τα αποτελέσματα των μετρήσεων του στο RNC. Το RNC λαμβάνει στη συνέχεια την απόφαση μεταβίβασης. Εάν το ASU δεν μπορεί να εκτελεσθεί, ο κινητός σταθμός συνεχίζει να μετρά γειτονικές κυψέλες αλλά αλλάζει στην περιοδική υποβολή αναφοράς των αποτελεσμάτων (περισσότερα για αυτήν την event-triggering περιοδική αναφορά μπορούν να βρεθούν στο τμήμα 1.3.5.3). Για αυτόν τον τύπο μέτρησης ο κινητός σταθμός χρησιμοποιεί χωριστά κριτήρια αναφοράς μετρήσεων που διαβιβάζονται στον εξοπλισμό χρήστη.

Μετρήσεις Interfrequency και Intersystem Μεταβίβασης

Interfrequency και Intersystem μετρήσεις γίνονται μόνο όταν διατάζονται από το RNC. Χρησιμοποιούν χωριστά κριτήρια αναφοράς μετρήσεων διαβιβασθέντα στον εξοπλισμό χρήστη. Όταν ξεκινούν, ο εξοπλισμός χρήστη αναφέρει περιοδικά τα αποτελέσματα στο RNC. Οι μετρήσεις ελέγχονται από δύο παραμέτρους: την διάρκεια αναφοράς και το διάστημα αναφοράς.

Εσωτερικές Μετρήσεις Εξοπλισμού Χρήστη

Τα κριτήρια αναφοράς εσωτερικής μέτρησης εξοπλισμού χρήστη ελέγχονται εν μέρει σε μια cell-by-cell βάση και εν μέρει από παραμέτρους κοινές για όλες τις κυψέλες σε ολόκληρο το RNC. Οι πληροφορίες μέτρησης για τις εσωτερικές μετρήσεις εξοπλισμού χρήστη δεν είναι συμπεριλαμβανόμενες στις πληροφορίες συστημάτων για το BCCH αλλά διαβιβάζονται στον κινητό σταθμό σε ένα DCCH. Όταν τα κριτήρια αναφοράς μέτρησης εκπληρώνονται, ο εξοπλισμός χρήστη εκθέτει τα αποτελέσματα των μετρήσεων του στο RNC.

1.3.5.3. Αναφορά των Αποτελεσμάτων Μέτρησης

Όταν ο εξοπλισμός χρήστη εκθέτει τα αποτελέσματα μέτρησης από τις intra- ή interfrequency μετρήσεις των γειτονικών κυψελών πίσω στο UTRAN, τα ακόλουθα IES συμπεριλαμβάνονται για να προσδιοριστούν οι γείτονες:

- **P-CPICH πληροφορίες:** (DL scrambling code) προσδιορίζουν τις ενεργές και ελεγχόμενες κυψέλες όταν ο εξοπλισμός χρήστη αναφέρει τα αποτελέσματα intrafrequency μέτρησης ή αποτελέσματα εσωτερικής μέτρησης του εξοπλισμού χρήστη στο RNC.
- **P-CPICH πληροφορίες και ο αριθμός καναλιών UTRA RF :** προσδιορίζουν τις γειτονικές κυψέλες όταν ο εξοπλισμός χρήστη αναφέρει IF αποτελέσματα μέτρησης στο RNC.
- **Η συχνότητα BCCH** προσδιορίζει τις γειτονικές κυψέλες GSM όταν ο εξοπλισμός χρήστη αναφέρει IF (GSM) αποτελέσματα μέτρησης στο RNC. Ο BSIC μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρόσθετα για να ελέγξει τον προσδιορισμό εάν δύο ή περισσότερες γειτονικές κυψέλες GSM έχουν την ίδια συχνότητα BCCH. Το RNC εφαρμόζει πάντα την επαλήθευση BSIC για την επιθυμητή κυψέλη πριν από την εκτέλεση IS-HO έτσι ώστε ο εξοπλισμός χρήστη μπορεί να συγχρονίσει στην GSM κυψέλη πριν από την εκτέλεση μεταβίβασης. Ο εξοπλισμός χρήστη εκθέτει τις πληροφορίες BSIC μόνο εάν ζητούνται από το RNC. Ο εξοπλισμός παράγει τουλάχιστον τις ακόλουθες event-triggered και περιοδικές αναφορές μέτρησης:

- Event-triggered έκθεση intrafrequency μέτρησης
- Περιοδική έκθεση intrafrequency μέτρησης
- Έκθεση Interfrequency μέτρησης
- Διασυστηματική έκθεση μέτρησης
- Εκθέσεις μέτρησης σχετικά με τα κοινά κανάλια
- Έκθεση ποιοτικής επιδείνωσης

Αναφορά Intrafrequency μετρήσεων

Η αναφορά Intrafrequency μετρήσεων μπορεί να είναι είτε κατά-γεγονός-προκαλούμενη είτε περιοδική. Κατά τη διάρκεια της κατάστασης σύνδεσης, ο κινητός σταθμός ελέγχει συνεχώς το P-CPICH E_c/I_0 των κυψελών που καθορίζονται από την λίστα intrafrequency γειτόνων και αξιολογεί τα κριτήρια αναφοράς. Εάν ένα από τα αναφερθέντα γεγονότα εκπληρώνεται, το

κινητό στέλνει μια κατά-γεγονός-προκαλούμενη έκθεση μέτρησης. Προτού να χρησιμοποιηθεί το P-CPICH E_c/I_0 μιας κυψέλης από τον αλγόριθμο μεταβίβασης στον κινητό σταθμό, ένας αριθμητικός μέσος όρος συγκεκριμένου πλήθους εκ των πιά πρόσφατα μετρημένων τιμών λαμβάνεται. Ο αριθμός τιμών που λαμβάνονται υπόψη είναι μια παράμετρος προδιαγραφών απόδοσης κινητού σταθμού. Ο μέσος όρος λαμβάνεται από τις απόλυτες τιμές E_c/I_0 , όχι τις τιμές dB. Για τα κριτήρια intrafrequency μέτρησης, τα παρακάτω αναφερόμενα γεγονότα καθορίζονται από [1]:

- **Γεγονός 1A:** Ένα P-CPICH εισέρχεται στην πειοχή αναφοράς. Η έκθεση προκαλείται όταν η (1.11) εκπληρώνεται.

$$10 * \log_{10} M_{New} \geq W * 10 * \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{N_A} M_i \right) + (1 - W) * 10 * \log_{10} M_{Best} - (R_{1a} - H_{1a} / 2) \quad (1.11)$$

όπου

M_{New} είναι το αποτέλεσμα μέτρησης της κυψέλης που μπαίνει στη περιοχή αναφοράς

M_i είναι ένα αποτέλεσμα μέτρησης μιας κυψέλης στο ενεργό σύνολο,

N_A είναι ο αριθμός κυψελών στο τρέχον ενεργό σύνολο,

M_{Best} είναι το αποτέλεσμα μέτρησης της ισχυρότερης κυψέλης στο ενεργό σύνολο,

W μια παράμετρος στάθμισης που στέλνεται από RNC στον εξοπλισμό χρήστη

R_{1a} είναι η σταθερά περιοχής αναφοράς για το γεγονός 1A που στέλνεται από RNC στον εξοπλισμό χρήστη,

H_{1a} είναι η παράμετρος υστέρησης για το γεγονός 1A.

Η παράμετρος υστέρησης μαζί με τη σταθερά περιοχής αναφοράς καλείται συνήθως παράθυρο προσθηκών.

- **Γεγονός 1B:** Ένα P-CPICH αφήνει την περιοχή αναφοράς. Η αναφορά προκαλείται όταν η (1.12) εκπληρώνεται.

$$10 * \log_{10} M_{Old} \leq W * 10 * \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{N_A} M_i \right) + (1 - W) * 10 * \log_{10} M_{Best} - (R_{1b} + H_{1b} / 2) \quad (1.12)$$

όπου

R_{1b} είναι η σταθερά περιοχής αναφοράς για το γεγονός 1B που στέλνεται από RNC,

M_{Old} είναι το αποτέλεσμα μέτρησης της κυψέλης που αφήνει την περιοχή αναφοράς

H_{1b} είναι η παράμετρος υστέρησης για το γεγονός 1B.

Η παράμετρος υστέρησης μαζί με τη σταθερά περιοχής αναφοράς καλείται συνήθως παράθυρο πτώσης.

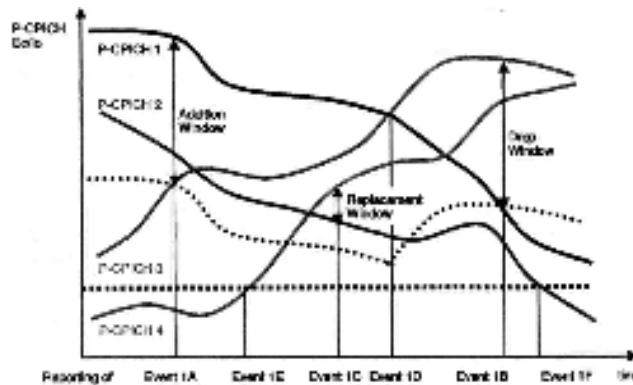
- **Γεγονός 1C:** Ένα μη ενεργό P-CPICH γίνεται καλύτερο από ένα ενεργό. Προκαλούμενο όταν ένα P-CPICH που δεν είναι στο ενεργό σύνολο γίνεται καλύτερο από το χειρότερο P-CPICH του AS όταν το AS είναι πλήρες. Χρησιμοποιείται για να αντικαταστήσει την κυψέλη με το χειρότερο P-CPICH. Εάν αυτό το γεγονός είναι εξοπλισμένο με μια υστέρηση, αποκαλούμενη συνήθως παράθυρο αντικατάστασης, τότε η νέα κυψέλη πρέπει να είναι καλύτερη από τη χειρότερη κυψέλη κατ' αυτήν την τιμή.

- **Γεγονός 1D:** Αλλαγή της καλύτερης κυψέλης. Το αναφερόμενο γεγονός προκαλείται όταν οποιοδήποτε P-CPICH στην αναφερόμενη περιοχή γίνεται καλύτερο από το τρέχων καλύτερο συν μια προαιρετική τιμή υστέρησης.

- **Γεγονός 1E:** Ένα P-CPICH γίνεται καλύτερο από ένα απόλυτο κατώτατο όριο συν μια προαιρετική τιμή υστέρησης.

- **Γεγονός 1F:** Ένα P-CPICH γίνεται χειρότερο από ένα απόλυτο κατώτατο όριο μείον μια προαιρετική τιμή υστέρησης.

Το σχήμα 1.8 παρουσιάζει ένα παράδειγμα του γενικού αλγορίθμου WCDMA HO που περιλαμβάνει όλα τα αναφερόμενα γεγονότα 1A-1F. Στο παράδειγμα, οι αναφορές στέλνονται μόλις προκαλείται το γεγονός, δηλ. η μέθοδος χρόνο-ώθησης (δείτε κατωτέρω) δεν χρησιμοποιείται. Επίσης δεν περιλαμβάνονται τιμές υστέρησης και οι συντελεστές στάθμισης W υποτίθεται ότι ήταν μηδέν.



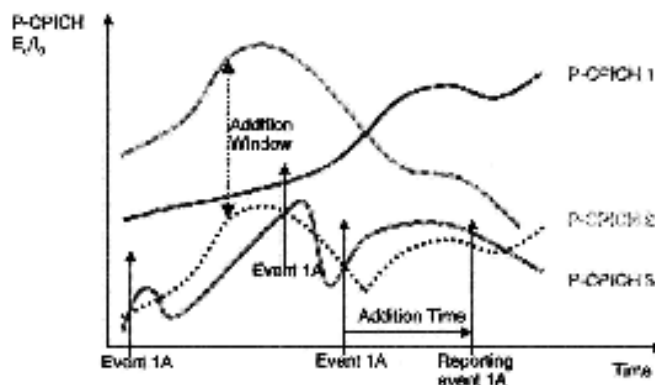
Σχήμα 1.8: WCDMA handover αλγόριθμος με αναφερόμενα γεγονότα 1A-1F.

Ο μηχανισμός χρόνο-ώθησης

Η αφθονία πιθανών γειτονικών κυψελών μαζί με την ποικιλία γεγονότων ώθησης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αρκετά συχνή αναφορά. Για να προστατεύσει το δίκτυο από το υπερβολικό φορτίο σήμανσης, κάθε ένα από τα αναφερόμενα γεγονότα μπορεί να συνδεθεί με ένα χρονόμετρο. Μόνο εάν τα κριτήρια μέτρησης έχουν εκπληρωθεί κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου έως ότου λήγει το χρονόμετρο, τότε μόνο το γεγονός αναφέρεται στο δίκτυο. Το σχήμα 1.9 παρουσιάζει ένα παράδειγμα του μηχανισμού χρόνο-ώθησης στην περίπτωση του γεγονότος 1A. Στις πρώτες δύο περιπτώσεις όταν εμφανίζεται το γεγονός, καμία αναφορά δεν προκαλείται, δεδομένου ότι το P-CPICH 3 δεν μένει μέσα στην αναφερόμενη περιοχή για αρκετό χρόνο. Μόνο το τρίτο περιστατικό προκαλεί την αναφορά του γεγονότος 1A.

Κατά-γεγονός-προκαλούμενη /Περιοδική Αναφορά

Η αναφορά ενός από τα παραπάνω προαναφερθέντα γεγονότα οδηγεί τυπικά στην ενημέρωση του AS. Εντούτοις, εάν η ενημέρωση του AS δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, εξ αιτίας της έλλειψης ικανότητας ή πόρων HW, παραδείγματος χάριν, το κινητό αλλάζει στην περιοδική αναφορά. Σε αυτήν την περίπτωση στέλνει μια έκθεση μέτρησης για κάθε αναφερόμενο διάστημα μέχρι να πραγματοποιηθεί η ενημέρωση του AS, τα κριτήρια μέτρησης να μην εκπληρώνονται πλέον, ή ο μέγιστος αριθμός εκθέσεων μέτρησης να έχει σταλεί.

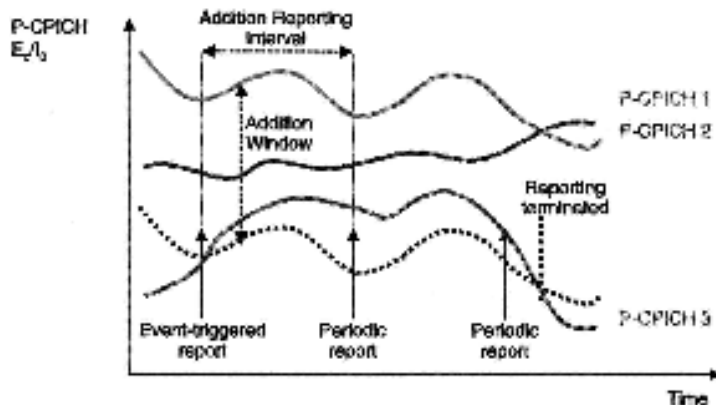


Σχήμα 1.9: Παράδειγμα του time-to-trigger (χρόνος προσθήκης) στην περίπτωση του Event 1A.

Το σχήμα 1.10 παρουσιάζει ένα παράδειγμα της περιοδικής αναφοράς. Μετά από την πρώτη αναφορά του γεγονότος 1A, το AS δεν θα μπορούσε να ενημερωθεί, έτσι ο κινητός σταθμός αρχίζει να υποβάλλει αναφορές περιοδικά. Σε αυτήν την περίπτωση η περιοδική υποβολή αναφοράς ολοκληρώνεται αφού δεν είναι πλέον το P-CPICH 3 μέσα στην αναφερόμενη περιοχή.

Μηχανισμός για την απαγόρευση μιας γειτονικής κυψέλης να επηρεάσει την αναφερόμενη περιοχή

Στην περίπτωση των γεγονότων 1A και 1B όταν ο συντελεστής στάθμισης W είναι μη-μηδενικός, όλες οι κυψέλες στο AS χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί εάν τα κριτήρια μέτρησης εκπληρώνονται ή όχι. Στο RAN, εντούτοις, αυτό θα μπορούσε να είναι ευεργετικό το να αποκλείσει μία συγκεκριμένη γειτονική κυψέλη, δηλ. το P-CPICH του, από αυτή τη στάθμιση του AS, παραδείγματος χάριν όταν το P-CPICH εκείνης της κυψέλης είναι πολύ ασταθές μέσα στην αναφερόμενη περιοχή. Για αυτήν την περίπτωση, μια παράμετρος γειτονικής κυψέλης μπορεί να οριστεί για κάθε κυψέλη, δείχνοντας εάν αυτή η κυψέλη επιτρέπεται ή όχι να επηρεάσει τον υπολογισμό της αναφερόμενης περιοχής όταν είναι στο ενεργό σύνολο.



Σχήμα 1.8: Περιοδική αναφορά μετά το Event 1^A έχει σκανδαλιστεί και το ASU έχει αποτύχει. (η τιμή της υστέρησης έχει τεθεί στο μηδέν)

Offsets μεμονωμένων κυψελών

Για να έχουν ένα αποδοτικό μέσο αναφοράς μιας μονής ελεγχόμενης κυψέλης, ένα αντισταθμιστικό P-CPICH μπορεί να οριστεί σε κάθε γειτονική κυψέλη. Η αντιστάθμιση μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική. Ο εξοπλισμός χρήστη προσθέτει έπειτα αυτό το αντισταθμιστικό E_c/I_0 στην ποσότητα μέτρησης προτού να αξιολογήσει εάν ένα αναφερόμενο γεγονός έχει εμφανιστεί.

Αναφορά Interfrequency και Intersystem μετρήσεων

Οι IF και IS μετρήσεις είναι πάντα περιοδικές. Τα γεγονότα που τις προκαλούν δεν είναι μέρος των προτύπων. Το RNC μπορεί να ξεκινήσει IF ή/και IS σε διάφορες περιστάσεις, παραδείγματος χάριν:

- Η μέση downlink ισχύς μετάδοσης μιας ραδιο-σύνδεσης πλησιάζει τη μέγιστη downlink ισχύ της.
- Έκθεση ποιοτικής επιδείνωσης από τον uplink έλεγχο ισχύος εξωτερικού-βρόχου.
- Έκθεση ποιοτικής επιδείνωσης από τον κινητό σταθμό.
- Ανεπιτυχής διαδικασία SHO (προσθήκη κλάδων).
- Ανεπιτυχής εγκατάσταση φορέα ραδιοπρόσβασης.
- Κινητός σταθμός που βρίσκεται μέσα σε μία κυψέλη όπου η ικανότητα SHO είναι περιορισμένη.
- Κινητός σταθμός που βρίσκονται μέσα σε μία κυψέλη όπου το αναγνωρισμένο bit rate του χρήστη είναι χαμηλότερο από το ζητούμενο.

- Συχνές SHO (το μέγεθος κυψελών και η ταχύτητα κινητού σταθμού δεν ταιριάζουν).
- Η διαχείριση αποκατάστασης ραδιοδικτύου κινεί διαδικασία αναγκαστικής μεταβίβασης.
- Κινητός σταθμός που βρίσκεται μέσα σε μια περιοχή όπου η δομή κυψελών είναι ιεραρχική (interfrequency).
- Κινητός σταθμός που βρίσκεται μέσα σε μια περιοχή όπου η ιεραρχική δομή δικτύων αποτελείται από τα συστήματα WCDMA και GSM (intersystem μόνο).
- Κινητός σταθμός που βρίσκεται μέσα σε μία κυψέλη με περιορισμένη intrasystem ικανότητα HO (intersystem μόνο).

Εσωτερικές Μετρήσεις Εξοπλισμού Χρήστη

Οι Εσωτερικές Μετρήσεις Εξοπλισμού Χρήστη μπορούν να διαιρεθούν σε δύο ομάδες. Η πρώτη ομάδα χρησιμοποιείται για να δείξει στο δίκτυο την κατάσταση της ισχύος μετάδοσης του εξοπλισμού χρήστη. Οι εκθέσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το RNC για να προκαλέσουν off interfrequency ή intersystem μετρήσεις. Η δεύτερη ομάδα είναι η μέτρηση χρονικής διαφοράς Rx-Tx του εξοπλισμού χρήστη. Χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει το συγχρονισμό διεπαφής αέρα του downlink DPCH όταν η διαφορά χρονικά μεταξύ της uplink DPCCCH/DPDCH μετάδοσης πλαισίων του εξοπλισμού χρήστη και της πρώτης σημαντικής οδού του downlink DPCH πλαισίου από μία μετρημένη εκ του ενεργού συνόλου κυψέλη (χρονική διαφορά Rx-Tx του εξοπλισμού χρήστη) γίνεται πάρα πολύ μεγάλη.

Τα ακόλουθα γεγονότα διευκρινίζονται στο [1]:

- Γεγονός 6A: Η ισχύς Tx εξοπλισμού χρήστη γίνεται μεγαλύτερη από ένα απόλυτο κατώτατο όριο.
- Γεγονός 6B: Η ισχύς Tx εξοπλισμού χρήστη γίνεται λιγότερη από ένα απόλυτο κατώτατο όριο.
- Γεγονός 6C: Η ισχύς Tx εξοπλισμού χρήστη φθάνει στην ελάχιστη αξία της.
- Γεγονός 6D: Η ισχύς Tx εξοπλισμού χρήστη φθάνει στη μέγιστη αξία της.
- Γεγονός 6E: Η RSSI εξοπλισμού χρήστη φθάνει στη δυναμική περιοχή δέκτη του εξοπλισμού χρήστη.
- Γεγονός 6F: Η χρονική διαφορά Rx-Tx του εξοπλισμού χρήστη μιας ραδιο-σύνδεσης που περιλαμβάνεται στο ενεργό σύνολο γίνεται μεγαλύτερη από ένα απόλυτο κατώτατο όριο.
- Γεγονός 6G: Η χρονική διαφορά Rx-Tx του εξοπλισμού χρήστη για μια ραδιο-σύνδεση που περιλαμβάνεται στο ενεργό σύνολο γίνεται λιγότερη από ένα απόλυτο κατώτατο όριο.

Οι μετρήσεις BTS

Η έκθεση μέτρησης BTS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προκαλέσει το interfrequency ή intersystem (GSM) μετρήσεις, και για να ισορροπήσει τον έλεγχο ισχύος (ανιούσα και κατιούσα ζεύξη) των κλάδων πολλαπλότητας κατά τη διάρκεια της soft μεταβίβασης. Ο σταθμός βάσης στέλνει την αναφορά μέτρησης στο RNC σε μια ζεύξη-προς-ζεύξη ραδιο-βάση σε κανονικά (π.χ. 500-1000ms) διαστήματα. Η αναφορά μέτρησης από το σταθμό βάσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα αποτελέσματα μέτρησης ραδιο-ζεύξης:

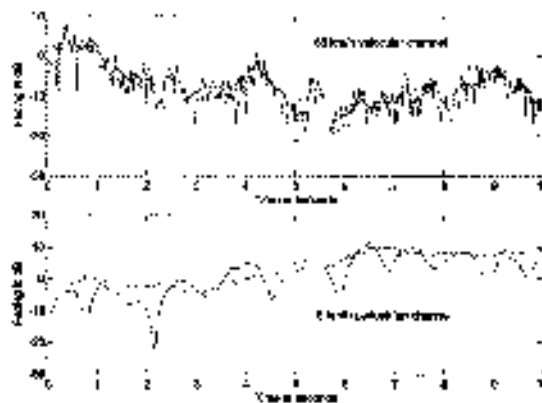
- Μέση downlink ισχύς μετάδοσης του αφιερωμένου φυσικού καναλιού.
- Μέσος μετρημένος uplink λόγος SIR του αφιερωμένου φυσικού καναλιού.
- Uplink στόχος SIR που χρησιμοποιείται αυτήν την περίοδο στο αφιερωμένο φυσικό κανάλι.

1.3.5.4. Φιλτράρισμα των αποτελεσμάτων μέτρησης

Στην οικοδόμηση του βέλτιστου ενεργού συνόλου, είναι πολύ σημαντικό να υπάρξουν αρκετά ακριβείς P-CPICH E_c/I_o , μετρήσεις. Δεδομένου ότι το μονοπάτι απωλειών επιστρώνεται με μια γρήγορη εξασθένιση, ο αλγόριθμος SHO μετρά το P-CPICH E_c/I_o με τη βοήθεια ενός φίλτρου SHO που είναι σε θέση να φιλτραρίσει έξω το στοιχείο γρήγορης εξασθένισης του καναλιού

ανάλογα με την τελική ταχύτητα. Για τις χαμηλές ταχύτητες στην περιοχή 0-6 km/h. το στοιχείο γρήγορης εξασθένησης μπορεί να μην εξαφανιστεί, αλλά για τις ταχύτητες στην περιοχή 50 km/h. μπορεί να φιλτραρισθεί έξω εντελώς. Αυτό εξαρτάται επίσης από το σχεδιάγραμμα καναλιού. Τα κανάλια με μια κυρίαρχη οδό μπορούν να παραγάγουν τις μεγάλες διακυμάνσεις γρήγορης εξασθένησης που είναι σαφώς ορατές μετά από το φιλτράρισμα. Για να δούμε τις διαφορές, το σχήμα 1.11 συγκρίνει ένα αργό και γρήγορο τερματικό.

Στο τερματικό μεγάλης ταχύτητας, μπορούμε να δούμε ότι ο ρυθμός γρήγορης αναλογίας γύρω στα 60 km/h μπορεί αποκλειστεί εύκολα με φιλτράρισμα, από φίλτρα μήκους 50-200 ms. Εντούτοις, στην περίπτωση των 6 km/h υπάρχουν βαθιές εξασθενίσεις με μεγάλη διάρκεια εξασθένησης που μπορεί να είναι σχεδόν αδύνατον να εξουδετερωθούν απλά με φιλτράρισμα. Αυτό θα αναγκάσει τον αλγόριθμο SHO να καταλήξει σε λάθη μέτρησης που οδηγούν σε περιττές μεταβιβάσεις, μικρές περιόδους ASU και αυξημένο φορτίο σήμανσης. Ένας πιο μεγάλος χρόνος φιλτραρίσματος (π.χ. 1s) θα μπορούσε να βοηθήσει σε αυτήν την κατάσταση, αλλά το μειονέκτημα είναι σε αυτήν την περίπτωση είναι η καθυστέρηση που εισάγεται στην μεταβίβαση. Μεταβιβάσεις με καθυστέρηση εντούτοις, οδηγούν στην υποβάθμιση της απόδοσης δικτύου, δεδομένου ότι ο κινητός σταθμός μπορεί να είναι συνδεδεμένος για υπερβολικά μεγάλο χρονικό διάστημα με λανθασμένο σταθμό βάσης. Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο σε περιπτώσεις όπου ο καλύτερος κεντρικός υπολογιστής αλλάζει γρήγορα (π.χ. στο μικροκυψέλι και με κινητά κινούμενα γρήγορα).



Σχήμα 1.11: Γρήγορης εξασθένησης φιλτράρισμα για διαφορετικές ταχύτητες τερματικού.

1.3.6. Συμπιεσμένη κατάσταση

Οι Intrafrequency γείτονες μπορούν να μετρηθούν ταυτόχρονα με την κανονική μετάδοση από τον εξοπλισμό χρήστη χρησιμοποιώντας έναν δέκτη RAKE. Οι Interfrequency και οι intersystem μετρήσεις, εντούτοις, απαιτούν την μέτρηση εξοπλισμού χρήστη με μια διαφορετική συχνότητα. Αυτό μπορεί να γίνει με την εφαρμογή των πολλαπλών δεκτών στον εξοπλισμό χρήστη. Μια δεύτερη δυνατότητα που αποφεύγει την πολλαπλότητα δεκτών είναι η παύση της κανονικής μετάδοσης και λήψης για μια ορισμένη περίοδο, επιτρέποντας στον εξοπλισμό χρήστη να μετρήσει στην άλλη συχνότητα. Για να επιτύχει αυτό το χάσμα και να μην χάσει οποιεσδήποτε πληροφορίες, το στοιχείο που στέλνεται πρέπει να συμπιεστεί εγκαίρως, δηλ. η μετάδοση και η λήψη εισέρχονται στην Συμπιεσμένη Κατάσταση, νωρίτερα επίσης αποκαλούμενη Slotted Mode. Το RNC καθορίζει ποια πλαίσια συμπιέζονται, και στέλνει τις πληροφορίες και στο σταθμό βάσης και στον κινητό σταθμό.

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για να οδηγηθούν τα χάσματα στο να χρησιμοποιήσουν την συμπιεσμένη κατάσταση.:

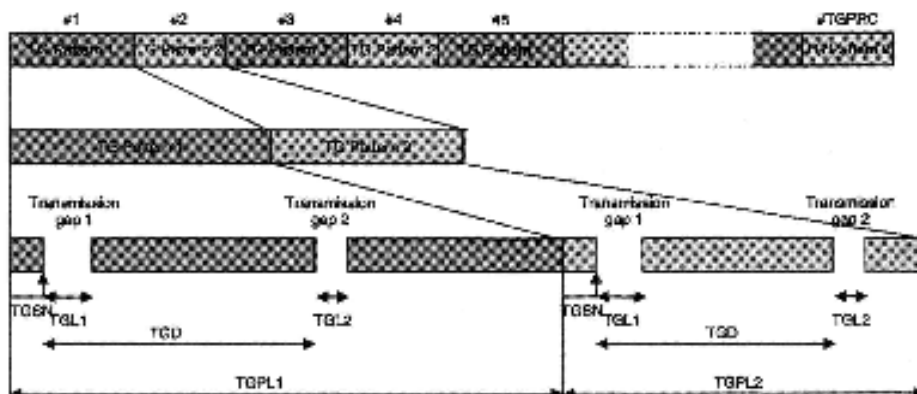
- Μείωση του ρυθμού δεδομένων που χρησιμοποιούνται στα ανώτερα στρώματα (σχεδιασμός υψηλότερων-στρωμάτων).

- Μειώνοντας τον ρυθμό συμβόλων που χρησιμοποιείται στο φυσικό στρώμα (rate matching and/or puncturing).
- Παράγοντα Διάδοσης (SF) που χωρίζει (η διχοτόμηση του SF διπλασιάζει τον διαθέσιμο ρυθμό συμβόλων).

Τα πρότυπα [3] επιτρέπουν στην συμπιεσμένη κατάσταση να εφαρμοστεί σε μια κατεύθυνση μόνο ή και στις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Κανονικά απαιτείται μόνο στην κατιούσα σύνδεση. Εντούτοις, για να αποτρέψει τον εξοπλισμό χρήστη να εμποδίσει τον εαυτό του από τα γεγονότα που περιγράφονται στην παράγραφο 5.4, η συμπιεσμένη κατάσταση πρέπει να χρησιμοποιηθεί επίσης στην ανιούσα σύνδεση και πρέπει έπειτα να είναι σύγχρονη με την downlink συμπιεσμένη κατάσταση. Εντούτοις στην uplink συμπιεσμένη κατάσταση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διάτρηση. Τα διαφορετικά σχέδια συμπιεσμένης κατάστασης έχουν διευκρινιστεί στο [3]. Το σχήμα 1.12 επεξηγεί τις παραμέτρους σε σύνδεση με την συμπιεσμένη κατάσταση.

Οι σημαντικότερες, παράμετροι που περιλαμβάνονται στην Σ.Κ. είναι:

- Αρχικός αριθμός σχισμής στο χάσμα μετάδοσης, TGSN, η πρώτη σχισμή στο χάσμα μετάδοσης. Όλες οι τιμές από 0 έως 14 επιτρέπονται
- Μήκη χάσματος μετάδοσης, TGL1/TGL2, εκφρασμένα σε σχεσμές. Τα επιτρεπτά μήκη είναι 3, 4, 5, 7, 10 ή 14 σχισμές.
- Απόσταση χάσματος μετάδοσης, TGD, που δείχνει τον αριθμό σχισμών μεταξύ των αρχικών σχισμών δύο διαδοχικών χασμάτων μετάδοσης μέσα σε ένα σχέδιο χάσματος μετάδοσης. Επιτρεπτές τιμές από 15 έως 269.
- Μήκος σχεδίων χάσματος μετάδοσης, Tgpl-I/TGP1.2, εκφρασμένο σε πλαίσια από 1 έως 144.



Σχήμα 1.12: Μοτίβο Συμπιεσμένης Κατάστασης

Φυσικά η συμπιεσμένη κατάσταση ασκεί ορισμένη επίδραση στις διαδικασίες RRM. Ιδιαίτερα κρίσιμος, παραδείγματος χάριν, είναι ο έλεγχος ισχύος κατά τη διάρκεια της συμπιεσμένης κατάστασης. Περισσότερα γι' αυτό το θέμα είναι στην παράγραφο 1.2, 5. Επίσης, η απόδοση δικτύων επηρεάζεται από την συμπιεσμένη κατάσταση: δείτε το τμήμα 1.6.1.4.

1.4. Έλεγχος συμφόρησης

Στο WCDMA είναι ύψιστης σημασίας να κρατηθεί το φορτίο διεπαφής αέρα κάτω από τα προκαθορισμένα κατώτατα όρια. Ο συλλογισμός πίσω από αυτό είναι ότι η υπερβολική φόρτωση αποτρέπει το δίκτυο από την εγγύηση των αναγκαίων απαιτήσεων. Η προγραμματισμένη περιοχή κάλυψης δεν παρέχεται, η χωρητικότητα είναι χαμηλότερη από την απαιτούμενη και η ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) υποβιβάζεται. Επιπλέον, ένα υπερβολικό φορτίο διεπαφής αέρα μπορεί να

οδηγήσει το δίκτυο σε μια ασταθή κατάσταση. Τρεις διαφορετικές λειτουργίες χρησιμοποιούνται σε αυτό το πλαίσιο, όλα συνοψισμένα εδώ υπό έλεγχο συμμόρφωσης:

- Έλεγχος αποδοχής, που χειρίζεται όλη τη νέα εισερχόμενη κυκλοφορία. Ελέγχει εάν ένα νέο πακέτο ή ένα κύκλωμα - μεταστρεφόμενο RAB μπορεί να γίνει αποδεκτό στο σύστημα και παράγει τις παραμέτρους για τα προσφάτως αναγνωρισμένα RABs.
- Ο έλεγχος φορτίων, που διαχειρίζεται την κατάσταση όταν το φορτίο συστήματος υπερβεί το κατώτατο όριο και μερικά αντίμετρα πρέπει να ληφθούν για να τεθεί το σύστημα πίσω σε ένα εφικτό φορτίο.
- Σχεδιασμός πακέτων, ο οποίος χειρίζεται όλη τη μη-πραγματικού-χρόνου κυκλοφορία, δηλ. χρήστες πακέτων δεδομένων. Βασικά, αποφασίζει πότε μια μετάδοση πακέτων αρχίζει και τον ρυθμό δυαδικών ψηφίων που χρησιμοποιείται.

1.4.1. Καθορισμός του Φορτίου Διεπαφής Αέρα

Δεδομένου ότι τα συστήματα WCDMA έχουν τη δυνατότητα η ανιούσα και η κατιούσα ζεύξη να φορτώνονται ασυμμετρικά, οι εργασίες του ελέγχου συμμόρφωσης πρέπει να γίνουν χωριστά για AZ και KZ. Δύο διαφορετικές προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση του φορτίου της διεπαφής αέρα. Ο πρώτος καθορίζει το φορτίο μέσω της λαμβανόμενης και μεταδοθείσας ισχύος ευρείας ζώνης, ο δεύτερος είναι βασισμένος στο άθροισμα των ρυθμών δυαδικών ψηφίων που διατίθενται σε όλους τους τρέχοντες ενεργούς φορείς. Οι ποσότητες έχουν παρουσιαστεί ήδη στο κεφάλαιο 3 και έτσι μόνο συνοψίζονται εδώ.

• Η ευρείας ζώνης κατά ισχύ-βασισμένη uplink φόρτωση

Σε αυτήν την προσέγγιση ο σταθμός βάσης μετρά τη συνολική λαμβανόμενη ισχύ $P_{rxTotal}$, η οποία μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη:

$$PrxTotal = I_{own} + I_{oth} + P_N \quad (1.13)$$

Το I_{own} είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τους χρήστες στο ίδιο κυψέλη, το I_{oth} προέρχεται από τους χρήστες στα περιβάλλοντα κύτταρα, και το P_N αντιπροσωπεύει τη συνολική ισχύ θορύβου, συμπεριλαμβανομένου του θορύβου υποβάθρου και δέκτη καθώς επίσης και την παρέμβαση που προέρχεται από άλλες πηγές (δείτε την παράγραφο 5.4). Δύο ποσότητες που αντιπροσωπεύουν την uplink φόρτωση μπορούν να προέλθουν από την εξίσωση (1.13). Η πρώτη καλείται παράγοντα φορτίου AZ, η_{UL} , και ορίζεται ως

$$E(Y) = \frac{L}{L-1} \quad (1.14)$$

Η δεύτερη ποσότητα καλείται άνοδος θορύβου AZ, NR, και μπορεί να παραχθεί ως εξής:

$$NR = \frac{PrxTotal}{P_N} = \frac{1}{1-\eta_{UL}} \quad (1.15)$$

• Η κατά έξοδο-βασισμένη uplink φόρτωση

Ο καθορισμός uplink φόρτωσης ακολουθεί την παραγωγή στο τμήμα 3.1.1.1 και είναι βασισμένος στο άθροισμα των μεμονωμένων παραγόντων φορτίου του κάθε χρήστη K:

$$\eta_{UL} = \sum_k \frac{1}{1 + \frac{W}{\rho_k \cdot R_k \cdot \nu_k}} \cdot (1 + i) \quad (1.16)$$

όπου το W είναι το chip rate, και ρ_k , R_k και ν_k , είναι η απαίτηση του λόγου E_b/N_0 , ο ρυθμός δυαδικών ψηφίων και η δραστηριότητα υπηρεσιών του χρήστη K, αντίστοιχα.

- **Η ευρείας ζώνης κατά ισχύ-βασισμένη downlink φόρτωση**

Μια μέθοδος ορισμού της φόρτωσης διεπαφής αέρα στην κατεύθυνση κατιούσας ζεύξης είναι απλά με τη διαίρεση της συνολικής τρέχουσας διατιθέμενης μετάδοσης ισχύος στον σταθμό βάσης, $P_{txTotal}$, από την ικανότητα μέγιστης μετάδοσης ισχύος της κυψέλης, P_{txmax} :

$$\eta_{DL} = \frac{Pr xTotal}{P_{tx max}} \quad (1.17)$$

- **Η κατά έξοδο-βασισμένη downlink φόρτωση**

Ο πρώτος τρόπος να καθοριστεί η downlink φόρτωση βασισμένη στην έξοδο είναι παρόμοια με αυτήν που χρησιμοποιείται στην ευρείας ζώνης κατά ισχύ-βασισμένη προσέγγιση: Η φόρτωση είναι το άθροισμα των ρυθμών δυαδικών ψηφίων όλων των τρεχόντων ενεργών συνδέσεων που διαιρούνται με τη διευκρινισμένη μέγιστη έξοδο για την κυψέλη:

$$\eta_{DL} = \frac{\sum_{k=1}^N R_k}{R_{max}} \quad (1.18)$$

όπου R_k είναι ο ρυθμός δυαδικών ψηφίων της σύνδεσης k και N είναι ο συνολικός αριθμός συνδέσεων. Σημειώστε ότι στο άθροισμα επίσης οι ρυθμοί δυαδικών ψηφίων από τα κοινά κανάλια πρέπει να περιληφθούν.

Εναλλακτικά η downlink φόρτωση μπορεί να οριστεί ως παραγόμενη στο τμήμα 3.1.1.2 και απλοποιώντας την εξίσωση (3.8) με την εισαγωγή μιας μέσης ορθογωνικότητας α και μιας μέσης αναλογίας downlink other-to-own-cell παρέμβασης i_{DL} :

$$\eta_{DL} = \left[\left(1 - \alpha \right) + i_{DL} \right] \cdot \sum_{k=1}^N \left(\frac{\rho_k \cdot R_k \cdot \nu_k}{W} \right) \quad (1.19)$$

όπου το W είναι το chip rate, και ρ_k , R_k και ν_k είναι η E_b/N_0 απαίτηση, ο ρυθμός δυαδικών ψηφίων και η δραστηριότητα υπηρεσιών της σύνδεσης k , αντίστοιχα.

1.4.2 Ο έλεγχος εισόδου

Αυτό το τμήμα περιγράφει τις εργασίες που εκτελούνται στον έλεγχο εισόδου (AC) και τις παραμέτρους που περιλαμβάνονται. Ο έλεγχος εισόδου είναι η κύρια τοποθεσία που πρέπει να αποφασίσει εάν ένα νέο RAB προστίθεται ή ένα τρέχον RAB μπορεί να τροποποιηθεί. Λόγω της διαφορετικής φύσης της κυκλοφορίας, ο έλεγχος εισόδου αποτελείται από βασικά δύο μέρη. Για την πραγματικού-χρόνου (RT) κυκλοφορία (οι κατά καθυστέρηση-ευαίσθητες conversational τάξεις και οι streaming τάξεις) πρέπει να αποφασιστεί εάν ένας κινητός σταθμός επιτρέπεται να εισέλθει στο δίκτυο. Εάν ο νέος ραδιοφορέας θα προκαλούσε υπερβολική παρέμβαση στο σύστημα, η πρόσβαση απορρίπτεται. Για την μη-πραγματικού-χρόνου (NRT) κυκλοφορία (λιγότερο delay-sensitive διαλογικές τάξεις και background τάξεις), ο βέλτιστος σχεδιασμός των πακέτων (χρόνος και bit rate) πρέπει να καθοριστεί αφότου έχει γίνει αποδεκτό το RAB. Αυτό γίνεται σε στενή συνεργασία με τον προγραμματιστή πακέτων (παράγραφος 1.4.3). Ο αλγόριθμος ελέγχου εισόδου υπολογίζει την αύξηση φορτίου την οποία θα προκαλούσε στο δίκτυο ραδιοπρόσβασης η εγκατάσταση ή η τροποποίηση του φορέα. Χωριστές εκτιμήσεις γίνονται για ανιούσα και κατιούσα ζεύξη. Μόνο εάν τα κριτήρια εισόδου και για τις δύο ζεύξεις εκπληρώνονται, τότε το αίτημα οργάνωσης ή τροποποίησης φορέα γίνεται αποδεκτό, το RAB εγκαθίσταται ή τροποποιείται, ή τα πακέτα στέλνονται. Η εκτίμηση αλλαγής φορτίου γίνεται όχι μόνο στην κυψέλη πρόσβασης, αλλά και στις παρακείμενες κυψέλες για να λάβει υπόψη την επίδραση διακυψελικής παρέμβασης, τουλάχιστον στις κυψέλες του ενεργού συνόλου. Ο φορέας δεν αναγνωρίζεται εάν το προβλεπόμενο φορτίο υπερβαίνει συγκεκριμένα κατώτατα όρια είτε στην uplink είτε για downlink. Στη διαδικασία απόφασης, ο έλεγχος εισόδου θα χρησιμοποιήσει

τα κατώτατα όρια που παράγονται από τον προγραμματισμό ραδιοδικτύων και τις πληροφορίες ισχύος παρεμβολής για uplink και ισχύος μετάδοσης για downlink που λαμβάνονται από το ευρείας ζώνης κανάλι. Για να είναι σε θέση να αποφασίσει εάν ο έλεγχος εισόδου δέχεται το αίτημα, η τρέχουσα κατάσταση φορτίου των περιβαλλόντων κυψελών στο δίκτυο πρέπει να είναι γνωστή και το πρόσθετο φορτίο λόγω της απαιτούμενης υπηρεσίας πρέπει να υπολογιστεί. Επομένως η λειτουργία ελέγχου εισόδου βρίσκεται στο RNC όπου όλες αυτές οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες.

1.4.2.1. Ο βασισμένος στην ευρείας ζώνης ισχύ έλεγχος εισόδου

Η uplink απόφαση εισόδου είναι βασισμένη στα cell-specific κατώτατα όρια φορτίων που δίνονται από RNP. Ένας RT φορέας θα αναγνωριστεί εάν το uplink μη-ελέγξιμο φορτίο, PrxNC, εκπληρώσει την εξίσωση (1.20) και η συνολική λαμβανόμενη ευρείας ζώνης ισχύς παρέμβασης PrxTotal εκπληρώνει την εξίσωση (1.21):

$$\text{PrxNC} + \Delta I \leq \text{PrxTarget} \quad (1.20)$$

$$\text{PrxTotal} \leq \text{PrxTarget} + \text{PrxOffset} \quad (1.21)$$

όπου PrxTarget είναι ένα κατώτατο όριο και PrxOffset είναι ένα όφσετ επ' αυτού, καθορισμένο από το RNP. Για τους NRT φορείς μόνο ο τελευταίος όρος εφαρμόζεται. Η μη-ελέγξιμη λαμβανόμενη ισχύς, PrxNC, αποτελείται από τις ισχύεις των RT χρηστών, των χρηστών άλλων κυψελών, και του θορύβου. ΔI είναι η αύξηση της ευρείας ζώνης ισχύος παρέμβασης που η αποδοχή του νέου φορέα θα προκαλούσε. Για την εκτίμησή του στο [9] δύο μέθοδοι προτείνονται. Η πρώτη καλείται παράγωγος μέθοδος και καθορίζει την αύξηση ισχύος όπως

$$\Delta I \approx \frac{\text{PrxTotal}}{1 - \eta} \cdot \Delta L \quad (1.22)$$

όπου το η υπολογίζεται με την εξίσωση (1.14). Η δεύτερη προσέγγιση καλείται μέθοδος ολοκλήρωσης. Εδώ η αύξηση ισχύος υπολογίζεται να είναι

$$\Delta I \approx \frac{\text{PrxTotal}}{1 - \eta - \Delta L} \cdot \Delta L \quad (1.23)$$

Και στις δύο εξισώσεις (1.22) και (1.23) το κλασματικό φορτίο ΔL του νέου χρήστη μπορεί να υπολογιστεί όπως παράγεται στην παράγραφο 3.1.1:

$$\Delta I \approx \frac{1}{1 + \frac{W}{\rho \cdot R \cdot v}} \quad (1.24)$$

όπου το W είναι το chip rate, ρ το απαιτούμενο E_b/N_0 και v η δραστηριότητα υπηρεσιών του νέου φορέα. Για την downlink κατεύθυνση ένας παρόμοιος αλγόριθμος εισόδου καθορίζεται, όπως στην uplink. Ένας RT φορέας θα αναγνωριστεί εάν το downlink μη-ελέγξιμο φορτίο, PtxNC, εκπληρώσει την εξίσωση (1.25) και η συνολικά διαβιβασθείσα ευρείας ζώνης ισχύς, PtxTotal, εκπληρώνει την εξίσωση (1.26):

$$\text{PtxNC} + \Delta P \leq \text{PtxTarget} \quad (1.25)$$

$$\text{PtxTotal} \leq \text{PtxTarget} + \text{PtxOffset} \quad (1.26)$$

όπου PtxTarget είναι ένα κατώτατο όριο και PtxOffset είναι ένα όψετ επ' αυτού, καθορισμένο από RNP. Για τους NRT φορείς μόνο ο τελευταίος όρος εφαρμόζεται. Η μη-ελέγξιμη διαβιβασθείσα ισχύς, PtxNC, αποτελείται από τις ισχύεις των RT χρηστών, των χρηστών άλλων κυψελών, και του θορύβου. Ο όρος ΔΡ μπορεί να βασιστεί στην αρχική ισχύ μετάδοσης που υπολογίζεται από τον ανοικτού-βρόχου έλεγχο ισχύος όπως διευκρινίζεται στην παράγραφο 1.2.1.

1.4.2.2. Έλεγχος εισόδου βασισμένος στην έξοδο

Ο κατά έξοδο-βασισμένος έλεγχος εισόδου είναι αρκετά απλός από τη φύση. Η στρατηγική είναι απλά ότι ένας νέος φορέας αναγνωρίζεται μόνο εάν το συνολικό φορτίο μετά από την είσοδο μένει κάτω από τα κατώτατα όρια που καθορίζονται από το RNP. Στην uplink αυτό σημαίνει ότι η

$$n_{oldUL} + \Delta L \leq n_{thresholdUL} \quad (1.27)$$

πρέπει να εκπληρωθεί, και στην downlik η

$$n_{oldDL} + \Delta L \leq n_{thresholdDL} \quad (1.28)$$

όπου τα n_{oldUL} , n_{oldDL} είναι το φορτίο δικτύου πριν από το αίτημα φορέα, που υπολογίζεται με τις εξισώσεις (1.18) και (1.19). ΔL είναι η αύξηση φορτίου που υπολογίζεται με την εξίσωση (1.24).

1.4.3. Προγραμματισμός Πακέτων

1.4.3.1. Χαρακτηριστικά Δεδομένων Πακέτων

Το δίκτυο ραδιοπρόσβασης παρέχει μια ικανότητα να προσδιοριστούν οι υπηρεσίες φορέων ραδιοπρόσβασης για την επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού δικτύου και του εξοπλισμού χρήστη. Οι υπηρεσίες φορέων ραδιοπρόσβασης πραγματοποιούν ότι τμήμα RAN της end-to-end ποιότητας της υπηρεσίας. Έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τα αιτήματα διαφορετικών υπηρεσιών και εφαρμογών. Στην ποιότητα υπηρεσιών στο UMTS, οι υπηρεσίες φορέων ραδιοπρόσβασης διαιρούνται σε τέσσερις κατηγορίες κυκλοφορίας, σύμφωνα με την ευαισθησία καθυστέρησης της κυκλοφορίας. Οι κατηγορίες κυκλοφορίας είναι

- Συνομιλητική κατηγορία
- Κατηγορία Ροής
- Διαλογική κατηγορία
- Κατηγορία υποβάθρου

Η συνομιλητική (conversational) κατηγορία προορίζεται για την κυκλοφορία που είναι πολύ ευαίσθητη στην καθυστέρηση, ενώ η κατηγορία υπόβαθρου είναι η πιο αναίσθητη-στην-καθυστέρηση κατηγορία κυκλοφορίας. Οι συνομιλητικές κατηγορίες και οι κατηγορίες ροής προορίζονται να φέρουν τις πραγματικού-χρόνου υπηρεσίες μεταξύ εξοπλισμού χρήστη και είτε ενός κύκλωμα είτε ενός packet switched κεντρικού δικτύου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των packet switched πραγματικού-χρόνου υπηρεσιών είναι το voice over IP και ροή πολυμέσων, audio, video ή data. Οι διαλογικές κατηγορίες και οι κατηγορίες υποβάθρου προορίζονται να φέρουν τις μη-πραγματικού-χρόνου υπηρεσίες μεταξύ του εξοπλισμού χρήστη και ενός packet switched κεντρικού δικτύου. Τα χαρακτηριστικά των φορέων διαλογικής και κατηγορίας υποβάθρου είναι ότι δεν καθορίζουν την καθυστέρηση μεταφοράς ή τα εγγυημένα bit rates. Λόγω των χαλαρότερων απαιτήσεων καθυστέρησης έναντι των συνομιλητικών και ροής κατηγοριών, και οι δύο μη-πραγματικού-χρόνου κατηγορίες παρέχουν ένα καλύτερο ποσοστό λάθους με τη βοήθεια της κωδικοποίησης καναλιών και της αναμετάδοσης. Οι αναμεταδόσεις πέρα από τη ραδιο διεπαφή επιτρέπουν τη χρήση πολύ υψηλότερου BLER για τα μη-πραγματικού-χρονου

πακέτα δεδομένων όσον αφορά τη ραδιο-ζεύξη, εκπληρώνοντας ακόμα τον υπολειπόμενο στόχο BER που είναι μέρος του καθορισμού της ποιότητας υπηρεσιών (QoS).

Τα τυπικά χαρακτηριστικά των μη-πραγματικού-χρόνου πακέτων δεδομένων είναι η burstiness φύση της κυκλοφορίας. Μια σύνοδος υπηρεσιών πακέτων περιέχει μια ή περισσότερες κλήσεις πακέτων ανάλογα με την εφαρμογή. Η σύνοδος υπηρεσιών πακέτων μπορεί να θεωρηθεί ως διάρκεια μη-πραγματικού-χρόνου ραδιο-πρόσβασης φορέα και η κλήση πακέτων ως ενεργή περίοδος μετάδοσης πακέτων δεδομένων. Κατά τη διάρκεια μιας κλήσης πακέτων διάφορα πακέτα μπορούν να παραχθούν, σημαίνοντας ότι η κλήση πακέτων αποτελείται από μια ορμητική (bursty) ακολουθία πακέτων. Οι κατηγορίες ποιότητας υπηρεσιών του UMTS και η διαμόρφωση κυκλοφορίας περιγράφονται λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο 9.

Ο προγραμματισμός πακέτων μπορεί να θεωρηθεί ως σχεδιασμός των δεδομένων των μη-πραγματικού-χρόνου φορέων ραδιο-πρόσβασης, δηλ. οι φορείς διαλογικής και κατηγορίας υποβάθρου πέρα από την ραδιο-διεπαφή και στην ανιούσα και στην κατιούσα σύνδεση. Οι συνομιλητικές και οι κατηγορίες ροής είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση και απαιτούν τους αφιερωμένους πόρους καθ' όλη τη διάρκεια της σύνδεσης. Η κατανομή των ραδιοπόρων για φορείς με πραγματικού-χρόνου μεταστρεφόμενα πακέτα είναι μια λειτουργία ελέγχου εισόδου και έτσι δεν εξετάζεται σε αυτήν την παράγραφο.

1.4.3.2. Πρόσβαση Πακέτων WCDMA

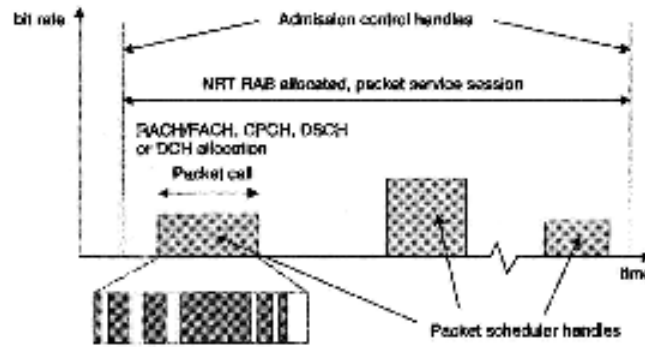
Η πρόσβαση πακέτων WCDMA ελέγχεται από τον προγραμματιστή πακέτων (CP), και είναι μέρος της διοικητικής λειτουργίας των ραδιοπόρων στο RNC. Οι λειτουργίες των CP είναι:

- Να καθορίσουν τους διαθέσιμους ραδιο-πόρους διεπαφών για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιοφορείς,
- Να μοιραστούν τους διαθέσιμους ραδιο πόρους διεπαφών μεταξύ των μη-πραγματικού-χρόνου ραδιο φορέων,
- Να ελέγξουν τις κατανομές για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιο φορείς,
- Να αρχίσουν τη μετατροπή τύπων καναλιών μεταφορών μεταξύ των ίδιων, κοινών και αφιερωμένων καναλιών όταν χρειάζεται,
- Να ελέγξει τη φόρτωση συστημάτων,
- Να εκτελέσουν τις ενέργειες ελέγχου φορτίων για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιο φορείς όταν χρειάζεται.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.13, ο έλεγχος εισόδου και ο προγραμματισμός πακέτων και οι δύο συμμετέχουν στο χειρισμό των NRT ραδιο φορέων.

Ο έλεγχος εισόδου φροντίζει την είσοδο και την απελευθέρωση του φορέα ραδιοπρόσβασης. Οι ραδιοπόροι δεν είναι δεσμευμένοι καθ' όλη τη διάρκεια μιας σύνδεσης αλλά μόνο όταν υπάρχουν πραγματικά δεδομένα προς μετάδοση. Ο προγραμματισμός πακέτων διαθέτει τους κατάλληλους ραδιοπόρους κατά τη διάρκεια μιας κλήσης πακέτων, δηλ. ενεργός μετάδοση στοιχείων. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.13, οι μικρές ανενεργές χρονικές περίοδοι κατά τη διάρκεια μιας κλήσης πακέτων μπορούν να εμφανιστούν, λόγω της ορμητικής κυκλοφορίας.

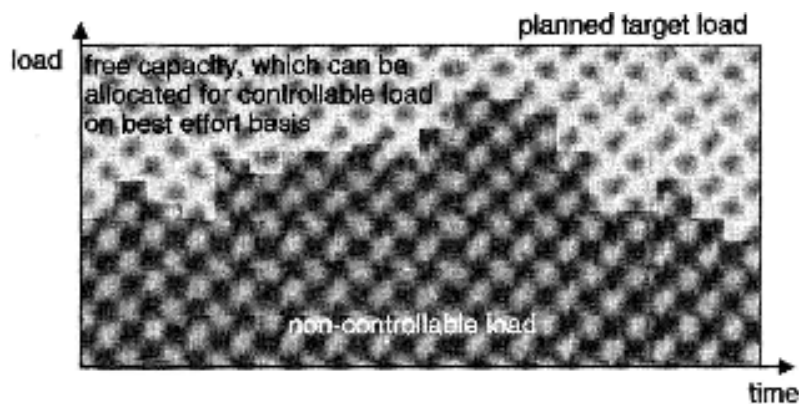
Ο σχεδιασμός πακέτων γίνεται σε μια βάση κυψελών. Δεδομένου ότι η ασυμμετρική κυκλοφορία υποστηρίζεται και το φορτίο μπορεί να ποικίλει πολύ μεταξύ uplink και downlink, η χωρητικότητα διατίθεται χωριστά και για τις δύο κατευθύνσεις. Εντούτοις, όταν διατίθεται ένα αφιερωμένο κανάλι σε μια κατεύθυνση, πρέπει επίσης να διατεθεί στην άλλη κατεύθυνση επίσης, ακόμα κι αν η ανάγκη ικανότητας προκλήθηκε μόνο για μια κατεύθυνση. Ο προγραμματιστής πακέτων διαθέτει ένα αφιερωμένο κανάλι με ένα χαμηλό ποσοστό στοιχείων για την άλλη κατεύθυνση, η οποία φέρνει τις υψηλού-στρώματος (TCP) αναγνωρίσεις, τις αναγνωρίσεις στρώματος συνδέσεων δεδομένων (RLC), τις πληροφορίες ελέγχου στρώματος συνδέσεων δεδομένων και τις πληροφορίες ελέγχου ισχύος. Αυτό το κανάλι χαμηλού bit rate αναφέρεται χαρακτηριστικά ως «κανάλι επιστροφής».



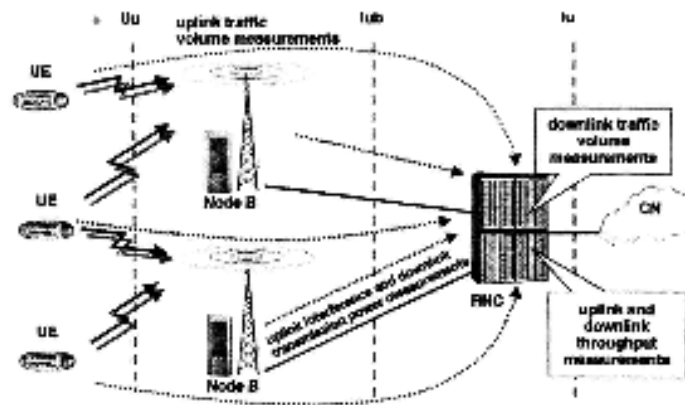
Σχήμα 1.13: Ο έλεγχος εισόδου και ο σχεδιασμός πακέτου χειρίζονται μαζί μη-πραγματικού-χρόνου κομμάτια.

Η λειτουργία προγραμματισμένων πακέτων αποτελείται από τα συγκεκριμένα μέρη εξοπλισμού χρήστη και μέρη συγκεκριμένων κυψελών. Οι κύριες λειτουργίες του συγκεκριμένου τμήματος του εξοπλισμού χρήστη είναι η διαχείριση μέτρησης όγκου κυκλοφορίας για κάθε κανάλι μεταφορών εξοπλισμού χρήστη, που φροντίζει τις δυνατότητες ραδιοπρόσβασης του εξοπλισμού χρήστη και που ελέγχει τις κατανομές για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιοφορείς. Η soft μεταβίβαση είναι επίσης δυνατή για τα αφιερωμένα κανάλια που διατίθενται στους μη-πραγματικού χρόνου ραδιο φορείς. Κατά τη διάρκεια SHO, ο σχεδιασμός πακέτων γίνεται σε κάθε κυψέλη στο ενεργό σύνολο, και το συγκεκριμένο τμήμα εξοπλισμού χρήστη της λειτουργίας σχεδιασμού πακέτου είναι η οντότητα ελέγχου μεταξύ των cell-specific λειτουργιών. Οι ραδιο πόροι της κυψέλης μοιράζονται μεταξύ των ραδιο φορέων πραγματικού χρόνου και μη-πραγματικού-χρόνου. Τα ποσοστά της κυκλοφορίας πραγματικού χρόνου και μη-πραγματικού-χρόνου κυμαίνονται γρήγορα. Είναι χαρακτηριστικό της πραγματικού-χρόνου κυκλοφορίας ότι το φορτίο που προκαλείται δεν μπορεί να ελεγχθεί αποτελεσματικά. Το φορτίο που προκαλείται από την πραγματικού-χρόνου κυκλοφορία, την παρέμβαση από τους χρήστες άλλων-κυψελών και το θόρυβο, καλείται όλο μαζί μη-ελέγξιμο φορτίο. Η διαθέσιμη χωρητικότητας δεν χρησιμοποιείται για το μη-ελέγξιμο φορτίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιο φορείς σε μια βάση καλύτερης-προσπάθειας, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.14. Το φορτίο που προκαλείται από την best-effort μη-πραγματικού-χρόνου κυκλοφορία καλείται ελέγξιμο φορτίο.

Ο σχεδιασμός πακέτων καθώς επίσης και το RRM μπορούν γενικά να βασιστούν, π.χ., στις ισχυρές, τις εξόδους και την αποδοτικότητα φάσματος. Το σχήμα 1.15 παρουσιάζει μετρήσεις εισόδου για τον προγραμματιστή πακέτων.



Σχήμα 1.14: Διαχωρισμός χωρητικότητας μεταξύ μη-ελεγχόμενης και ελεγχόμενης κυκλοφορίας.



Σχήμα 1.15: Μετρήσεις για WCDMA προγραμματιστή πακέτου.

Οι σταθμοί βάσης εκτελούν μετρήσεις για τη λαμβανόμενη uplink συνολική ευρείας ζώνης ισχύ (RSSI), για το downlink μεταδιδόμενο φορέα και για την ισχύ ραδιοζεύξης, και τις αναφέρουν στο RNC μέσω της διεπαφής Iub χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο σήμανσης NBAP. Οι μετρήσεις εξόδου μπορούν να εκτελεστούν στο RNC. Εάν η αποδοτικότητα φάσματος ληφθεί υπόψη, η μέτρηση P-CPICH $E_c I_o$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει την ισχύ μετάδοσης. Οι μετρήσεις όγκου κυκλοφορίας μπορούν να προκαλέσουν την κατανομή των ραδιοπόρων για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιοφορείς. Οι μετρήσεις όγκου κυκλοφορίας ελέγχονται από το RNC. Ο εξοπλισμός χρήστη μετρά τους όγκους κυκλοφορίας καναλιών μεταφοράς στην uplink και στέλνει τις αναφορές μέτρησης στο RNC. Η υποβολή αναφοράς μέτρησης μπορεί να είναι περιοδική ή κατά-γεγονός-προκαλούμενη. Στην τελευταία περίπτωση η έκθεση μέτρησης στέλνεται όταν ο όγκος κυκλοφορίας καναλιών μεταφοράς στην uplink υπερβαίνει το κατώτατο όριο που δίνεται από το RNC. Οι μετρήσεις όγκου κυκλοφορίας στην downlink εκτελούνται από το RNC.

Σύμφωνα με την κατάσταση του εξοπλισμού χρήστη και τις τρέχουσες κατανομές καναλιών, το φορτίο συστημάτων, τη ραδιο απόδοση των διαφορετικών καναλιών μεταφοράς, το φορτίο των κοινών καναλιών και των όγκων κυκλοφορίας καναλιών μεταφοράς, ο προγραμματισμός πακέτων επιλέγει ένα κατάλληλο κανάλι μεταφοράς για τον μη-πραγματικού-χρόνου ραδιο φορέα του εξοπλισμού χρήστη. Τα ακόλουθα κανάλια μεταφοράς ισχύουν για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων:

- Αφιερωμένο κανάλι μεταφοράς (DCH)
- Κανάλι τυχαίας προσπέλασης (RACH)
- Κανάλι forward πρόσβασης (FACH)
- Κοινό κανάλι πακέτων (CPCH)
- Κοινό downlink κανάλι (DSCH)

Ο πίνακας 1.4 παρουσιάζει βασικές ιδιότητες αυτών των καναλιών μεταφοράς. Οι εφαρμόσιμες διαμορφώσεις καναλιών μεταφοράς για τα πακέτα δεδομένων σε ανιούσα/ κατιούσα σύνδεση είναι DCH/DCH, RACH/FACH, CPCH/FACH και DCH/DSCH.

TRFCH	DCCH	RACH	FACH	CCH	FACH
TRFCH type	Dedicated	Common	Common	Common	Shared
Applicable UE state	CELL_DCH	CELL_FACH	CELL_FACH	CELL_FACH	CELL_DCH
Direction	Both	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Code usage	According to maximum bit rate	Fixed code allocations in a cell	Fixed code allocations in a cell	Fixed code allocations in a cell	Codes shared between several users
Power control	Fast closed-loop	Open-loop	Open-loop	Fast closed-loop	Fast closed-loop
SHO support	Yes	No	No	No	No
Targeted data traffic volume	Medium or high	Small	Small	Small or medium	Medium or high
Suitability for bursty data	Poor	Good	Good	Good	Good
Setup time	High	Low	Low	Low	High
Relative radio performance	High	Low	Low	Medium	Medium

Πίνακας 1.4: Ιδιότητες των WCDMA καναλιών μεταφοράς εφαρμόσιμες για μεταφορά πακέτων δεδομένων.

1.4.3 3 Μέθοδοι Προγραμματισμού Πακέτων

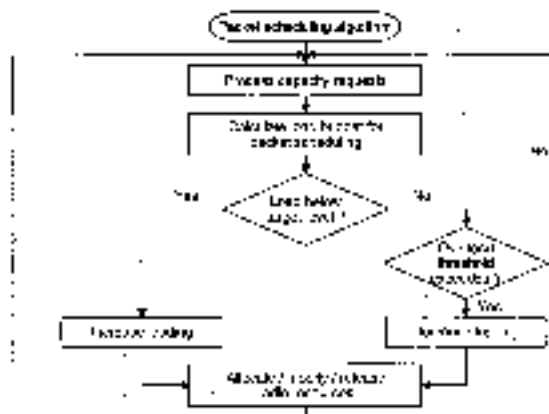
Η αρχή της διανομής φορτίων σε μία κυψέλη WCDMA, το οποίο ελέγχει η λειτουργία διαχείρισης των ραδιοπόρων, είναι ότι οι στόχοι φορτίων για το συνολικό φορτίο σε μία κυψέλη για την ανιούσα και την κατιούσα σύνδεση που τίθενται από τον προγραμματισμό του ραδιοδικτύου έτσι ώστε εκείνα να είναι τα βέλτιστα λειτουργούντα σημεία του φορτίου του συστήματος. Στο κατά- ευρείας ζώνης ισχύ-βασισμένο RRM η συνολική λαμβανόμενη ευρεία ζώνης ισχύς (RSSI) της uplink και η διαβιβασθείσα ισχύς φορέα της downlink είναι οι ποσότητες που μετριοούνται από το σταθμό βάσης που προγραμματίζονται να είναι κάτω από τις τιμές στόχων. Στιγμιαία αυτοί οι στόχοι μπορούν να ξεπεραστούν λόγω των αλλαγών των συνθηκών παρεμβολής και διάδοσης. Εάν το φορτίο συστήματος υπερβαίνει τα κατώτατα όρια φορτίου είτε στην uplink είτε στην downlink, που έχουν τεθεί από τον σχεδιασμό του ραδιοδικτύου, μια κατάσταση υπερφόρτωσης εμφανίζεται και οι ενέργειες ελέγχου φορτίου εφαρμόζονται για να επιστρέψουν το φορτίο σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

Το διάγραμμα ροής στο σχήμα 1.16 παρουσιάζει βασική λειτουργία του προγραμματιστή πακέτων. Εκτός από το στόχο φορτίου και το κατώτατο όριο υπερφόρτωσης, η μέγιστη επιτρεπτή αύξηση φορτίου και τα περιθώρια μείωσης είναι σημαντικές παράμετροι, για να αποφύγουν τις κορυφές στην παρεμβολή και για να διατηρήσουν τη σταθερότητα του συστήματος.

Συνήθως οι μη-πραγματικού-χρόνου χρήστες χρησιμοποιούν τους πόρους που έχουν μείνει από τους πραγματικού-χρόνου χρήστες, δεδομένου ότι ο σχεδιασμός των μη-πραγματικού-χρόνου ραδιοφορέων υλοποιείται σε μια καλύτερης-προσπάθειας βάση. Είναι, εντούτοις, δυνατό να διαμορφωθούν οι αφιερωμένοι πόροι για τους μη-πραγματικού-χρόνου ραδιοφορείς με τη χρησιμοποίηση των χωριστών στόχων φορτίου για τους χρήστες πραγματικού- χρόνου και μη-πραγματικού-χρόνου, οι οποίοι εξετάζονται στον έλεγχο εισόδου.

Όταν ο μη-πραγματικού-χρόνου ραδιοφορέας εγκαθίσταται, καθορίζονται οι εφαρμόσιμες διαμορφώσεις καναλιών μεταφοράς. Η δυνατότητα χρήσης για τα κανάλια CPCH και DSCH εξαρτάται από τους ορισμούς δυνατότητας ραδιοπρόσβασης του εξοπλισμού χρήστη. Τα CPCH και DSCH είναι και τα δύο προαιρετικά, ενώ τα RACH, FACH και DCH είναι υποχρεωτικά και πάντα υποστηριγμένα.

Όταν τα δεδομένα φθάνουν στον ουδέτερης ζώνης (buffer) RLC, ο τύπος καναλιών μεταφοράς που χρησιμοποιείται πρέπει να αποφασιστεί. Η επιλογή τύπων καναλιών μεταφοράς στην uplink μεταξύ RACH, CPCH και DCH εκτελείται από τον εξοπλισμό χρήστη, βασισμένο στις παραμέτρους προγραμματισμού ραδιοδικτύων που στέλνονται από το RNC. Οι παράμετροι μπορεί να περιλαμβάνουν διαφορετικά κατώτατα όρια για τον όγκο δεδομένων καναλιών μεταφοράς που προκαλούν την υποβολή αναφοράς μέτρησης όγκου κυκλοφορίας ή μετάδοσης δεδομένων στα RACH ή CPCH. Ο RNC εκτελεί την επιλογή τύπων downlink καναλιών μεταφοράς μεταξύ των FACH, DSCH και DCH. Η οποία ελέγχεται επίσης από τις παραμέτρους προγραμματισμού ραδιοδικτύων. Η επιλογή του τύπου καναλιών που χρησιμοποιούνται μπορεί να βασιστεί στα κατώτατα όρια για τον όγκο κυκλοφορίας καναλιών μεταφοράς, το φορτίο συστήματος και το φορτίο κοινού καναλιού, λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση πέρα από τη ραδιο διεπαφή.



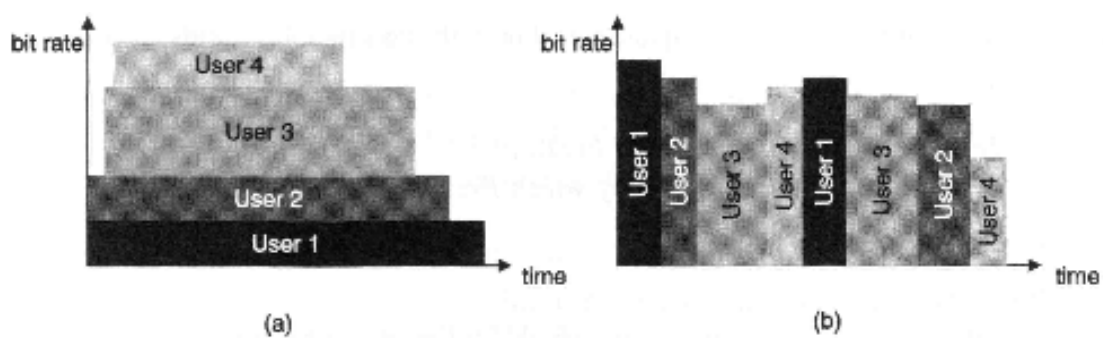
Σχήμα 1.16: Διάγραμμα της βασικής λειτουργικότητας προγραμματισμού πακέτων.

Ο προγραμματιστής πακέτων αποφασίζει το bit rate και το μήκος της κατανομής που χρησιμοποιείται. Διάφορες προσεγγίσεις σχεδιασμού πακέτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Το σχήμα 1.17 επεξηγεί τις δύο βασικές προσεγγίσεις, οι οποίες είναι:

- Σχεδιασμός κατά διαίρεση χρόνου
- Σχεδιασμός κατά διαίρεση κώδικα

Στον σχεδιασμό κατά διαίρεση χρόνου η διαθέσιμη χωρητικότητα διατίθεται σε έναν ή πολύ λίγους ραδιοφορείς τη φορά. Το διατιθέμενο bit rate μπορεί να είναι πολύ υψηλό και ο χρόνος που απαιτείται για να μεταφέρει τα δεδομένα στον (buffer)απομονωτή είναι σύντομος. Ο χρόνος κατανομής μπορεί να περιοριστεί με τον καθορισμό του χρόνου μέγιστης κατανομής, ο οποίος αποτρέπει έναν υψηλό bit rate χρήστη από το μπλοκάρισμα άλλων. Η καθυστέρηση σχεδιασμού εξαρτάται από το φορτίο, έτσι ώστε ο χρόνος αναμονής προτού να μπορέσει να διαβιβάσει ένας χρήστης τα δεδομένα είναι πιο μεγάλος όταν ο αριθμός χρηστών είναι υψηλότερος. Ο σχεδιασμός κατά διαίρεση χρόνου χρησιμοποιείται χαρακτηριστικά για το DSCH, όπου ο σχεδιασμός του PDSCH μπορεί να γίνει σε μια ανάλυση ενός 10ms ραδιοπλαισίου, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για το σχεδιασμό του DCH.

Στον σχεδιασμό κατά διαίρεση κώδικα η διαθέσιμη χωρητικότητα μοιράζεται μεταξύ ενός μεγάλου αριθμού ραδιοφορέων, που διαθέτουν το χαμηλό bit rate ταυτόχρονα για κάθε χρήση. Τα διατιθέμενα bit rates εξαρτώνται από το φορτίο, έτσι ώστε αυτά να είναι χαμηλότερα όταν ο αριθμός χρηστών είναι υψηλότερος.



Σχήμα 1.17: Βασικές προσεγγίσεις σχεδιασμού πακέτων: (a) code division; (b) time division.

Στην πράξη, ο προγραμματιστής πακέτων είναι ένας συνδυασμός αυτών των δύο προσεγγίσεων. Όταν ο προγραμματιστής πακέτων αποφασίζει την σειρά των ραδιοφορέων που διατίθενται, οι διαφορετικές μέθοδοι διαφοροποίησης QoS μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ο απλούστερος

αφορά την χρήση μόνο του χρόνου άφιξης ως είσοδο (πρώτο μέσα, πρώτο έξω, FIFO) αλλά και άλλους παράγοντες όπως οι κατηγορίες κυκλοφορίας, οι προτεραιότητες των φορέων και η αποδοτικότητα φάσματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Δεδομένου ότι το φάσμα χρησιμοποιείται αποτελεσματικότερα με τα υψηλότερα bit rates, τα bit rates που επιτρέπονται για το σχεδιασμό πακέτων μπορούν επίσης να διαμορφωθούν σύμφωνα με την προτίμηση του χειριστή.

1.4.4 Ο Έλεγχος Φορτίου

Η κύρια λειτουργία του ελέγχου φορτίου (LC) μπορεί να διαιρεθεί σε δύο εργασίες. Στις κανονικές συνθήκες ο LC παρατηρεί ότι το δίκτυο δεν είναι υπερφορτωμένο και παραμένει σε μια σταθερή κατάσταση. Για να το επιτύχει αυτό, ο έλεγχος φορτίου δουλεύει πολύ με τον έλεγχο εισόδου και τον προγραμματιστή πακέτων. Αυτό το έργο καλείται προληπτικός έλεγχος φορτίου. Σε πολύ εξαιρετικές καταστάσεις, εντούτοις, το σύστημα μπορεί να οδηγηθεί σε μια κατάσταση υπερφόρτωσης. Κατόπιν ο έλεγχος υπερφόρτωσης είναι αρμόδιος για να μειώσει το φορτίο σχετικά γρήγορα και με αυτόν τον τρόπο να φέρνει το δίκτυο πίσω στην επιθυμητή περιοχή λειτουργίας που καθορίζεται με τον προγραμματισμό ραδιοδικτύου. Η λειτουργία ελέγχου φορτίων διανέμεται μεταξύ των BTS και RNC. Ο ακόλουθος κατάλογος ενεργειών μπορεί να εκτελεσθεί για να μειώσει το φορτίο:

- Ενέργειες γρήγορου ελέγχου φορτίου που βρίσκονται στο BTS:
 - Αρνηση (κατιούσα ζεύξη) ή επικάλυψη (ανιούσα ζεύξη) των TPC «up» εντολές.
 - Ο χαμηλότερος στόχος SIR για τον έλεγχο ισχύος εσωτερικού-βρόχου ανιούσας ζεύξης.
- Ενέργειες ελέγχου φορτίου που βρίσκονται στο RNC:
 - Αλληλεπίδραση με τον προγραμματισμό πακέτων και throttle back κυκλοφορίας πακέτων δεδομένων.
 - Χαμηλότερα bit rates των RT χρηστών, δηλ. υπηρεσία ομιλίας ή μεταστρεφόμενο κύκλωμα (circuit switched) δεδομένων.
 - WCDMA Interfrequency ή GSM Intersystem μεταβίβαση.
 - Πτώση μεμονωμένων κλήσεων με έναν ελεγχόμενο τρόπο.

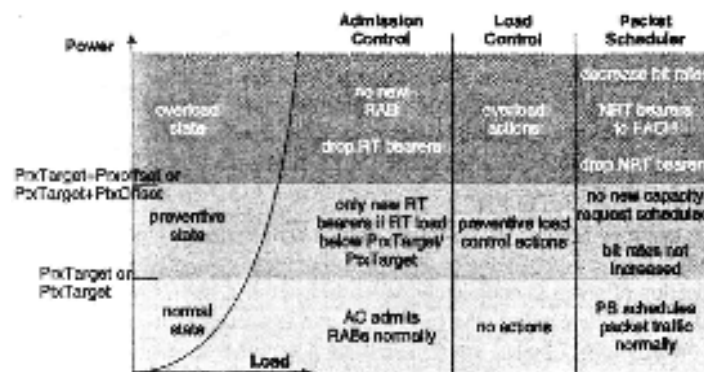
Στον ευρείας-ζώνης power-based LC, τα μέτρα για να αποφασιστεί εάν κάποιες ενέργειες LC πρέπει να ληφθούν είναι η συνολική λαμβανόμενη ισχύς παρεμβολής ανά κυψέλη, PrxTotal, στην uplink, και την συνολική ισχύ μετάδοσης ανά φορέα, PtxTotal, στην downlink. Είναι ο στόχος του RNP να τεθούν οι μέγιστες επιτρεπτές τιμές για εκείνες τις ποσότητες. Και για τις δύο συνδέσεις δύο κατώτατα όρια μπορούν να καθοριστούν:

- **Στην Uplink:**
 - PrxTarget, ο βέλτιστος μέσος όρος PrxTotal
 - PrxOffset, το μέγιστο περιθώριο από το οποίο PrxTarget μπορεί να ξεπεραστεί.
- **Στην Downlink:**
 - PtxTarget, ο βέλτιστος μέσος όρος PtxTotal.
 - PtxOffset, το μέγιστο περιθώριο από το οποίο PtxTarget μπορεί να ξεπεραστεί.

Εάν καθένα από τα πρώτα κατώτατα όρια (PrxTarget ή PtxTarget) ξεπεραστεί, η κυψέλη μπαίνει στην κατάσταση όπου οι προληπτικές ενέργειες ελέγχου φορτίων αρχίζουν. Εάν καθένα από τα (PrxTarget + PrxOffset) ή (PtxTarget + PtxOffset) ξεπεραστεί, η κυψέλη κινείται προς μια κατάσταση υπερφόρτωσης και τότε ξεκινούν οι ενέργειες ελέγχου υπερφόρτωσης. Το σχήμα 1.18 παρουσιάζει μια επισκόπηση της αλληλεπίδρασης του ελέγχου εισόδου, του προγραμματισμού πακέτων και του ελέγχου φορτίων στα διαφορετικές καταστάσεις φορτίων που καθορίζονται από τις ανωτέρω παραμέτρους.

Οι λειτουργίες ελέγχου εισόδου και προγραμματισμού πακέτων εκτελούν μαζί τον προληπτικό έλεγχο φορτίων, με τον έλεγχο φορτίων να δουλεύει ως μεσολαβητής μεταξύ αυτών των δύο λειτουργιών. Ο έλεγχος φορτίων ενημερώνει τη κατάσταση φορτίων της κυψέλης βασισμένος

στις μετρήσεις και τις εκτιμήσεις των ραδιοπόρων που παρέχονται από τον έλεγχο εισόδου και τον προγραμματισμό πακέτων. Εάν η κυψέλη είναι στην κανονική κατάσταση φορτίων, ο έλεγχος εισόδου και ο προγραμματισμός πακέτων μπορούν να λειτουργήσουν κανονικά. Εάν το φορτίο υπερβαίνει το στόχο αλλά είναι λιγότερο από το διευκρινισμένο κατώτατο όριο υπερφόρτωσης, εκτελούνται προληπτικές ενέργειες ελέγχου φορτίων. Ο έλεγχος εισόδου αναγνωρίζει μόνο τους νέους RT φορείς εάν το RT φορτίο είναι κάτω από $P_{txTarget}$ ή $P_{txTarget}$. Ο προγραμματισμός πακέτων δεν αυξάνει περαιτέρω το bit rate των αναγνωρισμένων NRT φορέων. Εάν η κυψέλη κινηθεί προς μια κατάσταση υπερφόρτωσης, ο προγραμματισμός πακέτων αρχίζει να μειώνει τα bit rates, παραδείγματος χάριν των τυχαία επιλεγμένων NRT φορέων, λαμβάνοντας υπόψη τις κατηγορίες φορέων και τις προτεραιότητες που έχουν τεθεί από το χειριστή μέσα στην ίδια κατηγορία κυκλοφορίας. Εντούτοις, το bit rate δεν θα πρέπει να μειωθεί κάτω από το ελάχιστο επιτρεπτό bit rate που ορίζεται από το RNP στον επιλεγμένο φορέα. Ένας άλλος πιθανός τρόπος να μειωθεί το φορτίο είναι να προσπαθηθεί να κινηθεί τη NRT κυκλοφορία από DCH σε FACH σε περίπτωση που το FACH δεν είναι υπερφορτωμένο. Στην πιο ακραία περίπτωση οι RT και NRT φορείς μπορεί ακόμη και να πέσουν.



Σχήμα 1.18: Interworking actions of AC, PS και LC για τον έλεγχο του φορτίου του συστήματος.

1.5 Διαχείριση των Πόρων

Η κύρια λειτουργία της διαχείρισης των πόρων (RM) είναι να διατεθούν οι φυσικοί ραδιοπόροι όταν ζητούνται από το στρώμα RRC. Για να είναι σε θέση να κάνει αυτό το RM πρέπει να ξέρει όλα τα απαραίτητα στοιχεία διαμόρφωσης και κατάστασης του ραδιοδικτύου, συμπεριλαμβανομένων των παραμέτρων που έχουν επιπτώσεις στην κατανομή των λογικών ραδιο πόρων.

Η διαχείριση πόρων βρίσκεται εν μέρει στο RNC και εν μέρει στο BTS. Λειτουργεί σε στενή συνεργασία με τον έλεγχο εισόδου και τον προγραμματισμό πακέτων: η πραγματική είσοδος για την κατανομή των πόρων προέρχεται από τους AC/PS, και η διαχείριση πόρων ενημερώνει τον προγραμματισμό πακέτων για την κατάσταση των πόρων

Η διαχείριση πόρων βλέπει μόνο τους λογικούς ραδιοπόρους ενός σταθμού βάσης και έτσι η πραγματική κατανομή σημαίνει ότι η διαχείριση πόρων διατηρεί ένα ορισμένο ποσοστό των διαθέσιμων φυσικών ραδιοπόρων σύμφωνα με το αίτημα καναλιών από το στρώμα RRC για κάθε ραδιο σύνδεση. Στην κατανομή καναλιών η διαχείριση πόρων επισυνάπτει έναν ορισμένο κώδικα διάδοσης (ή διοχέτευσης) για κάθε σύνδεση στην downlink κατεύθυνση. Το μήκος του διαδεδωμένου κώδικα εξαρτάται από τους διαθέσιμους κώδικες εκείνη την στιγμή και την απαίτηση για τον ρυθμό δεδομένων στο αίτημα καναλιών: όσο υψηλότερος ο ρυθμός τόσο κοντύτερος ο κώδικας. Η διαχείριση πόρων πρέπει να είναι σε θέση να μεταστρέψει τους κώδικες

και τους τύπους κώδικα για διαφορετικούς λόγους, π.χ. SHO, defragmentation του δέντρου κώδικα, κ.λπ. Η διαχείριση πόρων είναι αρμόδια επίσης για την κατανομή των κωδικών ανακατώματος για τις uplink συνδέσεις. Και προφανώς η διαχείριση πόρων πρέπει να είναι σε θέση να απελευθερώσει τους διατιθέμενους πόρους επίσης.

1.5.1 Το Δέντρο των Ορθογώνιων Κωδικών Διοχέτευσης στην Κατιούσα Ζεύξη

Οι ορθογώνιοι κώδικες διοχέτευσης χρησιμοποιούνται για τη μέθοδο χρηστών CDMA του χωρισμού καναλιών μέσα στο ίδιο κυψέλη. If unshifted (τα κανάλια είναι τέλεια συγχρονισμένα σε ένα επίπεδο συμβόλων), οι κώδικες είναι τέλεια pairwise ορθογώνιοι. Δυστυχώς, αυτή η υπόθεση δεν δικαιολογείται πλήρως λόγω της πολυοδικής διάδοσης (καθυστέρηση διάδοσης). Συνεπώς, υπάρχει αμοιβαία παρεμβολή μεταξύ των διαφορετικών καναλιών κώδικα στο λαμβάνον (κινητό) άκρο.

Η έννοια της παράλληλης χρήσης διαφορετικών κωδικών χρησιμοποιείται κυρίως στην downlink. Η uplink συνδέεται με έναν μεμονωμένο χρήστη, κατά συνέπεια κανονικά ένας κώδικας χρησιμοποιείται ανά φορά.

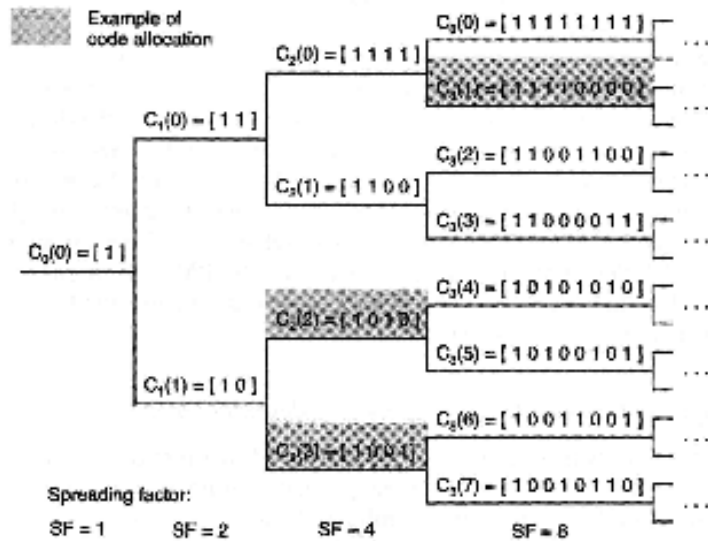
Οι κώδικες είναι ακριβώς σειρές από μια μήτρα Hadamard. Είναι βασισμένοι στην εργασία Hadamard που χρονολογείται από το τέλος του δέκατου ένατου αιώνα. Η ορθογωνικότητα συντηρείται στα διαφορετικά ποσοστά συμβόλων (δηλ. οι διαφορετικοί παράγοντες διάδοσης δίνουν διαφορετικά ποσοστά δεδομένων χρηστών παράλληλα), αλλά η επιλογή ενός σύντομου κώδικα θα μπλοκάρει το υπο-δέντρο Αυτό ασκεί επίδραση με τους ακόλουθους τρόπους.

- Οι κώδικες πρέπει να διατεθούν στο RNC.
 - Το δέντρο κώδικα μπορεί να γίνει «τεμαχισμένο» (fragmented), έτσι ώστε η ανακατάταξη κώδικα απαιτείται (τακτοποιημένη από το RNC).
 - Η κατανομή των κωδικών είναι εντελώς υπό τον έλεγχο του RNC. Ένας σχεδιαστής ή optimiser ίσως να πρέπει να παρέμβει μόνο στην περίπτωση των συνεχώς εμφανιζόμενων προβλημάτων, όπως όταν ένα BTS στερεύει από κωδικούς, το οποίο θα μπορούσε να συμβεί με πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, χαρακτηριστικό των εσωτερικών εφαρμογών, δηλ. με χαμηλούς παράγοντες διάδοσης. Εντούτοις, στις περισσότερες περιπτώσεις ο έλεγχος εισόδου ή ο έλεγχος φορτίου θα λάβει μέτρα πρώτα υπό μορφή (soft) φραγμού.
- Τα παραδείγματα των κωδικών και της πολιτικής της κατανομής κώδικα φαίνονται στο σχήμα 1.19. Για να διατηρηθεί η ορθογωνικότητα, πρέπει να γίνει μια ιεραρχική επιλογή των σύντομων κωδικών από ένα δέντρο κώδικα.

1.5.2 Κώδικας Προγραμματισμού

Το σύστημα WCDMA διαιρεί τη διάδοση και το ανακάτωμα (τυχαιοποίηση) σε δύο βήματα. Το σήμα χρηστών διαδίδεται αρχικά από τον κώδικα διοχέτευσης και ανακατώνεται έπειτα από τον κώδικα ανακατώματος. Αυτό είναι παρόμοιο με το IS-95, αλλά δεδομένου ότι το σύστημα 3^{rd} γενιάς του WCDMA είναι ασύγχρονο, οι κώδικες ανακατώματος είναι όχι μόνο χρόνο-μετατοπισμένα αντίγραφα της ίδιας ακολουθίας, αλλά οι κώδικες είναι πραγματικά διαφορετικοί μεταξύ τους, έχοντας τις χαμηλές ιδιότητες συσχέτισης. Ο downlink κώδικας ανακατώματος της προσδιορίζει ολόκληρη μία κυψέλη, ενώ στην uplink ένας κώδικας ανακατώματος είναι συγκεκριμένη κλήση ή συναλλαγή. Στο IS-95 ο ίδιος (long) κώδικας PN χρησιμοποιείται σε όλες τις κυψέλες ως κώδικας ανακατώματος και είναι χωρισμένα με τις φάσεις του ίδιου κώδικα. Αυτό είναι δυνατό δεδομένου ότι οι σταθμοί βάσης είναι συγχρονισμένοι. Ο προγραμματισμός των μετατοπίσεων φάσης εξασφαλίζει ότι οι μετατοπίσεις φάσης είναι μεγαλύτερες από τις καθυστερήσεις διάδοσης, έτσι ώστε τα κινητά να μην ακούνε ποιοσδήποτε δύο κυψέλες που έχουν την ίδια φάση κώδικα. Τέτοιος μακροχρόνιος προγραμματισμός κώδικα είναι σίγουρα ευκολότερος από τον προγραμματισμό συχνότητας, αλλά είναι απαραίτητος και τα λάθη που

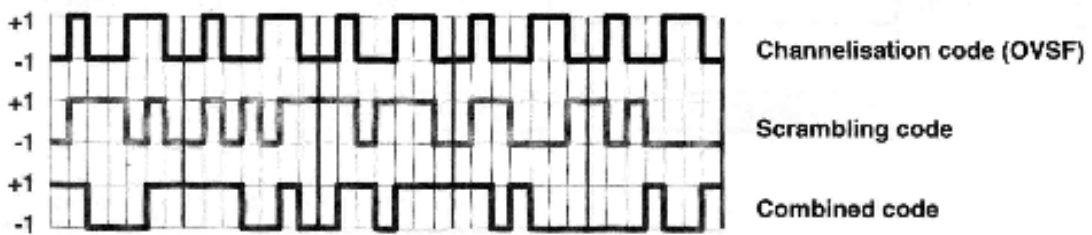
έγιναν μπορούσαν να είναι μια πηγή προβλημάτων παρεμβολής σε μερικές περιπτώσεις. Το γενικό σενάριο διάδοσης και ανακατώματος απεικονίζεται στο σχήμα 1.20.



Σχήμα 1.19: Το δέντρο των ορθογώνιων σύντομων κωδικών.

Η βασική υπόθεση για καλή απόδοση ενός Συστήματος Απλωμένου Φάσματος με Άμεση Διάδοση, όπως το WCDMA, είναι για να υπάρξει για τον εξοπλισμό χρήστη η ισχυρή δυνατότητα για γρήγορο συγχρονισμό. Υπάρχουν δύο βασικά ζητήματα που υποστηρίζουν το ένα το άλλο:

- Εφαρμογή της στρατηγικής απόκτησης κώδικα στον εξοπλισμό χρήστη. Οι απαιτήσεις δίνονται από το 3GPP αλλά η στρατηγική και η εφαρμογή της είναι συγκεκριμένες για τους τηλεφωνικούς κατασκευαστές.
- Προγραμματισμός κώδικα ανακατώματος στο δίκτυο. Αυτός ο στόχος εκτελείται από το RNP.

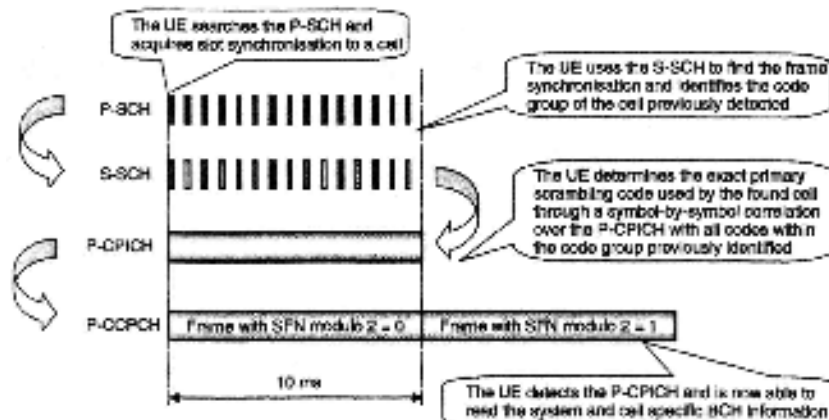


Σχήμα 1.20: Διάδοση (SF = 7) και ανακάτωμα για όλα τα downlink φυσικά κανάλια εκτός του SCH.

1.5.2.1. Διαδικασία Αναζήτησης Κυψέλης

Ο σκοπός της διαδικασίας αναζήτησης κυψελών είναι να βρεθεί μία κατάλληλη κυψέλη και να καθοριστεί ο downlink κώδικας ανακατώματος και ο συγχρονισμός πλαισίου εκείνης της κυψέλης. Η αναζήτηση κυψελών πραγματοποιείται χαρακτηριστικά με τα ακόλουθα τρία βήματα [2], επίσης επεξηγημένα στο σχήμα 1.21:

- **Βήμα 1: Συγχρονισμός σχισμών.** Κατά τη διάρκεια του πρώτου βήματος της διαδικασίας αναζήτησης κυψέλης το κινητό χρησιμοποιεί τον αρχικό κώδικα συγχρονισμού του SCH για να αποκτήσει το συγχρονισμό σχισμών σε μια κυψέλη. Αυτό γίνεται χαρακτηριστικά με ένα μεμονωμένο ταιριαστό φίλτρο (ή οποιαδήποτε παρόμοια συσκευή) που αντιστοιχείται στον αρχικό κώδικα συγχρονισμού που είναι κοινός για όλες τις κυψέλες. Ο συγχρονισμός σχισμών της κυψέλης μπορεί να ληφθεί με την ανίχνευση των αιχμών στην αντιστοιχημένη έξοδο φίλτρου.
- **Βήμα 2: Συγχρονισμός πλαισίων και προσδιορισμός κατά ομάδα κώδικα.** Κατά τη διάρκεια του δεύτερου βήματος της διαδικασίας αναζήτησης κυψέλης, το κινητό χρησιμοποιεί τον δευτερεύον κώδικα συγχρονισμού του SCH για να βρεί το συγχρονισμό πλαισίων και να προσδιορίσει την ομάδα κώδικα της κυψέλης που βρήκε στην πρώτη φάση. Αυτό γίνεται με το συσχετισμό του λαμβανόμενου σήματος με όλες τις πιθανές δευτεροβάθμιες ακολουθίες κώδικα συγχρονισμού για τον προσδιορισμό της μέγιστης τιμής συσχετισμού. Δεδομένου ότι οι κυκλικές μετατοπίσεις των ακολουθιών είναι μοναδικές, η ομάδα κώδικα καθώς επίσης και ο συγχρονισμός πλαισίων καθορίζονται.
- **Βήμα 3: Προσδιορισμός κατά ανακατώμα κώδικα.** Κατά τη διάρκεια του τρίτου και τελευταίου βήματος της διαδικασίας αναζήτησης κυψελών, το κινητό καθορίζει τον ακριβή αρχικό κώδικα ανακατώματος που χρησιμοποιείται από την κυψέλη



Σχήμα 1.21: Παράδειγμα της διαδικασίας αναζήτησης κυψέλης.

που βρέθηκε. Ο αρχικός κώδικας ανακατώματος προσδιορίζεται χαρακτηριστικά μέσω του συσχετισμού σύμβολο-με-σύμβολο άνω του P-CPICH με όλους τους κώδικες μέσα στην ομάδα κωδικών που προσδιορίζεται στο δεύτερο βήμα. Αφότου έχει προσδιοριστεί ο αρχικός κώδικας ανακατώματος, το P-CCPCH μπορεί να ανιχνευθεί και οι συγκεκριμένες BCH πληροφορίες συστημάτων και κυψελών μπορούν να διαβαστούν.

Εάν το κινητό έχει λάβει πληροφορίες για το ποιούς κώδικες ανακατώματος να αναζητήσει, τα παραπάνω βήματα 2 και 3 μπορούν να απλοποιηθούν.

1.5.2.2. Κατανομή Κωδικών Ανακατώματος & Διάδοσης στην Uplink

Στην uplink η λειτουργία διάδοσης στο WCDMA γίνεται σε δύο φάσεις. Ο πρώτος είναι η λειτουργία διοχέτευσης, η οποία μετασχηματίζει κάθε σύμβολο δεδομένων σε ένα πλήθος από chips. Αυτό αυξάνει το εύρος ζώνης σημάτων. Το πλήθος chips ανά σύμβολο δεδομένων καλείται παράγοντας διάδοσης. Μετά από αυτό, η λειτουργία ανακατώματος εκτελείται, που σημαίνει ότι ένας κώδικας ανακατώματος εφαρμόζεται στο σήμα διάδοσης.

Στην διοχέτευση I- και Q-κλάδοι πολλαπλασιάζονται ανεξάρτητα με έναν ορθογώνιο κώδικα διάδοσης. Τα προκύπτοντα σήματα ανακατώνονται έπειτα με τον πολλαπλασιασμό τους με έναν σύνθετα-εκτιμημένο κώδικα ανακατώματος.

Τα uplink κανάλια ανακατώνονται με έναν complex-valued κώδικα ανακατώματος. Υπάρχουν 2^{24} μακριοί και 2^{24} σύντομοι (μήκος 256 chips) uplink κώδικες ανακατώματος. Είτε οι μακριοί είτε οι σύντομοι κώδικες ανακατώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανακατώσουν τα DPCCCH και το DPDCH. Στην uplink τόσο η διοχέτευση όσο και οι κώδικες ανακατώματος διατίθενται από το σύστημα και απαιτούν λίγη δράση στον προγραμματισμό ραδιοδικτύων. Οι κώδικες ανακατώματος της uplink είναι συγκεκριμένης κλήσης και διατίθενται στην καθιέρωση σύνδεσης από τον RNC. Το uplink διάστημα κώδικα ανακατώματος διαιρείται μεταξύ των RNC. Κάθε RNC έχει την προγραμματισμένη περιοχή του. Ο εξοπλισμός χρήστη μπορεί να χρησιμοποιήσει τον ίδιο διατιθέμενο κώδικα εφ' όσον συνδέεται με το 3G δίκτυο.

1.5.2.3. Κατανομή Κωδικών Ανακατώματος & Διάδοσης στην Downlink

Στην downlink τα σύμβολα (non-spread φυσικό κανάλι) των P-CCPCH, S-CCPCH, P-CPICH, PICH και του DPCH μετατρέπονται αρχικά και χαρτογραφούνται σε I- και Q-κλάδους. Αυτοί οι κλάδοι διαδίδονται έπειτα από τον ίδιο real-valued κώδικα διοχέτευσης. Κατά συνέπεια το σήμα έχει το τελικό του chip rate. Κατόπιν αυτές οι chip ακολουθίες ανακατώνονται από έναν complex-valued κώδικα ανακατώματος. Οι κώδικες διοχέτευσης στην downlink είναι οι ίδιοι όπως στην uplink. Οι κώδικες διοχέτευσης για το P-CPICH και το P-CCPCH είναι σταθεροί: εκείνοι για όλα τα άλλα φυσικά κανάλια ορίζονται από το UTRAN. Συνολικά $2^{18} - 1 = 262.143$ μακριοί κώδικες ανακατώματος μπορούν να παραχθούν, αλλά όχι όλοι τους χρησιμοποιούνται. Οι κώδικες διαιρούνται σε 512 σύνολα, κάθε ένα αποτελείται από αρχικό κώδικα ανακατώματος και 15 δευτεροβάθμιους κώδικες ανακατώματος. Επιπλέον, το σύνολο αρχικών κωδικών ανακατώματος διαιρείται σε 64 ομάδες κώδικα ανακατώματος, όπου κάθε μια αποτελείται από οκτώ αρχικούς κώδικες ανακατώματος.

Σε κάθε κυψέλη διατίθεται ένας και μόνο ένας αρχικός κώδικας ανακατώματος. Τα P-CCPCH και P-CPICH διαβιβάζονται πάντα χρησιμοποιώντας τον αρχικό κώδικα ανακατώματος. Τα άλλα φυσικά downlink κανάλια, εκτός από τα SCH, μπορούν να διαβιβαστούν με είτε έναν αρχικό είτε δευτεροβάθμιο κώδικα ανακατώματος από το σύνολο που συνδέεται με τον αρχικό κώδικα ανακατώματος της κυψέλης. Τα SCH δεν χρησιμοποιούν κανέναν κώδικα ανακατώματος.

1.5.2.4. Προγραμματισμός Downlink Κώδικα Ανακατώματος

Οι downlink κώδικες διοχέτευσης διατίθενται από το UTRAN. Η διάθεση των downlink κωδικών ανακατώματος (βασικά, οι ομάδες κώδικα ανακατώματος) των κυψελών είναι τμήμα του RNP.

Όπως προηγουμένως περιγράφηκε, στο σύνολο 512 downlink κώδικες ανακατώματος χρησιμοποιούνται, υποδιαιρεμένοι σε 64 ομάδες κάθε ένας από οκτώ κώδικες. Όλες οι κυψέλες που ένας κινητός σταθμός είναι σε θέση να μετρήσει σε μια θέση πρέπει να έχουν διαφορετικούς κώδικες ανακατώματος. Η απλούστερη μέθοδος είναι να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές ομάδες κώδικα ανακατώματος στις γειτονικές κυψέλες. Αυτό θα εξασφάλιζε την προηγούμενη απαίτηση

στις περισσότερες περιπτώσεις. Η επαναχρησιμοποίηση θα μπορούσε να είναι 64, δεδομένου ότι υπάρχουν 64 ομάδες κώδικα. Η λύση θα μπορούσε να φέρει ένα πλεονέκτημα από την σκοπιά των συστημάτων υπό μορφή λιγότερο σύνθετης διαδικασίας αναζήτησης κώδικα για τον εξοπλισμό χρήστη. Γενικά, η ταχύτητα της διαδικασίας απόκτησης κώδικα εξαρτάται από την αντιστοιχία μεταξύ της κατανομής κώδικα ανακατώματος στο δίκτυο και της στρατηγικής αποκτήσεως που εφαρμόζεται στο κινητό, το οποίο είναι συγκεκριμένης κατασκευής. Εντούτοις, ένας εξοπλισμός χρήστη θα αποδώσει για οποιαδήποτε κατανομή κώδικα ανακατώματος. Εάν μια μεγαλύτερη συστάδα απαιτείται, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και οι 512 διαθέσιμοι κώδικες. Ο προγραμματισμός ομάδας κώδικα ανακατώματος για τους διαφορετικούς μεταφορείς μπορεί να γίνει ανεξάρτητα. Αυτός ο υψηλός αριθμός κωδίκων επιτρέπει τον προγραμματισμό κώδικα ακόμα και με το χέρι, αν και αυτό θα μπορούσε να είναι ένας πολύ χρονοβόρος στόχος στα μεγάλα δίκτυα.

Ο προγραμματισμός κώδικα στο WCDMA μοιάζει με τον προγραμματισμό συχνότητας στο GSM. Εντούτοις, μπορεί να φανεί ότι ο προγραμματισμός κώδικα ανακατώματος στο WCDMA δεν είναι ένας τέτοιος βασικός παράγοντας απόδοσης όπως είναι ο προγραμματισμός συχνότητας στα συστήματα κατά συχνότητα διαιρεμένα. Η κατανομή κώδικα γίνεται κυρίως από το σύστημα και δεν έχει καμία απαίτηση προγραμματισμού. Σε αντίθεση με τον προγραμματισμό συχνότητας, στον προγραμματισμό κώδικα ανακατώματος δεν είναι κρίσιμο ποιό κώδικες ανακατώματος διατίθεται στους γείτονες εφ' όσον δεν είναι οι ίδιοι κώδικες.

1.6 Ο αντίκτυπος RRU στον αντίκτυπο απόδοσης

1.6.1. Ο αντίκτυπος του Γρήγορου ελέγχου Ισχύος και της Soft Μεταβίβασης στην Απόδοση Δικτύων

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται σε αυτό το τμήμα είναι βασισμένα στα [12] και [13]. Οι προσομοιώσεις έχουν εκτελεσθεί με παραμέτρους που δεν είναι πλήρως συμβατές με τα τρέχοντα 3GPP, αλλά οι ορατές τάσεις στα αποτελέσματα ισχύουν επίσης για το τρέχον σύστημα.

1.6.1.1. Αντίκτυπος του Γρήγορου Ελέγχου Ισχύος

Στην διαστασιολόγηση και τον προγραμματισμό ραδιο δίκτυου WCDMA, η κατά επίπεδο ζεύξης απόδοση πρέπει να διαμορφωθεί όσο το δυνατόν ακριβέστερα. Οι διάφορες υπηρεσίες πρέπει να ληφθούν υπόψη, με διαφορετικά bit rates, με σχέδια πολύπλεξης και κωδικοποίησης καναλιών. Σε αυτό το τμήμα μόνο ένα από τα θεμελιώδη ζητήματα συζητείται, δηλ. πώς να διαμορφώσουμε τα αποτελέσματα του γρήγορου ελέγχου ισχύος στην uplink κατεύθυνση. Ο ακριβής έλεγχος ισχύος είναι μια από τις βασικές προϋποθέσεις για την υψηλή χωρητικότητα συστημάτων WCDMA. Οι ισχύεις μετάδοσης πρέπει να κρατηθούν όσο το δυνατόν χαμηλότερες προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η παρεμβολή, και αρκετά υψηλές ώστε να εξασφαλίσουν την απαραίτητη ποιότητα υπηρεσιών. Ακόμα κι αν ένας σχετικά αργός αλγόριθμος PC θα ήταν σε θέση να αντισταθμίσει τη μεγάλης κλίμακας μείωση, τη μείωση απόστασης και τη «εξασθένιση σκιών», ο γρήγορος PC απαιτείται για την πολυοδική εξασθένιση, στην περίπτωση αργά κινούμενων κινητών σταθμών (MS). Αυτό είναι επειδή για αργής ταχύτητας κινητούς σταθμούς η διαστρωμάτωση δεν παρέχει αρκετή ποικιλομορφία. Σε αυτό το τμήμα, πρώτα αναλύονται οι στατιστικές των ισχύων μετάδοσης στην περίπτωση του ιδανικού ελέγχου ισχύος (PC). Ο ιδανικός PC κρατά τη λαμβανόμενη αναλογία σήμα-προς-παρεμβολή σταθερή με την πάροδο του χρόνου. Η απόκλιση των στατιστικών ενός πραγματικού PC από τον ιδανικό PC παρουσιάζεται με τη βοήθεια των κατά επίπεδο σύνδεσης προσομοιώσεων ανιούσας ζεύξης. Μια μέθοδος προτείνεται για να ληφθούν τα αποτελέσματα γρήγορου PC υπόψη στην εκτίμηση παρεμβολής. Αυτό διευκρινίζεται από ένα αριθμητικό παράδειγμα. Τα αποτελέσματα του γρήγορου PC στις

σειρές κυψελών WCDMA συζητούνται. Παρουσιάζονται τα κατά επίπεδο σύνδεσης αποτελέσματα προσομοίωσης με την πολύ περιορισμένη έκταση PC. Επιπλέον, ένας καθορισμός του γρήγορου headroom PC προτείνεται να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό έκτασης κυψελών.

Το σύστημα αναφοράς WCDMA που μελετάται εδώ είναι βασισμένο στο [14] στο οποίο ένας γρήγορος PC κλειστού βρόγχου διευκρινίζεται και για την uplink και για την downlink. Το σύστημα λειτουργεί γύρω από τη ζώνη συχνότητας 2 Ghz με ένα chip rate 4.096 Mcps. Οι 3GPP-συμβατές τιμές E_b/N_0 , συμπεριλαμβανομένων των σφαλμάτων PC, μπορούν να βρεθούν στον πίνακα 1.2. Οι αριθμοί που παρουσιάζονται σε αυτό το τμήμα είναι ενδεικτικοί και παρουσιάζουν ορισμένες τάσεις αλλά δεν πρέπει να ληφθούν ως απόλυτες εκτιμήσεις της απόδοσης.

Ο ιδανικός έλεγχος ισχύος

Η στιγμιαία ισχύς μετάδοσης του κινητού σταθμού δείχνεται από το p . Στον ιδανικό έλεγχο ισχύος το p_i τίθεται έτσι ώστε η λαμβανόμενη κατά bit ενέργεια στη φασματική αναλογία πυκνότητας παρεμβολής (E_b/N_0) είναι σταθερή, εξασφαλίζοντας ακριβώς την επιθυμητή ποιότητα. Εδώ υποτίθεται ότι η παρεμβολή είναι κοντά στον πρόσθετο λευκό Gaussian θόρυβο (AWGN), ο οποίος είναι μια λογική υπόθεση σε CDMA.

Η ιδανική εξίσωση PC μπορεί να γραφτεί ως:

$$G \cdot \frac{p_i \cdot X}{I} = \rho \quad (1.29)$$

όπου I είναι η ισχύς παρεμβολής στο σταθμό βάσης (BS), το G είναι το κέρδος επεξεργασίας, το p είναι η αναλογία απαιτούμενης κατά bit ενέργειας προς τη φασματική πυκνότητα θορύβου, και το X είναι το στιγμιαίο κέρδος καναλιού που ποικίλλει υπό πολυδικούς όρους. Μπορεί να θεωρηθεί ότι η τιμή προσδοκίας του X είναι ένα, $E(X) = 1$, δεδομένου ότι μόνο τα αποτελέσματα γρήγορου PC μελετώνται εδώ. Καθώς ο PC κρατά τον λόγο σήματος-προς παρεμβολή σταθερό, το p_i μπορεί να λυθεί από την (1.29):

$$p_i = \frac{\rho \cdot I}{G} \cdot \frac{1}{X} \quad (1.30)$$

Κατά συνέπεια οι στατιστικές της ισχύος μετάδοσης είναι εκείνες του αντίστροφου κέρδους καναλιών Y , $Y = 1/X$. Ακολουθώντας, η τιμή προσδοκίας του Y υπολογίζεται για μερικές ειδικές περιπτώσεις. Αυτό καλείται εδώ μέσος όρος ανόδου ισχύος μεταφοράς που προκαλείται από τον γρήγορο PC. Υποθέτοντας ότι το σήμα λαμβάνεται από έναν ιδανικό δέκτη RAKE χρησιμοποιώντας τον συνδυασμό ιδανικής μέγιστης αναλογίας των L multipaths, το X και η λειτουργία πυκνότητας πιθανότητάς του, $(pdf)_X$ μπορούν να γραφτούν ως (δείτε π.χ. [15], σελ. 802:

$$X = X_1 + \dots + X_L, \quad E(X_k) = \gamma_k, \quad k=1, \dots, L$$

$$f_X(x) = \sum_{k=1}^L \frac{\pi_k}{\gamma_k} \cdot e^{-x/\gamma_k}, \quad \pi_k = \prod_{j=1, j \neq k}^L \frac{\gamma_k}{\gamma_k - \gamma_j} \quad (1.31)$$

και για L ομοίως δυνατά Rayleigh κατανομημένα μονοπάτια, η μέση άνοδος ισχύος μετάδοσης είναι:

$$E(Y) = \frac{L}{L-1} \quad (1.32)$$

Η περίπτωση 2 μονοπατιών ($L=2$) αναλύεται λεπτομερέστερα γιατί θεωρείται πολύ σημαντική στην πραγματικότητα. Έστω α ο λόγος των ισχύων των δύο μονοπατιών. Τότε η pdf του X είναι:

$$f_X(x) = \frac{\alpha + 1}{\alpha - 1} \cdot \left[e^{-x(1+1/\alpha)} - e^{-x(1+\alpha)} \right] \quad (1.33)$$

και η μέση άνοδος της ισχύος μετάδοσης είναι:

$$M(\eta_0) = \eta_0 \cdot \frac{G}{\rho \cdot \nu \cdot (1+i)} \quad (1.34)$$

Για 2 multipaths και πολλαπλότητα κεραιάς με ασυσχέτιστες κεραιές, το αποτέλεσμα είναι αποτελεσματικά 4 μονοπάτια, και το αντίστοιχο pdf και η άνοδος της μέσης ισχύος μετάδοσης είναι:

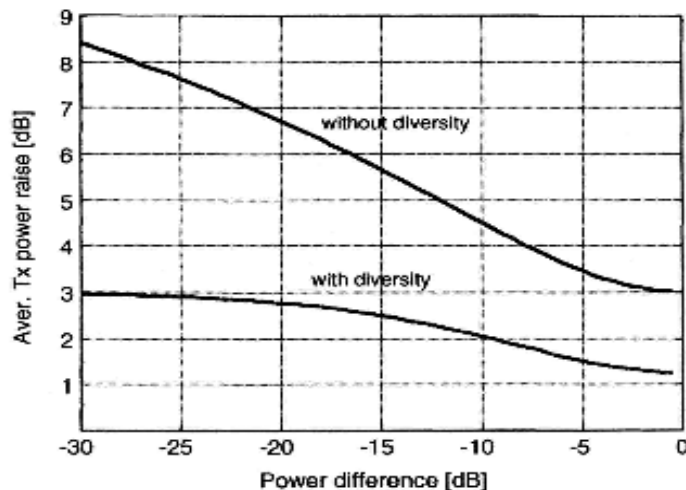
$$f_X(x) = 4 \cdot \left(\frac{\alpha + 1}{\alpha - 1} \right)^2 \cdot \left[e^{-2(1+\alpha)x} \cdot \left(x - \frac{\alpha}{1-\alpha^2} \right) + e^{-2(1+1/\alpha)x} \cdot \left(x + \frac{\alpha}{1-\alpha^2} \right) \right] \quad (1.35)$$

$$E(Y) = 2 \cdot \left(\frac{\alpha + 1}{\alpha - 1} \right)^2 - 4 \cdot \frac{\alpha + \alpha^2}{(\alpha - 1)^3} \cdot \ln(\alpha) \quad (1.36)$$

Στο σχήμα 1.22 ο θεωρητικός μέσος όρος της ανόδου ισχύος μεταφοράς από τις εξισώσεις (1.34) και (1.36) σχεδιάζεται ως λειτουργία της μέσης διαφοράς ισχύος των δύο οδών διάδοσης.

Ο ρεαλιστικός έλεγχος ισχύος

Στον uplink έλεγχο ισχύος κλειστού βρόγχου της αναφοράς WCDMA, η αναλογία σήμα-προς-παρεμβολή (SIR) μετριέται στον σταθμό βάσης και συγκρίνεται με το κατώτατο όριο SIR (SIR_{th}). Εάν ο μετρημένος SIR είναι κάτω από το SIR_{th} , μια «up» εντολή στέλνεται στον κινητό σταθμό, διαφορετικά στέλνεται μια «down» εντολή. Εάν ο κινητός σταθμός λαμβάνει μια «up» εντολή, αυξάνει την ισχύ μετάδοσής του κατά Δ dB, διαφορετικά μειώνει την ισχύ μετάδοσής του κατά Δ dB, μέσα στη δυναμική περιοχή του κινητού σταθμού. Ο κλειστός βρόγχος PC δουλεύει στη συχνότητα 1.6 kHz, κατά συνέπεια οι εντολές TPC δίνονται σε χρονικά διαστήματα 0.625ms.



Σχήμα 1.22: Θεωρητική μέση άνοδος ισχύος μετάδοσης ως συνάρτηση της διαφοράς ισχύος μεταξύ των μονοπατιών σε ένα two Rayleigh path κανάλι διάδοσης. Reproduced by permission of IEEE.

Το μέγεθος Δ βημάτων του ελέγχου ισχύος είναι 1dB στις προσομοιώσεις αυτής της μελέτης. Στην πραγματικότητα ο κλειστός έλεγχος ισχύος δεν είναι ιδανικός για τουλάχιστον τους ακόλουθους λόγους:

- Ισχύς που δεν προσαρμόζεται συνεχώς
- Το μέγεθος του βήματος προσαρμογής της ισχύος είναι περιορισμένο, συχνά σταθερό
- Καθυστέρηση μεταξύ της μέτρησης και ρύθμισης της ισχύος αναλόγως
- Η ανακριβής εκτίμηση SIR
- Οι εντολές TPC που αποστέλλονται στο κανάλι ανατροφοδότησης παρερμηνεύονται
- Πεπερασμένη έκταση ελέγχου ισχύος.

Τα αποτελέσματα του ρεαλιστικού γρήγορου ελέγχου ισχύος κλειστού βρόγχου μελετήθηκαν με τη βοήθεια των προσομοιώσεων. Στον προσομοιωτή το 32 ksps κανάλι ανιούσας ζεύξης εφαρμόστηκε με ένα ρεαλιστικό κανάλι και την εκτίμηση SIR. Ο ρυθμός δεδομένων του χρήστη ήταν 8 kbps και το διάστημα παρεμβολής ήταν 10ms. Το κανάλι διάδοσης αποτελείται από δύο ασύνδετες οδούς Rayleigh με τη μέση διαφορά επιπέδων 12.5 dB. Αυτό είναι το κανάλι Pedestrian A που μετατρέπεται στο εύρος ζώνης του συστήματος αναφοράς. Η ασύνδετη χωρική πολλαπλότητα λήφθηκε υπ' όψιν, σημαίνοντας 2 + 2 οδούς Rayleigh για τον RAKE δέκτη. Ο θόρυβος AWGN προστέθηκε στο σήμα μετά από το κανάλι διάδοσης. Στο πρότυπο δεκτών RAKE, μια ιδανική κατανομή δαχτύλων θεωρήθηκε. Περισσότερα για τον RAKE δέκτη μπορούν να βρεθούν στο [8].

Οι προσομοιώσεις εκτελέστηκαν σε διαφορετικές ταχύτητες κινητών χωρίς και με γρήγορο έλεγχο ισχύος κλειστού βρόγχου. Το μήκος προσομοίωσης ήταν 10000 πλαίσια για την ταχύτητα pedestrian κινητού σταθμού (μέγιστη Συχνότητα Doppler 5 Hz) και 3000 πλαίσια για άλλες ταχύτητες.

Στις προσομοιώσεις η λαμβανόμενη και διαβιβασθείσα ισχύς συλλέχθει σχισμή με την σχισμή. Ο απαραίτητος λαμβανόμενος μέσος λογος E_b/I_0 , υπολογίστηκε για να επιτύχει ένα BER της τάξεως του 10^{-3} . Η μέση άνοδος ισχύος υπολογίστηκε ως μέση διαφορά μεταξύ των διαβιβασθεισών και λαμβανόμενων ισχύων. Τα αριθμητικά αποτελέσματα δίνονται στον πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5: Μέσο E_b/I_0 που απαιτείται για $BER=10^{-3}$ με και χωρίς γρήγορο PC και η μέση άνοδος ισχύος μετάδοσης. Κανάλι: Pedestrian A, πολλαπλότητα κεραίας υπόψη. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler Frequency	TPC off Average received E_b/I_0	TPC on Average received E_b/I_0	TPC on Average Tx power rise
Hz	(dB)	(dB)	(dB)
5	13.1	4.9	2.1
20	11.5	5.7	2.0
40	9.7	6.0	1.6
100	7.9	6.0	0.8
240	6.5	6.3	0.2

Με τη σύγκριση του σχήματος 1.22 και του πίνακα 1.5 μπορεί να φανεί ότι παρόλο που υπάρχουν πολλές πηγές για την μη-ιδανικότητα του ελέγχου ισχύος, η μέση άνοδος ισχύος με χαμηλή ταχύτητα κινητού σταθμού είναι κοντά στο θεωρητικό πρότυπο. Επίσης μπορεί να φανεί ότι σε αυτές τις προσομοιώσεις ο μέσος όρος ισχύος μετάδοσης είναι σε κάθε περίπτωση χαμηλότερος με τον γρήγορο έλεγχο ισχύος παρά χωρίς αυτόν, δείχνοντας άμεσα υψηλότερη χωρητικότητα.

Η εκτίμηση της μέσης παρεμβολής και της επίδρασής της στην χωρητικότητα κυψελών

Η μέση άνοδος ισχύος που προκαλείται με τον γρήγορο έλεγχο ισχύος κλειστού βρόγχου αντισταθμίζοντας την πολυοδική εξασθένιση πρέπει να ληφθεί υπόψη στους υπολογισμούς σε επίπεδο δικτύων κατά την εκτίμηση της παρεμβολής και της χωρητικότητας. Ακολουθώντας την λογική που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6 του [16] μπορεί κάποιος να συμπεράνει ότι η μέση άνοδος ισχύος αυξάνει τη μέση παρεμβολή που βιώνεται σε ένα σταθμό βάσης. Δεν αυξάνει τη μέση παρεμβολή από τους κινητούς σταθμούς που συνδέονται με τη συγκεκριμένη κυψέλη, αλλά αυξάνει την παρεμβολή από τους κινητούς σταθμούς που συνδέονται με τις περιβάλλουσες κυψέλες, όπως στην περίπτωση της σκιερής εξασθένισης όταν διαμορφώνεται από μια κανονική κατά λογάριθμο διανομή.

Η καθαρή επίδραση του μειωμένου λαμβανόμενου E_b/I_0 , και η μέση άνοδος ισχύος λόγω του γρήγορου ελέγχου ισχύος μπορεί να εμφανιστεί στο ακόλουθο παράδειγμα. Δεδομένου ότι το κέρδος επεξεργασίας είναι G , το απαιτούμενο E_b/I_0 είναι p , η αποτελεσματική δραστηριότητα υπηρεσιών v , επιτρεπτή φόρτωση n_0 , και i η αναλογία παρέμβασης από άλλη-προς-την-εν-λόγω-κυψέλη, ο αριθμός συνδέσεων στην ονομαστική φόρτωση n_0 μπορεί να προσεγγιστεί από:

$$M(\eta_0) = \eta_0 \cdot \frac{G}{\rho \cdot v \cdot (1+i)} \quad (1.37)$$

Υποθέτοντας ότι $n_0 = 0,75$, $G=4.096 \times 106/8000$ (8kbps ομιλία), $v=0,67$, control channel overhead added to 0.5 voice activity, $i = 0.55$ για την περίπτωση ανενεργού γρήγορου Ελέγχου Ισχύος, $i = 0.55 \times$ (μέση T_x αύξηση ισχύος από πίνακα 1.5) στην περίπτωση ενεργού γρήγορου Ελέγχου Ισχύος, και $p =$ μέση ληφθείσα αναλογία E_b/I_0 από πίνακα 1.5, κάποιος καταλήγει στις τιμές χωρητικότητας που δίνονται στον πίνακα 1.6. Στην πραγματικότητα η χωρητικότητα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που δεν αναπαράγονται εδώ, π.χ.. SHO. Η επίδραση της SHO στη μέση άνοδο ισχύος μελετάται σε επόμενη παράγραφο.

Ο αντίκτυπος του γρήγορου Ελέγχου Ισχύος στο Εύρος Κυψελών

Στην διαστασιολόγηση δικτύων, η μέση απαίτηση λαμβανόμενου E_b/I_0 , (p) , είναι συνήθως ο βασικός αριθμός που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της uplink ακτίνας κυψελών, δηλ. μια εκτίμηση αποτελείται από τη μέγιστη οδική απώλεια που μπορεί να αφαιρεθεί από τη μέγιστη μετάδοση ισχύος κινητού σταθμού, για να επιτευχθεί το p . Με τον γρήγορο PC ένα ταχέως εξασθενίζον περιθώριο, ή με άλλα λόγια TPC headoom, πρέπει να ληφθεί υπόψη πρόσθετα με ένα shadow fading περιθώριο για να πάρει τα σωστά αποτελέσματα για την ακτίνα κυψελών.

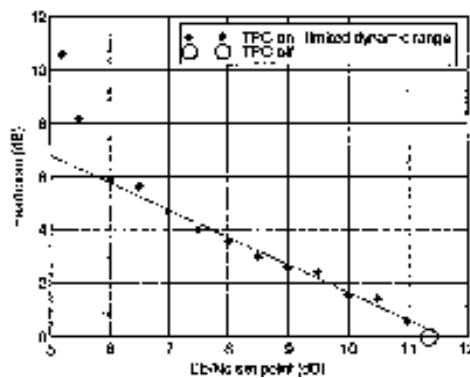
Πίνακας 1.6: Παράδειγμα της εκτιμημένης χωρητικότητας κυψέλης (αριθμός συνδέσεων) με γρήγορο έλεγχο ισχύος off και on. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler Frequency Hz	Capacity at 75% load (no. of connections)	
	TPC off	TPC on
5	18	98
20	26	82
40	40	80
100	60	87
240	83	85

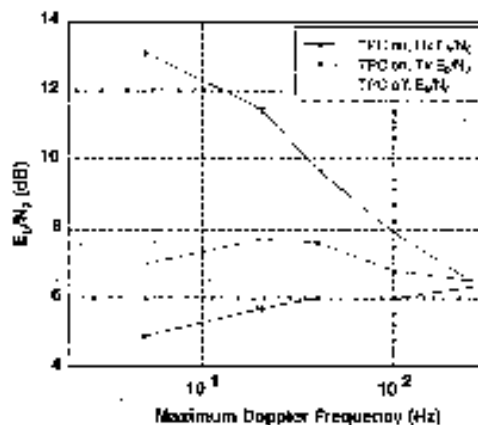
Από την άποψη μονής-ζεύξης, ο γρήγορος PC δεν αυξάνει την ακτίνα κυψελών. Αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό από το γεγονός ότι η απώτατη απόσταση από ένα Σταθμό Βάσης όπου ένας

Κινητός Σταθμός μπορεί να κινηθεί είναι όταν μεταδίδει συνεχώς με τη μέγιστη ισχύ. Από μια άποψη χωρητικότητας αυτό ωστόσο είναι μη επιθυμητό.

Όταν ένας Κινητός Σταθμός πλησιάζει το χείλος κυψέλης και η μετάδοση ισχύος είναι κοντά στην αιχμή της, η ποιότητα θα επιδεινωθεί, και κατά συνέπεια ο εξωτερικού-βρόχου Έλεγχος Ισχύος πρέπει να αρχίσει να αυξάνει το στόχο, μετά τον οποίο η σύνδεση θα διατηρηθεί για λίγο. Η επίδραση cell-edge μελετάται εδώ εν συντομία με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων προσομοίωσης που γίνονται με τον περιορισμό της ακτίνας PC πάνω από το σημείο αναφοράς E_b/I_0 . Μόνο ένα ενιαίο Rayleigh κανάλι οδικής μετάδοσης αναπαραστάθηκε, με μια μέγιστη συχνότητα Doppler 20 Hz. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 1.23. Ο X-άξονας του σχήματος 1.23 είναι ο στόχος E_b/I_0 προς τον οποίο ο PC προσπαθεί να στρέψει τον λαμβανόμενο E_b/I_0 . Ο Y-άξονας είναι το απαραίτητο headroom για τον PC. έτσι ώστε η BER = 10^{-2} απόδοση επιτεύχθηκε. Η κίνηση κατά συνέπεια κατά μήκος του x-άξονα από αριστερά προς τα δεξιά μιμείται την προσέγγιση του χείλους κυψέλης. Μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι με την προσθήκη ακριβώς μερικών decibels στον στόχο ($E_b/I_0 \sim 4.8$ DB με άπειρη δυναμική περιοχή), το απαραίτητο headroom έρχεται σαφώς πολύ πιο κάτω. Μόλις ο στόχος E_b/I_0 , είναι πάνω από 7 DB, το άθροισμα του στόχου E_b/I_0 και του headroom είναι περίπου σταθερό και ίσο με το απαραίτητο E_b/I_0 χωρίς PC



Σχήμα 1.23: Link-level αποτελέσματα προσομοίωσης με περιορισμένο power control headroom. Κανάλι διάδοσης: ένα Rayleigh μονοπάτι. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.



Σχήμα 1.24 Η κατά επίπεδο ζεύξης προσομοίωση καταλήγει στο να καταδείξει την επίδραση της ταχύτητας Κινητού Σταθμού στην αποδοτικότητα του γρήγορου ελέγχου ισχύος. Αναπαραγόμενο με την άδεια της IEEE.

(Σχήμα 1.24). Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι το χείλος κυττάρου έχει επιτευχθεί και οποιαδήποτε δράση εξωτερικού-βρόχου δεν μπορεί να βοηθήσει την κατάσταση.

Ο καθορισμός του TPC headroom

Αν και το προηγούμενο παράδειγμα είναι θεωρητικό λόγω ενός ειδικού καναλιού διάδοσης, είναι χρήσιμο στην κατανόηση του τι συμβαίνει κοντά στο χείλος κυψέλης και πώς το TPC headroom πρέπει να καθοριστεί. Με βάση αυτό, προτείνεται ότι για τον γρήγορο PC κλειστών βρόγχων:

$$\text{TPC headroom} = \text{μέσο απαραίτητο λαμβανόμενο } E_b/I_o \text{ χωρίς γρήγορο PC}$$

$$- \text{ ο μέσος απαραίτητος λαμβανόμενος } E_b/I_o \text{ με γρήγορο PC} \quad (1.38)$$

Για παράδειγμα κάποιος μπορεί να πάρει τους αριθμούς από τις πρώτες δύο στήλες του πίνακα 1.5 και τα υπολογισμένα TPC headrooms των 8.2, 5.8, 3.7, 1.9 και 0.2DB, που αντιστοιχούν στις μέγιστες συχνότητες Doppler 5, 20, 40, 100 και 250 Hz αντίστοιχα, για το A Pedestrian κανάλι. Αυτοί οι αριθμοί είναι, εντούτοις, μόνο για μία μονή απομονωμένη κυψέλη επειδή η SHO δεν λαμβάνεται υπόψη. Η επίδραση SHO μελετάται περαιτέρω στο επόμενο τμήμα

1.6.2.1. Ο αντίκτυπος της SHO στο TPC headroom και στην αύξηση ισχύος μετάδοσης

Η ανάλυση στο τμήμα 1.6.1.1 έγινε για την περίπτωση μονής ζεύξης μόνο. Το κίνητρο αυτού του τμήματος είναι να επεκταθεί η προσέγγιση στις πολλαπλάσιες συνδέσεις με τον υπολογισμό των κερδών στην μέση λαμβανόμενη και διαβιβασθείσα ισχύ και επίσης στο απαραίτητο TPC headroom λόγω της SHO. Τα κέρδη στην SHO επιτυγχάνονται κατά πρώτο λόγο επειδή από όλες τις κυψέλες στο ενεργό σύνολο το καλύτερα λαμβανόμενο πλαίσιο μπορεί να επιλεγεί σε μια frame-by-frame βάση αφετέρου επειδή ο γρήγορος PC δεν χρειάζεται πλέον να αντισταθμίσει τις βαθύτερες εξασθενίσεις. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ είναι βασισμένα στις προσομοιώσεις που γίνονται με έναν uplink link-level προσομοιωτή. Το πρότυπο προσομοιωτή περιέλαβε την SHO με δύο Σταθμούς Βάσης. Οι προσομοιώσεις έγιναν για δύο σχεδιαγράμματα καναλιών πολυοδικής διάδοσης. Οι λαμβανόμενες και διαβιβασθείσες στατιστικές ισχύος συλλέχθηκαν ως λειτουργία της μέσης διαφοράς επιπέδων ισχύος μεταξύ των Σταθμών Βάσης στο ενεργό σύνολο. Οι προσομοιώσεις επαναλήφθηκαν για διαφορετικές ταχύτητες Κινητών Σταθμών.

Τα κέρδη SHO που παρουσιάζονται σε αυτό το τμήμα δεν πρέπει να μπερδευτούν με τα αποκαλούμενα κέρδη SHO ενάντια στην εξασθένιση σκιών, που υπολογίζεται π.χ. στο κεφάλαιο [16]. Σε αυτό το τμήμα υπολογίζονται μόνο τα κέρδη της επιλογής γρήγορου πλαισίου και του λιγότερο αιχμηρού PC λόγω SHO. Αυτό διαμορφώνει άμεσα τα οφέλη του να έχουμε διάφορες ταυτόχρονες ραδιο-συνδέσεις στην άνω ζεύξη. Οι περιπτώσεις που μελετώνται αποτελούνται από το A Pedestrian κανάλι και τα A Vehicular κανάλια διάδοσης, προσομοιωμένων και των δύο με τις μέγιστες συχνότητες Doppler 5, 20, 40, 100 και 250 Hz αντιστοιχούντων στις ταχύτητες Κινητών Σταθμών 3, 11, 22, 54 και 135 km/h αντίστοιχα. Το ίδιο πολυοδικό κανάλι θεωρήθηκε και για τους δύο κλάδους SHO. Κάθε περίπτωση μελέτης επαναλήφθηκε θέτοντας τη μέση διαφορά επιπέδου των κλάδων SHO σε 0, 3, 6 και 10 DB. Για να μιμηθεί επίσης την περίπτωση μονής-ζεύξης για τη σύγκριση, προσομοιώθηκε η διαφορά επιπέδου των 40 DB. Σε όλες τις προσομοιώσεις η BER = 10⁻² απόδοση αναζητήθηκε. Για τη μέγιστη Doppler συχνότητα 5Hz

προσομοιώθηκαν 5000 πλαίσια: σε όλες τις άλλες περιπτώσεις 3000 πλαίσια θεωρήθησαν αρκετά.

Τα κέρδη στις λαμβανόμενες και διαβιβασθείσες ισχύεις παρουσιάζονται στους πίνακες 1.7 και 1.8 για το A Pedestrian κανάλι. Τα αποτελέσματα των A Vehicular καναλιών μπορούν να βρεθούν στους πίνακες 1.9 και 1.10. Η λαμβανόμενη ισχύς έχει μετρηθεί πάντα από την ισχυρότερη σύνδεση. Οι αριθμοί που παρουσιάζονται αντιστοιχούν σε BER = 10⁻² απόδοση. Στην τελευταία στήλη (μονή σύνδεση) των πινάκων 1.8 και 1.10, «διαβιβασθέν E_b/I₀» σημαίνει τον μέσο εκπεμπόμενο όρο E_b κατά τον λαμβανόμενο I₀. Αυτό διαφέρει από το «λαμβανόμενο E_b/I₀» στους πίνακες 1.7 και 1.9 εξαιτίας της μέσης ανόδου T_x ισχύος που προκαλείται λόγω της TPC ακόλουθης πολυοδικής εξασθένισης.

Πίνακας 1.7: Τα SHO κέρδη στην λαμβανόμενη ισχύ για το κανάλι Pedestrian A. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler frequency	Level Difference between SHO links				Single link Received E _b /I ₀ (dB)
	0 dB	3 dB	6 dB	10 dB	
	SHO gain in received power (dB)				
5 Hz	1.6	0.7	0.3	0.1	4.9
20 Hz	1.6	1.0	0.5	0.0	5.7
40 Hz	1.7	0.8	0.3	0.0	6.0
100 Hz	1.4	0.5	0.2	0.0	6.0
250 Hz	1.3	0.1	0.1	0.0	6.3

Τα κέρδη SHO είναι μεγαλύτερα για το A Pedestrian κανάλι από αυτά του A Vehicular καναλιού. Αυτό είναι φυσικό, επειδή το A Pedestrian κανάλι έχει τη λιγότερη ποικιλομορφία πολλαπλών διαδρομών. Και για τα δύο κανάλια τα κέρδη SHO είναι τα μεγαλύτερα στη μέγιστη συχνότητα Doppler 20 Hz. (Η περίπτωση 20 Hz παρουσιάζει την χειρότερη απόδοση στην περίπτωση μονής-ζεύξεως όταν μετρείται από τη διαβιβασθείσα ισχύ.) Για το A Pedestrian κανάλι δεν υπάρχει σχεδόν κανένα κέρδος αόταν η διαφορά επιπέδων μεταξύ των συνδέσεων SHO είναι 10 DB. Στην περίπτωση του A Vehicular καναλιού αυτό συμβαίνει ήδη για μια διαφορά επιπέδων 6 DB. Τα TPC bits σφάλματα δεν παρήχθησαν στον προσομοιωτή και έτσι η παρατηρηθείσα επιλογή που συνδυάζει τα κέρδη ίσως είναι λίγο υπεραισιόδοξη.

Το κέρδος SHO στο TPC headroom

Σε αυτό το τμήμα το κέρδος SHO στο απαραίτητο TPC headroom υπολογίζεται στην περίπτωση μιας διπλής-κατευθύνσεως SHO.

Πίνακας 1.8: Τα SHO κέρδη στην μεταδιδόμενη ισχύ για το κανάλι Pedestrian A. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler frequency	Level Difference between SHO links				Single link Transmitted E _b /I ₀ (dB)
	0 dB	3 dB	6 dB	10 dB	
	SHO gain in received power (dB)				
5 Hz	2.7	1.4	0.6	0.1	7.0
20 Hz	2.7	1.7	1.0	0.1	7.7
40 Hz	2.4	1.2	0.5	0.1	7.5
100 Hz	1.7	0.7	0.2	0.0	6.8
250 Hz	1.3	0.1	0.1	0.0	6.5

Πίνακας 1.9: Τα SHO κέρδη στην λαμβανόμενη ισχύ για το Vehicular A κανάλι. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler frequency	Level Difference between SHO links				Single link Received E_b/I_0 (dB)
	0 dB	3 dB	6 dB	10 dB	
	SHO gain in received power (dB)				
5 Hz	1.1	0.3	0.1	0.1	6.0
20 Hz	1.2	0.4	0.2	0.0	6.3
40 Hz	0.7	0.2	0.1	0.0	6.1
100 Hz	0.8	0.1	0.0	0.0	6.2
250 Hz	1.1	0.1	0.1	0.1	6.6

Πίνακας 1.10: Τα SHO κέρδη στην λαμβανόμενη ισχύ για το Vehicular A κανάλι. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler frequency	Level Difference between SHO links				Single link Transmitted E_b/I_0 (dB)
	0 dB	3 dB	6 dB	10 dB	
	SHO gain in received power (dB)				
5 Hz	1.3	0.4	0.1	0.0	6.4
20 Hz	1.6	0.6	0.2	0.1	7.0
40 Hz	1.0	0.3	0.1	0.1	6.6
100 Hz	1.2	0.4	0.0	0.0	6.7
250 Hz	1.2	0.1	0.2	0.1	6.7

Το A Pedestrian κανάλι προσομοιώθηκε με τις μέγιστες συχνότητες Doppler 5, 20, 40, 100 και 250 Hz. Όπως πριν, η διαφορά επιπέδων των δύο συνδέσεων SHO ρυθμίστηκε σταδιακά, αλλά τώρα ο TPC δεν χρησιμοποιήθηκε, αντιστοιχώντας στην απώτατη θέση των Κινητών Σταθμών από τους Σταθμούς Βάσης. Σε αυτήν την θέση ο κινητός Σταθμός μεταδίδει συνεχώς με τη μέγιστη ισχύ. Μετρήθηκε επίσης ο μέσος λαμβανόμενος όρος E_b/I_0 (που είναι σε αυτήν την περίπτωση το ίδιο όπως ο μέσος μεταδιδόμενος όρος E_b/I_0) που απαιτείται για BER = 10^{-2} . Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.12.

Πίνακας 1.11: Το TPC headroom για το Pedestrian A κανάλι στην μονής σύνδεσης περίπτωση (όχι SHO). Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

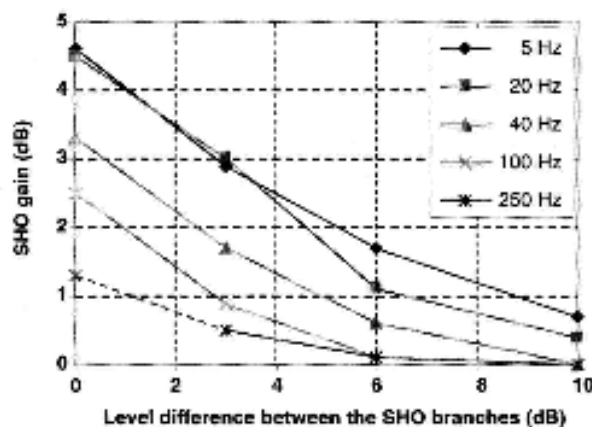
Maximum Doppler Frequency	TPC off Average received E_b/I_0 (dB)	TPC on Average received E_b/I_0 (dB)	TPC headroom (dB)
5 Hz	13.1	4.9	8.2
20 Hz	11.5	5.7	5.8
40 Hz	9.7	6.0	3.7
100 Hz	7.9	6.0	1.9
240 Hz	6.5	6.3	0.2

Ο βασικός αριθμός στους υπολογισμούς προϋπολογισμών συνδέσεων είναι χαρακτηριστικά ο μέσος λαμβανόμενος όρος E_b/I_0 με TPC στην περίπτωση μονής-σύνδεσης. Κατά συνέπεια το απαραίτητο TPC headroom που απαιτείται στον προϋπολογισμό συνδέσεων μπορεί να

υπολογιστεί στην κατάσταση SHO με την αφαίρεση της στήλης «TPC on» του πίνακα 1.11 από τις στήλες του πίνακα 1.12 αντιστοιχώντας σε διαφορετικές διαφορές επιπέδων των δύο καλύτερων ραδιο συνδέσεων στο ενεργό σύνολο. Συμπερασματικά, τα κέρδη SHO για τις διαφορετικές συχνότητες Doppler στο TPC headroom, ή ισοδύναμα στην ακτίνα κυψελών υπό την σταθερή υπόθεση φόρτωσης, παρουσιάζονται στο σχήμα 1.25. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα κέρδη είναι τα μεγαλύτερα για τον κινητό σταθμό αργής ταχύτητας, το οποίο είναι αρκετά φυσικό, δεδομένου ότι ο TPC είναι σε θέση να ακολουθήσει τη γρήγορη εξασθένιση. Σε αυτό το τμήμα τα uplink κέρδη της SHO σε ένα σύστημα WCDMA έχουν αναλυθεί με τη βοήθεια των link-level προσομοιώσεων. Στο πρότυπο προσομοίωσης, μια διπλής κατεύθυνσης σύνδεση SHO εφαρμόστηκε χρησιμοποιώντας τον frame-based συνδυασμό επιλογής και την πρόσθετη μορφή του γρήγορου PC κλειστού-βρόγχου που εφαρμόστηκε σε SHO, στον οποίο η ισχύς μετάδοσης του κινητού σταθμού ελέγχεται πάντα από την ισχυρότερη σύνδεση στον AS. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης SHO συγκρίθηκαν με την περίπτωση ενιαίας-συνδέσεως και υπολογίστηκαν τα κέρδη. Τα κέρδη μετρήθηκαν για τη μέση μεταδοθείσα και ληφθείσα ισχύ και για το απαραίτητο PC headroom ως συνάρτηση της μέσης διαφοράς επιπέδων μεταξύ των συνδέσεων SHO και της ταχύτητας του κινητού σταθμού. Τα κέρδη που υπολογίζονται εδώ διαφέρουν από τα «παραδοσιακά» κέρδη SHO που είναι ενάντια στην εξασθένιση σκιών. Η ανάλυση που γίνεται εδώ ασχολείται μόνο με τα κέρδη SHO λόγω του frame-by-frame συνδυασμού επιλογής εντός του AS και λόγω των σταθερότερων ισχύων μετάδοσης των κινητών σταθμών.

Πίνακας 1.12: Απαιτούμενος μέσος λαμβανόμενος λόγος E_b/I_0 στο SHO χωρίς TPC για το Pedestrian A κανάλι. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

Maximum Doppler frequency	Level Difference between SHO links			
	0 dB	3 dB	6 dB	10 dB
5 Hz	8.5	10.2	11.4	12.4
20 Hz	7.0	8.5	10.4	11.1
40 Hz	6.4	8.0	9.1	9.7
100 Hz	5.4	7.0	7.8	7.9
250 Hz	5.2	6.0	6.4	6.5



Σχήμα 1.25: SHO κέρδος στο TPC headroom για διαφορετικές ταχύτητας κινητού σταθμού ως συνάρτηση της διαφοράς επιπέδου μεταξύ των SHO συνδέσεων. Πολυοδικό κανάλι: Pedestrian A. Reproduced by permission of IEEE.

Τα κέρδη SHO που υπολογίζονται από τις κατά-επίπεδο-σύνδεσης προσομοιώσεις μπορούν να εφαρμοστούν στη διαστασιολόγηση και τον σχεδιασμό του ραδιοδικτύου. Τα κέρδη SHO στις μέσες Tx και Rx ισχύεις χαρτογραφούνται στη μειωμένη παρέμβαση και έτσι στην αυξανόμενη χωρητικότητα UL. Το κέρδος στον λαμβανόμενο λόγο E_b/I_0 θα έπρεπε να εφαρμοστεί κατά τον υπολογισμό της παρέμβασης που προκαλείται από τους κινητούς σταθμούς που συνδέονται με την ίδια-με-την-επιθυμητή κυψέλη. Το κέρδος στο μεταδοθέν E_b/I_0 πρέπει να εφαρμοστεί κατά τον υπολογισμό της παρέμβασης από τους κινητούς σταθμούς που συνδέονται με τις περιβάλλουσες κύψελες.

Για τον υπολογισμό των κερδών SHO λόγω των υπολογισμών ακτίνας των κυψελών, πρέπει να συγκριθούν οι απαραίτητες μέγιστες Tx ισχύεις στις περιπτώσεις συνδέσεων μονής-ζεύξης και SHO. Σε αυτήν την μελέτη σημαντικά κέρδη βρέθηκαν από τις προσομοιώσεις, ειδικά για αργής κίνησης κινητούς σταθμούς και στις κακές συνθήκες πολυοδικής ποικιλίας. Η SHO μειώνει σαφώς το απαραίτητο PC headroom πάνω από τη μέση ισχύ μετάδοσης, η οποία απαιτείται για να διατηρήσει την ποιότητα κοντά στο χείλος κυψέλης.

1.6.1.3. Συμπέρασμα ελέγχου μετάβασης και ελέγχου ισχύος

Υπάρχουν διάφορες αλληλεπιδράσεις μεταξύ HC (handover control) και του PC δεδομένου ότι αυτές οι δύο λειτουργίες RRM έχουν επιπτώσεις στους ραδιο φορείς. Η σύνδεσή τους οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το κέρδος SHO εξαρτάται από την αποδοτικότητα του PC. Για να συνοψισθεί η σχέση τους:

- Το κέρδος SHO εξαρτάται από τον τύπο καναλιού και το βαθμό ατέλειας του PC. Είναι συνήθως υψηλότερο με τον ατελές PC.
- Η ποικιλομορφία της SHO μπορεί να μειώσει το PC headroom, βελτιώνοντας κατά συνέπεια την κάλυψη.
- Οι διαφορές ισχύος στην μετάδοση και λήψη ως αποτέλεσμα των σφαλμάτων μέτρησης SHO και τα παράθυρα SHO μπορούν να επηρεάσουν το ποσοστό λάθους Ελέγχου Ισχύος στην άνω ζεύξη, μειώνοντας τα uplink SHO κέρδη.
- Στν άνω ζεύξη, το κέρδος SHO μεταφράζεται ως μια μείωση στο στόχο E_b/N_0 του PC εξωτερικού-βρόχου.

1.6.1.4. Αντίκτυπος της Συμπιεσμένης κατάστασης στην απόδοση δικτύου

Η συμπιεσμένη κατάσταση (compressed mode), που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των χασμάτων στα οποία ένα μονού-δέκτη κινητό μπορεί να κάνει το interfrequency ή/και τις intersystem μετρήσεις, επηρεάζει φυσικά την απόδοση ενός RAN ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε όπως περιγράφεται στην παράγραφο 1.3.6. Η απώλεια προέρχεται εν μέρει από τη μειωμένη απόδοση του γρήγορου PC κατά τη διάρκεια του CM και εν μέρει από τη μειωμένη ισχύ του interleaving. Και τα δύο οδηγούν σε μια απαίτηση για υψηλότερο E_b/N_0 κατά τη διάρκεια του CM και επομένως σε υψηλότερες ισχύεις μετάδοσης. Αυτό το ζήτημα είναι λιγότερο κρίσιμο κοντά στο σταθμό βάσης όπου αρκετή ισχύς είναι διαθέσιμη για μια ενιαία σύνδεση ώστε να αντιμετωπίσει την αυξημένη μέση ισχύ μετάδοσης και το headroom που απαιτείται για γρήγορο TPC. Στο χείλος της κυψέλης εντούτοις, το CM μπορεί να ασκήσει σημαντική επίδραση. Συνήθως τα συστήματα είναι είτε κατά χωρητικότητα περιορισμένα στην κατιούσα σύνδεση είτε κατά κάλυψη περιορισμένα στην ανιούσα ζεύξη. Σε επόμενο κεφάλαιο (9) παρουσιάζεται ένα παράδειγμα για μια κατά 2 DB υψηλότερο E_b/N_0 απαίτηση. Στην κατιούσα ζεύξη αυτό μεταφράζεται σε μια μείωση στην χωρητικότητα κατά περίπου 20% εάν όλοι οι χρήστες είναι στο CM. και κατά 2% εάν μόνο ένα δέκατο των χρηστών είναι στο CM. Στην ανιούσα ζεύξη η ίδια απαίτηση για υψηλότερο κατά 2 DB E_b/N_0 οδηγεί στην μειωμένη κατά 2.4 DB κάλυψη. Οι μελέτες σε άλλα κεφάλαια για τις δύο κατευθύνσεις ζεύξεων δείχνουν επίσης ότι η απόδοση συνδέσεων επηρεάζεται σημαντικά μόνο στην άκρη της κυψέλης. Είναι

επομένως αναπόφευκτο ότι εάν το CM χρησιμοποιείται σε ένα δίκτυο, οι interfrequency και οι intersystem μετρήσεις άρχισαν αρκετά νωρίς μέσα στην κυψέλη έτσι ώστε η κατάλληλη μετάβαση να μπορεί να εκτελεσθεί προτού να εμφανιστεί μια σημαντική απώλεια.

1.6.2. Παραδείγματα RRM Βελτιστοποίησης.

Η απόδοση του WCDMA μπορεί να συντονιστεί περαιτέρω με την εύρεση των κατάλληλων ρυθμίσεων παραμέτρου για να επιτύχει ένα υψηλό επίπεδο αρμονίας μεταξύ των διάφορων λειτουργιών RRM. Οι ευαίσθητες παράμετροι - είναι εκείνες που έχουν επιπτώσεις στην απόδοση άμεσα στο επίπεδο συνδέσεων. Όταν ο προϋπολογισμός συνδέσεων έχει αρκετά περιθώρια για να διατηρήσει μια αξιόπιστη σύνδεση, ο καθορισμός των παραμέτρων στο επίπεδο κυψελών γίνεται σημαντικότερος. Αυτό ισχύει όταν φθάνει το δίκτυο στη συμφόρηση. Τρεις παράγοντες που περιλαμβάνονται στην αξιολόγηση ευαισθησίας παραμέτρου είναι σημαντικοί:

- Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά πατώματος θορύβου
- Να διαστασιολογήσει υποθέσεις, ειδικά τον προϋπολογισμό συνδέσεων
- Καθορισμός των λειτουργιών RRM.

1.6.2.1. SHO Βελτιστοποίηση

Όπως συζητείται στο τμήμα 1.6.2.3 και στο κεφάλαιο 10, ο καθορισμός των παραμέτρων ελέγχου φορτίων είναι βασισμένος στο αναμενόμενο φορτίο της κυψέλης, έτσι ώστε η σχεδιασμένη QoS μπορεί να επιτευχθεί. Λαμβάνει υπόψη το ποσό κυκλοφορίας ως συνέπεια του SHO. Αυτό το ποσό κυκλοφορίας εξαρτάται από τα κέρδη SHO. Εάν το κέρδος SHO είναι αρνητικό (σημαίνοντας απώλεια), τότε η αναμενόμενη αύξηση στο φορτίο είναι αρκετά σημαντική. Αυτό είναι πιθανότερο να συμβεί στην κατιούσα σύνδεση. Στην ανιούσα σύνδεση, η SHO οδηγεί πάντα σε ένα κέρδος χωρητικότητας. Η επίδραση του downlink SHO στην χωρητικότητα της κυψέλης οφείλεται κυρίως σε δύο παράγοντες: (1) η αύξηση ισχύος λόγω της αύξησης στον αριθμό συνδέσεων με τα φτωχά κέρδη SHO και (2) βαριά διακύμανση στην πιθανότητα SHO. Κατά συνέπεια υπάρχει μια ανάγκη να μειωθεί το προσφερόμενο φορτίο για το ίδιο PtxTarget. Ο πίνακας 1.13 παρουσιάζει τη διαφορά σε επίπεδο ισχύος στο σταθμό βάσης με αναφορά στο SHO γενικά. Παρουσιάζει επίσης τη βελτίωση χωρητικότητας στο uplink με υψηλότερη πιθανότητα SHO.

Με βάση τη σχέση μεταξύ της πιθανότητας SHO και της ισχύος του σταθμού βάσης για το downlink, κάποια βελτιστοποίηση χωρητικότητας μπορεί να γίνει. Αρχικά, εάν η downlink ισχύς είναι υψηλή και η πιθανότητα SHO είναι υψηλή, μπορούμε να θέσουμε τα παράθυρα SHO μικρότερα για να μειώσουμε το downlink φορτίο. Εναλλακτικά, μπορούμε να χαμηλώσουμε το φορτίο θέτοντας το PtxTarget χαμηλότερα. Σε αυτήν την περίπτωση η κατιούσα σύνδεση δεν θα δεχτεί περισσότερους κλάδους SHO. Σε κάθε περίπτωση, ο στενός συντονισμός στη ρύθμιση των SHO παραθύρων

Πίνακας 1.13: Αντίκτυπος του SHO στην χωρητικότητα (ομιλία στα 37 Erlang/κυψέλη, Vehicular A κανάλι).

SHO Probability (1,2,3-way). %	Average Total DL power	UL noise rise
67, 22, 11	4.37 W	1.77 Db
56, 25, 19	6.32 W	1.68 Db
45, 27, 28	8.56 W	1.58 Db

και του PtxTarget είναι ουσιαστικός για να υποστηρίξει την επιθυμητή τελική χωρητικότητα της κυψέλης. Η άλλη πτυχή της εξέτασης της σχέσης μεταξύ SHO και LC είναι το αυξανόμενο περιθώριο στον προϋπολογισμό συνδέσεων ως συνέπεια του diversity. Η ποικιλομορφία μπορεί ουσιαστικά να ανεχτεί υψηλότερη πιθανότητα βλάβης σε κάθε σύνδεση στο downlink. Αυτό θα επιτρέψει ένα υψηλότερο PtxTarget ή PrxTarget στο uplink, αυξάνοντας έτσι το φορτίο της κυψέλης.

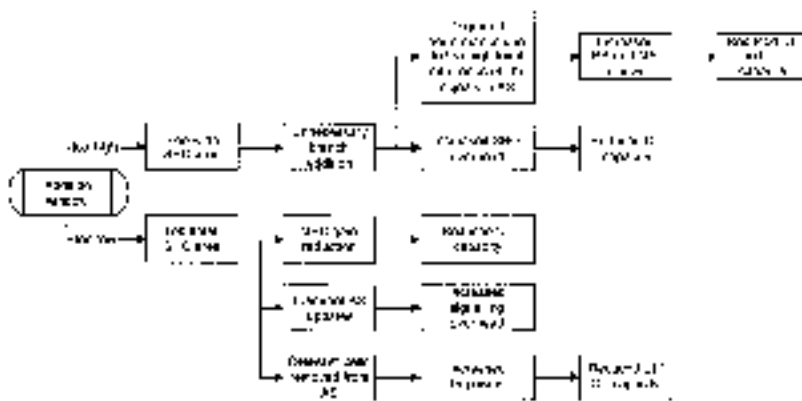
Σε αυτές τις περιπτώσεις παραδείγματος ο αλγόριθμος HO (δείτε την παράγραφο 1.3) έχει παραμετροποιηθεί για απλοποίηση έτσι ώστε ο ενεργός καθορισμένος συντελεστής στάθμισης W έχει τεθεί μηδέν.

Η βελτιστοποίηση παραθύρων προσθήκων

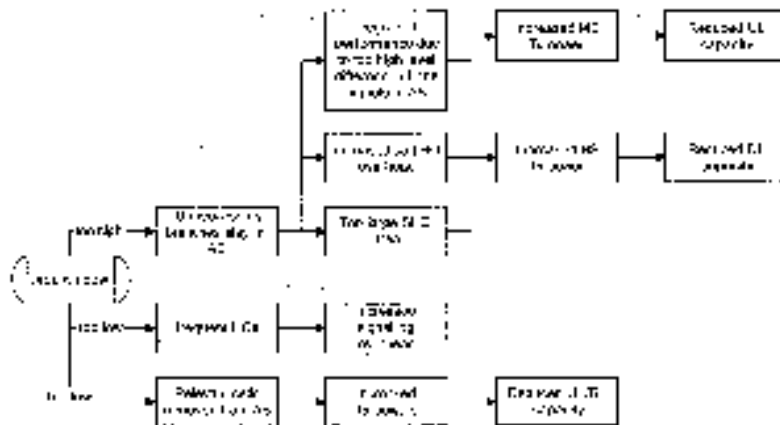
Τα σχήματα 1.26 και 1.27 παρουσιάζουν τον αντίκτυπο του παραθύρου προσθήκης και του παραθύρου πτώσης. Το παράθυρο προσθήκων καθορίζει τη σχετική διαφορά των κυψελών στο τέλος του κινητού σταθμού που πρόκειται να περιληφθούν στο ενεργό σύνολο. Είναι ουσιαστικό ότι το παράθυρο προσθήκης βελτιστοποιείται έτσι ώστε μόνο οι σχετικές κυψέλες να είναι στο ενεργό σύνολο. Ένα παράθυρο προσθήκης που είναι είτε πάρα πολύ μεγάλο είτε πάρα πολύ μικρό θα οδηγήσει σε μειωμένη χωρητικότητα.

Η βελτιστοποίηση παραθύρων πτώσης

Τυπικά το παράθυρο πτώσης τίθεται σχετικά με το παράθυρο προσθήκης. Η υστέρηση είναι μερικά decibels, που σημαίνει ότι το παράθυρο πτώσης είναι ελαφρώς μεγαλύτερο από το παράθυρο προσθήκης. Εάν το παράθυρο πτώσης είναι πάρα πολύ μεγάλο, οι λανθασμένες κυψέλες μένουν στο ενεργό σύνολο, με συνέπεια τη μειωμένη χωρητικότητα σε uplink και downlink. Εάν το παράθυρο πτώσης είναι πάρα πολύ μικρό, συχνά και συνεπώς καθυστερημένα HOs θα υποβαθμίσουν την χωρητικότητα, και επιπλέον η σχετική με το HO σηματοδότηση αυξάνεται.



Σχήμα 1.26: Αντίκτυπος του παραθύρου προσθήκης



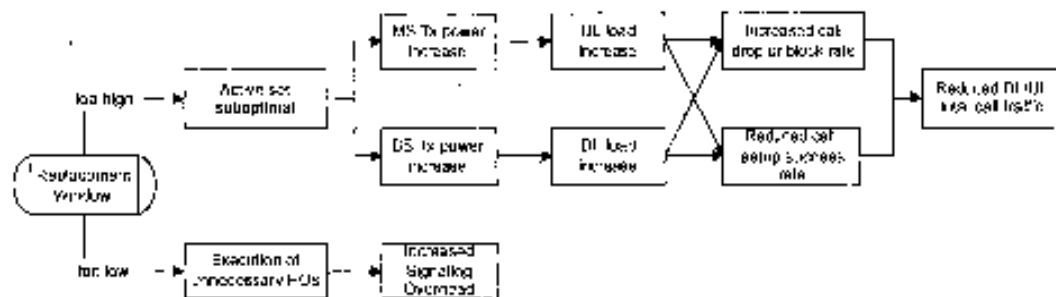
Σχήμα 1.27: Αντίκτυπος του παράθυρου πτώσης.

Η βελτιστοποίηση παραθύρων αντικατάστασης

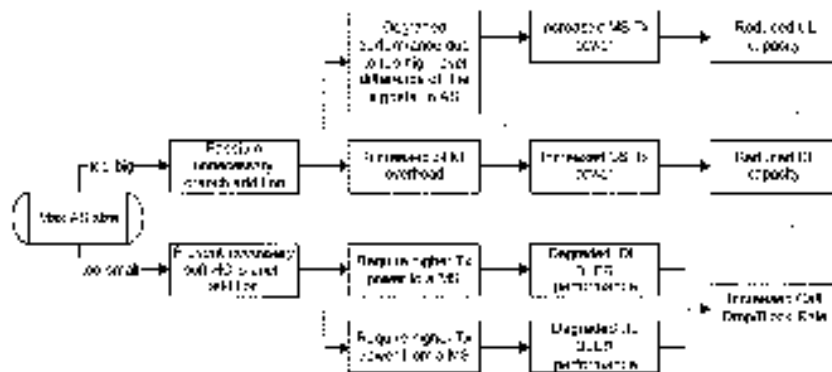
Το παράθυρο αντικατάστασης χρησιμοποιείται στην περίπτωση της αντικατάστασης κλάδων (δείτε το σχήμα 1.28). Καθορίζει το σχετικό κατώτατο όριο που χρησιμοποιείται από τον κινητό σταθμό για να προκαλέσει το αναφερόμενο γεγονός IC.. Μια κυψέλη μπορεί να αντικαταστήσει το πιο αδύνατο κυψέλη σε ένα σύνολο AS αν η διαφορά μεταξύ του P-CPICH των κυψελών είναι ίση ή μεγαλύτερη από το κατώτατο όριο. Εάν το κατώτατο όριο είναι πάρα πολύ μεγάλο, η αντικατάσταση κλάδων θα συμβεί πάρα πολύ αργά, το οποίο συνεπάγεται με το ενεργό σύνολο να είναι μη-βέλτιστο. Αυτό θα οδηγήσει αυξανόμενες ισχύεις μετάδοσης και έτσι σε μειωμένη χωρητικότητα και ποιότητα τόσο στο uplink όσο και στο downlink. Εάν η αντικατάσταση είναι πάρα πολύ γρήγορη, μια ring-rong επίδραση θα εμφανιστεί και η γενική σηματοδότηση σχετική με τα SHO θα αυξηθεί.

Ο αντίκτυπος του μέγιστου επιτρεπτού μεγέθους ενεργού συνόλου

Ο αντίκτυπος του μεγέθους του ενεργού συνόλου στην απόδοση του HO, στην περίπτωση ενός μεγάλου μέγιστου μεγέθους του active set, είναι δευτερεύων. Εάν οι παράμετροι SHO που ελέγχουν την είσοδο υποψηφίων



Σχήμα 1.28: Αντίκτυπος του παραθύρου αντικατάστασης στην περίπτωση της αντικατάστασης κλάδου.



Σχήμα 1.29: Αντίκτυπος του μέγιστου μεγέθους ενεργού συνόλου.

στο ενεργό σύνολο τίθενται σωστά, η πραγματική παράμετρος που ελέγχει το μέγιστο μέγεθος του active set δεν είναι σημαντική. Επομένως συστήνεται να ξεκινά η βελτιστοποίηση της απόδοσης SHO με τις παραμέτρους παραθύρων. Εάν να συμβεί να τεθεί το μέγιστο μέγεθος του active set πάρα πολύ μεγάλο και οι άλλες παράμετροι ελέγχου HO να είναι επίσης λανθασμένες, ο αντίκτυπος ενός πάρα πολύ μεγάλου ενεργού συνόλου είναι στη μειωμένη χωρητικότητα και στο uplink και στο downlink (σχήμα 1.29).

Η σχετικότητα του μέγιστου μεγέθους του ενεργού συνόλου θα ήταν διαφορετική εάν είχε τεθεί πάρα πολύ χαμηλά. Αυτό θα οδηγήσει στις συχνές αντικαταστάσεις κλάδων, με καθυστερημένες μεταβιβάσεις που υποβιβάζουν την απόδοση και στην ανιούσα και στην κατιούσα σύνδεση. Η μειωμένη απόδοση BLER θα προκαλέσει τις ισχύεις μετάδοσης να αυξηθούν. Αυξανόμενες ισχύεις μετάδοσης σε ένα περιβάλλον περιορισμένης παρέμβασης σημαίνει μειωμένη χωρητικότητα.

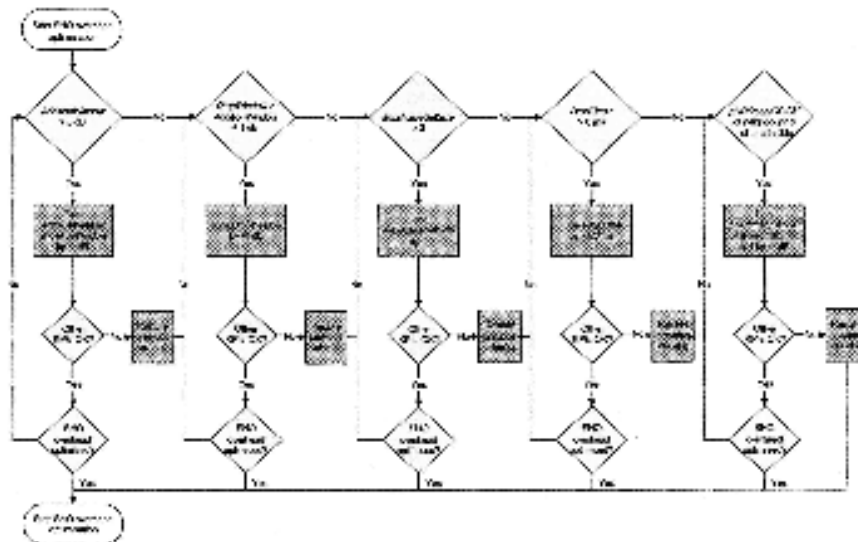
Η βελτιστοποίηση του SHO Overhead

Το στοχευμένο επίπεδο για το SHO overhead (RT και NRT σύνολο) είναι 30-40%. Αυτός ο στόχος είναι μια αξία για ένα ώριμο δίκτυο. Η τελικά αξία είναι υπολογισμένη εν μέρει με βάση τις απαιτήσεις υλικού, παραδείγματος χάριν για να αποτρέψει να ξεμείνει από κώδικες. Εκτός από τις απαιτήσεις υλικού είναι ουσιαστικό να βελτιστοποιηθεί η απόδοση μεταβίβασης για την υψηλή και αποτελεσματική χρησιμοποίηση των ραδιο πόρων.

Στην έναρξη των διαδικασιών δικτύων 2G CDMA, το SHO overhead ήταν γενικά πάρα πολύ υψηλό. Ο λόγος για αυτό ήταν ο ίδιος ο αλγόριθμος μεταβίβασης (δείτε [17]). Υψηλό overhead δεν είναι γενικώς τόσο μεγάλο πρόβλημα για το uplink. Στην uplink κατεύθυνση η ισχύς από το κινητό μπορεί να αυξηθεί ελαφρώς εξ αιτίας των μη-βέλτιστων όρων HO. Στο σταθμό βάσης το overhead αυξάνεται επεξεργαζόμενο το φορτίο. Για την κατιούσα σύνδεση, εντούτοις, το να φθάσει μια βέλτιστη overhead τιμή είναι σημαντικότερο. Σε αυτό το βέλτιστο, το κέρδος HO είναι μέγιστο. Αυτό σημαίνει ότι όλοι οι BSs στο ενεργό σύνολο συμβάλλουν θετικά στο λαμβανόμενο σήμα στον κινητό σταθμό. Ακολουθώντας το Call Drop Rate, το Call Success Rate και την ισχύ μετάδοσης του σταθμού βάσης, είναι δυνατό να αποκτηθεί μια ένδειξη των κερδών.

Οι σημαντικότερες παράμετροι για τη βελτιστοποίηση του SHO overhead είναι το παράθυρο προσθήκης και το παράθυρο πτώσης. Αυτά είναι συντονισμένα πρώτα από κοινού. Η αλλαγή στο μέγεθος του ενεργού συνόλου θα ασκήσει επίσης ιδιαίτερη επίδραση. Ο συντονισμός του μέγιστου μεγέθους του active set πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικά και μόνο κατά κυψέλη. Η αξία του Drop Timer έχει μόνο μια μικρή επίδραση στο overhead και πρέπει να τεθεί σύμφωνα με το περιβάλλον. Τέλος, κάποιος μπορεί να συντονίσει την ισχύ μετάδοσης P-CPICH ώστε να αλλάξει

το SHO overhead. Αυτό δεν προτείνεται, ωστόσο, καθότι θα επηρεάσει πολλές άλλες πτυχές του συστήματος. Αυτή η παράμετρος πρέπει να τεθεί σε μια αρχική τιμή στην φάση σχεδιασμού του ραδιοδικτύου. (Σχήμα 4,30).



Σχήμα 1.30: Βελτιστοποίηση του SHO overhead [19].

Ο αντίκτυπος του συντελεστή στάθμισης του ενεργού συνόλου

Όπως δηλώθηκε νωρίτερα, τα παραδείγματα ανωτέρω παρουσιάστηκαν χωρίς τον αντίκτυπο του συντελεστή στάθμισης του ενεργού συνόλου. Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζεται η σχετικότητα αυτού του συντελεστή. Χρησιμοποιείται για να συγκρίνει τη λαμβανόμενη ενέργεια στο ενεργό σύνολο αυτήν συγχρόνως με τη βελτίωση εάν ένας κλάδος προστεθεί. Αυτό αποτρέπει τις ενημερώσεις του ενεργού συνόλου στην περίπτωση όταν η συμβολή μιας κυψέλης στην απόδοση SHO είναι μικρή και έτσι το κυψέλη δεν αξίζει να μπει στο ενεργό σύνολο. Τα συμπεράσματα αυτού του τμήματος είναι βασισμένα στο [17], στο οποίο ο βασικός αλγόριθμος cdmaOne, ο αλγόριθμος με τις τιμές του συντελεστή στάθμισης ενεργού συνόλου καθορισμένες στο 0 (σχετικό κατώτατο όριο), και ο αλγόριθμος με τις τιμές καθορισμένες στο 1 (αλγόριθμος κλίσης) συγκρίθηκαν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 1.14 ως περίοδος ASU (Active Set Update) και συνολικό SHO (συνολική πιθανότητα πολλαπλότητας μετάβασης) συμπεριλαμβανομένων όλων των τύπων SHO). Ο OCNS (Other Cell Noise Source) αναφέρεται σε Άλλο επίπεδο Πηγής Θορύβου Κυψελών.

Από τον πίνακα 1.14 μπορεί να φανεί ότι η περίοδος ASU του βασικού αλγορίθμου cdmaOne είναι αρκετά αναισθητή στο επίπεδο παρέμβασης, αλλά η αύξηση στην παρέμβαση μειώνει έντονα την πιθανότητα SHO. Το τροποποιημένη cdmaOne λειτουργεί κατά μάλλον αντίθετο τρόπο: η πιθανότητα SHO είναι μάλλον αναισθητή στο επίπεδο παρέμβασης, αλλά η περίοδος ASU αλλάζει καθώς ο OCNS αυξάνεται. Αυτή η ιδιοκτησία καθιστά το έργο βελτιστοποίησης για ένα πραγματικό κυψελοειδές δίκτυο CDMA ελαφρώς ευκολότερο, επειδή τα όρια SHO δεν αλλάζουν ανάλογα με την ώρα της ημέρας (κατάσταση παρέμβασης). Ο αλγόριθμος, που λαμβάνει την απόφαση βασισμένος στις σχετικές διαφορές των λαμβανόμενων πειραματικών επιπέδων E_c/I_o , παρά στα απόλυτα κατώτατα όρια, παρουσιάζει μέτρια αλλαγή και στην περίοδο ASU και στην πιθανότητα SHO όταν αλλάζει η κατάσταση παρέμβασης.

Πίνακας 1.14: Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοίωσης. Αναπαραγόμενο με την άδεια του IEEE.

OCNS	Basic cdmaOne		Relative threshold		Slope algorithm	
	ASU period	Total SHO	ASU period	Total SHO	ASU period	Total SHO
5 W	18 s	48%	17 s	50%	24 s	40%
10 W	22 s	28%	29 s	36%	44 s	33%
15 W	24 s	23%	38 s	27%	62 s	31%
20 W	28 s	5%	70 s	15%	87 s	30%
Max Δ	10 s	43%	53 s	35%	63 s	10%

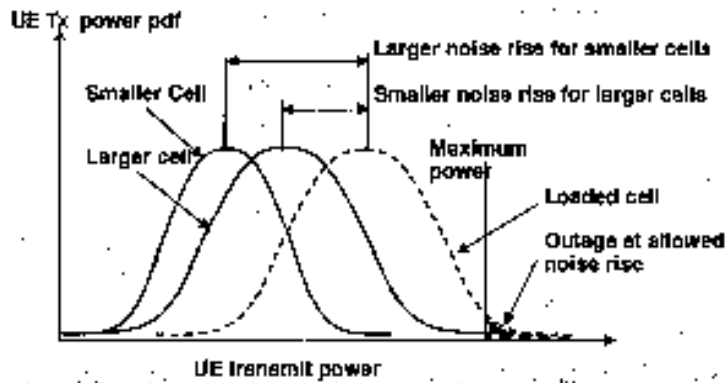
Ανάλογα με τις απαιτήσεις, οποιοδήποτε από αυτούς τους τρεις αλγορίθμους θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Εάν ένας αλγόριθμος απαιτείται που δίνει σχετικά σταθερή απόδοση σε κάθε κατάσταση παρέμβασης, μπορεί να προσφέρει SHO επίσης στην περίπτωση της υψηλής παρέμβασης, και είναι εύκολος στην παραμετροποίηση, η επιλογή θα ήταν ο αλγόριθμος που χρησιμοποιεί τα σχετικά κατώτατα όρια. Εάν η κατάσταση παρέμβασης σε ένα δίκτυο αλλάζει γρήγορα και το SHO overhead τείνει να αλλάζει ανάλογα με την τρέχουσα ενεργό διανομή κυκλοφορίας, τότε η σταθερότερη απόδοση θα επιτυγχανόταν με τη βελτιστοποίηση του SHO με τον συντελεστή στάθμισης ενεργού συνόλου.

1.6.2.2. Βελτιστοποίηση Ελέγχου Ισχύος

Οι βρόχοι ελέγχου ισχύος όπως περιγράφονται στην παράγραφο 1.2 εξαρτώνται πολύ λίγο από θέματα περί βελτιστοποίησης. Οι ρυθμίσεις για το P-CPICH και άλλες ισχύεις downlink καναλιών ελέγχου (πίνακας 1.1) είναι ένα άλλο θέμα. Συστήνεται να τεθεί η ισχύς P-CPICH στο 5-10% της αξίας της συνολικής ισχύος μετάδοσης της κυψέλης προκειμένου να εγγυηθεί η επαρκής κάλυψη P-CPICH. Η πραγματική βελτιστοποίηση αυτής της ρύθμισης ισχύος θα στόχευε έπειτα στη βέλτιστη χρησιμοποίηση των πόρων του σταθμού βάσης από άποψη κατανάλωσης ισχύος. Στο κεφάλαιο 10 εισάγεται το autotuning, χαρακτηριστικό γνώρισμα για αυτό. Επιπλέον, τα ίδια βήματα και η μεθοδολογία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο χειρωνακτικό συντονισμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι άλλες ισχύεις καναλιών ελέγχου μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα με τη ρύθμιση ισχύος P-CPICH: κατά συνέπεια η βελτιστοποίηση μπορεί πρώτα να επικεντρωθεί στη βελτιστοποίηση της απόδοσης P-CPICH. Μια άλλη δυνατότητα για τη βελτιστοποίηση στον έλεγχο ισχύος θα μπορούσε να είναι στην επιλογή του κατάλληλου PC algorithm 1 ή 2 ανάλογα με το περιβάλλον και τη μέση ταχύτητα των terminals στην κυψέλη.

1.6.2.3. Βελτιστοποίηση Επιπέδων Στόχου Ελέγχου Συμφόρησης

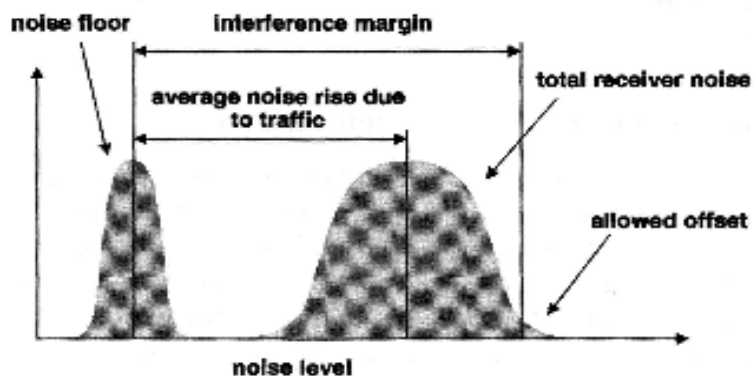
Για οικονομικότερη διαστασιολόγηση, υπάρχει πάντα μια ανταλλαγή μεταξύ της κάλυψης και της χωρητικότητας. Μόνο σε πολύ λίγες περιπτώσεις, όπως τα picocells, η κάλυψη αποτελεί μηδαμινό ζήτημα. Στη βελτιστοποίηση κάποιος πρέπει να ισορροπήσει την άνοδο θορύβου και τη συνολικό μονοπάτι απωλειών, έτσι ώστε να μπορεί κάποιος να εγγυηθεί ότι η μέγιστη ισχύς μετάδοσης δεν ξεπερνιέται εντός της ανεκτής πιθανότητας βλάβης. Όταν το δίκτυο είναι ήδη σε ισχύ, οι παράμετροι που μπορούν να χειριστούν είναι εκείνες που ελέγχουν τη διακύμανση του θορύβου δέκτη. Αυτές είναι κυρίως στα LC και CP, όπως ο PrxTarget και το PrxOffset. Αντίστοιχα, η συνολική downlink ισχύς σταθμού βάσης (BSTxp) πρέπει να είναι υπό ελεγχόμενη. Αυτό πραγματοποιείται με τον καθορισμό των παραμέτρων PtxTarget και PtxOffset. Το σχήμα 1.31 βοηθά να απεικονιστεί η ανταλλαγή.



Σχήμα 1.31: Κάλυψης – Χωρητικότητας trade-off στην uplink κατεύθυνση.

Το σχήμα 1.31 δείχνει ότι οι μεγαλύτερες κύψελες μπορούν να επιτρέψουν μια μικρότερη άνοδο θορύβου λόγω του μικρότερου τους περιθωρίου παρέμβασης, ενώ οι μικρότερες κύψελες μπορούν να ανεχτούν μια υψηλότερη άνοδο θορύβου. Προκειμένου να καθοριστεί πόσο φορτίο μπορεί να προσαρμοστεί στην κυψέλη, είναι επίσης σημαντικό να δούμε πώς κυμαίνεται το επίπεδο θορύβου (είτε άνοδος θορύβου στο uplink είτε συνολική ισχύς του σταθμού βάσης στο downlink). Στην Uplink, η συνολική διακύμανση θορύβου στο σταθμό βάσης εξαρτάται κυρίως από το φορτίο κίνησης και τη συμπεριφορά του κατώτατου θορύβου. Τότε ο LC προσπαθεί να περιορίσει τη διακύμανση του θορύβου ορίζοντας τα ανώτερα όρια. Η ρύθμιση των ανώτερων ορίων πρέπει να αντιστοιχεί στην απαραίτητη πιθανότητα βλαβής του δεδομένου κυκτάρου. Για να εξηγήσει αυτά τα σημεία, το σχήμα 1.32 παρουσιάζει τη δυναμική θορύβου.

Με την εξέταση του σχήματος 1.32, η πρόκληση είναι πώς να θέσει τις παραμέτρους LC της κυψέλης έτσι ώστε το απαραίτητο QoS να μπορεί να επιτευχθεί. Εάν η κυψέλη φορτωνόταν πέρα από την επιτρεπόμενη άνοδο θορύβου, το αποτέλεσμα θα ήταν υψηλότερη εγκατάλειψη κλήσης ή εκτίμηση ποιότητας χαμηλότερη από το αναμενόμενο. Απ' την άλλη όμως, εάν η κυψέλη επιτρέπεται να δεχτεί μόνο λιγότερη κίνηση, θα προκύψει μια υψηλή πιθανότητα φραγής για την ομιλία ή μια υψηλή πιθανότητα αναμονής για τα πακέτα. Επομένως ο καθορισμός των παραμέτρων LC πρέπει να επιτρέπει στο απαραίτητο QoS, που καθορίζεται από τον σχεδιαστή δικτύου, να επιτευχθεί. Αλλά πριν από τη συζήτηση σχετικά με την ρύθμιση παραμέτρου για λόγους βελτιστοποίησης, ο σχεδιαστής πρέπει να καταλάβει τη συμπεριφορά της ανόδου θορύβου και αυτή της συνολικής downlink ισχύος του σταθμού βάσης.



Σχήμα 1.32: Άνοδος θορύβου και περιθώριο παρεμβολής στην uplink κατεύθυνση.

Στο κεφάλαιο 10 εισάγεται ο αυτοσυντονισμός των uplink και downlink λειτουργούντων σημείων και των σχετικών βασικών δεικτών απόδοσης. Οι παρόμοιες διαδικασίες μπορούν να εφαρμοστούν στη βελτιστοποίηση του ελέγχου συμφόρησης.

References

- [1] 3GPP, Technical Specification 25.331, RRC Protocol Specification.
- [2] 3GPP, Technical Specification 25.214, Physical Layer Procedures (FDD).
- [3] 3GPP, Technical Specification 25.215, Physical Layer Measurements (FDD).
- [4] 3GPP, Technical Specification 25.133, Requirements for Support of Radio Resource Management (FDD).
- [5] 3GPP, Technical Specification 25.433, UTRAN Iub Interface NBAP Signalling.
- [6] 3GPP, Technical Specification 25.435, UTRAN Iub Interface UP Protocols for Common TrCH Data Streams.
- [7] 3GPP, Technical Specification 25.101, UE Radio Transmission and Reception (FDD).
- [8] Ojanperä, T. and Prasad, R., *Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications*. Artech House, 1998.
- [9] Holma, H. and Toskala, A. (eds). *WCDMA for UMTS*. John Wiley & Sons, Chichester, 2001.
- [10] Holma, H., Suldani, D. and Sipilä, K., Simulated and measured WCDMA uplink performance. Accepted to Proc. VTC Full Conf., Atlantic City, Seattle, October, 2001.
- [11] Baker, M.P.J. and Mousley, T.J., Power control in UMTS Release '99. 3G Mobile Telecommunication Technologies, Conference Publication N.471, IEE.
- [12] Sipilä, K., Laiho-Steffens, J., Wacker, A. and Jäsberg, M., Modeling the impact of the fast power control on the WCDMA uplink. Proc. VTC 1999 Spring Conf., Houston, Texas, May 1999, pp. 1266–1270.
- [13] Sipilä, K., Jäsberg, M., Laiho-Steffens, J. and Wacker, A., SHO gains in a fast power controlled WCDMA uplink. Proc. VTC 1999 Spring Conf., Houston, Texas, May 1999, pp. 1594–1598.
- [14] Japan's proposal for Candidate Radio Transmission Technology on IMT-2000: W-CDMA, June 1998, <http://www.itu.int/imt>.
- [15] Proakis, J.G., *Digital Communications*, 3rd edition. McGraw-Hill, New York, 1995.
- [16] Viterbi, A.J., *CDMA – Principles of Spread Spectrum Communication*. Addison-Wesley, 1995.
- [17] Laiho-Steffens, J., Jäsberg, M., Sipilä, K., Wacker, A. and Kangas, A., Comparison of three diversity handover algorithms by using measured propagation data. Proc. VTC 1999 Full Conf., Houston, Texas, May 1999, pp. 1370–1374.
- [18] Gustafsson, M., Jamal, K. and Dahlman, E., Compressed mode techniques for interfrequency measurements in a wideband DS-SS-CDMA system. Proc. PIMRC '97, Helsinki, Finland, September 1997, pp. 231–235.
- [19] Buot, T., Zhu, H., Schreuder, H., Moon, S. and Song, B., Soft handover optimization for WCDMA. Fourth Int. Symp. on Wireless Personal Multimedia Communications, 9–12 September 2001, Aalborg, Denmark.
- [20] Toskala, A., Lehtinen, O. and Kinnunen, P., UTRA GSM handover from physical layer perspective. Proc. ACTS Summit, Sorrento, Italy, June 1999.

2

2.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο ανοίγει με την περιγραφή των προϋπολογισμών συνδέσεων WCDMA, των εξισώσεων φορτίου του συστήματος και των περιορισμένων κατά χωρητικότητα uplink και downlink συστημάτων. Αυτά τα τμήματα παρέχουν τη βάση για την κατανόηση των επόμενων λύσεων για την ενίσχυση της κάλυψης υπηρεσιών και της χωρητικότητας συστήματος. Συγκεκριμένα, στην ενότητα 2.2 αναφέρονται οι τεχνικές για την κάλυψη και μια ανάλυση προϋπολογισμού συνδέσεων. Στην ενότητα 2.3 εξετάζονται οι τεχνικές για τη βελτίωση της χωρητικότητας λαμβάνοντας σενάρια περιορισμών για κάθε κατεύθυνση σύνδεσης. Το uplink φορτίο κυψέλης και η ισχύς μετάδοσης σταθμού βάσης αποτελούν τους περιοριστικούς παράγοντες για uplink και downlink capacity-limited συστήματα και αναλύονται στην ενότητα 2.4. Οι πρόσθετοι μεταφορείς που εξετάζονται στην ενότητα 2.5 διαμορφώνουν τον απλούστερο και αποτελεσματικότερο τρόπο για να αυξήσουν την χωρητικότητα του συστήματος, ενώ η 2.6 ασχολείται με τους Επικεφαλείς Ενισχυτές Ιστών (Mast Head Amplifiers, MHAs) και τις ενεργές κεραίες. Οι μακρινοί RF επικεφαλείς ενισχυτές επιτρέπουν το φυσικό χωρισμό των υπομονάδων ενός RF του σταθμού βάσης και των ζωνών βάσης (baseband) και τους συναντάμε στην ενότητα 2.7. Στις ακόλουθες ενότητες αναλύονται η High-Order πολλαπλότητα λήψης, η Πολλαπλότητα Διαβίβασης, το Beamforming, η roll-out διαμόρφωση, το sectorisation, οι επαναλήπτες και ο αντίκτυπος αυτών αντίστοιχα, σε κάθε ενότητα. Το κεφάλαιο κλείνει με μια περίληψη των διάφορων διαμορφώσεων τοποθεσιών.

2.2 Οι τεχνικές για την κάλυψη

Η πλειοψηφία της υπάρχουσας λογοτεχνίας κάνει την υπόθεση ότι η κάλυψη υπηρεσιών είναι περιορισμένη στην ανιούσα σύνδεση. Γενικά αυτό είναι αληθές, αν και είναι αρκετά απλό να προσδιορίσει τα σενάρια όπου η κάλυψη υπηρεσιών είναι περιορισμένη στην κατιούσα σύνδεση, παραδείγματος χάριν όταν το ποσοστό δεδομένων είναι ασυμμετρικό, συνδυαζόμενο με τη χρήση των επικεφαλής ενισχυτών ιστών και μια περιορισμένη δυνατότητα μετάδοσης ισχύος του σταθμού βάσης.

Η απλούστερη μέθοδος για την μελέτη της απόδοσης κάλυψης υπηρεσιών χρησιμοποιεί έναν προϋπολογισμό συνδέσεων. Οι προϋπολογισμοί συνδέσεων αποτελούν συχνά τη βάση των ασκήσεων διαστασιολόγησης συστημάτων για να παρέχουν μια αρχική ένδειξη της ακτίνας κυττάρων και έτσι της απαίτησης αριθμησης τοποθεσιών. Ένας προϋπολογισμός συνδέσεων είναι επίσης χρήσιμος στο να προσδιορίσει ποιες παράμετροι πρέπει να βελτιωθούν για να ενισχύσουν την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών.

Οι κύριες τεχνικές για την βελτίωση της κάλυψης υπηρεσιών είναι ενεργές κεραίες, επικεφαλείς ενισχυτές ιστών, η υψηλής-σειράς λαμβάνουσα πολλαπλότητα, αυξανόμενο sectorisation και επαναλήπτες. Μερικές από αυτές τις τεχνικές βελτιώνουν την κάλυψη με κόστος της χωρητικότητας, ενώ άλλες βελτιώνουν ταυτόχρονα και την κάλυψη και την χωρητικότητα. Αυτό εξαρτάται από το ποιες παράμετροι προϋπολογισμών συνδέσεων επηρεάζονται.

2.2.1 Σενάρια περιορισμένης κάλυψης σε Uplink και Downlink

Οι προϋπολογισμοί συνδέσεων WCDMA ακολουθούν τις ίδιες βασικές αρχές με εκείνους για το GSM. Οι κύριες διαφορές είναι ο συνυπολογισμός του κέρδους επεξεργασίας, της απαίτησης E_b/N_0 , του κέρδους SHO, της τελικής uplink φόρτωσης κυψελών και ενός headroom για να προσαρμόσουν τον έλεγχο ισχύος εσωτερικού βρόχου. Το κέρδος επεξεργασίας και η E_b/N_0 απαίτηση συνδυάζονται για να παράγουν τον πιο γνωστό στόχο C/I. Η φόρτωση

στόχων είναι η κύρια παράμετρος, σχετική με την χωρητικότητα, που εμφανίζεται στα πλαίσια του προϋπολογισμού συνδέσεων. Ένας χαμηλός αριθμός φόρτωσης στόχων αντιστοιχεί σε μια μεγαλύτερη ακτίνα κυψέλης αλλά σε χαμηλότερη χωρητικότητα κυψέλης.

Ο πίνακας 2.1 παρουσιάζει έναν χαρακτηριστικό προϋπολογισμό συνδέσεων για μια υπηρεσία στοιχείων που υποστηρίζει 384 kbps στην κατιούσα σύνδεση και 64 kbps στην ανιούσα. Η κάλυψη υπηρεσιών είναι περιορισμένη στην uplink όπως υποδεικνύεται από τη χαμηλότερη επιτρεπτή τιμή απωλειών διάδοσης. Σε αυτό το παράδειγμα η επιτρεπτή απώλεια διάδοσης για την uplink είναι 4.0 DB λιγότερο από αυτό για την downlink. Για να επεξηγήσετε ένα σενάριο παραδείγματος όπου η κάλυψη υπηρεσιών είναι περιορισμένη στην κατιούσα σύνδεση, θεωρήστε έναν σταθμό βάσης διαμορφωμένο με ενισχυτές ισχύος 37dBm. Ένα μέγιστο του μισού από την συνολική ισχύ μετάδοσης διατίθεται γενικά σε οποιοδήποτε μονό κανάλι κυκλοφορίας, δηλ. 34 dBm (παρόμοιο με το αρχικό παράδειγμα όπου τα 40 dBm αντιπροσωπεύουν το μισό από το σύνολο της ικανότητας ισχύος μετάδοσης ενός ενισχυτή ισχύος 43 dBm). Αυτό μειώνει την downlink επιτρεπόμενη απώλεια διάδοσης κατά 6 DB και οδηγεί σε μια downlink-περιορισμένη κάλυψη υπηρεσιών. Συμπεριλαμβανομένων των επικεφαλής ενισχυτών ιστών ή καταστάσεων τα bit rates ασυμμετρικά σε μεγάλη έκταση, θε επέφερε περαιτέρω αύξηση στον περιορισμό της downlink κάλυψης.

Οι προϋπολογισμοί downlink συνδέσεων πρέπει πάντα να ελεγχθούν για να εξασφαλίσουν ότι η κάλυψη υπηρεσιών είναι περιορισμένη στην uplink

Πίνακας 2.1: Ένα παράδειγμα προϋπολογισμού σύνδεσης για μια ασύμμετρη υπηρεσία δεδομένων

Parameter	Uplink	Downlink	
Uplink bit rate	64	384	kbps
Maximum transmit power	21.0	40.0 ^a	dBm
Antenna gain	0.0	18.5	dBi
Body loss / cable loss	0.0 ^b	2.0	dB
Transmit EIRP	21.0	56.5	dBm
Processing gain	17.8	10.0	dB
Required E_b/N_0	2.0	4.5	dB
MDC gain	0.0	1.2	dB
Target loading	50	80 ^c	%
Rise over thermal noise	3.0	7.0	dB
Thermal noise density	-174.0	-174.0	dBm/Hz
Receiver noise figure	3.0	8.0	dB
Interference floor	-168.0	-159.0	dBm/Hz
Receiver sensitivity	-117.9	-99.9	dBm
Receiver antenna gain	18.5	0.0	dBi
Cable loss / body loss	2.0	0.0 ^b	dB
Fast fading margin	3.0	0.0	dB
Soft handover gain	2.0	2.0	dB
Isotropic power required	-133.4	-101.9	dBm
Allowed propagation loss	154.4	158.4	dB

^a Τα 40dBm είναι ένα χαρακτηριστικό όριο που τοποθετείται επάνω σε ένα downlink κανάλι κυκλοφορίας για μια μονάδα ενισχυτή ισχύος 43 dBm για να αποτρέψει ένα υπε βολικό μερίδιο της ισχύος του σταθμού βάσης να διατεθεί σε έναν μόνο χρήστη.

^b Έχει θεωρηθεί ότι οι υπηρεσίες στοιχείων δεν υφίστανται μια απώλεια σώματος.

^c Η downlink επιθυμητή φόρτωση είναι μια λειτουργία της μεικτής κυκλοφορίας φόρτωσης της κυψέλης. Το 80% είναι μια χαρακτηριστική τιμή.

όπως γενικά υποτίθεται. Όπως θα διευκρινιστεί αργότερα, οι προϋπολογισμοί downlink συνδέσεων είναι επίσης ουσιαστικοί κατά την αξιολόγηση των απαιτήσεων της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης.

2.2.2 Ανάλυση προϋπολογισμού συνδέσεων

Ο πίνακας 2.2 παρουσιάζει μια σειρά χαρακτηριστικών uplink προϋπολογισμών συνδέσεων για ένα φάσμα των service data rates. Οι διαφορές στους αριθμούς απώλειας διάδοσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογίσουν τη διαφορά στις απαιτήσεις αριθμησης τοποθεσιών για τις διάφορες επιδιώξεις κάλυψης υπηρεσιών. Παραδείγματος χάριν, βασισμένος σε μια κλίση απώλειας διάδοσης 3.5, η παροχή της κάλυψης για την υπηρεσία 144 kbps απαιτεί 39% λιγότερες τοποθεσίες από την υπηρεσία 384 kbps όταν προγραμματίζεται στο ίδιο επίπεδο πιθανότητας κάλυψης. Υπάρχει λιγότερη διαφορά μεταξύ των 12.2 kbps, 64 kbps και 144 kbps υπηρεσιών. Αυτό δίνει έμφαση στη σημασία της απόφασης ως προς το εάν μια συγκεκριμένη περιοχή πρέπει να προγραμματιστεί για, π.χ., την κάλυψη υπηρεσιών 384 kbps ή 144 kbps. Ο πίνακας 2.2 διευκρινίζει ότι η υψηλότερη υπηρεσία ρυθμού δεδομένων καθορίζει την ακτίνα κυνέλης από την άποψη των απωλειών διάδοσης. Ο προγραμματισμός του δικτύου για την κάλυψη υπηρεσιών στα 384 kbps θα είναι επαρκής για να εξασφαλίσει αποδεκτή απόδοση κάλυψης για τις data rate services. Σε μερικές περιπτώσεις

Πίνακας 2.2: Ένα παράδειγμα uplink προϋπολογισμού σύνδεσης παρουσιάζοντας τον αντίκτυπο του ρυθμού δεδομένων υπηρεσίας.

Service type	Speech	Data	Data	Data	
Uplink bit rate	12.2	64	144	384	kbps
Maximum transmit power	21.0	21.0	21.0	21.0	dBm
Antenna gain	0.0	0.0	2.0 ^a	2.0 ^a	dB
Body loss	3.0	0.0 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b	dB
Transmit EIRP	18.0	21.0	23.0	23.0	dBm
Processing gain	25.0	17.8	14.3	10.0	dB
Required E_b/N_0	4.0	2.0	1.5	1.0	dB
Target loading	50	50	50	50	%
Rise over thermal noise	3.0	3.0	3.0	3.0	dB
Thermal noise density	-174.0	-174.0	-174.0	-174.0	dBm/Hz
Receiver noise figure	3.0	3.0	3.0	3.0	dB
Interference floor	-168.0	-168.0	-168.0	-168.0	dBm/Hz
Receiver sensitivity	-123.1	-117.9	-114.9	-111.1	dBm
Rx antenna gain	18.5	18.5	18.5	18.5	dB
Cable loss	2.0	2.0	2.0	2.0	dB
Fast fading margin	3.0	3.0	3.0	3.0	dB
Soft handover gain	2.0	2.0	2.0	2.0	dB
Isotropic power required	-138.6	-133.4	-130.4	-126.6	dBm
Allowed propagation loss	156.6	154.4	153.4	149.6	dB

^a Έχει θεωρηθεί ότι τα τεμαχικά που υποστηρίζουν υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων είναι ανώτερα από άποψη διαμόρφωσης κεραίων.

^b Έχει θεωρηθεί ότι οι υπηρεσίες δεδομένων δεν υφίστανται μια απώλεια σώματος.

ένας χειριστής θα καθορίσει τους διαφορετικούς στόχους πιθανότητας κάλυψης για κάθε υπηρεσία. Σε αυτήν την περίπτωση μια από τις χαμηλότερες υπηρεσίες ρυθμού δεδομένων μπορεί να γίνει η περιοριστική υπηρεσία. Παραδείγματος χάριν, η διευκρίνιση ενός στόχου πιθανότητας κάλυψης 85% για την υπηρεσία δεδομένων στα 384 kbps και 95% για την υπηρεσία δεδομένων στα 144 kbps οδηγεί σε μια διαφορά στα αργά εξασθενίζοντα περιθώρια των 6.1 DB (που βασίζονται σε μια κλίση οδικής απώλειας 3.5 DB και σε μια αργή εξασθενίζουσα σταθερή απόκλιση 9 DB). Σε αυτήν την περίπτωση το ραδιο δίκτυο πρέπει να προγραμματιστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις κάλυψης της υπηρεσίας δεδομένων για τα 144kbps.

Η βελτίωση οποιασδήποτε από τις παραμέτρους στον προϋπολογισμό συνδέσεων θα οδηγήσει σε μια βελτίωση στην απόδοση κάλυψης υπηρεσιών. Βελτιώνοντας την κάλυψη υπηρεσιών οδηγούμαστε σε μια μεγαλύτερη μέση απαίτηση ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης ανά downlink σύνδεση. Εάν η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην uplink, τότε αυτό έχει ως μοναδική συνέπεια το σύστημα να τείνει να περιοριστεί στην downlink κατεύθυνση.

Εντούτοις, εάν η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην downlink, τότε η βελτίωση της κάλυψης υπηρεσιών θα οδηγήσει σε μια απώλεια στην χωρητικότητα συστήματος. Εάν η E_b/N_0 απόδοση του σταθμού βάσης βελτιώνεται, τότε είναι δυνατό να ενισχυθεί ταυτόχρονα και η κάλυψη υπηρεσιών και η χωρητικότητα συστήματος. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα της απαίτησης E_b/N_0 που εμφανίζεται και στον προϋπολογισμό συνδέσεων και στην εξίσωση φορτίων.

2.3 Τεχνικές για Βελτίωση της Χωρητικότητας

Ο απλούστερος και αποτελεσματικότερος τρόπος να αυξηθεί η χωρητικότητα συστήματος είναι να προστεθούν ένας ή περισσότεροι μεταφορείς. Θα διευκρινιστεί αργότερα στο κεφάλαιο ότι βελτιώνοντας μια περιοχή από τον μονό μεταφορέα στο διπλό μεταφορέα μπορεί να παράγει περισσότερο από τη διπλή χωρητικότητα. Αυτό μπορεί να γίνει χωρίς την αλλαγή του ραδιο σχεδίου ή την απαίτηση μιας νέας διαμόρφωσης κεραιών. Εντούτοις, μόλις χρησιμοποιηθούν όλοι οι διαθέσιμοι μεταφορείς, άλλες τεχνικές πρέπει να επιδιωχθούν για να αυξήσουν την χωρητικότητα περαιτέρω. Αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν την ποικιλομορφία μετάδοσης, beamforming, συμπληρωματικούς scrambling codes, αυξανόμενο sectorisation και μικροκυψέλες.

Η απλούστερη μέθοδος της μελέτης της απόδοσης χωρητικότητας του συστήματος χρησιμοποιεί τις εξισώσεις φορτίων συνδυαζόμενες με τους προϋπολογισμούς συνδέσεων. Οι προϋπολογισμοί συνδέσεων απαιτούνται στα downlink capacity-limited σενάρια για να αξιολογήσουν την απαίτηση ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης. Οι εξισώσεις φορτίων και οι προϋπολογισμοί συνδέσεων είναι επίσης χρήσιμοι για την αναγνώριση των παραμέτρων που χρειάζεται να βελτιωθούν για να αυξήσουν την χωρητικότητα συστήματος. Τα εργαλεία προγραμματισμού ραδιοδικτύων WCDMA μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν μια ακριβέστερη και λεπτομερή αξιολόγηση της χωρητικότητας συστήματος.

2.3.1 Uplink και Downlink Capacity-limited σενάρια

Ένα κατά χωρητικότητα-περιορισμένο στην uplink κατεύθυνση σενάριο εμφανίζεται όταν επιτυγχάνεται το μέγιστο uplink φορτίο πριν ο σταθμός βάσης να ξεμείνει από την ισχύ μετάδοσης. Αυτό σημαίνει ότι κανένας πρόσθετος χρήστης δεν μπορεί να υποστηριχθεί χωρίς υποβάθμιση της προγραμματισμένης απόδοσης κάλυψης υπηρεσιών. Αυτό είναι πιθανό να εμφανιστεί στα περιβάλλοντα όπου οι απαιτήσεις χωρητικότητας είναι σχετικά χαμηλές και το δίκτυο έχει σχεδιαστεί με ένα χαμηλό uplink cell load ώστε να μεγιστοποιήσει την ακτίαν της κυψέλης και συνεπώς να μειώσει την απαίτηση για τις τοποθεσίες. Η κυκλοφορία που συνδέεται με ένα uplink capacity-limited σενάριο είναι γενικώς σχετικά συμμετρική. Η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος για ένα uplink-περιορισμένο σενάριο απαιτεί η uplink εξίσωση φορτίου να ενισχυθεί.

Ένα κατά-χωρητικότητα-περιορισμένο downlink σενάριο εμφανίζεται όταν ο σταθμός βάσης ξεμείνει από ισχύ μετάδοσης. Πρόσθετοι χρήστες δεν μπορούν να προστεθούν χωρίς τροποποίηση της διαμόρφωσης της τοποθεσίας. Downlink Capacity-limited σενάρια είναι πιθανό να εμφανιστούν στα προαστιακά ή αστικά περιβάλλοντα όπου το δίκτυο έχει προγραμματιστεί σε μια σχετικά υψηλή uplink φόρτωση κυψελών. Η κυκλοφορία που συνδέεται με ένα Downlink Capacity-limited σενάριο είναι γενικά ασυμμετρική με ένα μεγαλύτερο ποσό κυκλοφορίας στην downlink κατεύθυνση.

Πίνακας 2.3: Uplink and downlink capacity-limited scenarios.

	Uplink limited	Downlink limited
Limiting factor	Uplink cell load	BTS transmit power
Common reasons	Planned to a low uplink cell load	Planned to a high uplink cell load Low BTS transmit power capability Greater traffic on the downlink
Indications	High BTS transmit power capability Relatively symmetric traffic BTS transmit power not at maximum Uplink cell load at maximum	BTS transmit power at maximum Uplink cell load not at maximum
Solution	Improve uplink load equation	Improve downlink load equation Improve downlink link budget

Τα κατά χωρητικότητα περιορισμένα downlink σενάρια είναι επίσης πιθανό να προκύψουν όταν το δίκτυο έχει διαμορφωθεί με χαμηλή ικανότητα μετάδοσης ισχύος του σταθμού βάσης, η οποία μπορεί να είχε γίνει σε μερικές περιπτώσεις για να μειώσει την απαίτηση για υπομονάδες ενισχυτών ισχύος. Η αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος για ένα downlink περιορισμένο σενάριο απαιτεί είτε την downlink εξίσωση φορτίου είτε τον downlink προϋπολογισμό συνδέσεων να ενισχυθεί. Ο πίνακας 2.3 συνοψίζει τα χαρακτηριστικά των uplink και downlink capacity-limited σεναρίων.

2.3.2 Ανάλυση εξίσωσης φορτίου

Οι χωριστές εξισώσεις φορτίου χρησιμοποιούνται για να μελετηθούν οι uplink και downlink κατευθύνσεις. Και οι δύο περιλαμβάνουν την απαίτηση E_b/N_o , την επεξεργασία του κέρδους, τον παράγοντα δραστηριότητας και την διά-κυψελική παρέμβαση. Η downlink εξίσωση περιλαμβάνει επίσης έναν παράγοντα ορθογωνικότητας και SHO overhead. Η uplink εξίσωση περιλαμβάνει μια αύξηση στο επίπεδο διά-κυψελικής παρέμβασης ως αποτέλεσμα της σκέψης ότι ο έλεγχος ισχύος στα παρακείμενα κύτταρα να είναι ασύνδετος με την εξασθένιση στον δέκτη του σταθμού βάσης.

Η uplink εξίσωση φορτίου παρουσιάζεται ως εξίσωση (3.7) στο τμήμα 3.1.1.1. Είναι αντιληπτό ότι η φόρτωση κυψελών είναι άμεσα ανάλογη και προς την απαίτηση E_b/N_o και προς το bit rate. Για οποιαδήποτε δοσμένα bit rate και επίπεδο uplink φορτίου, μια χαμηλότερη απαίτηση E_b/N_o επιτρέπει στο σύστημα να υποστηρίξει έναν μεγαλύτερο αριθμό χρηστών. Η σχέση μεταξύ E_b/N_o και του bit rate καθορίζει πώς η γενική απόδοση των κυψελών μπορεί να μεγιστοποιηθεί.

Πίνακας 2.4 Παραλλαγή στην uplink απόδοση κυψελών με μίξη υπηρεσιών.

	12.2 kbps speech	64 kbps data	144 kbps data	384 kbps data
Data users	-	10	5	2
Speech users	51	2	1	4
Total throughput	622 kbps	664 kbps	732 kbps	817 kbps

Ο πίνακας 2.4 επεξηγεί την παραλλαγή της απόδοσης κυψελών για τις διάφορες μίξεις υπηρεσιών. Ο αριθμός χρηστών που παρουσιάζεται σε κάθε στήλη αντιστοιχεί σε ένα uplink φορτίο κυψελών της τάξης του 50%. Η πρώτη στήλη περιλαμβάνει μόνο τους χρήστες ομιλίας. Οι υπόλοιπες στήλες περιλαμβάνουν ένα μίγμα των χρηστών ομιλίας και δεδομένων. Η μέθοδος που υιοθετείται ήταν να προστεθούν όσο το δυνατόν περισσότεροι χρήστες δεδομένων χωρίς

υπέρβαση του ορίου 50%. Οποιαδήποτε εφεδρική χωρητικότητα μετά, έχει παραχωρηθεί στους χρήστες ομιλίας.

Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η γενική απόδοση κυψελών μεγιστοποιείται όταν υπάρχει ένα μεγάλο μέρος των χρηστών με υψηλό ρυθμό δεδομένων. Κατά συνέπεια ένας χειριστής μπορεί να ωφεληθεί από τη διάθεση των υψηλών bit rates για σύντομες χρονικές περιόδους παρά χαμηλά bit rates για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Πράττοντας έτσι εντούτοις, τοποθετεί μεγαλύτερες απαιτήσεις επάνω στην απόδοση κάλυψης υπηρεσιών.

Η εξίσωση φορτίου downlink παρουσιάζεται ως εξίσωση (3.8) στο τμήμα 3.1.1.2. Σε αυτήν την περίπτωση η εξίσωση φορτίου περιλαμβάνει το overhead λόγω SHO και μια μείωση της παρέμβασης ίδιας-κυψελής λόγω ορθογωνικότητας μεταξύ των κωδίκων channelisation. Γενικά, για οποιοδήποτε δεδομένο αριθμό χρηστών το φορτίο στην κατιούσα σύνδεση θα είναι μεγαλύτερο από αυτό στην ανιούσα. Αυτό είναι διευκρινισμένο στον πίνακα 2.5 και για την υπηρεσία ομιλίας στα 12.2 kbps και για την υπηρεσία δεδομένων στα 64/144kbps. Στην περίπτωση της υπηρεσίας ομιλίας το φορτίο downlink είναι μεγαλύτερο αλλά η διαφορά δεν είναι μεγάλη. Αυτή η υπηρεσία θα έτεινε να παράγει ένα κατά-χωρητικότητα-περιορισμένο uplink σενάριο. Για την υπηρεσία δεδομένων μία 1:10 uplink-to-downlink αναλογία δραστηριότητας έχει υποθεθεί. Συνδυασμένο με τα ασυμμετρικά data rates, αυτό οδηγεί σε μια σημαντική διαφορά στο uplink φορτίο κυψελών. Αυτή η υπηρεσία θα έτεινε να παράγει ένα κατά-χωρητικότητα-περιορισμένο downlink σύστημα.

Η επίδειξη ενός κατά-χωρητικότητα-περιορισμένου uplink συστήματος απαιτεί μόνο την uplink εξίσωση φορτίου. Η επίδειξη ενός κατά-χωρητικότητα-περιορισμένου downlink συστήματος απαιτεί την εξίσωση φορτίου downlink που συνδυάζεται με τους uplink και downlink προϋπολογισμούς συνδέσεων. Ο uplink προϋπολογισμός συνδέσεων χρησιμοποιείται για να καθορίσει την ακτίνα κυψέλης, η οποία με τη σειρά της, διαμορφώνει μια εισαγωγή/είσοδο στον downlink προϋπολογισμό συνδέσεων.

2.3.3 Αναγνωρίζοντας την περιοριστική σύνδεση

Ο πίνακας 2.5 παρουσίασε τα uplink και downlink φορτία για τις υπηρεσίες ομιλίας στα 12.2 kbps και δεδομένων στα 64/144 kbps. Αυτά εμφανίστηκαν να δείχνουν ότι για ένα κατά 50% φορτωμένο σύστημα η υπηρεσία ομιλίας θα ήταν uplink capacity limited και η υπηρεσία δεδομένων θα ήταν downlink capacity limited. Η επιβεβαίωση αυτού απαιτεί αξιολόγηση της απαίτησης της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης που βασίζεται στον downlink προϋπολογισμό συνδέσεων [1]. Αυτό γίνεται στον πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.5 Μια σύγκριση uplink και downlink φορτίων κυψέλης.

	Speech service		Asymmetric data service	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Number of users	51	51	5	5
Bit rate	12.2 kbps	12.2 kbps	64 kbps	144 kbps
E_p/N_0 requirement	4.0 dB	6.5 dB	2.0 dB	5.0 dB
MDC gain	0.0 dB	1.2 dB	0.0 dB	1.2 dB
Activity factor	0.67	0.58	0.1	1.0
Inter-cell interference	0.65	0.65	0.65	0.65
Increase in inter-cell interference	1 dB	-	1dB	-
Soft handover overhead	-	0.40	-	0.40
Orthogonality	-	0.50	-	0.50
Cell loading	50%	63%	2%	72%

Έχει θεωρηθεί ότι 20W της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης είναι διαθέσιμα. Το 20% αυτού έχει οριστεί στα πειραματικά και κοινά κανάλια ελέγχου. Οι αριθμοί επιτρεπτής απώλειας διάδοσης έχουν ληφθεί από τους uplink προϋπολογισμούς συνδέσεων που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2. Σημειώστε ότι ο αριθμός που αντιστοιχεί στην υπηρεσία των 64 kbps έχει χρησιμοποιηθεί και στις δύο περιπτώσεις. Είναι απίθανο ότι ένα δίκτυο WCDMA θα σχεδιαζόταν βασισμένο μόνο πάνω στην υπηρεσία ομιλίας. Στην περίπτωση της υπηρεσίας ομιλίας υποτίθεται ότι υπάρχουν ικανοποιητικοί χρήστες για να υποθέσουμε ακίνδυνα μια ομοιόμορφη διανομή των χρηστών σε ολόκληρη την κυψέλη. Ο επόμενος υπολογισμός είναι έπειτα βασισμένος στη μέση επιτρεπτή απώλεια διάδοσης, η οποία είναι 6 DB λιγότερη από αυτή στην άκρη της κυψέλης [2]. Στην περίπτωση της υπηρεσίας δεδομένων όλοι οι χρήστες υποτίθεται ότι ήταν στην άκρη της κυψέλης και η χειρότερη περίπτωση απώλειας διάδοσης χρησιμοποιείται. Η άνοδος θορύβου που παρουσιάζεται αντιστοιχεί στον αριθμό χρηστών και την downlink φόρτωση κυψελών που παρουσιάζεται στον πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.6: Downlink προϋπολογισμός σύνδεσης χρησιμοποιούμενος για να εκτιμηθεί η απαίτηση ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης

	Speech service	Asymmetric data service
Number of users	51	5
Soft handover overhead	0.40	0.40
Pilot and common channel	36 dBm	36 dBm
Allowed propagation loss	154.4 dBm	154.4 dBm
Allowed propagation loss	6 dB	0dB
Downlink Eb/N0 requirement	6.5 dB	5.0 dB
MDC gain	1.2 dB	1.2 dB
Noise rise	4.3 dB	5.6 dB
BTS antenna gain	18.5 dBi	18.5 dBi
BTS cable loss	2 dB	2 dB
MS antenna gain	0dBi	0dBi
MS body loss	3 dB	0dB
Transmit power required/TCH	19.4 dBm	32.9 dBm
Total transmit power required	41.4 dBm	42.4 dBm

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ένα κύτταρο που φορτώνεται με 51 χρήστες ομιλίας απαιτεί μια ισχύ μετάδοσης σταθμού βάσης 41.4dBm. Αυτό επιβεβαιώνει ότι το σενάριο είναι uplink capacity limited - η προσθήκη άλλου ένα χρήστη ομιλίας θα ανάγκαζε το 50% uplink φορτίο να ξεπεραστεί χωρίς να καταναλώσει και τα 43dBm της B.S. ισχύος μετάδοσης. Τα αποτελέσματα επίσης δείχνουν ότι η υπηρεσία δεδομένων kbps 64/144 οδηγεί σε ένα κατά-χωρητικότητα-περιορισμένο downlink σενάριο. Οι τέσσερις χρήστες δεδομένων παράγουν ένα uplink φορτίο μόνο 2% ενώ η απαίτηση της BS ισχύος μετάδοσης είναι 42,4dBm. Η προσθήκη άλλου ένα χρήστη θα απαιτούσε περισσότερη ισχύ από τα διαθέσιμα 43dBm.

2.4 Uplink φορτίο κυψέλης και Ισχύς Μετάδοσης Σταθμού Βάσης

Το uplink φορτίο κυψέλης και η ισχύς μετάδοσης σταθμού βάσης αποτελούν τους περιοριστικούς παράγοντες για uplink και downlink capacity-limited συστήματα. Το κατάλληλο επίπεδο του uplink φορτίου κυψέλης θα έπρεπε να αξιολογηθεί κατά τη διάρκεια του αρχικού σχεδιασμού του ραδιοδικτύου. Το επίπεδο που επιλέγεται πρέπει να είναι ικανοποιητικό ώστε να

υποστηρίζει τις αρχικές αλλά τις βραχυ-/μακροπρόθεσμες προσδοκίες κυκλοφορίας. Μόλις επεκταθεί το δίκτυο, είναι σχετικά δύσκολο να αυξηθεί το όριο φόρτωσης κυψέλης χωρίς να πρέπει να παρεμβληθούν πρόσθετες τοποθεσίες για να διατηρήσει την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών.

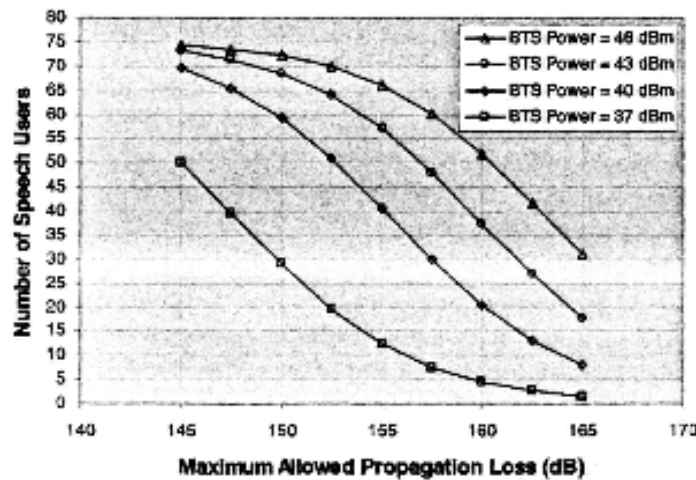
Η απαίτηση ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης πρέπει επίσης να προγραμματιστεί κατά τη διάρκεια του αρχικού σχεδιασμού του ραδιοδικτύου. Εντούτοις, είναι σχετικά εύκολο να αναβαθμιστεί η ισχύς αυτή χωρίς αλλαγή του σχεδιαγράμματος του ραδιο σχεδίου. Σε αυτήν την περίπτωση η αρχική διαμόρφωση μπορεί να βασιστεί μόνο στη βραχυπρόθεσμη προσδοκία κυκλοφορίας. Αυτό επιτρέπει στο χειριστή για να καθυστερήσει τις δαπάνες για το υλικό του σταθμού βάσης. Αυτό πρέπει να ισορροπηθεί ενάντια στο κόστος των επόμενων βελτιώσεων των τοποθεσιών.

2.4.1 Αντίκτυπος του Uplink φορτίου κυψέλης

Το μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο του uplink φορτίου κυψέλης καθορίζει το περιθώριο παρέμβασης που εμφανίζεται σε οποιοδήποτε υπολογισμό προϋπολογισμού συνδέσεων. Όσο μεγαλύτερη η φόρτωση κυψέλης, τόσο μεγαλύτερος ο αριθμός τοποθεσιών καθώς επίσης και η μεγαλύτερη πιθανή χωρητικότητα ανά τοποθεσία.

Για ένα κατά-χωρητικότητα-περιορισμένο uplink σύστημα, η χωρητικότητα ανά τοποθεσία είναι άμεσα ανάλογη προς το μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο uplink φορτίου κυψέλης. Κάθε χρήστης που εγκαθιστά μια σύνδεση και έχει την ίδια απαίτηση E_b/N_0 και τον ίδιο παράγοντα δραστηριότητας, αυξάνει το φορτίο κυψέλης κατά το ίδιο ποσό. Ο διπλασιασμός του μέγιστου φορτίου κυψέλης οδηγεί στο διπλάσιο τη χωρητικότητα κυψέλης για ένα κατά-χωρητικότητα-περιορισμένο uplink σύστημα. Ο αντίκτυπος στην ακτίνα κυψέλης εξαρτάται από τα απόλυτα επίπεδα φορτίου κυψέλης. Η σχέση μεταξύ του φορτίου κυψέλης και της μέγιστης επιτρεπτής απώλειας διάδοσης είναι εκθετική. Η εξίσωση (3.9) από το κεφάλαιο 3 περιγράφει τη σχέση μεταξύ του φορτίου κυψέλης και της προκύπτουσας αύξησης στο επίπεδο παρέμβασης δέκτη. Καθώς το φορτίο κυψέλης προσεγγίζει το 100% , το επίπεδο παρέμβασης δέκτη αυξάνεται χωρίς όριο. Αυτός ο όρος δεν εμφανίζεται ποτέ στην πράξη επειδή ο πληθυσμός των κινητών τερματικών έχει μια πεπερασμένη ικανότητα ισχύος μετάδοσης. Το ελάχιστο συνιστώμενο uplink φορτίο κυψέλης στο οποίο ένα δίκτυο πρέπει να προγραμματιστεί είναι 30%, ενώ το μέγιστο είναι 70%. Ο προγραμματισμός για το 30% στο uplink φορτίο κυψέλης οδηγεί στο 1.5 DB του περιθωρίου παρέμβασης, ενώ προγραμματίζοντας στο 70% του φορτίου κυψέλης οδηγεί σε 5.2 DB του περιθωρίου. Υποθέτοντας μια κλίση οδικής απώλειας διάδοσης 3.5, αυτό αντιστοιχεί σε 61% περισσότερες τοποθεσίες από όταν προγραμματίζεται το δίκτυο στο 30%. Επιπλέον, εάν η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην uplink κατεύθυνση τότε η χωρητικότητα ανά κυψέλη θα αυξανόταν κατά έναν παράγοντα 2.3. Για ένα δίκτυο που βασίζεται σε τριπλού τομέα τοποθεσίες, αυτό οδηγεί σε μια χωρητικότητα συστήματος 3.7 φορές μεγαλύτερη από όταν προγραμματίζεται το δίκτυο στο 30% του φορτίου κυψέλης.

Όταν η χωρητικότητα συστήματος είναι περιορισμένη στην κατιούσα σύνδεση, ο προγραμματισμός σε ένα υψηλότερο uplink φορτίο κυψέλης θα οδηγήσει επίσης σε μια υψηλότερη χωρητικότητα ανά κυψέλη. Αυτό οφείλεται στη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης που είναι λιγότερη και στο σταθμό βάσης που έχει έναν χαμηλότερο μέσο όρο ισχύος μετάδοσης ανά χρήστη. Το σχήμα 2.1 επεξηγεί τη σχέση μεταξύ της χωρητικότητας και της επιτρεπτής απώλειας διάδοσης για ένα macrocellular περιβάλλον.



Σχήμα 2.1: Σχέση μεταξύ μέγιστης επιτρεπτής απώλειας διάδοσης και macrocell χωρητικότητας, με την ισχύ μετάδοσης του σταθμού βάσης ως παράμετρο

Εάν, παραδείγματος χάριν, ένα κύτταρο που διαμορφώνεται με έναν ενισχυτή ισχύος 43 dBm έχει μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης 160 DB όταν προγραμματίζεται σε μια 30% φόρτωση, η χωρητικότητα θα αυξανόταν από 37 έως 52 χρήστες ομιλίας εάν το προγραμματισμένο φορτίο κυψέλης αυξανόταν σε 70%. Η σχετική αύξηση στην χωρητικότητα εξαρτάται από τις απόλυτες τιμές της επιτρεπτής απώλειας διάδοσης. Εάν ο αρχικός αριθμός οδικής απώλειας ήταν 150 DB, η αύξηση θα ήταν πολύ λιγότερη.

Πίνακας 2.7: Αντίκτυπος της αύξησης του προγραμματισμένου επιπέδου της uplink φόρτωσης της κυψέλης.

	Uplink capacity limited	Downlink capacity limited
System capacity	Increased number of sites leads to increased capacity	Increased number of sites leads to increased capacity
Per-cell capacity	Increased cell loading leads to a proportional increase in capacity	Capacity increases as a result of the lower average base station transmit power requirement

Ο πίνακας 2.7 ανακεφαλαιώνει τον αντίκτυπο της αύξησης του προγραμματισμένου επιπέδου της φόρτωσης της κυψέλης για uplink και downlink capacity-limited συστήματα.

2.4.2 Αντίκτυπος της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης

Η Ισχύς μετάδοσης που ανατίθεται σε μια WCDMA κυψέλη πρέπει να μοιραστεί μεταξύ όλων των ενεργών χρηστών που ανήκουν σε εκείνη την κυψέλη, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που συνδέθηκαν με SHO. Ένας χαμηλότερος μέσος όρος απαίτησης σε ισχύ μετάδοσης έχει ως αποτέλεσμα μια υψηλότερη χωρητικότητα κυψέλης. Γενικά, περίπου 20% της ισχύος κυψέλης δίδεται στα πειραματικά και κοινά κανάλια ελέγχου. Το υπόλοιπο 80% είναι διαθέσιμο για να υποστηρίξει την χωρητικότητα καναλιών κυκλοφορίας. Ένα φάσμα χαρακτηριστικής ισχύος μετάδοσης σταθμού βάσης στο WCDMA παρουσιάζεται στον πίνακα 2.8.

Πίνακας 2.8 : Τυπικές διαμορφώσεις BTS ισχύος μετάδοσης.

Base station Tx power per cell per carrier	Application
37 dBm (5 W)	Provides low capacity for scenarios where main objective is providing service coverage
40 dBm (10 W)	Provides medium capacity per carrier. Two carriers each configured with 10 W provide greater capacity than one carrier configured with 20 W
43 dBm (20 W)	Provides high capacity per carrier
46 dBm (40 W)	Provides increased capacity per carrier when maximum allowed propagation loss is relatively high

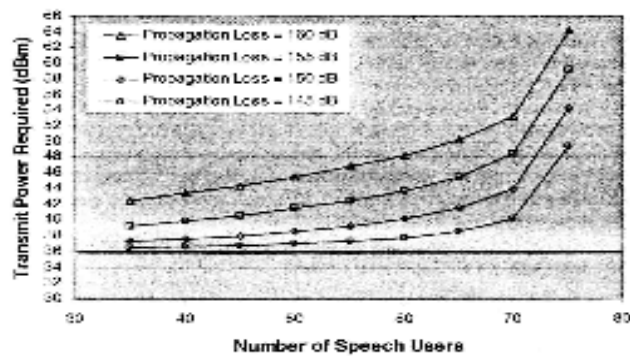
Η χωρητικότητα που προσφέρεται από κάθε διαμόρφωση ισχύος μετάδοσης είναι μια λειτουργία του σχεδιαγράμματος κυκλοφορίας καθώς επίσης και της μέγιστης απώλειας διάδοσης που καθορίζει την ακτίνα κυψέλης. Όσο μεγαλύτερη η απώλεια διάδοσης, τόσο μεγαλύτερος ο μέσος όρος απαίτησης της ισχύος μετάδοσης και τόσο χαμηλότερη η χωρητικότητα κυψέλης. Αυτό το τμήμα εξετάζει έναν πληθυσμό των χρηστών ομιλίας που διανέμονται ομοιόμορφα σε ολόκληρη την κυψέλη.

Το σχήμα 2.1 παρέχει μια απεικόνιση για το πώς η χωρητικότητα ποικίλλει με την επιτρεπτή απώλεια διάδοσης και την ικανότητα ισχύος μετάδοσης της κυψέλης. Επιστρέφοντας στους προϋπολογισμούς συνδέσεων που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2, ένα κύτταρο που προγραμματίζεται για 384 kbps έχει μια σχετική μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης 149.6 DB.

Σύμφωνα με το σχήμα 2.1, αυτό αντιστοιχεί σε μια χωρητικότητα 68 χρηστών ομιλίας για μια ικανότητα ισχύος μετάδοσης 20W. Ο διπλασιασμός της ισχύος σε 40 W αυξάνει την χωρητικότητα κατά 7%. Σε αυτήν την περίπτωση η σχετικά μικρή ακτίνα κυψέλης επιτρέπει στο επίπεδο της downlink φόρτωσης να γίνει υψηλό πριν το κύτταρο ξεμείνει από ισχύ μετάδοσης. Το αποτέλεσμα της υψηλής downlink φόρτωσης κυψέλης είναι ότι κάθε πρόσθετος χρήστης παράγει μια σχετικά μεγάλη αύξηση στο κινητό τελικό επίπεδο παρέμβασης και οποιαδήποτε πρόσθετη ικανότητα ισχύος μετάδοσης καταναλώνεται γρήγορα. Η γενική χωρητικότητα κυψέλης θα ήταν μεγαλύτερη εάν τα πρόσθετα 20 W της ισχύος μετάδοσης ήταν ανατεθειμένα σε έναν χωριστό μεταφορέα. Ένα κύτταρο που διαμορφώνεται με δύο 20 μεταφορείς W έχει μια χωρητικότητα τουλάχιστον δύο φορές αυτή ενός μονού μεταφορέα 20 W.

Μια κυψέλη που προγραμματίζεται για την υπηρεσία 144 kbps έχει μια υψηλότερη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης και σε αυτήν την περίπτωση η διαφορά μεταξύ των ποικίλων τιμών χωρητικότητας είναι μεγαλύτερη. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα των χαμηλότερων διαμορφώσεων ισχύος μετάδοσης που στερούν από ισχύ προτού η κυψέλη υπερφορτωθεί. Οποιοδήποτε πρόσθετοι χρήστες δεν παράγουν τότε μεγάλες ανόδους στο κινητό τελικό επίπεδο παρέμβασης. Εντούτοις η γενική χωρητικότητα κυψέλης παραμένει μέγιστη όταν η ισχύς μετάδοσης σταθμού βάσης μοιράζεται στους διαθέσιμους μεταφορείς. Εξετάζοντας μια κυψέλη που διαμορφώνεται με 40 W και μια μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης 155 DB, μια διαμόρφωση μονού μεταφορέα οδηγεί σε μια χωρητικότητα 66 χρηστών ομιλίας. Εάν η ίδια ισχύς μοιράζεται σε δύο μεταφορείς τότε η χωρητικότητα είναι μεγαλύτερη από 114 χρήστες.

Ο αντίκτυπος της υψηλής downlink φόρτωσης κυψέλης είναι διευκρινισμένος στο σχήμα 2.2. Αυτό παρουσιάζει την BS ισχύ μετάδοσης που απαιτείται ως λειτουργία της φόρτωσης κυψέλης, με την επιτρεπτή απώλεια διάδοσης ως παράμετρο. Μια ισχύς μετάδοσης των 36dBm έχει οριστεί στα πειραματικά και κοινά κανάλια ελέγχου (αυτό αντιπροσωπεύει 20% του 20 W). Δεδομένου ότι η φόρτωση κυψέλης αυξάνεται, μεγαλώνει επίσης και η αυξητική απαίτηση ισχύος μετάδοσης για κάθε πρόσθετο χρήστη. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα της εκθετικής αύξησης στο επίπεδο παρέμβασης δέκτη με τη φόρτωση κυψέλης και είναι ο λόγος για την ανεπάρκεια στην ανάθεση των μεγάλων ποσοτήτων ισχύος μετάδοσης σε έναν μονό μεταφορέα.



Σχήμα 2.2: Σχέση μεταξύ της απαιτήσης ισχύος ετάδοσης του σταθμού βάσης και της φότωσης κυψέλης με την επιτρεπτή απώλεια διάδοσης ως παράμετρο. 20% της ισχύος του σταθμού βάσης έχουν κατοχυρωθεί για τα κοινά downlink κανάλια.

Ο αντίκτυπος της ικανότητας της BS ισχύος μετάδοσης στην απόδοση κάλυψης υπηρεσιών είναι εξαρτώμενος από τους uplink και downlink προυπολογισμούς συνδέσεως. Υπό κανονικές συνθήκες, η κάλυψη υπηρεσιών είναι uplink-limited και η BS ισχύς μετάδοσης δεν έχει καμία επίδραση επάνω στην κάλυψη υπηρεσιών. Εντούτοις, σε μερικές περιπτώσεις, όπως ο σταθμός βάσης των 5 W με τις ασυμμετρικές υπηρεσίες δεδομένων και τη χρήση των επικεφαλείς ενισχυτών ιστών, η κάλυψη υπηρεσιών μπορεί να γίνει downlink-limited. Σε αυτήν την περίπτωση η κάλυψη υπηρεσιών συσχετίζεται άμεσα με τη μέγιστη ισχύ που ορίζεται σε ένα μονό κανάλι κυκλοφορίας.

2.5 Πρόσθετοι μεταφορείς και κώδικες ανακατώματος

Οι πρόσθετοι μεταφορείς διαμορφώνουν τον απλούστερο και αποτελεσματικότερο τρόπο για να αυξήσουν την χωρητικότητα του συστήματος. Η απόδοση κάλυψης υπηρεσιών βελτιώνεται γενικά ως συνέπεια της μείωσης του uplink φορτίου σε κάθε μεταφορέα. Αυτή η βελτίωση μειώνεται καθώς η κυκλοφορία αυξάνει και το φορτίο κυψέλης γίνεται τόσο υψηλό σε κάθε μεταφορέα όπως ήταν αρχικά. Όταν ένας σταθμός βάσης του οποίου η χωρητικότητα είναι downlink-limited, έχει μια περιορισμένη ικανότητα ισχύος μετάδοσης, η χωρητικότητα του συστήματος μεγιστοποιείται με τη διανομή της ισχύος στους διαθέσιμους μεταφορείς. Παραδείγματος χάριν, η χωρητικότητα δύο μεταφορέων, που ο καθένας διαμορφώνεται με 10W μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή ενός μονού μεταφορέα που διαμορφώνεται με 20 W.

Οι συμπληρωματικοί κωδικοί ανακατώματος χρησιμοποιούνται όταν η χωρητικότητα του συστήματος είναι hard-limited από το πλήθος των διαθέσιμων channelisation κωδικών. Γενικά, για ένα μακροκυψελικό περιβάλλον η χωρητικότητα περιορίζεται είτε από την uplink φόρτωση κυψέλης είτε από την ικανότητα της BS ισχύος μετάδοσης. Οι κώδικες για το Channelisation γίνονται ο περιοριστικός παράγοντας υπό σενάρια σχετικά υψηλής απόδοσης. Αυτό είναι πιθανότερο να εμφανιστεί είτε σε μικροκυψελικά είτε σε εσωτερικά σενάρια όπου το εύρος κυψέλης είναι περιορισμέν και η ορθογωνικότητα του κώδικα είναι υψηλή.

2.5.1 Αντίκτυπος των πρόσθετων μεταφορέων

Η πλειοψηφία των χειριστών WCDMA έχει περισσότερους από έναν μονό μεταφορέα. Γενικά δύο ή τρεις μεταφορείς ανά χειριστή έχουν άδεια από την τοπική ρυθμιστική αρχή. Οι χειριστές πρέπει έπειτα να καθορίσουν μια στρατηγική για να διανείμουν τους μεταφορείς τους σε όλη την ιεραρχία δικτύου. Οι μεταφορείς μπορούν είτε να αφιερωθούν είτε να μοιραστούν μεταξύ των στρωμάτων. Η διανομή των μεταφορέων μπορεί να παρέχει την υψηλότερη γενική χωρητικότητα

συστήματος και την αποδοτικότητα του φάσματος αλλά απαιτεί πολύ προσεκτικό σχεδιασμό του ραδιο δικτύου για να εξασφαλίσει επαρκή απομόνωση μεταξύ των macro και micro στρωμάτων. Ο αντίκτυπος του διορισμού των πολλαπλών μεταφορέων σε ένα μονό κύτταρο εξαρτάται από το εάν η χωρητικότητα του συστήματος είναι uplink ή downlink limited, από την ισχύ μετάδοσης που ορίζεται σε κάθε μεταφορέα και από το εάν η λειτουργία διαχείρισης των ραδιοπόρων υποστηρίζει την εξισορρόπηση φορτίων μεταξύ των μεταφορέων. Αν και η μεγιστοποίηση του αριθμού μεταφορέων σε ένα κύτταρο παρέχει τον αποδοτικότερο τρόπο για την αξιοποίηση των πόρων από την άποψη της air interface φόρτωσης και των απαιτήσεων ισχύος μεταβίβασης, οι χειριστές θα προσθέσουν γενικώς τους μεταφορείς μόνο όταν και όπως ζητηθεί από την αύξηση σε ζήτηση για την χωρητικότητα του συστήματος. Αυτό επιτρέπει στο χειριστή να καθυστερήσει οποιοσδήποτε κύριες δαπάνες για το υλικό του σταθμού βάσης.

Στην απλούστερη περίπτωση, η πρόσθεση ενός δεύτερου μεταφορέα με την ίδια διαμόρφωση όπως ο πρώτος πάντα τουλάχιστον θα διπλασιάζει την χωρητικότητα κυψέλης. Εάν το σύστημα υποστηρόξει την εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ των μεταφορέων, θα υπάρξει ένα πρόσθετο κέρδος ζεύξεων και η χωρητικότητα θα υπερδιπλασιαστεί. Ο αντίκτυπος επάνω στην κάλυψη υπηρεσιών εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από το αρχικό επίπεδο του uplink φορτίου κυψέλης. Υποθέτοντας ότι η κυκλοφορία διανέμεται ομοιόμορφα στους μεταφορείς, η οποία αντιπροσωπεύει τον αποδοτικότερο τρόπο για την αξιολόγηση των πόρων σε σχέση με την air interface φόρτωση και τις απαιτήσεις ισχύος μετάδοσης, το φορτίο κυψέλης θα διχοτομηθεί. Εάν το αρχικό φορτίο κυψέλης ήταν χαμηλό, διχοτομώντας το δεν θα ασκήσει σημαντική επίδραση επάνω στην απόδοση κάλυψης. Εάν το φορτίο κυψέλης ήταν σχετικά υψηλό, εντούτοις, η απόδοση κάλυψης θα βελτιωθεί. Αυτή η βελτίωση θα μικρύνει καθώς τα επίπεδα κυκλοφορίας δικτύου αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου και το φορτίο κυψέλης σε κάθε μεταφορέα πλησιάζει αυτό αρχικά στον πρώτο μεταφορέα.

Τα γραφεία του σταθμού βάσης φιλοξενούν γενικά έναν σταθερό αριθμό υπομονάδων ενισχυτών ισχύος και πομποδεκτών. Συχνά τα γραφεία μπορούν να συνδεθούν σειριακά, αλλά αυτό δεν είναι μια ελκυστική λύση από άποψη κόστους και απαιτήσεων χώρου του θάλαμου. Για τα σενάρια όπου ο σταθμός βάσης ξεμένει από χώρο για πρόσθετες υπομονάδες ενισχυτών ισχύος, η ισχύ των υπαρχουσών υπομονάδων μπορεί να μοιραστεί καθώς οι πρόσθετοι μεταφορείς προστίθενται. Για παράδειγμα, εξετάστε ένα θάλαμο σταθμών βάσης που υποστηρίζει 12 υπομονάδες πομποδεκτών και έξι υπομονάδες ενισχυτών ισχύος. Οι εγκατεστημένες υπομονάδες ενισχυτών ισχύος θα μπορούσαν να έχουν οποιαδήποτε πρακτική ικανότητα ισχύος μετάδοσης. Υποθέστε για αυτό το παράδειγμα ότι ο χειριστής έχει προγραμματίσει το δίκτυο για την κάλυψη 384 kbps και έχει αγοράσει έτσι υπομονάδες ενισχυτών ισχύος 20W, δεδομένου ότι υπομονάδες 40W φέρνουν λίγο κέρδος όταν η επιτρεπτή απώλεια διάδοσης είναι σχετικά χαμηλή. Μόλις φθάσει ο χειριστής σε μια διαμόρφωση 2 + 2 + 2 δεν υπάρχει κανένας πρόσθετος χώρος για τις υπομονάδες ενισχυτών ισχύος που απαιτούνται για να αναβαθμίσουν σε 3 + 3 + 3. Οι μισές από τις υπομονάδες ενισχυτών θα μπορούσαν να ανταλλαχθούν για υπομονάδες 40W, οπότε σ' αυτή την περίπτωση σε όλους τους μεταφορείς θα μπορούσαν να οριστούν 20W. Εναλλακτικά οι έξι υπάρχουσες υπομονάδες 20W θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν σε έναν μεταφορέα 20W και στους υπόλοιπους δύο μεταφορείς με 10W στον καθένα. Η απώλεια χωρητικότητας με αυτό τον τρόπο είναι μόνο 10-20% σχετικά με την χρήση 20W ανά μεταφορέα.

Ο πίνακας 2.9 παρουσιάζει την χωρητικότητα των διάφορων πολλαπλών διαμορφώσεων μεταφορέων. Η ανάλυση απλοποιεί τα θέματα με το να υποθέσει ότι μόνο οι χρήστες ομιλίας φορτώνουν την κυψέλη. Αυτό επιτρέπει στην εξίσωση Erlang B να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογηθεί το κέρδος ζεύξεων.

Η σύγκριση της δεύτερης και τρίτης σειράς του πίνακα 2.9 επεξηγεί το γεγονός ότι ο διπλασιασμός του αριθμού μεταφορέων διατηρώντας έναν ίσο αριθμό υπομονάδων ενισχυτών ισχύος οδηγεί μόνο σε 15% λιγότερη χωρητικότητα συγκριτικά με την περίπτωση που ο αριθμός υπομονάδων ενισχυτών ισχύος διπλασιαζόταν επίσης. Στην περίπτωση της μετανάστευσης σε τρεις μεταφορείς, η απώλεια χωρητικότητας διατηρώντας έξι υπομονάδες ενισχυτών ισχύος 20W

σχετικά με την αναβάθμιση τριών από αυτούς σε 40 W είναι 9%. Αυτό καταδεικνύει ότι η χωρητικότητα του συστήματος είναι σημαντικά πλιό ευαίσθητη στο πλήθος των μεταφορέων παρά στην ισχύ με την οποία εκείνοι οι μεταφορείς διαμορφώνονται.

Πίνακας 2.9: Τυπικές τιμές χωρητικότητας για μια downlink capacity-limited κυψέλη με ποικίλες διαμορφώσεις φορέα και ισχύος μετάδοσης^a.

Site configuration	Power amplifier modules	Erlang B capacity Per cell per carrier	Erlang B capacity per cell
1+1+1	3 x 20 W	57 users	57 users
2+2+2	3 x 20 W	53 users	106 users
2+2+2	6 x 20 W	62 users	124 users
3+3+3	6 x 20 W	57 users	171 users
3+3+3	3 x 20 W + 3 x 40W	63 users	189 users

^a Βασισμένος πάνω σε 12.2 kbps χρήστες ομιλίας με 2% blocking και μια μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης στα 50 dB. Οι τιμές είναι μόνο ενδεικτικές. Στην πράξη η κυψέλη θα φορτωθεί με ένα συνδυασμό χρηστών ομιλίας, circuit switched δεδομένων και packet switched δεδομένων. Θεωρείται ότι η διαχείριση των ραδιοπύλων υποστηρίζει την εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ των φορέων.

2.5.2 Αντίκτυπος των πρόσθετων κωδικών ανακατώματος

Η ικανότητα ενός macrocell περιορίζεται γενικά από τη διεπαφή αέρα, δηλ. είτε από το uplink φορτίο κυψέλης είτε την downlink ικανότητα ισχύος μετάδοσης της κυψέλης. Όταν το σύστημα είναι downlink capacity-limited, ο αριθμός χρηστών που υποστηρίζονται εξαρτάται από την ορθογωνικότητα του downlink channelisation κώδικα. Οι βελτιώσεις στην ορθογωνικότητα παράγουν τις ανάλογες μειώσεις των επιπέδων ιδιο-κυψελικής παρέμβασης. Σε αυτήν την περίπτωση η χωρητικότητα της κυψέλης γίνεται πλιό ευαίσθητη στην ετερο-κυψελική παρέμβαση. Η ορθογωνικότητα εξαρτάται πρώτιστα από το ραδιο κανάλι που συνδέει τον πληθυσμό χρηστών με τον αναμεταδότη του σταθμού βάσης. Τα υψηλά επίπεδα των πολλαπλών διαδρομών υποβιβάζουν την ορθογωνικότητα επειδή, εκτός αν η πολυδοκτικότητα επιλυθεί ακριβώς, το λαμβανόμενο σήμα αυτό-παρεμποδίζεται. Οι μικροκυψέλες συνδέονται γενικά με τα ραδιο κανάλια που έχουν ισχυρά τμήματα οπτικής επαφής και σχετικά χαμηλή καθυστέρηση διάδοσης. Σε αυτήν την περίπτωση η ορθογωνικότητα βελτιώνεται σημαντικά - τυπικά 0.9 για ένα microcell έναντι 0.5 για ένα macrocell. Οι μικροκυψέλες μελετώνται με περισσότερες λεπτομέρειες στην παράγραφο 2.14. Ο πίνακας 2.10 παρουσιάζει την χωρητικότητα διεπαφών αέρα για τα μικροκυψελικά σενάρια με αλλά και χωρίς ποικιλομορφία μετάδοσης όταν φορτώνονται με ένα φάσμα service bit rates.

Πίνακας 2.10: Air interface χωρητικότητες για μικροκυψελικά σενάρια με και άνευ πολλαπλότητας μετάδοσης, βασισμένες σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης της τάξεως των 144.7 dB (64 kbps uplink link budget με 70% loading)

	Service	Downlink capacity per cell	Uplink load	Base station transmit power requirement
Microcell without transmit diversity	12.2 kbps speech	79 users	69.9%	39.8 dBm
	64/64 kbps data	17 users	66.3%	40.7 dBm
	64/144 kbps data ^a	11 users	4.3%	42.7 dBm
Microcell with transmit diversity	64/384 kbps data ^a	4 users	1.6%	41.4 dBm
	12.2 kbps speech	79 users	69.9%	37.2 dBm
	64/64 kbps data	17 users	66.3%	38.7 dBm
	64/144 kbps data ^a	18 users	7.0%	42.8 dBm
	64/384 kbps data ^a	7 users	2.7%	42.0 dBm

^a Περιλαμβάνει μια αναλογία παράγοντα δραστηριότητας 1:10 για uplink προς downlink δραστηριότητα καναλιού κυκλοφορίας

Η πολλαπλότητα μετάδοσης (δείτε την παράγραφο 2.9) δεν ασκεί καμία επίδραση επάνω στην χωρητικότητα κυψέλης για τις υπηρεσίες ομιλίας στα 12.2 kbps και στις υπηρεσίες δεδομένων στα 64/64 kbps. Αυτό είναι επειδή αυτές οι υπηρεσίες είναι uplink capacity-limited και η πολλαπλότητα μετάδοσης βελτιώνει μόνο την κατιούσα σύνδεση. Ο αντίκτυπος της πολλαπλότητας μετάδοσης για αυτές τις υπηρεσίες μπορεί να παρατηρηθεί ως μια μείωση στην απαίτηση της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης. Στην περίπτωση των υπηρεσιών δεδομένων στα 64/144kbps και 64/384kbps, η πολλαπλότητα διαβίβασης αυξάνει την χωρητικότητα κυψέλης κατά περίπου 70%. Αυτά τα νούμερα χωρητικότητας για την διεπαφή αέρα μπορούν να συγκριθούν με τα όρια χωρητικότητας του channelisation code tree.

Ο πίνακας 2.11 παρουσιάζει τις περιορισμένες χωρητικότητες του downlink channelisation code και για τις μακροκυψέλες και για τις μικροκυψέλες, βασισμένος σε έναν ενιαίο κώδικα ανακατώματος.

Η διαθεσιμότητα των κωδικών channelisation γίνεται ο περιοριστικός παράγοντας για τις υπηρεσίες υψηλότερου ρυθμού δεδομένων όταν χρησιμοποιείται η πολλαπλότητα ετάδοσης. Ένας δεύτερος κώδικας ανακατώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εισάγει ένα δεύτερο channelisation δέντρο κώδικα. Εντούτοις, τα δύο δέντρα κώδικα δεν θα είναι ορθογωνικά το ένα με το άλλο. Οι χρήστες που εξυπηρετούνται από έναν κώδικα channelisation από το πρώτο δέντρο κώδικα θα υποστούν διαφορετικό φορτίο κυψέλης στην downlink κατεύθυνση και διαφορετικό προϋπολογισμό σύνδεσης σχετικά με εκείνους που εξυπηρετούνται από ένα κώδικα channelisation από το δεύτερο δέντρο.

Πίνακας 2.11: Περιορισμοί καναλιού κυκλοφορίας για ένα μονό OVSF δέντρο κώδικα^a.

	Downlink bit rate	Air interface bit rate	Spreading factor	Number of possible traffic channels
Macrocellb	12.2 kbps	60 kbps	128	89
	64 kbps	240 kbps	32	22
	144 kbps	480 kbps	16	10
	384 kbps	960 kbps	8	5
Microcelle	12.2 kbps	60 kbps	128	104
	64 kbps	240 kbps	32	25
	144 kbps	480 kbps	16	12
	384 kbps	960 kbps	8	5

^a Το $C_{ch,256,0}$ χρησιμοποιείται για το CPICH, το $C_{ch,256,1}$ για το P-CCPCH, τα $C_{ch,128,1}$ και $C_{ch,128,2}$ θεωρούνται κατοχυρωμένα για το S-CCPCH.

^b Βασισμένο σε ένα SHO overhead της τάξεως του 40%.

^c Βασισμένο σε ένα SHO overhead της τάξεως του 20%.

Για παράδειγμα εξετάστε μια μικροκυψέλη που φορτώνεται από 15 χρήστες και κάθε ένας με ένα downlink service bit rate 144 kbps. Οι πρώτοι 12 εξ αυτών των χρηστών υποστηρίζονται από το πρώτο δέντρο κώδικα. Οι υπόλοιποι τρεις υποστηρίζονται από έναν κώδικα channelisation από το δεύτερο δέντρο κώδικα. Από άποψη η φόρτωσης διεπαφών αέρα, κάθε ένας από τους πρώτους 12 χρήστες βλέπει 11 ορθογωνικούς χρήστες και τρεις μη-ορθογωνικούς χρήστες. Κάθε ένας από τους δεύτερους τρεις χρήστες βλέπει δύο ορθογώνιους χρήστες και 12 μη-ορθογώνιους χρήστες. Κατά συνέπεια ο προϋπολογισμός συνδέσεων downlink κατεύθυνσης είναι ευνοϊκότερος για τους χρήστες που υποστηρίζονται από κώδικες channelisation του πρώτου δέντρου κώδικα.

2.6 Επικεφαλές ενισχυτές ιστών και Ενεργές Κεραίες

Οι Επικεφαλές Ενισχυτές ιστών (Mast Head Amplifiers, MHAs) και οι ενεργές κεραίες χρησιμοποιούνται για να μειώσουν το σύνθετο αριθμό θορύβου του υποσυστήματος δέκτη του

σταθμού βάσης. Με αυτό τον τρόπο ο uplink προϋπολογισμός σύνδεσης είναι βελτιωμένος και η απόδοση κάλυψης υπηρεσιών αυξάνεται. Ο αντίκτυπος των ΜΗAs και των ενεργών κεραιών επάνω στην χωρητικότητα του συστήματος εξαρτάται από το εάν η χωρητικότητα είναι περιορισμένη στην uplink ή downlink κατεύθυνση. Εάν είναι περιορισμένη στην uplink τότε είναι απίθανο να έχουν μια επίδραση επάνω στην χωρητικότητα. Το δίκτυο, εντούτοις, θα κινηθεί πιο κοντά στο να γίνει περιορισμένο σε χωρητικότητα στην downlink κατεύθυνση. Εάν η χωρητικότητα του δικτύου είναι περιορισμένη στην κατιούσα σύνδεση τότε η χρήση ΜΗAs ή ενεργών κεραιών θα μειώσει την χωρητικότητα του συστήματος. Υπάρχουν δύο λόγοι για αυτό: ένας ΜΗA εισάγει μια απώλεια εισαγωγής των τυπικά 0.5 DB στην downlink κατεύθυνση, μειώνοντας κατά συνέπεια το διαθέσιμο EIRP και επιπλέον το γεγονός ότι ο ΜΗA έχει βελτιώσει την κάλυψη σημαίνει ότι οι χρήστες υποστηρίζονται τώρα στις θέσεις που απαιτούν μεγαλύτερη ισχύ μετάδοσης του σταθμού βάσης. Το ίδιο πράγμα ισχύει για τις ενεργές κεραιές. Η κύρια διαφορά μεταξύ των ΜΗAs και των ενεργών κεραιών είναι ότι οι ΜΗAs συνδέονται εξωτερικά με το περίβλημα κεραιών. Οι ΜΗAs συνδέονται μεταξύ των καλωδίων της κεραιάς και του τροφοδότη.

Δύο κοντά του jumper καλωδίου χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση από κάθε πλευρά. Οι ενεργές κεραιές περιλαμβάνουν τον χαμηλού θορύβου ενισχυτή ως ενσωματωμένο μέρος της ίδιας της κεραιάς.

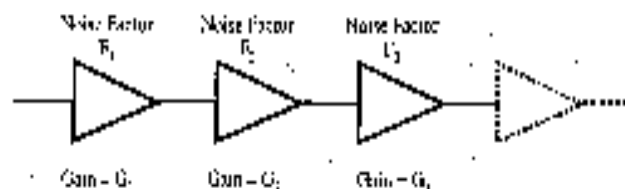
Η κατοχή των ενεργών συστατικών είτε ως τμήμα είτε τοποθετημένων πλησίον της κεραιάς σημαίνει ότι πρέπει να παρασχεθεί μια πηγή τροφοδοσίας. Αυτό μπορεί γενικά να τροφοδοτηθεί από το καλώδιο τροφοδοτών χωρίς την ανάγκη για πρόσθετο καλώδιο, χρησιμοποιώντας ένα bias - T.

2.6.1 το μαθηματικό υπόβαθρο

Η μείωση του μεγέθους του σύνθετου θορύβου που παρέχεται από τους ΜΗAs και τις ενεργές κεραιές μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση Friis [3], [4]. Αυτό διαμορφώνει τη συμπεριφορά μιας σειράς διαδοχικών ενεργών ή/και παθητικών εξαρτημάτων (σχήμα 2.3). Η εξίσωση του Friis δίνεται στην εξίσωση (2.1).

$$Composite\ Noise\ Figure = NF_1 + \frac{(NF_2 - 1)}{G_1} + \frac{(NF_3 - 1)}{G_1 G_2} + \frac{(NF_4 - 1)}{G_1 G_2 G_3} + \dots \quad (2.1)$$

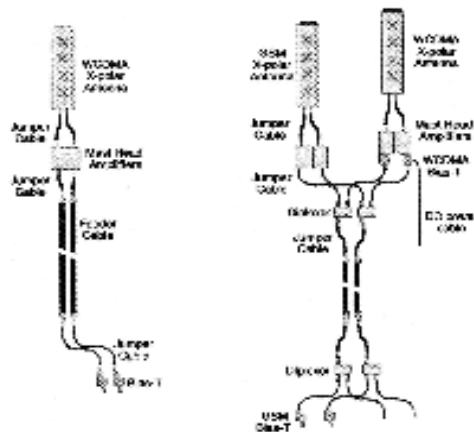
Η απόδοση του μεγέθους θορύβου του πρώτου εξαρτήματος είναι το πιο σημαντικό στοιχείο και το μέγεθος του σύνθετου θορύβου δεν μπορεί ποτέ να είναι λιγότερο από αυτό. Όσο υψηλότερο το κέρδος του πρώτου συστατικού, τόσο πιο στενό το μέγεθος του σύνθετου θορύβου είναι ως προς αυτό του πρώτου συστατικού. Σε αυτήν την περίπτωση το πρώτο συστατικό είναι ο ΜΗA ή η ενεργός κεραιά.



Σχήμα 2.3: Η έννοια ενός διαδοχικού υποσυστήματος δέκτη.

Ο αριθμός των σταδίων που πρέπει να ληφθούν υπόψη εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του υποσυστήματος δέκτη του σταθμού βάσης. Το σχήμα 7,4 παρουσιάζει πιθανές αρχιτεκτονικές για

ένα αφοσιωμένο WCDMA υποσύστημα δέκτη και για ένα κοινό GSM/WCDMA υποσύστημα δέκτη με κοινά καλώδια τροφοδοσίας. Αν ο WCDMA σταθμός βάσης δεν μοιράζεται τους τροφοδότες με έναν ομο-εγκατεστημένο σταθμό βάσης GSM, τα στάδια είναι πιθανό να είναι MHA, καλώδιο τροφοδοτών, bias-T και ο ίδιος ο σταθμός βάσης. Τα jumper καλώδια υποτίθεται ότι έχουν πολύ χαμηλή απώλεια και αγνοούνται σε αυτήν την ανάλυση. Εάν ο WCDMA σταθμός βάσης μοιράζεται τροφοδότες με ένα ομο-εγκατεστημένο GSM σταθμό βάσης, η σειρά των σταδίων θα περιλάβει επίσης ένα ζευγάρι diplexors. Σε αυτό το παράδειγμα το σύστημα GSM χρησιμοποιεί επίσης MHAs και έχει ήδη ένα ζεύγος bias-Ts που παρέχει στους τροφοδότες μια τάση. Το WCDMA σύστημα δεν μπορεί πάντα να αντλεί ρεύμα από την ίδια πηγή και ένα πρόσθετο ζεύγος bias-Ts απαιτείται, παρακαίμενο στους WCDMA MHAs. Αυτό απαιτεί ένα πρόσθετο καλώδιο τροφοδοσίας.



Σχήμα 2.4: Τυπικά υποσυστήματα δέκτη σταθμού βάσης - dedicated WCDMA και κοινό GSM/WCDMA

Για να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση Friis, κάθε εξάρτημα πρέπει να έχει ένα σχετικό μέγεθος θορύβου και κέρδους. Στην περίπτωση των παθητικών εξαρτημάτων το μέγεθος του θορύβου είναι ίσο με την απώλεια. Ο πίνακας 2.12 παρουσιάζει τυπικά μεγέθη για κάθε εξάρτημα.

Πίνακας 2.12: Τυπικό σύνολο παραμέτρων για ένα υποσύστημα δέκτη MHA.

Element	Uplink gain	Noise figure	Downlink loss
MHA	2.0-12.0 dB	2.0 dB	0.5 dB
Feeder	-2.0 dBa	2.0 dBa	2.0 dBa
Diplexor	-0.3 dB	0.3 dB	0.3 dB
Bias-T	-0.3 dB	0.3 dB	0.3 dB
BTS	—	3.0 dB	-

^a Η απώλεια του τροφοδότη εξαρτάται από την αρχιτεκτονική της τοποθεσίας και τα σχετικά ποιότητα τροφοδότη και μήκος.

2.6.2 Αντίκτυπος των MHAs και των Ενεργών Κεραίων

Οι MHAs και οι ενεργές κεραίες χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών. Η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του υποσυστήματος του δέκτη και τη σχετική ρύθμιση παραμέτρων. Ο πίνακας 2.13 παρουσιάζει τα επακόλουθα μεγέθη θορύβου για τις αφιερωμένες και κοινές αρχιτεκτονικές τροφοδοτών ως λειτουργία της απώλειας τροφοδοτών.

Το όφελος της χρήσης MHAs από άποψη κέρδους στον uplink προϋπολογισμών συνδέσεων αυξάνεται με την απώλεια τροφοδοτών. Το κέρδος είναι μεγαλύτερο για την κοινή αρχιτεκτονική

τροφοδοτών ως αποτέλεσμα της απώλειας τροφοδοτών που αυξάνεται από το ζευγάρι των diplexors. Στην περίπτωση των αφιερωμένων τροφοδοτών, τιμές απώλειας τροφοδοτών λιγότερες ή ίσες με 3 DB οδηγούν σε ένα κέρδος που είναι πάντα τουλάχιστον τόσο μεγάλο όσο η ίδια η απώλεια τροφοδοτών.

Πίνακας 2.13: Το όφελος της χρήσης MHAs ως συνάρτηση της απώλειας τροφοδοτή^a.

Feeder loss	Dedicated feeders			Shared feeders		
	NF without MHA	NFwith MHA	Benefit	NF without MHA	NF MHA	Benefit
1.0 dB	4.0 dB	2.6 dB	1.4 dB	4.6 dB	2.7 dB	1.9 dB
2.0 dB	5.0 dB	2.8 dB	2.2 dB	5.6 dB	2.9 dB	2.7 dB
3.0 dB	6.0 dB	3.0 dB	3.0 dB	6.6 dB	3.2 dB	3.4 dB
4.0 dB	7.0 dB	3.3 dB	3.7 dB	7.6 dB	3.5 dB	4.1 dB

^a Βασισμένο στο σύνολο παραμέτρων που παρουσιάστηκε στον πίνακα 2.12 και σε ένα MHA κέρδος των 9 Db.

Οι μεγαλύτερες τιμές της απώλειας τροφοδοτών οδηγούν σε ένα κέρδος που είναι λιγότερο από την απώλεια τροφοδοτών. Αυτό είναι ένα σημαντικό σημείο άξιο αναφοράς, δεδομένου ότι ο αντίκτυπος των MHAs διαμορφώνεται συχνά με την αφαίρεση της απώλειας τροφοδοτών από τον uplink προϋπολογισμό συνδέσεων. Αυτό είναι σαφώς απαισιόδοξο για τους αριθμούς απώλειας τροφοδοτών κάτω από 3 DB και αισιόδοξο για τους αριθμούς απώλειας τροφοδοτών πάνω από 3 DB. Το ακριβές σημείο διασταυρώσεως αλλάζει με τις αλλαγές στο κέρδος MHA. Ένα σχετικά συντηρητικό κέρδος MHA έχει υποθεθεί για αυτό το παράδειγμα. Στην περίπτωση των κοινών τροφοδοτών, το σημείο διασταυρώσεως εμφανίζεται με μια απώλεια τροφοδοτών μεγαλύτερη από 4.0 DB.

Ο αντίκτυπος της χρήσης των MHAs επάνω στην χωρητικότητα του συστήματος εξαρτάται από το εάν η χωρητικότητα είναι περιορισμένη στην uplink ή downlink κατεύθυνση. Εάν είναι στην uplink τότε δεν θα υπάρξει καμία αλλαγή στην χωρητικότητα του συστήματος, αν και ο σταθμός βάσης θα χρησιμοποιεί περισσότερη από τη δική του ικανότητα ισχύος μετάδοσης. Εάν η χωρητικότητα του συστήματος είναι downlink limited, θα υπάρξει μια απώλεια στην χωρητικότητα. Αυτή η απώλεια προκύπτει και από την απώλεια εισαγωγής MHA και από την αυξανόμενη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης. Ο πίνακας 2.14 ποσολογεί αυτήν την απώλεια για τις αρχιτεκτονικές τόσο του αφιερωμένου τροφοδοτή όσο και του κοινού. Η απώλεια στην χωρητικότητα αυξάνει με την απώλεια τροφοδοτών ως συνέπεια του αυξανόμενου κέρδους κάλυψης από τη χρησιμοποίηση των MHAs. Η απώλεια χωρητικότητας είναι μεγαλύτερη για την αρχιτεκτονική κοινών τροφοδοτών δεδομένου ότι αυτό το σενάριο ωφελείται από ένα μεγαλύτερο κέρδος κάλυψης MHA.

Η βελτιωμένη ευαισθησία δέκτη που παρέχεται από τους MHAs καθιστά το σύστημα πλιό ευαίσθητο στις εξωτερικές πηγές παρέμβασης, π.χ. η παρέμβαση από ένα άλλο σύστημα που ήταν αρχικά ακίνδυνα κάτω από το επίπεδο παρέμβασης μπορεί να αρχίσει να προσκρούει στην απόδοση του συστήματος.

Πίνακας 2.14: Η απώλεια χωρητικότητας κατά την χρήση των MHAs για ένα downlink capacity-limited σύστημα.

Feeder loss	Capacity loss ^a	
	Dedicated feeders	Shared feeders
1.0 dB	6.1%	7.9%
2.0 dB	9.1%	11.0%
3.0 dB	12.3%	14.3%
4.0 dB	15.6%	17.7%

^a Περιλαμβάνει την απώλεια χωρητικότητας λόγω τόσο της απώλειας εισόδου του MHA όσο και της αυξημένης επιτρεπτής απώλειας διάδοσης

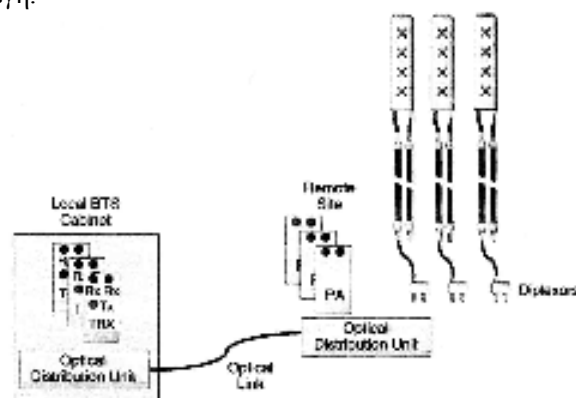
Η εξωτερική πηγή παρέμβασης θα απέτρεπε το σύστημα από να εκμεταλλευθεί πλήρως την μειωμένη τιμή του σύνθετου θορύβου. Αντ' αυτού το εκφορτωμένο επίπεδο παρέμβασης του συστήματος θα παρέμενε σχετικά υψηλό και ο αντίστοιχος uplink προϋπολογισμός συνδέσεων θα ήταν λιγότερο βέλτιστος.

2.6.3 Πρακτικές Εκτιμήσεις

Οι πρακτικές εκτιμήσεις εφαρμόσιμες στη χρήση των MHAs περιλαμβάνουν το διάστημα και τη φόρτωση ιστών καθώς επίσης και την απαίτηση να διατεθεί τροφοδοσία στο μακρινό τέλος του καλωδίου τροφοδότη. Το βάρος και η φόρτωση αέρα του MHA πρέπει να προστεθούν σε αυτά της κεραίας, σημειώνοντας ότι δύο MHAs θα απαιτηθούν ανά cross-polar κεραία. Οι ενεργές κεραίες έχουν το πλεονέκτημα της σταδιακής ενσωμάτωσης του ενισχυτή μέσα στο περίβλημα κεραίας, αφαιρώντας κατά συνέπεια την απαίτηση να εξοπλιστεί μια πρόσθετη μονάδα. Το σχήμα 2.4 επεξηγεί πώς ένα bias-T μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει την τροφοδοσία στο καλώδιο του τροφοδότη για να αποτραπεί η απαίτηση για οποιεσδήποτε πρόσθετες διαδρομές καλωδίων στην κεραία. Όταν τα καλώδια τροφοδότη μοιράζονται με ένα GSM σύστημα που είναι ήδη διαμορφωμένο με MHAs ή ενεργές κεραίες, πρόσθετα καλώδια τροφοδοσίας μπορεί να απαιτηθούν.

2.7 Μακρινοί RF Επικεφαλείς Ενισχυτές

Οι μακρινοί RF επικεφαλείς ενισχυτές επιτρέπουν το φυσικό χωρισμό των υπομονάδων ενός RF του σταθμού βάσης και των ζωνών βάσης (baseband). Οι baseband υπομονάδες παραμένουν μέσα στο θάλαμο του σταθμού βάσης, ενώ οι υπομονάδες RF μπορούν να τοποθετηθούν εξ αποστάσεως δίπλα στο υποσύστημα κεραίας. Σε αυτό το πλαίσιο, οι υπομονάδες RF περιλαμβάνουν τους ενισχυτές ισχύος μετάδοσης, τις μπροστινές άκρες δέκτη και το φίλτράρισμα RF. Οι RF και baseband υπομονάδες συνδέονται μέσω μιας οπτικής σύνδεσης. Αυτό σημαίνει ότι οι κυψέλες μπορεί να βρεθούν στις θέσεις περιοχών που θα απαιτούσαν κανονικά απαγορευτικά μεγάλες διαδρομές του καλωδίου τροφοδότη. Παραδείγματος χάριν, ένα κτήριο όπου είναι ευεργετικό να γίνει χρήση του χώρου του θαλάμου στο υπόγειο μπορεί να χρησιμοποιήσει τις κεραίες στεγών χωρίς να πρέπει να υποστεί μεγάλες απώλειες τροφοδότη μεταξύ του υπογείου και της στέγης - μια οπτική σύνδεση συνδέει τις μακρινές υπομονάδες RF που βρίσκονται στη στέγη.



Σχήμα 2.5: Αρχιτεκτονική ενός μακρινού RF head ενισχυτή σταθμού βάσης.

Πίνακας 2.15: Σύγκριση των μακρινών RF head ενισχυτών και των επαναληπτών.

	Remote RF head amplifier	Repeater
Application	Locating the entire logical cell at a location normally requiring a long feeder run	Extending the coverage of an existing logical cell
Hardware at remote location	Transmit power amplifiers and receiver front ends	Complete Rx and Tx chain for both uplink and downlink directions
Connection to BS	Optical link	Usually a radio link
Function	Normal RF functions of the BS	Non-intelligent retransmission

Το σχήμα 2.5 εξηγεί την αρχιτεκτονική του σταθμού βάσης κατά τη χρήση των μακρινών επικεφαλείς ενισχυτών RF.

Η οπτική σύνδεση μπορεί να είναι τουλάχιστον 2 χλμ σε μήκος. Η ιδέα έχει μερικές ομοιότητες με τη χρήση των επαναληπτών, δηλ. η υπηρεσία παρέχεται σε μια θέση μακρινή ως προς το θάλαμο του σταθμού βάσης. Υπάρχουν, εντούτοις, μερικές σημαντικές διαφορές. Μια σύγκριση των μακρινών επικεφαλείς ενισχυτών RF και των επαναληπτών παρουσιάζεται στον πίνακα 2.15. Οι επαναλήπτες μελετώνται με περισσότερες λεπτομέρειες στην παράγραφο 2.13.

Η σημαντικότερη διαφορά είναι ότι ένας μακρινός επικεφαλής ενισχυτής RF παράγει τη δική του λογική κυψέλη ενώ ένας επαναλήπτης παρέχει μια επέκταση μιας υπάρχουσας λογικής κυψέλης. Στην πραγματικότητα, ένας επαναλήπτης είναι ευκολότερο να επεκτείνει, δεδομένου ότι η μπροστινή και επιστρέφουσα σύνδεση με το σταθμό βάσης είναι συχνά μέσω μιας ραδιο σύνδεσης.

2.7.1 Μαθηματικό Υπόβαθρο

Μια απλή ανάλυση των μακρινών επικεφαλείς ενισχυτών RF δεν απαιτεί οποιεσδήποτε νέες τεχνικές διαμόρφωσης πέρα από εκείνες που παρουσιάστηκαν ήδη. Μπορεί να υποτεθεί ότι η οπτική σύνδεση είναι διαφανής στην απόδοση του σταθμού βάσης, έτσι ώστε οι μακρινοί επικεφαλείς ενισχυτές RF να μπορούν να μελετηθούν χρησιμοποιώντας τον ίδιο προϋπολογισμό σύνδεσης και τη ίδια ανάλυση εξίσωσης φορτίου όπως ένας τυποποιημένος σταθμός βάσης.

2.7.2 Αντίκτυπος των μακρινών επικεφαλείς ενισχυτών RF

Είναι ενδιαφέρον να συγκριθεί η απόδοση κυψέλης μιας περιοχής εξοπλισμένης με τους μακρινούς επικεφαλείς ενισχυτές RF με κάποια που συνδέεται με μια τυποποιημένη διαμόρφωση περιοχών που βασίζεται στις ίδιες θέσεις θαλάμων και κεραιών. Αυτό αντιστοιχεί στη σύγκριση μιας περιοχής με υψηλές απώλειες τροφοδότη προς μια με χαμηλές απώλειες τροφοδότη. Από άποψη απόδοσης κάλυψης υπηρεσιών, το κέρδος είναι απλά η διαφορά μεταξύ της απώλειας τροφοδότη κατά χρησιμοποίηση των μακρινών επικεφαλείς ενισχυτών RF και της απώλειας τροφοδότη κατά τη χρήση μιας τυποποιημένης διαμόρφωσης περιοχής. Παραδείγματος χάριν, εάν η απώλεια τροφοδότη κατά τη χρησιμοποίηση μιας τυποποιημένης διαμόρφωσης περιοχής είναι 6 DB και η απώλεια τροφοδότη κατά τη χρήση των μακρινών RF είναι 0.5 DB, τότε το κέρδος κάλυψης είναι 5.5 DB. Όταν η απώλεια τροφοδότη που συνδέεται με μια τυποποιημένη διαμόρφωση περιοχής είναι σχετικά μικρή υπάρχει λιγότερη απαίτηση για τη χρήση των

ενισχυτών RF. Όσο οι απώλειες τροφοδότη αυξάνουν τότε τόσο επίσης κάνει το όφελος της χρήσης των ενισχυτών RF.

Εάν οι μακρινοί επικεφαλείς ενισχυτές RF χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών, η χωρητικότητα της κυψέλης παραμένει αμετάβλητη. Αυτό είναι επειδή οι ενισχυτές RF έχουν αυξήσει τη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης της κυψέλης αλλά συγχρόνως έχουν αυξήσει το διαθέσιμο EIRP. Αυτό είναι σε αντίθεση με τους MHAs, που μπορεί να βελτιώσουν την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών αλλά με κόστος κάποιας απώλειας στην χωρητικότητα της κυψέλης όταν το σύστημα είναι downlink capacity limited.

Εναλλακτικά, οι ενισχυτές RF μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διατηρήσουν την ίδια απόδοση κάλυψης υπηρεσιών αυξάνοντας την χωρητικότητα της κυψέλης, δηλ. το διαθέσιμο EIRP αυξάνεται ενώ η επιτρεπτή απώλεια διάδοσης παραμένει σταθερή. Ο πίνακας 2.16 παρουσιάζει ένα σύνολο τυπικών οφελών χωρητικότητας. Το κέρδος χωρητικότητας γίνεται σημαντικό καθώς η απώλεια τροφοδότη αυξάνεται. Εντούτοις αυτό το κέρδος αρνείται μόνο την απώλεια στην χωρητικότητα που προκαλείται από τις υψηλότερες απώλειες τροφοδότη, π.χ. η χωρητικότητα της κυψέλης κατά τη χρήση των ενισχυτών RF είναι η ίδια με αυτήν μιας τυποποιημένης διαμόρφωσης κυψέλης που έχει μια εξίσου μικρή απώλεια τροφοδότη.

Πίνακας 2.16: Μια εκτίμηση του κέρδους χωρητικότητας κατά τη χρήση μακρινών RF head ενισχυτών.

Feeder loss without RF head	Feeder loss with RF head ^a	EIRP without RF head ^b	EIRP with RF head ^b	Capacity gain
2 dB	0.5 dB	59.5 dBm	61 dBm	3%
4 dB	0.5 dB	57.5 dBm	61 dBm	8%
6 dB	0.5 dB	55.5 dBm	61 dBm	17%
8 dB	0.5 dB	53.5 dBm	61 dBm	31%

^a Τυπικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει μια σχετικά μικρή διαδρομή τροφοδότη μεταξύ του μακρινού RF head και της κεραίας.

^b Βασισμένο σε ένα ενισχυτή ισχύος 43 dBm και μια κεραία 18.5dBi.

2.7.3 Πρακτικές εκτιμήσεις

Η χρήση των μακρινών επικεφαλείς ενισχυτών RF επιτρέπουν τον προσδιορισμό θέσης κεραίων στις θέσεις που θα απαιτούσαν κανονικά απαγορευτικές μεγάλες διαδρομές του καλωδίου τροφοδότη. Εντούτοις, υπάρχει μια απαίτηση να εκτελεστεί μια οπτική σύνδεση μεταξύ του θαλάμου του σταθμού βάσης και της μακρινής τοποθεσίας της κεραίας. Το μέγεθος, το βάρος, η φόρτωση αέρα και η κατανάλωση ισχύος των ενισχυτών RF πρέπει επίσης να λογαριασθούν.

2.8 High-Order πολλαπλότητα λήψης

Η πολλαπλότητα λήψης παρέχει μια αποτελεσματική τεχνική για την υπερνίκηση του αντίκτυπου της εξασθένησης κατά μήκος του ραδιοκαναλιού καθώς και για την αύξηση της προκύπτουσας αναλογίας σήμα / παρέμβαση. Το πρώτο επιτυγχάνεται με την εξασφάλιση ασύνδετης εξασθένησης μεταξύ των κλάδων κεραίων, π.χ. δεν παρουσιάζουν εξασθενήσεις όλες οι κεραίες συγχρόνως. Το τελευταίο επιτυγχάνεται με την εξασφάλιση ασύνδετης παρέμβασης, π.χ. με συνοχή συνδυάζοντας δύο κλάδους των επιθυμητών αποτελεσμάτων σημάτων οδηγεί σε μια αύξηση 6 DB στην ισχύ, ενώ συνδυάζοντας δύο κλάδους των ασύνδετων αποτελεσμάτων παρέμβασης οδηγεί σε μια αύξηση 3 DB στην ισχύ. Γενικά, η τυποποιημένη διαμόρφωση για έναν σταθμό βάσης WCDMA περιλαμβάνει την πολλαπλότητα δύο κλάδων Rx που επιτυγχάνεται με μονή cross-polar κεραία (ποικιλομορφία πόλωσης) ή δύο κάθετα πολωμένες κεραίες (ποικιλομορφία χώρου) [5].

Η high-order πολλαπλότητα λήψης υπονοεί περισσότερους από δύο κλάδους δεκτών. Ο βέλτιστος αριθμός κλάδων δεκτών εξαρτάται από το ιδιαίτερο ράδιο-περιβάλλον [6]. Στην

περίπτωση του WCDMA, το ευρείας ζώνης σήμα οδηγεί σε μια υψηλή ανάλυση καθυστέρησης διάδοσης, που επιτρέπει ενδεχομένως μεγάλα κέρδη από την πολλαπλών διαδρομών ποικιλομορφία. Η πολλαπλών διαδρομών ποικιλομορφία ασκεί σημαντική επίδραση επάνω στην uplink απόδοση και το σχετικό αυξητικό κέρδος που μπορεί να επιτευχθεί από την high-order πολλαπλότητα λήψης. Ο αντίκτυπος επάνω στην downlink κατεύθυνση είναι λιγότερος, εξ αιτίας των περιορισμών στην baseband επεξεργασία και τον αριθμό δάχτυλων στο RAKE δέκτη. Σε μερικά ράδιο-περιβάλλοντα, παραδείγματος χάριν αγροτικά ή μικροκυβελικά, το επίπεδο πολλαπλών διαδρομών ποικιλομορφίας μπορεί να είναι μικρό. Μια έλλειψη πολλαπλών διαδρομών ποικιλομορφίας μπορεί να αντισταθμιστεί μερικώς με την ποικιλομορφία χρόνου που επιτυγχάνεται με την κωδικοποίηση καναλιού και την παρεμβολή στρωμάτων. Η χρονική ποικιλομορφία είναι η αποτελεσματικότερη για τους χρήστες υψηλής κινητικότητας που βιώνουν συχνές αλλά στενές εξασθενήσεις. Η πολλαπλών διαδρομών και χρονική ποικιλομορφία είναι σχετικά φτωχές λύσεις για τα χαμηλής κινητικότητας κινητά τερματικά που υπόκεινται σε χαμηλά επίπεδα διάδοσης καθυστέρησης. Για αυτούς τους χρήστες, η απόδοση του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την εκμετάλλευση της high-order πολλαπλότητας λήψης. Η πολλαπλότητα λήψης βελτιώνει και το uplink περιθώριο γρήγορης εξασθένισης καθώς επίσης και την uplink E_b/N_0 απαίτηση. Η βελτίωση των τελευταίων οδηγεί σε μια ταυτόχρονη βελτίωση και της κάλυψης υπηρεσιών αλλά και της uplink χωρητικότητας του συστήματος.

2.8.1 ο αντίκτυπος της high-order πολλαπλότητας λήψης

Ο πίνακας 2.17 παρουσιάζει ένα σύνολο αποτελεσμάτων προσομοίωσης συγκρίνοντας την ποικιλομορφία δεκτών τεσσάρων-κλάδων και οκτώ-κλάδων με την ποικιλομορφία δέκτη δύο-κλάδων σε ένα macrocellular ραδιο-περιβάλλον. Σε κάθε περίπτωση ο μέγιστος συνδυασμός αναλογιών (maximal ratio combining, MRC) έχει χρησιμοποιηθεί ως αλγόριθμος συνδυαστικών δεκτών. Το τροποποιημένο οχηματικό (vehicular) A κανάλι ITU χαρακτηρίζεται από έξι μέρη διάδοσης καθυστέρησης με σχετικές tap ισχύεις των 0, -1.9, -7.3, -10.4, -10.9 και -17.3 DB. Το πεζό (pedestrian) A κανάλι ITU χαρακτηρίζεται από δύο μέρη διάδοσης καθυστέρησης με σχετικές tap ισχύεις των 0 και - 12.9 DB. Η γωνιακή διάδοση της λαμβανόμενης ισχύος του σήματος του σταθμού βάσης έχει διαμορφωθεί ως Laplacian διανομή σύμφωνα με την εμπειρία της υπαίθριας δοκιμής [7]. Οι προσομοιώσεις βασίστηκαν σε 5° γωνιακή διάδοση. Η τρέχουσα 3GPP προδιαγραφή διεπαφής αέρα [8] χρησιμοποιήθηκε για να θέσει το λειτουργούν σημείο σε ένα επίπεδο που αντιστοιχεί σε ένα 1 % BLER.

Πίνακας 2.17: Μείωση στην E_b/N_0 απαίτηση της υπηρεσίας ομιλίας, συνδεδεμένη με higher-order πολλαπλότητα λήψης σχετική με εκείνη την two-branch πολλαπλότητα λήψης.

Antenna configuration	Modified Vehicular A			PedestrianA
	3 km/h	50 km/h	120km/h	3 km/h
Four uncorrelated antennas	3.0 dB	2.5 dB	2.3 dB	5.9 dB
Four partially correlated antennas	1.5 dB	2.2 dB	2.0 dB	4.2 dB
Eight uncorrelated antennas	6.9 dB	5.4 dB	5.0 dB	10.3 dB

Τα αποτελέσματα προσομοίωσης δείχνουν ότι όταν οι κλάδοι του δέκτη είναι απολύτως ασύνδετοι η μείωση της απαίτησης E_b/N_0 είναι μέγιστη για τα χαμηλής ταχύτητας κινητά τερματικά. Αυτά είναι τα σενάρια στα οποία η χρονική ποικιλομορφία που παρέχεται από την

κωδικοποίηση καναλιών και την παρεμβολή στρωμάτων είναι σχετικά φτωχή. Η σχετικά μεγάλη μείωση της απαίτησης E_b/N_0 κατά την αύξηση του αριθμού των κλάδων λήψης από 4 σε 8 οφείλεται εν μέρει στο δέκτη οκτώ-κλάδων που ωφελείται από 16 δάχτυλα RAKE, ενώ ο δέκτης 4-κλάδων έχει μόνο οκτώ. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης για το πεζό κανάλι A επεξηγούν τον ενδεχομένως υψηλό αντίκτυπο της πολλαπλότητας λήψης 4-κλάδων και 8-κλάδων. Σε αυτό το σενάριο τα κέρδη της χρονικής και της πολυοδικής πολλαπλότητας είναι σχετικά χαμηλά, με συνέπεια ένα υψηλό αυξητικό κέρδος από την high-order πολλαπλότητα λήψης. Ο αντίκτυπος της high-order πολλαπλότητας λήψης επάνω στην κάλυψη υπηρεσιών είναι διπλός. Κατά πρώτο λόγο η μείωση E_b/N_0 της απαίτησης μεταφράζεται σε ένα άμεσο κέρδος στον uplink προϋπολογισμό συνδέσεων. Επιπλέον, για οποιαδήποτε δεδομένη ποσότητα κυκλοφορίας, το uplink φορτίο και επομένως το περιθώριο παρέμβασης θα μειωθούν επίσης. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα του uplink φορτίου που είναι άμεσα ανάλογο προς την απαίτηση E_b/N_0 . Αυτό σημαίνει ότι όταν η E_b/N_0 μείωση που παρέχεται από την high-order πολλαπλότητα λήψης είναι ίση με τη μείωση του σύνθετου αριθμού θορύβου που παρέχεται από τους MHAs, η high-order πολλαπλότητα λήψης θα παράσχει μια μεγαλύτερη αύξηση στην απόδοση κάλυψης υπηρεσιών. Ο αντίκτυπος επάνω στην χωρητικότητα του συστήματος εξαρτάται από το εάν η χωρητικότητα είναι κατά την uplink ή downlink περιορισμένη. Εάν είναι περιορισμένη στην uplink τότε η high-order πολλαπλότητα λήψης θα αυξήσει την χωρητικότητα του συστήματος. Ο πίνακας 2.18 επεξηγεί το κέρδος χωρητικότητας για μια κυψέλη που προγραμματίζεται σε 30% uplink φόρτωση.

Πίνακας 2.18: Μια σύγκριση της uplink χωρητικότητας μεταξύ μιας κυψέλης four-branch higher-order πολλαπλότητας λήψης και μιας κυψέλης two-branch πολλαπλότητας λήψης (το όριο της uplink φόρτωσης είναι 30%).

		12.2 kbps Speech	64 kbps Data	144 kbps Data	384 kbps Data
Two-branch receive	Data users	-	6	3	1
diversity	Speech users	30	1	1	7
	Total throughput	366 kbps	396 kbps	444 kbps	469 kbps
Four-branch receive	Data users	-	11	5	2
diversity (2.5dB gain)	Speech users	54	0	5	7
	Total throughput	659 kbps	704 kbps	781 kbps	853 kbps

Το κέρδος χωρητικότητας είναι περίπου 80% για κάθε μίγμα υπηρεσιών. Το σχετικό κέρδος στην χωρητικότητα θα ήταν λιγότερο εάν η κυψέλη είχε ένα 50% uplink όριο φορτίου. Αυτό είναι επειδή η κυψέλη θα γινόταν γρήγορα downlink capacity-limited και η ισχύς μετάδοσης του σταθμού βάσης θα γινόταν ο περιοριστικός παράγοντας.

Εάν η χωρητικότητα του συστήματος είναι downlink limited, θα υπάρξει μια απώλεια στην χωρητικότητα όταν χρησιμοποιείται η high-order πολλαπλότητα λήψης. Για ίσα κέρδη στην απόδοση κάλυψης υπηρεσιών, η high-order πολλαπλότητα λήψης οδηγεί σε μια χαμηλότερη απώλεια χωρητικότητας από αυτή που προκαλείται από τους MHAs. Αυτό είναι επειδή η high-order πολλαπλότητα λήψης δεν παράγει μια downlink απώλεια εισαγωγής και ο EIRP του σταθμού βάσης παραμένει στο μέγιστό του. Ο πίνακας 2.19 συγκρίνει την απώλεια downlink χωρητικότητας που συνδέεται με τους MHAs και την 4-κλάδων πολλαπλότητα λήψης όταν η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης αυξάνει κατά 3 DB.

2.8.2 Πρακτικές εκτιμήσεις

Οι σχετικά μεγάλες διαμορφώσεις κεραιών που συνδέονται με την high-order πολλαπλότητα λήψης διαμορφώνουν μια σημαντική πρακτική εκτίμηση. Οι μεγάλες διαμορφώσεις κεραιών εγείρουν ζητήματα σχετικά με το χώρο κεραιών, το βάρος, τη φόρτωση αέρα και τα ξάρτια τροφοδότη. Οι περιβαλλοντικές πτυχές αυξάνονται σε σημασία καθώς μεγαλώνει το πλήθος των χειριστών και τα κυψελοειδή συστήματα. Επιπλέον, ακόμα κι αν οι πρακτικές περιστάσεις αποδεικνύονται αποδεκτές, ο ιδιοκτήτης της τοποθεσίας είναι πιθανό να χρεώσει ένα υψηλότερο μίσθωμα για μια μεγάλη διαμόρφωση κεραιάς. Η χρήση των cross-polar κεραιών βοηθά να

Πίνακας 2.19: Σύγκριση των downlink απωλειών χωρητικότητας που σχετίζονται με τους MHAs και της four-branch πολλαπλότητας λήψης όταν η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης είναι αυξημένη κατά 3 dB.

	Capacity loss
MHAs ^a	12.3%
Four-branch receive diversity ^b	10.2%

^a Βασισμένο σε dedicated WCDMA feeders με μια 3 dB feeder απώλεια, πχ 3 dB μείωση στην τιμή θορύβου του δέκτη.

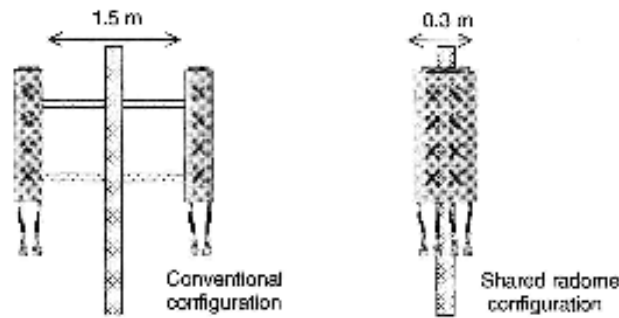
^b Βασισμένο σε μια 2.5 dB μείωση στο E_b/N_0 και μια μείωση 0.5 dB στο περιθώριο παρεμβολής.

μειώσει τον αριθμό μονάδων κεραιών που απαιτούνται. Σε μερικά περιβάλλοντα αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια μικρή απώλεια πόλωσης. Το σχήμα 2.6 απεικονίζει τυπικές διαστάσεις κεραιών για πολλαπλότητα λήψης 4-κλάδων με cross-polar κεραιές.

Η πρώτη διαμόρφωση αντιστοιχεί στα ασύνδετα αποτελέσματα κεραιάς που παρουσιάζονται στον πίνακα 2.17. Σε αυτήν την περίπτωση οι κεραιές χωρίζονται οριζόντια κατά 10 μήκη κύματος. Η δεύτερη διαμόρφωση αντιστοιχεί στο μερικώς συσχετισμένο σενάριο. Τα δύο σύνολα cross-polar στοιχείων στεγάζονται μέσα ίδιο radome (πλαστικό επικάλυμμα ραντάρ α/φ). Αυτό μειώνει το κέρδος πολλαπλότητας αλλά βελτιώνει τις πρακτικότητες της ανάπτυξης της πολλαπλότητας λήψης 4-κλάδων.

Οι πρακτικές εκτιμήσεις σημαίνουν ότι δεν είναι γενικά εφικτό να επεκταθεί η high-order πολλαπλότητα λήψης με περισσότερους από τέσσερις κλάδους. Αντ' αυτού, οι beamforming τεχνικές (παράγραφος 2.10) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βελτιώσουν την απόδοση του συστήματος περαιτέρω.

Αν και αυτό το τμήμα έχει στραφεί προς την πολλαπλότητα λήψης στο σταθμό βάσης, είναι επίσης εφικτό να ωφεληθεί από την πολλαπλότητα στο κινητό τερματικό. Σε αυτήν την περίπτωση ο κατασκευαστής πρέπει να εξετάσει τις επιπτώσεις στο μέγεθος, την κατανάλωση ισχύος και το κόστος. Οι υπηρεσίες WCDMA είναι πιθανό να υποστηριχθούν από μια σειρά τελικών τύπων. Παραδείγματος χάριν, ένας υπολογιστής lap-top μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει τις ασύρματες εφαρμογές Διαδικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση είναι δυνατό να υιοθετηθούν παρόμοιες τεχνικές πολλαπλότητας λήψης και για το σταθμό βάσης. Ένα πλεονέκτημα που έχει το κινητό τερματικό ως προς το σταθμό βάσης είναι ότι το τοπικό περιβάλλον είναι χαρακτηριστικά πλούσιο σε διασκορπιστές.



Σχήμα 2.6: Τυπικές διαστάσεις κεραίας σχετιζόμενες με four-branch πολλαπλότητα λήψης.

Ο χωρισμός κεραιών μπορεί να είναι τόσο μικρός όσο μισό μήκος κύματος [9]. Σε ένα παραδοσιακό κινητό τερματικό handset η πολλαπλότητα λήψης 2-κλάδων ή 3-κλάδων μπορεί να είναι εφικτή χρησιμοποιώντας μια διπλή πολωμένη κεραία μπαλώματος (patch) ή έναν συνδυασμό μιας μονοπολικής και μιας patch κεραίας.

2.9 Πολλαπλότητα Διαβίβασης

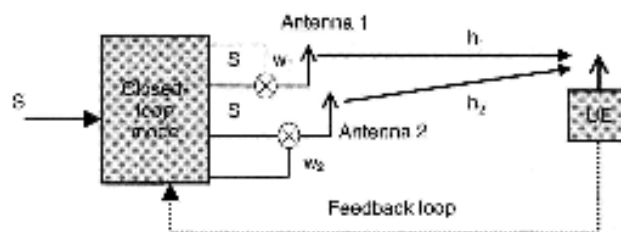
Το 3GPP δεν καθορίζει την πολλαπλότητα λήψης ως υποχρεωτική στο κινητό τερματικό. Εάν ένας χειριστής θέλει να βελτιώσει την απόδοση κατιούσας σύνδεσης, ένα σχέδιο πολλαπλότητας μετάδοσης από δύο κεραίες σταθμών βάσεων μπορεί να υιοθετηθεί. 3GPP καθορίζει την downlink πολλαπλότητα διαβίβασης ως υποχρεωτική για το κινητό τερματικό. Η μέγιστη πρόκληση στην επίτευξη της υψηλής απόδοσης έχει μια ακριβή γνώση του downlink ραδιο-καναλιού στον αναμεταδότη του σταθμού βάσης. Η φύση της διαίρεσης κατά συχνότητα του UTRA FDD σημαίνει ότι οι uplink εκτιμήσεις καναλιών δεν ισχύουν στην κατιούσα σύνδεση. Χωρίς γνώση του downlink ραδιο-καναλιού, δεν είναι δυνατό να υπολογίσει ότι τα βέλτιστα σύνθετα βάρη για κάθε μια από τις δύο κεραίες μετάδοσης. Μια δυνατότητα είναι για το κινητό τερματικό να μετρηθεί το downlink κανάλι από κάθε κεραία και να σταλούν οι πληροφορίες πίσω στο σταθμό βάσης. Για να λάβει τα βέλτιστα βάρη αυτή η τεχνική θα απαιτούσε υπερβολικό overhead (γενικό κόστος;) [10].

Η προδιαγραφή διεπαφής αέρα του WCDMA [8] καθορίζει δύο προσεγγίσεις γιατί την επίτευξη της πολλαπλότητας μετάδοσης, τις μεθόδους -κλειστούς βρόγχου και ανοικτού βρόχου. Στην περίπτωση του κλειστού βρόγχου, το κινητό τερματικό παρέχει ένα σχετικά χονδρικό βαθμό ανατροφοδότησης στο σταθμό βάσης σχετικά με την κατάσταση του ραδιο-καναλιού από κάθε μια από τις δύο κεραίες μετάδοσης. Στην περίπτωση της μεθόδου ανοικτού βρόχου, ένα απλό space-time σχέδιο κωδικοποίησης χρησιμοποιείται. Αυτό βοηθά να διατηρηθεί η πολυπλοκότητα του κινητού τερματικού σε λογικό επίπεδο. Το όφελος του open-loop τρόπου είναι η ευρωστία και η ευκολία εφαρμογής του.

Η εκμετάλλευση της πολλαπλότητας διαβίβασης απαιτεί το κινητό τερματικό να διαχωρίσει τα σήματα από τις δύο κεραίες του σταθμού βάσης. Το σύστημα WCDMA διευκολύνει σε αυτό με τη διαβίβαση του P-CPICH από κάθε μια από τις δύο κεραίες με το ίδιο channelisation και τον scrambling κώδικα αλλά με διαφορετικές ακολουθίες συμβόλων. Ο πιλότος στέλνεται από μια κεραία έτσι ώστε η σύνθετη ακολουθία συμβόλων να εμφανίζεται ως (A, A, A, A, A, \dots) και από τη δεύτερη κεραία ως $(-A, A, A, -A, -A, A, \dots)$, όπου το A δείχνει ένα σύνθετο σύμβολο $1 + j$. Η πρώτη ακολουθία είναι η ίδια με αυτήν που χρησιμοποιείται από μια τυποποιημένη κυψέλη πολλαπλότητας μη-μετάδιδουσας. Αυτές οι ορθογώνιες ακολουθίες συμβόλων επιτρέπουν στο κινητό τερματικό να αξιολογήσει τις ανεξάρτητες αυθόρμητες αποκρίσεις του καναλιού από κάθε κεραία.

Μέθοδος κλειστού βρόγχου

Δύο κλειστού βρόγχου τρόποι της πολλαπλότητας μετάδοσης καθορίζονται από τη 3GPP προδιαγραφή διεπαφής αέρα του WCDMA [8]. Σε κάθε περίπτωση η αρχή είναι για το κινητό τερματικό να μετρήσει την αυθόρμητη απόκριση του καναλιού από κάθε μια από τις δύο κεραίες μετάδοσης, κατόπιν να χρησιμοποιήσει την ανατροφοδότηση του καναλιού για να επιστρέψει τη σχετική μετατόπιση φάσης μεταξύ των δύο κεραιών. Ο σταθμός βάσης είναι έπειτα ικανός να παράγει τα σύνθετα βάρη για κάθε κεραία μετάδοσης έτσι ώστε δύο σήματα που λαμβάνονται από το κινητό τερματικό να είναι όσο το δυνατόν συνεπέστερα. Στον 1^ο τρόπο κλειστού βρόγχου, η φάση μιας κεραίας ρυθμίζεται σχετικά με την άλλη χρησιμοποιώντας ακρίβεια ενός bit ανά slot. Στον 2^ο τρόπο κλειστού βρόγχου ρυθμίζονται και η σχετική φάση αλλά και το εύρος. Η σχετική φάση ρυθμίζεται με ακρίβεια 3 bit και το εύρος με την ακρίβεια 1 bit. Και οι δύο τρόποι παρέχουν ανάδραση σε ένα ποσοστό ενός μονού bit ανά slot, π.χ. 1500 Hz. Το σχήμα 2.7 επεξηγεί την αρχή των τρόπων κλειστού βρόγχου.



Σχήμα 2.7: Αρχή που χρησιμοποιείται για να εφαρμοσθεί η WCDMA κλειστού-βρόγχου πολλαπλότητα μετάδοσης.

Οι μέθοδοι κλειστού βρόγχου προσφέρουν την καλύτερη απόδοση από τον τρόπο ανοικτού βρόγχου αλλά με κόστος πρόσθετης πολυπλοκότητας. Παραδείγματος χάριν, η βελτιωμένη απόδοση κλειστού βρόγχου απαιτεί την επαλήθευση κεραιών στο κινητό τερματικό. Αυτό βοηθά να εξασφαλίσει ότι το βάρος που εφαρμόζεται από το σταθμό βάσης είναι πραγματικά το ίδιο με αυτό που διατάζεται από το κινητό τερματικό και ότι οποιαδήποτε πιθανά λάθη στην ανατροφοδότηση του καναλιού ανιχνεύονται.

Η Open-loop μέθοδος

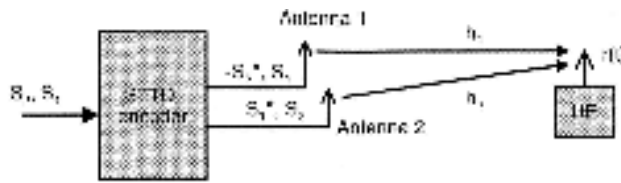
Η open-loop μέθοδος του WCDMA για την πολλαπλότητα μετάδοσης είναι βασισμένη στην space-time πολλαπλότητα μετάδοσης (STTD). Οι Space-time τεχνικές επεξεργασίας εκμεταλλεύονται την πολλαπλότητα και στις χωρικές και χρονικές περιοχές σε μια open-loop μόδα [11], [12]. Η Space-time κωδικοποίηση περιλαμβάνει space-time κώδικες φραγής αλλά και space-time δικτυωτούς κώδικες. Το σχήμα 2.8 επεξηγεί την αρχή για το πώς η STTD κωδικοποιεί δύο σύμβολα QPSK σε δύο κεραίες κατά τη διάρκεια δύο περιόδων συμβόλων. Η τεχνική κωδικοποίησης κάνει τα δύο διαβιβασμένα σήματα ορθογώνια το ένα ως προς το άλλο, επιτρέποντας τη σχετικά απλή ανίχνευση στον κινητό τερματικό δέκτη. Χρησιμοποιώντας τη σημείωση του σχήματος 2.8, τα κωδικοποιημένα STTD σήματα $r(t)$ και $r(t+T)$ που παραλαμβάνονται στο κινητό τερματικό κατά τα διαδοχικά χρονικά διαστήματα t και $t+T$, μπορούν να εκφραστούν σύμφωνα με την εξίσωση (2.2):

$$\begin{aligned} r(t) &= r_1 = S_1 * h_1 + S_2 * h_2 + n_1 \\ r(t+T) &= r_2 = -S_2^* * h_1 + S_1^* * h_2 + n_2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

όπου h_1 και h_2 είναι οι αυθόρμητες αποκρίσεις του καναλιού που συνδέονται με τις δύο κεραίες μετάδοσης και n_1 και n_2 αντιπροσωπεύουν το σύνθετο θόρυβο συν την παρέμβαση που λαμβάνεται κατά τη διάρκεια των δύο χρονικών διαστημάτων. Το κινητό τερματικό υπολογίζει τα σύμβολα από το γραμμικό συνδυασμό σύμφωνα με την εξίσωση (2.3):

$$\begin{aligned}\hat{S}_1 &= \hat{h}_1 \cdot r_1 + \hat{h}_2 \cdot r_2^* \\ \hat{S}_2 &= \hat{h}_2 \cdot r_1 - \hat{h}_1 \cdot r_2^*\end{aligned}\quad (2.3)$$

όπου το $\hat{\cdot}$ δείχνει μια εκτιμημένη αξία. Αυτός ο κανόνας συνδυασμού Space-time παράγει τα σύμβολα που είναι ανάλογα προς το ποσό των ισχύων, του καναλιού από κάθε κεραία.



Σχήμα 2.8: Αρχή του WCDMA space-time transmit diversity coding scheme.

2.9.1 Αντίκτυπος της πολλαπλότητας μετάδοσης

Η downlink ορθογωνικότητα έχει μεγάλη επιρροή επάνω στην απόδοση των σχεδίων πολλαπλότητας μετάδοσης για το WCDMA. Η πρόσθετη πολυοδικότητα που παράγεται από την πολλαπλότητα μετάδοσης μπορεί να οδηγήσει σε μια απώλεια της downlink channelisation ορθογωνικότητας κώδικα. Το κύριο όφελος της χρήσης πολλαπλότητας μετάδοσης είναι μια μείωση της downlink απαίτησης E_b/N_0 . Οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούνται για να ποσολογήσουν τα οφέλη απόδοσης πρέπει να περιλάβουν έναν πληθυσμό συν-καναλικών κινητών τερματικών που μοιράζεται το ίδιο δέντρο κώδικα channelisation. Η παράμετρος γεωμετρίας, ή G-παράμετρος, χρησιμοποιείται συχνά για να καθορίσει την αναλογία της μερικώς ορθογωνίας intra-cell παρέμβασης στη μη-ορθογώνια inter-cell παρέμβαση. Η inter-cell παρέμβαση θεωρείται ότι είναι Gaussian. Η G-παράμετρος καθορίζεται από την εξίσωση (2.4):

$$G = \hat{I}_{or} / I_{oc} \quad (2.4)$$

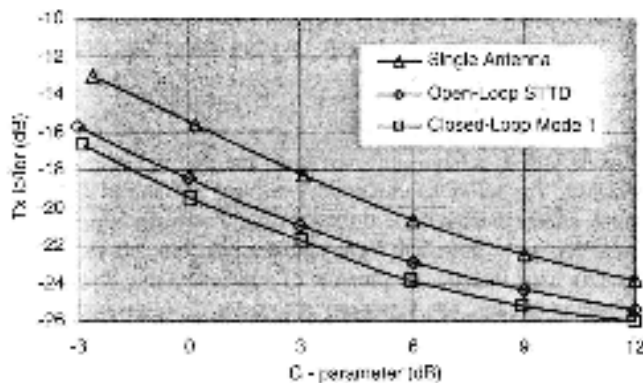
Όπου \hat{I}_{or} είναι η intra-cell φασματική πυκνότητα ισχύος παρέμβασης και I_{oc} είναι η inter-cell φασματική πυκνότητα ισχύος παρέμβασης. Οι μεγάλες τιμές της G-παραμέτρου αντιστοιχούν στην παρουσία κοντά στο σταθμό βάσης όπου η intra-cell παρέμβαση εξουσιάζει. Οι μικρές τιμές αντιστοιχούν στην παρουσία κοντά στο χείλος της κυψέλης. Οι χαρακτηριστικές τιμές κυμαίνονται από -3 dB ως 12dB [13]. Ένα χρήσιμο μέτρο της downlink απόδοσης είναι η αναλογία της απαίτησης ισχύος μετάδοσης ανά ραδιο-ζεύξη συνδέσεων προς τη συνολική ισχύ μετάδοσης του σταθμού βάσης. Αυτό αξιολογείται στο λειτουργούν σημείο που παρέχει το διευκρινισμένο QoS. Η αναλογία μπορεί να εκφραστεί από το $T_x I_c / I_{or}$, όπου I_c είναι η φασματική πυκνότητα ισχύος της απαίτησης ισχύος μετάδοσης ανά ραδιο-ζεύξη. Μια χαμηλή αναλογία

αντιστοιχεί στην υψηλή απόδοση. Μια τιμή -20 DB δείχνει ότι μόνο 1% της συνολικής ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης απαιτείται για την μονή ραδιο-ζεύξη.

Το σχήμα 2.9 απεικονίζει ένα παράδειγμα συνόλου αποτελεσμάτων προσομοίωσης συγκρίνοντας την απόδοση της μετάδοσης μονής κεραίας με την open-loop STTD και closed-loop πολλαπλότητα μετάδοσης, μέθοδος 1. Ένα BER 4% έχει υποτεθεί τόσο για τις εσωτερικού βρόγχου εντολές ελέγχου ισχύος όσο και για τα κομμάτια πληροφοριών ανάδρασης της μεθόδου κλειστού βρόγχου.

Μια σημαντική πρόκληση που συνδέεται με τη διευκρίνιση της απόδοσης της downlink Tx πολλαπλότητας προσδιορίζει μια αντιπροσωπευτική απόδοση κινητού τερματικού. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται από τα κινητά τερματικά ασκούν σημαντική επίδραση επάνω στο πόσο καλά το σχέδιο πολλαπλότητας μετάδοσης αποδίδει στην πράξη. Παραδείγματος χάριν, ένα κινητό τερματικό πρέπει να είναι σε θέση να κάνει μια ακριβή εκτίμηση της αυθόρμητης απόκρισης του καναλιού και του λόγου σήμα / παρέμβαση.

Ο πίνακας 2.20 παρουσιάζει τα κέρδη απόδοσης της πολλαπλότητας μετάδοσης για τις αποκρίσεις των καναλιών τροποποιημένο ITU Vehicular A και Pedestrian A. Μια G-παράμετρος 3 dB έχει υποτεθεί. Σε παρόμοια κατάσταση για τα κέρδη που επιτυγχάνονται με την high-order πολλαπλότητα λήψης, ο αντίκτυπος της πολλαπλότητας μετάδοσης είναι μέγιστος όταν η απόδοση της χρονικής και της πολυοδικής πολλαπλότητας είναι σχετικά κακή, π.χ. για έναν χρήστη χαμηλής κινητικότητας σε ένα περιβάλλον με μικρό multipath. Οι υψηλές ταχύτητες κινητού τερματικού σε ένα Vehicular A περιβάλλον οδηγούν σε αμελητέα κέρδη απόδοσης. Τα υψηλά επίπεδα πολλαπλών διαδρομών που συνδέονται με μια απόκριση Vehicular A καναλιού μειώνουν την downlink ορθογωνικότητα, γεγονός το οποίο προσκρούει στη συνέχεια επάνω στην απόδοση πολλαπλότητας μετάδοσης.



Σχήμα 2.9: Σύγκριση μετάδοσης μονής κεραίας με open-loop STTD και closed-loop mode 1 πολλαπλότητας μετάδοσης ως συνάρτηση της G-παραμέτρου για ένα ITU Pedestrian A κανάλι.

Πίνακας 2.20: Μείωση στην απαίτηση E_b/N_0 που παρέχεται από την open-loop mode και closed-loop mode 1 πολλαπλότητα μετάδοσης σε σχέση με μια αναμετάδοση μονής κεραίας (μέσα κέρδη για τις 12.2 kbps ως 144 kbps υπηρεσίες, BLER target 1%).

Diversity mode	Modified Vehicular A		Pedestrian A	
	3 km/h	50 km/h	120km/h	3km/h
Open-loop mode	1.0 dB	0.5 dB	0.5 dB	3.0 dB 3.5
Closed-loop mode 1	1.5 dB	1.0 dB	0.0dB	dB

Αυτές οι βελτιώσεις στην απαίτηση E_b/N_0 προσκρούουν και επάνω στην downlink χωρητικότητα του συστήματος και στην downlink κάλυψη υπηρεσιών. Το κέρδος στην κάλυψη υπηρεσιών είναι μέγιστης σπουδαιότητας όταν η κάλυψη είναι downlink limited. Αυτό είναι πιθανότερο να συμβεί σε μικροκυβελικά σενάρια όταν η ισχύς μετάδοσης του σταθμού βάσης είναι σχετικά περιορισμένη. Ο πίνακας 7,21 παρουσιάζει ένα σύνολο τυπικών κερδών χωρητικότητας για macrocell και microcell σενάρια. Αυτά τα κέρδη είναι σχετικά προς αυτά ενός downlink capacity-limited σεναρίου με έναν μονού-στοιχείου αναμεταδότη. Τα α μεγέθη δείχνουν ότι η χωρητικότητα είναι μεγαλύτερη για το microcell σενάριο.

Πίνακας 2.21: Τυπικές αυξήσεις χωρητικότητας όταν χρησιμοποιείται open-loop και closed-loop πολλαπλότητα μετάδοσης στα macrocell και microcell σενάρια, βασισμένες πάνω σε ένα downlink capacity-limited σενάριο.

Diversity mode	Macrocell capacity gain	Microcell capacity gain
Open-loop mode	25%	50%
Closed-loop mode 1	35%	70%

2.9.2 Πρακτικές εκτιμήσεις

Σύμφωνα με την προδιαγραφή διεπαφής αέρα 3GPP του WCDMA [8], οι τρόποι της πολλαπλότητας μετάδοσης που περιγράφονται ανωτέρω είναι υποχρεωτικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα για τα τερματικά αλλά προαιρετικά για τους σταθμούς βάσεων. Αυτό σημαίνει ότι οι χειριστές έχουν την επιλογή εάν πρέπει ή όχι να εφαρμοστεί η πολλαπλότητα μετάδοσης. Τα σχέδια της πολλαπλότητας μετάδοσης είναι ιδιαίτερος κατάλληλα για τα μικροκυβελικά σενάρια, όπου τα κέρδη χωρητικότητας είναι μεγάλα και άλλες τεχνικές όπως το beamforming είναι λιγότερο κατάλληλες λόγω της μεγάλης γωνιακής διάδοσης [14]. Η πολλαπλότητα διαβίβασης παρέχει μια σχετικά απλή λύση αναβάθμισης της χωρητικότητας από άποψη διαμορφώσεως πρόσθετου υλικού. Δύο στοιχεία κεραιών απαιτούνται στην κατιούσα σύνδεση - είτε μια μονή cross-polar κεραία είτε δύο κάθετα πολωμένες κεραίες. Από άποψη μονάδων ενισχυτών ισχύος, ο χειριστής μπορεί να είναι σε θέση να μοιραστεί την υπάρχουσα ισχύ. Αυτό είναι δυνατό όταν διαμορφώνεται η περιοχή με πολλαπλούς μεταφορείς και τους ενισχυτές ισχύος πολυ-μεταφορών. Παραδείγματος χάριν, η περιοχή $2 + 2 + 2$ που διαμορφώνεται με έξι ενισχυτές ισχύος 20W μπορεί να αναβαθμιστεί για να περιλάβει την downlink πολλαπλότητα μετάδοσης με 10 W ανά στοιχείο μετάδοσης χωρίς αύξηση του αριθμού μονάδων ενισχυτών. Αυτό δεν είναι δυνατό για τα σενάρια μονού-μεταφορέα και συμπληρωματικοί ενισχυτές ισχύος πρέπει να περιληφθούν.

2.10 Beamforming

Ενώ η high-order πολλαπλότητα μετάδοσης βελτιώνει την uplink απόδοση και η πολλαπλότητα διαβίβασης βελτιώνει την downlink απόδοση, το beamforming βελτιώνει και τις δύο. Εάν η παρατάξη κεραιών έχει μεταξύ δύο και οκτώ στοιχείων, η uplink πολλαπλότητα λήψης παρέχει περίπου τα ίδια uplink κέρδη με αυτά του beamforming. Εντούτοις, οι παρατάξεις κεραιών με περισσότερα από δύο στοιχεία μπορούν να παρέχουν τα μεγαλύτερα downlink κέρδη από εκείνα που παρέχονται από την πολλαπλότητα μετάδοσης. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα του χωρικού φιλτραρίσματος που περιορίζει την downlink παρέμβαση σε μια περιορισμένη γωνιακή διάδοση.

Η επιλογή της χρήσης beamforming ή higher-order πολλαπλότητας λήψης, που συνδυάζεται με την πολλαπλότητα μετάδοσης, εξαρτάται από το συγκεκριμένο ραδιο περιβάλλον καθώς επίσης και την ωριμότητα κάθε τεχνολογίας.

2.10.1 το μαθηματικό υπόβαθρο

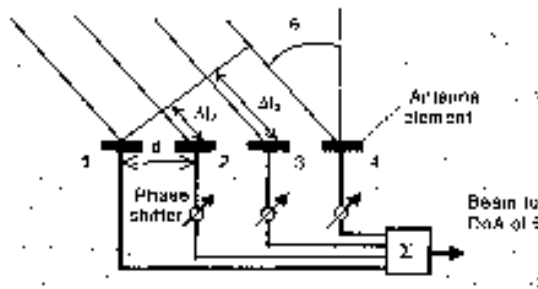
Το να κατευθύνουμε μια ακτίνα σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας συγχρονισμένους παράταξη κεραίας. Μια κοινή λύση είναι η ομοιόμορφη γραμμική σειρά, η οποία ρυθμίζει τη μετατόπιση φάσης για κάθε στοιχείο κεραίας έτσι ώστε το επιθυμητό σήμα αθροίζεται με συνοχή σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση της άφιξης (DoA). Το σχήμα 2.10 επεξηγεί τη διαφορά φάσης μεταξύ δύο παρακείμενων κεραιών μιας τεσσάρων στοιχείων παράταξης για DoA θ . Η μετατόπιση φάσης σχετικά με το στοιχείο αναφοράς αυξάνεται γραμμικά από στοιχείο σε στοιχείο. Αποζημίωση για τις μετατοπίσεις φάσης που αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο DoA οδηγεί σε συνεπές άθροισμα. Η μετατόπιση φάσης στο στοιχείο m είναι μια λειτουργία του inter-element spacing d , του DoA θ και του μήκους κύματος λ . μεταφορέων. Η εξίσωση (2.5) εκφράζει αυτήν την σχέση:

$$\phi_m = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta l_m = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (m-1) \cdot d \cdot \sin \theta, \quad m=1, \dots, M \quad (2.5)$$

Το διάνυσμα απόκρισης a μιας κεραίας με M στοιχεία περιγράφει τα σύνδετα βάρη κεραίας για την δέσμη που κατευθύνεται προς το DoA θ :

$$a = [1, \exp(j \cdot \phi_1), \dots, \exp(j \cdot \phi_M)] \quad (2.6)$$

Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις προσεγγίσεις - είτε πολλαπλές σταθερές δέσμες είτε συγκεκριμένες κατά χρήση δέσμες. Οι ορθογώνιες σταθερές ακτίνες μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας τη μήτρα Butler, η οποία καθορίζει τα παράλληλα σύνολα μετατοπίσεων φάσης που συνδέονται με κάθε δέσμη. Ο πίνακας 2.22 παρουσιάζει τις μετατοπίσεις φάσης μιας παράταξης 4 στοιχείων που χρησιμοποιείται για να παράγει τέσσερις ορθογώνιες δέσμες.

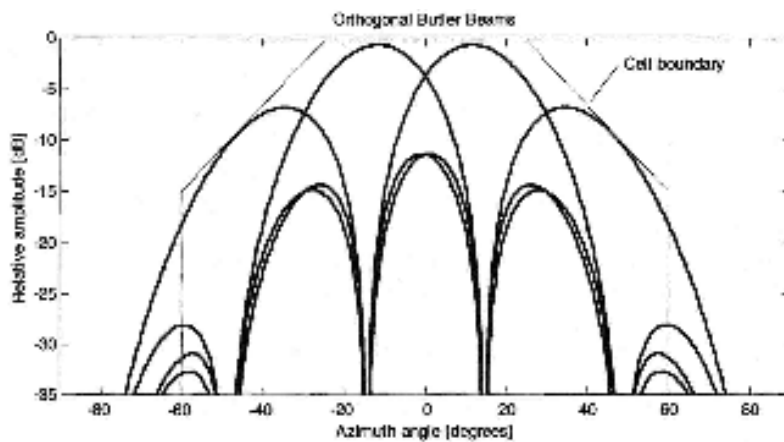


Σχήμα 2.10: Γεωμετρία μιας ομοειδούς γραμμικής παράταξης για ένα επίπεδο κύμα στην κατεύθυνση της άφιξης θ .

Το σχήμα 2.11 επεξηγεί τα αντίστοιχα σχέδια δεσμών όσον αφορά ένα εξαγωνικό ίχνος κυψέλης. Αυτός ο αριθμός λαμβάνει υπόψη το σχέδιο δέσμης κάθε μεμονωμένου στοιχείου κεραίας.

Πίνακας 2.22: Μετατοπίσεις φάσης θ_m για την 4x4 Butler μήτρα

Beam#	Antenna element #			
	1	2	3	4
1	0°	-135°	-270°	-405°
2	0°	-45°	-90°	-135°
3	0°	45°	90°	135°
4	0°	135°	270°	405°



Σχήμα 2.11: Μοτίβο δέσμης μιας τεσσάρων-στοιχείων διάταξης βασισμένης στην Butler μήτρα του πίνακα 2.22.

Η προσέγγιση καθορισμένης δέσμης μπορεί να εφαρμοστεί κατά τρόπο σχετικά απλό, ενσωματώνοντας αναλογικά τμήματα μετατόπισης φάσης στην ομάδα κεραιών. Σε αυτήν την περίπτωση οι πολλαπλοί χρήστες διορίζονται σε κάθε δέσμη. Η κατά-συγκεκριμένο-χρήστη προσέγγιση είναι πιο σύνθετη και απαιτεί ένα χωριστό διάνυσμα απόκρισης για να οριστεί σε κάθε κινητό τερματικό.

2.10.2 Αντίκτοπος του Beamforming

Ο πίνακας 2.23 παρουσιάζει ένα σύνολο αποτελεσμάτων προσομοίωσης σε επίπεδο σύνδεσης, συγκρίνοντας τα uplink κέρδη απόδοσης για ένα εύρος διαμορφώσεων κεραιών. Τα beamforming αποτελέσματα αντιστοιχούν στην προσέγγιση σταθερής δέσμης παρά στην κατά συγκεκριμένο χρήστη προσέγγιση. Η διαμόρφωση 4 + 4 υπονοεί δύο σύνολα τεσσάρων δεσμών που χωρίζονται από την πολλαπλότητα πόλωσης. Το κέρδος παρουσιάζεται από την άποψη μείωσης της απαίτησης E_b/N_0 σχετικά με την δύο-κλάδων πολλαπλότητα λήψης. Οι μειώσεις E_b/N_0 βελτιώνουν και την κάλυψη και την χωρητικότητα στην uplink κατεύθυνση.

Πίνακας 2.23: Μείωση στις uplink E_b/N_0 απαιτήσεις που παρέχονται από το σταθερής δέσμης beamforming και την four-antenna MRC σχετική με την E_b/N_0 απαίτηση ενός two-branch δέκτη για υπηρεσία ομιλίας 12.2 kbps με BLER στο 1%.

Antenna configuration	Modified Vehicular A			Pedestrian A
	3km/h	50 km/h	120 km/h	3km/h
Four-antenna MRC ^a	3.0 dB	2.5 dB	2.3 dB	5.9 dB
Eight beams ^b	4.9 dB	5.2 dB	5.1 dB	5.9 dB
Eight beams ^c	4.4 dB	4.9 dB	4.8 dB	5.8 dB
4 + 4 beams ^b	5.5 dB	5.7 dB	5.9 dB	7.0 dB
4 + 4 beams ^c	4.4 dB	4.3 dB	4.5 dB	6.0 dB

^a Ασυσχετίστες κεραίες

^b Κινητό τερματικό DoA προς το μέγιστο κέρδος δέσμης, 8 RAKE δακτυλα.

^c Κινητό τερματικό DoA μεταξύ δύο δεσμών, 8 RAKE δακτυλα.

Το κέρδος είναι σχετικά αναισθητό στο DoA του κινητού τερματικού, π.χ. εάν είναι προς το κέντρο μιας δέσμης ή μεταξύ δύο δεσμών. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα του γωνιακού κέρδους πολλαπλότητας που είναι σε ένα μέγιστο μεταξύ δύο δεσμών ενώ το beamforming κέρδος είναι σε ένα μέγιστο στην κατεύθυνση μιας δέσμης. Στο Pedestrian περιβάλλον A, που εκθέτει μόνο δύο εξαρτήματα διάδοσης καθυστέρησης, η σταθερή προσέγγιση οκτώ-δεσμών δεν αποδίδει καλύτερα από τον τεσσάρων-κλάδων MRC.

Το Beamforming παρέχει το χωρικό φιλτράρισμα της downlink ισχύος μετάδοσης προς το επιθυμητό κινητό τερματικό. Το χωρικό φιλτράρισμα παρέχει δύο οφέλη. Καταρχήν η ισχύς μετάδοσης μπορεί να μειωθεί από το κέρδος της παράταξης κεραιών. Παραδείγματος χάριν, σε ένα ιδανικό σενάριο μια παράταξη 4 κεραιών παρέχει ένα κέρδος παράταξης 4 και οι ισχύεις μετάδοσης μπορούν να μειωθούν από έναν αντίστοιχο παράγοντα 4. Το δεύτερο όφελος του χωρικού φιλτραρίσματος είναι η μείωση της παρέμβασης μεταξύ των χρηστών που συνδέονται με διαφορετικές δέσμες. Αυτό επιτρέπει μια σημαντική αύξηση στον αριθμό χρηστών που υποστηρίζονται.

Η φυσική απόδοση στρώματος της κατιούσας σύνδεσης WCDMA εξαρτάται από τη δυνατότητα του κινητού τερματικού να υπολογίσει ακριβώς την αυθόρμητη απόκριση του καναλιού και να μετρήσει τον λαμβανόμενο SIR. Στην περίπτωση των διαμορφώσεων μονής κεραίας μετάδοσης, οι 3GPP προδιαγραφές καθορίζουν μια αξιόπιστη αναφορά φάσης από άποψη του P-CPICH. Όταν ένας χειριστής αναπτύσσει fixed-beam beamforming, οι S-CPICHs χρησιμοποιούνται για να παρέχουν μια χωριστή και αξιόπιστη αναφορά φάσης για κάθε δέσμη. Είναι δυνατό να αξιολογηθούν τα beamforming downlink κέρδη που βασίζονται στην υποδοχή του κινητού τερματικού των CPICHs [15].

Ο πίνακας 2.24 παρουσιάζει ένα σύνολο αποτελεσμάτων προσομοίωσης για ένα μακροκυβελικό περιβάλλον ως συνάρτηση της διαμόρφωσης κεραίας του σταθμού βάσης και της γωνιακής διάδοσης του ραδιο-περιβάλλοντος. Η γωνιακή διάδοση στη παράταξη κεραιών του σταθμού βάσης έχει διαμορφωθεί ως Laplacian διανομή. Τα κέρδη έχουν εκτιμηθεί με τον υπολογισμό μέσου όρου σε όλα τα αζιμούθια. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το beamforming παρέχει μια αποτελεσματική τεχνική για την βελτίωση της downlink απόδοσης, ειδικά στα περιβάλλοντα με χαμηλή γωνιακή διάδοση.

Πίνακας 2.24: Μείωση στην downlink E_b/N_0 απαίτηση που συνδέεται με το σταθερής-δέσμης beamforming σε σχέση με μία κυψέλη διαμορφωμένη με ένα μονό στοιχείο μετάδοσης.

Antenna configuration	Angular spread			
	2°	6°	10°	20°
Two-beam	2.2 dB	2.2 dB	2.1 dB	1.8 dB
Four-beam	5.1 dB	5.0 dB	4.5 dB	3.7 dB
Six-beam	6.9 dB	6.3 dB	5.8 dB	4.5 dB
Eight-beam	8.8 dB	8.0 dB	7.0 dB	5.2 dB

2.10.3 Πρακτικές εκτιμήσεις

Οι απαιτήσεις των beamforming τεχνικών έχουν ληφθεί υπόψη σε όλη την τυποποίηση του WCDMA. Η προσέγγιση κατά σταθερή δέσμη είναι ωριμότερη από την κατά συγκεκριμένο χρήστη προσέγγιση. Οι σταθερές δέσμες παράγονται συνήθως από τους αναλογικούς μοχλούς μετατόπισης φάσης. Στην περίπτωση κατά συγκεκριμένο χρήστη beamforming, μια διαφορετική δέσμη δείχνει στην κατεύθυνση κάθε κινητού τερματικού. Το κατά συγκεκριμένο χρήστη beamforming απαιτεί τη χρήση της πειραματικής ακολουθίας μέσα στο DPCCCH, το οποίο μειώνει την απόδοση σύνδεσης κατά 2-3 dB ως προς την περίπτωση χρήσης του P-CPICH. Η ισχύς του DPCCCH μπορεί να ποικίλει, αλλά οι υπερβολικές ισχύεις οδηγούν στην ανεπαρκή χρήση της downlink ισχύος μετάδοσης και σε αντίστοιχη απώλεια στην χωρητικότητα. Το κατά συγκεκριμένο χρήστη beamforming μπορεί να εφαρμοστεί είτε πλήρως ψηφιακά είτε ως υβριδική αναλογική/ψηφιακή λύση.

Η προδιαγραφή WCDMA ευνοεί την υιοθέτηση της προσέγγισης της σταθερής δέσμης. Οι λόγοι περιλαμβάνουν τους εξής:

- Οι λειτουργίες του κινητού τερματικού διευκρινίζονται καλά. Τα κατά δέσμη συγκεκριμένα S-CPICHs μπορούν να αξιοποιηθούν επιτρέποντας τη χρήση δεδομένης αυθόρμητης απόκρισης καναλιού και αλγορίθμων εκτίμησης του SIR.
- Οι αρχικοί και δευτερεύοντες κώδικες ανακατάματος μπορούν να οριστούν στις δέσμες που ανήκουν σε μια κυψέλη. Αυτό βοηθά να ανακουφίσει το ζήτημα των περιορισμών στο δέντρο κώδικα του channelisation.
- Ένα ή περισσότερα downlink κοινά κανάλια μπορούν να οριστούν σε κάθε δέσμη για να βοηθήσουν να βελτιωθεί ο σχεδιασμός πακέτων για τα κοινά κανάλια. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη βελτιωμένη αποδοτικότητα ζευξέων.
- Ο αντίκτυπος στην λειτουργικότητα της διαχείρισης των ραδιοπόρων είναι ελάχιστος.

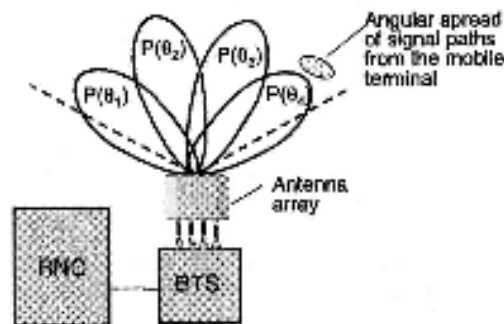
Η προσέγγιση σταθερής δέσμης είναι επίσης ελκυστική λόγω της ισχυρής απόδοσης φυσικού στρώματος και της λογικής απαίτησης πολυπλοκότητας του κινητού τερματικού. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της κατά συγκεκριμένο χρήστη προσέγγισης είναι η αύξηση στην πολυπλοκότητα και η απαίτηση για μεταβλητή λειτουργία. Επιπλέον, η προδιαγραφή για αυτήν την προσέγγιση δεν υποστηρίζει την πολλαπλότητα μετάδοσης και υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος αντίκτυπος στις λειτουργίες διαχείρισης των ραδιοπόρων. Τέλος, το γεγονός ότι το κατά συγκεκριμένο χρήστη beamforming δεν παρέχει σημαντικά κέρδη απόδοσης ως προς την προσέγγιση συγκεκριμένης δέσμης, σημαίνει ότι η προσέγγιση συγκεκριμένης δέσμης είναι πιθανό να είναι η προτιμημένη τεχνική για το WCDMA.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του beamforming είναι ότι η παράταξη κεραιών μπορεί να κατασκευαστεί μέσα σε ένα μονό radome κεραιών. Το σχετικά υψηλό κέρδος της παράταξης σημαίνει ότι οι κάθετες διαστάσεις της ομάδας κεραιών μπορούν να μειωθούν διατηρώντας την κάλυψη υπηρεσιών και την απόδοση χωρητικότητας του συστήματος.

2.10.4 Αντίκτυπος της προσέγγισης κατά συγκεκριμένη δέσμη στους αλγόριθμους RRM

Το χωρικό φιλτράρισμα που είναι χαρακτηριστικό του beamforming σημαίνει ότι η φόρτωση ανά δέσμη ποικίλλει ως συνάρτηση της διανομής αζιμουθίου της κυκλοφορίας και της πολλαπλής παρέμβασης πρόσβασης. Τα κινητά τερματικά που χρησιμοποιούν τις high data rate υπηρεσίες είναι πιθανό να παράγουν μια ανομοιόμορφη χωρική διανομή της κυκλοφορίας και της παρέμβασης. Τα αντίστοιχα σχέδια ελέγχου εισόδου και ελέγχου φορτίου πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τότε η φόρτωση κυψέλης διανέμεται μη-ομοιόμορφα και να αντιδρούν αναλόγως.

Οι συμβατικοί αλγόριθμοι power-based ελέγχου εισόδου που χρησιμοποιήθηκαν με συγκεκριμένες τμηματοποιημένες τοποθεσίες μπορούν να τροποποιηθούν για να αντιμετωπίσουν την κατά συγκεκριμένη δέσμη διαμόρφωση [16-18]. Οι power-based αλγόριθμοι ελέγχου εισόδου παρακολουθούν τη λαμβανόμενη ισχύ παρεμβολής καθώς επίσης και την ισχύ μετάδοσης του σταθμού βάσης. Στους χρήστες χορηγείται η πρόσβαση στο σύστημα εάν και το επίπεδο παρέμβασης δέκτη καθώς και η ισχύς μετάδοσης του σταθμού βάσης είναι κάτω από ορισμένα προκαθορισμένα κατώτατα όρια. Στην περίπτωση του power-based ελέγχου εισόδου με beamforming συγκεκριμένης δέσμης, ένας νέος χρήστης αποκτά πρόσβαση εάν η γωνιακή διανομή ισχύος παραμένει ικανοποιητική, δηλ. τα συνολικά κατώτατα όρια ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης και του επιπέδου παρεμβολής σε κάθε σταθερή δέσμη δεν ξεπερνιούνται. Η αύξηση ισχύος σε κάθε δέσμη εξαρτάται από τη γωνιακή διάδοση και το DoA του κινητού τερματικού καθώς επίσης και από τα ίδια τα σχέδια των δεσμών. Το σχήμα 2.12 παρουσιάζει μια διαμόρφωση κεραίας σταθερής δέσμης με έναν νέο χρήστη που προσπαθεί να αποκτήσει πρόσβαση στο σύστημα.



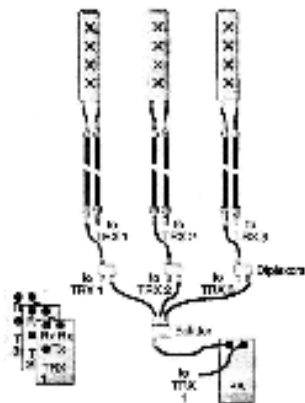
Σχήμα 2.12: Απεικόνιση της αποτελεσματικής μετάδοσης και του receive azimuth power spectrum από ένα σταθμό βάσης διαμορφωμένο με μια σταθερή four-beam beamforming διάταξη κεραίας.

Εάν ο νέος χρήστης αποκτήσει πρόσβαση στην δέσμη $P(\theta_4)$ τότε όχι μόνο το φορτίο αυτής δέσμης αυξάνεται αλλά και εκείνο των δεσμών $P(\theta_1)$, $P(\theta_2)$ και $P(\theta_3)$. Αυτό προκαλείται από τους δευτερεύοντες λοβούς κάθε δέσμης που διαρρέουν και λαμβάνουν ισχύ από όλη την περιοχή κάλυψης της κυψέλης. Το σχήμα 2.11 παρουσιάζει δευτερεύοντες λοβούς από μια παράταξη κεραιών 4 δεσμών. Η χωρητικότητα που παρέχεται από αυτήν την μορφή ελέγχου εισόδου είναι μέγιστη για την ομοιόμορφη κυκλοφορία και interference loading the cell.

2.11 Roll-out Βελτιστοποιημένη Διαμόρφωση

Η Βελτιστοποιημένη Roll-out Διαμόρφωση (ROC, roll-out optimised configuration) είναι βασισμένη στη διανομή των ενισχυτών ισχύος μεταξύ των κυψελών. Η παράγραφος 2.5.1 περιέγραψε πώς οι μονάδες ενισχυτών ισχύος του σταθμού βάσης μπορούν να μοιραστούν μεταξύ των μεταφορέων. Πράττοντας έτσι γενικά μειώνεται η χωρητικότητα της τοποθεσίας αλλά επίσης μειώνεται η απαίτηση για ενισχυτές ισχύος και επομένως οι κύριες δαπάνες που συνδέονται με το σταθμό βάσης. Για μερικά uplink capacity-limited σενάρια η χρήση του ROC μπορεί να μην έχει επιπτώσεις στην χωρητικότητα του συστήματος. Αυτό εξαρτάται από την απαίτηση της ισχύος μετάδοσης τους σταθμού βάσης.

Η Uplink μιας ROC σταθμού βάσης εμφανίζεται ολόιδια με αυτήν ενός τυποποιημένου σταθμού βάσης, δηλ. υπάρχουν χωριστές μονάδες πομποδεκτών για κάθε κυψέλη. Η downlink χαρακτηρίζεται από έναν splitter που διαιρεί τη συνολική downlink ισχύ μεταξύ των τομέων. Η downlink εμφανίζεται ως μονή λογική κυψέλη που διαμορφώνεται με έναν μονό κώδικα ανακατώματος. Αυτό είναι αποτέλεσμα της διαβίβασης του ίδιου σήματος και από τους τρεις τομείς. Τα σχέδια του downlink κέρδους κεραιάς συνδυάζονται αποτελεσματικά και είναι δυνατό να παραληφθούν πολυδικά σήματα από τις πολλαπλές κεραιές. Ο συνδυασμός των τριών downlink σχεδίων κεραιών χρειάζεται προσεκτική εκτίμηση, δεδομένου ότι μηδενικά είναι πιθανό να εμφανιστούν. Το σχήμα 2.13 επεξηγεί την αρχιτεκτονική ενός ROC σταθμού βάσης.



Σχήμα 2.13: Αρχιτεκτονική μιας roll-out βέλτιστης διαμόρφωσης (ROC) σταθμού βάσης.

Η κατιούσα σύνδεση μπορεί να διαμορφωθεί με μια ή δύο μονάδες ενισχυτών ισχύος που μοιράζονται μεταξύ των τομέων. Η προσθήκη μιας τρίτης σημαίνει ότι ο splitter μπορεί να αφαιρεθεί και ο σταθμός βάσης εξελίσσεται σε μια τυποποιημένη διαμόρφωση. Επιπλέον ένας ROC σταθμός βάσης μπορεί να διαμορφωθεί με πολλαπλούς μεταφορείς. Ακολουθώντας τα επιχειρήματα που παρουσιάζονται στην παράγραφο 2.4, η χωρητικότητα του σταθμού βάσης θα είναι μεγαλύτερη εάν οι ενισχυτές ισχύος αναλάβουν έναν μεταφορέα ο καθένας παρά παρά να μοιράζονται στον ίδιο μεταφορέα.

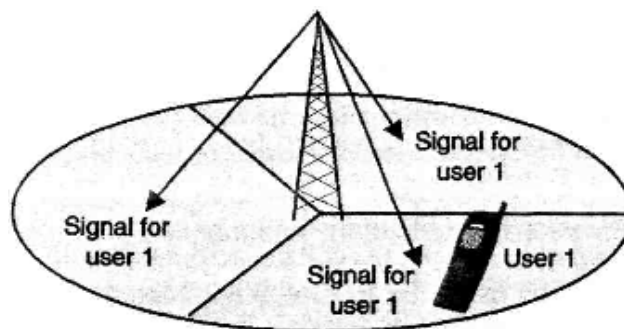
2.11.1 Αντίκτυπος της Βελτιστοποιημένης Roll-out Διαμόρφωσης

Από την πλευρά της απόδοσης κάλυψης υπηρεσιών, η ROC διαμόρφωση συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο όπως μια τυποποιημένη τοποθεσία 3 τομέων, δηλ. ο uplink προϋπολογισμός συνδέσεων δεν αλλάζει και το εύρος κυψέλης παραμένει παρόμοια με αυτήν μιας τυποποιημένης διαμόρφωσης τοποθεσίας.

Ο αντίκτυπος στην χωρητικότητα του συστήματος εξαρτάται από το εάν το σύστημα είναι uplink ή downlink capacity-limited. Για downlink capacity-limited σενάρια, η χρήση του ROC θα μειώσει την χωρητικότητα ως αποτέλεσμα της χαμηλότερης ικανότητας ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης, αν και η downlink αναλογία inter-cell παρέμβασης μειώνεται επίσης σε ένα επίπεδο συγκρίσιμο με αυτό μιας πανκατευθυντικής διαμόρφωσης τοποθεσίας. Η έκταση της απώλειας εξαρτάται από την απώλεια διάδοσης. Μια περιοχή που προγραμματίζεται για την υπηρεσία δεδομένων 64 kbps και έχοντας μια σχετικά μεγάλη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης θα υποστεί μια μεγαλύτερη απώλεια στην χωρητικότητα από μια περιοχή που προγραμματίζεται για την υπηρεσία δεδομένων 384kbps, που έχει μια μικρότερη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης. Εξετάστε έναν σταθμό βάσης ROC που διαμορφώνεται με έναν μονό ενισχυτή ισχύος 20W. Τα 20W μοιράζονται μεταξύ των τριών τομέων. Αυτό σημαίνει ότι ένα μέγιστο 6.7 W διαβιβάζεται σε κάθε τομέα. Χαρακτηριστικά, 0.5 W αυτών των 6.7 W πρέπει να οριστεί στο P-CPICH και ακόμη 1W στο P-CCPCH και το S-CCPCH. Αυτό οδηγεί σε 5.2 W διαθέσιμα για τα κανάλια κυκλοφορίας. Εντούτοις, όχι όλα αυτά τα 5.2 W είναι χρήσιμη ισχύς. Η διαμόρφωση ROC οδηγεί σε ένα σημαντικό πλεόνασμα ισχύος μετάδοσης ως αποτέλεσμα της μετάδοσης του ίδιου σήματος και στους τρεις τομείς, όπως διευκρινίζονται στο σχήμα 2.14.

Ο χρήστης 1 κατοικεί μέσα σε μια μονή κυψέλη και δεν είναι στο softer handover. Η downlink ισχύς μετάδοσης είναι μη-έξυπνα χωρισμένη μεταξύ των τομέων, χωρίς διάκριση βασισμένη στη θέση του χρήστη. Αυτό παράγει ένα πλεόνασμα 200% και στην πραγματικότητα μόνο ένα τρίτο των 5.2 W είναι χρήσιμη ισχύς καναλιού κυκλοφορίας. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα περιλαμβάνουν την ισχύ σημάτων προοριζόμενη για τους χρήστες στους άλλους δύο τομείς. Οι πίνακες 2.25 και 2.26 συγκρίνουν την χωρητικότητα μιας συμβατικής 1 + 1 + 1 διαμόρφωσης σταθμού βάσης με αυτή μιας A 1 + 1 + 1 διαμόρφωσης ROC. Ο πίνακας 2.25 είναι βασισμένος σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης που αντιστοιχεί σε μια κυψέλη προγραμματισμένη για την υπηρεσία δεδομένων 64kbps.

Ο πίνακας 2.26 είναι βασισμένος σε μια μεγαλύτερη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης, που αντιστοιχεί σε μια κυψέλη προγραμματισμένη για την υπηρεσία ομιλίας 12.2 kbps. Αυτοί οι πίνακες καταδεικνύουν τις αρχές που περιγράφονται στην παράγραφο 2.4, δηλ. όπως η επιτρεπτή απώλεια διάδοσης αυξάνει την downlink χωρητικότητα υπόκειται στην εξουσία της ικανότητας της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης παρά στο επίπεδο της downlink φόρτωσης. Αυτό σημαίνει ότι ο σταθμός βάσης ξεμένει από ισχύ πριν φτάσει στον «αγκώνα» στην εκθετική άνοδο στο επίπεδο παρέμβασης. Όταν το εύρος κυψέλης είναι μικρό, ο αγκώνας στην εκθετική άνοδο επιτυγχάνεται πριν ξεμείνει ο σταθμός βάσης από ισχύ και η συνεπακόλουθη αιχμηρή αύξηση στο επίπεδο παρέμβασης σημαίνει ότι ο σταθμός βάσης στερεύει από ισχύ σχετικώς ανεξάρτητα από την δική του ικανότητα ισχύος μετάδοσης. Ο πίνακας 2.25 επεξηγεί το γεγονός ότι κατά τον προγραμματισμό για uplink κάλυψη στα 64 kbps η διαμόρφωση ROC των 20W έχει μια χωρητικότητα περίπου 35% της συμβατικής διαμόρφωσης.



Σχήμα 2.14: Της Roll-out βέλτιστης διαμόρφωσης το έμφυτο downlink overhead της ισχύος μετάδοσης.

Ο πίνακας 2.26 δείχνει ότι όταν αυξάνεται το εύρος κυψέλης, η χωρητικότητα γίνεται πλιό ευαίσθητη στην ικανότητα ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης και η διαμόρφωση ROC των 20W έχει μια χωρητικότητα περίπου 25% της συμβατικής διαμόρφωσης.

Πίνακας 2.25: Σύγκριση της χωρητικότητας που σχετίζεται με μια συμβατική διαμόρφωση σταθμού βάσης και μιας ROC διαμόρφωσης σταθμού βάσης, βασισμένη πάνω σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 154.4dB

Base station transmit power	Service	Downlink capacity per site	Uplink load	Downlink load
Conventional 1 + 1 + 1	12.2 kbps speech	233 users	75.5%	78.1%
20 W per sector (12 W total assigned to CPICH and common control channels)	64/64 kbps data	31 users	50.2%	75.5%
	64/144 kbps data ^a	16 users	2.5%	75.5%
	64/384 kbps data ^a	7 users	1.1%	75.5%
ROC 1 + 1 + 1	12.2 kbps speech	84 users	27.3%	25.8%
20 W shared between sectors (4.5 W assigned to CPICH and common control channels)	64/64 kbps data	11 users	16.8%	23.1%
	64/144 kbps data ^a	5 users	0.8%	23.1%
	64/384 kbps data ^a	2 users	0.4%	23.1%
ROC 1 + 1 + 1	12.2 kbps speech	134 users	43.4%	41.0%
40 W shared between sectors (9 W assigned to CPICH and common control channels)	64/64 kbps data	17 users	27.3%	37.5%
	64/144 kbps data ^a	8 users	1.4%	37.5%
	64/384 kbps data ^a	4 users	0.6%	37.5%

^aΠεριλαμβάνει ένα παράγοντα δραστηριότητας σε αναλογία 1:10 για την uplink προς downlink δραστηριότητα κυκλοφορίας καναλιού.

Τα αποτελέσματα για τη διαμόρφωση ROC των 40W καταδεικνύουν ότι μεγαλύτερα μεγέθη απώλειας διάδοσης οδηγούν στις μεγαλύτερες σχετικές αυξήσεις στην χωρητικότητα καθώς η ισχύ μετάδοσης αυξάνεται. Είναι εμφανές ότι η χωρητικότητα κυψέλης ενός σταθμού βάσης ROC είναι σχεδόν πάντα downlink capacity-limited. Το μόνο αποτέλεσμα που δείχνει τη δυνατότητα ενός uplink capacity-limited συστήματος είναι η σειρά ομιλίας για τη διαμόρφωση ROC στα 40W. Σε αυτήν την περίπτωση οι uplink αριθμοί φόρτωσης είναι 43.4% και 30.7%. Αυτό σημαίνει ότι εάν το ραδιο δίκτυο έχει προγραμματιστεί σε 30% φόρτωση και η κυκλοφορία εξουσιάζεται από τους χρήστες ομιλίας, η χωρητικότητα κυψέλης θα είναι περιορισμένη στην uplink κατεύθυνση. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν υπάρχει καμία απώλεια στην χωρητικότητα με τη χρήση της διαμόρφωσης ROC έναντι της συμβατικής διαμόρφωσης. Αυτό καθιστά τη διαμόρφωση ROC ιδιαίτερα εφαρμόσιμη στα αγροτικά σενάρια όπου το δίκτυο έχει προγραμματιστεί σε ένα σχετικά χαμηλό uplink φορτίο κυψέλης.

2.11.2 Πρακτικές εκτιμήσεις

Οι απαιτήσεις του υποσυστήματος κεραίας και του θαλάμου για έναν σταθμό βάσης ROC είναι παρόμοιες με εκείνους ενός τυποποιημένου σταθμού βάσης με την προσθήκη ενός διαχωριστή για να διαιρέσει την downlink ισχύ μεταξύ των τομέων.

Πίνακας 2.25: Σύγκριση της χωρητικότητας που σχετίζεται με μια συμβατική διαμόρφωση σταθμού βάσης και μιας ROC διαμόρφωσης σταθμού βάσης, βασισμένη πάνω σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 156.6dB

Base station transmit power	Service	Downlink capacity per site	Uplink load	Downlink load
Conventional 1 + 1 + 1	12.2 kbps speech	202 users	65.5%	67.8%
20 W per sector (12 W total assigned to CPICH and common control channels)	64/64 kbps data	27 users	42.9%	64.5%
	64/144 kbps data ^a	13 users	2.1%	64.5%
	64/384 kbps data ^a	6 users	0.9%	64.5%
ROC 1 + 1 + 1	12.2 kbps speech	56 users	18.0%	17.0%
20 W shared between sectors (4.5 W assigned to CPICH and common control channels)	64/64 kbps data	7 users	11.0%	15.0%
	64/144 kbps data ^a	3 users	0.5%	15.0%
	64/384 kbps data ^a	1 user	0.2%	15.0%
ROC 1 + 1 + 1	12.2 kbps speech	95 users	30.7%	29.0%
40 W shared between sectors (9 W assigned to CPICH and common control channels)	64/64 kbps data	12 users	19.0%	26.1%
	64/144 kbps data ^a	6 users	0.9%	26.1%
	64/384 kbps data ^a	2 users	0.4%	26.1%

^aΠεριλαμβάνει ένα παράγοντα δραστηριότητας σε αναλογία 1:10 για την uplink προς downlink δραστηριότητα κυκλοφορίας καναλιού.

Αυτό το κεφάλαιο έχει στραφεί προς την περιγραφή μιας διαμόρφωσης ROC 3 τομέων. Η ίδια αρχή μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε αριθμό τομέων. Οι τοποθεσίες ROC δύο-τομέων είναι συχνά κατάλληλες για την παροχή κάλυψης κατά μήκος των δρόμων. Το μειωμένο κόστος των σταθμών βάσης ROC πρέπει να ισορροπηθεί ενάντια στη σχετικά χαμηλή χωρητικότητα και την ανάγκη για μελλοντικές αναβαθμίσεις.

2.12 Sectorisation

Ο όρος sectorisation αναφέρεται στην αύξηση του αριθμού τομέων που ανήκουν σε μια περιοχή. Ο Sectorisation χρησιμοποιείται πρώτιστα ως τεχνική για να αυξηθεί η χωρητικότητα του συστήματος, αν και η κάλυψη υπηρεσιών βελτιώνεται γενικώς ταυτόχρονα. Αυτό είναι ένα αποτέλεσμα του αυξανόμενου κέρδους κεραίας που συνδέεται με περισσότερες κατευθυντικές κεραίες. Η επιλογή κεραίας είναι ένα κρίσιμο μέρος του προγραμματισμού για αυξανόμενο sectorisation. Τα επίπεδα της inter-cell παρέμβασης και το SHO overhead πρέπει να ελεγχθούν προσεκτικά. Παραδείγματος χάριν, η αναβάθμιση μιας περιοχής 3-τομέων σε μια περιοχή έξι-τομέων δεν περιλαμβάνει απλά να εξοπλίσει με 3 πρόσθετες κεραίες αλλά και την αλλαγή των 3 αρχικών. Για αυτόν τον λόγο είναι χρήσιμο να προγραμματιστεί η απαίτηση για υψηλό sectorisation κατά τη διάρκεια του αρχικού ξεδιπλώματος του συστήματος. Μπορεί να είναι συμφέρον να αναπτύξει highly sectorised διαμορφώσεις κατά τη διάρκεια του αρχικού roll-out για να μειώσει την απαίτηση για τις επόμενες βελτιώσεις.

Η αύξηση του αριθμού τομέων σε έναν σταθμό βάσης τοποθετεί μια μεγαλύτερη απαίτηση επάνω στην ποσότητα υλικού που απαιτείται μέσα στο θάλαμο του σταθμού βάσης. Γενικά, διπλασιάζοντας τον αριθμό των τομέων θα απαιτήσει δύο φορές περισσότερες μονάδες

πομποδεκτών, διπλάσιες μονάδες ενισχυτών ισχύος και δύο φορές τόση ικανότητα baseband επεξεργασίας. Εάν η περιοχή χρησιμοποιεί πολλαπλούς μεταφορείς και τους multi-carrier ενισχυτές ισχύος, η υπάρχουσα ισχύς μετάδοσης μπορεί να μοιραστεί στους μεταφορείς. Παραδείγματος χάριν, η περιοχή 2 + 2 + 2 που διαμορφώνεται με αφιερωμένους multi-carrier ενισχυτές ισχύος 20W για κάθε μεταφορέα κάθε κυψέλης μπορεί να αναβαθμιστεί σε μια 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 διαμόρφωση χωρίς αύξηση της απαίτησης για μονάδες ενισχυτών ισχύος. Οι υπάρχοντες έξι ενισχυτές ισχύος μπορούν να μοιράζονται στους μεταφορείς που ανήκουν σε κάθε κυψέλη, έτσι ώστε 10W να είναι διαθέσιμα σε κάθε μεταφορέα σε κάθε κυψέλη. Οι διαμορφώσεις που συνδέονται με τους διάφορους βαθμούς sectorisation παρουσιάζονται στον πίνακα 2.27.

Πίνακας 2.27: Η εφαρμογή διαφόρων επιπέδων του sectorisation

Level	Application
1 sector	Microcell or low-capacity macrocell
2 sectors	Sectored microcell or macrocell providing roadside coverage
3 sectors	Standard macrocell configuration providing medium capacity
4 or 5 sectors	Not commonly used but may be chosen to support a specific traffic scenario
6 sectors	High-capacity macrocell configuration

2.12.1 Αντίκτυπος του Sectorisation

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση του συστήματος μιας τμηματοποιημένης περιοχής είναι η επιλογή της κεραίας. Σε μεγάλο βαθμό αυτό καθορίζει τα επίπεδα inter-cell παρέμβασης, του SHO overhead και οποιονδήποτε αλλαγών στη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης. Η χωρητικότητα του συστήματος επηρεάζεται άμεσα και από τα τρία. Η κάλυψη υπηρεσιών επηρεάζεται από τις αλλαγές στη μέγιστη απώλεια διάδοσης. Ο πίνακας 2.28 παρουσιάζει ένα σύνολο χαρακτηριστικών αριθμών για το sectorisation και για macrocells και για microcells.

Το μικροκυψελικό Sectorisation δεν υπερβαίνει κανονικά δύο τομείς. Οι κεραίες πρέπει να τοποθετηθούν με μεγάλη προσοχή για να εξασφαλίσουν επαρκή απομόνωση μεταξύ των κυψελών. Η φύση της μικροκυψελικής ραδιοδιάδοσης σημαίνει ότι απλά ο ορισμός κεραίων σε διαφορετικές κατευθύνσεις δεν είναι επαρκής για να εξασφαλίσει σαφώς καθορισμένες περιοχές κυριαρχίας με επαρκή inter-cell απομόνωση.

Στην περίπτωση των μακροκυψελών, είναι σύνηθες να εξεταστούν μέχρι έξι τομείς ανά περιοχή. Δεδομένου ότι το επίπεδο του sectorisation αυξάνει, τότε έτσι επίσης κάνει και το σχετικό κέρδος κεραίας και το επίπεδο inter-cell παρέμβασης. Οι δευτερεύοντες λοβοί της κεραίας είναι επίσης πιθανό να είναι μεγαλύτεροι για περισσότερες κατευθυντικές κεραίες. Το SHO overhead πρέπει να διατηρηθεί κατά περίπου 40% με τη βοήθεια των σχετικών παραμέτρων RRM, παραδείγματος χάριν καθορίζοντας το μέγεθος του ενεργού συνόλου και το παράθυρο SHO.

Οι πίνακες 2.29 και 2.30 παρουσιάζουν τυπικά μεγέθη downlink χωρητικότητας ανά περιοχή. Το uplink φορτίο παρουσιάζεται επίσης για να επεξηγήσει ποια σενάρια είναι πιθανότερο να είναι uplink capacity limited.

Πίνακας 2.28: Τυπικές υποθέσεις κεραίας, inter-cell παρεμβολής soft handover overhead για ποικίλα επίπεδα του sectorisation.

Cell type	Level of sectorisation	Typical antenna beamwidth and gain	Typical inter-cell interference ratio	Typical soft handover overhead
Microcell	1 sector	65712.0 dBi	25%	20%
	2 sectors	65712.0 dBi	Scenario dependent	Scenario dependent
Macrocell	1 sector	360/6.0 dBi	55%	30%
	2 sectors	90716,5 dBi	60%	40%
	3 sectors	65718.5 dBi	65%	40%
	4 or 5 sectors	65718.5 dBi	75%	40%
	6 sectors	33721.0 dBi	85%	40%

Το επίπεδο του downlink φορτίου παρέχεται για να δείξει εάν ο σταθμός βάσης ξεμένει από ισχύ μετάδοσης λόγω υψηλών επιπέδων ισχύος μετάδοσης του φορτίου συστήματος (> 80%) ή απλά ως συνέπεια του αριθμού των χρηστών που συνδυάζονται με την επιτρεπτή απώλεια διάδοσης. Στην τελευταία περίπτωση, η χωρητικότητα μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση της ικανότητας ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης.

Πίνακας 2.29: Αντίκτυπος του Sectorisation πάνω στην χωρητικότητα, βασισμένος πάνω σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 154.4dB, αντιστοιχώντας στην 64kbps uplink υπηρεσία δεδομένων για την 1+1+1 διαμόρφωση.

Base station transmit power	Service	Downlink capacity per site	Uplink load	Downlink load
Omni - 20 W	12.2 kbps speech	83 users	75.4%	76.5%
	64/64 kbps data	11 users	50.0%	73.8%
	64/144 kbps data ^a	6 users	2.5%	73.8%
	64/384 kbps data ^a	2 users	1.0%	73.8%
1 + 1 + 1 20 W per cell	12.2 kbps speech	233 users	75.5%	78.1%
	64/64 kbps data	31 users	50.2%	75.5%
	64/144 kbps data ^a	16 users	2.5%	75.5%
	64/384 kbps data ^a	7 users	1.1%	75.5%
1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 20 W per cell	12.2 kbps speech	410 users	75.7%	80.7%
	64/64 kbps data	55 users	50.5%	78.4%
	64/144 kbps data ^a	28 users	2.5%	78.4%
	64/384 kbps data ^a	12 users	1.1%	78.4%

^aΠεριλαμβάνει ένα παράγοντα δραστηριότητας σε αναλογία 1:10 για την uplink προς downlink δραστηριότητα κυκλοφορίας καναλιού.

Σε κάθε περίπτωση, αυξάνοντας το sectorisation από έναν ενιαίο τομέα σε τρεις τομείς οδηγεί σε μια αύξηση χωρητικότητας της τάξεως 2.8. Ομοίως, η αύξηση του sectorisation από τρεις τομείς σε έξι οδηγεί σε ένα κέρδος χωρητικότητας περίπου 1.8. Η μείωση της μέγιστης επιτρεπτής απώλειας διάδοσης της κυψέλης σημαίνει ότι περισσότεροι χρήστες μπορούν να υποστηριχθούν πριν ξεμεινεί ο σταθμός βάσης από ισχύ μετάδοσης. Αυτό οφείλεται στα σχετικά χαμηλά επίπεδα downlink φορτίου όπως φαίνεται στον πίνακα 2.29. Ο πίνακας 2.30 δείχνει τα υψηλότερα επίπεδα downlink φορτίου. Σε αυτήν την περίπτωση, η περαιτέρω μείωση της επιτρεπτής απώλειας διάδοσης ή η αύξηση της ικανότητας ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης δεν θα αυξήσει την χωρητικότητα περιοχών. Σε αυτήν την περίπτωση, η χωρητικότητα μπορεί να αυξηθεί μόνο με την ενίσχυση μερικών παραμέτρων μέσα στην εξίσωση downlink φορτίου, δηλ. μείωση της απαίτησης Eb/No ή μείωση της inter-cell παρέμβασης. Η uplink στήλη φορτίων επεξηγεί το γεγονός ότι όταν εξουσιάζεται το σχεδιάγραμμα κυκλοφορίας από την ομιλία ή τις υπηρεσίες συμμετρικών δεδομένων, υπάρχει μια υψηλή πιθανότητα η χωρητικότητα περιοχών να είναι περιορισμένη στην uplink κατεύθυνση.

Πίνακας 2.30: Αντίκτυπος του Sectorisation πάνω στην χωρητικότητα, βασισμένος πάνω σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 149.6dB, αντιστοιχώντας στην 384kbps uplink υπηρεσία δεδομένων για την 1+1+1 διαμόρφωση.

Base station transmit power	Service	Downlink capacity per site	Uplink load	Downlink load
Omni - 20 W	12.2 kbps speech	99 users	89.5%	90.8%
	64/64 kbps data	14 users	60.7%	89.5%
	64/144 kbps data ^a	7 users	3.0%	89.5%
	64/384 kbps data ^a	3 users	1.3%	89.5%
1 + 1 + 1 20W per cell	12.2 kbps speech	273 users	88.3%	91.3%
	64/64 kbps data	37 users	59.9%	90.1%
	64/144 kbps data ^a	19 users	3.0%	90.1%
	64/384 kbps data ^a	8 users	1.3%	90.1%
1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 20 W per cell	12.2 kbps speech	471 users	86.9%	92.7%
	64/64 kbps data	65 users	59.1%	91.6%
	64/144 kbps data ^a	32 users	2.9%	91.6%
	64/384 kbps data ^a	14 users	1.2%	91.6%

^aΠεριλαμβάνει ένα παράγοντα δραστηριότητας σε αναλογία 1:10 για την uplink προς downlink δραστηριότητα κυκλοφορίας καναλιού.

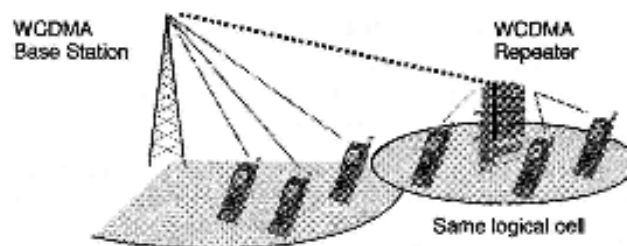
2.12.2 Πρακτικές Εκτιμήσεις

Η ανάπτυξη highly sectorised περιοχών απαιτεί μια αντίστοιχα υψηλή ποσότητα υλικού και για το υποσύστημα και για τις μονάδες κεραιών για να εγκατασταθούν μέσα στο θάλαμο του σταθμού βάσης. Μια περιοχή μονού-φορέα-έξι-τομέων που εκμεταλλεύεται την πολλαπλότητα λήψης διπλού κλάδου, απαιτεί έξι cross-polar κεραιές, 12 διαδρομές του καλωδίου τροφοδότη, ενδεχομένως 12 MHAs, έξι μονάδες πομποδεκτών, έξι μονάδες ενισχυτών ισχύος και μια σημαντική ποσότητα ικανότητας baseband επεξεργασίας. Η διαμόρφωση ενός πρόσθετου

μεταφορέα επίτοπου θα απαιτούσε άλλες έξι μονάδες πομποδεκτών, ενδεχομένως άλλους έξι ενισχυτές ισχύος και διπλή baseband επεξεργασία. Εάν οι ενισχυτές ισχύος είναι multi-carrier, τότε είναι εφικτό να μοιραστούν οι αρχικές έξι μονάδες μεταξύ των δύο μεταφορέων με κάποια απώλεια στην χωρητικότητα. Σε μερικές περιπτώσεις οι πρόσθετοι πομποδέκτες και οι ενισχυτές ισχύος μπορούν να απαιτήσουν ένα δεύτερο θάλαμο σταθμού βάσης. Εναλλακτικά, οι τυποποιημένες μονάδες πομποδεκτών μπορούν να αναβαθμιστούν σε διπλές μονάδες πομποδεκτών και οι μονάδες ενισχυτών ισχύος 20W μπορούν να αναβαθμιστούν σε 40W.

2.13 Επαναλήπτες

Οι Επαναλήπτες παρέχουν μια λύση για την επέκταση της περιοχής κάλυψης ενός υπάρχοντος σταθμού βάσης. Είναι γενικώς συνδεδεμένοι με τη γονική κυψέλη τους μέσω μιας κατευθυντικής ραδιοσύνδεσης. Η χρήση μιας κατευθυντικής ραδιοσύνδεσης βοηθά να παρέχει ευνοϊκή απόδοση υπό όρους μεγιστοποίησης του κέρδους κεραίας και της ελαχιστοποίησης οποιασδήποτε παρέμβασης και επιδράσεων πολυδικότητας. Σε μερικές περιπτώσεις μια οπτική σύνδεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνδέσει τον επαναλήπτη με την μητρική κυψέλη. Οι επαναλήπτες είναι διαφανείς στη γονική κυψέλη τους, η οποία είναι σε θέση να λειτουργήσει χωρίς να χρειάζεται να ξέρει εάν ένας επαναλήπτης είναι παρών ή όχι. Οι εσωτερικοί, εξωτερικοί και open-loop ελέγχου ισχύος αλγόριθμοι είναι σε θέση να λειτουργήσουν διαφανώς μέσω του επαναλήπτη. Τα κύρια οφέλη μιας λύσης repeater είναι το χαμηλότερο κόστος και η ευκολία της εγκατάστασης.



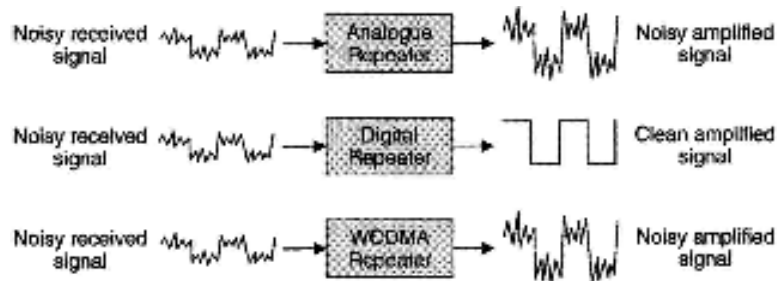
Σχήμα 2.15: Η ιδέα της χρήσης ενός επαναλήπτη.

Ένα χαρακτηριστικό σενάριο όπου οι επαναλήπτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι η οριοθέτηση ενός δρόμου, όπου υπάρχει μια απαίτηση για την κάλυψη αλλά η ζήτηση για χωρητικότητα είναι σχετικά χαμηλή. Οι πολλαπλοί επαναλήπτες μπορούν να δεθούν σε συνδεσμολογία μαργαρίτας για να επεκτείνουν τις περιοχές της κάλυψης πέρα από εκείνη που είναι εφικτή χρησιμοποιώντας έναν ενιαίο επαναλήπτη, αλλά οι εισαχθείσες καθυστερήσεις βάζουν ένα πρακτικό ανώτερο όριο στον αριθμό των repeaters σε μια αλυσίδα. Οι επαναλήπτες είναι επίσης χρήσιμοι για την παροχή κάλυψης μέσα σε σήραγγες. Το σχήμα 2.15 επεξηγεί την έννοια της χρήσης ενός επαναλήπτη.

Γενικά, οι ψηφιακοί επαναλήπτες έχουν το πλεονέκτημα ότι επιτρέπουν στο λαμβανόμενο σήμα να καθαριστεί πριν από την αναμετάδοση με τη λήψη σκληρών αποφάσεων στο bit stream. Στην περίπτωση των επαναληπτών WCDMA, ο επαναλήπτης δεν μπορεί να καθαρίσει το bit stream εκτός αν εφαρμόζει αρχικά τους κώδικες ανακατώματος και channelisation. Ο επαναλήπτης δεν έχει καμία γνώση γι αυτούς και αναγκάζεται απλά να ενισχύσει το λαμβανόμενο σήμα συν το

θόρυβο με τον ίδιο τρόπο όπως ένας αναλογικός επαναλήπτης. Μια σύγκριση των διάφορων τύπων επαναληπτών είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 2.16.

Η διάβαση του σήματος WCDMA μέσω δύο υποσυστημάτων δεκτών συν ενός αναμεταδότη υποβιβάζει την ποιότητα σήματος. Αυτό προσκρούει άμεσα επάνω στην απαίτηση E_b/N_0 του δέκτη, και έμμεσα επάνω στην χωρητικότητα συστήματος και την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών. Εάν η χωρητικότητα συστήματος είναι περιορισμένη στην uplink κατεύθυνση, τότε η χωρητικότητα θα υποβιβασθεί από τον επαναλήπτη. Εάν η χωρητικότητα συστήματος είναι περιορισμένη στην downlink κατεύθυνση, τότε ο αντίκτυπος στην χωρητικότητα θα εξαρτηθεί από τον προϋπολογισμό συνδέσεων μεταξύ του πατρικού σταθμού βάσης και του επαναλήπτη, την ικανότητα ισχύος μετάδοσης του επαναλήπτη, την επιτρεπτή απώλεια διάδοσης μεταξύ του κινητού τερματικού και του επαναλήπτη και από την διανομή της κίνησης μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη. Η πλειοψηφία των σταθμών βάση WCDMA έχει διπλού-κλάδου πολλαπλότητα λήψης ενώ πολλοί επαναλήπτες δεν έχουν αυτήν την λειτουργία. Αυτό οδηγεί σε ένα αυξανόμενο περιθώριο γρήγορης εξασθένησης και σε μια μεγαλύτερη uplink απαίτηση E_b/N_0 . Αυτό επιδρά περαιτέρω στον προϋπολογισμό συνδέσεων για την περιοχή κάλυψης του επαναλήπτη καθώς επίσης και στην uplink χωρητικότητα της γονικής κυψέλης.



Σχήμα 2.16: Σύγκριση των αναλογικών, ψηφιακών και WCDMA επαναληπτών.

Πίνακας 2.31: Τυπικές προδιαγραφές για ένα WCDMA επαναλήπτη.

Downlink transmit power	Uplink transmit power	Delay	Uplink noise figure	Size	Weight
5.00 W	0.25 W	5 μ s	3dB	50 cm X 40 cm X 30 cm	25 kg

Το SHO δεν εμφανίζεται μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη. Αυτό είναι επειδή και οι δύο ανήκουν στην ίδια λογική κυψέλη και διαβιβάζουν το ίδιο downlink σήμα με τον ίδιο κώδικα ανακατόματος. Τα κινητά τερματικά που βρίσκονται μέσα στην περιοχή ορίου μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη μπορούν να υποστούν τα υψηλά επίπεδα πολλαπλών διαδρομών που παράγονται από τις δύο πηγές της downlink ισχύος μετάδοσης και μιας αντίστοιχης απώλειας στην ορθογωνικότητα του κώδικα channelisation. Ο πίνακας 2.31 παρουσιάζει μια χαρακτηριστική προδιαγραφή για έναν επαναλήπτη WCDMA.

Παρόμοια με την γονική κυψέλη, η downlink ισχύς μετάδοσης πρέπει να είναι επαρκής για να υποστηρίξει τις απαιτήσεις χωρητικότητας των καναλιών κυκλοφορίας διατηρώντας μια κατανομή για τα CPICHs και τα κοινά κανάλια ελέγχου. Οι επαναλήπτες εισάγουν μια καθυστέρηση και στις uplink και στις downlink κατευθύνσεις της τάξεως των 5 μ s. Αυτή η καθυστέρηση είναι αρκετά μικρή σχετικά με την περίοδο μιας αυλάκωσης (667 μ s) για να είναι προφανής στην απόδοση του ελέγχου ισχύος εσωτερικού βρόχου.

2.13.1 Αντίκτυπος των Επαναληπτών

Οι επαναλήπτες χρησιμοποιούνται πρώτιστα για την επέκταση της περιοχής κάλυψης μιας υπάρχουσας κυψέλης. Η απόδοση του προϋπολογισμού συνδέσεων της γονικής κυψέλης παραμένει αμετάβλητη. Ένας δεύτερος προϋπολογισμός συνδέσεων πρέπει να ολοκληρωθεί για την περιοχή κάλυψης του επαναλήπτη. Αυτός ο προϋπολογισμός συνδέσεων είναι πιθανό να είναι αρκετά διαφορετικός από αυτόν της γονικής κυψέλης. Οι παράμετροι που είναι πιθανότερο να διαφέρουν περιλαμβάνουν την απαίτηση E_b/N_0 , την τελική επιθυμητή φόρτωση, την τιμή θορύβου του δέκτη, το κέρδος κεραίας του δέκτη, την απώλεια καλωδίων και το περιθώριο γρήγορης εξασθένησης. Ο πίνακας 2.32 περιγράφει πώς αυτές οι παράμετροι μπορούν να διαφέρουν μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη. Η συνδυασμένη επίδραση αυτών των παραμέτρων είναι πιθανό να οδηγήσει σε μια χαμηλότερη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης για τον επαναλήπτη όταν συγκριθεί με τη γονική κυψέλη.

Ο αντίκτυπος ενός επαναλήπτη επάνω στην χωρητικότητα του συστήματος εξαρτάται από το εάν η χωρητικότητα είναι περιορισμένη στην uplink ή downlink κατεύθυνση. Εάν είναι περιορισμένη στην uplink, θα υπάρξει μια απώλεια στην χωρητικότητα με τη χρησιμοποίηση ενός επαναλήπτη. Αυτό είναι ένα άμεσο αποτέλεσμα της αυξανόμενης uplink απαίτησης E_b/N_0 για εκείνους τους χρήστες που συνδέουν με τη γονική κυψέλη μέσω του επαναλήπτη. Αυτή η αυξανόμενη απαίτηση εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από το εάν ο επαναλήπτης ωφελείται ή όχι από την πολλαπλότητα λήψης. Ο πίνακας 2.33 επεξηγεί μια χαρακτηριστική απώλεια στην χωρητικότητα κατά την εισαγωγή ενός επαναλήπτη σε μια uplink capacity-limited κυψέλη.

Πίνακας 2.32: Διαφορές μεταξύ των uplink προϋπολογισμών συνδέσεων της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη.

Factor	Difference
Uplink E_b/N_0 requirement	Repeater requires increased E_b/N_0 , especially if it does not benefit from receive diversity
Uplink target loading	Repeater has lower figure than that of parent cell. i.e. only part of traffic passes through repeater. Level of inter-cell interference is also different and affects level of cell loading
Receiver noise figure	Depends upon repeater's receiver design
Receiver antenna gain	Depends upon scenario. Repeaters used to extend coverage along a road may use directional antennas
Feeder loss	Depends upon scenario
Fast fading margin	Repeater requires increased margin, especially if it does not benefit from receive diversity

Στην περίπτωση που η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην downlink κατεύθυνση, τόσο οι downlink προϋπολογισμοί σύνδεσης όσο και η downlink εξίσωση φόρτωσης πρέπει να εξεταστούν. Οι downlink προϋπολογισμοί σύνδεσης περιλαμβάνουν αυτόν της γονικής κυψέλης καθώς επίσης και αυτόν του επαναλήπτη και της κατευθυντικής ραδιοσύνδεση μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη. Οι χρήστες που συνδέονται με τη γονική κυψέλη μέσω του επαναλήπτη θα έχουν μια αυξανόμενη απαίτηση E_b/N_0 . Αυτό θα αυξήσει την downlink φόρτωση του επαναλήπτη αλλά και της γονικής κυψέλης - και οι δύο διαβιβάζουν το ίδιο downlink σήμα. Η αύξηση στη downlink φόρτωση κυψέλης θα τείνει να μειώσει την χωρητικότητα του συστήματος. Επιπλέον, οι χρήστες που βρίσκονται στην περιοχή ορίου μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη είναι πιθανό να υποστούν τα υψηλά επίπεδα πολλαπλών διαδρομών και μια αντίστοιχη απώλεια στην ορθογωνικότητα του κώδικα channelisation. Αυτό θα τείνει επίσης να αυξήσει το downlink φορτίο κυψέλης και να μειώσει την χωρητικότητα του συστήματος. Εντούτοις, οι χρήστες που συνδέονται με το γονικό σταθμό βάσης μέσω του επαναλήπτη απαιτούν ένα σχετικά χαμηλό μερίδιο της ισχύος του σταθμού βάσης ως αποτέλεσμα του ευνοϊκού προϋπολογισμού σύνδεσης της κατευθυντικής

ραδιοσύνδεσης μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη. Η ικανότητα ισχύος μετάδοσης των επαναληπτών τείνει να είναι σχετικά χαμηλή. Αυτό θα περιορίσει τον αριθμό χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν από τον επαναλήπτη. Οι αλγόριθμοι RRM που βρίσκονται στο ελεγχον RNC δεν θα έχουν γνώση της ικανότητας ισχύος μετάδοσης του επαναλήπτη ούτε της στιγμιαίας ισχύος μετάδοσης. Το αποτέλεσμα αυτού μπορεί να είναι για τους χρήστες να αναγνωρίζονται όταν υπάρχει ανεπαρκής δύναμη για να υποστηριχθούν.

Πίνακας 2.33: Αντίκτυπος στην uplink χωρητικότητα από την άποψη των χρηστών ομιλίας όταν ένας επαναλήπτης προστίθεται σε μια κυψέλη προγραμματισμένη με 30% uplink φόρτωση.

Service	E_b/N_0 requirement for users connected to parent cell	E_b/N_0 requirement for users connected via repeater	Uplink capacity per cell ^a
Three-sector site without repeater	4 dB	-	30 users
Three-sector site with repeater benefiting from receive diversity	4 dB	5 dB	28 users
Three-sector site with repeater not benefiting from receive diversity	4 dB	6 dB	24 users

^a Υποθέτοντας ένα ίσο μερίδιο κίνησης μεταξύ του επαναλήπτη και της γονικής κυψέλης και no change στην inter-cell παρεμβολή όταν συμπεριλαμβάνεται ο επαναλήπτης.

2.13.2 Πρακτικές Εκτιμήσεις

Οι επαναλήπτες επιλέγονται συχνά για το χαμηλό κόστος τους και την ευκολία στην εγκατάσταση, απαιτώντας την απόλυτα ελάχιστη διαμόρφωση. Δεν απαιτούν πρόσθετες συνδέσεις μετάδοσης προς το ελεγχον RNC. Η μόνη τους απαίτηση είναι η τροφοδοσία. Εφαρμόζονται περισσότερο σε σενάριο κατά το οποίο μπορεί να επιτευχθεί η καθαρή κυριαρχία της κυψέλης, όπως σε εξοχικές περιοχές ή σήραγγες.

2.14 Μικροκυβελική Ανάπτυξη

Οι απαιτήσεις κάλυψης και χωρητικότητας εντός αστικών και πυκνών αστικών περιβαλλόντων οδηγούν άμεσα σε υψηλές πυκνότητες περιοχής. Οι μικροκυψέλες γίνονται μια γοητευτική λύση από πλευράς σχετικής ευκολίας στην απόκτηση περιοχής, αυξημένης χωρητικότητας διεπαφής αέρα και αποτελεσματικότερης εσωτερικής διείσδυσης. Οι μικροκυψέλες μπορεί να γίνουν αντιληπτές από τη μία εκ των δύο γεκιών λύσεων του σταθμού βάσης – είτε ένα αφιερωμένο μικροκυβελικό προϊόν είτε ένα μακροκυβελικό προϊόν με τοποθέτηση μικροκυβελικής κεραίας. Το αφιερωμένο μικροκυβελικό προϊόν παρέχει τα οφέλη της αυξημένης ισχύος μετάδοσης και της ικανότητας της baseband επεξεργασίας. Και οι δύο λύσεις μπορούν να υποστηρίξουν πολλαπλούς μεταφορείς και πολλαπλές κυψέλες, παρόλο που το μικροκυβελικό sectorisation είναι σημαντικά πιο δύσκολο απ αυτό για τις μακροκυψέλες. Και οι δύο λύσεις είναι γενικώς ικανές να υποστηρίξουν διπλού κλάδου uplink πολλαπλότητα λήψης. Ο πίνακας 2.34 παρέχει μια σύγκριση των δύο λύσεων.

2.14.1 Αντίκτυπος των μικροκυβελών

Το κανάλι διάδοσης που σχετίζεται με το κυβελικό ραδιοπεριβάλλον, έχει έναν σημαντικό αντίκτυπο στην απόδοση διεπαφής αέρα μιας μικροκυβελικής λύσης. Η μικροκυβελική διάδοση συνήθως έχει ένα δυνατό line-of-sight εξάρτημα με σχετικά αδύναμη πολυοδικότητα, οδηγώντας

σε υψηλή downlink ορθογωνικότητα και αντιστοίχως μειωμένη intra-cell παρεμβολή. Η χαμηλή intra-cell παρεμβολή σημαίνει ότι η φόρτωση είναι πιο ευαίσθητη στην inter-cell παρέμβαση. Ωστόσο η τυπική below roof-top θέση των μικροκυψελών οδηγεί σε καλή inter-site απομόνωση και η inter-cell παρεμβολή είναι γενικώς μικρότερη από αυτήν για τις μακροκυψέλες. Η καλή inter-site απομόνωση επίσης βοηθά στον χειρισμό του SHO overhead. Ο πίνακας 2.35 παρουσιάζει τις κύριες διαφορές μεταξύ των σχετικών με τη χωρητικότητα μακροκυψελικών και μικροκυψελικών παραμέτρων.

Τόσο οι uplink και downlink μικροκυψελικές απαιτήσεις E_b/N_0 είναι μεγαλύτερες από αυτές για μια μακροκυψέλη. Αυτό τείνει να μειώνει τις uplink και downlink air interface χωρητικότητες. Η αυξημένη E_b/N_0 απαίτηση είναι πρωτίστως αποτέλεσμα αυξημένης εξασθένισης κατά μήκος του ραδιοκαναλιού. Αυτό επίσης επιδρά στο σχετικό με την κάλυψη περιθώριο γρήγορης εξασθένισης στην uplink κατεύθυνση. Η αύξηση στην απαίτηση E_b/N_0 είναι σχετικά μεγάλη στην downlink κατεύθυνση, ως αποτέλεσμα του downlink αριθμού, συμπεριλαμβανομένης μιας συμβολής του περιθωρίου γρήγορης εξασθένισης.

Πίνακας 2.34: Σύγκριση των μικροκυψελικών λύσεων.

	Dedicated microcell product	Macrocell product with below roof-top antennas
Cabinet	Compact, wall-mounted cabinet	Full-sized base station cabinet
Transmit power	Typically 5 W	Typically 10 W, 20 W or 40 W
Hardware limitations	Moderate processing capability	High processing capability
Cost	Low cost	Relatively high cost

Η uplink αύξηση στην inter-cell παρεμβολή είναι επίσης μεγαλύτερη για τις μικροκυψέλες. Αυτός ο αριθμός συνδυάζεται με τον λόγο inter-cell παρεμβολής στην εξίσωση της uplink φόρτωσης για να αυξήσουν το επίπεδο της inter-cell παρεμβολής. Στην περίπτωση μιας μακροκυψέλης η προκύπτουσα inter-cell παρεμβολή δίδεται από $0,65 + 1\text{dB} = 0,82$ και στην περίπτωση της μικροκυψέλης είναι $0,25 + 2\text{dB} = 0,40$. Το αποτέλεσμα της uplink μεσοκυψελικής παρεμβολής της μικροκυψέλης παραμένει σημαντικά χαμηλότερο.

Πίνακας 2.35: Σύγκριση των macrocell και microcell σχετικών με την χωρητικότητα παραμετρών.

	Macrocell	Microcell
Uplink E_b/N_0 (12.2 kbps speech) ^a	4dB	4.5 dB
Increase in inter-cell interference	1 dB	2dB
Downlink E_b/N_0 (12.2 kbps speech)	6.5 dB	9.5 dB
Downlink orthogonality	0.5	0.9
Inter-cell interference ratio	0.65	0.25
Soft handover overhead	40%	20%

^aΥποθέτει διπλού-κλάδου πολλαπλότητα λήψης τόσο για macrocell όσο και για microcell.

Η μείωση στην μεσοκυτταρική παρεμβολή συνδυασμένη με την αύξηση στον downlink channelisation κώδικα ορθογωνικότητας και την μείωση στο SHO overhead, οδηγεί μια αύξηση δικτύου στην χωρητικότητα του συστήματος. Ο πίνακας 2.36 παρέχει μια σύγκριση της μακροκυψελικής και μικροκυψελικής χωρητικότητας, υποθέτοντας ότι και οι δύο είναι εξοπλισμένες με μονάδες ενισχυτών ισχύος 20W.

Το σενάριο της υπηρεσίας λόγου είναι περιορισμένης χωρητικότητας στην uplink κατεύθυνση και η διαφορά μεταξύ των μακροκυψελικών και μικροκυψελικών χωρητικότητων είναι σχετικά μικρή – περίπου 10%. Η υπηρεσία δεδομένων 64/64 kbps είναι περιορισμένης χωρητικότητας στην downlink κατεύθυνση για την μακροκυψέλη και περιορισμένης χωρητικότητας στην uplink κατεύθυνση για την μικροκυψέλη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ενδιάμεσο κέρδος χωρητικότητας περίπου 55%. Οι εναπομείνουσες υπηρεσίες δεδομένων είναι περιορισμένης χωρητικότητας στην downlink κατεύθυνση και για τα δύο σενάρια (macrocell & microcell) και το κέρδος χωρητικότητας είναι 100%. Συμπεριλαμβάνοντας την πολλαπλότητα της downlink μετάδοσης ως μέρος της μικροκυψελικής λύσης, αυξάνεται περαιτέρω η χωρητικότητα του συστήματος για τα downlink capacity-limited σενάρια. Η αύξηση χωρητικότητας είναι της τάξεως των 70% πέραν αυτής της μικροκυψελικής χωρίς πολλαπλότητα μετάδοσης, και της τάξεως των 350% πέραν αυτής της μακροκυψέλης.

Στην πράξη είναι σύνηθες για τις μικροκυψέλες να έχουν χαμηλότερη ισχύ μετάδοσης. Ο πίνακας 2.37 παρουσιάζει τις αντίστοιχες μικροκυψελικές χωρητικότητες για μια ικανότητα ισχύος μετάδοσης των 5W.

Η μείωση της μικροκυψελικής ισχύος μετάδοσης σε 5W οδηγεί σε απώλεια χωρητικότητας. Η απώλεια είναι μεγαλύτερη για τα downlink capacity-limited σενάρια. Οι πίνακες 2.36 και 2.37 παρουσιάζουν τις χωρητικότητες διεπαφής αέρα αλλά δεν λογαριάζουν τους περιορισμούς του downlink channelisation δέντρου κώδικα. Ο πίνακας 2.38 παρουσιάζει αυτούς τους περιορισμούς για ένα μικροκυψελικό περιβάλλον.

Πίνακας 2.36: Σύγκριση των macrocell και microcell χωρητικοτήτων, βασισμένη πάνω σε μια macrocell επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 152.2dB και μια microcell επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 144.7dB (64kbps uplink link budget with 70% loading) και 20W προσδιορισμένα για macrocells και microcells.

	Service	Capacity per cell	Uplink load	Base station transmit power requirement
Macrocell without transmit diversity	12.2 kbps speech	72 users	70.0%	40.4 dBm
	64/64 kbps data	11 users	52.8%	42.1 dBm
	64/144 kbps data ^a	5 users	2.4%	40.9 dBm
	64/384 kbps data ^a	2 users	1.0%	40.4 dBm
Microcell without transmit diversity	12.2 kbps speech	79 users	69.9%	39.8 dBm
	64/64 kbps data	17 users	66.3%	40.7 dBm
	64/144 kbps data ^a	11 users	4.3%	42.7 dBm
	64/384 kbps data ^a	4 users	1.6%	41.4 dBm
Microcell with transmit diversity	12.2 kbps speech	79 users	69.9%	37.2 dBm
	64/64 kbps data	17 users	66.3%	38.7 dBm
	64/144 kbps data ^a	18 users	7.0%	42.8 dBm
	64/384 kbps data ^a	7 users	2.7%	42.0 dBm

^aΠεριλαμβάνει ένα παράγοντα δραστηριότητας σε αναλογία 1:10 για την uplink προς downlink δραστηριότητα κυκλοφορίας καναλιού.

Η σύγκριση αυτών των μεγεθών με αυτά των πινάκων 2.36 και 2.37 δηλώνει ότι η διαθεσιμότητα downlink channelisation κωδικών μπορεί να αποτελέσει περιορισμό για τις υπηρεσίες δεδομένων στα 144 και 384 kbps, όταν η μικροκυψέλη είναι εξοπλισμένη με 20W ισχύος μετάδοσης και downlink πολλαπλότητα μετάδοσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις ένας δεύτερος κώδικας ανακατώματος μπορεί να εισαχθεί για να παρέχει ένα δεύτερο δέντρο channelisation κώδικα. Ωστόσο, αυτό το δέντρο κώδικα δεν θα είναι ορθογώνιο προς το πρώτο και οι χρήστες του θα παράγουν σχετικώς μεγάλες προσαυξήσεις στην downlink φόρτωση κυψέλης.

Η χωρητικότητα μικροκυψέλης μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη με ταφορέων ή τομέων με παρόμοιο τρόπο στις μακροκυψέλες. Η απόδοση του sectorisation είναι, ωστόσο, σημαντικά πιο ευαίσθητη από αυτή για τις μακροκυψέλες. Αν οι τομείς δεν είναι καλά σχεδιασμένοι είναι απίθανο να έχουν καθαρά ορισμένες περιοχές επικράτησης και θα προκαλέσουν υψηλά επίπεδα μεσοκυψελικής παρεμβολής.

Από πλευράς απόδοσης κάλυψης υπηρεσιών, οι μικροκυψέλες παρέχουν μια αποτελεσματική λύση για την επίτευξη ενός υψηλού βαθμού εσωτερικής εισχώρησης. Οι εμβέλεις κυψέλης τείνουν να είναι μικρότερες ως αποτέλεσμα της below roof-top θέσης κεραίας και της σχετικά υψηλής κλίσης του συνεταιρισμένου χαρακτηριστικού του μονοπατιού απώλειας. Ο πίνακας 2.39 παρουσιάζει τις κύρες διαφορές μεταξύ των macrocell και microcell παραμέτρων, των σχετικών με την κάλυψη σε επίπεδο σύνδεσης και συστήματος.

Πίνακας 2.37: Microcell χωρητικότητες, όταν επιφορτιστούν 5 W της ικανότητας ισχύος μετάδοσης, βασισμένες πάνω σε μια επιτρεπτή απώλεια διάδοσης των 144.7dB (64kbps uplink link budget with 70% loading).

	Service	Capacity per cell	Uplink load	Base station transmit power requirement
Microcell without transmit diversity	12.2 kbps speech	55 users	48.7%	37.0 dBm
	64/64 kbps data	9 users	35.1%	36.7 dBm
	64/144 kbps data ^a	4 users	1.6%	36.3 dBm
	64/384 kbps data ^a	2 users	0.8%	36.9 dBm
Microcell with transmit diversity	12.2 kbps speech	79 users	69.9%	35.1 dBm
	64/64 kbps data	16 users	62.4%	37.0 dBm
	64/144 kbps data ^a	8 users	3.9%	37.0 dBm
	64/384 kbps data ^a	3 users	1.2%	36.6 dBm

^aΠεριλαμβάνει ένα παράγοντα δραστηριότητας σε αναλογία 1:10 για την uplink προς downlink δραστηριότητα κυκλοφορίας καναλιού.

Ο uplink προυπολογισμός σύνδεσης μιας μικροκυψέλης χαρακτηρίζεται από μια αυξημένη απαίτηση E_b/N_0 και ένα αυξημένο περιθώριο γρήγορης εξασθένισης. Αυτό οδηγεί σε μια χαμηλότερη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης. Ο downlink προυπολογισμός σύνδεσης χαρακτηρίζεται από μια αυξημένη απαίτηση E_b/N_0 . Οι μικροκυψέλες που έχουν διαμορφωθεί με 5 W ικανότητας ισχύος μετάδοσης και υποστηρίζουν υπηρεσίες ασυμμετρικών δεδομένων, είναι πιθανό να είναι περιορισμένης κάλυψης στην downlink κατεύθυνση.

Πίνακας 2.38: Περιορισμοί microcell καναλιού κυκλοφορίας για ένα μονό channelisation δέντρο κώδικα^a.

Downlink bit rate	Air interface bit rate	Spreading factor	Number of possible TCHs
12.2 kbps	60 kbps	128	104
64 kbps	240 kbps	32	25
144 kbps	480 kbps	16	12
384 kbps	960 kbps	8	5

^a Το $C_{ch,256,0}$ χρησιμοποιείται για το CP1CH, το $C_{ch,256,1}$ για το P-CCPCH, τα $C_{ch,128,1}$ και $C_{ch,128,2}$ θεωρούνται κατοχυρωμένα για το S-CCPCH. Βασισμένο σε ένα SHO overhead της τάξεως του 20%.

Η απόδοση γειτονικού καναλιού πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη όταν σχεδιάζεται η ανάπτυξη των μικροκυψελών. Η δυνατότητα μιας χαμηλής ελάχιστης απώλειας ζεύξης μεταξύ της κεραίας της μικροκυψέλης και των χρηστών στο παρακείμενο κανάλι οδηγεί σε ενδεχομένως σε τραχείς near-far επιδράσεις. Όταν το παρακείμενο κανάλι χρησιμοποιείται από έναν δεύτερο χειριστή, οι near-far επιδράσεις μειώνονται σημαντικά αν ο δεύτερος χειριστής χρησιμοποιεί αυτό το κανάλι επίσης για να αναπτύξει μικροκυψέλες.

Πίνακας 2.39: Σύγκριση των macrocell και microcell σχετικών με την κάλυψη παραμέτρων.

	Macrocell	Microcell
Uplink E_b/N_0 (12.2 kbps speech)	4dB	4.5 dB
Uplink fast fading margin	3dB	5dB
Downlink E_b/N_0 (12.2 kbps speech)	6.5 dB	9.5 dB

2.15 Περίληψη των μεθόδων ενίσχυσης της κάλυψης και της χωρητικότητας.

Η κατανόηση των μηχανισμών για τους περιορισμούς στην κάλυψη υπηρεσιών και στην χωρητικότητα του συστήματος αποτελεί βασική προϋπόθεση για την δυνατότητα ενίσχυσής τους. Η κάλυψη είναι γενικώς περιορισμένη στην uplink κατεύθυνση, παρόλο που μια χαμηλή ικανότητα ισχύος μετάδοσης του σταθμού άσης συνδυασμένη με υπηρεσίες ασυμμετρικών δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε ένα σενάριο περιορισμένης κάλυψης στην downlink κατεύθυνση. Η χωρητικότητα μπορεί να είναι περιορισμένη είτε στην uplink είτε στην downlink κατεύθυνση, εξαρτώμενη από το σχεδιασμένο επίπεδο του uplink φορτίου, την ικανότητα ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης, την φόρτωση κυκλοφορίας του δικτύου και την απόδοση του σταθμού βάσης και των κινητών τερματικών.

Οι προυπολογισμοί σύνδεσης και οι εξισώσεις φορτίου είναι αποτελεσματικές στην περιγραφή των βασικών τάσεων και αρχών πριν το ξεκίνημα λεπτομερούς σχεδιασμού. Οι προυπολογισμοί σύνδεσης συνδέονται με την μελέτη της κάλυψης υπηρεσιών. Η ανάλυση της χωρητικότητας απαιτεί έναν συνδυασμό προυπολογισμών σύνδεσης και εξισώσεων φορτίου. Τα εργαλεία σχεδιασμού σύνθετου WCDMA ραδιοδικτύου βασίζονται στον ίδιο τύπο προυπολογισμών σύνδεσης και εξισώσεων φορτίου όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται σε αυτό το κεφάλαιο.

Η πυκνότητα περιοχής που ορίζεται για την αρχική ανάπτυξη του συστήματος θα έπρεπε να μετρήσει τόσο για τις παρούσες όσο και για τις μελλοντικές απαιτήσεις κάλυψης και χωρητικότητας. Από πλευράς χωρητικότητας, η πυκνότητα της περιοχής θα έπρεπε να είναι

επαρκής ώστε να επιτρέψει αναβαθμίσεις χωρητικότητας χωρίς την απαίτηση για διαστρωμάτωση νέων περιοχών. Αυτό επιφέρει μεγάλη σημασία στον αρχικό καθορισμό του σχεδιασμένου uplink φορτίου κυψέλης, στις υποθέσεις κίνησης του δικτύου και στην επιλογή της διαμόρφωσης της περιοχής. Όταν το δίκτυο αναπτυχθεί, είναι κατόπιν σχετικά δύσκολο να αυξηθεί το σχεδιασμένο uplink φορτίο χωρίς να χρειάζεται να παρεμβάλουμε πρόσθετες περιοχές, για να διατηρηθεί η απόδοση κάλυψης υπηρεσιών.

Η απαίτηση ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης χρειάζεται επίσης να προγραμματιστεί κατά την διάρκεια της αρχικής διαστασιολόγησης του συστήματος, αν και είναι σχετικά εύκολο να αναβαθμιστεί η ισχύς μετάδοσης του σταθμού βάσης χωρίς να αλλάξει η διαρρύθμιση του ραδιοσχεδίου. Γενικά, μια ισχύς μετάδοσης σταθμού βάσης της τάξεως των 20W είναι κατάλληλη. Η επίδραση της υπέρβασης των 20W εξαρτάται από την μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης της κυψέλης και από το επίπεδο του downlink φορτίου. Αν το downlink φορτίο έχει φτάσει τον «αγκώνα» της εκθετικής χαρακτηριστικής του, δεν υπάρχουν πολλά οφέλη για να αποκομιστούν από την αύξηση της ικανότητας ισχύος μετάδοσης.

Οι πρόσθετοι μεταφορείς αποτελούν τον απλούστερο και αποτελεσματικότερο τρόπο για να αυξηθεί η χωρητικότητα του συστήματος. Όταν ένας σταθμός βάσης, του οποίου η χωρητικότητα είναι περιορισμένη στην κατιούσα σύνδεση, έχει περιορισμένη ικανότητα ισχύος μετάδοσης, η χωρητικότητα του συστήματος μεγιστοποιείται με το μοίρασμα της ισχύος στο μέγιστο αριθμό μεταφορέων. Ένα κέρδος κορμού (trunking gain) μπορεί επίσης να επιτευχθεί αν η διαχείριση των ραδιοπόρων υποστηρίζει τον έλεγχο του inter-carrier φορτίου.

Οι πρόσθετοι κώδικες ανακατώματος γίνονται εφαρμόσιμοι όταν η χωρητικότητα του συστήματος γίνει περιορισμένη από τον αριθμό των downlink channelisation κωδικών. Αυτό είναι πιθανότερο να συμβεί στα σενάρια μικροκυψέλης όπου η χωρητικότητα διεπαφής αέρα είναι σχετικά υψηλή. Χρήστες με διανεμημένους channelisation κώδικες υπό τον δεύτερο scrambling κώδικα δεν είναι ορθογώνιοι προς αυτούς υπό τον πρώτο scrambling κώδικα και επομένως παράγουν σχετικά μεγάλες αυξήσεις στο downlink φορτίο.

Οι MHAs και οι ενεργές κεραίες βελτιώνουν την uplink απόδοση κάλυψης μειώνοντας τον αριθμό σύνθετου θορύβου του υποσυστήματος δέκτη του σταθμού βάσης. Το κέρδος κάλυψης εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του υποσυστήματος δέκτη και την συνδεδεμένη απώλεια τροφοδότη. Το όφελος είναι μεγαλύτερο όταν οι τροφοδότες είναι κοινοί με το GSM. Αν η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην downlink κατεύθυνση τότε οι MHAs ή οι ενεργές κεραίες θα μειώσουν την χωρητικότητα τους συστήματος. Η απώλεια στην χωρητικότητα είναι τυπικά μεταξύ του 6% και 10%.

Οι μακρινοί RF head ενισχυτές επιτρέπουν τον φυσικό διαχωρισμό των RF του σταθμού βάσης και των baseband μονάδων, επιτρέποντας στις κυψέλες να εγκατασταθούν σε τοποθεσίες όπου υπό άλλες περιπτώσεις θα απαιτούσαν απαγορευτικά μεγάλες διαδρομές τροφοδότη. Τόσο οι uplink όσο και οι downlink προυπολογισμοί σύνδεσης βελτιώνονται, σημαίνοντας ότι η απόδοση κάλυψης αυξάνει χωρίς απώλεια στην χωρητικότητα, δηλ, η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης αυξάνει αλλά ομοίως πράττει και το EIRP του σταθμού βάσης. Αυτό είναι σε αντίθεση με την MHA λύση, η οποία αυξάνει την μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης αλλά μειώνει το EIRP του σταθμού βάσης ως αποτέλεσμα μιας απώλειας εισόδου.

Η higher-order uplink πολλαπλότητα λήψης ελαττώνει την απαίτηση E_b/N_o του σταθμού βάσης. Η απαίτηση E_b/N_o εμφανίζεται και στον προυπολογισμό σύνδεσης και στην εξίσωση φορτίου, σημαίνοντας ότι η uplink κάλυψη και χωρητικότητα βελτιώνονται ταυτόχρονα. Το κέρδος κάλυψης τείνει να είναι μεγαλύτερο απ αυτό για τους MHAs επειδή ο uplink προυπολογισμός σύνδεσης ωφελείται από μία ελαττωμένη απαίτηση E_b/N_o όπως επίσης από ένα ελαττωμένο uplink φορτίο και μια αντίστοιχη μείωση στο περιθώριο παρέμβασης. Αν η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην downlink κατεύθυνση τότε η χωρητικότητα θα μειωθεί κατά τον συνυπολογισμό της higher-order πολλαπλότητας λήψης. Αυτή η απώλεια θα είναι λιγότερη απ' αυτήν για τους MHAs, εφόσον δεν υπάρχει απώλεια εισόδου για να μειώσει το EIRP του σταθμού βάσης.

Η downlink πολλαπλότητα μετάδοσης επιδρά στην απαίτηση E_b/N_0 του κινητού τερματικού, στην ορθογωνικότητα του channelisation κώδικα και στο κέρδος συνδυασμού μακροπολλαπλότητας. Το καθαρό αποτέλεσμα είναι μια αύξηση στην downlink χωρητικότητα του συστήματος της τάξεως των 35% για τις μακροκυψέλες και 70% για τις μικροκυψέλες. Δεν υπάρχει αντίκτυπος στον uplink προυπολογισμό σύνδεσης. Αν η κάλυψη υπηρεσιών είναι περιορισμένη στην downlink κατεύθυνση, καθώς μπορεί να ισχύει για τις μικροκυψέλες, η πολλαπλότητα μετάδοσης βελτιώνει επίσης την απόδοση κάλυψης υπηρεσιών.

Ενώ η higher-order πολλαπλότητα λήψης βελτιώνει την uplink απόδοση και η πολλαπλότητα μετάδοσης βελτιώνει την downlink απόδοση, το beamforming βελτιώνει και τις δύο αποδόσεις. Οι beamforming λύσεις είναι ικανές να παρέχουν μια αύξηση στην χωρητικότητα του συστήματος περιορίζοντας το άνοιγμα των διαβιβασμένων και ληφθέντων σημάτων. Οι beamforming λύσεις υπάρχουν είτε για σταθερές ή κατά χρήστη συγκεκριμένες δέσμες. Στην uplink κατεύθυνση η μείωση στην απαίτηση E_b/N_0 μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 2.5dB πέρα από αυτή που παρέχεται από τεσσάρων-κλάδων πολλαπλότητα λήψης. Αυτό έχει επιπτώσεις και στην uplink κάλυψη και στην χωρητικότητα. Ομοίως στην downlink κατεύθυνση, η ελάττωση στην απαίτηση E_b/N_0 μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερη απ' αυτήν που παρέχεται από διπλής-κεραίας πολλαπλότητα μετάδοσης.

Η Roll-Out Βελτιστοποιημένη Διαμόρφωση (ROC) επιτρέπει σε ένα σταθμό βάσης να μοιράζει ενισχυτές ισχύος μεταξύ των κυψελών. Πράττοντας έτσι γενικά μειώνει την χωρητικότητα της περιοχής, αλλά επίσης μειώνει την απαίτηση για ενισχυτές ισχύος και τα συνδεδεμένα έξοδα για μακροπρόθεσμα κεφάλαια. Η uplink ενός ROC σταθμού βάσης εμφανίζεται πανομοιότυπη με αυτή ενός τυποποιημένου σταθμού βάσης. Για κάποια uplink capacity-limited σενάρια η χρήση του ROC μπορεί να μην επηρεάσει την χωρητικότητα του συστήματος. Αυτό εξαρτάται από το επίπεδο της φόρτωσης κυψέλης και από τη μέγιστη επιτρεπτή απώλεια διάδοσης.

Το sectorisation χρησιμοποιείται πρωτίστως ως τεχνική για την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος, αν και η κάλυψη υπηρεσιών είναι γενικώς βελτιωμένη την ίδια στιγμή. Η επιλογή κεραίας είναι κρίσιμο κομμάτι του σχεδιασμού για το αυξημένο sectorisation. Τα επίπεδα της inter-cell παρεμβολής και του SHO πρέπει να ελεγχθούν προσεκτικά. Η αύξηση του sectorisation από τρεις σε έξι τομείς οδηγεί σε ένα κέρδος χωρητικότητας περίπου 1.8. Το sectorisation μικροκυψέλης είναι πιο δύσκολο από την άποψη της δυνατότητας να επιτευχθεί καλή inter-cell απομόνωση. Οι μικροκυψέλες κανονικά δεν έχουν παραπάνω από δύο τομείς.

Οι επαναλήπτες ξεκάθαρα επεκτείνουν την περιοχή κάλυψης μιας υπάρχουσας κυψέλης. Οι WCDMA επαναλήπτες δρουν με τρόπο παρόμοιο με αυτόν των αναλογικών επαναληπτών, ως προς το ότι ενισχύουν τον θόρυβο μαζί με το σήμα. Η αφαίρεση του θορύβου πριν την ενίσχυση θα απαιτούσε γνώση των scrambling και των ξεχωριστών channelisation κωδικών. Ως αποτέλεσμα οι uplink και downlink απαιτήσεις E_b/N_0 αυξάνονται. Ένας μεγάλος αριθμός επαναληπτών δεν εκμεταλλεύονται την uplink πολλαπλότητα λήψης. αυτό οδηγεί σε μια περαιτέρω αύξηση στην uplink απαίτηση E_b/N_0 . Αν η χωρητικότητα του συστήματος είναι περιορισμένη στην uplink κατεύθυνση, η χωρητικότητα θα υποαθμιστεί από τον επαναλήπτη. Αν είναι περιορισμένη στην downlink κατεύθυνση, ο αντίκτυπος στην χωρητικότητα θα εξαρτηθεί από τον προυπολογισμό σύνδεσης μεταξύ του γονικού σταθμού βάσης και του επαναλήπτη, από την ικανότητα ισχύος μετάδοσης του επαναλήπτη, την επιτρεπτή απώλεια διάδοσης συσχετιζόμενη με την περιοχή κάλυψης του επαναλήπτη και την διανομή της κίνησης μεταξύ της γονικής κυψέλης και του επαναλήπτη.

Οι μικροκυψέλες παρέχουν μια υψηλής-χωρητικότητας λύση ιδιαίτερος κατάλληλη για αστικά και πυκνά αστικά περιβάλλοντα όπου υπάρχει μια απαίτηση για υψηλές πυκνότητες περιοχής και η απόκτηση περιοχής μακροκυψέλης γίνεται δύσκολη. Οι μικροκυψέλες χαρακτηρίζονται από αυξημένες απαιτήσεις E_b/N_0 και περιθώρια γρήγορης εξασθένησης αλλά επίσης από αυξημένη ορθογωνικότητα του channelisation κώδικα και μειωμένα επίπεδα inter-cell παρεμβολής και SHO overhead. Οι μικροκυψέλες τυπικά έχουν διπλή air interface χωρητικότητα από τις ισοδύναμες μακροκυψέλες όταν διαμορφώνονται με ισότιμη ισχύ μετάδοσης. Αποτελεσματικότερη εντός κτιρίων εισχώρηση επιτυγχάνεται έχοντας below roof-top κεραίες.

References

- [1] Sipilä, K., Honkasalo, Z., Laiho-Steffens, J. and Wacker, A., Estimation of capacity and required transmission power of a WCDMA downlink based on a downlink pole equation. Proc. VTC 2000 Spring, Tokyo, Japan, May 2000, pp. 1002–1005.
- [2] Laiho, J., Wacker, A. and Sipilä, K., Verification of 3G radio network dimensioning rules with static network simulations. Proc. VTC 2000 Spring, Tokyo, Japan, May 2000, pp. 478–482.
- [3] Friis, H.T., Noise figures of radio receivers. Proc. IRE, July 1944, pp. 419–422.
- [4] Friis, H.T., Discussion on noise figures of radio receivers. Proc. IRE, February 1945, pp. 125–127.
- [5] Lempiäinen, J. and Laiho-Steffens, J., The performance of polarisation diversity schemes at a base station in small/micro cells at 1800 MHz. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 47, No. 3, August 1998, pp. 1087–1092.
- [6] Ylitalo, J. and Tiirola, E., Performance evaluation of different antenna array approaches for 3G CDMA uplink. Proc. VTC 2000 Spring, Tokyo, Japan, May 2000, pp. 883–887.
- [7] Pedersen, K.L., Antenna arrays in mobile communications. Ph.D. Thesis, Center for PersonKommunikation, Aalborg University, Denmark, 2000.
- [8] 3GPP, Technical Specification 25.101 and 25.211–25.214, Release 1999, March 2000.
- [9] Lee, W.C.Y., Mobile Communications Engineering. McGraw-Hill, New York, 1982.
- [10] Gerlach, D., Adaptive transmitting antenna arrays at the base station in mobile radio networks. Ph.D. Dissertation, Information Systems Laboratory, Stanford University, Stanford, CA, June 1995.
- [11] Alamouti, S., A simple transmit diversity technique for wireless communications. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 16, No. 8, October 1998.
- [12] Tarokh, V., Seshadri, N. and Calderbank, A., Space-time codes for high data rate wireless communication: performance criterion and code construction. IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 44, No. 2, March 1998.
- [13] Holma, H. and Toskala, A. (eds), WCDMA for UMTS. John Wiley & Sons, Chichester, 2000.
- [14] Andersson, S. et al., Adaptive antennas for GSM and TDMA systems. IEEE Personal Communications, June 1999, pp. 74–86.
- [15] Tiirola, E. and Ylitalo, J., Performance evaluation of fixed-beam beamforming in WCDMA downlink. Proc. VTC 2000 Spring, Tokyo, Japan, May 2000, pp. 700–704.
- [16] Liu, Z. and Zarki, M., SIR based call admission control for DS-CDMA cellular systems. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, No. 4, May 1994, pp. 638–644.
- [17] Dziong, Z., Jia, M. and Mermelstein, P., Adaptive traffic admission for integrated services in CDMA wireless access networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 14, No. 9, December 1996, pp. 1737–1747.
- [18] Ramiro-Moreno, J., Pedersen, K., Mogensen, P., Directional power based admission control for WCDMA systems using antenna arrays. Proc. VTC Spring, Rhodes, Greece, May 2001.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	σελ.1
Introduction	σελ.2
1.1 Εισαγωγή	σελ.3
1.2 Έλεγχος Ισχύος	σελ.3
1.2.1 Ανοικτού βρόχου έλεγχος ισχύος	σελ.4
1.2.2 Έλεγχος ισχύος σε downlink κοινά κανάλια	σελ.5
1.2.3 Εσωτερικού βρόχου έλεγχος ισχύος	σελ.7
1.2.4 Εξωτερικού βρόχου έλεγχος ισχύος	σελ.12
1.2.5 Έλεγχος ισχύος κατά τη διάρκεια Συμπιεσμένης κατάστασης	σελ.14
1.2.6 Έλεγχος ισχύος με σφάλματα TPC εντολών	σελ.14
1.2.7 Γρήγορος έλεγχος ισχύος και ταχύτητα τερματικού	σελ.15
1.3 Έλεγχος μεταβίβασης (Handover)	σελ.15
1.3.1 Ενδοσυστηματική - Ενδοσυχνότητας Soft HO	σελ.16
1.3.2 Ενδοσυστηματική - Ενδοσυχνότητας Hard HO	σελ.17
1.3.3 Intrasystem - Interfrequency HO	σελ.18
1.3.4. Intersystem HO	σελ.18
1.3.5. Αναφορά μέτρησης μεταβίβασης	σελ.19
1.3.6 Συμπιεσμένη κατάσταση	σελ.26
1.4 Έλεγχος συμφόρησης	σελ.27
1.4.1. Καθορισμός του φορέα διεπαφής αέρα	σελ.28
1.4.2. Έλεγχος Εισόδου	σελ.29
1.4.3 Προγραμματισμός πακέτου	σελ.31
1.4.4 Έλεγχος φορτίου	σελ.38
1.5 Διαχείριση των πόρων	σελ.39
1.5.1 Το δέντρο των ορθογώνιων κωδικών Διοχέτευσης στην Κατιούσα ζεύξη	σελ.40
1.5.2. Κώδικας προγραμματισμού	σελ.40
1.6 Ο αντίκτυπος RRU στον αντίκτυπο απόδοσης	σελ.44
1.6.1 Ο αντίκτυπος του γρήγορου ελέγχου ισχύος και της soft μεταβίβασης στην απόδοση δικτύου	σελ.44
1.6.2 Παραδείγματα RRM βελτιστοποίησης	σελ.55
2.1 Εισαγωγή	σελ.63
2.2 Τεχνικές για την κάλυψη	σελ.63
2.1.1 Σενάρια περιορισμένης κάλυψης σε Uplink & Downlink	σελ.64
2.1.2 Ανάλυση προϋπολογισμού συνδέσεων	σελ.65
2.3 Τεχνικές για βελτίωση της Χωρητικότητας	σελ.66
2.3.1 Uplink & Downlink Capacity-limited σενάρια	σελ.66
2.3.2 Ανάλυση εξίσωσης φορτίου	σελ.67
2.3.3 Αναγνωρίζοντας την περιοριστική σύνδεση	σελ.68
2.4 Uplink φορτίο κυψέλης και ισχύς μετάδοσης σταθμού βάσης	σελ.70

2.4.1. Αντίκτυπος του Uplink φορτίου κυψέλης	σελ.70
2.4.2 Αντίκτυπος της ισχύος μετάδοσης του σταθμού βάσης	σελ.71
2.5 Πρόσθετοι μεταφορείς και κώδικες ανακατώματος	σελ.73
2.5.1 Αντίκτυπος των πρόσθετων μεταφορέων	σελ.73
2.5.2 Αντίκτυπος των πρόσθετων κωδικών ανακατώματος	σελ.75
2.6 Επικεφαλές ενισχυτές ιστών και Ενεργές κεραιές	σελ.76
2.6.1 Το μαθηματικό υπόβαθρο	σελ.77
2.6.2. Αντίκτυπος των MHAs και των ενεργών κεραιών	σελ.78
2.6.3 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.80
2.7 Μακρινοί RF Επικεφαλές ενισχυτές	σελ.80
2.7.1 Μαθηματικό υπόβαθρο	σελ.81
2.7.2 Αντίκτυπος των μακρινών επικεφαλές ενισχυτών RF	σελ.81
2.7.3 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.82
2.8 High-order πολλαπλότητα λήψης	σελ.82
2.8.1 Ο αντίκτυπος της high-order πολλαπλότητας λήψης	σελ.83
2.8.2 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.85
2.9 Πολλαπλότητα μετάδοσης	σελ.86
2.9.1 Αντίκτυπος της πολλαπλότητας μετάδοσης	σελ.88
2.9.2 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.90
2.10 Beamforming	σελ.90
2.10.1 Το μαθηματικό υπόβαθρο	σελ.91
2.10.2 Αντίκτυπος του Beamforming	σελ.92
2.10.3 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.94
2.10.4 Αντίκτυπος της προσέγγισης κατά συγκεκριμένη δέσμη στους αλγόριθμους RRM	σελ.95
2.11 Roll-out βελτιστοποιημένη διαμόρφωση	σελ.96
2.11.1 Αντίκτυπος της βελτιστοποιημένης Roll-out διαμόρφωσης	σελ.96
2.11.2 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.98
2.12 Sectorisation	σελ.99
2.12.1 Αντίκτυπος του sectorisation	σελ.100
2.13.2 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.102
2.13 Επαναλήπτες	σελ.103
2.13.1 Αντίκτυπος των επαναληπτών	σελ.105
2.13.2 Πρακτικές εκτιμήσεις	σελ.106
2.14 Μικροκυβελική ανάπτυξη	σελ.106
2.14.1 Αντίκτυπος των μικροκυβελών	σελ.106
2.15 Περίληψη των μεθόδων ενίσχυσης της κάλυψης και της χωρητικότητας	σελ.110