

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: «ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΡΑΔΙΟ-ΔΙΚΤΥΟΥ, ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΑΔΙΟ-ΠΟΡΩΝ WCDMA ΔΙΚΤΥΟΥ»

Επιμελητές Θέματος:

Περδικούρης Σταμάτιος,

Φραγκούλης Λάμπρος

Εισηγητής Θέματος:

Κόκκινος Ευάγγελος

Ακαδημαϊκό Έτος: 2003-2004, Χανιά

Περιεχόμενα

1. Πρόλογος.....	7
2. Εισαγωγή.....	10
2.1 WCDMA in Third Generation Systems (WCDMA στα 3 ^{ης} γενιάς συστήματα).....	10
2.2 Air Interfaces and Spectrum Allocations for Third Generation Systems (Αερο-διασυνδέσεις και κατανομές φάσματος στα 3 ^{ης} γενιάς συστήματα).....	10
2.3 Schedules for Third Generation Systems (Σχέδια για τα Συστήματα 3 ^{ης} Γενιάς).....	14
2.4 Differences between WCDMA and Second Generation Air Interfaces (Διαφορές ανάμεσα στο WCDMA και στη 2 ^{ης} Γενιάς Αερο-Διασύνδεσης).....	15
2.5 Core Networks (Κεντρικά Δίκτυα).....	17
3. Εισαγωγή στο WCDMA.....	20
3.1 Εισαγωγή.....	20
3.2 Περίληψη των βασικών παραμέτρων του WCDMA.....	20
3.3 Διάδοση και ανάκτηση του κώδικα (Spreading and Despreading).....	24
3.4 Ραδιο-κανάλια (Radio channels) πολλαπλών διαδρομών και Rake Reception.....	28
3.5 Έλεγχος ισχύος.....	33
3.6 (Soft and Softer Handovers) Soft και Softer Μεταπομπές.....	37
4. Αρχιτεκτονική Δικτύου Ραδιο-Πρόσβασης.....	42
4.1 Αρχιτεκτονική συστημάτων.....	42
4.2 UTRAN Architecture (UTRAN Αρχιτεκτονική).....	46
4.2.1 The Radio Network Controller (Ο Ελεγκτής του Ραδιο-Δικτύου).....	47
4.2.2 Logical Role of the RNC (Ο λογικός ρόλος του RNC).....	47
4.2.2 The Node B (Base Station) (Κομβικό Σημείο Β (Βασικός Σταθμός))....	48
4.3 General Protocol Model for UTRAN Terrestrial Interfaces (Γενικό Πρωτόκολλο Μοντέλου για τις UTRAN Επίγειες Διασυνδέσεις).....	49
4.3.1 General (Γενικά).....	49
4.3.2 Horizontal Layers (Οριζόντια Επίπεδα).....	49
4.3.3 Vertical Planes (Κάθετα επίπεδα).....	49
4.3.3.1 Control Plane (Επίπεδο Ελέγχου).....	49
4.3.3.3 User Plane (Επίπεδο Χρήστη).....	50

4.3.3.4	Transport Network Control Plane (Επίπεδο ελέγχου Μεταφοράς Δικτύου).....	50
4.3.3.4	Transport Network User Plane (Επίπεδο Χρήστη στο Μεταφοράς Δικτύου).....	51
4.4	Iu, the UTRAN-CN Interface (Iu η UTRAN-CN διασύνδεση).....	51
4.4.1	Protocol Structure for Iu CS (Πρωτόκολλο Κατασκευής για το Iu CS)...	52
4.4.1.1	Iu CS Control Plane Protocol Stack (Iu CS Πρωτόκολλο Ελέγχου του Επιπέδου του Σωρού)	52
4.4.1.2	Iu CS Transport Network Control Plane Protocol Stack (To Iu CS Μεταφορικό Πρωτόκολλο Ελέγχου του Επιπέδου του Σωρού του Δικτύου).....	52
4.4.1.3	Iu CS User Plane Protocol Stack (Iu CS Πρωτόκολλο Επιπέδου του Σωρού του Χρήστη).....	52
4.4.2	Protocol Structure for Iu PS (Πρωτόκολλο Κατασκευής για το Iu PS) ...	53
4.4.2.1	Iu PS Control Plane Protocol Stack (Iu PS Πρωτόκολλο Επιπέδου του Σωρού)	53
4.4.2.2	Iu PS Transport Network Control Plane Protocol Stack (Iu PS Μεταφορικό Πρωτόκολλο Ελέγχου του Επιπέδου του Σωρού του Δικτύου)	54
4.4.2.3	Iu PS User Plane Protocol Stack (Iu PS Πρωτόκολλο Επιπέδου του Σωρού του Χρήστη).....	55
4.4.3	RANAP Protocol (RANAP Πρωτόκολλο).....	55
4.4.4	Iu User Plane Protocol (Iu Πρωτόκολλο Επιπέδου Χρήστη).....	57
4.5	UTRAN Internal Interfaces (UTRAN Εσωτερικές Διασυνδέσεις)	58
4.5.1	RNC-RNC Interface (for Interface) and the RNSAP Signaling (RNC-RNC Διασύνδεση (για διασύνδεση) και η RNSAP σηματοδότηση).....	58
4.5.1.1	Iur1: Support of the Basic Inter-RNC Mobility (Υποστήριξη της Βασικής Εσωτερικής-RNC Κινητικότητας).....	59
4.5.1.2	Iur2: Support of Dedicated Channel Traffic (Υποστήριξη της Κίνησης από το Αφιερωμένο Κανάλι)	59
4.5.1.3	Iur3: Support of Common Channel Traffic (Iur3: Υποστήριξη του Κοινού Καναλιού Κίνησης).....	60
4.5.1.4	Iur4: Support of Global Resource Management (Iur4: Υποστήριξη της Διαχείρισης των Παγκόσμιων Πόρων)	61
4.5.2	RNC-Node B Interface and the NBAP Signaling (RNC-Node B Διεπαφή και NBAP Σηματοδότηση).....	61
4.5.2.1	Common NBAP and the Logical O&M (To Κοινό NBAP και το Λογικό O&M).....	63
4.5.2.2	Dedicated NBAP (Αφοσιωμένο NBAP)	64
5.	Physical Layer (Φυσικό Επίπεδο)	66
5.1	Εισαγωγή	66
5.2	Κανάλια Μεταφοράς (Transport Channels) και ο σχεδιασμός τους σε Φυσικά Κανάλια(Physical Channels)	66
5.2.1	Dedicated Transport Channel (Αφοσιωμένα (δηλ. Ιδιωτικά) Μεταφορικά Κανάλια).....	68
5.2.2	Common Transport Channels (Κοινά Μεταφορικά Κανάλια)	69
5.2.2.1	Broadcast Channel (Εκπεμπόμενο Κανάλι)	69
5.2.2.2	Forward Access Channel (Απευθείας Πρόσβασης Κανάλια)	69
5.2.2.3	Paging Channel (Κανάλια Σελιδοποίησης).....	70
5.2.2.4	Random Access Channel (Τυχαίας Πρόσβασης Κανάλια)	70

5.2.2.5 Uplink Common Packet Channel (Κανάλι Κοινού Πακέτου Άνω Ζεύξης)	70
5.2.2.6 Downlink Shared Channel (Κοινό Κανάλι Κάτω Ζεύξης)	70
5.2.2.7 Required Transport Channels (Απαιτούμενα Μεταφορικά Κανάλια)	71
5.2.3 Mapping of Transport Channels onto the Physical Channels (Σχεδιασμός Μεταφορικών Καναλιών επάνω σε Φυσικά Κανάλια)	71
5.2.4 Frame Structure of Transport Channels (Η Δομή του Πλαισίου στα Μεταφορικά Κανάλια)	72
5.3 Spreading and Modulation (Διάχυση/Διάδοση/Απλωμα και Κωδικοποίηση)	72
5.3.1 Scrambling (Ανακάτεμα)	72
5.3.2 Channelisation Codes (Κώδικες Διοχέτευσης)	73
5.3.3.2 Uplink Spreading («Άνω Ζεύξης» Spreading)	76
5.3.3.3 Uplink Scrambling Codes («Άνω Ζεύξης» Κώδικες Ανακατέματος)	76
5.3.3.4 Spreading and Modulation on Uplink Common Channels (Διάδοση και Διαμόρφωση στα Uplink Κοινά Κανάλια)	77
5.3.4 Downlink Spreading and Modulation («Κάτω Ζεύξης» Διάδοση και Διαμόρφωση)	78
5.3.4.1 Downlink Modulation («Κάτω Ζεύξης» Διαμόρφωση)	78
5.3.4.2 Downlink Spreading («Κάτω Ζεύξης» Διάδοση)	79
5.3.4.3 Downlink Scrambling («Κάτω Ζεύξης» Ανακάτεμα)	80
5.3.4.4 Synchronization Channel Spreading and Modulation (Διάδοση και Διαμόρφωση στο Κανάλι Συγχρονισμού)	81
5.3.5 Transmitter Characteristics (Χαρακτηριστικά Πομπών)	82
5.4 User Data Transmission (Εκπομπή Δεδομένων Χρήστη)	83
5.4.1 Uplink Dedicated Channel (Αφιερωμένο Κανάλι Άνω Ζεύξης)	84
5.4.2 Uplink Multiplexing («Άνω Ζεύξης» Πολυπλεξία)	87
5.4.3 User Data Transmission with the Random Access Channel (Εκπομπή Δεδομένων Χρήστη με το Random Access Channel)	91
5.4.4 Uplink Common Packet Channel (Κοινό Κανάλι Πακέτων της Άνω Ζεύξης)	91
5.4.5 Downlink Dedicated Channel (Αφιερωμένο Κανάλι Κάτω Ζεύξης)	92
5.4.6 Downlink Multiplexing (Πολυπλεξία Κάτω Ζεύξης)	95
5.4.7 Downlink Shared Channel (Μοιραζόμενο από κοινού Κανάλι Κάτω Ζεύξης)	97
5.4.8 Forward Access Channel for User Data Transmission (Forward Access Channel για Εκπομπή Δεδομένων Χρήστη)	99
5.4.9 Channel Coding for User Data (Κωδικοποίηση Καναλιού για Δεδομένα Χρήστη)	100
5.4.10 Coding for TFCI information (Κωδικοποίηση για TFCI πληροφορίες)	101
5.5 Signaling (Σηματοδότηση)	102
5.5.1 Common Pilot Channel (CPICH) (Κοινό Πιλοτικό Κανάλι)	102
5.5.2 Synchronization Channel (SCH) (Κανάλι Συγχρονισμού)	103
5.5.3 Primary Common Control Physical Channel (Primary CCPCH)	104
5.5.4 Secondary Common Control Physical Channel (Secondary CCPCH) (Πρωτεύον Κοινό Φυσικό Κανάλι Ελέγχου)	105

5.5.5 Random Access Channel (RACH) for Signaling Transmission (To RACH για Σηματοδοσία Εκπομπής).....	107
5.5.6 Acquisition Indicator Channel (AICH).....	107
5.5.7 Paging Indicator Channel (PICH) (Ενδείκτης Σελιδοποίησης Καναλιού)	108
5.5.8 Physical Channels for CPCH Access Procedure (Φυσικά Κανάλια για CPCH Διαδικασία Πρόσβασης)	109
5.6 Physical Layer Procedures (Διαδικασίες Φυσικού Επιπέδου)	110
5.6.1 Fast Closed Loop Power Control Procedure (Κλειστή Επαναλαμβανόμενη Διαδικασία Ελέγχου Ισχύος)	110
5.6.2 Open Loop Power Control (Ελεγχος Ισχύος με την Open Loop Διαδικασία).....	111
5.6.3 Paging Procedure (Διαδικασία Σελιδοποίησης).....	112
5.6.4 RACH Procedure (Διαδικασία RACH).....	113
5.6.5 CPCH Operation (CPCH Λειτουργία)	114
5.6.6 Cell Search Procedure (Διαδικασία Έρευνας/Αναζήτησης/Σάρωσης της Κυψέλης)	116
5.6.7 Transmit Diversity Procedure (Διαδικασία Εκπομπής με Ποικιλία (Diversity))	117
5.6.8 Handover Measurements Procedure (Διαδικασία Μετρήσεων στο Handover).....	118
5.6.8.1 Intra-Mode Handover (Τρόπος Εσωτερικής Μεταπομπής)	118
5.6.8.2 Inter-Mode Handover (Παγκόσμιος Τρόπος Μεταπομπής)	120
5.6.8.3 Inter-System Handover (Παγκόσμιο Σύστημα Μεταπομπής).....	120
5.6.9 Compressed Mode Measurement Procedure (Διαδικασία Μέτρησης Συμπιεσμένου Τρόπου)	121
5.6.10 Other Measurements (Άλλες Μετρήσεις).....	123
6. Radio Resource Management (Διαχείριση Ραδιο-Πόρων).....	126
6.1 Interference-Based Radio Resource Management (Παρεμβολή Βασιζόμενη στη Διαχείριση Ραδιο-Πόρων)	126
6.2 Power Control (Ελεγχος Ισχύος).....	127
6.2.1 Fast Power Control (Γρήγορος Έλεγχος Ισχύος)	127
6.2.1.1 Gain of Fast Power Control (Κέρδος απ' τον Γρήγορο Ελέγχου Ισχύος)	128
6.2.1.2 Power Control and Diversity (Ελεγχος Ισχύος και Ποικιλία).....	129
6.2.1.3 Power Control in Soft Handover (Ελεγχος Ισχύος στο Soft Handover).....	133
6.2.1.3a Downlink Power Drifting (Downlink Μετατόπιση Ισχύος)	134
6.2.1.3b Reliability of Uplink Power Control Commands (Αξιοπιστία των Uplink Εντολών Ελέγχου Ισχύος)	135
6.2.1.3c Improved Power Control Signaling Quality (Βελτιωμένη Ποιότητα Σηματοδοσίας Ελέγχου Ισχύος)	135
6.2.2 Outer Loop Power Control (Ελεγχος Ισχύος με εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία).....	136
6.2.2.1 Gain of Outer Loop Power Control (Κέρδος της Outer Loop Power Control).....	137
6.2.2.2 Estimation of Received Quality (Εκτίμηση της Λαμβανόμενης Ποιότητας).....	139

6.2.2.3 Outer Loop Power Control Algorithm (Αλγόριθμος Ελέγχου Εξωτερικής επαναλαμβανόμενης διαδικασίας).....	140
6.2.2.4 High Quality Services (Υπηρεσίες υψηλής ποιότητας).....	141
6.2.2.5 Limited Power Control Dynamics (Περιορισμένα Δυναμικά Ελέγχου Ισχύος).....	141
6.2.2.6 Multiservice (Πολλαπλές Υπηρεσίες).....	143
6.2.2.7 Downlink Outer Loop Power Control (Εξωτερικός Έλεγχος Ισχύος με Επαναλαμβανόμενη διαδικασία στο Downlink).....	143
6.3 Handovers (Μεταπομπές).....	144
6.3.1 Intra-frequency Handovers (Εσωτερικής Συχνότητας Μεταπομπές).....	144
6.3.1.1 Handover Algorithms (Αλγόριθμοι Μεταπομπής).....	144
6.3.1.2 Handover Measurements (Μετρήσεις Handover).....	147
6.3.1.3 Soft Handover Gains (Κέρδη Soft Handover).....	150
6.3.1.4 Soft Handover Probabilities (Soft Handover Πιθανότητες).....	152
6.3.2 Inter-frequency and Inter-system Handovers (Εσωτερικής Συχνότητας και Εσωτερικού Συστήματος Handovers).....	152
6.4 Measurement of Air Interface Load (Μέτρηση Φορτώματος της Αερο- Διασύνδεσης).....	153
6.4.1 Uplink Load (Uplink Φόρτωμα).....	153
6.4.1.1 Load Estimation Based on Wideband Received Power (Μέτρηση Φορτώματος Βασιζόμενη στην Ευρείας Ζώνη Λαμβανόμενη Ισχύ).....	153
6.4.1.2 Load Estimation Based on Throughput (Εκτίμηση Φορτώματος Βασιζόμενη στην Απόδοση).....	154
6.4.1.3 Comparison of Uplink Load Estimation Methods (Σύγκριση των Μεθόδων Εκτίμησης του Uplink Load).....	155
6.4.2.1 Power-Based Load Estimation (Εκτίμηση του Load Βασιζόμενη στην Ισχύ).....	157
6.4.2.2 Throughput-Based Load Estimation (Εκτίμηση Φορτώματος Βασιζόμενη στην Απόδοση).....	157
6.5 Admission Control (Έλεγχος Εισόδου).....	158
6.5.1 Admission Control Principle (Αρχές Ελέγχου Εισόδου).....	158
6.5.2 Wideband Power-Based Admission Control Strategy (Ευρείας Ζώνης Στρατηγική Ελέγχου της Εισόδου, Βασιζόμενη στην Ισχύ).....	158
6.5.3 Throughput-Based Admission Control Strategy (Στρατηγική Ελέγχου Εισόδου Βασισμένη στην Απόδοση).....	161
6.6 Load Control (Congestion Control) (Έλεγχος Συμφόρησης).....	162
7. Βιβλιογραφία.....	164

1. Πρόλογος

Ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα πέρασε ώσπου να καταλάβουν οι πρώτοι άνθρωποι, πως το σημαντικότερο γεγονός για την επιβίωσή τους, ήταν η μεταξύ τους επικοινωνία. Εξίσου σημαντικό χρόνο αλλά και προσπάθεια, απαιτήθηκε για την κατασκευή ενός κοινού κώδικα, για την αλληλοκατανόησή τους. Τελικά χάριν του κοινού κώδικα, ο οποίος μπορεί να ήταν το γλωσσικό σύστημα ή άλλου είδους τεχνάσματα, οι επικοινωνίες προχώρησαν-συν τω χρόνω-και οι κοινωνίες προόδευσαν.

Από μικρές ομάδες ανθρώπων, οι οποίες μεταχειρίζονταν μουγκρητά ή μικρές λέξεις περάσαμε στους νομαδικούς πληθυσμούς που χρησιμοποιούσαν ένα ατελές γλωσσικό σύστημα. Ως μέσο διάδοσης της επικοινωνίας στις δυο προηγούμενες καταστάσεις, ήταν το βάδισμα ή τρέξιμο. Εν συνεχεία δημιουργήθηκαν μικρές πόλεις και μετά μεγαλύτερες, οι οποίες για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους χρησιμοποίησαν είτε τη γραφή, είτε τους αγγελιοφόρους, είτε τη φωτιά ή τον καπνό της φωτιάς. Ερχόμενοι στη νεότερη εποχή βλέπουμε ότι ιδιαίτερο ρόλο στην επικοινωνία των ανθρώπων κατέχουν οι επιστολές. Έτσι το σημαντικότερο σημείο αυτής της εποχής είναι ότι γίνεται μια αναβάθμιση των μέσων που χρησιμοποιούνται (άλογα, άμαξες κ.α.), έτσι ώστε να φθάνει η πληροφορία όσο το δυνατόν γρηγορότερα στον προορισμό της. Παρατηρούμε λοιπόν ότι όσο οι κοινωνίες προοδεύουν τόσο αναπτύσσονται και τα μέσα διάδοσης των επικοινωνιών.

Τον προηγούμενο αιώνα έγινε μια πραγματική επανάσταση στον τομέα των επικοινωνιών. Το 1892 ο **Alexander Graham Bell** εφεύρε το τηλέφωνο. Έτσι εδώ είναι το κομβικό σημείο, από το οποίο αρχίζει αυτή η αλματώδης ανάπτυξη των ενσύρματων επικοινωνιών, τα αποτελέσματα της οποίας βλέπουμε και γευόμαστε έως σήμερα. Το μέσο διάδοσης που χρησιμοποιείται εδώ είναι το χάλκινο καλώδιο και αυτό βρίσκεται είτε υπογείως, είτε υπεργείως σε διάφορες κολόνες.

Η ιδέα αυτή, δηλαδή του χάλκινου καλωδίου ως μέσο διάδοσης, έδωσε την ώθηση στους επιστήμονες, ώστε να βρουν τρόπο και να χρησιμοποιήσουν τον αέρα ως μέσο διάδοσης της φωνής. Έτσι στα τέλη του 20^{ου} αιώνας έκαναν την 1^η τους εμφάνιση τα πρώτα κινητά τηλέφωνα, τα οποία υποστηρίζονταν από

τα πρώτα αναλογικά κυψελοειδή δίκτυα. Αυτά ονομάστηκαν με έναν όρο συστήματα 1^{ης} γενιάς. Στη συνέχεια περάσαμε στη πλήρη εφαρμογή των συστημάτων 2^{ης} γενιάς και τώρα ήδη βρισκόμαστε στην ανάπτυξη και εφαρμογή των συστημάτων 3^{ης} γενιάς.

Στην παρούσα πτυχιακή σας παρουσιάζουμε την **WCDMA air interface** τεχνολογία , η οποία χρησιμοποιείται στα συστήματα 3^{ης} γενιάς και είναι από όλες τις απόψεις, η έως τώρα καλύτερη και επικρατέστερη τεχνολογία.

2. Εισαγωγή

2.1 WCDMA in Third Generation Systems (WCDMA στα 3^{ης} γενιάς συστήματα)

Τα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα (**AMPS, TACS, NMT 450, NMT 900**) συχνά αναφέρονται και ως συστήματα 1^{ης} γενιάς. Τα ψηφιακά συστήματα που αυτήν την περίοδο είναι σε χρήση, όπως τα **GSM, PDC, cdmaOne (IS-95)** και **US-TDMA (IS-136)** είναι τα 2^{ης} γενιάς συστήματα. Αυτά τα συστήματα έχουν επιτρέψει στις μεταδόσεις φωνής για να πάνε ασύρματα σε πολλούς από τους κύριους δείκτες και οι πελάτες αρχίζουν όλο και περισσότερο να δείχνουν την εμπιστοσύνη τους και σε άλλες υπηρεσίες όπως το μήνυμα και η πρόσβαση κειμένων στα δίκτυα δεδομένων.

Τα 3^{ης} γενιάς συστήματα σχεδιάστηκαν για επικοινωνία πολυμέσων: με αυτά η επικοινωνία ανθρώπου προς άνθρωπο μπορεί να ενισχυθεί με τις υψηλής ποιότητας εικόνες και το βίντεο. Η πρόσβαση σε πληροφορίες και υπηρεσίες σε δημόσια και ιδιωτικά δίκτυα μπορεί να ενισχυθεί από υψηλότερους ρυθμούς και νέες ικανότητες επικοινωνίας των συστημάτων 3^{ης} γενιάς. Αυτό, σε συνδυασμό με τη συνεχιζόμενη επανάσταση των συστημάτων 2^{ης} γενιάς, θα δημιουργήσει νέες επιχειρησιακές ευκαιρίες όχι μόνο για τους κατασκευαστές και τους χειριστές αλλά και για τους προμηθευτές των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα δίκτυα.

Στα φόρουμ τυποποίησης, η **WCDMA** τεχνολογία ξεπρόβαλε ως η πιο ευρύτατα αποδεκτή 3^{ης} γενιάς αερο-διασύνδεση (**air interface**). Η προδιαγραφή της έχει δημιουργηθεί στο **3GPP** (το 3^{ης} Γενιάς Πρόγραμμα Συνεργασίας) (**the 3rd Generation Partnership Project**), το οποίο είναι η ένωση προγράμματος τυποποίησης των οργανισμών τυποποίησης από Ευρώπη, Ιαπωνία, Κορέα, ΗΠΑ και Κίνα. Με το **3GPP**, το **WCDMA** καλείται **UTRA** (Παγκόσμια Επίγεια Ραδιο- Πρόσβαση) (**Universal Terrestrial Radio Access**) **FDD** (**Frequency Division Duplex**) και **TDD** (**Time Division Duplex**). Το όνομα του **WCDMA** χρησιμοποιείται για να καλύψει και τις 2 **FDD** και **TDD** λειτουργίες.

2.2 Air Interfaces and Spectrum Allocations for Third Generation Systems (Αερο-διασυνδέσεις και κατανομές φάσματος στα 3^{ης} γενιάς συστήματα)

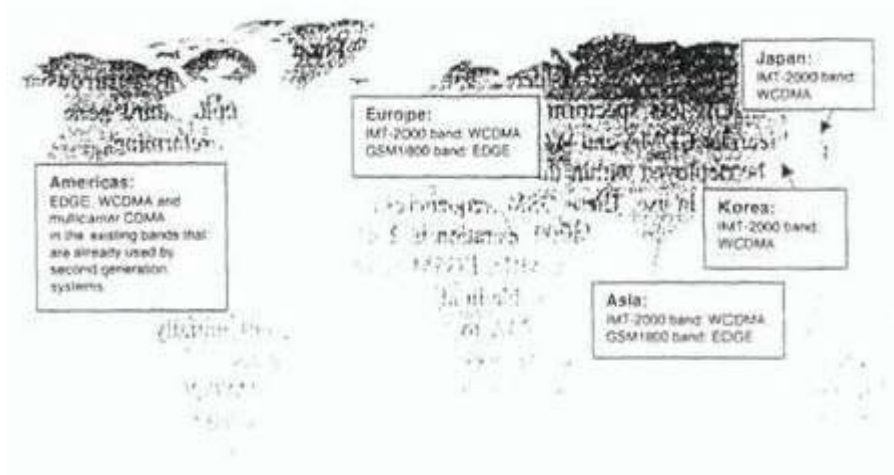
Η εργασία για τη βελτίωση των κινητών συστημάτων 3^{ης} γενιάς άρχισε όταν η Παγκόσμια Διοικητική Ραδιο-Διάσκεψη (**World Administrative Radio Conference (WARC)**) του **ITU** (Διεθνής ένωση τηλεπικοινωνιών) (**International Telecommunications Union**), στη συγκέντρωση που έγινε το 1992, ταυτοποίησε τις συχνότητες γύρω από τα **2 GHz** έτσι ώστε να είναι διαθέσιμες για τα μελλοντικά 3^{ης} γενιάς συστήματα, και τα επίγεια και τα δορυφορικά. Μέσα στο **ITU** αυτά τα 3^{ης} γενιάς συστήματα ονομάζονται

Παγκόσμια Κινητή Τηλεφωνία (**International Mobile Telephony 2000**) (**IMT-2000**). Εντός του **IMT-2000** πλαισίου, αρκετές διαφορετικές **air interfaces** καθορίστηκαν για τα συστήματα 3^{ης} γενιάς, βασιζόμενα είτε στη **CDMA**, είτε στη **TDMA** τεχνολογία. Ο αρχικός στόχος των συστημάτων 3^{ης} γενιάς ήταν ένα απλό παγκόσμιο και κοινό **IMT-2000 air interface**. Τα 3^{ης} γενιάς συστήματα βρίσκονται κοντύτερα σε αυτό το στόχο παρά τα συστήματα 2^{ης} γενιάς: η ίδια **air interface – WCDMA** – είναι για να χρησιμοποιείται από Ευρώπη και Ασία συμπεριλαμβανομένου και της Ιαπωνίας και της Κορέας, οι οποίες χρησιμοποιούν ζώνες συχνοτήτων **WARC-92** που διατίθενται για 3^{ης} γενιάς συστήματα **IMT-2000** γύρω στα **2 GHz**. Εντούτοις, στη Βόρεια Αμερική, αυτό το φάσμα συχνοτήτων έχει ήδη δημοπρατηθεί για χρήστες που χρησιμοποιούν 2^{ης} γενιάς συστήματα και κανένα νεότερο φάσμα συχνοτήτων δεν είναι διαθέσιμο για το **IMT-2000**. Κατά συνέπεια, οι υπηρεσίες 3^{ης} γενιάς πρέπει να υλοποιηθούν μέσα στις υπάρχουσες ζώνες συχνοτήτων αντικαθιστώντας ένα μέρος αυτού του φάσματος με 3^{ης} γενιάς συστήματα. Αυτή η προσέγγιση αναφέρεται ως **refarming** (μετατροπή). Το παγκόσμιο **IMT-2000** φάσμα δεν είναι διαθέσιμο σε χώρες που ακολουθούν το πρότυπο των **ΗΠΑ**.

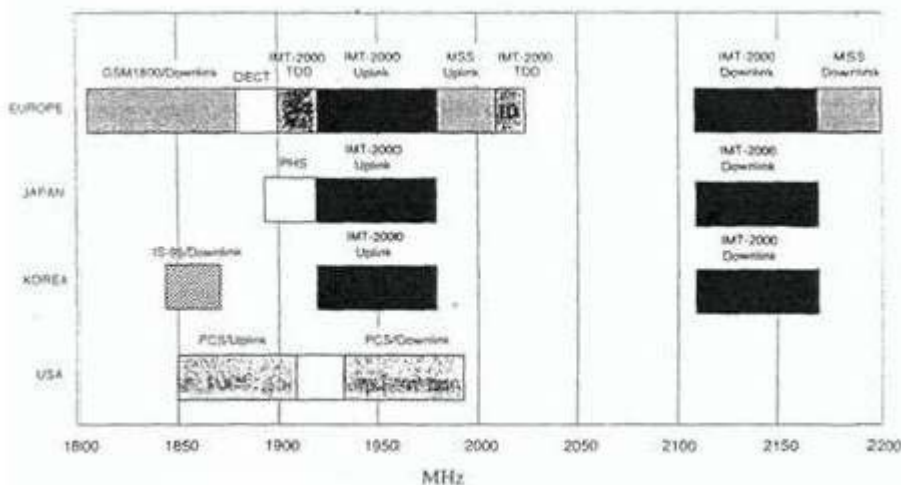
Εκτός από **WCDMA** άλλες **air interfaces** που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα 3^{ης} γενιάς είναι το **EDGE** και το πολλαπλών φερόντων **CDMA (cdma2000)**. **EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)** (Ενισχυμένοι Ρυθμοί Δεδομένων για την **GSM** επανάσταση) μπορούν να παρέχουν 3^{ης} γενιάς υπηρεσίες με ρυθμούς πάνω από **500 kbps** μέσα σε ένα **GSM** διάστημα φέροντος των **200 kHz**. Το **EDGE** περιλαμβάνει προηγμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που δεν είναι μέρος του **GSM**, για να βελτιώσει την απόδοση του φάσματος και να υποστηρίξει νέες υπηρεσίες. Το πολλαπλών φερόντων **CDMA** μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια αναβαθμισμένη λύση για τους υπάρχοντες **IS-95** διαχειριστές.

Η κατανομή φάσματος σε Ευρώπη, Ιαπωνία, Κορέα και ΗΠΑ παρουσιάζεται στο σχήμα 2.2. Στην Ευρώπη και στο μεγαλύτερο μέρος της Ασίας οι **IMT-2000** ζώνες των **2 x 60 MHz (1920-1980 MHz συν 2110-2170 MHz)** θα είναι διαθέσιμες για το **WCDMA FDD**. Η διαθεσιμότητα του **TDD** φάσματος ποικίλει: στην Ευρώπη αναμένεται ότι **25 MHz** θα είναι διαθέσιμες για χρήση **TDD** οι ζώνες **1900-1920 MHz** και **2020-2025 MHz**. Το υπόλοιπο του αταίριαστου φάσματος αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για **TDD** εφαρμογές χωρίς άδεια (**SPA; Self Provided Applications**) (Μόνες Παρεχόμενες Εφαρμογές) στην ζώνη **2010-2020 MHz**. Τα **FDD** συστήματα χρησιμοποιούν διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων για το **uplink** και το **downlink**, ξεχωριστά από τη διπλή απόσταση, καθώς τα **TDD** συστήματα χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα και για τα 2 **uplink** και **downlink**.

Στην Ιαπωνία και στην Κορέα, η **IMT-2000 FDD** ζώνη είναι η ίδια όπως και στην υπόλοιπη Ασία και Ευρώπη. Η Ιαπωνία επέκτεινε το **PDC** ως 2^{ης} γενιάς σύστημα, καθώς στην Κορέα το **IS-95** χρησιμοποιείται και για την κυψελοειδή και την **PCS** λειτουργία. Η **PCS** κατανομή φάσματος στην Κορέα είναι διαφορετική από την κατανομή του φάσματος στις ΗΠΑ, αφήνοντας το **IMT-2000** φάσμα πλήρως διαθέσιμο στην Κορέα. Στην Ιαπωνία μέρος του **IMT-2000 TDD** φάσματος χρησιμοποιείται από το **PHS**, το ασύρματο τηλεφωνικό σύστημα.



Σχήμα 2.1: Αναμενόμενα φάσματα και air interfaces για παρεχόμενες υπηρεσίες στα 3^{ης} γενιάς συστήματα



Σχήμα 2.2: Κατανομή φάσματος σε Ευρώπη, Ασία, Ιαπωνία και Αμερική

Στην Κίνα υπάρχουν επιφυλάξεις για το **PCS** ή το **WLL (Wireless Local Loop)** (Ασύρματη Τοπική Επαναλαμβανόμενη Διαδικασία) που χρησιμοποιείται σε ένα μέρος του **IMT-2000** φάσματος, αν και αυτά δεν έχουν διατεθεί σε κανένα διαχειριστή έως τώρα. Ανάλογα με τις αποφάσεις κανονισμού, πάνω από **2 x 60 MHz** του **IMT-2000** φάσματος θα είναι διαθέσιμο για το **WCDMA FDD** προς χρήση στην Κίνα. Το **TDD** φάσμα είναι και αυτό διαθέσιμο στην Κίνα.

Στις ΗΠΑ κανένα φάσμα δεν έχει διατεθεί για τα **3^{ης}** γενιάς συστήματα. Οι υπηρεσίες **3^{ης}** γενιάς μπορούν να εφαρμοστούν με τα συστήματα **3^{ης}** γενιάς μέσα στο υπάρχον φάσμα **PCS**. Αυτό απαιτεί αντικατάσταση μέρους των υπάρχουσών συχνοτήτων, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα **2^{ης}** γενιάς συστήματα από τα συστήματα **3^{ης}** γενιάς. Για τη ζώνη συχνοτήτων που χρησιμοποιείται στην Αμερική όλοι οι εναλλακτικοί τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα **3^{ης}** γενιάς συστήματα βρίσκονται υπό σκέψη, αλλά το **EDGE** πλεονεκτεί σαν περιορισμένης ζώνης σύστημα που είναι. Με το **EDGE** λιγότερο φάσμα θα πρέπει να καθαριστεί για να επεκταθούν οι υπηρεσίες **3^{ης}** γενιάς. Το πολλαπλών φερόντων **CDMA** και **WCDMA** μπορεί επίσης να βρίσκεται υπό σκέψη.

Το **EDGE** μπορεί να αναπτυχθεί μέσα στις υπάρχουσες **GSM900** και **GSM 1800** συχνότητες όπου αυτές οι συχνότητες χρησιμοποιούνται. Αυτές οι **GSM** συχνότητες δεν είναι διαθέσιμες στην Κορέα και στην Ιαπωνία. Η συνολική ζώνη που είναι διαθέσιμη για λειτουργία στο **GSM 900** είναι **2 x 25 MHz** συν **EGSM 2 x 10 MHz**, ενώ για τη λειτουργία στο **GSM 1800** είναι **2 x 75 MHz**. Το **EGSM** αναφέρεται στην επέκταση της **GSM 900** ζώνης. Η συνολική **GSM** ζώνη δεν είναι διαθέσιμη σε όλες τις χώρες που χρησιμοποιούν το **GSM** σύστημα. Αργότερα θα είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί το **WCDMA** στις **GSM** ζώνες αλλά αρχικά το **EDGE** είναι η λύση που παρέχει στα συστήματα **3^{ης}** γενιάς υπηρεσίες μέσα στις **GSM** ζώνες.

Η χορήγηση αδειών του **IMT-2000** φάσματος είναι εν εξελίξει. Οι πρώτες **IMT-2000** άδειες έχουν ήδη παραληφθεί, αρχίζοντας από τη Φινλανδία το Μάρτιο του **1999** και ακολούθησαν η Ισπανία το Μάρτιο του **2000**. Καμία δημοπρασία δε διενεργήθηκε στη Φινλανδία ή την Ισπανία. Μερικές χώρες αναμένονται για να ακολουθήσουν μια παρόμοια προσέγγιση χορήγησης αδειών, η οποία χρησιμοποιήθηκε επίσης για το **GSM** στην Ευρώπη. Εντούτοις, σε άλλες χώρες, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο μια τέτοια πράξη όπως αυτή που ισχύει στις ΗΠΑ είναι πιο πιθανή.

Αναμένεται ότι περισσότερες συχνότητες θα διανεμηθούν αργότερα για το **IMT-2000**. Ο στόχος είναι η ταυτοποίηση **160 MHz** περισσότερου φάσματος για το **IMT-2000** στο **WARC-2000** συνέδριο του **ITU**, το οποίο έλαβε χώρα το Μάιο του **2000**. Οι περισσότερες από τις νέες συχνότητες θα είναι ανάμεσα στα **2 GHz** και **3 GHz**.

2.3 Schedules for Third Generation Systems (Σχέδια για τα Συστήματα 3^{ης} Γενιάς)

Η ευρωπαϊκή έρευνα πάνω στο **WCDMA** άρχισε στα ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης **CODFT** και **FRAMES** και επίσης μέσα σε μεγάλες ευρωπαϊκές εταιρίες ασύρματων επικοινωνιών, στις αρχές της δεκαετίας του **1990**. Ακόμη αυτά τα προγράμματα παρήγαγαν **WCDMA** δοκιμαστικά συστήματα για να αξιολογήσουν την απόδοση των συνδέσεων και βγήκαν τα βασικά συμπεράσματα για την τυποποίηση του **WCDMA**. Τον Ιανουάριο του **1998** το ευρωπαϊκό κομμάτι της ένωσης που αφορά την τυποποίηση **ETSI**, σχεδίασε πάνω στο **WCDMA** την **air interface** για τα συστήματα 3^{ης} γενιάς. Η λεπτομερής εργασία τυποποίησης, εκτελέστηκε ως τμήμα της **3GPP** διαδικασίας τυποποίησης. Η πρώτη πλήρης προδιαγραφή ολοκληρώθηκε στο τέλος **1999 (Release 1999)**.

Τα εμπορικά δίκτυα σχεδιάζονται για να ανοίξουν στην Ιαπωνία κατά τη διάρκεια **2001** και στην Ευρώπη και αλλού στην Ασία στην αρχή **2002**. Το αναμενόμενο πρόγραμμα παρουσιάζεται στο σχήμα 2.3. Αυτό το πρόγραμμα αφορά τον **FDD** τρόπο λειτουργίας. Ο **TDD** τρόπος αναμένεται να ακολουθήσει λίγο αργότερα και τα 1^α **TDD** δίκτυα θα βασίζονται στις αρχές τυποποίησης της έκδοσης του **2000** του **3GPP**. Στην Ιαπωνία το πρόγραμμα για τη λειτουργία του **TDD** είναι επίσης ασαφής, λόγω του απρόσιτου **TDD** φάσματος.

Κοιτώντας πίσω την ιστορία του **GSM**, παρατηρούμε ότι με το άνοιγμα του 1^{ου} **GSM** δικτύου τον Ιούλιο του **1991** (Radiolinja, Φινλανδία) αρκετές χώρες έφτασαν στο 50% τη διείσδυση της κινητής τηλεφωνίας στη ζωή τους. Σε ορισμένες χώρες έφτασε αυτό το ποσοστό μέχρι το 70%. Τα 2^{ης} γενιάς συστήματα θα μπορούσαν ήδη να επιτρέψουν την ασύρματη κυκλοφορία φωνής: τώρα τα 3^{ης} γενιάς συστήματα αντιμετωπίζουν την πρόκληση παραγωγής ενός νέου ασύρματου συνόλου υπηρεσιών στοιχείων.



Σχήμα 2.3: Τυποποίηση και σχεδιασμός εμπορικού προγράμματος για το WCDMA

2.4 Differences between WCDMA and Second Generation Air Interfaces (Διαφορές ανάμεσα στο WCDMA και στη 2^{ης} Γενιάς Αερο-Διασύνδεσης)

Σε αυτή την παράγραφο περιγράφονται οι κύριες διαφορές ανάμεσα στις 3^{ης} και 2^{ης} γενιάς **air interfaces**. Το **GSM** και το **IS-95** (το επίσημα καθιερωμένο για τα **cdmaOne** συστήματα) είναι για 2^{ης} γενιάς **air interfaces** που μελετώνται εδώ. Άλλες 2^{ης} γενιάς **air interfaces** είναι το **PDC** στην Ιαπωνία και το **US-TDMA** κυρίως στην Αμερική. Αυτά είναι βασισμένα στο **TDMA (time division multiple access)** (πολλαπλή πρόσβαση με χρονικό διαχωρισμό) και έχουν περισσότερες ομοιότητες με το **GSM** παρά με το **IS-95**. Τα 2^{ης} γενιάς συστήματα δημιουργήθηκαν κυρίως για να παρέχουν υπηρεσίες φωνής στις **macro** κυψέλες. Για να καταλάβουμε το υπόβαθρο στις διαφορές μεταξύ των 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς συστημάτων πρέπει να κοιτάξουμε στις νέες απαιτήσεις των 3^{ης} γενιάς συστημάτων, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

- Ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων (**bit rates**) πάνω από **2 Mbps**
- Μεταβλητό **bit rate** για να προσφέρει το εύρος ζώνης μετά από απαίτηση
- Πολυπλεξία υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας σε μια μόνο σύνδεση, όπως φωνή, video και πακέτα δεδομένων
- Απαιτήσεις καθυστέρησης από αργοπορημένα-ευαίσθητα πραγματικού χρόνου πακέτα δεδομένων προς εύκαμπτα καλύτερης προσπάθειας πακέτα δεδομένων (**delay-sensitive real-time traffic to flexible best-effort packet Data**)
- Απαιτήσεις ποιότητας για ρυθμό λάθος πλαισίου (**frame error rate**) από **10%** προς 10^{-6} ρυθμό λάθους **bit (bit error rate)**
- Συνύπαρξη των 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς συστημάτων και του τρόπου μεταπομπής (**handover**), δηλαδή από τη μια κυψέλη προς την άλλη, ο οποίος απαντάται στις εσωτερικές διαδικασίες του συστήματος αύξηση κάλυψης και εξισορρόπησης φορτίων
- Υποστήριξη στην ασύμμετρη κίνηση είτε κατά το **uplink** είτε κατά το **downlink** δηλαδή όταν σερφάρουμε στο διαδίκτυο αυτό προκαλεί φόρτωμα στο **downlink** παρά στο **uplink**
- Υψηλή αποδοτικότητα φάσματος
- Συνύπαρξη των **FDD** και **TDD** τρόπων

Ο πίνακας 2.1 περιλαμβάνει τις κύριες διαφορές ανάμεσα στο **WCDMA** και στο **GSM** και ο πίνακας 2.2 αυτές που υπάρχουν ανάμεσα στο **WCDMA** και το **IS-95**. Σε αυτή τη σύγκριση μόνο η **air interface** εξετάζεται σοβαρά. Επίσης το **GSM** καλύπτει υπηρεσίες και πτυχές κεντρικών δικτύων και αυτή η **GSM** πλατφόρμα θα χρησιμοποιηθεί μαζί με την **WCDMA air interface**.

Οι διαφορές στην **air interface** αντικατοπτρίζουν τις νέες απαιτήσεις των συστημάτων 3^{ης} γενιάς. Για παράδειγμα το μεγαλύτερο εύρος ζώνης της τάξης των **5MHz** χρειάζεται για να υποστηρίξει υψηλότερους ρυθμούς.

Η ποικιλία εκπομπής περιλαμβάνεται στο **WCDMA** για να βελτιώσει τη **downlink** ικανότητα έτσι ώστε να υποστηρίζει και απαιτήσεις ανάμεσα στο **downlink** και το **uplink**. Η ποικιλία εκπομπής δεν υποστηρίζεται στα συστήματα 2^{ης} γενιάς. Η μίξη διαφορετικών ρυθμών, υπηρεσιών και απαιτήσεων ποιότητας στα 3^{ης} γενιάς συστήματα απαιτεί αναβαθμισμένους αλγόριθμους για τη διαχείριση ραδιο-πόρων (**advanced radio resource management algorithms**), ώστε να εγγυηθεί η ποιότητα των υπηρεσιών και να μεγιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος. Ακόμη, εφισταμένη υποστήριξη των μη πραγματικού χρόνου πακέτων δεδομένων (**non-real-time packet data**) είναι σημαντική για τις νέες υπηρεσίες.

	WCDMA	GSM
Carrier spacing	5 MHz	200 kHz
Frequency reuse factor	1	1-18
Power control frequency	1500 Hz	2 Hz or lower
Quality control	Radio resource management algorithms	Network planning (frequency planning)
Frequency diversity	5 MHz bandwidth gives multipath diversity with Rake receiver	Frequency hopping
Packet data	Load-based packet scheduling	Time slot based scheduling with GPRS
Downlink transmit diversity	Supported for improving downlink capacity	Not supported by the standard, but can be applied

Πίνακας 2.1: Κύριες διαφορές ανάμεσα σε WCDMA και GSM air interfaces

	WCDMA	IS-95
Carrier spacing	5 MHz	1.25 MHz
Chip rate	3.84 Mcps	1.2288 Mcps
Power control frequency	1500 Hz, both uplink and downlink	Uplink: 800 Hz, downlink: slow power control
Base station synchronisation	Not needed	Yes, typically obtained via GPS
Inter-frequency handovers	Yes, measurements with slotted mode	Possible, but measurement method not specified
Efficient radio resource management algorithms	Yes, provides required quality of service	Not needed for speech only networks
Packet data	Load-based packet scheduling	Packet data transmitted as short circuit switched calls
Downlink transmit diversity	Supported for improving downlink capacity	Not supported by the standard

Πίνακας 2.2: Κύριες διαφορές ανάμεσα σε WCDMA και IS-95 air interfaces

Οι κύριες διαφορές ανάμεσα στο **WCDMA** και το **IS-95** συζητούνται παρακάτω. Και οι 2, **WCDMA** και **IS-95** χρησιμοποιούν την άμεση ακολουθία **CDMA**. Ο υψηλότερος ρυθμός **chip**, της τάξεως των **3.84 Mcps** στο **WCDMA**, δίνει μεγαλύτερη πολλαπλών διαδρομών ποικιλία από τον **chip rate** της τάξεως των **1.2288 Mcps**, ειδικά σε μικρές και αστικές κυψέλες. Επιπλέον, η αυξανόμενη ποικιλία πολλαπλών διαδρομών αναβαθμίζει την κάλυψη. Όσο υψηλότερος είναι ο **chip** ρυθμός δίνει επίσης ένα υψηλότερο κέρδος ζεύξεων, ειδικά για υψηλούς ρυθμούς δεδομένων παρά τα στενής ζώνης 2^{15} γενιάς συστήματα.

Το **WCDMA** έχει έναν γρήγορο έλεγχο ισχύος χρησιμοποιώντας μια κλειστή επαναλαμβανόμενη διαδικασία (**fast closed-loop power control**) και στο **uplink** και στο **downlink**, ενώ το **IS-95** χρησιμοποιεί **fast power control** μόνο στο **uplink**. Ο **downlink fast power control** βελτιώνει την απόδοση της ζεύξης και ενισχύει τη **downlink** χωρητικότητα. Απαιτεί τις νέες λειτουργίες στον κινητό, όπως η **SIR** εκτίμηση και ο έλεγχος ισχύος με εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία (**outer loop power control**). Αυτά δεν είναι αναγκαία στα **IS-95** κινητά.

Το **IS-95** σύστημα δημιουργήθηκε κυρίως για μακρο-κυψελοειδής εφαρμογές. Οι μακρο-κυψελοειδής σταθμοί (**macro cell base stations**) βρίσκονται στους ιστούς ή τις στέγες όπου το **GPS** σήμα μπορεί εύκολα να ληφθεί. Οι **IS-95 base stations** χρειάζεται να είναι ποιο συγχρονισμένοι και αυτός ο συγχρονισμός λαμβάνεται χαρακτηριστικά μέσω του **GPS**. Η ανάγκη ενός **GPS** σήματος κάνει την επέκταση του συστήματος εσωτερικά και στις μικρο-κυψέλες πιο προβληματική, αφού η λήψη του **GPS** σήματος είναι δύσκολη χωρίς τη σύνδεση του **GPS** με τους δορυφόρους. Επομένως, το **WCDMA** σχεδιάστηκε για να λειτουργεί με ασύγχρονους **base stations** όπου κανένας συγχρονισμός **GPS** δεν είναι αναγκαίος. Οι ασύγχρονοι **base stations** κάνουν το **WCDMA handover** ελαφρός διαφορετικό από αυτό του **IS-95**.

Τα εσωτερικής συχνότητας (**inter-frequency**) **handovers** θεωρούνται σημαντικά μέσα στο **WCDMA**, αφού μεγιστοποιούν τη χρήση ορισμένων φερόντων ανά **base station**. Στο **IS-95** οι **inter-frequency** μετρήσεις δε διευκρινίζονται και έτσι γίνονται τα **inter-frequency handovers** πιο δύσκολα.

Η πείρα στα 2^{15} γενιάς **air interfaces** έδειξε ότι είναι σημαντικό στην ανάπτυξη των 3^{15} γενιάς **interfaces** αλλά υπάρχουν πολλές διαφορές, όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω. Προκειμένου να γίνει η πληρέστερη χρήση των ικανοτήτων του **WCDMA**, χρειάζεται βαθιά κατανόηση της **WCDMA air interface** από το φυσικό επίπεδο (**physical layer**) προς το σχεδιασμό του δικτύου (**network planning**) και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.

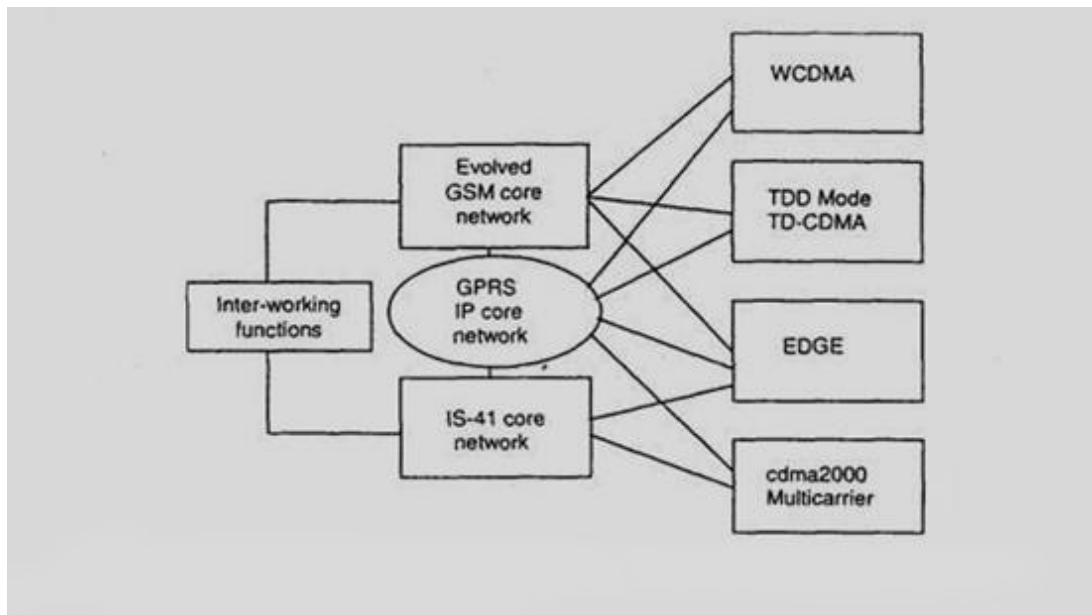
2.5 Core Networks (Κεντρικά Δίκτυα)

Υπάρχουν 3 βασικές λύσεις για το **core network**, σε ποια **WCDMA** ραδιο-δίκτυα πρόσβασης (**WCDMA radio access networks**), μπορεί να συνδεθεί. Η βάση των 2^{15} γενιάς συστημάτων στηρίζεται είτε στο **GSM core network**, είτε

βασίζεται στο **IS-41**. Και τα 2 θα είναι φυσικά σημαντικές επιλογές στα 3^{ης} γενιάς συστήματα. Μια αναδυόμενη εναλλακτική λύση είναι το **GPRS** με ένα **core network** βασισμένο εξ' ολοκλήρου στις **IP** διευθύνσεις. Οι κυρίως τυπικές συνδέσεις ανάμεσα στα **core networks** και στις **air interfaces** εικονίζονται στο σχήμα 2.4. Άλλες συνδέσεις είναι επίσης πιθανές και αναμένεται να εμφανιστούν στα φόρουμ τυποποίησης σε εύθετο χρόνο.

Οι ανάγκες αγοράς θα καθορίσουν ποιοι συνδυασμοί θα χρησιμοποιηθούν από τους χειριστές. Αναμένεται ότι θα παραμείνουν οι χρήστες με το 2^{ης} γενιάς **core network** για υπηρεσίες φωνής και θα προσθέσουν έπειτα τις νέες λειτουργίες μαζί με τις άλλες. Αργότερα θα είναι δυνατόν τα **core networks** να βασίζονται εξ' ολοκλήρου στις **IP** διευθύνσεις για όλες τις υπηρεσίες.

Λόγω των διαφορετικών τεχνολογιών και των κατανομών συχνότητας, η παγκόσμια περιπλάνηση (**roaming**) θα συνεχίσει να απαιτεί τις συγκεκριμένες ρυθμίσεις μεταξύ των χειριστών, τέτοιες όπως η πολύτροπή (**multi-mode**) και πολλαπλών ζωνών (**multi-band**) πυλών μικροτηλεφώνων, μεταξύ των διαφορετικών **core networks**. Στον τελικό χρήστη οι ρυθμίσεις χειριστών δεν θα είναι ορατές και τα τερματικά που αφορούν την παγκόσμια περιπλάνηση (**roaming**), θα προκύψουν μάλλον για εκείνους τους καταναλωτές που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν για την παγκόσμια αυτή υπηρεσία.



Σχήμα 2.4: Κεντρικό δίκτυο σχετιζόμενο με άλλα εναλλακτικά air interfaces 3^{ης} γενιάς

3. Εισαγωγή στο WCDMA

3.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο εισάγει τις αρχές της αερο-διασύνδεσης (**air interface**) (διασύνδεσης που συμβαίνει στον αέρα) του **WCDMA**. Η ιδιαίτερη προσοχή εφιστάται σε εκείνα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, τα οποία διαφοροποιούν το **WCDMA** από το **GSM** και από το **IS-95**. Οι κύριες παράμετροι του φυσικού επιπέδου (**layer**) του **WCDMA** παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.2. Η έννοια της διάδοσης (**spreading**) και της ανάκτησης (**despreading**) περιγράφεται στην παράγραφο 3.3, ακολουθούμενη από μια παρουσίαση του ραδιο-καναλιού πολλαπλών διαδρομών και της κλίσεως του δέκτη στην παράγραφο 3.4. Άλλα βασικά στοιχεία της **air interface** του **WCDMA** που παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο είναι η ισχύς, το **soft** και **softer handover** (μαλακή και μαλακότερη μεταπομπή). Η ανάγκη για (καλύτερη) ισχύ και η υλοποίησή της, περιγράφονται στην παράγραφο 3.5, και το **soft** και **softer handover** στην παράγραφο 3.6.

3.2 Περίληψη των βασικών παραμέτρων του WCDMA

Παρουσιάζουμε τις βασικές παραμέτρους σχεδίασης του **WCDMA** σε αυτή την παράγραφο και δίνουμε μια αναφορά με εξηγήσεις για τις περισσότερες από αυτές. Ο πίνακας 3.1 περιληπτικά δείχνει τις βασικές παραμέτρους που

σχετίζονται με την **air interface** του **WCDMA**. Εδώ ασχολούμαστε περισσότερο με κάποια από τα αντικείμενα που χαρακτηρίζουν το **WCDMA**.

- Το **WCDMA** είναι ένα σύστημα ευρείας ζώνης και πολλαπλής πρόσβασης που χρησιμοποιεί μια άμεση ακολουθία διαιρεμένου κώδικα (**a wideband Direct-Sequence Code Division Multiple Access (DS CDMA)**), δηλαδή τα **bits** ενημέρωσης του χρήστη διαχέονται σε μεγάλο εύρος ζώνης πολλαπλασιαζόμενα με ημι-τυχαία **bits**, τα οποία ονομάζονται **chips** και έχουν προέλθει από **CDMA** εκπεμπόμενους κώδικες. Για το λόγο ότι πρέπει να υποστηρίζονται πολύ υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων (πάνω από **2 Mbps**), η χρήση, στις συνδέσεις πολλαπλών κωδίκων, μεταβλητών σταθερών όρων που διαχέονται υποστηρίζεται. Ένα παράδειγμα αυτής της «συμφωνίας» παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1.
- Ο ρυθμός του **chip**, ο οποίος χρησιμοποιείται και είναι της τάξεως των **3.84 Mcps** και δίνει ένα εύρος ζώνης φέροντος περίπου **5 MHz**. Τα **DS-CDMA** συστήματα με εύρος ζώνης της τάξεως του **1 MHz**, όπως είναι και το **IS-95** αναφέρονται συνήθως ως περιορισμένης ζώνης **CDMA** συστήματα. Το εγγενές πλάτος του εύρους ζώνης του φέροντος του **WCDMA** υποστηρίζει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων του χρήστη και ακόμη έχει και συγκεκριμένα πλεονεκτήματα στην απόδοση, όπως είναι η αύξηση της ποικιλίας των πολλαπλών διαδρομών. Με βάση την άδεια λειτουργίας, ο χειριστής του δικτύου μπορεί να αναπτύξει πολλαπλά φέροντα όπως είναι αυτά των **5 MHz** έτσι ώστε να αυξήσει τη χωρητικότητα, ειδικά στην περίπτωση των ιεραρχικά δομημένων κυψελωτών επιπέδων (στρωμάτων). Το σχήμα 3.1 επίσης δείχνει αυτό το χαρακτηριστικό. Η πραγματική απόσταση των φερόντων μπορεί να διαλεχτεί έτσι ώστε να είναι σε ένα πλέγμα των **200 kHz** και κατά προσέγγιση, στα **4.4 MHz** με **5 MHz**, ανάλογα με την αλληλοπαρεμβολή των φερόντων.
- Το **WCDMA** υποστηρίζει υψηλούς και μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων του χρήστη. Με άλλα λόγια η σκέψη από τη λήψη Εύρους Ζώνης μετά κατά Απαίτηση (**Bandwidth on Demand (BoD)**) υποστηρίζεται καλά. Σε κάθε χρήστη είναι διατεθειμένα πλαίσια διάρκειας **10ms**, κατά τη διάρκεια των οποίων ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων του χρήστη διατηρείται σταθερός. Επομένως η χωρητικότητα για τη διατήρηση των δεδομένων του χρήστη μπορεί να αλλάξει από πλαίσιο σε πλαίσιο. Το σχήμα 3.1 επίσης δείχνει ένα παράδειγμα αυτού του χαρακτηριστικού. Αυτή η γρήγορη ραδιο-κατανομή ελέγχεται από το δίκτυο έτσι ώστε να επιτευχθεί βέλτιστη απόδοση στην παροχή υπηρεσιών πακέτων.
- Το **WCDMA** υποστηρίζει 2 βασικούς τρόπους λειτουργίας: α) τον Διπλό Διαχωρισμό στη Συχνότητα (**Frequency Division Duplex (FDD)**) και β) τον Διπλό Διαχωρισμό στο Χρόνο (**Time Division Duplex (TDD)**). Στον **FDD** τρόπο, ξεχωριστές συχνότητες φέροντος των **5 MHz**

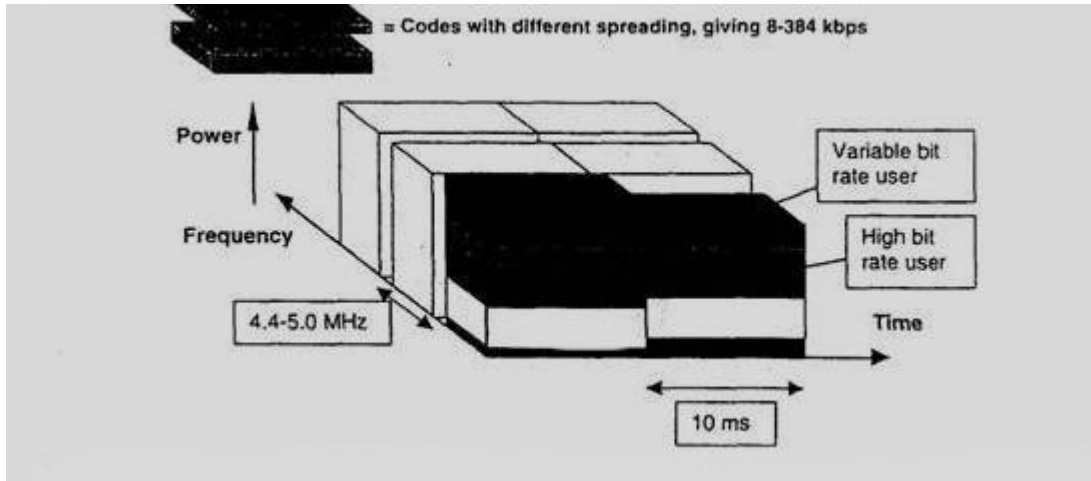
χρησιμοποιούνται για την «άνω ζεύξη» (“**uplink**”) και την «κάτω ζεύξη» (“**downlink**”) αντίστοιχα, ενώ στον **TDD** τρόπο μόνο μία των **5 MHz** μοιράζεται στο χρόνο ανάμεσα στο ανέβασμα και το κατέβασμα. Με τον όρο “**downlink**” εννοούμε τη σύνδεση από το κινητό στο σταθμό αναφοράς ενώ με τον όρο “**uplink**” εννοούμε τη σύνδεση από το σταθμό αναφοράς προς το κινητό. Ο **TDD** τρόπος βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις αρχές του **FDD** τρόπου και προστέθηκε στο **WCDMA** σύστημα έτσι ώστε να το ενδυναμώσει. Επίσης προστέθηκε και για τις αταίριαστες κατανομές φάσματος του **ITU** για τα **IMT-2000** συστήματα.

- Το **WCDMA** υποστηρίζει τη λειτουργία των ασύγχρονων σταθμών αναφοράς, έτσι ώστε αντίθετα από το σύγχρονο **IS-95** σύστημα δεν υπάρχει καμία ανάγκη για μια παγκόσμια χωρική αναφορά (δηλαδή για παγκόσμια αναφορά θέσεως), όπως είναι το **GPS**. Η επέκταση σε εσωτερικού χώρου και μικροσκοπικών σταθμών αναφοράς είναι ευκολότερη όταν δεν χρειάζονται **GPS** σήματα να ληφθούν.
- Το **WCDMA** υιοθετεί το συνεχόμενο (**coherent**) εντοπισμό κατά τη διαδικασία του “**downlink**” και του “**uplink**”, ο οποίος βασίζεται στη χρήση πειραματικών συμβόλων. Όταν ήδη χρησιμοποιούνται για το “**downlink**” στο **IS-95**, η χρήση του σύμφωνου εντοπισμού κατά τη διάρκεια του “**uplink**” είναι κάτι το καινούργιο για τα δημόσια χρήσης **CDMA** συστήματα και θα οδηγήσει σε μια γενική αύξηση της κάλυψης και της ικανότητας του “**uplink**”.
- Η **WCDMA air interface** έχει κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η ανάπτυξη των αρχών του **CDMA** δέκτη, όπως ο εντοπισμός πολλαπλών χρηστών και έξυπνα προσαρμοζόμενων κεραιών, να μπορεί να αναπτυχθεί από το διαχειριστή του δικτύου σαν μια επιλογή του συστήματος για να αυξήσει τη χωρητικότητα και/ή την κάλυψη. Στα συστήματα 2^{ης} γενιάς καμία παροχή δεν έγινε για τις αρχές αυτών των δεκτών και ως αποτέλεσμα αυτού ήταν το ότι κανένας δεν ήταν εφαρμόσιμος ή μπορούσε να προστεθεί μόνο υπό αυστηρούς περιορισμούς και περιορισμένες αυξήσεις στη απόδοση.
- Το **WCDMA** σχεδιάστηκε για να αναπτυχθεί από κοινού με το **GSM**. Επομένως, οι παραδόσεις μεταξύ **GSM** και **WCDMA** υποστηρίζονται έτσι ώστε να μπορούν να δυναμώσουν την κάλυψη του **GSM**, για την εισαγωγή του στο **WCDMA**.

Multiple access method	DS-CDMA
Duplexing method	Frequency division duplex / time division duplex
Base station synchronisation	Asynchronous operation
Chip rate	3.84 Mcps
Frame length	10 ms
Service multiplexing	Multiple services with different quality of service requirements multiplexed on one connection
Multirate concept	Variable spreading factor and multicode
Detection	Coherent using pilot symbols or common pilot
Multisuser detection, smart antennas	Supported by the standard, optional in the implementation

Πίνακας 3.1: Κύριες WCDMA παράμετροι

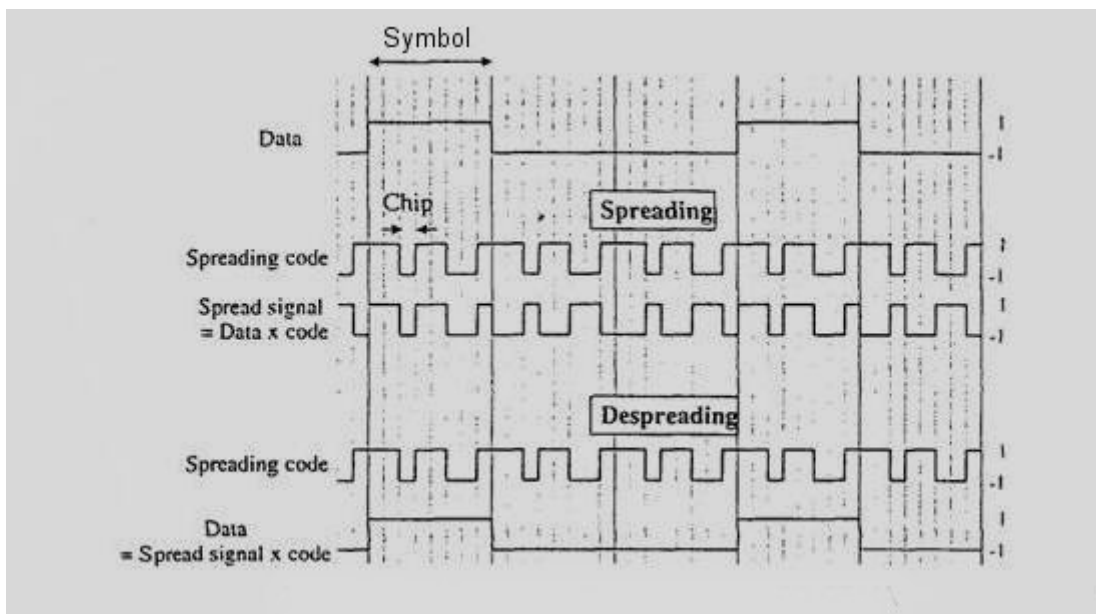
Στα παρακάτω τμήματα αυτού του θα αναφερθούμε στις γενικές αρχές της λειτουργίας του **CDMA**. Στα επόμενα κεφάλαια, οι προαναφερθείσες πτυχές του **WCDMA** θα αναλυθούν διεξοδικότερα.



Σχήμα 3.1: Κατανομή εύρους ζώνης του κώδικα στο WCDMA συναρτήσει της συχνότητας και του χρόνου

3.3 Διάδοση και ανάκτηση του κώδικα (Spreading and Despreading)

Το σχήμα 3.2 απεικονίζει τις βασικές λειτουργίες της διάδοσης και ανάκτησης του κώδικα για ένα **DS-CDMA** σύστημα.



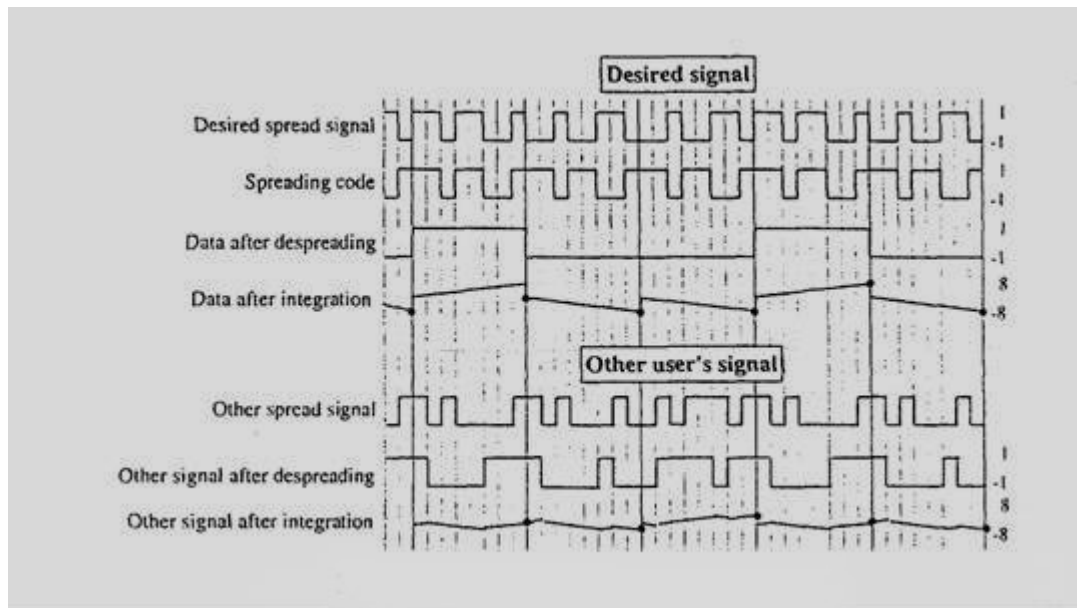
Σχήμα 3.2: Spreading και despreading στο DS-CDMA

Τα δεδομένα του χρήστη που βρίσκονται εδώ υποθέτουμε ότι είναι **BPSK**-διαμορφωμένη ακολουθία **bit**, ρυθμού **R**, και ακόμη υποθέτουμε ότι τα **bits** του χρήστη έχουν αριθμητική τιμή ± 1 . Η διαδικασία της διάδοσης σε αυτό το παράδειγμα, είναι ο πολλαπλασιασμός κάθε ενός **bit** των δεδομένων του χρήστη με μια ακολουθία από **8 bits**, τα οποία ονομάζονται **chip**. Υποθέτουμε επίσης το ίδιο και για τη **BPSK**-διαμόρφωση διάδοσης του κώδικα. Παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα των προς διάδοση δεδομένων, έχει ρυθμό $8xR$ και έχει και την ίδια τυχαία ακολουθία (σαν ψευδο-θόρυβος) και εμφανίζεται σαν διαδιδόμενος κώδικας.. Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να πούμε ότι χρησιμοποιήσαμε ένα παράγοντα διάδοσης της τάξης του **8**. Αυτό το ευρείς ζώνης σήμα μπορεί τότε να μεταδοθεί κατά μήκος ενός ασύρματου καναλιού και να ληφθεί στο τέλος..

Κατά τη διάρκεια της λήψης του κώδικα πολλαπλασιάζουμε τη διαδιδόμενη ακολουθία των δεδομένων/**chip** του χρήστη, (δεδομένο πληροφορίας ενός **bit** με \δεδομένο πληροφορίας ενός **bit**), με την ακολουθία των **8bits** που είναι τα **chips** όπως ακριβώς πράξαμε και πριν, κατά τη διάρκεια δηλαδή της διάδοσης του κώδικά μας. Όπως δείχθηκε, η πρωτότυπη ακολουθία **bit** του χρήστη έχει ανακτηθεί τέλεια, υπό τον όρο ότι έχουμε (όπως δείχνεται και στο σχήμα 3.2) επίσης τέλειο συγχρονισμό ανάμεσα στο διαδιδόμενο σήμα του χρήστη και στον λαμβανόμενο κώδικα..

Η αύξηση του ρυθμού του σήματος από έναν παράγοντα της τάξεως του **8** ανταποκρίνεται σε μια πλάτυνση (εξ' αιτίας του παράγοντα **8**) του φάσματος των δεδομένων του διαδιδόμενου σήματος του χρήστη. Λόγω αυτής της αρετής, τα **CDMA** συστήματα καλούνται και περισσότερο συστήματα διάχυσης φάσματος. Η ανάκτηση επιστρέφει εύρος ζώνης ανάλογο στο **R** για το σήμα.

Η βασική λειτουργία της συσχέτισης του δέκτη για τα συστήματα **CDMA** παρουσιάζεται στο σχήμα 3.3. Το άλλο μισό του σχήματος δείχνει την λήψη του επιθυμητού για εμάς σήματος. Όπως και στο σχήμα 3.2, παρατηρούμε τη διαδικασία ανάκτησης με ένα τέλεια συγχρονισμένο κώδικα.. Τότε η συσχέτιση του δέκτη ολοκληρώνεται (παραδείγματος χάριν προσθέτοντας) τα προκύπτοντα προϊόντα (δεδομένα x κώδικα) για κάθε ένα **bit**.



Σχήμα 3.3: Αρχές CDMA δέκτη συσχέτισης

Το υπόλοιπο μισό του σχήματος 3.3 δείχνει την επίδραση της λειτουργίας ανακτήσεως όταν προστίθεται στο **CDMA** σήμα ένας άλλος χρήστης, του οποίου το σήμα υποτίθεται ότι έχει διαδοθεί με ένα διαφορετικό κώδικα διάδοσης. Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού του παρεμβάλλοντος σήματος με τον δικό μας κώδικα και τα τελικά αποτελέσματα, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι παρεμβάλλονται διάφορα σήματα και καθυστερούν μένοντας γύρω από την τιμή **0**.

Όπως μπορεί να φανεί, το πλάτος του δικού μας σήματος αυξάνει κατά μέσο όρο με τη βοήθεια του παράγοντα **8** συγκριτικά με αυτόν του χρήστη του άλλου παρεμβαίνοντος συστήματος. Δηλαδή ο συσχετισμός ανίχνευσης αύξησε το επιθυμητό σήμα του χρήστη κατά τον συγκεκριμένο παράγοντα, στην περίπτωσή μας το **8**, από την παρούσα παρέμβαση στο **CDMA** σύστημα. Αυτή η επίδραση ονομάζεται «επεξεργασία κέρδους» (“**processing gain**”) και αποτελεί μια θεμελιώδη πτυχή όλων των **CDMA** συστημάτων και γενικά όλων των συστημάτων διάχυσης του φάσματος. Η διαδικασία της επεξεργασίας κέρδους είναι αυτή που δίνει στα **CDMA** συστήματα το πλεονέκτημα εναντίον στην αυτό-επέμβαση, η οποία είναι αναγκαία έτσι ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν οι διαθέσιμες συχνότητες φέροντος **5MHz** πέρα από τις γεωγραφικά στενές αποστάσεις. Ας δούμε ένα παράδειγμα με πραγματικές **WCDMA** παραμέτρους. Η υπηρεσία φωνής με ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων της τάξεως των **12.2 kbps** έχει επεξεργασία κέρδους $25 \text{ dB} = 10 \times \log_{10}(3.84 \times 10^6 / 12.2 \times 10^3)$. Μετά την ανάκτηση, η ισχύς του σήματος χρειάζεται να είναι τυπικά μερικά ντεσιμπέλ (**decibels**) πάνω από την παρέμβαση και την ισχύ του θορύβου. Η απαιτούμενη πυκνότητα ισχύος πέρα από την παρεμβαλλόμενη πυκνότητα ισχύος, μετά την ανάκτηση, προσδιορίζεται ως ο λόγος E_b/N_o σε αυτό το βιβλίο, όπου E_b είναι η ενέργεια ή η ισχύς, για κάθε **bit** του χρήστη και όπου N_o είναι η παρεμβολή, δηλαδή η ισχύς του θορύβου. Για την υπηρεσία φωνής το κλάσμα E_b/N_o είναι τυπικά στη

τιμή των 5.0 dB, και η απαιτούμενη αναλογία ευρείας ζώνης σήματος-με-παρεμβολή (**Signal-to-Interference**) είναι επομένως 5.0db μείον την επεξεργασία κέρδους = -20.0db. Με άλλα λόγια, η ισχύς του σήματος μπορεί να είναι 20db λιγότερα της παρεμβολής ή του θερμικού θορύβου, και ο **WCDMA** δέκτης μπορεί ακόμη να εντοπίζει το σήμα. Η ευρείας ζώνης σήματος-με-παρεμβολή αναλογία, μπορεί επίσης να αναφέρεται και ως αναλογία φέροντος-με-παρεμβολή και συμβολίζεται με λόγο C/I . Λόγω της διάδοσης και της ανάκτησης, ο λόγος C/I μπορεί να είναι μικρότερος στο **WCDMA** απ' ό τι στο **GSM**. Μιας καλής ποιότητας σύνδεση φωνής απαιτεί λόγο $C/I = 9/12$ dB.

Από τότε που τα ευρείας ζώνης σήματα μπορούν να είναι κάτω από το επίπεδο του θορύβου, ο εντοπισμός τους είναι δύσκολος χωρίς τη γνώση της ακολουθίας διαχύσεως. Γι' αυτόν το λόγο, τα συστήματα διάχυσης του φάσματος οφείλουν την προέλευσή τους στις στρατιωτικές εφαρμογές, όπου η ευρείας ζώνης φύση των σημάτων επιτρέπει σε αυτά να παραμένουν κρυμμένα κάτω από τον πανταχού παρόντα θερμικό θόρυβο.

Ας σημειωθεί ότι για οποιοδήποτε, δεδομένο, εύρος ζώνης καναλιού (**chip rate**) θα έχουμε καλύτερη επεξεργασία κέρδους για ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων υψηλούς παρά για χαμηλούς. Ειδικότερα, για ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων χρήστη, της τάξεως των 2 Mbps, η επεξεργασία κέρδους είναι μικρότερη από 2 (= $3.84 \text{ Mcps} / 2 \text{ Mbps} = 1.92$ που αντιστοιχεί σε 2.8 dB) και έτσι ένα μέρος της ομοιομορφίας της κυματομορφής του **WCDMA** ενάντια στην παρεμβολή συμβιβάζεται.

Και οι 2 σταθμοί αναφοράς (**base stations**) όπως και τα κινητά στο **WCDMA** χρησιμοποιούν απαραίτητως αυτό τον τύπο του συσχετιζόμενου δέκτη. Εντούτοις, λόγω της διασποράς σε πολλαπλές κατευθύνσεις (και πιθανότατα, λόγω των πολλαπλών κεραιών δέκτη), είναι αναγκαίο να χρησιμοποιήσουμε πολλαπλούς συσχετιζόμενους δέκτες έτσι ώστε να ανακτήσουμε την ενέργεια από όλες τις διαδρομές (λόγω της διασποράς) και/ή από όλες τις κεραιές. Έτσι ο συσχετισμός αυτός από συνεργαζόμενους δέκτες που ονομάζονται «δάχτυλα» ("**fingers**") είναι αυτό που χαρακτηρίζει τον δέκτη **CDMA Rake**. Πριν αναφερθούμε με περισσότερες λεπτομέρειες, θα κάνουμε μερικές τελικές παρατηρήσεις σχετικά με τη μετατροπή της διαδικασίας διάδοσης/ανάκτησης όταν χρησιμοποιούνται σε ασύρματα συστήματα.

Είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι η διαδικασία διάδοσης/ανάκτησης δεν παρέχει, από μόνη της, καμία αύξηση στο σήμα στις ασύρματες εφαρμογές. Πράγματι, με τη διαδικασία κέρδους αυξάνεται το εύρος ζώνης για την εκπομπή (σε συνάρτηση με το ποσό που έχουμε από τη διαδικασία κέρδους).

Όλα τα οφέλη από το **WCDMA** δεν προέρχονται άμεσα αλλά έμμεσα, δηλαδή εξ' αιτίας των ιδιοτήτων των σημάτων ευρείας ζώνης, όταν αυτά εξετάζονται στο επίπεδο του συστήματος παρά στο επίπεδο μιας μεμονωμένης ραδιοφωνικής σύνδεσης:

1. Η διαδικασία του κέρδους, μαζί με την ευρείας ζώνης φύση, συνιστούν επαναχρησιμοποίηση συχνότητας του 1 ανάμεσα σε διαφορετικές κυψέλες ενός ασύρματου συστήματος.(δηλαδή μια συχνότητα

χρησιμοποιείται σε κάθε μια κυψέλη / τομέα). Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λάβουμε υψηλή φασματική απόδοση.

2. Έχοντας πολλούς συνδρομητές που μοιράζονται την ίδια ευρεία ζώνη συχνοτήτων του φέροντός τους για τις επικοινωνίες τους, παρουσιάζεται ποικιλομορφία παρεμβολών. Δηλαδή η πολλαπλή πρόσβαση σε κάτι, ταλαιπωρείται από τις παρεμβολές των συστημάτων των χρηστών, όπως έχει υπολογιστεί κατά μέσο όρο. Αυτό μας ωθεί στη σύγκριση των δυνατοτήτων των συστημάτων και στο σχεδιασμό ενός για τη χειρότερη περίπτωση παρεμβολής.
3. Παρόλ' αυτά, και τα δυο από τα παραπάνω προνόμια απαιτούν τη χρήση εντατικού ελέγχου ισχύος και προσεκτικό χειρισμό έτσι ώστε να αποφευχθεί το μπλοκάρισμα στην επικοινωνία, του σήματος του ενός χρήστη, με το σήμα του άλλου. Ο έλεγχος ισχύος και ο ειδικός προσεκτικός χειρισμός θα παρουσιαστεί αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.
4. Σε ένα σήμα με υψηλό εύρος ζώνης, οι διαφορετικές πορείες διάδοσης ενός ασύρματου ραδιο-σήματος, μπορούν να βρεθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι τα σήματα σε ένα χαμηλότερο εύρος ζώνης. Αυτά τα υψηλής ακρίβειας αποτελέσματα δείχνουν ένα υψηλότερο περιεχόμενο ποικιλομορφίας ενάντια στην εξασθένιση, και τη βελτιωμένη απόδοση.

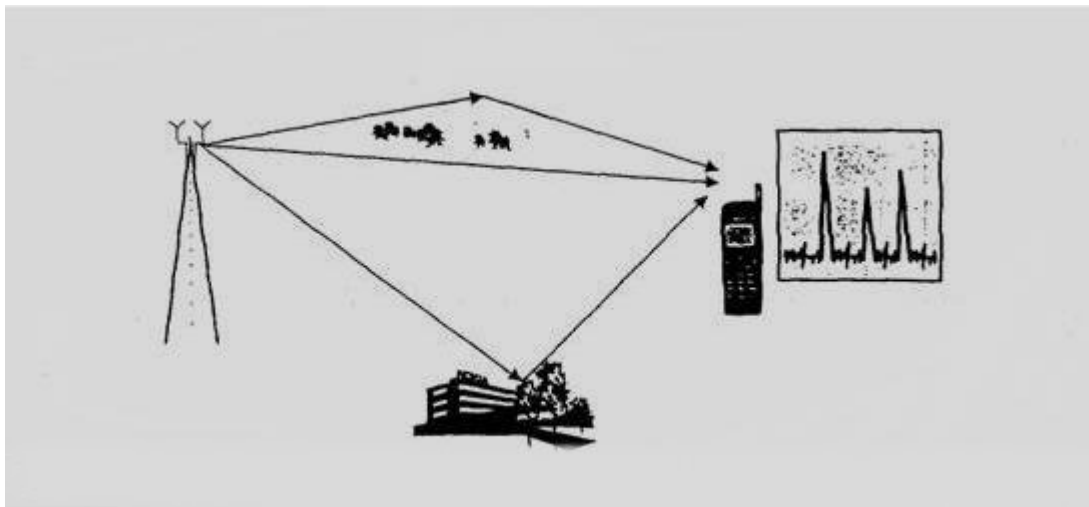
3.4 Ραδιο-κανάλια (Radio channels) πολλαπλών διαδρομών και Rake Reception

Η ραδιο-διάδοση / διασπορά στο χώρο του καναλιού του κινητού, χαρακτηρίζεται από τις πολλαπλές ανακλάσεις, διαθλάσεις και μείωση της ενέργειας του σήματος. Αυτές προκαλούνται από φυσικά αίτια όπως τα κτίρια, τα βουνά / λόφοι κ.α με συνέπεια την αποκαλούμενη «πολλαπλών δρόμων διάδοση / διασπορά». Υπάρχουν δύο αποτελέσματα στα οποία οφείλεται το παραπάνω όνομα και θα μας απασχολήσουν σε αυτό τον τομέα του βιβλίου:

1. Η ενέργεια του σήματος (να αναφέρεται, παραδείγματος χάριν, σε ένα μόνο **chip** μιας **CDMA** κυματομορφής) μπορεί να φτάσει στον δέκτη σε διακριτές χρονικές στιγμές. Η ενέργεια που κατέφτασε μαζί του «είναι λερωμένη» σε ένα πολλαπλών διαδρομών καθυστερημένο προφίλ (δηλαδή είναι, λόγω της διασποράς στο χώρο του καναλιού, χωρισμένη): κοιτάξτε το σχήμα 3.4. Δηλαδή, το καθυστερημένο προφίλ, εκτείνεται τυπικά από το 1 έως 2μs στις αστικές και προαστιακές περιοχές, παρόλο' αυτά σε ορισμένες περιπτώσεις καθυστέρησης όπως 20μs ή περισσότερο με ασήμαντη ενέργεια σήματος, παρατηρήθηκαν σε λοφώδεις περιοχές. Η διάρκεια του **chip** στα 3.84 Mcps είναι 0.26 μs. Εάν η χρονική διαφορά των συστατικών των πολλαπλών διαδρομών είναι το λιγότερο 0.26 μs, ο **WCDMA** δέκτης μπορεί να διαχωρίσει τα συστατικά (τα χαρακτηριστικά δηλαδή), των πολλαπλών διαδρομών και να τα συνδυάσει αρμονικά, έτσι ώστε να λάβει συνολικά την ποικιλία των πολλαπλών διαδρομών. Η καθυστέρηση 0.26 μs μπορεί να επιτευχθεί αν η διαφορά στα μήκη

πορειών είναι το λιγότερο 78 m (= ταχύτητα του φωτός /ρυθμός μετάδοσης των **chip** = $3.0 \cdot 10^8$ m (1/s) / (3.84 Mcps)). Με ρυθμό διάδοσης για το chip της τάξεως του 1 Mcps η διαφορά στα μήκη των πορειών των συστατικών των πολλαπλών διαδρομών πρέπει να είναι περίπου 300m, η οποία δεν μπορεί να συμπεριληφθεί σε μικρές κυψέλες. Επομένως, είναι απλό να καταλάβουμε ότι τα 5 MHz **WCDMA** μπορούν να εξασφαλίσουν ποικιλία πολλαπλών διαδρομών σε μικρές κυψέλες, πράγμα το οποίο δεν ήταν εφικτό στο **IS-95**.

2. Επίσης, για μια ορισμένη θέση χρονικής καθυστέρησης, υπάρχουν συνήθως πολλά μονοπάτια κοντά, ισοδύναμα στο μήκος, με το οποίο το ραδιο-σήμα μπορεί να ταξιδέψει. Για παράδειγμα, μονοπάτια που έχουν διαφορά μήκους της τάξεως της μισής κυματομορφής, (σε 2 GHz είναι περίπου 7cm) φθάνουν ουσιαστικά στην ίδια στιγμή, όταν συγκριθούν με τη διάρκεια που κάνει ένα μόνο **chip**, η οποία είναι 78 m σε 3.84 Mcps. Ως αποτέλεσμα, ακυρώνονται σήματα-αυτό ονομάζεται «γρήγορη απόσβεση»- και λαμβάνει χώρα καθώς ο δέκτης κινείται, ακόμη και σε κοντινές διαστάσεις. Η ακύρωση σημάτων γίνεται καλύτερα αντιληπτή, σε μια πρόσθεση διαφόρων φάσεων, οι οποίες δείχνουν τη μετατόπιση φάσης (συνήθως πρόκειται για ένα ακέραιο υπόλοιπο μιας ραδιο-κυματομορφής) και μείωση μιας ορισμένης πορείας σε μια ορισμένη χρονική στιγμή.

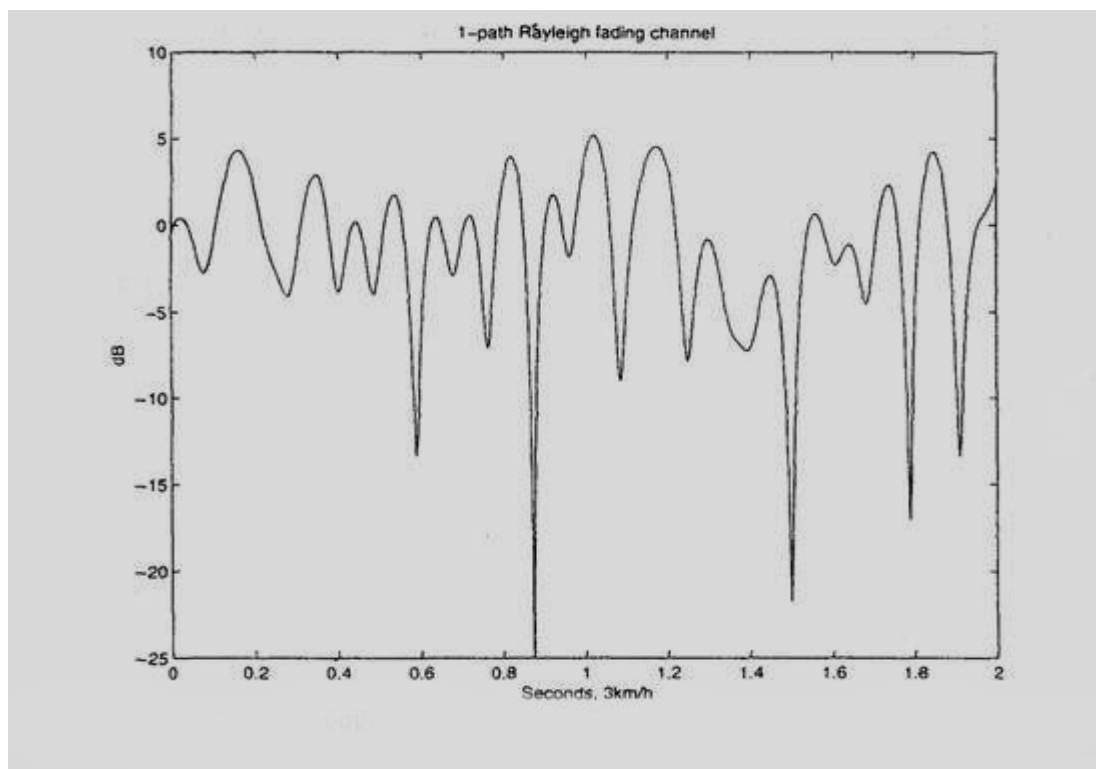


Σχήμα 3.4: Η πολλαπλή διασπορά μας οδηγεί σε μια κατάσταση πολλαπλής καθυστέρησης

Το σχήμα 3.5 μας παρουσιάζει ένα υποδειγματικό αντίγραφο «γρήγορης απόσβεσης» όπως μπορεί να διακριθεί, για την καταφθάνουσα ενέργεια του σήματος, σε μια ιδιαίτερη θέση καθυστέρησης, καθώς δέκτης κινείται. Παρατηρούμε ότι το σήμα που λαμβάνεται μπορεί να πέσει δραστικά (κατά 20-30 dB) όταν βρισκόμαστε στη φάση ακύρωσης των πολλαπλών αντανakλάσεων. Εξ' αιτίας της θεμελιώδης γεωμετρίας εμφανίζονται τα φαινόμενα σβήσιματος και διασποράς. Ακυρώσεις σημάτων οφειλόμενες στο γρήγορο σβήσιμο συμβαίνουν όταν ορισμένες εντολές σημαντικής

σπουδαιότητας, συμβαίνουν πιο ελεύθερα από τις αλλαγές στο μέσο όρο, όπως δείχνει και το σχεδιάγραμμα της καθυστέρησης των πολλαπλών διαδρομών. Οι στατιστικές για την ενέργεια του σήματος που λαμβάνεται για ένα πολύ μικρό διάστημα κατά μέσο όρο είναι, συνήθως καλά περιγραμμένες, από την κατανομή **Rayleigh**: Σχήμα 3.5. Αυτές οι αποσβέσεις (τα «γρήγορα σβησίματα», δηλαδή) κάνουν πολύ δύσκολα μια λανθασμένη επιλογή των **bits** των δεδομένων και αντίμετρα είναι αναγκαία για το **WCDMA**. Τα αντίμετρα εναντίον της αποσβέσεως στο **WCDMA** παρουσιάζονται παρακάτω.

1. Η καθυστερούμενη προς διάδοση ενέργεια συνδυάζεται χρησιμοποιώντας τα πολλαπλά δάχτυλα, τα οποία έχουν σχήμα τσουγκράνας, (δηλαδή τους συσχετιζόμενους / συνεργαζόμενους δέκτες) τοποθετώντας τους σε αυτές τις θέσεις που η σημαντική ενέργεια αργεί να φθάσει.
2. Ο γρήγορος έλεγχος ισχύος και η γρήγορη υποδοχή της ποικιλίας (των σημάτων) του **Rake receiver**, χρησιμοποιούνται για να μετριαστεί το πρόβλημα της απώλειας του σήματος ισχύος.
3. Ισχυρή κωδικοποίηση, δημιουργία νέων στρωμάτων και πρωτόκολλα επανεκπομπής, χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να προστεθεί πλεονασμός και περισσότερος χρόνος στο σήμα, γιατί με αυτόν τον τρόπο βοηθούμε τον δέκτη να συνέλθει από τα λάθη (τις αποσβέσεις / τα βυθίσματα δηλαδή), τα οποία παρουσιάζονται κατά την λήψη των **bits** του χρήστη.

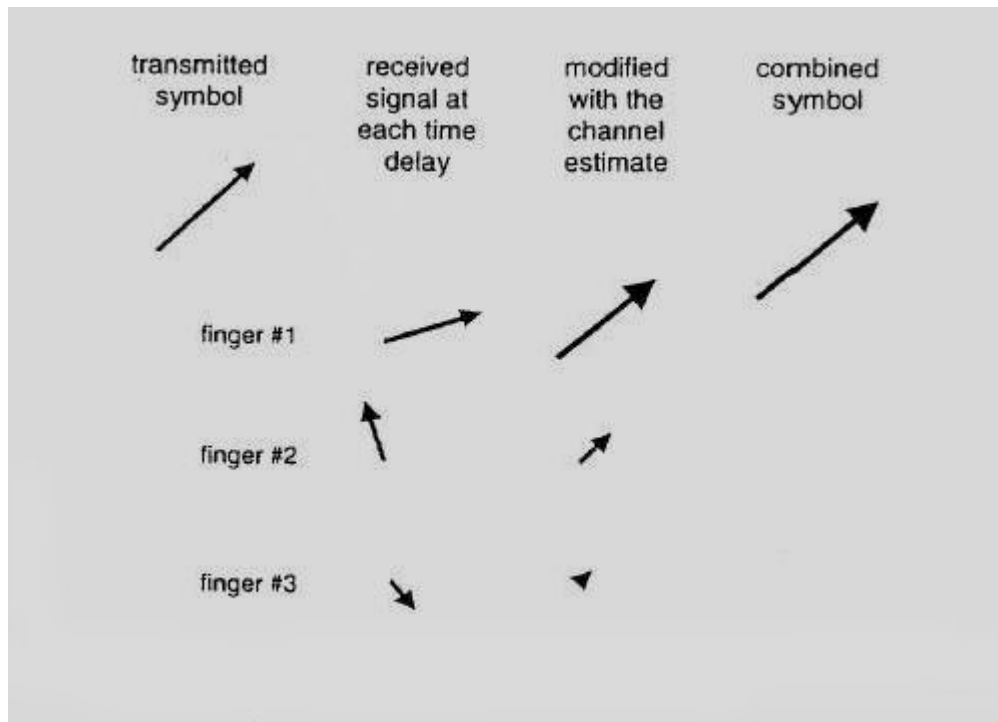


Σχήμα 3.5: Η γρήγορη απόσβεση που μοιάζει με την κατανομή Rayleigh, προκαλείται από την πολλαπλή διασπορά του σήματος

Η δυναμική της ραδιο-διασποράς προτείνει τις παρακάτω αρχές για την υποδοχή του **CDMA** σήματος:

1. Αναγνωρίζουμε τις θέσεις της χρονικής καθυστέρησης, στις οποίες η σπουδαία ενέργεια άρχεται και τοποθετούμε τους συσχετιζόμενους δέκτες, παραδείγματος χάριν τους, **Rake receivers**, σε αυτές τις κορυφές. Το πλέγμα μέτρησης για την απόκτηση του σχεδιαγράμματος καθυστέρησης πολλαπλών διαδρομών έχει διάρκεια ενός **chip** (τυπικά με το εύρος της διάρκειας $1/4 - 1/2$ **chip**) με ένα ρυθμό ανανέωσης της ταχύτητας, της τάξεως μερικών δεκάδων ms.
2. Μέσα σε κάθε συσχετιζόμενο δέκτη, ακολουθούμε τη γρήγορα-μεταβαλλόμενη φάση και τη δημιουργία τιμών εύρους από τη διαδικασία της γρήγορης απόσβεσης / βυθίσματος (**fast fading process**) και τις απαλείφουμε. Αυτή η διαδικασία εντοπισμού θα πρέπει να είναι πολύ γρήγορη, με ένα ρυθμό ανανέωσης της ταχύτητας, της τάξεως του 1 ms ή λιγότερου.
3. Συνδυάζουμε τα αποδιαμορφωμένα και ρυθμιζόμενα ανάλογα με τη φάση σύμβολα στα ενεργά δάχτυλα (δηλαδή στα **Rake fingers**) και τα προωθούμε στον αποκωδικοποιητή για περισσότερη επεξεργασία.

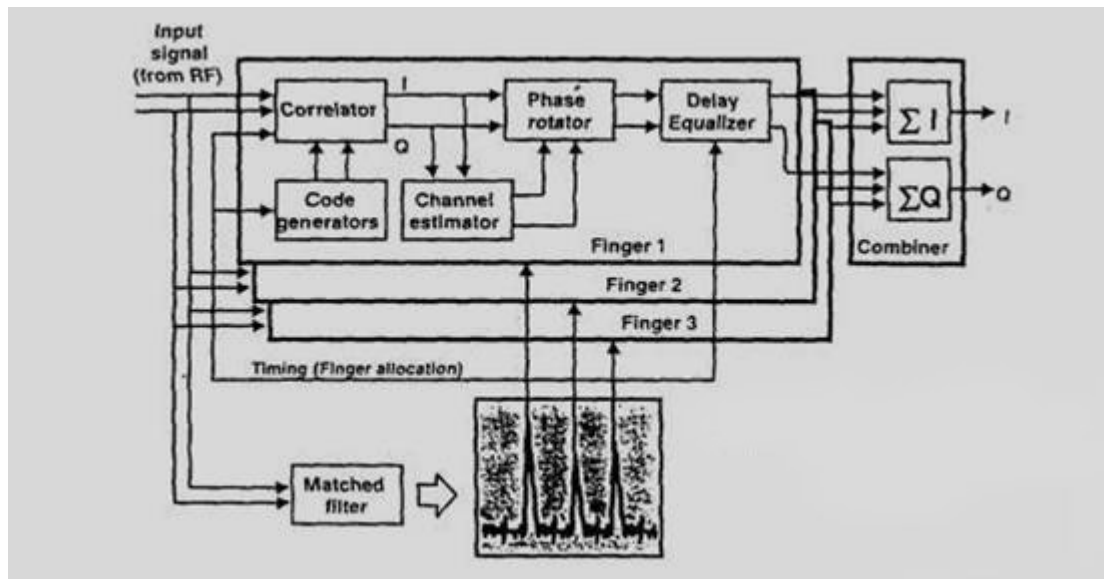
Το σχήμα Γ.6 επεξηγεί τα σημεία 2 και 3 απεικονίζοντας διαμορφωμένα σύμβολα (**BPSK** ή **QPSK**) το ίδιο καλά όπως το υποδειγματικό σύνολο καναλιών (**instantaneous channel state**) σαν ένα καλοζυγισμένο σύμπλεγμα φάσορων. Για να διευκολύνουμε το σημείο 2, το **WCDMA** χρησιμοποιεί γνωστά πιλοτικά σύμβολα, τα οποία χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν το **instantaneous channel state** να ηχήσει (βάση της τιμής του ζυγισμένου φάσορα) για ένα συγκεκριμένο δάχτυλο (**Rake finger**). Τότε το ληφθέν σύμβολο γυρίζει πίσω, έτσι ώστε να ακυρώσει την περιστροφή που προκαλείται από το κανάλι. Τέτοια σύμβολα σε κανάλια που δρουν ως αντίμετρα, μπορούν να συμπεριληφθούν, προστιθέμενα μαζί, για να ανακτηθεί με τη βοήθειά τους η χαμένη ενέργεια στα σημεία καθυστέρησης. Αυτή η διαδικασία επίσης ονομάζεται Ανώτατη Συνδυαστική Αναλογία (**Maximal Ratio Combining (MRC)**).



Σχήμα 3.6: Αρχές της maximal ratio combining (μέγιστης συνδυαστικής αναλογίας) εντός του WCDMA Rake δέκτη

Το σχήμα 3.7 δείχνει ένα μπλοκ διάγραμμα ενός **Rake receiver** με 3 δάχτυλα (= κεραίες), σε συνδυασμό με τις αναφερθείσες αρχές. Ψηφιοποιημένα δείγματα εισόδου λαμβάνονται από την **RF front-end circuitry** στη μορφή των **I** και **Q** κλάδων (δηλαδή στο σύμπλεγμα του χαμηλού-αριθμού περάσματος). Οι γεννήτριες κωδίκων και συσχετισμού ανακτούν και μετατρέπουν τα δεδομένα του χρήστη σε σύμβολα. Ο εκτιμητής του καναλιού χρησιμοποιεί πιλοτικά σύμβολα για να εκτιμήσει την κατάσταση που βρίσκεται το κανάλι, το οποίο με τη σειρά του τότε, θα απομακρύνει από τον περιστροφέα της φάσης, τα ληφθέντα σύμβολα. Η καθυστέρηση αντισταθμίζει τη διαφορά στους χρόνους άφιξης των συμβόλων σε κάθε δάχτυλο. Ο **Rake** συνδυαστής προσθέτει τότε τα σύμβολα από τα κανάλια αντιστάθμισης. Έτσι με αυτό τον τρόπο παρέχει ποικιλία διαδρόμων ενάντια στο **fading**. Ακόμη παρουσιάζεται, ένα φίλτρο που χρησιμοποιείται για ανάκληση και ανανέωση του τρέχοντος προφίλ καθυστέρησης πολλαπλών διαδρόμων του καναλιού. Αυτό μετρά και υπολογίζει κατά μέσο όρο ενδεχομένως την καθυστέρηση που οφείλεται στους πολλαπλούς διαδρόμους και χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τους **Rake fingers** σε μεγαλύτερες κορυφές.

Στις χαρακτηριστικές εφαρμογές του **Rake receiver** -η επεξεργασία του ποσοστού του **chip** γίνεται σε **ASICs** (συσχέτιστης, γεννήτορας κώδικα, αντιστοιχούμενου φίλτρο)- η διαδικασία συμβόλου-επιπέδου (εκτιμητής καναλιού, περιστροφέας φάσης, συνδυαστής) καθίσταται υλοποιήσιμη από ένα **DSP**. Αν εξαιρέσουμε ορισμένες διαφορές που υπάρχουν μεταξύ του **WCDMA Rake receiver** στο κινητό και του **base station**, όλες οι βασικές αρχές είναι οι ίδιες.



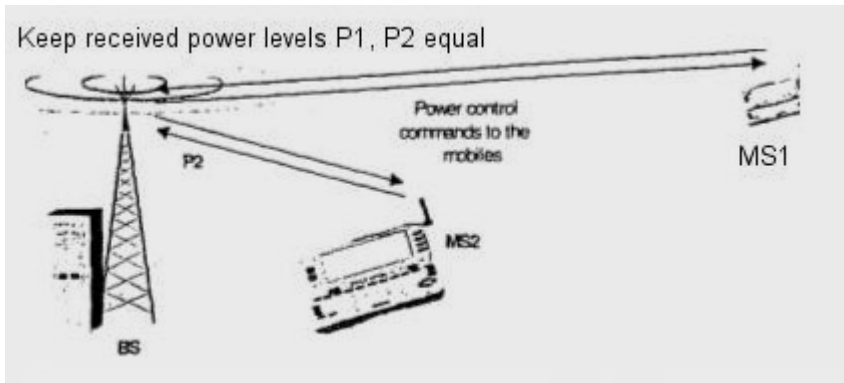
Σχήμα 3.7: Μπλοκ διάγραμμα ενός WCDMA Rake δέκτη

Τέλος, παρατηρούμε ότι οι πολλαπλές κεραίες του δέκτη μπορούν να προσαρμοστούν με τον ίδιο τρόπο όπως τα πολλαπλά μονοπάτια λαμβανόμενα από μία και μοναδική κεραία: Ο τρόπος είναι με το να προσθέσουμε **Rake fingers** στις κεραίες. Έτσι μπορούμε να λάβουμε όλη την ενέργεια από τα πολλαπλά μονοπάτια και κεραίες. Από την πλευρά του **Rake receiver** δεν υπάρχει ουσιαστικά καμία διαφορά μεταξύ αυτών των δύο μορφών λήψης της ποικιλίας.

3.5 Έλεγχος ισχύος

Ο σχολαστικός και συγχρόνως γρήγορος έλεγχος ισχύος είναι το πιο σημαντικό θέμα στο **WCDMA**, και συγκεκριμένα στη διαδικασία του **uplink** (άνω ζεύξης). Χωρίς αυτό, ένα κινητό που το σήμα του υπερیشύει θα μπορούσε να μπλοκάρει ένα ολόκληρο οικοδομικό τετράγωνο. Το σχήμα 3.8 θίγει το πρόβλημα και δίνει τη λύση, η οποία είναι μια κλειστή, επαναλαμβανόμενη διαδρομή (**closed-loop**) για τον έλεγχο ισχύος. Οι σταθμοί κινητών τηλεφώνων **MS-1** και **MS-2** λειτουργούν μέσα στην ίδια συχνότητα, και το μόνο που μπορεί να γίνει για να διακριθούν μεταξύ τους είναι από τους ιδιαίτερους κωδικούς που διαχέουν. Συμβαίνει ο σταθμός **MS-1** στην άκρη της κυψέλης να έχει **path loss** (απώλεια στόχου), ας πούμε 70 dB περισσότερο από τον **MS-2**, οποίος είναι κοντά στον βασικό σταθμό (**BS**). Αν δεν υπήρχε κανένας μηχανισμός για τους **MS-1** και **MS-2**, έτσι ώστε να υπόκεινται στον έλεγχο ισχύος, στο ίδιο επίπεδο του ίδιου σταθμού, τότε ο **MS-2** θα μπορούσε εύκολα να καλύψει τον **MS-1** και ως αποτέλεσμα αυτού να μπλοκαριστεί ένα μεγάλο κομμάτι της κυψέλης, προκαλώντας αυτό που ονομάζεται πρόβλημα κοντινής-μακρινής απόστασης στο **CDMA**. Η καλύτερη στρατηγική, από την άποψη της μεγιστοποίησης της χωρητικότητας,

είναι το να καταστήσουμε ισοδύναμη την λαμβανόμενη ισχύ σε κάθε **bit** όλων των σταθμών των κινητών τηλεφώνων, σε όλες τις στιγμές.



Σχήμα 3.8: Έλεγχος ισχύος στο WCDMA με closed loop διαδικασία

Ενώ κάποιος μπορεί να κατανοήσει τον **open-loop** μηχανισμό για τον έλεγχο ισχύος, εκείνη η προσπάθεια, που πράττει, για να εκτιμήσει κατά προσέγγιση το **path loss** με τη βοήθεια ενός **downlink** αναγνωριστικού σήματος, μπορεί να είναι πολύ ανακριβής. Ο κύριος λόγος γι' αυτή την ανακρίβεια είναι το ότι το **fast fading** είναι ουσιαστικά ασύνδετο μεταξύ των **uplink** και **downlink**, παρόλο το μεγάλο διαχωρισμό της ζώνης συχνοτήτων των **uplink** και **downlink** στον **WCDMA** τρόπο. Ο **open-loop** έλεγχος ισχύος εντούτοις, χρησιμοποιείται στο **WCDMA**, αλλά μόνο για να παρέχει μια χονδροειδή αρχική ρύθμιση ισχύος, ενός σταθμού κινητού τηλεφώνου στην αρχή της σύνδεσης.

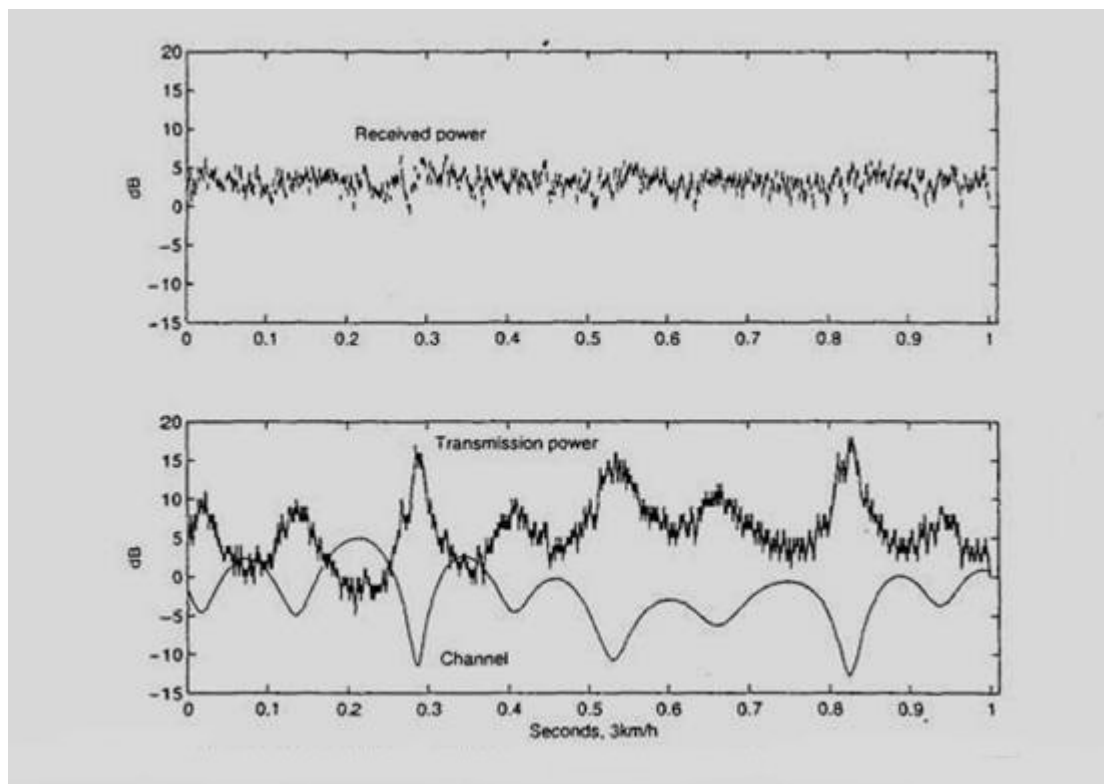
Η λύση για τον έλεγχο ισχύος στο **WCDMA** είναι μια γρήγορη, κλειστή, επαναλαμβανόμενη διαδρομή (**fast closed-loop**), όπως δείχνεται στο σχήμα 3.8. Σε μια **closed-loop** για τον έλεγχο ισχύος στο **uplink**, ο κύριος σταθμός έχει ως σκοπό του να εκτελεί τις συχνές εκτιμήσεις του λαμβανόμενου Σήματος-κατά-Αναλογία Παρεμβολής (**Signal-to-Interference Ratio (SIR)**) και να το συγκρίνει με ένα σήμα-στόχο **SIR**. Αν ο μετρούμενος **SIR** είναι μεγαλύτερος από αυτόν του σήματος-στόχου **SIR**, ο βασικός σταθμός θα απαιτήσει από τον σταθμό κινητού τηλεφώνου να χαμηλώσει την ισχύ. Αν είναι πολύ χαμηλή τότε θα απαιτήσει από τον σταθμό κινητού τηλεφώνου να αυξήσει την ισχύ. Αυτός ο κύκλος μέτρησης-εντολής- αντίδρασης εκτελείται με ένα ρυθμό 1500 φορών ανά δευτερόλεπτο (1.5 kHz), για κάθε σταθμό κινητού τηλεφώνου. Λειτουργεί έτσι γρηγορότερα από κάθε σημαντική αλλαγή του **path loss**, που είναι πιθανόν να συμβεί, και μάλιστα, ακόμη και πιο γρήγορα από τη γρήγορη **Rayleigh fading** για να μετριάσει τις χαμηλές ταχύτητες στους κινητούς σταθμούς. Κατά συνέπεια ο **closed-loop** έλεγχος ισχύος θα εμποδίσει κάθε ανισορροπία ισχύος κατά μήκος όλων των **uplink** σημάτων που λαμβάνονται από τους κύριους σταθμούς.

Η ίδια τεχνική ελέγχου ισχύος με **closed-loop** χρησιμοποιείται επίσης και στο **downlink**, αν και εδώ το κίνητρο είναι διαφορετικό: στο **downlink** δεν υπάρχει κανένα κοντινό-μακρινό πρόβλημα λόγω του σεναρίου ένα-προς-πολλά (**one-to-many scenario**). Όλα τα σήματα μέσα σε μια κυψέλη προέρχονται από έναν βασικό σταθμό σε όλα τα κινητά. Είναι, εντούτοις,

επιθυμητό να παρέχεται ένα οριακό ποσό επιπλέον ισχύος στους σταθμούς κινητών τηλεφώνων, στην άκρη της κυψέλης, αφού υποφέρουν από παρεμβολές των άλλων κυψελών. Επίσης στο **downlink** μια μέθοδος ενδυνάμωσης των αδύνατων σημάτων, προκαλείται από το **Rayleigh fading**, με επιπλέον ισχύ να χρειάζεται στις χαμηλές ταχύτητες, γιατί οι μέθοδοι διόρθωσης λαθών βασίζονται στη δημιουργία νέων στρωμάτων και οι κώδικες λειτουργίας των λαθών δεν λειτουργούν μέχρι στιγμής αποτελεσματικά.

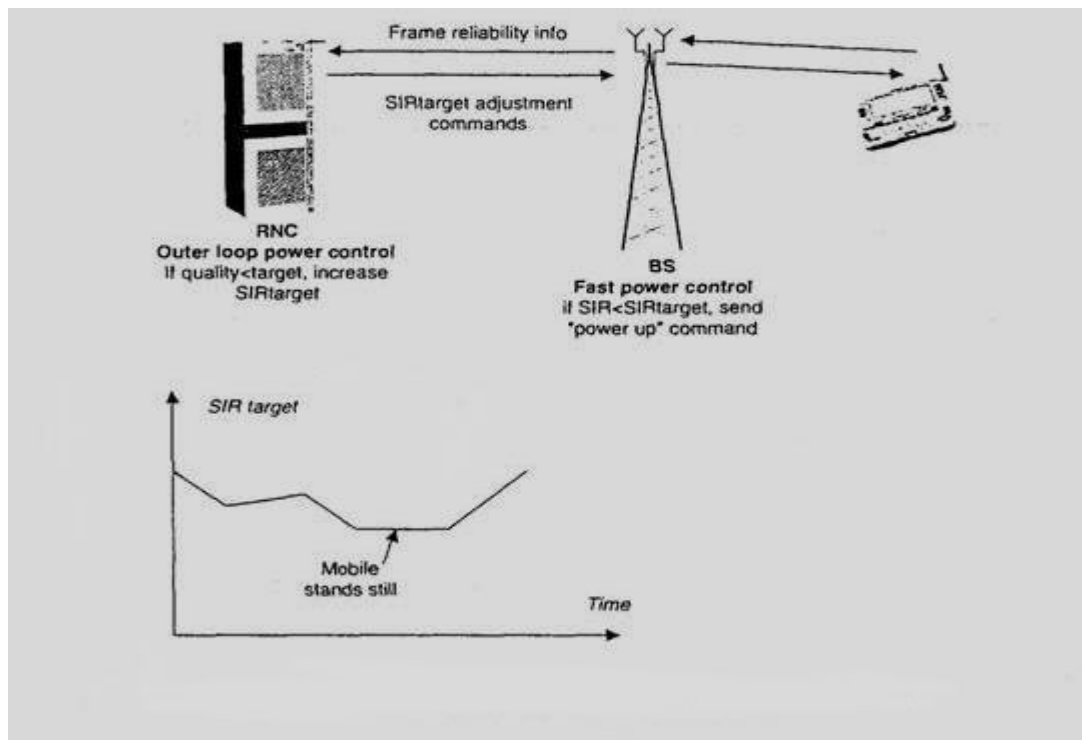
Το σχήμα 3.9 δείχνει πώς λειτουργεί ο έλεγχος ισχύος στο **uplink** με **closed-loop** σε ένα **fading** κανάλι χαμηλής ταχύτητας. Ο έλεγχος ισχύος με **closed-loop** απαιτεί από τον σταθμό κινητού τηλεφώνου (**mobile station**), μια ισχύ μετάδοσης ανάλογη του αντιστρόφου της λαμβανόμενης ισχύος (ή **SIR**). Υπό τον όρο ότι ο κινητός σταθμός έχει αρκετό ελεύθερο ύψος ανάμεσα στα 2 επίπεδα που συνδέει ο κεκλιμένος διάδρομος, η ισχύς επάνω, μόνο ένα πολύ μικρό υπόλοιπο εξασθένησης αφήνει και το κανάλι γίνεται ένα απαραίτητο **non-fading** (όχι **fading**) κανάλι, όπως είδαμε από το βασικό σταθμό του δέκτη.

Ενώ αυτή η αφαίρεση της **fading** είναι πολύ επιθυμητή από την άποψη του δέκτη, έρχεται σε βάρος του αυξανόμενου μέσου όρου της ισχύος εκπομπής, εκπέμποντας την στο τέλος. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι όταν ο **mobile station** πέσει σε βαθιά **fading**, παραδείγματος χάριν, χρησιμοποιώντας μια μεγάλη ισχύ εκπομπής, εξ' αιτίας αυτής θα προκαλείται αυξημένη παρεμβολή στις υπόλοιπες κυψέλες. Το σχήμα 3.9 δείχνει εμφανώς αυτό το σημείο.



Σχήμα 3.9: Ο έλεγχος ισχύος με την closed loop διαδικασία, αντισταθμίζει ένα κανάλι απόσβεσης

Πριν αφήσουμε τον τομέα της συζήτησης μας που αφορά τον έλεγχο ισχύος με **closed-loop**, αναφέρουμε έναν τρόπο πιο σχετικό και άμεσα σχετιζόμενο με το **control loop**: εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδρομή (**outer loop**) για τον έλεγχο ισχύος. Ο έλεγχος ισχύος με **outer loop** ρυθμίζει το στόχο **SIR** τοποθετώντας του ένα σημείο αναφοράς στο βασικό σταθμό σύμφωνα με τις ανάγκες μιας μεμονωμένης ραδιο-σύνδεσης σκοπεύοντας στην σταθερή ποιότητα, η οποία συχνά αναφέρεται ως συγκεκριμένος στόχος λάθος bit (**certain target bit error rate (BER)**) ή ρυθμός λάθους πλαισίου (**frame error rate (FER)**). Γιατί να υφίσταται ανάγκη για αλλαγή του σημείου αναφοράς **SIR** του στόχου; Ο απαιτούμενος **SIR** (υπάρχει μια ανάλογη E_b/N_o , απαίτηση) γιατί, για παράδειγμα, **FER = 1%** εξαρτάται από την ταχύτητα του κινητού και το προφίλ των πολλαπλών διαδρομών. Αν ένας μπορούσε να ρυθμίσει το σημείο αναφοράς **SIR** του στόχου για την χειρότερη περίπτωση, παραδείγματος χάριν υψηλές ταχύτητες στα κινητά, θα χαράμιζε πολύ χωρητικότητα γι' αυτές τις συνδέσεις σε χαμηλές ταχύτητες. Κατά συνέπεια, η καλύτερη στρατηγική είναι να αφήσουμε το σημείο αναφοράς **SIR** του στόχου να βρίσκεται γύρω από την ελάχιστη αξία, η οποία χρειάζεται για την απαιτούμενη ποιότητα του στόχου. Το σημείο αναφοράς **SIR** του στόχου θα αλλάξει κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπως παρουσιάζεται στο γράφημα στο σχήμα 3.10, καθώς η ταχύτητα και το περιβάλλον που συνέβη η διασπορά αλλάζει.

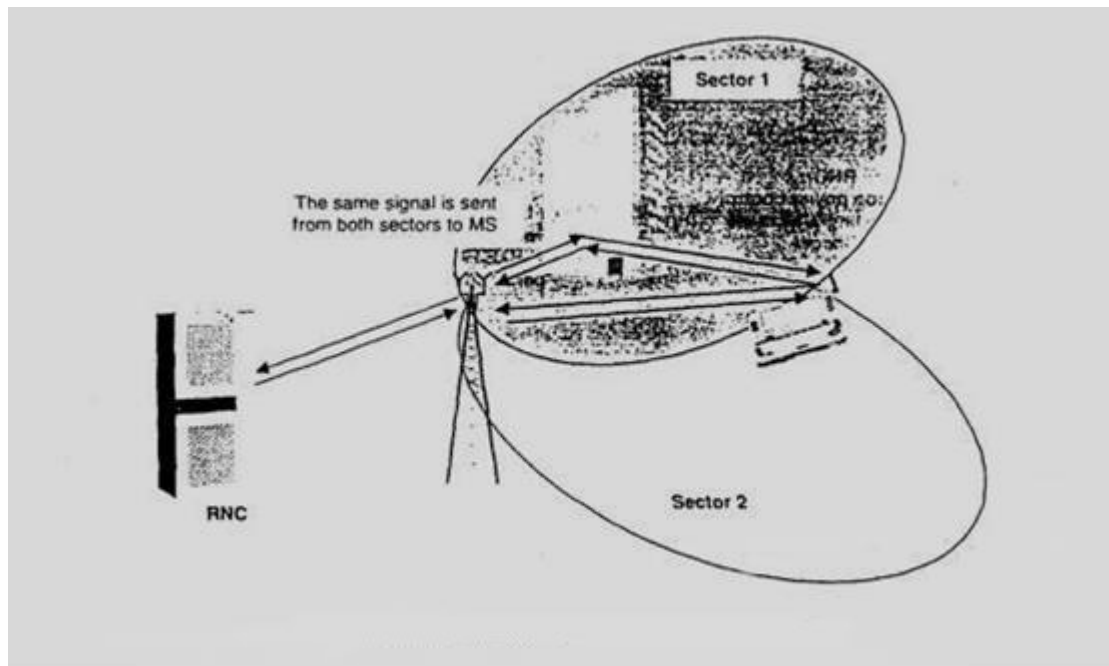


Σχήμα 3.10: Ο έλεγχος ισχύος με την outer loop διαδικασία

Ο έλεγχος ισχύος με **outer loop** είναι τυπικά υλοποιήσιμος έχοντας τοποθετήσει μια ετικέτα σε κάθε **uplink** πλαίσιο δεδομένων χρήστη, με δείκτη αξιοπιστίας πλαισίων, τέτοιο σαν ένα **CRC** έλεγχο επιτευχθέντος αποτελέσματος κατά τη διάρκεια της αποκωδικοποίησης, του συγκεκριμένου πλαισίου των δεδομένων του χρήστη. Εάν ο ποιοτικός δείκτης πλαισίων δείξει στον Ελεγκτή Ραδιο-Δικτύου (**Radio Network Controller (RNC)**) ότι η ποιότητα εκπομπής είναι μειωμένη, το **RNC** στη συνέχεια θα απαιτήσει από τον **base station** τη μείωση του σημείου αναφοράς **SIR** του στόχου, κατά ένα συγκεκριμένο ποσό. Ο λόγος που έχουμε εισάγει στο **RNC** τον έλεγχο ισχύος με **outer loop**, είναι ότι αυτή η λειτουργία θα μπορεί να εκτελεστεί μετά από ένα πιθανό συνδυασμό με **soft handover**. Το **soft handover** θα παρουσιαστεί στη επόμενη παράγραφο.

3.6 (Soft and Softer Handovers) Soft και Softer Μεταπομπές

Κατά τη διάρκεια της μαλακότερης **handover**, ένας **mobile station** βρίσκεται στην περιοχή επικάλυψης της κυψέλης 2 γειτονικών βασικών σταθμών (**base station**). Οι επικοινωνίες μεταξύ των **mobile station** και **base station** διεκπεραιώνονται συγχρόνως διαμέσου 2 **air-interface** (αερο-διασυνδεόμενων) καναλιών, ένα για κάθε τομέα ξεχωριστά. Αυτό απαιτεί τη χρήση 2 διαφορετικών κωδίκων στην **downlink** διαδικασία, έτσι ώστε ο **mobile station** να μπορεί να διακρίνει τα σήματα. Αυτά τα 2 σήματα λαμβάνονται από τον **mobile station** με τη βοήθεια της **Rake** επεξεργασίας, η οποία είναι πολύ πανομοιότυπη με την λήψη σημάτων πολλαπλών διαδρομών, και με τη μόνη διαφορά ότι τα δάχτυλα πρέπει να παράγουν τον ιδιαίτερο κώδικα του καθενός τομέα, για την κατάλληλη λειτουργία ανάκτησης του σήματος. Το σχήμα 3.11 δείχνει το σενάριο για το **softer handover**.



Σχήμα 3.11: Η softer μεταπομπή (handover)

Στην **uplink** οδηγία μια πανομοιότυπη διαδικασία λαμβάνει χώρα στον **base station**: το κανάλι που έχει τον κώδικα του **mobile station** λαμβάνεται σε κάθε τομέα, μετά κατευθύνεται στον ίδιο **Rake receiver** βασικής ζώνης και η μέγιστη αναλογία συνδυάζεται εκεί με τον συνηθισμένο τρόπο. Κατά τη διάρκεια του μαλακότερου **handover** μόνο μία επαναλαμβανόμενη διαδρομή ελέγχου ισχύος είναι ενεργή. Το μαλακότερο **handover** τυπικά απαντάται στο 5-15% των συνδέσεων.

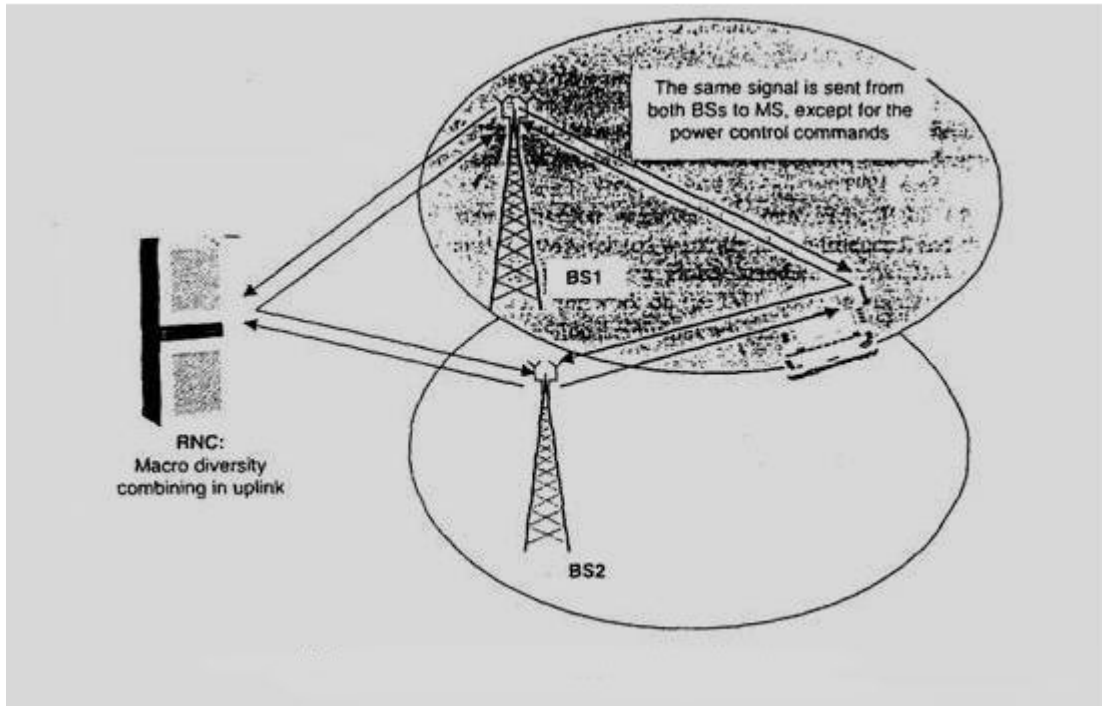
Το σχήμα 3.12 δείχνει ένα μαλακό **handover**. Κατά τη διάρκεια του μαλακού **handover**, ένας **mobile station** βρίσκεται στην περιοχή επικάλυψης της κυψέλης 2 τομέων, οι οποίοι ανήκουν σε διαφορετικούς **base stations**. Όπως και στο μαλακότερο **handover**, οι επικοινωνίες μεταξύ του **mobile station** και **base station** λαμβάνουν χώρα συγχρόνως διαμέσου 2 **air-interface** καναλιών από κάθε **base station** ξεχωριστά. Όπως ακριβώς και στο μαλακότερο **handover** και τα 2 σήματα των καναλιών λαμβάνονται στον **mobile station** με τη βοήθεια της Rake επεξεργασίας. Από τη σκοπιά του **mobile station**, υπάρχουν πολύ λίγες διαφορές μεταξύ του μαλακού και του μαλακότερου **handover**.

Παρόλ' αυτά, στην **uplink** οδηγία το μαλακό **handover** διαφέρει σημαντικά από το μαλακότερο **handover**: το κανάλι που έχει τον κώδικα του **mobile station** λαμβάνεται και από τους 2 **base stations**, αλλά τα λαμβανόμενα δεδομένα τότε οδηγούνται στο **RNC** για το συνδυασμό. Αυτό γίνεται τυπικά έτσι ώστε ο ίδιος ενδείκτης αξιόπιστων πλαισίων, όπως προβλέπεται για τον έλεγχο ισχύος με **outer loop**, να επιλέξει καλύτερο πλαίσιο ανάμεσα στα 2 υποψήφια μέσα στο **RNC**. Αυτή η επιλογή λαμβάνει χώρα μετά από κάθε περίοδο δημιουργίας νέων στρωμάτων, παραδείγματος χάριν 10-80 ms.

Να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του **soft handover** 2 κυκλικές διαδικασίες (CRC) για τον έλεγχο ανά σύνδεση είναι ενεργές, μια για κάθε **base station**.

Το **soft handover** βρίσκεται περίπου στο 20-40% των συνδέσεων. Για να περιποιηθούν οι συνδέσεις στο **soft handover**, οι παρακάτω επιπλέον πηγές χρειάζεται να εξασφαλιστούν από το σύστημα και πρέπει να μελετηθούν σοβαρά κατά τη φάση σχεδίασης:

- Επιπλέον **Rake receiver** κανάλια στους **base stations**
- Επιπλέον αναμεταδότες ανάμεσα στον **base station** και **RNC**
- Επιπλέον **Rake fingers** στους **mobile stations**



Σχήμα 3.12: Η soft μεταπομπή (handover)

Παρατηρήσαμε ακόμη ότι το μαλακό και το μαλακότερο **handover** μπορούν να λάβουν χώρα σε συνδυασμό και τα 2. Γιατί αυτοί οι **CDMA**-ειδικοί τύποι **handover** χρειάζονται; Χρειάζονται για πανομοιότυπους λόγους όπως για τον έλεγχο ισχύος σε **closed-loop** διαδικασίες: χωρίς το **soft / softer handover** θα δημιουργούνταν καταστάσεις βαθιάς διείσδυσης από τη μια κυψέλη προς τη γειτονική της, με αποτέλεσμα να μη μπορούσε να μπορεί να γίνει έλεγχος ισχύος σε αυτές αργότερα.. Πολύ γρήγορα και συχνά τα **hard handovers** μπορούν να αποφύγουν αυτό το πρόβλημα. Παρόλο' αυτά, μπορούν να εκτελεστούν μόνο υπό ορισμένες καθυστερήσεις, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, όπου το πρόβλημα της διείσδυσης της μιας κυψέλης στην άλλη θα αναπτυσσόταν. Έτσι, όπως με το γρήγορο έλεγχο ισχύος, τα **soft / softer handovers** είναι απαραίτητα εργαλεία για την απομάκρυνση των παρασίτων στο **WCDMA**.

Επιπλέον για το **soft/softer handover**, το **WCDMA** παρέχει άλλους τύπους **handover**:

- Διαμέσου-συχνότητας **hard handovers**, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για παράδειγμα, σε ένα κινητό χειρός από τη μια συχνότητα φέροντος στην άλλη στο **WCDMA**. Μια εφαρμογή για αυτούς τους υψηλής χωρητικότητας **base stations** με τα πολλά φέροντα..
- Διαμέσου-(του)συστήματος **hard handovers** που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στο σύστημα **WCDMA FDD** και σε κάποιο άλλο σύστημα, όπως το **WCDMA TDD** ή **GSM**.

4. Αρχιτεκτονική Δικτύου Ραδιο-Πρόσβασης

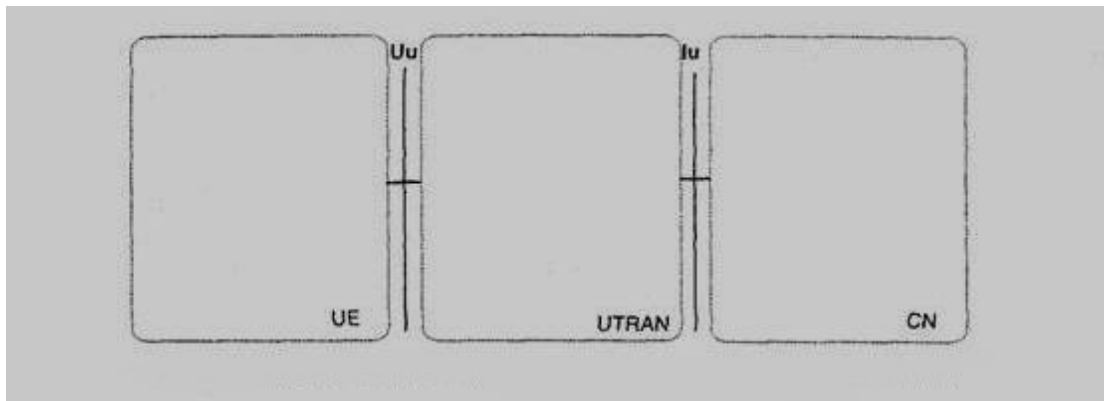
4.1 Αρχιτεκτονική συστημάτων

Αυτό το κεφάλαιο δίνει μια ευρεία αναφορά στην αρχιτεκτονική των συστημάτων **UMTS**, συμπεριλαμβανομένης μιας εισαγωγής στα λογικά στοιχεία δικτύων (**logical elements**) και στις **διασυνδέσεις (interfaces)**. Το σύστημα **UMTS** χρησιμοποιεί την ίδια γνωστή αρχιτεκτονική που έχει χρησιμοποιηθεί από όλα τα κύρια συστήματα 2^{ης} γενιάς και ακόμη και από μερικά συστήματα 1^{ης}. Ο κατάλογος αναφοράς περιέχει τις σχετικές προδιαγραφές **3GPP**.

Το σύστημα **UMTS** αποτελείται από διάφορα **logical elements** που το καθένα έχει μια καθορισμένη λειτουργία. Στα πρότυπα, τα **network elements** καθορίζονται στο λογικό επίπεδο αλλά αυτό αρκετά συχνά οδηγεί σε παρόμοια φυσική υλοποίηση, ειδικά όταν υπάρχουν διάφορες ανοικτές **interfaces** (για να είναι μια **interface** "ανοικτή", η απαίτηση είναι ότι έχει καθοριστεί σε ένα τέτοιο λεπτομερές επίπεδο, ώστε ο εξοπλισμός, στα σημεία αρχής και τέλους, να μπορεί να είναι από δύο διαφορετικούς κατασκευαστές). Τα **network elements** μπορούν να ομαδοποιηθούν, βασιζόμενα σε μια παρόμοια λειτουργία ή σε ποιο υποδίκτυο (**sub-network**) ανήκουν.

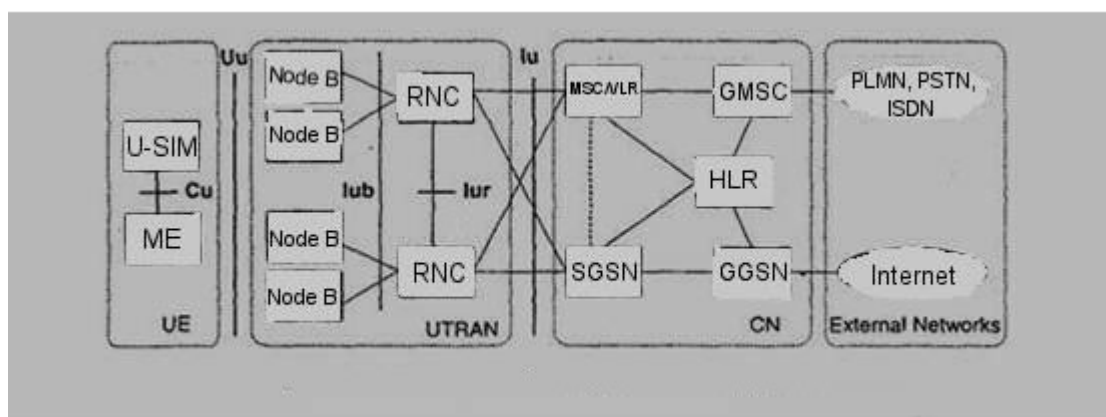
Λειτουργικά τα **network elements** κατηγοριοποιούνται στο **Radio Access Network (RAN, UMTS Terrestrial (Επίγειο) RAN = UTRAN)**, το οποίο φροντίζει όλες τις ραδιο-συσχετιζόμενες λειτουργίες και το **Core Network**, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη μεταγωγή και τη διευθυνσιοδότηση των κλήσεων και συνδέσεις δεδομένων στα εξωτερικά δίκτυα. Για να ολοκληρωθεί το σύστημα, ο **User Equipment (UE)** (Εξοπλισμός του Χρήστη), ο οποίος διασυνδέει το χρήστη με τη **radio interface**, είναι καθορισμένος. Η υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική του συστήματος εικονίζεται στο Σχήμα 4.1.

Από την άποψη των προδιαγραφών και της τυποποίησης, και τα δυο **UE** και **UTRAN** αποτελούν νέα πρωτόκολλα, η κατασκευή των οποίων βασίζεται στις ανάγκες της νέας **WCDMA** ραδιο-τεχνολογίας. Αντίθετα, ο καθορισμός του **CN** υιοθετείται από το **GSM**. Με τη νέα αυτή ραδιο-τεχνολογία, παρέχεται στο σύστημα, μια παγκόσμια βάση γνωστής **CN** τεχνολογίας που επιταχύνει και διευκολύνει την εισαγωγή του και επιτρέπει τέτοια ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα, όπως το παγκόσμιο **roaming** (δηλαδή παροχή κινητής τηλεφωνίας σε οποιαδήποτε χώρα κι αν είμαστε αλλά και σε οποιοδήποτε δίκτυο, ανά τον κόσμο).



Σχήμα 4.1: Η υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική του συστήματος UMTS

Ένας άλλος τρόπος για την κατηγοριοποίηση των **UMTS network elements** είναι η διάκρισή τους σε **sub-networks** (υπο-δίκτυα). Το **UMTS** σύστημα αποτελείται από υπομονάδες, υπό την έννοια ότι είναι δυνατό να υπάρχουν ορισμένα **network elements** του ίδιου τύπου. Σε γενικές γραμμές, οι ελάχιστες απαιτήσεις για ένα πλήρως λειτουργικό δίκτυο, είναι το να έχουμε, το λιγότερο ένα **logical network element** κάθε τύπου. Η πιθανότητα να έχουμε ορισμένα στοιχεία του ίδιου τύπου, επιτρέπει το διαχωρισμό του **UMTS** συστήματος σε **sub-networks**, τα οποία είναι λειτουργικά είτε από μόνα τους, είτε μαζί με άλλα **sub-networks** και έτσι μπορεί να διακριθεί το ένα από το άλλο, χάριν των διαφορετικών τους ταυτοτήτων. Ένα τέτοιο **sub-network** καλείται **UMTS PLMN (Public Land Mobile Network)** (Δημόσιο Επίγειο Δίκτυο Κινητής Τηλεφωνίας). Τυπικά, ένα **PLMN** λειτουργεί από έναν μόνο διαχειριστή και συνδέεται και σε άλλα **PLMNs**, όπως και σε άλλους τύπους δικτύων, τέτοια όπως το **ISDN**, **PSTN**, το **Internet** κτλ. Το σχήμα 4.2 δείχνει τα στοιχεία σε ένα **PLMN** και προκειμένου να διευκρινιστούν οι συνδέσεις, επίσης και σε εξωτερικά δίκτυα.



Σχήμα 4.2: Στοιχεία του δικτύου σε ένα PLMN

Η UTRAN αρχιτεκτονική παρουσιάζεται στην παράγραφο Δ.2. Μια μικρή εισαγωγή σε όλα τα στοιχεία, παρουσιάζεται παρακάτω.

Ο UE διακρίνεται σε 2 μέρη:

- Από τον **Mobile Equipment (ME)** (Εξοπλισμό Κινητού) που είναι το ραδιο-τερματικό, το οποίο χρησιμοποιείται για τη ραδιο-επικοινωνία στην **Uu interface**.
- Και από τον **UMTS Subscriber Identity Module (USIM)** (UMTS Προσυπογραφέα (αυτός που δίνει την ταυτότητα) Ταυτότητας Υπομονάδας) που είναι μια έξυπνη κάρτα, η οποία κρατά την ταυτότητα, εκτελεί τους αλγορίθμους επικύρωσης, αποθηκεύει κλειδιά επικύρωσης και κρυπτογράφησης και κάποιες πληροφορίες συνδρομής που απαιτούνται στο τερματικό.

Το UTRAN επίσης αποτελείται από δύο ευδιάκριτα στοιχεία:

- Τον **Node B** (Κομβικό Σημείο B) που μεταβιβάζει τη ροή στοιχείων μεταξύ των **Iub** και **Uu interfaces**. Ακόμη λαμβάνει μέρος στη ραδιο-διαχείριση πόρων. *(Να σημειωθεί ότι ο όρος 'Node B' από τις προδιαγραφές του 3GPP χρησιμοποιείται σε όλο το κεφάλαιο Δ. Ο γενικότερος όρος 'Base Station' που χρησιμοποιείται οπουδήποτε αλλού σε αυτό βιβλίο, σημαίνει ακριβώς το ίδιο πράγμα.)*
- Και από τον **Radio Network Controller (RNC)** (Ελεγκτής του Ραδιο-Δικτύου), στον οποίο ανήκουν οι ραδιο-πηγές και τις ελέγχει κατά κράτος. (ο **Node Bs** συνδέεται σε αυτό). Ο **RNC** είναι μια υπηρεσία πρόσβασης σε σημείο για τις υπηρεσίες αέρος, τις οποίες το **UTRAN** παρέχει στο **CN**. Παραδείγματος χάριν, η διαχείριση των συνδέσεων στο **UE**.

Τα κύρια στοιχεία του **GSM CN** είναι αυτά που ακολουθούν:

- Η **HLR (Home Location Register)** (Καταχώρηση Θέσεως) είναι μια βάση δεδομένων, τοποθετημένη στο σύστημα του χρήστη, η οποία αποθηκεύει σε ένα σχεδιάγραμμα τις υπηρεσίες του χρήστη. Το προφίλ των υπηρεσιών αποτελείται, παραδείγματος χάριν, από πληροφορίες σε επιτρεπόμενες υπηρεσίες, πληροφορίες για τις περιοχές όπου το **roaming** απαγορεύεται και συμπληρωματικές πληροφορίες υπηρεσιών όπως η θέση που έγινε η κλήση και η αναγνώριση κλήσεως. Δημιουργείται όταν ο νέος χρήστης γίνεται μέλος αυτού του συστήματος και παραμένει καταχωρημένος εκεί, όσο καιρό η εγγραφή του είναι ενεργή. Για το λόγο της καθοδήγησης των εισερχομένων συναλλαγών στον **UE** (δηλ. Κλήσεις ή μικρά μηνύματα),. Ακόμη η **HLR** αποθηκεύει την **UE** θέση στο επίπεδο του **MSC/VLR** και / ή του **SGSN**, δηλ, στο επίπεδο εξυπηρέτησης του συστήματος.
- **MSC/VLR (Mobile Services Switching Centre/Visitor Location Register)** (Υπηρεσίες Κινητών Κέντρο Μεταγωγής / Εγγραφή Θέσης Επισκέπτη) είναι η μεταγωγή (**MSC**) και η βάση δεδομένων (**VLR**), η οποία εξυπηρετεί τον **UE** στην τρέχουσα θέση, για **Circuit Switched (CS)** (Κυκλωματικά Μεταγόμενες) υπηρεσίες. Η **MSC** λειτουργία χρησιμοποιείται για να μετάγει τις **CS** συναλλαγές και η **VLR** λειτουργία κρατά ένα αντίγραφο που δείχνει ποιο είναι το προφίλ του χρήστη λόγω της συγκεκριμένης υπηρεσίας που

χρησιμοποίησε, όπως και τις ακριβέστερες πληροφορίες για τη θέση του **UE's** μέσα στην εξυπηρέτηση του συστήματος. Το μέρος του δικτύου που προσεγγίζεται μέσω του **MSC/VLR** αναφέρεται συχνά ως **CS** περιοχή.

- Το **GMSC (Gateway MSC)** είναι ο διακόπτης στο σημείο όπου το **UMTS PLMN** συνδέεται με τα εξωτερικά δίκτυα **CS**. Όλες οι εισερχόμενες και εξερχόμενες συνδέσεις **CS** περνούν από **GMSC**. Επίσης ολοκληρώνει το πρωτόκολλο που είναι υπεύθυνο για το ραδιο-έλεγχο των πόρων, (**Radio Resource Control**) (**RRC**), το οποίο καθορίζει τα μηνύματα και τις διαδικασίες μεταξύ του κινητού και του **UTRAN**. Λογικά ανταποκρίνεται στο **GSM BSC**.
- Η **SGSN** λειτουργικότητα (**Serving GPRS (Υπηρετώντας το GPRS) (General Packet Radio Service (Γενικό Πακέτο Ραδιο-Υπηρεσιών)) Support Node (Υποστήριξη του Κομβικού Σημείου)**) είναι παρόμοια με αυτή του **MSC/VLR** αλλά τυπικά χρησιμοποιείται για πακετο-διακοπτόμενες (**Packet Switched (PS)**) υπηρεσίες. Το κομμάτι του δικτύου, το οποίο έχει πρόσβαση διαμέσου του **SGSN**, συχνά αναφέρεται και ως **PS** περιοχή.
- Η **GGSN (Gateway GPRS Support Node) Gateway GPRS** υποστήριξης Κομβικού Σημείου) βρίσκεται κοντά σε αυτή του **GMSC** αλλά βρίσκεται σε συσχέτισμό με τις **PS** υπηρεσίες.

Τα εξωτερικά δίκτυα μπορούν να διακριθούν σε 2 ομάδες:

- Τα **CS** δίκτυα. Αυτά παρέχουν κυκλωματικά-διακοπτόμενες συνδέσεις, όπως η υπάρχουσα τηλεφωνική υπηρεσία. Το **ISDN** και το **PSTN** είναι παραδείγματα των **CS** δικτύων.
- Τα **PS** δίκτυα. Αυτά παρέχουν συνδέσεις για υπηρεσίες πακέτων δεδομένων. Το Internet είναι ένα παράδειγμα του **PS** δικτύου.

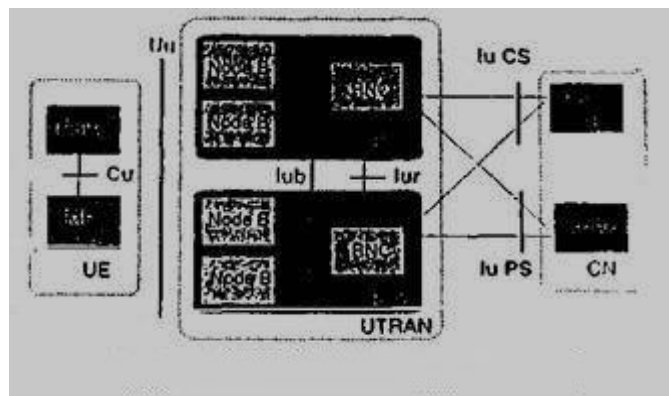
Τα **UMTS** πρότυπα είναι δομημένα έτσι ώστε η εσωτερική λειτουργία των στοιχείων δικτύων να μη διευκρινίζεται λεπτομερώς. Αντί αυτού, τα **interfaces** ανάμεσα στα **logical network elements** έχουν καθοριστεί. Τα ακόλουθα κυρίως ανοιχτά **interfaces** είναι τα εξής:

- Το **Cu Interface**. Αυτό είναι το ηλεκτρικό **interface** ανάμεσα στην **USIM** έξυπνη κάρτα και την **ME**. Το **interface** ακολουθεί ένα τυποποιημένο σχήμα για τις έξυπνες κάρτες.
- Το **Uu Interface**. Αυτό είναι το **WCDMA radio interface**, στο οποίο αφιερώνεται κατά κύριο λόγο όλη αυτή η μελέτη. Το **Uu** είναι το **interface**, διαμέσου του οποίου ο **UE** έχει πρόσβαση στο σταθερό μέρος του συστήματος και είναι επομένως το πιο σημαντικό και ανοιχτό **interface** στο **UMTS**. Είναι πιθανό να υπάρξουν πολύ περισσότεροι **UE** κατασκευαστές από τους κατασκευαστές των σταθερών στοιχείων των δικτύων.

- Το **Iu Interface**. Αυτό συνδέει το **UTRAN** με το **CN** και παρουσιάζεται λεπτομερειακά στην παράγραφο 4.4. Ομοίως κατ' αντιστοιχία τα **interfaces** στο **GSM**. Ένα (**Circuit Switched**), ένα **Gb (Packet Switched)** και το ανοιχτό **Iu interface** δίνει στους **UMTS** διαχειριστές τη δυνατότητα να αποκτηθούν, και το **UTRAN** και το **CN** από διαφορετικούς κατασκευαστές. Σε αυτό τον τομέα έχει υπάρξει επιτυχία από τους κατασκευαστές του **GSM**.
- Το **Iur Interface**. Το ανοιχτό **Iur interface** επιτρέπει το **soft handover** ανάμεσα στο **RNCs** από διαφορετικούς κατασκευαστές και επομένως συμπληρώνει την ανοικτή **Iu interface**.
- Το **Iub Interface**. Το **Iub** συνδέει ένα **Node B** και ένα **RNC**. Το **UMTS** είναι το 1^ο εμπορικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας όπου ο ελεγκτής για το **interface** του βασικού σταθμού (**Controller-Base Station interface**) είναι τυποποιημένος ως πλήρως ανοικτό **interface**. Σαν τα υπόλοιπα ανοιχτά **interfaces**, το ανοιχτό **Iub** αναμένεται να είναι περαιτέρω ανταγωνιστικό μεταξύ των κατασκευαστών σε αυτήν την περιοχή. Είναι πιθανό ότι νέοι κατασκευαστές που επικεντρώνονται αποκλειστικά στον **Node B** θα μπούνε στην αγορά.

4.2 UTRAN Architecture (UTRAN Αρχιτεκτονική)

Το **UTRAN** αποτελείται από ένα ή περισσότερα **Radio Network Sub-systems (RNS)** (Υποσυστήματα Ραδιο-Δικτύου). Ένα **RNS** είναι ένα **sub**



Σχήμα 4.3: Η UTRAN αρχιτεκτονική

network μέσα στο **UTRAN** και αποτελεί από έναν **Radio Network Controller (RNC)** και έναν ή περισσότερα **Node Bs**. Τα **RNCs** μπορούν να συνδεθούν το ένα με το άλλο μέσω του **Iur interface**. Τα **RNCs** και τα **Node Bs** συνδέονται με ένα **Iub Interface**.

Πριν ξεκινήσουμε μια σύντομη περιγραφή των **UTRAN network elements** και μια περισσότερο εκτεταμένη περιγραφή των **UTRAN**

interfaces, παρουσιάζουμε τα κύρια χαρακτηριστικά του **UTRAN**, τα οποία επίσης αποτελούν και τις κύριες απαιτήσεις για την αρχιτεκτονική του **UTRAN**, λειτουργίες και πρωτόκολλα. Αυτές μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία:

- **Support of UTRA** (Υποστήριξη του **UTRA**) και όλη η σχετική λειτουργία. Ειδικότερα, ο σημαντικότερος αντίκτυπος στο σχέδιο **UTRAN** ήταν η απαίτηση για υποστήριξη του **soft handover** (ένα τερματικό συνδέεται στο δίκτυο διαμέσου 2 ή περισσότερων ενεργών κυψέλων) και οι **WCDMA**-συγκεκριμένοι **Radio Resource Management** αλγόριθμοι.
- Μεγιστοποίηση των ομοιοτήτων στη διαχείριση των πακετο-διακοπτόμενων και κυκλωματικά-διακοπτόμενων δεδομένων με έναν μοναδικό **air interface** πρωτόκολλο σωρού και με τη χρήση του ίδιου **interface** για τη σύνδεση από το **UTRAN** προς τα 2 **PS** και **CS** στις περιοχές του κεντρικού δικτύου.
- Μεγιστοποίηση των κοινών χαρακτηριστικών με το **GSM**, όταν αυτό είναι δυνατό. Η χρήση ενός μεταφορικού **ATM** (**ATM transport**) ως κύριος μεταφορικός μηχανισμός στο **UTRAN**.

4.2.1 The Radio Network Controller (Ο Ελεγκτής του Ραδιο-Δικτύου)

Ο **RNC** (**Radio Network Controller**) είναι ένα **network element** υπεύθυνο για τη διαχείριση των ραδιο-πόρων του **UTRAN**. Ακόμη διασυνδέει το **CN** (φυσικά σε ένα **MSC** και σε ένα **SGSN**)

4.2.2 Logical Role of the RNC (Ο λογικός ρόλος του RNC)

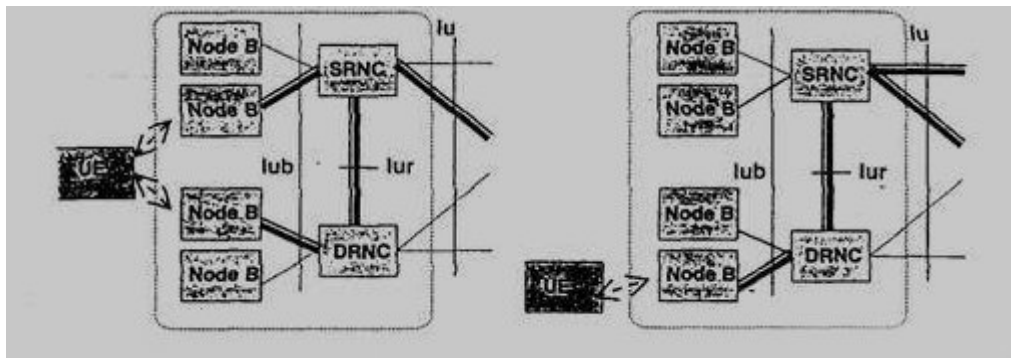
Το **RNC** που ελέγχει ένα κομβικό σημείο **B** (**Node B**) (δηλ. ολοκληρώνει τη διασύνδεση (**interface**) **Iub** προς τον κόμβο **B**) αναφέρεται και ως **έλεγχος RNC** (**CRNC**) του κομβικό σημείου **B**. Ο έλεγχος **RNC** είναι αρμόδιος για τον έλεγχο του φορτίου και της συμφόρησης στις κυψέλες του, επίσης εκτελεί έλεγχο εισόδου και κατανομή κώδικα για τις νέες ραδιο-ζεύξεις που καθιερώνονται σε εκείνες τις κυψέλες.

Σε περίπτωση που μια **UTRAN** σύνδεση κινητού χρησιμοποιεί πόρους από περισσότερα από ένα **RNS** (δείτε σχήμα 4.4), τα **RNCs** που εμπλέκονται, έχουν δυο ξεχωριστούς λογικούς ρόλους (όσον, βέβαια, αφορά την **UTRAN** σύνδεση κινητού):

- **Serving RNC** (Υπηρεσία **RNS**). Το **SRNC** για ένα κινητό, είναι το **RNC** το οποίο τερματίζει και τα δυο, **Iu** και ζεύξη, για τη μεταφορά των δεδομένων του χρήστη και την ανταπόκριση της **RANAP** σηματοδοσίας προς / από το **core network** (αυτή η σύνδεση αναφέρεται σε αυτό, ως **RANAP** σύνδεση). Επίσης το **SRNC** τερματίζει τη **Radio Resource Control Signaling** (Έλεγχο Σηματοδοσίας των Ραδιο-πόρων), η οποία αποτελεί το πρωτόκολλο σηματοδοσίας ανάμεσα στο **UE** και το **UTRAN**. Εκτελεί την **L2** επεξεργασία των δεδομένων προς / από τη **radio interface**. Οι βασικές λειτουργίες της **Radio Resource Management** όπως η χαρτογράφηση των

παραμέτρων του **Radio Access Bearer** (Ραδιο-κομιστή πρόσβασης) μέσα στις παραμέτρους των μεταφορικών καναλιών (**transport channels**) της **air interface** και η **handover** απόφαση και η διαδικασία ελέγχου ισχύος με την *outer loop*, εκτελούνται στο **SRNC**. Επίσης μπορεί το **SRNC** αλλά όχι πάντα, να γίνεται το **CRNC** για κάποιο **Node B**, το οποίο χρησιμοποιείται από το κινητό για σύνδεση με το **UTRAN**. Μια **UE** που συνδέεται στο **UTRAN**, έχει ένα και μόνο **SRNC**.

- **Κλήση RNC**. Το **DRNC** είναι ένα οποιοδήποτε **RNC**, άλλο εκτός από το **SRNC**, το οποίο ελέγχει τις κυψέλες που χρησιμοποιούνται από το κινητό. Αν είναι απαραίτητο, το **DRNC** μπορεί να εκτελέσει **macro diversity** συνδυασμό και διαχωρισμό. Το **DRNC** δεν εκτελεί **L2** επεξεργασία των στοιχείων των πλάνων των χρηστών αλλά καθοδηγεί τα στοιχεία διαφανώς μεταξύ του **lub** και των **lur** interfaces, εκτός απ' όταν το **UE** χρησιμοποιεί ένα **common** ή ένα **shared transport channel**. Ένα **UE** μπορεί να 0, 1 ή περισσότερα **DRNCs**.



Σχήμα 4.4: Ο λογικός ρόλος για το RNC, μιας UE-UTRAN σύνδεσης. Το σενάριο που βρίσκεται στα δεξιά δείχνει μια UE σε ένα εσωτερικό-RNC soft handover (ο συνδυασμός πραγματοποιείται στο SRNC). Το σενάριο που βρίσκεται στα αριστερά, αναπαριστά μια UE, χρησιμοποιώντας πηγές από ένα μόνο κομβικό σημείο (Node B), ελεγχόμενο από το DRNC.

Παρατηρείστε ότι ένα φυσικό **RNC**, κανονικά περιέχει όλες τις **CRNC**, **SRNC** και **DRNC** λειτουργίες.

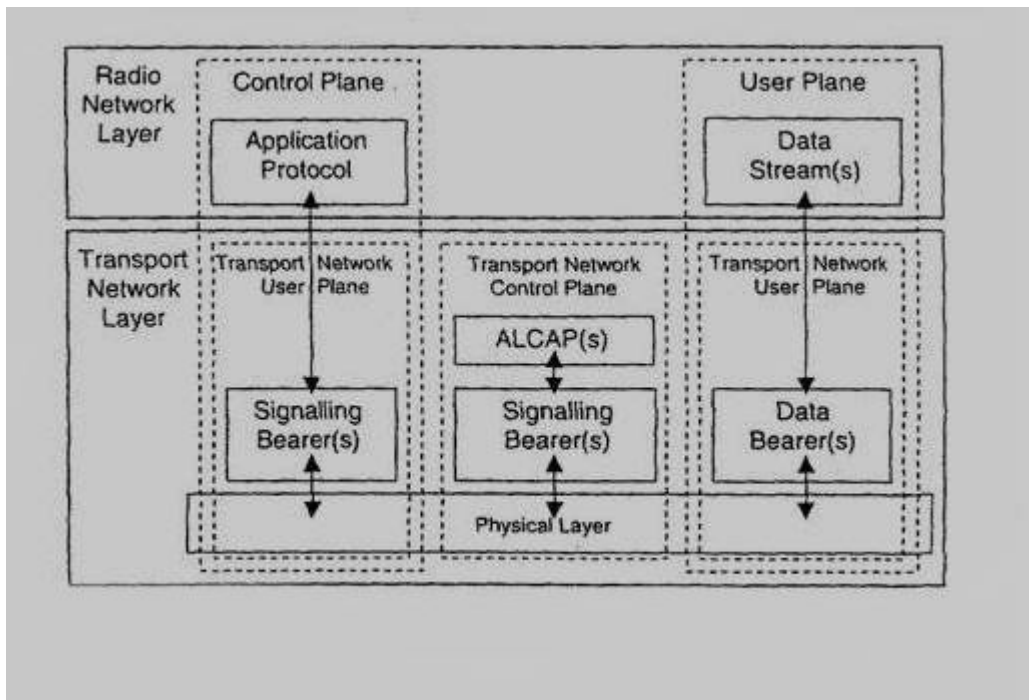
4.2.2 The Node B (Base Station) (Κομβικό Σημείο B (Βασικός Σταθμός))

Η κύρια λειτουργία του **Node B** είναι το να εκτελεί την **air interface** με την **L1** διαδικασία (κωδικοποίηση καναλιού και διαστρωμάτωση (**interleaving**), προσαρμογές ρυθμού (**rate adaptations**), **spreading**, κλπ.). Εκτελεί επίσης μερικές βασικές λειτουργίες της **Radio Resource Management** όπως ο έλεγχος ισχύος με την **inner loop**. Λογικά ανταποκρίνεται στον **GSM Base Station**. Ο αινιγματικός όρος '**Node B**' αρχικά υιοθετήθηκε ως ένας προσωρινός όρος, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τυποποίησης και από τότε δεν άλλαξε ποτέ. Το λογικό μοντέλο του **Node B** περιγράφεται στην παράγραφο 4.5.2.

4.3 General Protocol Model for UTRAN Terrestrial Interfaces (Γενικό Πρωτόκολλο Μοντέλου για τις UTRAN Επίγειες Διασυνδέσεις)

4.3.1 General (Γενικά)

Οι δομές πρωτοκόλλου στις **UTRAN terrestrial interfaces** (επίγειες διασυνδέσεις) σχεδιάστηκαν σύμφωνα με το ίδιο γενικό μοντέλο πρωτοκόλλου. Το μοντέλο αυτό εικονίζεται στο σχήμα 4.5. Η κατασκευή αυτή βασίζεται στην αρχή που λέει ότι τα επίπεδα είναι λογικά ανεξάρτητα το ένα απ' τ' άλλο και αν είναι απαραίτητο, μέρη της κατασκευής του πρωτοκόλλου μπορεί να αλλάξουν στο μέλλον, ενώ άλλα κομμάτια να παραμείνουν ανέπαφα.



Σχήμα 4.5: Γενικό μοντέλο πρωτοκόλλου για όλα τα επίγεια UTRAN interfaces

4.3.2 Horizontal Layers (Οριζόντια Επίπεδα)

Η κατασκευή του πρωτοκόλλου αποτελείται από 2 κύρια επίπεδα, το **Radio Network Layer** (Επίπεδο Ραδιο-Δικτύου) και από το **Transport Network Layer** (Μεταφορικό Επίπεδο Δικτύου). Όλα τα σχετιζόμενα με το UTRAN θέματα, είναι ορατά μόνο από το **Radio Network Layer** και το **Transport Network Layer** αναπαριστά την τυποποιημένη τεχνολογία μεταφορών, η οποία επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στο UTRAN, χωρίς να γίνουν σε αυτό συγκεκριμένες αλλαγές.

4.3.3 Vertical Planes (Κάθετα επίπεδα)

4.3.3.1 Control Plane (Επίπεδο Ελέγχου)

Το **Control Plane** χρησιμοποιεί για όλα την UMTS-καθορισμένη σηματοδότηση ελέγχου. Περιλαμβάνει το **Application Protocol** (Πρωτόκολλο

Εφαρμογών) (δηλ. τα **RANAP** στο **Iu**, **RNSAP** στο **Iur** και **NBAP** στο **Iub**) και τον **Signaling Bearer** (Κομιστή Σηματοδοσίας) για αναμετάδοση των μηνυμάτων, τα οποία αφορούν το **Application Protocol** (Πρωτόκολλο Εφαρμογών).

Το **Application Protocol** χρησιμοποιείται, και σε άλλα πράγματα, για την εγκατάσταση κομιστών στο **UE** (δηλ. ο **Radio Access Bearer** (Ραδιο-Κομιστής Πρόσβασης) στο **Iu** και στη συνέχεια η **Radio Link** (Ραδιο-Ζεύξη) στα **Iur** και **Iub**). Σε μια κατασκευή 3 επιπέδων οι παράμετροι του κομιστή στο **Application Protocol** δεν είναι άμεσα συνδεδεμένοι με την **User Plane technology** (Τεχνολογία Επιπέδων Χρήστη) αλλά με άλλες γενικές παραμέτρους κομιστών.

Ο **Signaling Bearer** για το **Application Protocol** μπορεί να είναι αλλά μπορεί και να μην είναι του ίδιου τύπου όπως ο **Signaling Bearer** για το **ALCAP**. Δημιουργείται πάντα από **O&M** ενέργειες.

4.3.3.3 User Plane (Επίπεδο Χρήστη)

Όλες οι πληροφορίες στέλνονται και λαμβάνονται από τον χρήστη, τέτοιες όπως η κωδικοποιημένη φωνή, σε μια φωνητική κλήση, ή πακέτα σε μια **internet** σύνδεση, μεταδίδονται διαμέσου του **User Plane**. Το **User Plane** συμπεριλαμβάνει τη ή τις **Data Stream(s)** (Ροή ή Ροές Δεδομένων) και τα **Data Bearer(s)** (Κομιστής(ές) Δεδομένων) για τα **Data Stream(s)**. Κάθε **Data Stream** χαρακτηρίζεται από ένα ή περισσότερα πλαίσια πρωτοκόλλων, τα οποία έχουν καθοριστεί γι' αυτό το **interface**.

4.3.3.4 Transport Network Control Plane (Επίπεδο ελέγχου Μεταφοράς Δικτύου)

Το **Transport Network Control Plane** χρησιμοποιείται για να ελέγχει όλη τη σηματοδοσία που γίνεται μέσα στο **Transport Layer** (Επίπεδο Μεταφοράς). Δεν συμπεριλαμβάνει καμία πληροφορία για το **Radio Network Layer**. Περιλαμβάνει το **ALCAP** πρωτόκολλο, το οποίο χρειάζεται για να δημιουργήσει τους μεταφορικούς κομιστές (**Data Bearer**), οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο **User Plane**. Ακόμη συμπεριλαμβάνει τον **Signaling Bearer** που είναι αναγκαίος για το **ALCAP**.

Το **Transport Network Control Plane** είναι ένα επίπεδο, το οποίο ενεργεί μεταξύ του **Control Plane** και του **User Plane**. Η εισαγωγή του **Transport Network Control Plane** καθιστά πιθανό το **Application Protocol** στο **Radio Network Control**, ώστε να είναι εντελώς ανεξάρτητο της τεχνολογίας που έχει επιλεγεί από τον **Data Bearer** στο **User Plane**.

Όταν ένα **Transport Network Control Plane** χρησιμοποιείται, οι μεταφορικοί κομιστές για τον **Data Bearer** στο **User Plane** δημιουργούνται στην αμέσως επόμενη διαμόρφωση. Πρώτα είναι μια διεξαγωγή σηματοδοσίας από το **Application Protocol** προς το **Control Plane**, το οποίο προκαλεί την δημιουργία του **Data Bearer** από το **ALCAP** πρωτόκολλο που είναι και το καθορισμένο για τη **User Plane** τεχνολογία.

Η ανεξαρτησία του **Control Plane** και του **User Plane** υποθέτει ότι η **ALCAP** διεκπεραίωση μιας σηματοδοσίας λαμβάνει χώρα. Πρέπει να τονιστεί

ότι η **ALCAP** μπορεί να μην κάνει για όλους τους τύπους των **Data Bearers**. Αν δεν υπάρχει καθόλου **ALCAP** διεκπεραίωση σηματοδότησης, το **Transport Network Control Plane** (Μεταφορικό Επίπεδο Ελέγχου Δικτύου) δε χρειάζεται καθόλου. Αυτή είναι η περίπτωση, όταν προκαθορισμένοι **Data Bearers** χρησιμοποιούνται. Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι το / τα **ALCAP** πρωτόκολλα στο **Transport Network Control Plane** δεν χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση του **Signaling Bearer** για το **Application Protocol** ή για το **ALCAP**, κατά τη διάρκεια μιας πραγματικού χρόνου λειτουργίας.

Ο **Signaling Bearer** για το **ALCAP** μπορεί να είναι και μπορεί να μην είναι του ίδιου τύπου όπως στο **Application Protocol**. Οι **UMTS** προδιαγραφές υποθέτουν ότι ο **Signaling Bearer** για το **ALCAP** πάντοτε εγκαθίσταται από **O&M** ενέργειες.

4.3.3.4 Transport Network User Plane (Επίπεδο Χρήστη στο Μεταφοράς Δικτύου)

Ο / Οι **Data Bearer(s)** στο **User Plane** και ο / οι **Signaling Bearer(s)** για το **Application Protocol**, ανήκουν επίσης και στο **Transport Network User Plane**. Όπως περιγράφηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, οι **Data Bearers** στο **Transport Network User Plane** ελέγχονται κατευθείαν από το **Transport Network Control Plane**, κατά τη διάρκεια μιας πραγματικού χρόνου λειτουργίας αλλά οι ενέργειες ελέγχου που απαιτούνται για την εγκατάσταση του / των **Signaling Bearer(s)** για το **Application Protocol**, εξετάζονται από **O&M** ενέργειες.

4.4 Iu, the UTRAN-CN Interface (Iu η UTRAN-CN διασύνδεση)

Η **Iu interface** συνδέει το **UTRAN** με το **CN**. Η **Iu** είναι μια ανοιχτή **interface**, η οποία διαχωρίζει το σύστημα σε ραδιο-συγκεκριμένο **UTRAN** και σε **CN**, το οποίο χειρίζεται τη μεταγωγή, το **routing** και τον έλεγχο υπηρεσίας. Όπως μπορούμε να το δούμε και απ' το σχήμα 4.3 το **Iu** μπορεί να έχει 2 διαφορετικές περιπτώσεις. Αυτές είναι οι εξής: α) **Iu CS (Iu Circuit Switched)** για να συνδέει το **UTRAN** με το **Circuit Switched (CS) CN**, και β) **Iu PS (Iu Packet Switched)** για να συνδέει το **UTRAN** με το **Packet Switched (PS) CN**. Ο αρχικός στόχος σχεδίου στην τυποποίηση ήταν να αναπτυχθεί μόνο μια **Iu interface**, αλλά έπειτα συνειδητοποιήθηκε ότι πλήρως βελτιστοποιημένος **User Plane** μεταφορέας, για τις **CS** και **PS** υπηρεσίες, μπορεί μόνο να επιτευχθεί αν διαφορετικές μεταφορικές τεχνολογίες επιτραπούν. Συμπερασματικά, το **Transport Network Control Plane** είναι διαφορετικό. Μια από τις κύριες σχεδιαστικές κατευθυντήριες οδηγίες ακόμα ήταν ότι το **Control Plane** πρέπει να είναι το ίδιο και για το **Iu CS** και για το **Iu PS** και οι διαφορές είναι δευτερευούσης σημασίας.

4.4.1 Protocol Structure for Iu CS (Πρωτόκολλο Κατασκευής για το Iu CS)

Η συνολική **Iu CS** κατασκευή πρωτοκόλλου παρουσιάζεται στο σχήμα 4.6. Τα 3 επίπεδα της **Iu interface** μοιράζονται ένα κοινό μεταφορικό **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** (Ασύγχρονο Τρόπο Μεταφοράς), το οποίο χρησιμοποιείται για όλα τα επίπεδα. Το φυσικό επίπεδο είναι η διασύνδεση προς το φυσικό μέσο: οπτική ίνα, ραδιο-ζεύξη ή χάλκινο καλώδιο. Η υλοποίηση της **physical layer** μπορεί να επιλεγθεί από πλειάδα προτύπων όπως το **SONET**, **STM1**, ή **E1**.

4.4.1.1 Iu CS Control Plane Protocol Stack (Iu CS Πρωτόκολλο Ελέγχου του Επιπέδου του Σωρού)

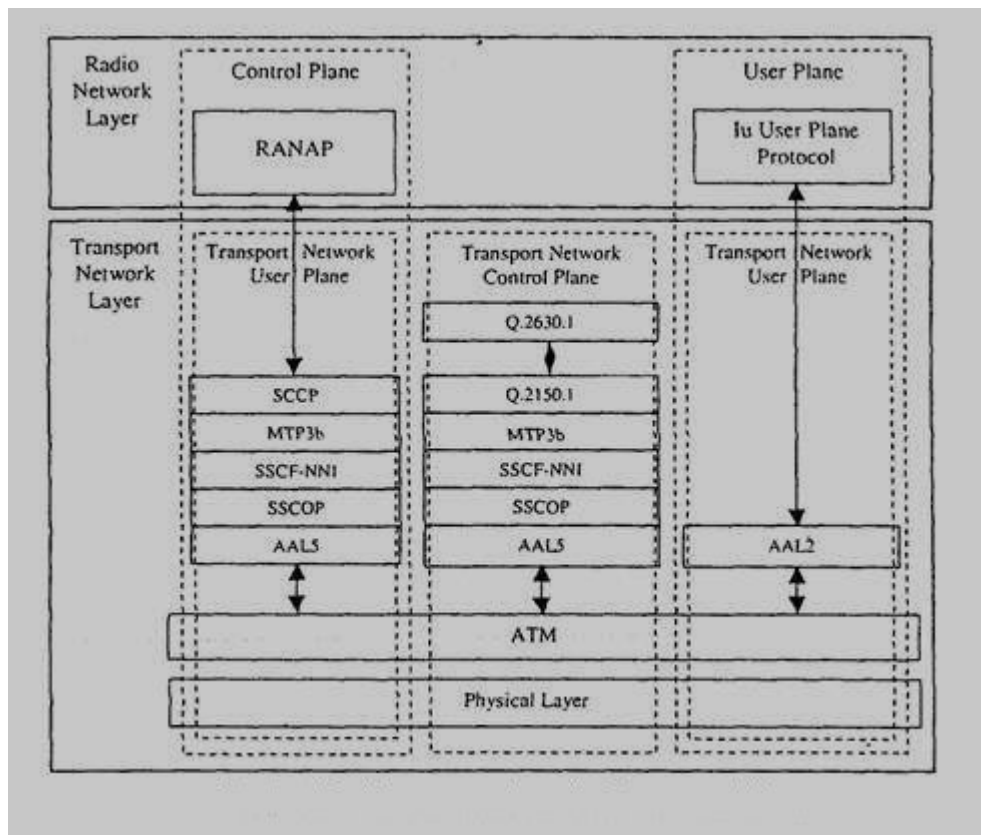
Το **Control Plane protocol stack** αποτελείται από **RANAP**, πάνω από τα **Broad Band (BB) SS7 (Signaling System #7)** πρωτόκολλα. Τα εφαρμόσιμα στρώματα είναι τα **Signaling Connection Control Part (SCCP)** (Μέρος Ελέγχου Σύνδεσης Σηματοδοσίας), το **Message Transfer Part (MTP3-b)** (Κομμάτι Μεταφοράς μηνύματος) και **SAAL-NNI (Signaling ATM Adaptation Layer for Network to Network Interfaces)** (Σηματοδοσία ATM για Προσαρμογή στο Επίπεδο και Διασύνδεση Δικτύου προς Δίκτυο). Ακόμη το **SAAL-NNI** διακρίνεται σε: α) **Service Specific Co-ordination Function (SSCF)** (Καθορισμένη Υπηρεσία Συντονισμού Λειτουργιών) και β) **Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)** (Καθορισμένη Υπηρεσία Σύνδεσης Προσανατολισμένων Πρωτοκόλλων) και **ATM Adaptation Layer 5 (AAL)** (Προσαρμογή Επιπέδου 5) επίπεδα. Τα **SSCF** και **SSCOP** επίπεδα είναι ειδικά σχεδιασμένα για μεταφορά της σηματοδοσίας στα **ATM** δίκτυα και στο να φροντίζουν αυτές τις λειτουργίες, όπως η διαχείριση της σηματοδοσίας σε μια σύνδεση. Το **AAL5** χρησιμοποιείται για την τομή των στοιχείων των **ATM** κυψέλων.

4.4.1.2 Iu CS Transport Network Control Plane Protocol Stack (Το Iu CS Μεταφορικό Πρωτόκολλο Ελέγχου του Επιπέδου του Σωρού του Δικτύου)

Το **Transport Network Control Plane protocol stack** αποτελείται από το **Signaling Protocol** (Πρωτόκολλο Σηματοδοσίας) για την εγκατάσταση **AAL2** συνδέσεων (**Q.2630.1** και προσαρμογή επιπέδου **Q.2150.1**). πάνω από τα **BB SS7** πρωτόκολλα. Ο εφαρμόσιμος **BB SS7** είναι εκείνοι που περιγράφονται πιο πάνω χωρίς **SCCP** επίπεδο.

4.4.1.3 Iu CS User Plane Protocol Stack (Iu CS Πρωτόκολλο Επιπέδου του Σωρού του Χρήστη)

Μια αφιερωμένη **AAL2** σύνδεση είναι εφεδρική για κάθε ξεχωριστή **CS** υπηρεσία. Το **Iu User Plane Protocol** βρίσκεται πάνω από το **AAL2** και περιγράφεται λεπτομερέστερα στην παράγραφο 4.4.4.



Σχήμα 4.6: Η κατασκευή του Iu CS πρωτοκόλλου.

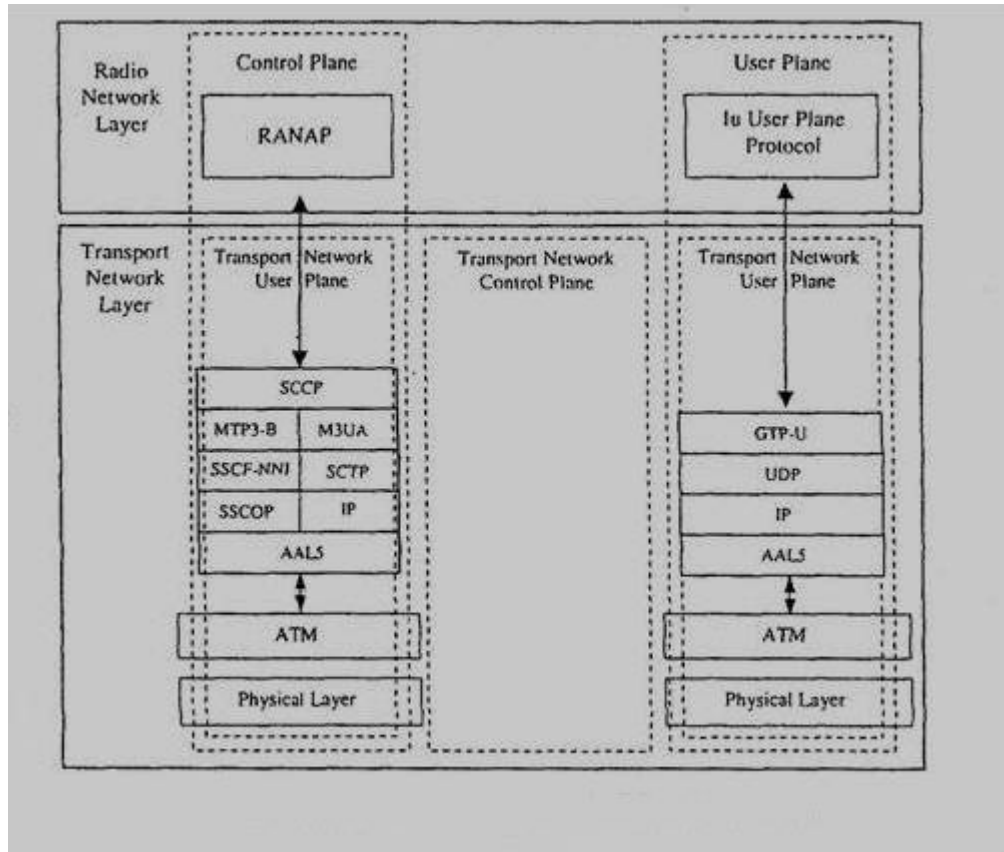
4.4.2 Protocol Structure for Iu PS (Πρωτόκολλο Κατασκευής για το Iu PS)

Η κατασκευή **Iu PS** πρωτοκόλλου παρουσιάζεται στο σχήμα 4.7. Ξανά μια κοινή **ATM** μεταφορά προστίθεται και για τους 2 **Users** (Χρήστη) και **Control Plane** (Επίπεδο Ελέγχου). Επίσης το φυσικό επίπεδο είναι όπως διευκρινίζεται για το **Iu CS**.

4.4.2.1 Iu PS Control Plane Protocol Stack (Iu PS Πρωτόκολλο Επιπέδου του Σωρού)

Το **Control Plane protocol stack** ξανά αποτελείται από **RANAP**, και τον ίδιο **BB SS7-based** κομιστή σηματοδοσίας, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 4.4.1.1. Ακόμη αποτελείται και από έναν εναλλακτικό, ένα βασικό σε **IP** κομιστή σηματοδοσίας. Το **SCCP** επίπεδο χρησιμοποιείται πολύ συχνά και για τα δυο. Ο βασικός στην **IP** κομιστής σηματοδοσίας, αποτελείται από **M3UA (SS7 MTP3 - User Adaptation Layer)** (Επίπεδο Προσαρμογής

Χρήστη)), **SCTP** (**Simple Control Transmission Protocol**) (Απλό Πρωτόκολλο Ελέγχου Εκπομπής), **IP** (**Internet Protocol**) (**Internet** Πρωτόκολλο), και **AAL5**, το οποίο είναι κοινό και στα 2 εναλλακτικά. Το **SCTP** επίπεδο έχει ειδικά καθοριστεί για σηματοδότηση της μεταφοράς στο **Internet**. Συγκεκριμένα τα προσαρμοζόμενα επίπεδα έχουν καθοριστεί για διαφορετικών ειδών πρωτόκολλα σηματοδότησης, τέτοια όπως το **M3UA** για **SS7**-βασισμένη σηματοδότηση.



Σχήμα 4.7: Η κατασκευή του Iu PS πρωτοκόλλου.

4.4.2.2 Iu PS Transport Network Control Plane Protocol Stack (Iu PS Μεταφορικό Πρωτόκολλο Ελέγχου του Επιπέδου του Σωρού του Δικτύου)

Το **Transport Network Control Plane** δεν προστίθεται στο **Iu PS**. Η εγκατάσταση του **GTP** τούνελ, απαιτεί μόνο ένα προσδιοριστικό στοιχείο ταυτότητας για το τούνελ και **IP addresses** και για τις 2 κατευθύνσεις. Αυτές ήδη συμπεριλαμβάνονται στο **RANAP RAB**. Τα ίδια στοιχεία πληροφοριών που χρησιμοποιούνται στο **Iu CS** για διευθυνσιοδότηση και αναγνώριση ταυτότητας της **AAL2** σηματοδότησης, χρησιμοποιούνται από τα **User Plane** δεδομένα στο **Iu CS**.

4.4.2.3 Iu PS User Plane Protocol Stack (Iu PS Πρωτόκολλο Επιπέδου του Σωρού του Χρήστη)

Στο **Iu PS User Plane**, πολλαπλάσιες ροές πακέτων δεδομένων πολυπλέκονται σε ένα ή σε ορισμένα **AAL5 PVCs**. Το **GTP-U (User Plane** μέρος του **GPRS** Πρωτοκόλλου τούνελ) είναι το πολυπλεγμένο επίπεδο, το οποίο παρέχει ταυτότητες για μεμονωμένα ρέοντα πακέτα δεδομένων. Κάθε ροή χρησιμοποιεί **UDP** χωρίς σύνδεση μεταφορά και **IP** διευθυνσιοδότηση.

4.4.3 RANAP Protocol (RANAP Πρωτόκολλο)

Το **RANAP** είναι το πρωτόκολλο σηματοδότησης στο **Iu** που περιέχει όλες τις πληροφορίες ελέγχου, οι οποίες έχουν καθοριστεί για το **Radio Network Layer**. Η λειτουργικότητα του **RANAP** υλοποιήθηκε από διάφορες **RANAP** αρχικές διαδικασίες. Κάθε **RANAP** λειτουργία μπορεί να απαιτεί την εκτέλεση ενός ή περισσοτέρων **EPs**. Κάθε **EP** αποτελείται είτε από το ζητούμενο μήνυμα (**τάξη 2^η EP**), είτε από το ζητούμενο και το ανταποκρινόμενο μήνυμα, σε ζευγάρι (**τάξη 1^η EP**), ή από ένα ζητούμενο μήνυμα και ένα ή περισσότερα ανταποκρινόμενα μηνύματα (**τάξη 3^η EP**). Οι ακόλουθες **RANAP** λειτουργίες και οι καθορισμένες:

- **Relocation** (Επανεντοπισμός). Αυτή η λειτουργία χειρίζεται τον επανεντοπισμό και το **Hard Handover** και των δύο **SRNS**, συμπεριλαμβανομένου και την περίπτωση του ενδο-συστήματος είτε από, είτε προς το **GSM**
- **SRNS Relocation**: η υπηρεσία της **RNS** λειτουργικότητας είναι ο επανεντοπισμός από το ένα **RNS** προς το άλλο, χωρίς καμία αλλαγή των ραδιο-πόρων και χωρίς καμία διακοπή της ροής των δεδομένων του χρήστη. Η προϋπόθεση για τον **SRNS** επανεντοπισμό, είναι ότι όλες οι ραδιο-ζεύξεις να είναι ήδη στο ίδιο **DRNC**, το οποίο είναι ο στόχος του επανεντοπισμού.
- **Inter RNS Hard Handover** (Εσωτερικό **RNS Hard Handover**): χρησιμοποιείται για τον επανεντοπισμό της υπηρεσίας της **RNS** λειτουργικότητας, από ένα **RNS** προς ένα άλλο και της αλλαγής της ανταποκρισιμότητας των ραδιο-πόρων με το **hard handover** στην **Iu interface**. Η προϋπόθεση για το **Hard Handover** είναι ότι ο **UE** είναι στα σύνορα της πηγής και των κυψέλων του στόχου.
- **RAB (Radio Access Bearer)** (Ραδιο-Πρόσβαση Κομιστή) Διαχείριση (**Management**). Αυτή η λειτουργία συνδυάζει όλο τον **RAB** χειρισμό:
 - **RAB** Εγκατάσταση (**Setup**), συμπεριλαμβανομένης και της πιθανότητας της αναμονής της εγκατάστασης,
 - Τροποποίηση των χαρακτηριστικών μιας υπάρχουσας **RAB**,
 - Καθαρίζοντας μια υπάρχουσα **RAB**, συμπεριλαμβανομένης και της **RAN**-αρχικής περίπτωσης.
- **Iu** (Απελευθέρωση) **Release**. Απελευθερώνει όλες τις πηγές (**Signaling link** (Ζεύξη Σηματοδότησης) και (**J-Plane**) (**J-Επίπεδο**)) από μια δεδομένη περίπτωση **Iu** σχετική με τον διευκρινισμένο **UE**. Επίσης συμπεριλαμβάνει τη **RAN**-αρχική περίπτωση.

- **Reporting Unsuccessfully Transmitted Data** (Αναφορά Ανεπιτυχής Εκπομπής Δεδομένων). Αυτή η λειτουργία επιτρέπει στο CN να αναβαθμίσει τα αρχεία του με πληροφορίες απ' το UTRAN, αν μέρος των δεδομένων που στάλθηκαν δεν ήταν επιτυχές, τότε στέλνονται στον UE.
- **Common ID management** (Κοινή ID Διαχείριση). Σε αυτή τη λειτουργία η μόνιμη αναγνώριση της ταυτότητας του UE στέλνεται από το CN προς το UTRAN ώστε να επιτραπεί συντονισμός σελιδοποίησης από ενδεχομένως δύο διαφορετικές CN περιοχές.
- « **Paging** (Σελιδοποίηση). Αυτό χρησιμοποιείται από το CN για να σελιδοποιήσει ένα αδρανές UE, για τον UE τερματισμό μιας υπηρεσίας, όπως η φωνητική κλήση. Ένα μήνυμα σελιδοποίησης στέλνεται από το CN προς το UTRAN με τον κοινή UE αναγνώριση ταυτότητας (μόνιμη ID) και την περιοχή σελιδοποίησης. Το UTRAN θα χρησιμοποιήσει είτε μια υπάρχουσα σύνδεση σηματοδοσίας, αν κάποια υπάρχει, ώστε να σταλθεί η σελίδα στο UE ή να αναμεταδοθεί η σελίδα στη ζητούμενη περιοχή.
- **Management of tracing** (Διαχείριση του Εντοπισμού). Το CN μπορεί, για λόγους λειτουργίας και συντήρησης, να ζητήσει απ' το UTRAN να αρχίσει καταγραφή όλων των λειτουργιών που σχετίζονται με την αρχική UE-UTRAN σύνδεση.
- **UE-CN μεταφορά σηματοδοσίας**. Αυτή η λειτουργία παρέχει διαφανής μεταφορά των UE-CN μηνυμάτων σηματοδοσίας, τα οποία δεν ερμηνεύονται από το UTRAN σε 3 περιπτώσεις:
 - Μεταφορά του 1^{ου} UE μηνύματος από το UTRAN προς το UE: αυτό μπορεί να είναι, παραδείγματος χάριν, μια απάντηση στη σελιδοποίηση, μια αίτηση για μια UE προερχόμενη κλήση ή μια μόνο εγγραφή σε μια νέα περιοχή. Επίσης αρχικοποιεί τη σύνδεση σηματοδοσίας για το **Iu**.
 - **Direct Transfer** (Άμεση Μεταφορά): χρησιμοποιείται για τη μεταφορά όλων των συνεχόμενων μηνυμάτων σηματοδοσίας πάνω από την **Iu** σύνδεση σηματοδοσίας και στις 2 κατευθύνσεις, **uplink** και **downlink**.
 - Αναμετάδοση CN πληροφοριών: επιτρέπει στο CN να θέσει τις πληροφορίες του συστήματος προς επαναλαμβανόμενη αναμετάδοση προς όλους τους χρήστες και στις 2 κατευθύνσεις.
- **Security Mode Control** (Τρόπος Ελέγχου Ασφάλειας). Αυτό χρησιμοποιείται για να ελέγξει την κρυπτογράφηση (**ciphering**) αν είναι on ή ακεραιότητα (**integrity**) off. Αν το **ciphering** είναι on, η σηματοδοσία και τα δεδομένα συνδέσεων του χρήστη στη **radio interface** είναι κρυπτογραφημένα με ένα μυστικό αλγόριθμο. Όταν ο έλεγχος ακεραιότητας (**integrity checking**) on, ένας συνολικός έλεγχος, εξασφαλίζεται από ένα μυστικό κλειδί, προστίθεται σε μερικά ή σε όλα τα **Radio Interface** μηνύματα σηματοδοσίας. Αυτό πιστοποιεί ότι ο επικοινωνιακός σύντροφος δεν άλλαξε και το περιεχόμενο των πληροφοριών δεν έχει αλλαχτεί.
- **Management of overload** (Διαχείριση της Υπερφόρτωσης). Αυτή χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί το φορτίο πάνω από την **Iu interface** οφειλόμενη στην υπερφόρτωση, παραδείγματος χάριν, να επεξεργαστεί η υπερφόρτωση στο CN ή το UTRAN. Ένας απλός μηχανισμός

προστίθεται και επιτρέπει σταδιακή μείωση του φορτίου και η σταδιακή επανάληψη, προκαλείται από ένα χρονόμετρο.

- **Reset** (Επαναφορά στις Αρχικές Συνθήκες). Αυτό χρησιμοποιείται για να επαναφέρει στις αρχικές συνθήκες τη **CN** ή την **UTRAN** πλευρά του **Iu interface** σε καταστάσεις λάθους. Ένα τέλος του **Iu** μπορεί να δείξει στο άλλο τέλος ότι αναρρώνει από την επανεκκίνηση και το άλλο τέλος μπορεί να αφαιρέσει όλες τις προηγούμενες καθιερωμένες συνδέσεις.
- **Location Reporting** (Αναφορά Θέσεως). Αυτή η λειτουργία επιτρέπει στο **CN** να λαμβάνει πληροφορίες για τη θέση μιας δεδομένης **UE**. Περιλαμβάνει 2 αρχικές διαδικασίες, μια για τον έλεγχο της θέσης, αναφέροντας το στο **RNC** και η άλλη να στείλει μια αναφορά στο **CN**.

4.4.4 Iu User Plane Protocol (Iu Πρωτόκολλο Επιπέδου Χρήστη)

Το **Iu User Plane** πρωτόκολλο βρίσκεται στο **Radio Network Layer** του **Iu User Plane**. Έχει καθοριστεί ώστε να είναι όσο πιο πολύ γίνεται ανεξάρτητο του **CN**, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί γι' αυτό. Ο λόγος είναι ότι το **User Plane** πρωτόκολλο, υπάρχει για να μεταφέρει δεδομένα του χρήστη, τα οποία σχετίζονται με το **RABs** πάνω από την **Iu interface**. Κάθε **RAB** έχει το δικό του κίνητρο για το πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο εκτελεί είτε μια πλήρως διαφανή λειτουργία, ή επανατοποθέτηση των τμημάτων των δεδομένων του χρήστη και για βασικό έλεγχο σηματοδότησης, ώστε να χρησιμοποιηθεί για αρχικοποίηση και απευθείας έλεγχο. Βασίζόμενοι σε αυτές τις αιτίες, το πρωτόκολλο έχει 2 τρόπους:

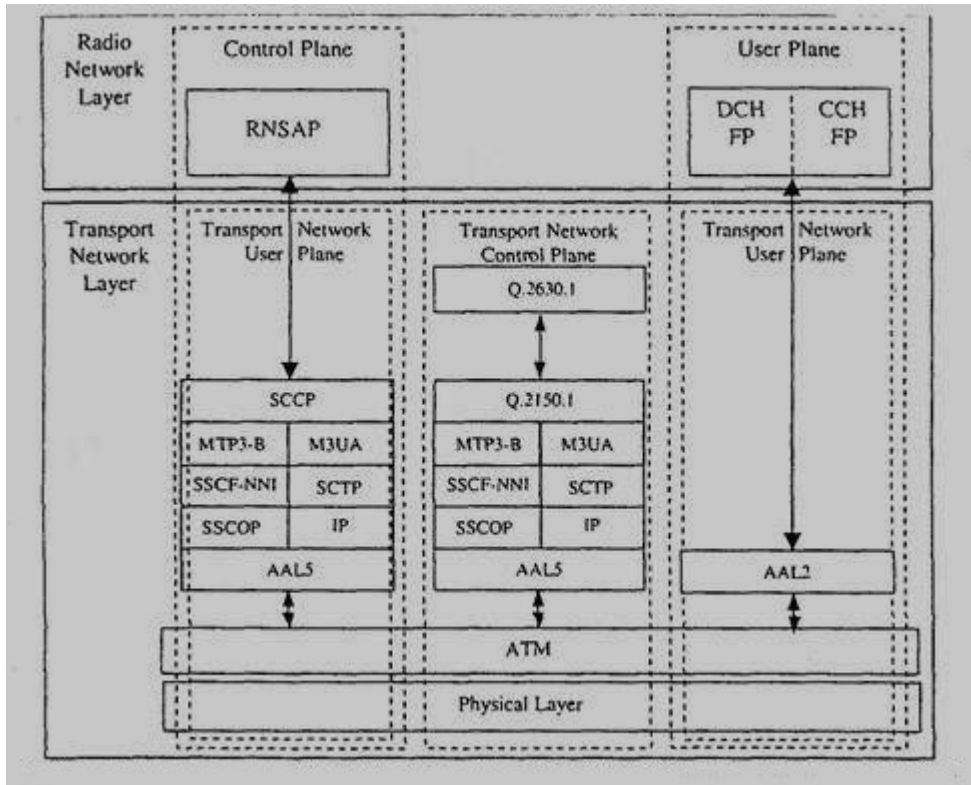
- **Transparent Mode** (Διαφανής Τρόπος). Σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας το πρωτόκολλο δεν εκτελεί καμία επανατοποθέτηση ή έλεγχο. Προστίθεται για στο **RABs** που δεν απαιτεί τέτοια χαρακτηριστικά γνωρίσματα αλλά υποθέτει πλήρως τον διαφανή τρόπο λειτουργίας.
- **Support Mode** (Τρόπος Υποστήριξης) για προκαθορισμένα **SDU** μεγέθη. Σε αυτόν τον τρόπο το **User Plane** πραγματοποιεί πλαισιοποίηση των δεδομένων του χρήστη σε τμήματα προκαθορισμένου μεγέθους. Τα **SDU** μεγέθη τυπικά ανταποκρίνονται στα **AMR (Adaptive Multirate Codec)** φωνητικά πλαίσια ή σε μεγέθη πλαισίων, τα οποία προέρχονται από διάφορους ρυθμούς δεδομένων ή από **CS** δεδομένα κλήσης. Επίσης, διαδικασίες ελέγχου για την έναρξη και τον έλεγχο ρυθμού είναι καθορισμένες και μια λειτουργία διευκρινίζεται για την ένδειξη της ποιότητας του πλαισίου που βασίζεται, παραδείγματος χάριν, στον **CRC** από την **radio interface**.

4.5 UTRAN Internal Interfaces (UTRAN Εσωτερικές Διασυνδέσεις)

4.5.1 RNC-RNC Interface (for Interface) and the RNSAP Signaling

(RNC-RNC Διασύνδεση (για διασύνδεση) και η RNSAP σηματοδότηση)

Το πρωτόκολλο σωρού του RNC προς το RNC interface (Iur interface) παρουσιάζεται στο σχήμα 4.8.



Σχήμα 4.8: Το πρωτόκολλο του σωρού (stack) του Iur interface. Για το Iur interface 2 επιλογές είναι πιθανές για τη μετάδοση της RNSAP σηματοδότησης, οι SS7 (SCCP και MTP3b) και ο νέος Sctp/IP, βασισμένοι στη μεταφορά. Δύο επίπεδα πρωτοκόλλων για το χρήστη καθορίστηκαν: DCH (dedicated channel) και το CCH: common channel.

Παρόλο που αυτό το **interface** αρχικά σχεδιάστηκε έτσι ώστε να υποστηρίξει το εσωτερικό-RNC **soft handover** (φαίνεται στο δεξί χέρι του σχήματος 4.4), περισσότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα προστέθηκαν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των προτύπων και τώρα η **Iur interface** παρέχει 4 ευδιάκριτες λειτουργίες:

1. Υποστήριξη της **Basic Inter-RNC Mobility** (Βασικής Εσωτερικής-RNS Κινητικότητας)

2. Υποστήριξη της **Dedicated Channel Traffic** (Κίνησης στο Αφοσιωμένο Κανάλι)
3. Υποστήριξη της **Common Channel Traffic** (Κίνησης στο Κοινό Κανάλι)
4. Υποστήριξη της **Global Resource Management** (Παγκόσμιας Διαχείρισης Πόρων)

Γι' αυτό το λόγο η *Iur* σηματοδοσία πρωτοκόλλου από μόνη της, (**RNSAP, Radio Network System Application Part**) έχει χωριστεί σε 4 διαφορετικές υπομονάδες (γιατί προορίζονται ως ομάδες διαδικασιών). Γενικά είναι πιθανό να υλοποιήσουμε μόνο ένα μέρος των τεσσάρων **Iur functions** ανάμεσα σε 2 **Radio Network Controllers** (Ελεγκτές Ραδιο-Δικτύου), σύμφωνα βέβαια, και με τις ανάγκες του διαχειριστή.

4.5.1.1 *Iur1*: Support of the Basic Inter-RNC Mobility (Υποστήριξη της Βασικής Εσωτερικής-RNC Κινητικότητας)

Αυτή η λειτουργία χρειάζεται τη βασική μονάδα της **RNSAP** σηματοδοσίας. Το 1^ο λιθαράκι της κατασκευής μας για τις **Iur interfaces** παρέχει από μόνο του τη λειτουργικότητα που είναι αναγκαία για την κινητικότητα του χρήστη ανάμεσα σε 2 **RNCs**, αλλά δεν υποστηρίζει την ανταλλαγή δεδομένων του χρήστη. Αν αυτή η υπομονάδα δεν υλοποιηθεί, η **Iur interface**, καθώς τέτοια δεν υπάρχει για να συνδεθεί ο χρήστης στο **UTRAN** διαμέσου της **RNS1** ώστε να αρχικοποιήσει μια κυψέλη στην **RNS2**, τότε αποσυνδέεται προσωρινά από το **UTRAN** (ελευθερώνει την **RRC** σύνδεση).

Οι λειτουργίες που προσφέρονται από την *Iur* βασική ενότητα είναι οι εξής:

- Υποστήριξη του **SRNC** επανεντοπισμού
- Υποστήριξη και αναβάθμιση της εσωτερικής-RNC κυψέλης και **UTRAN** περιοχής εγγραφής
- Υποστήριξη για σελιδοποίηση των εσωτερικών-RNC πακέτων
- Πρωτόκολλο για αναφορά λαθών

Από τη στιγμή που αυτή η λειτουργία δε συμπεριλαμβάνει δεδομένα του χρήστη για την κίνηση στο **Iur**, τα **User Plane** και **Transport Network Control Plane** πρωτόκολλα δεν είναι απαραίτητα.

4.5.1.2 *Iur2*: Support of Dedicated Channel Traffic (Υποστήριξη της Κίνησης από το Αφιερωμένο Κανάλι)

Αυτή η λειτουργία απαιτεί την ενότητα του **Dedicated Channel** της **RNSAP** σηματοδοσίας και επιτρέπει την κίνηση στο **dedicated channel** ανάμεσα σε 2 **RNCs**. Ακόμα κι αν η αρχική ανάγκη για αυτήν την λειτουργία είναι να υποστηριχθεί η εσωτερική-RNC **soft handover** κατάσταση, επιτρέπει επίσης να δέσει η **SRNC** για όλο το χρόνο που ο χρήστης χρησιμοποιεί τα **dedicated channels** (οι **dedicated** πόροι στο **Node B**), συχνά για όσο χρόνο ο χρήστης έχει μια ενεργή σύνδεση στην κυκλωματικά διακοπτόμενη περιοχή.

Αυτή η λειτουργία απαιτεί το **User Plane** πρωτόκολλο πλαισίου για το **dedicated channel**, συν το **Transport Network Control Plane** πρωτόκολλο (**Q.2630.1**), το οποίο χρησιμοποιείται για την εγκατάσταση των μεταφορικών συνδέσεων (**AAL2** συνδέσεων). Κάθε **dedicated channel** μεταβιβάζεται πέρα από μια μεταφορική σύνδεση εκτός απ' το συντονισμένο **DCH**, το οποίο χρησιμοποιείται για να λάβει την άριστη προστασία λάθους απ' την **air interface**.

Το **Frame Protocol** (Πρωτόκολλο Πλαισίου) για τα **dedicated channels**, εν συντομία **DCH FP** [**25.427**], καθορίζει την κατασκευή των πλαισίων των δεδομένων, μεταφέροντας δεδομένα χρήστη και πλαίσια ελέγχου, τα οποία χρησιμοποιούνται για ανταλλαγή μετρήσεων και πληροφορίες ελέγχου. Γι' αυτό τον λόγο, το **Frame Protocol** καθορίζει επίσης απλά μηνύματα και διαδικασίες. Τα πλαίσια δεδομένων του χρήστη καθοδηγούνται κανονικά διαφανώς μέσω του **DRNC** και κατά συνέπεια το **Iur** πρωτόκολλο πλαισίων χρησιμοποιείται επίσης και στο **Iub** και αναφέρεται σε αυτό ως **Iur/Iub DCH FP**.

Οι λειτουργίες που προσφέρονται από την **Iur DCH** υπομονάδα είναι οι εξής:

- Καθιέρωση, τροποποίηση και απελευθέρωση του **dedicated channel** στο **DRNC** λόγω του **hard** και **soft handover** στην κατάσταση που επικρατεί στο **dedicated channel**
- Εγκατάσταση και απελευθέρωση των **dedicated** μεταφορικών συνδέσεων κατά μήκος του **Iur interface**
- Μεταφορά **DCH** Μεταφορικών Εμποδίων ανάμεσα στο **SRNC** και στο **DRNC**
- Διαχείριση των ραδιο-ζεύξεων στο **DRNS** μέσω μιας διαδικασίας αναφοράς λαθών και διαδικασίες ρύθμισης ισχύος.

4.5.1.3 Iur3: Support of Common Channel Traffic (Iur3: Υποστήριξη του Κοινού Καναλιού Κίνησης)

Αυτή η λειτουργία επιτρέπει το χειρισμό της ροής των δεδομένων των **common** και **shared channels** κατά μήκος του **Iur interface**. Η **Common Transport Channel** υπομονάδα απαιτεί τη χρήση του **RNSAP** πρωτοκόλλου και του **Common Transport Channel Frame Protocol** (εν συντομία, **CCH FP**). Το **Q.2630.1** πρωτόκολλο σηματοδοσίας του **Transport Network Control Plane** είναι επίσης αναγκαίο αν **AAL2** συνδέσεις σηματοδοσίας χρησιμοποιούνται.

Εάν αυτή η λειτουργία δεν εφαρμόζεται, τότε κάθε εσωτερική-**RNC** κυψέλη πάντα ανανεώνεται με έναν σκανδαλισμό **SRNC** επανεντοπισμού, δηλ. η εξυπηρέτηση **RNC** είναι αυτή που ελέγχει την κυψέλη και χρησιμοποιείται για τις μεταφορές στα **common** ή **shared channels**.

Η αναγνώριση των πλεονεκτημάτων αυτού του χαρακτηριστικού γνώρισματος προκάλεσε μια μακροχρόνια συζήτηση στο γενικό θέμα της τυποποίησης. Αφενός, αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα επιτρέπει την υλοποίηση του συνολικού **RNC** σχεδίου, αποφεύγοντας τη διαδικασία του σύνθετου **SRNC** επανεντοπισμού (μέσω της **CN**). Αφετέρου, επιτρέπει το διαχωρισμό της λειτουργίας του επιπέδου Ενδιάμεσου Ελέγχου Πρόσβασης

(**Medium Access Control**) σε 2 στοιχεία δικτύων. Η συζήτηση δεν θα μπορούσε να επιτύχει μια συμφωνία, κατά συνέπεια το χαρακτηριστικό γνώρισμα υποστηρίζεται από τα πρότυπα αλλά δεν είναι ουσιαστικό για τη λειτουργία του συστήματος.

Οι λειτουργίες που προσφέρονται από τον υποσταθμό του **Iur common transport channel** είναι οι εξής:

- Εγκατάσταση και απελευθέρωση των μεταφορικών συνδέσεων κατά μήκος του **Iur** για ροή δεδομένων στο **common channel**
- Διαχωρισμός του **MAC** επιπέδου ανάμεσα στο **SRNC (MAC-d)** και στο **DRNC (MAC-c και MAC-sh)**. Ο προγραμματισμός για **DL** εκπομπή δεδομένων διενεργείται στο **DRNC**.
- Έλεγχος της ροής ανάμεσα στο **MAC-d** και **MAC-c/MAC-sh**

4.5.1.4 Iur4: Support of Global Resource Management (Iur4: Υποστήριξη της Διαχείρισης των Παγκόσμιων Πόρων)

Αυτή η λειτουργία παρέχει τη σηματοδότηση και την υποστήριξη των ραδιο-πόρων και των **O&M** χαρακτηριστικών γύρω από την **Iur interface**. Εφαρμόζεται μέσω της παγκόσμιας υπομονάδας του **RNSAP** πρωτοκόλλου και δεν απαιτεί κανένα **User Plane** πρωτόκολλο, δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία εκπομπή δεδομένων χρηστών πέρα από **Iur interface**. Η λειτουργία θεωρείται προαιρετική..

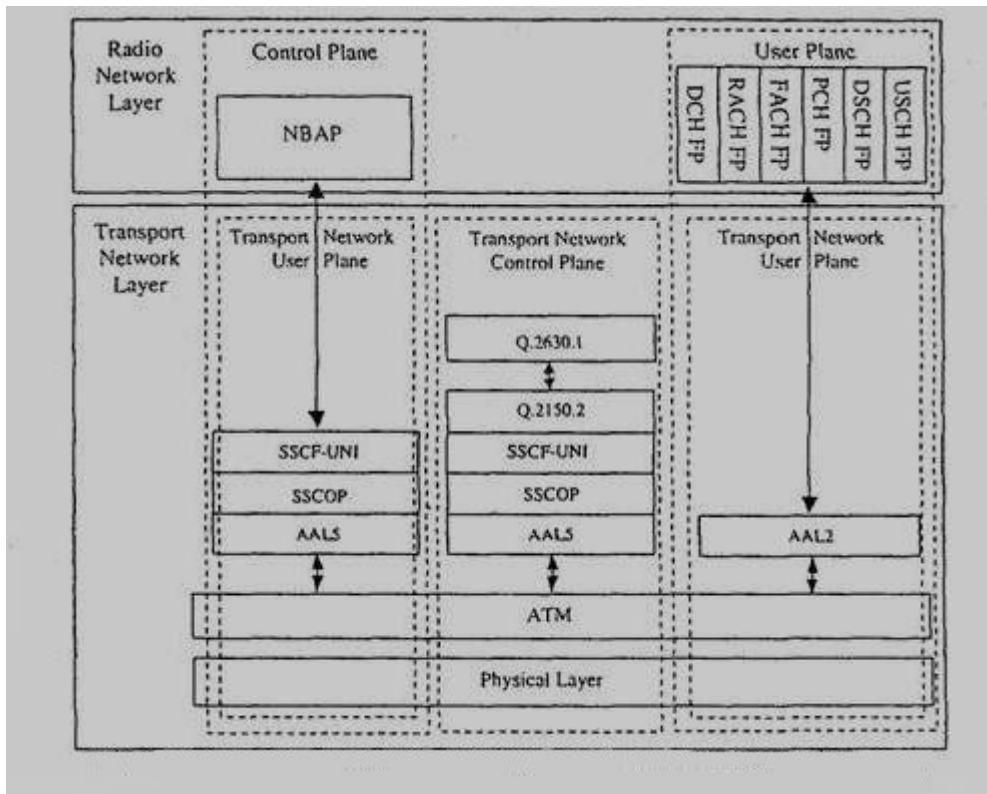
Οι λειτουργίες που προσφέρονται από την παγκόσμια υπομονάδα πόρων Iur είναι οι εξής:

- Μεταφορά των μετρήσεων των κυψέλων μεταξύ δύο **RNCs**
- Μεταφορά των πληροφοριών συγχρονισμού του **Node B** μεταξύ δύο **RiVCs**.

4.5.2 RNC-Node B Interface and the NBAP Signaling (RNC-Node B

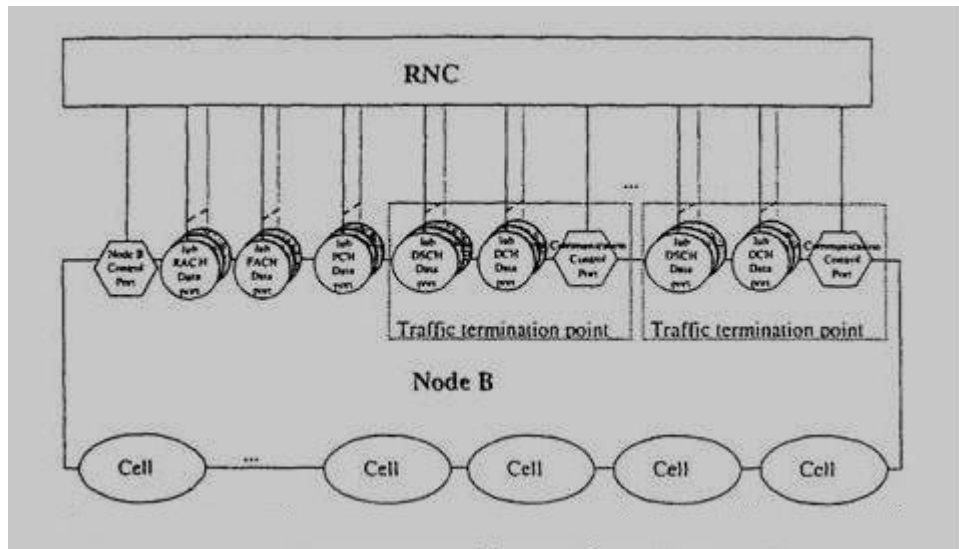
Διεπαφή και NBAP Σηματοδοσία)

Το πρωτόκολλο του σωρού του **RNC-Node B interface (Iub interface)** παρουσιάζεται στο σχήμα 4.9, μαζί με το τριπλό επίπεδο.



Σχήμα 4.9: Το πρωτόκολλο του σωρού (stack) του Iub interface. Είναι παρόμοιο με το Iur interface αλλά η κύρια διαφορά είναι ότι στα επίπεδα ελέγχου του Radio Network και του Transport Network, ο σωρός SS7, έχει αντικατασταθεί από έναν απλούστερο, τον SAAL-UNI που παίζει το ρόλο κομιστή σηματοδοσίας. Παρατηρήστε ότι η SCTP/IP πληροφορία δεν παρουσιάζεται εδώ.

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η δομή της **interface**, είναι απαραίτητο να εισαχθεί εν συντομία το λογικό πρότυπο **Node B**, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.10. Αυτό αποτελείται από το μια κοινή θύρα ελέγχου (μια κοινή ζεύξη σηματοδοσίας) και από μια ομάδα σημείων πάυσεως της κίνησης, καθένα από τα οποία ελέγχεται από μια **dedicated** θύρα ελέγχου (**dedicated** ζεύξη σηματοδοσίας). Ένα σημείο τερματισμού κινήσεως ελέγχει ένα αριθμό κινητών, τα οποία έχουν **dedicated** πόρους στο **Node B** και η ανταποκρινόμενη κίνηση μεταβιβάζεται κατευθείαν στις **dedicated** θύρες δεδομένων. Οι **common** θύρες δεδομένων έξω από τα σημεία πάυσης της κυκλοφορίας, χρησιμοποιούνται για να μεταβιβάσουν **RACH**, **FACH** και **PCH** κίνηση.



Σχήμα 4.10: Λογικό μοντέλο του Node B για το FDD

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κανένας συσχετισμός των σημείων τερματισμού της κυκλοφορίας και των κυψέλων, δηλ ένα σημείο παύσεως της κυκλοφορίας μπορεί να ελέγξει περισσότερες από μια κυψέλες και μια κυψέλη μπορεί να ελεγχθεί από περισσότερα από ένα σημεία παύσης της κυκλοφορίας.

Η **Iub interface** σηματοδοσία (**NBAP, Node B Application Part**) διακρίνεται σε 2 βασικά μέρη: το κοινό **NBAP**, το οποίο καθορίζει τις διαδικασίες σηματοδοσίας κατά μήκος της κοινής ζεύξης σηματοδοσίας και του **NBAP**, το οποίο χρησιμοποιείται στην αφιερωμένη ζεύξη σηματοδοσίας.

Τα πρωτόκολλα πλαισίων **User Plane Iub** καθορίζουν τις κατασκευές των πλαισίων και τις βασικές **in-band** διαδικασίες ελέγχου, για κάθε τύπο μεταφορικού καναλιού. Η **Q.2630.1** σηματοδοσία χρησιμοποιείται για τη δυναμική διαχείριση των **AAL2** συνδέσεων που χρησιμοποιούνται στο **User Plane**.

4.5.2.1 Common NBAP and the Logical O&M (Το Κοινό NBAP και το Λογικό O&M)

Οι κοινές **NBAP (C-NBAP)** διαδικασίες χρησιμοποιούνται για σηματοδοσία, η οποία δεν σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο πλαίσιο **UE** που ήδη υπάρχει στο **Node B**. Ειδικότερα, το **C-NBAP** καθορίζει όλες τις διαδικασίες **O&M** (Λειτουργία και συντήρηση) του **Node B**, όπως η σχεδίαση τμημάτων και η επίβλεψη των σφαλμάτων.

Οι κύριες λειτουργίες του **Common NBAP** είναι οι εξής:

- Εγκατάσταση του **1^ο RL** από έναν **UE** και επιλογή του σημείου τερματισμού της κυκλοφορίας
- Διαμόρφωση κυψέλης
- Χειρισμός των **RACH/FACH** και **PCH** καναλιών
- Αρχικοποίηση και αναφορά συγκεκριμένων μετρήσεων της κυψέλης ή του **Node B**.
- Διαχείριση σφαλμάτων

4.5.2.2 Dedicated NBAP (Αφοσιωμένο NBAP)

Όταν το **RNC** απαιτήσει να γίνει η 1^η ραδιο-ζεύξη για ένα **UE** διαμέσου της διαδικασίας **C-NBAP Radio Link Setup** (Εγκατάσταση Ραδιο-Ζεύξης), ο **Node B** ορίζει ένα σημείο λήξης της κυκλοφορίας, για το χειρισμό αυτού του πλαισίου **UE** και κάθε τέτοιας δευτερεύουσας ακολουθίας σηματοδότησης που σχετίζεται με αυτό το κινητό. Τότε αυτό το κινητό ανταλλάσσεται με τις **dedicated NBAP (D-NBAP)** διαδικασίες κατά μήκος της αφιερωμένης θύρας ελέγχου του δεδομένου **Traffic Termination Point**.

Οι κύριες λειτουργίες του **Dedicated NBAP** είναι οι εξής:

- Προσθήκη, ελευθέρωση και επαναδιαμόρφωση των ραδιο-ζεύξεων για ένα **UE** περιβάλλον
- Χειρισμός των **dedicated** και **shared channels**
- Χειρισμός των μαλακότερων συνδυασμών
- Αρχικοποίηση και αναφορά των συγκεκριμένων μετρήσεων που τελούνται στις ραδιο-ζεύξεις αλλά και αναφορά και διαχείριση των λαθών.

5. Physical Layer (Φυσικό Επίπεδο)

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο το φυσικό επίπεδο (**physical layer**) του **WCDMA (UTRA FDD)** περιγράφεται. Το **physical layer** της ραδιο-διασύνδεσης (**radio interface**) ήταν βασικά το κύριο θέμα συζήτησης, όταν διαφορετικά κυψελοειδή συστήματα συγκρίνονταν, το ένα με το άλλο. Οι δομές του **physical layer** σχετίζονται άμεσα με τα επιτεύξιμα ζητήματα απόδοσης, όταν παρατηρούμε μια ενιαία σύνδεση ανάμεσα σε ένα τερματικό σταθμό (**terminal station**) και σε ένα **base station**. Για την ολική απόδοση του συστήματος, τα πρωτόκολλα στα άλλα επίπεδα, τέτοια όπως τα πρωτόκολλα **handover**, επίσης ασκούν πολλή επίδραση. Φυσικά είναι βασικό να έχουμε χαμηλές απαιτήσεις (**SIR**) για την ικανοποιητική και αποδοτική σύνδεση με τη διαφορετική κωδικοποίηση και ποικιλία λύσεων στο **physical layer**, από τότε που το **physical layer** καθορίζει τα θεμελιώδη όρια χωρητικότητας.

Το **physical layer** ασκεί μεγάλη επιρροή στην πολυπλοκότητα του εξοπλισμού του **terminal station** και του **base station** όσον αφορά την απαιτούμενη ισχύ που χρειάζεται η διαδικασία επεξεργασίας της βασικής ζώνης. Όπως και τα οφέλη της ποικιλίας από τη μεριά της απόδοσης. Η ευρείας ζώνης φύση του **WCDMA** προσφέρει επίσης νέες προκλήσεις στην εφαρμογή του. Σαν τρίτης γενιάς συστήματα παρέχουν και πολλές, περισσότερες και καλύτερες υπηρεσίες. Το **physical layer** δεν σχεδιάστηκε μόνο για παροχή μιας υπηρεσίας, όπως η (υπηρεσία) φωνής. Περισσότερη ευελιξία απαιτείται για τη μελλοντική εισαγωγή υπηρεσιών. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τις λύσεις για την **WCDMA physical layer** για να καλύψουν εκείνες τις απαιτήσεις.

Αυτό το κεφάλαιο χρησιμοποιεί τον όρο “**terminal**” για τον εξοπλισμό χρηστών. Στην ορολογία του **3GPP**, οι όροι Εξοπλισμός Χρήστη (**User Equipment (UE)**) και Εξοπλισμός Κινητού (**Mobile Equipment (ME)**) χρησιμοποιούνται συχνά. Η διαφορά συνίσταται στο ότι ο **UE** επίσης συμπεριλαμβάνει τη Μονάδα Περιγραφής Ταυτότητας (**Subscriber Identification Module (SIM)**) όπως περιγράφεται στο Ε Κεφάλαιο, στο οποίο η αρχιτεκτονική του δικτύου **UTRA** παρουσιάζεται. Ο όρος “**base station**” χρησιμοποιείται επίσης απ’ άκρη σ’ άκρη στο κεφάλαιο αυτό, εν τούτοις για το **3GPP** οι εν μέρει προδιαγραφές του όρου **Node B** χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν τα μέρη του **base station**, τα οποία περιέχουν κατάλληλα μέρη από την οπτική γωνία του **physical layer**. Οι προδιαγραφές του **UTRA FDD physical layer** περιλαμβάνονται στις παραπομπές.

5.2 Κανάλια Μεταφοράς (Transport Channels) και ο σχεδιασμός τους σε Φυσικά Κανάλια(Physical Channels)

Στο **UTRA** τα δεδομένα που παράγονται σε υψηλότερα επίπεδα μεταφέρονται στον αέρα με τα **transport channels**, τα οποία σχεδιάζονται στο **physical layer** σε **physical channels**. Το **physical layer** απαιτείται για να υποστηρίξει μεταβλητό **bit rate** στα **transport channels**, έτσι ώστε να

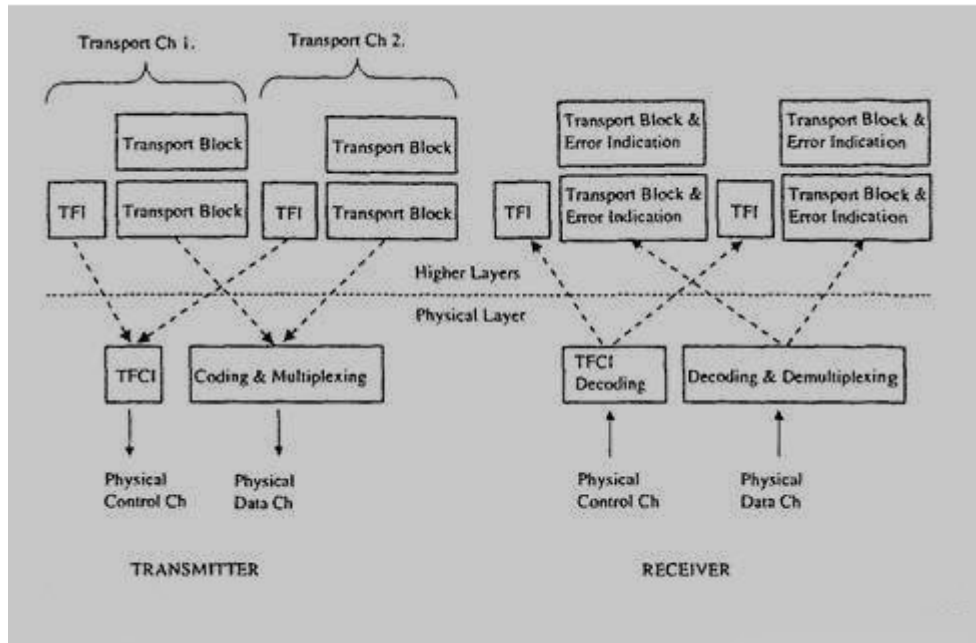
προσφερθούν υπηρεσίες εύρους ζώνης κατά απαίτηση (**bandwidth-on-demand**) και για να μπορούν να προσφέρουν πολλαπλές υπηρεσίες σε μια σύνδεση. Αυτή η παράγραφος παρουσιάζει το σχεδιασμό των **transport channels** σε **physical channels**, και πώς αυτές οι 2 απαιτήσεις λαμβάνονται υπ' όψιν κατά το σχεδιασμό.

Κάθε **transport channel** συνοδεύεται από τον Ενδεικτη Μεταφοράς Τυποποίησης (**Transport Format Indicator (TFI)**) για κάθε χρονικό γεγονός, του οποίου τα δεδομένα αναμένεται να φτάσουν στο ειδικό **transport channel** από τα υψηλότερα επίπεδα. Το **physical layer** συνδυάζει τις **TFI** πληροφορίες από διαφορετικά **transport channels** στον Ενδεικτη Συνδυασμών Μεταφοράς Τυποποίησης (**Transport Format Combination Indicator (TFCI)**). Ο **TFCI** μετατρέπεται κατά τον έλεγχο του **physical channel**, για να πληροφορήσει το δέκτη, του οποίου τα **transport channels** είναι ενεργά για το τρέχον πλαίσιο: η εξαίρεση σε αυτό είναι η χρήση της Τυφλής Μεταφοράς Τυποποίησης Ανίχνευσης (**Blind Transport Format Detection (BTFD)**) που θα καλυφθεί σχετικά με το αφοσιωμένο **downlink** καναλιών. Ο **TFCI** κωδικοποιείται κατάλληλα στο δέκτη και το αποτέλεσμα που παρέχεται από το **TFI** δίνεται σε υψηλότερα επίπεδα για κάθε ένα από τα **transport channels**, τα οποία μπορούν να είναι ενεργά για τη σύνδεση. Στο σχήμα 5.1 δύο **transport channels** σχεδιάστηκαν σε ένα μόνο **physical channel**, και επίσης μια ένδειξη λάθους παρέχεται για κάθε μεταφορικό φραγμό. Τα **transport channels** μπορούν να έχουν ένα διαφορετικό αριθμό μεταφορικών φραγμών σε οποιαδήποτε στιγμή όταν όχι όλα τα **transport channels** είναι απαραίτητα ενεργά.

Ένα **physical channel** ελέγχου και ένα ή περισσότερα **physical channels** δεδομένων σχηματίζουν / αποτελούν ένα μοναδικό Κωδικοποιημένο Σύνθετο Μεταφορικό Κανάλι (**Coded Composite Transport Channel (CCTrCh)**). Μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα **CCTrCh** σε μια δεδομένη σύνδεση αλλά μόνο ένα φυσικού επιπέδου κανάλι ελέγχου (**physical layer control channel**) διαβιβάζεται σε αυτή την περίπτωση.

Η **interface** ανάμεσα στα υψηλότερα επίπεδα και στο **physical layer** είναι λιγότερο αρμόδια για την τελική εφαρμογή και καταλαβαίνουμε ότι η **interfacing** διαδικασία εδώ είναι ένα εργαλείο για μια εργασία προδιαγραφών. Από την πλευρά δικτύων, ο διαχωρισμός των λειτουργιών ανάμεσα στα **physical** και **higher layers** είναι περισσότερο σημαντικός, από τότε που η **interface** ανάμεσα σε **physical** και **higher layers** αναπαριστάται από την **Iub-interface**, ανάμεσα στο **base station** και στον Ελεγκτή Ραδιο-Δικτύου (**Radio Network Controller (RNC)**) όπως περιγράφεται στο Δ κεφάλαιο.

Δύο τύποι **transport channels** υπάρχουν: αφιερωμένα κανάλια (**dedicate channels**) και κοινά κανάλια (**common channels**). Η κύρια διαφορά ανάμεσα σε αυτά είναι ότι το **common channel** είναι μια πηγή μοιρασμένη σε όλους ή σε μια ομάδα χρηστών σε μια κυψέλη. Ενώ ένας πόρος **dedicated channel**, αναγνωρίζεται από ένα συγκεκριμένο κωδικό σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, και περιορίζεται για ένα χρήστη μόνο.



Σχήμα 5.1: Το interface ανάμεσα σε higher layers και physical layer

5.2.1 Dedicated Transport Channel (Αφοσιωμένα (δηλ. Ιδιωτικά)

Μεταφορικά Κανάλια)

Το μοναδικό **dedicated transport channel** είναι το **dedicated channel**, για το ποίο ο όρος **DCH** χρησιμοποιείται στις 25-σειρές των προδιαγραφών του **UTRA**. Το **dedicated transport channel** φέρνει όλες τις πληροφορίες, οι οποίες προορίζονται και προέρχονται από επίπεδα πάνω από το **physical layer**, συμπεριλαμβανομένων και δεδομένων για τις ακριβείς υπηρεσίες, όπως ο έλεγχος πληροφοριών στα υψηλότερα επίπεδα. Τα περιεχόμενα των πληροφοριών στο **DCH** δεν είναι ορατά στο **physical layer**, γι' αυτό το λόγο ο έλεγχος πληροφοριών στα υψηλότερα επίπεδα και τα δεδομένα του χρήστη συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο. Φυσικά οι παράμετροι του **physical layer** που καθορίστηκαν από το **UTRAN** μπορεί να διαφέρουν ανάμεσα στον έλεγχο και στα δεδομένα.

Τα συγγενή κανάλια **GSM**, το κανάλι διακίνησης (**traffic channel (TRCH)**) ή κανάλι συσχέτισης ελέγχου (**associated control channel (ACCH)**), δεν υφίστανται στο **UTRA physical layer**. Το αφοσιωμένο **transport channel** μεταφέρει και τα δεδομένα για το **service**, όπως τα πλαίσια της ομιλίας και υψηλότερων επιπέδων πληροφορίες ελέγχου, όπως εντολές **handover** ή αναφορές μετρήσεων από το τερματικό. Στο **WCDMA** ένα ξεχωριστό **transport channel** δεν είναι αναγκαίο λόγω της υποστήριξης του μεταβλητού **bit rate** και της πολυπλεξίας του **service**.

Το αφοσιωμένο **transport channel** χαρακτηρίζεται από στοιχεία όπως ο γρήγορος έλεγχος ισχύος, γρήγορος ρυθμός αλλαγής δεδομένων (με βάση την

αρχή πλαίσιο προς πλαίσιο) και η πιθανότητα της μετάδοσης αυτού σε ένα συγκεκριμένο κομμάτι της κυψέλης ή σε ένα συγκεκριμένο τομέα με ποικιλία βαρών κεραιών και με προσαρμοστικά συστήματα κεραιών. Το αφοσιωμένο κανάλι υποστηρίζει το **soft handover**.

5.2.2 Common Transport Channels (Κοινά Μεταφορικά Κανάλια)

Υπάρχουν αυτή τη στιγμή 6 διαφορετικοί, κοινοί τύποι **transport channel** προορισμένοι για το **UTRA**, οι οποίοι παρουσιάζονται στις παρακάτω ενότητες. Υπάρχουν ορισμένες διαφορές από τα συστήματα 2^{ης} γενιάς, για παράδειγμα η εκπομπή πακέτου δεδομένων στα **common channels**, και το **downlink** από ένα **shared channel** για εκπομπή πακέτου δεδομένων. Τα **Common channels** δεν έχουν **soft handover** αλλά ορισμένα από αυτά έχουν γρήγορο έλεγχο ισχύος.

5.2.2.1 Broadcast Channel (Εκπεμπόμενο Κανάλι)

Το **Broadcast Channel (BCH)** είναι ένα **transport channel**, το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταδοθεί πληροφορία ειδικά στο **UTRA** δίκτυο ή σε κάποια συγκεκριμένη κυψέλη. Τα πιο συνηθισμένα δεδομένα που χρειάζονται σε κάθε δίκτυο είναι οι διαθέσιμοι και τυχαίοι κώδικες πρόσβασης και οι σχισμές πρόσβασης στην κυψέλη, ή ποικιλία των μεθόδων διάδοσης που χρησιμοποιούνται μαζί και με άλλα κανάλια, γι' αυτή την κυψέλη. Όπως το τερματικό δεν μπορεί να καταχωρηθεί στην κυψέλη δίχως την πιθανότητα της κωδικοποίησης του **broadcast channel**, έτσι και αυτό το κανάλι είναι απαραίτητο για την εκπομπή του να χρησιμοποιήσει σχετικά υψηλή ισχύ προκειμένου να καλυφθούν όλοι οι χρήστες μέσα στην προοριζόμενη περιοχή κάλυψης. Από μια πρακτική σκοπιά, ο ρυθμός της πληροφορίας στο **broadcast channel** περιορίζεται από την ικανότητα των **low-end** τερματικών, η οποία είναι η κωδικοποίηση του ρυθμού των δεδομένων του **broadcast channel**. Αυτό έχει ως κατάληξη, ένα χαμηλό και σταθερό ρυθμό για το **UTRA broadcast channel**.

5.2.2.2 Forward Access Channel (Απευθείας Πρόσβασης Κανάλια)

Το **Forward Access Channel (FACH)** είναι ένα **downlink transport channel**, το οποίο παρέχει πληροφορίες ελέγχου σε γνωστά τερματικά, για να εντοπίζουν τη δεδομένη κυψέλη. Αυτό είναι έτσι, παραδείγματος χάριν, μετά από τη λήψη από τον **base station**, ενός μηνύματος τυχαίας πρόσβασης. Είναι επίσης πιθανό να εκπέμψουμε πακέτο δεδομένων στο **FACH**. Εκεί μπορεί να υπάρχει παραπάνω από ένα **FACH** στην κυψέλη. Ένα από τα **Forward Access Channels** πρέπει να έχει χαμηλό ρυθμό δεδομένων, έτσι ώστε να μπορεί να εκπεμφθεί από όλα τα τερματικά σε όλη την περιοχή. Όταν υπάρχει παραπάνω από ένα **FACH**, τα επιπλέον κανάλια μπορούν να έχουν έναν υψηλότερο ρυθμό δεδομένων. Το **FACH** δε χρησιμοποιεί γρήγορο έλεγχο ισχύος και τα μεταδιδόμενα μηνύματα χρειάζεται να συμπεριλαμβάνουν μια πληροφορία, η οποία θα περιέχει στοιχεία της ταυτότητάς τους, για τη ζώνη που βρίσκονται, έτσι ώστε να σιγουρευτεί η σωστή παραλαβή τους.

5.2.2.3 Paging Channel (Κανάλια Σελιδοποίησης)

Το **Paging Channel (PCH)** είναι ένα **downlink transport channel**, το οποίο μεταφέρει κατάλληλα δεδομένα για τη διαδικασία σελιδοποίησης, η οποία είναι, όταν το δίκτυο θέλει να επικοινωνήσει με το τερματικό. Το απλούστερο παράδειγμα είναι μια φωνητική κλήση προς το τερματικό: το δίκτυο εκπέμπει το σελιδοποιημένο μήνυμα στο τερματικό του **paging channel** εκείνων των κυψέλων που ανήκουν στην εξακριβωμένη περιοχή, στην οποία το τερματικό αναμένεται να είναι μέσα. Το πανομοιότυπο μήνυμα σελιδοποίησης μπορεί να εκπεμφθεί από μία μόνο κυψέλη ή μέχρι και πάνω από μερικές εκατοντάδες κυψέλες. Αυτό εξαρτάται από τη διαμόρφωση του συστήματος. Τα τερματικά πρέπει να μπορούν να λαμβάνουν την πληροφορία σελιδοποίησης σε όλη την κυψελοειδή περιοχή. Ο σχεδιασμός του **paging channel** έχει επιπτώσεις επίσης στην κατανάλωση ισχύος του τερματικού, όταν βρίσκεται σε κατάσταση **standby** (αναμονής). Κάποιες φορές το τερματικό πρέπει να συντονίζεται με το δέκτη για να μπορεί να ακούσει το πιθανό μήνυμα σελιδοποίησης. Η μπαταρία του τερματικού διαρκεί περισσότερο όταν βρίσκεται σε κατάσταση **standby**.

5.2.2.4 Random Access Channel (Τυχαίας Πρόσβασης Κανάλια)

Το **Random Access Channel (RACH)** είναι ένα **uplink transport channel** προορισμένο για να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά πληροφορίας ελέγχου από το τερματικό, τέτοια όπως το αίτημα της δημιουργίας μια σύνδεσης. Μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί για την αποστολή μικρής ποσότητας πακέτου δεδομένων από το τερματικό προς το δίκτυο. Για την κατάλληλη λειτουργία του συστήματος το **random access channel** πρέπει να ακούγεται από όλη την επιθυμητή κυψελοειδή περιοχή κάλυψης, το οποίο επίσης σημαίνει ότι οι πρακτικοί ρυθμοί δεδομένων πρέπει να είναι κάπως χαμηλοί, το λιγότερο για την αρχική πρόσβαση του συστήματος και για άλλες διαδικασίες ελέγχου.

5.2.2.5 Uplink Common Packet Channel (Κανάλι Κοινού Πακέτου Άνω Ζεύξης)

Το **Uplink Common Packet Channel (CPCH)** είναι μια επέκταση του **RACH channel**, η οποία ως σκοπό της έχει να μεταφέρει δεδομένα χρήστη που βασίζονται σε πακέτα, προς την κατεύθυνση του **uplink**. Το ζευγάρι που παρέχει τα στοιχεία στην κατεύθυνση των **uplink** συνδέσεων είναι το **FACH**. Στην **physical layer**, οι κύριες διαφορές από το **RACH** είναι η χρήση του γρήγορου ελέγχου ισχύος. Μια **physical layer** βασίζεται σε ένα μηχανισμό ανίχνευσης και σύγκρουσης και μια κατάσταση **CPCH** που επιβλέπει τη διαδικασία. Η **uplink CPCH** εκπομπή μπορεί να διαρκεί αρκετά πλαίσια σε αντίθεση με το 1 ή τα 2 πλαίσια του μηνύματος **RACH**.

5.2.2.6 Downlink Shared Channel (Κοινό Κανάλι Κάτω Ζεύξης)

Το **Downlink Shared Channel (DSCH)** είναι ένα **transport channel**, το οποίο ως σκοπό του έχει να μεταφέρει δεδομένα χρήστη και/ή πληροφορίες ελέγχου. Μπορεί να μοιραστεί από αρκετούς χρήστες. Από πολλές απόψεις είναι παρεμφερές με **forward access channel** αλλά το **shared channel**

υποστηρίζει τη χρησιμοποίηση της διαδικασίας του γρήγορου ελέγχου ισχύος όπως και το μεταβλητό **bit rate** στη βάση της λειτουργίας πλαίσιο-προς-πλαίσιο (**frame-by-frame basis**). Το **DSCH** δεν χρειάζεται να ακούγεται (δηλ. να λειτουργεί) σε όλη την κυψελοειδή περιοχή και μπορεί να υιοθετήσει διαφορετικούς τρόπους ποικίλης μεθοδολογίας για εκπομπή από κεραία, οι οποίοι χρησιμοποιούνται με το συνδεδεμένο **downlink DCH**. Το **downlink shared channel** βρίσκεται πάντα σε συνεργασία με ένα **downlink DCH**.

5.2.2.7 Required Transport Channels (Απαιτούμενα Μεταφορικά Κανάλια)

Τα **Common Transport Channels** που χρειάζονται για τη λειτουργία του βασικού δικτύου είναι τα **RACH**, **FACH** και **PCH**, ενώ η χρήση των **DSCH** και **CPCH** είναι προαιρετική και μπορεί να αποφασιστεί από το δίκτυο.

5.2.3 Mapping of Transport Channels onto the Physical Channels

(Σχεδιασμός Μεταφορικών Καναλιών επάνω σε Φυσικά Κανάλια)

Τα διαφορετικά **Transport Channels** σχεδιάζονται σε διαφορετικά **Physical Channels**, εν τούτοις μερικά από τα **transport channels** φέρονται από πανομοιότυπα (ή ακόμη και το ίδιο) **physical channel**. Εκτός από τα **transport channels** που παρουσιάσαμε νωρίτερα, υπάρχουν και **physical channels** για να μεταφέρουν μόνο πληροφορία, η οποία είναι κατάλληλη για τις διαδικασίες της **physical layer**. Το Κανάλι Συγχρονισμού (**Synchronization Channel (SCH)**), το Κοινό Πιλοτικό Κανάλι (**Common Pilot Channel (CPICH)**) και το Απόκτησης Ένδειξης Κανάλι (**Acquisition Indication Channel (AICH)**) δεν είναι απ' ευθείας ορατά στις **higher layers** και είναι υποχρεωμένα εξ' απόψεως της λειτουργίας του συστήματος, να αναμεταδίδονται σε κάθε **base station**. Το **CPCH** Κανάλι Ένδειξης Κατάστασης (**Status Indication Channel (CSICH)**) και το Σύγκρουσης-Εντοπισμού Κανάλι / Αποστολής Ένδειξης Κανάλι (**Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel (CD/CA-ICH)**) χρειάζονται αν το **CPCH** χρησιμοποιείται.

Το **dedicated channel (DCH)** σχεδιάστηκε επάνω σε 2 **physical channels**. Το **Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)** μεταφέρει πληροφορίες για την **higher layer**, συμπεριλαμβανομένων και δεδομένων χρήστη, κατά τη διάρκεια της οποίας το **Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)** μεταφέρει τις απαραίτητες πληροφορίες, οι οποίες αφορούν τον έλεγχο της **physical layer**. Αυτά τα 2 **dedicated physical channels** χρειάζονται για να υποστηρίξουν αποτελεσματικά το μεταβλητό **bit rate** στην **physical layer**. Το **bit rate** του **DPCCH** είναι σταθερό, ενώ το **bit rate** του **DPDCH** μπορεί να αλλάξει από πλαίσιο σε πλαίσιο.

Transport Channels	Physical Channels
BCH -----	Primary Common Control Physical Channel (PCCPCH)
FACH -----	Secondary Common Control Physical Channel (SCCPCH)
PCH -----→	Secondary Common Control Physical Channel (SCCPCH)
RACH -----	Physical Random Access Channel (PRACH)
DCH -----	Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)
DCH -----→	Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)
DSCH -----	Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)
CPCH -----	Physical Common Packet Channel (PCPCH)
	Synchronisation Channel (SCH) Common Pilot Channel (CPICH) Acquisition Indication Channel (AICH) Paging Indication Channel (PICH) CPCH Status Indication Channel (CSICH)
	Collision Detection/Channel Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH)

Σχήμα 5.2: Σχεδιασμός μεταφορικού καναλιού σε φυσικό κανάλι

5.2.4 Frame Structure of Transport Channels (Η Δομή του Πλαισίου στα Μεταφορικά Κανάλια)

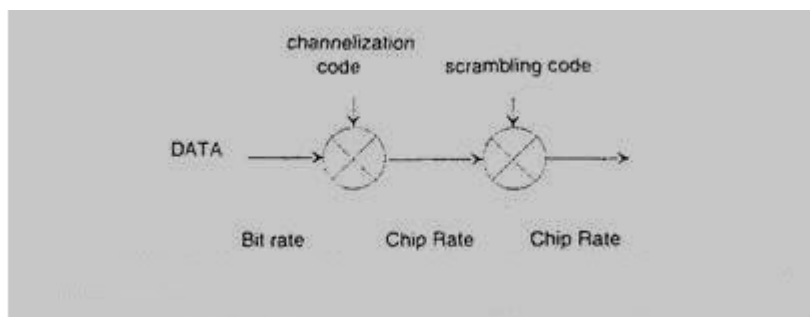
Τα **UTRA** κανάλια χρησιμοποιούν 10ms για τη δομή της κατασκευής ενός ραδιο-πλαίσιου. Η πιο μεγάλη περίοδος χρήσης αφορά την περίοδο του πλαισίου του συστήματος. Ο Αριθμός Πλαισίου Συστήματος (**System Frame Number (SFN)**) είναι ένας **12-bit** αριθμός, ο οποίος χρησιμοποιείται από αρκετές διαδικασίες που εκτείνονται πέρα από ένα μόνο πλαίσιο. Οι διαδικασίες της **Physical layer**, τέτοιες όπως η διαδικασία σελιδοποίησης ή η διαδικασία τυχαίας πρόσβασης, είναι παραδείγματα που χρειάζονται μια μεγαλύτερη περίοδο από 10ms για σωστό καθορισμό.

5.3 Spreading and Modulation (Διάχυση/Διάδοση/Απλωμα και Κωδικοποίηση)

5.3.1 Scrambling (Ανακάτεμα)

Η έννοια του **spreading** της πληροφορίας σε ένα **CDMA** σύστημα, παρουσιάστηκε στο Γ κεφάλαιο. Εκτός από το **spreading**, μέρος της διαδικασίας που συμβαίνει στον πομπό είναι η λειτουργία / διαδικασία του ανακατέματος (**scrambling operation**). Αυτή είναι αναγκαία για το διαχωρισμό των τερματικών ή των **base stations**, το ένα απ' το άλλο. Το **scrambling** χρησιμοποιείται επιπροσθέτως του **spreading**. Έτσι δεν αλλάζει το εύρος ζώνης του σήματος αλλά μόνο «κάνει τα σήματα, από διάφορες πηγές, ευδιαχώριστα το ένα από τα' άλλο». Με το **scrambling**, δεν θα πείραζε εάν πραγματικά το **spreading** γινόταν με κάποιο πανομοιότυπο κώδικα για αρκετούς πομπούς. Το Σχήμα 5.3 δείχνει το συσχετισμό του ρυθμού του **chip (chip rate)** στο κανάλι κατά το **spreading** και το **scrambling** στα **UTRA** συστήματα. Καθώς ο **chip rate** είναι ήδη κατά τη διαδικασία του **spreading** από τη διοχέτευση των

κωδίκων, ο ρυθμός του συμβόλου (**symbol rate**) δεν επηρεάζεται από το **scrambling**. Η έννοια της διοχέτευσης των κωδίκων καλύπτεται στην απομένει παράγραφο.



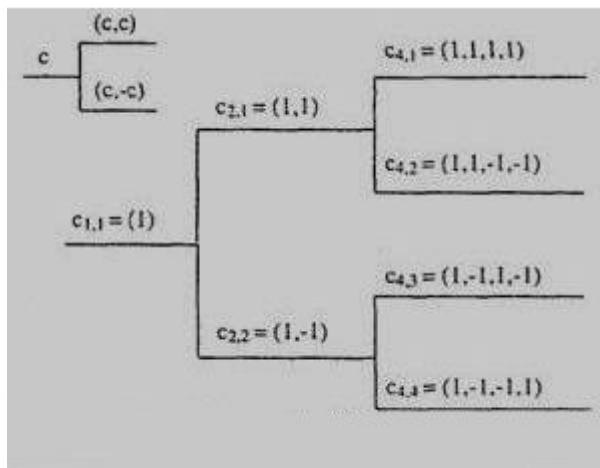
Σχήμα 5.3: Σχέση μεταξύ του spreading και του scrambling

5.3.2 Channelisation Codes (Κώδικες Διοχέτευσης)

Οι εκπομπές από μια πηγή χωρίζονται με τη βοήθεια των κωδίκων διοχέτευσης, δηλ. οι **downlink** συνδέσεις μέσα σε ένα τομέα και το αφιερωμένο **physical channel** στο **uplink** από ένα τερματικό. Οι **spreading / channelisation codes** του **UTRA** βασίζονται στην τεχνική του Ορθογώνιου, Μεταβλητής Διασποράς Παράγοντα (**Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF)**).

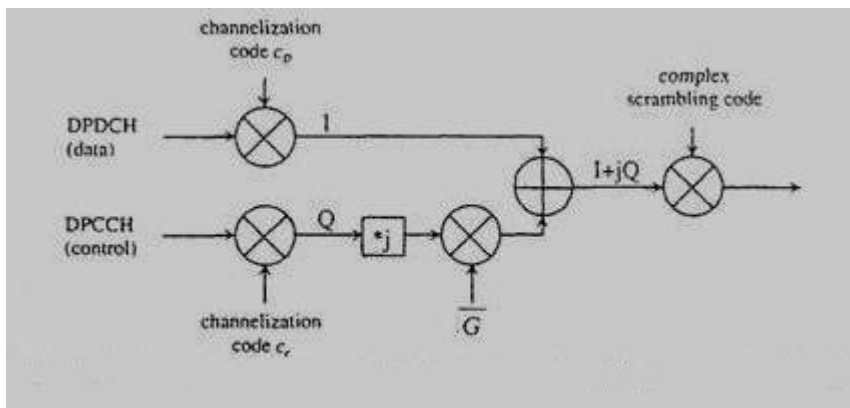
Η χρησιμότητα των κωδίκων **OVSF codes** επιτρέπει στον **spreading** παράγοντα να αλλαχθεί και να ορθογωνιοποιηθεί ανάμεσα σε διαφορετικούς **spreading codes**, διαφορετικού μήκους, για να διατηρηθεί. Οι κώδικες λαμβάνονται από το κώδικα-δένδρο (**code tree**) (δηλ. κάποιο γεννήτορα κωδίκων), το οποίο παρουσιάζεται σχήμα 5.4. Σε περίπτωση που η σύνδεση χρησιμοποιεί παράγοντα μεταβλητού **spreading**, η κατάλληλη χρήση του **code tree** επιτρέπει επιπλέον το **Despreading** σύμφωνα με το μικρότερο **spreading** παράγοντα. Αυτό απαιτεί μόνο, το ότι οι **channelisation codes** θα χρησιμοποιούνται από τον υποδεικνυμένο κλάδο που έχει τον κώδικα, ο οποίος χρησιμοποιείται από το μικρότερο **spreading** παράγοντα.

Υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί όσον αφορά σε όποιους **channelisation codes** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκπομπή, από μια μόνο πηγή. Κάποιο **physical channel** μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιο συγκεκριμένο **code** του **tree**. Αν τώρα, κάποιο άλλο **physical channel** για να διαβιβαστεί πάει να χρησιμοποιήσει τον ίδιο **code** του **tree**, δεν χρησιμοποιεί τον ίδιο αλλά χρησιμοποιεί κάποιο **code**, ο οποίος είναι παρεμφερής με τον προηγούμενο. Δηλαδή χρησιμοποιεί κάποιον **code** για υψηλότερο παράγοντα **spreading** που παράχθηκε από τον προτεινόμενο **spreading code** που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Ούτε μπορεί ένας μικρότερος **code**, **spreading** παράγοντα, να χρησιμοποιηθεί στην πορεία της ρίζας του δέντρου. Οι **downlink orthogonal codes** μέσα σε κάθε έναν **base station** ρυθμίζονται από τον **radio network controller (RNC)** στο δίκτυο.



Σχήμα 5.4: Αρχή του channelization του code tree

Η εκπομπή των 2 παράλληλων καναλιών, **DPDCH** και **DPCCH**, οδηγεί σε πολυκωδικοποιημένη εκπομπή, η οποία αυξάνει την αναλογία ισχύος κορυφή-προς-μέσο όρο (**peak-to-average power ratio**) (παράγοντας κορυφής) (**crest factor**). Στο σχήμα 6.6 η **peak-to-average ratio** αλλάζει όταν το **G** (η σχετική ισχύς του **DPDCH** και του **DPCCH**) αλλάξει. Χρησιμοποιώντας τη λύση της **spreading** διαμόρφωση -όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.7- η αποδοτικότητα της ισχύος του ενισχυτή του εκπομπού παραμένει η ίδια, όπως γενικά συμβαίνει και στην κανονικά ισοσταθμισμένη **QPSK** εκπομπή. Οι σύνθετοι **scrambling codes** διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο που οι περιστροφές μεταξύ των διαδοχικών **chips**, στο χρονικό διάστημα μιας περιόδου συμβόλων, περιορίζονται μεταξύ του $\pm 90^\circ$. Η ολοκληρωμένη 180° περιστροφή, μπορεί να συμβεί μόνο μεταξύ διαδοχικών συμβόλων. Αυτή η μέθοδος αυξάνει επιπλέον την αναλογία **peak-to-average** του εκπεμπόμενου σήματος από την κανονική **QPSK** εκπομπή.



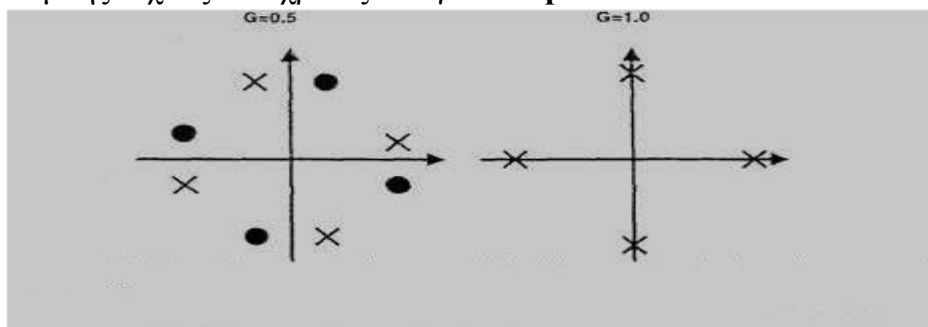
Σχήμα 5.7: Πολυπλεξία I-Q κώδικα με τη scrambling διαδικασία

Η αποδοτικότητα του ενισχυτή ισχύος παραμένει σταθερά ανεξάρτητη της διαφοράς ισχύος του **G** μεταξύ των **DPDCH** και **DPCCH**. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με τη βοήθεια του Σχήματος E.8, το οποίο δείχνει τον αστερισμό του σήματος για τα **I-Q/code** πολυπλεγμένα κανάλια ελέγχου με πολύπλοκο

spreading. Στη μέση του αστερισμού με $G = 0.5$ τα πιθανά σημεία αστερισμού είναι μόνο κύκλοι ή μόνο σταυροί, στη διάρκεια πάντοτε μιας περιόδου συμβόλου. Ο αστερισμός τους είναι ο ίδιος όπως για το περιστρεφόμενο **QPSK**. Κατά συνέπεια οι αποκλίσεις του σήματος που συμπεριλαμβάνονται με το πολύπλοκο **spreading**, είναι πολύ πανομοιότυπες με την **QPSK** εκπομπή, για όλες τις τιμές G . Η χρησιμοποίηση πολυπλεγμένων **I-Q/code** με σύνθετα **scrambling** αποτελέσματα στην έξοδο του ενισχυτή ισχύος, παρά τις απαιτήσεις μας, έχει ως αποτέλεσμα να παραμένει σταθερά (τα αποτελέσματα της εξόδου) σαν συνάρτηση της διαφοράς ισχύος μεταξύ των **DPDCH** και **DPCCH**.

Η διαφορά ισχύος μεταξύ των **DPDCH** και **DPCCH** έχει ποσοτικοποιηθεί στην **UTRA physical layer** με βάση τις προδιαγραφές των **4-bit** λέξεων, δηλ. 16 διαφορετικές τιμές. Για ένα δεδομένο σημείο του χρόνου η τιμή του κέρδους είτε για το **DPDCH** είτε για το **DPCCH** έχει οριστεί να είναι **1** και εν συνεχεία για το άλλο κανάλι μια τιμή ανάμεσα στο **0** και το **1** προστίθεται για να επισημαίνει την επιθυμητή διαφορά ισχύος ανάμεσα στα κανάλια. Περιορίζοντας τον αριθμό των τιμών στα **4-bit**, η αντιπροσώπευση είναι απαραίτητα για να κάνει την υλοποίηση του τερματικού αναμεταδότη απλή. Οι διαφορές ισχύος μπορούν να έχουν και **15** διαφορετικές τιμές ανάμεσα στα **-23.5 dB** και στα **0.0 dB** και ένα συνδυασμό **bit** για κανένα **DPDCH** όταν δεν υπάρχουν δεδομένα προς αναμετάδοση.

Το **UTRA** θα αντιμετωπίσει προκλήσεις στην αποδοτικότητα του ενισχυτή όταν συγκριθεί με το **GSM**. Η **GSM** διαμόρφωση, είναι η **GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying (Γκαουσιανή Ελάχιστη Μετατόπιση Κώδικα))**, η οποία έχει μια σταθερότητα και έτσι βελτιστοποιείται για τον ενισχυτή η **peak-to-average ratio**. Ως σύστημα περιορισμένης ζώνης, το **GSM** σήμα μπορεί να απλωθεί σχετικά περισσότερο ευρέως, στην περιοχή συχνοτήτων. Αυτό επιτρέπει τη χρήση γραμμικού ενισχυτή, ο οποίος έχει καλύτερη αποδοτικότητα στη μετατροπή ισχύος. Ο περιορισμένης ζώνης ενισχυτής είναι επίσης ευκολότερο να γραμμικοποιηθεί, αν αυτό είναι αναγκαίο. Στην πράξη, η αποδοτικότητα του the efficiency of the **WCDMA** ενισχυτή ισχύος, είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτήν του **GSM** ενισχυτή ισχύος. Αφ' ετέρου το **WCDMA** χρησιμοποιεί το γρήγορο έλεγχο ισχύος στο **uplink**, το οποίο μειώνει τον απαιτούμενο μέσο όρο εκπομπής ισχύος που χρειάζεται για το **uplink**.



Σχήμα 5.8: Αρχικός αστερισμός για τον I-Q κώδικα του πολυπλεγμένου control channel, με σύνθετο scrambling. Το G τονίζει τη διαφορά ισχύος ανάμεσα στα **DPCCH** και **DPDCH**

Αντί να προσθέσουμε το συνδυασμένο **I-Q** και τον κώδικα πολυπλεξίας με το σύνθετο **scrambling**, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιήσουμε αγνό κώδικα πολυπλεξίας. Με τον κώδικα πολυπλεξίας, η πολυκωδική εκπομπή συμβαίνει με παράλληλο έλεγχο και κανάλια δεδομένων. Αυτή η προσέγγιση αυξάνει τις αποκλίσεις που μπορεί να υπάρχουν στο εκπεμπόμενο σήμα και θέτει υψηλότερες απαιτήσεις για τη γραμμικότητα του ενισχυτή ισχύος. Ειδικότερα για χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων, όπως η ομιλία, το **control channel** μπορεί να έχει μια ενίσχυση περισσότερη από **50%** σε παραλληλισμό με το **data channel**, η οποία προκαλεί περισσότερες αποκλίσεις από τη συνδυασμένη λύση πολυπλεξίας **I-Q/code**.

5.3.3.2 Uplink Spreading («Άνω Ζεύξης» Spreading)

Για τον **uplink DPCCH** κώδικα **spreading**, υπάρχει ένας πρόσθετος περιορισμός. Ο ίδιος κώδικας δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κανένα **code channel**, ακόμη και σε διαφορετικό **I** ή **Q** κλάδο. Ο λόγος αυτού του περιορισμού είναι ότι τα **physical channels** εκπέμπονται με τους ίδιους κώδικες διοχέτευσης (**channelisation codes**) στους **I** και **Q** κλάδους. Με βάση τις αρχές του διπλού **QPSK** καναλιού δεν μπορούν να διαχωριστούν πριν την ανίχνευση του **DPCCH** και ως είναι διαθέσιμες οι εκτιμήσεις για τη φάση του καναλιού.

Στην κατεύθυνση του **uplink** ο παράγοντας του **spreading** στο **DPDCH** μπορεί να διαφέρει στην βάση του **frame-by-frame**. Οι **spreading codes** λαμβάνονται πάντοτε νωρίτερα από το περιγραφέν **code tree**. Όταν ο **channelisation code** χρησιμοποιείται για **spreading** πάντοτε λαμβάνεται από τον ίδιο κλάδο του **code tree**. Η λειτουργία της ανάκτησης (**Despreading**) μπορεί να εκμεταλλευθεί τη δομή του **code tree** και να αποφύγει την **chip-level** αποθήκευση. Το τερματικό παρέχει ρυθμό δεδομένων πληροφορίας, ή ακριβέστερα τον **Transport Format Combination Indicator (TFCI)** (**Μεταφορικό Τυποποιητή Συνδυαστή Ενδείκτη**), στο **DPCCH**, για να επιτρέψει ανίχνευση δεδομένων με έναν μεταβλητό **spreading** παράγοντα στο **DPDCH**.

5.3.3.3 Uplink Scrambling Codes («Άνω Ζεύξης» Κώδικες Ανακατέματος)

Οι εκπομπές από διαφορετικές πηγές διαχωρίζονται από τους **scrambling codes**. Κατά την κατεύθυνση του **uplink** υπάρχουν 2 εναλλακτικοί δρόμοι: κοντοί και μακρύς **scrambling codes**. Οι μακρύς **scrambling codes** είναι περικομμένοι στο μήκος πλαισίου των 10 ms, το οποίο αντιστοιχεί σε 38400 **chips** με 3.84 Mcps. Το μήκος των κοντών **scrambling codes** είναι 256 **chips**. Οι μακρύς **scrambling codes** χρησιμοποιούνται αν ο **base station** χρησιμοποιεί **Rake receiver**. Αν προηγμένοι ανιχνευτές ενός πολυκρήστη ή δέκτες παρέμβασης-ακύρωσης χρησιμοποιούνται στον **base station**, οι κοντοί **scrambling codes** μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υλοποιήσουμε την

κατασκευή του προηγμένου δέκτη ευκολότερα. Και οι δύο απ' τις 2 οικογένειες **scrambling code** περιέχουν εκατομμύρια από **scrambling codes**, κατά συνέπεια στην **uplink** κατεύθυνση ο σχεδιασμός κώδικα δεν χρειάζεται.

Οι κοντοί **scrambling codes** έχουν επιλεγεί από την εκτεταμένη οικογένεια κωδίκων **S(2)**. Οι μακρύς κώδικες είναι Χρυσοί κώδικες (**Gold codes**). Η σύνθετη και δύσκολα να εκτιμηθεί ακολουθία **scrambling** διαμορφώνεται στην περίπτωση των κοντών κωδίκων με το συνδυασμό 2 κωδίκων ενώ στην περίπτωση των μακρών κωδίκων, από μια μόνο ακολουθία όπου η άλλη ακολουθία είναι η καθυστερημένη έκδοση της πρώτης.

Ο σύνθετος-εκτιμώμενος **scrambling** κώδικας μπορεί να διαμορφωθεί από 2 πραγματικά-εκτιμώμενους κώδικες, τους c_1 and c_2 με την αρχή αποδεκατισμού όπως:

$$c_{scrambling} = c_1(w_0 + jc_2(2k)w_1), k = 0, 1, 2, \dots \quad (T.1)$$

Με τις ακολουθίες w_0 και w_1 λαμβάνοντας υπόψη ως ακολουθίες ποσοστού **chip**:

$$w_0 = \{1, 1\}, w_1 = \{1, -1\} \quad (T.2)$$

Ο παράγοντας αποδεκατισμού μαζί με το δεύτερο κώδικα είναι το 2. Αυτός ο τρόπος δημιουργίας **scrambling codes** θα μειώσει τις μηδενικές διασταυρώσεις στον αστερισμό και θα μειώσει περαιτέρω παραλλαγές του εύρους κατά τη διαδικασία της διαμόρφωσης.

5.3.3.4 Spreading and Modulation on Uplink Common Channels (Διάδοση και Διαμόρφωση στα Uplink Κοινά Κανάλια)

Το **Random Access Channel (RACH)** περιέχει «εισαγωγές / προοίμια», τα οποία στέλνονται χρησιμοποιώντας την ίδια **scrambling code** ακολουθία όπως και κατά την **uplink** εκπομπή. Η διαφορά συνίσταται στο ότι μόνο **4096 chips** από το ξεκίνημα της περιόδου του κώδικα χρειάζονται και οι μεταβολές στην κατάσταση της διαμόρφωσης, περιορίζονται με ένα διαφορετικό τρόπο. Η διαδικασία **spreading** και **scrambling** στο **RACH** είναι **BPSK**, κατά συνέπεια μόνο μια ακολουθία χρησιμοποιείται για να διαδοθούν και να ανακατευτούν (**to spread and scramble**) και τα 2 μαζί στους **in-phase** και τετραγωνικούς κλάδους. Αυτό έχει επιλεγεί κατ' αυτόν τον τρόπο έτσι ώστε να μειώνεται η πολυπλοκότητα του απαραίτητου και αντιστοιχούμενου φίλτρου στον **base station** των δεκτών, για την **RACH** λήψη.

Η διάδοση και η διαμόρφωση των μερών των μηνυμάτων του **RACH**, περιλαμβάνει **scrambling**, το οποίο είναι ταυτόσημο με αυτό που προορίζεται για το **dedicated channel**. Οι κώδικες που είναι διαθέσιμοι για **RACH scrambling** χρήση, εκπέμπονται στο **BCH** της κάθε κυψέλης.

Για ελαχιστοποίηση της **peak-to-average** (κορυφή-προς-μέσο όρο), ένας πρόσθετος λειτουργία περιστροφής χρησιμοποιείται στον «πρόλογο» **RACH**, όπως παραθέεται:

$$b(k) = a(k)e^{j(\pi/4 + \pi/2)}, k = 0, 1, 2, \dots, 4095 \quad (T.3)$$

όπου το $a(k)$ είναι το δυαδικό «προοίμιο» και το $b(k)$ είναι το αποτέλεσμα του σύνθετα-εκτιμημένου «προοιμίου» με περιορισμό μετάβασης της φάσης στις **90 μοίρες** ανάμεσα στα **chips**. Ο αυτοσυσχετισμός των ιδιοτήτων δεν επηρεάζεται από αυτή τη διαδικασία.

Τα **RACH** «προοίμια» έχουν ένα σχέδιο διαμόρφωσης στην κορυφή τους, το οποίο καλείται ακολουθίες υπογραφών. Αυτές έχουν καθοριστεί λαμβάνοντας τις υψηλότερες συχνότητες **Doppler** το ίδιο καλά όπως και τα λάθη συχνότητας στον λογαριασμό. Οι ακολουθίες έχουν παραχθεί από **16 σύμβολα**, τα οποία έχουν πρόσθετα παρεμβληθεί κατά τη διάρκεια του «προοιμίου» έτσι ώστε να αποφεύγονται μεγάλες εσωτερικές επιπτώσεις /συσχετίσεις, λόγω των συσχετίσεων σχήματος σταυρού. Σε περίπτωση μεγάλων λαθών συχνότητας που θα μπορούσαν να υποβιβάσουν σοβαρά τις συσχετίσεις σχήματος σταυρού ανάμεσα στα ακολουθίες υπογραφής. Οι **16** ακολουθίες υπογραφών έχουν καθοριστεί για χρήση στο **RACH**, αλλά μπορεί να υπάρξουν και πολλαπλοί **scrambling codes** κάθε φορά που χρησιμοποιείται το ίδιο σύνολο υπογραφών.

Τα **CPCCH spreading and modulation** είναι ταυτόσημα με αυτό του **RACH** προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η καλή λειτουργία και για των 2 τερματικών και για του **base station**, όταν υποστηρίζουν **CPCCH**. Οι **RACH** και **CPCCH** διαδικασίες θα περιγραφούν με περισσότερες λεπτομέρειες σε συσχέτισμό με τις διαδικασίες στην **physical layer**.

5.3.4 Downlink Spreading and Modulation («Κάτω Ζεύξης» Διάδοση και Διαμόρφωση)

5.3.4.1 Downlink Modulation («Κάτω Ζεύξης» Διαμόρφωση)

Στην **downlink** κατεύθυνση η διαμόρφωση του κανονικού **QPSK** έχει επιλεγεί με βάση χρονο-πολυπλεγμένα ρεύματα ελέγχου και δεδομένων. Η λύση των χρονο-πολυπλεγμένων (ρευμάτων) δεν χρησιμοποιείται στο **uplink** γιατί θα παρήγαγε ανεπιθύμητα ακουστικά παράσιτα (δηλ. **θόρυβο**), κατά τη διάρκεια της ασυνεχούς εκπομπής. Αυτός ο **θόρυβος** που παράγεται με το **DTX** δεν είναι ένα σχετικό ζήτημα στο **downlink** από τότε που τα **common channels** έχουν συνεχή εκπομπή σε κάθε περίπτωση. Ακόμη, δεδομένου ότι υπάρχουν αρκετές εκπομπές από τους παράλληλους κώδικες στο **downlink**, παρόμοια βελτιστοποίηση για το λόγο **peak-to-average (PAR)**, όπως με την εκπομπή ενός ενιαίου κώδικα (ενός ζεύγους), δεν έχει συμβεί. Ακόμη, η κράτηση ενός κώδικα διοχέτευσης μόνο για σκοπούς του **DPCCH**, έχει ως αποτελέσματα την ελαφρώς χειρότερη χρησιμοποίηση της πηγής του κώδικα, όταν στέλνονται αρκετές εκπομπές από μια ενιαία πηγή.

Από τότε που οι κλάδοι **I** και **Q** έχουν ίση ισχύ, η λειτουργία του **scrambling** δεν παρέχει μια παρόμοια διαφορά, η οποία θα περικλείει τις διαφορές όπως στο **uplink**. Η ασυνεχής εκπομπή τίθεται σε εφαρμογή από κανάλι, το οποίο ρυθμίζει πότε θα εκπέμπει και πότε όχι.

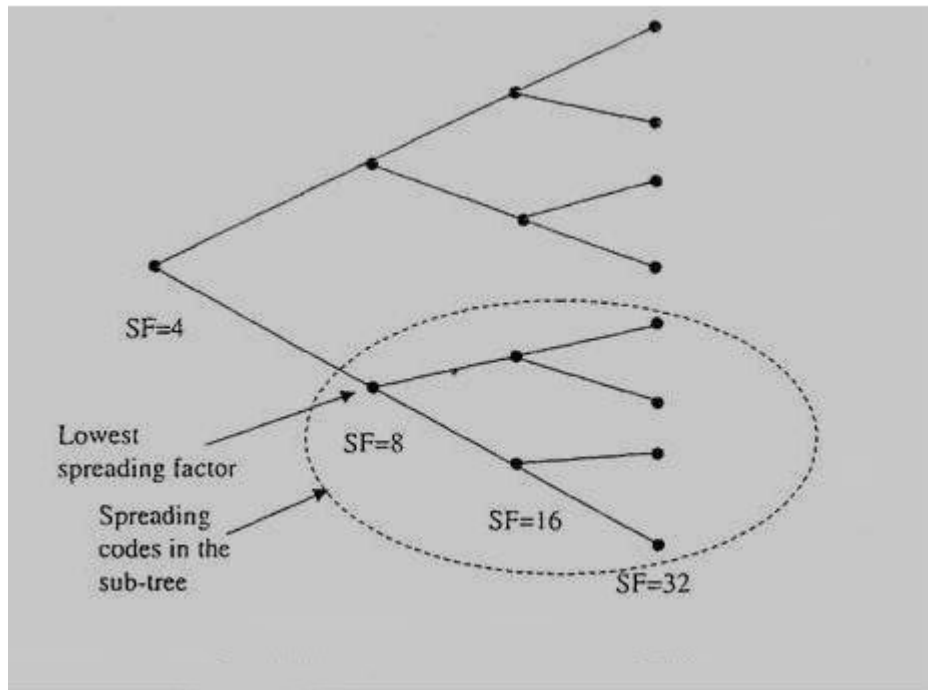
5.3.4.2 Downlink Spreading («Κάτω Ζεύξης» Διάδοση)

Η διάδοση στο **downlink** βασίζεται στους κώδικες διοχέτευσης, πράγμα το οποίο γίνεται και στο **uplink**. Το **code tree** κάτω από έναν ενιαίο **spreading** κώδικα, μοιράζεται από αρκετούς χρήστες. Τυπικά μόνο ένας **scrambling** κώδικας. Αυτό έχει ως συνέπεια μόνο ένα **code tree** να χρησιμοποιείται σε κάθε τομέα του **base station**. Τα **common channels** και τα **dedicated channels** μοιράζονται το ίδιο **code tree**. Υπάρχει μια εξαίρεση για τα **physical channels**: το **synchronization channel (SCH)**, το οποίο δε χρησιμοποιεί κάποιον ενιαίο **downlink scrambling** κώδικα. Οι **SCH spreading** κώδικες καλύπτονται στο κείμενό μας σε κάποια παράγραφο αργότερα.

Στο **downlink**, ο παράγοντας του **spreading** στο **dedicated channel** δε διαφέρει στη βάση **frame-by-frame** (πλαίσιο-προς-πλαίσιο): ο ρυθμός διαφοροποίησης των δεδομένων φροντίζεται είτε με μια λειτουργία ενός ρυθμού δεδομένων που ταιριάζουν είτε με μια ασυνεχή εκπομπή, όπου η εκπομπή σταματά κατά τη διάρκεια μέρους της σχισμής (**slot**).

Στην περίπτωση της πολυκωδικής εκπομπής για έναν μόνο χρήστη, τα παράλληλα κανάλια κωδίκων έχουν διαφορετικούς κώδικες διοχέτευσης και βρίσκονται υπό τον ίδιο **scrambling** κώδικα όπως φυσιολογικά είναι όλα τα κανάλια κωδίκων, τα οποία εκπέμπονται από τον **base station**. Ο παράγοντας του **spreading** είναι ο ίδιος για όλους τους κώδικες με πολυκωδική εκπομπή. Κάθε κωδικοποιημένο σύνθετο **transport channel (CCTrCh)** μπορεί να έχει διαφορετικό **spreading** παράγοντα, ακόμη και αν λαμβάνεται από το ίδιο τερματικό.

Η ειδική περίπτωση στην κατεύθυνση του **downlink** είναι το **downlink shared channel (DSCH)**, το οποίο χρησιμοποιεί μεταβλητό παράγοντα **spreading** στην **frame-by-frame** βάση. Σε αυτή την περίπτωση οι **channelisation codes**, οι οποίοι φροντίζουν για το **spreading** διατίθεται από τον ίδιο κλάδο του **code tree**, για να διευκολύνουν την υλοποίησή τους στο τερματικό. Ο περιορισμός διευκρινίζεται στο σχήμα 5.9, το οποίο δείχνει τον παράγοντα του **spreading** για μέγιστο ρυθμό δεδομένων και το σχεδιάγραμμα του **code tree**, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται από το δίκτυο για να κατανέμει τους κώδικες, όταν χαμηλότερος ρυθμός δεδομένων απαιτείται. Στο μια τέτοια **frame-by-frame** λειτουργία του **DPCCH** του **dedicated channel** συμπεριλαμβάνεται η **TFCI** πληροφορία, η οποία ενημερώνει το δέκτη για τον **spreading** κώδικα που χρησιμοποιείται, το ίδιο καλά όπως άλλες μεταφορικές παράμετροι τυποποίησης για το **DSCH**.



Σχήμα 5.9: Παράδειγμα DSCH code tree

5.3.4.3 Downlink Scrambling («Κάτω Ζεύξης» Ανακάτεμα)

Το **downlink scrambling** χρησιμοποιεί μακρύς κώδικες, τους ίδιους Χρυσούς κώδικες (**Gold codes**) όπως και στο **uplink**. Ο σύνθετα **scrambling code** ενημερώνεται από ένα ενιαίο κώδικα έχοντας απλά μια καθυστέρηση ανάμεσα στους **I** και **Q** κλάδους. Η περίοδος του κώδικα είναι καθορισμένη στα 10 ms; κανένας κοντός κώδικας δεν χρησιμοποιείται στην downlink κατεύθυνση. Το **downlink** σύνολο των (αρχικών) **scrambling codes** είναι περιορισμένο στους 512 κώδικες, αλλιώς η διαδικασία έρευνας της κυψέλης, η οποία περιγράφεται στον τομέα που αναφέρονται οι διαδικασίες της **physical layer**, θα γινόταν πάρα πολύ υπερβολική. Οι **scrambling codes** πρέπει να κατανέμονται στους τομείς κατά το σχεδιασμό του δικτύου. Εξ' αιτίας του ότι ο αριθμός των **scrambling codes** είναι τόσο μεγάλος, ο σχεδιασμός των **scrambling codes** είναι ένας ασήμαντος στόχος και μπορεί να γίνει αυτόματα από το ένα εργαλείο σχεδιασμού του δικτύου. Οι 512 αρχικοί **scrambling codes** αναμένεται να είναι αρκετοί για την προοπτική σχεδίασης της κυψέλης, ειδικά καθώς οι δευτερεύοντες κώδικες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση της οδήγησης ακτίνων, όπως χρησιμοποιούνται και στα **dedicated channels**. Αυτό επιτρέπει στη χωρητικότητα να εξελιχθεί με τεχνικές προσαρμοσμένων κεραιών, χωρίς να καταναλώσει επιπλέον αρχικούς **scrambling codes** και να προκαλέσει προβλήματα στο σχεδιασμό του **downlink code**.

Όπως και στο **uplink**, η πραγματική περίοδος του κώδικα είναι πολύ μακριά με την 31-βαθμών γεννήτρια κωδίκων, αλλά μόνο 38400 **chips** χρησιμοποιούνται από το ξεκίνημα. Ο περιορισμός της περιόδου των κωδίκων κρίθηκε απαραίτητος από την προοπτική του συστήματος. Τα τερματικά θα έχουν μια δυσκολία στο να

βρουν τη σωστή φάση του κώδικα, με μια περίοδο κώδικα που εκτείνεται σε διάφορα πλαίσια και 512 διαφορετικούς κώδικες για να επιλέξει από αυτούς. Οι δευτερεύοντες **downlink scrambling codes** μπορούν να συμπεριληφθούν με εξαίρεση εκείνων των **common channels** που έχουν ανάγκη να ακουστούν στο σύνολο της κυψέλης και/ή πριν από την αρχική εγγραφή. Μόνο ένας **scrambling code** μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε κυψέλη ή τομέα για να διατηρήσει την ορθογωνικότητα ανάμεσα στα διαφορετικά **downlink code** κανάλια. Με προσαρμοσμένες κεραίες, οι ακτίνες παρέχουν την πρόσθετη χωρική απομόνωση και την ορθογωνικότητα ανάμεσα σε διαφορετικά **code channels** που είναι λιγότερο σημαντική. Παρολαυτά, σε όλες τις περιπτώσεις η καλύτερη στρατηγική είναι ακόμα να κρατήσουν τόσους χρήστες όσο το δυνατόν περισσότερους κάτω από ένα ενιαίο **scrambling code** ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα παράσιτα στο **downlink**. Αν και ένας δευτερεύων **scrambling code** χρειάζεται να εισαχθεί στην κυψέλη, τότε μόνο όσοι χρήστες δεν ταιριάζουν υπό τον αρχικό κώδικα θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν τον δευτερεύοντα κώδικα. Η ορθογωνικότητα υποβιβάζεται πιο πολύ εάν οι χρήστες μοιράζονται ομοιόμορφα μεταξύ δύο διαφορετικών **scrambling codes**.

5.3.4.4 Synchronization Channel Spreading and Modulation (Διάδοση και Διαμόρφωση στο Κανάλι Συγχρονισμού)

Το **downlink synchronization channel (SCH)** είναι ένας ειδικός τύπος **physical channel** που δεν είναι ορατό πάνω από την **physical layer**. Περιέχει 2 κανάλια, το πρωτεύον και το δευτερεύον (**primary and secondary**) **SCHs**. Αυτά τα κανάλια χρησιμοποιούνται από το τερματικό για να βρουν τις κυψέλες και δεν βρίσκονται υπό την επίδραση κάποιου συγκεκριμένου αρχικού **scrambling** κώδικα της κυψέλης. Το τερματικό θα πρέπει να είναι σε θέση να συγχρονιστεί με την κυψέλη πριν γνωρίσει τον **scrambling** κώδικα..

Το πρωτεύον **SCH** περιέχει μια κωδική λέξη (**code word**) με **256 chips**, με μια πανομοιότυπη κωδική λέξη σε κάθε κυψέλη. Η πρωτεύουσα **SCH code word** στέλνεται χωρίς διαμόρφωση στην κορυφή. Η **code word** κατασκευάζεται από κοντύτερες **16-chip** ακολουθίες με σκοπό τη βελτιστοποίηση του απαιτούμενου **hardware** στο τερματικό. Κατά ανίχνευση αυτής της ακολουθίας δεν υπάρχει κανονικά καμία προγενέστερη πληροφορία συγχρονισμού διαθέσιμη και τυπικά απαιτείται ένα κατάλληλο φίλτρο για την καλύτερη ανίχνευση. Επομένως, για την τελική πολυπλοκότητα και για λόγους κατανάλωσης ισχύος, ήταν σημαντικό να βελτιώσουμε αυτή την ακολουθία συγχρονισμού για υλοποίηση με αντιστοιχούμενο φίλτρο χαμηλής πολυπλοκότητας.

Η δευτερεύουσα **SCH code words** είναι παρόμοιες ακολουθίες αλλά διαφέρουν από τον ένα **base station** στον άλλο, με ένα σύνολο των **16** ακολουθιών σε χρήση. Αυτές οι **16** ακολουθίες χρησιμοποιούνται για να παράγουν ένα σύνολο **64** διαφορετικών **code words**, οι οποίες προσδιορίζουν σε ποιο από τις **64** ομάδες κωδικών ένας **base station** ανήκει. Όπως και στο πρωτεύον **SCH**, το δευτερεύον **SCH** δεν είναι κάτω από την εξουσία ενός

καθορισμένου **scrambling** κώδικα του **base station** αλλά οι ακολουθίες κωδικών στέλνονται χωρίς **scrambling** στην κορυφή. Οι **SCH code words** περιέχουν τη διαμόρφωση για να δείξουν τη χρήση της ποικιλίας μετάδοσης με μια ανοιχτή επαναλαμβανόμενη διαδρομή (**open loop**) στο **BCH**. Το **SCH** από μόνο του μπορεί να χρησιμοποιήσει χρονο-διακοπόμενη κεραία εκπομπής διάφορης ποικιλίας (**time-switched transmit antenna diversity (TSTD)**) και είναι το μόνο κανάλι στο **UTRA FDD** που χρησιμοποιεί **TSTD**.

5.3.5 Transmitter Characteristics (Χαρακτηριστικά Πομπών)

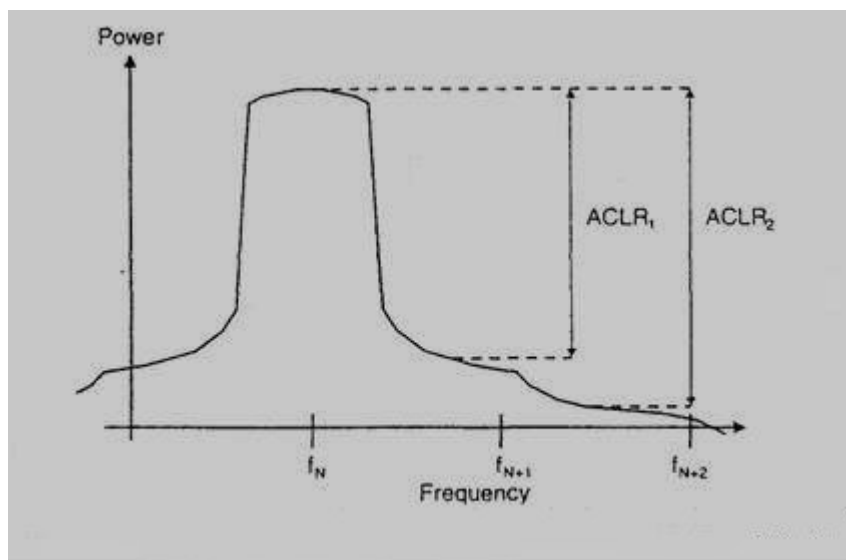
Η μέθοδος που χρησιμοποιεί ως σύμβολά της τους παλμούς εφαρμοσμένη στα εκπεμπόμενα σύμβολα είναι μια αυξανόμενη ρίζα συνημίτονου, φιλτράρισμα με έναν παράγοντα της τάξεως του **0.22**. Ο ίδιος παράγοντας ισχύει και για τα 2 τερματικά και για τους 2 **base stations**. Υπάρχουν και ορισμένες άλλες **RF** παράμετροι κλειδιά, οι οποίες παρουσιάζονται εδώ και έχουν βασικό αντίκτυπο τόσο στην υλοποίηση όσο και στην συμπεριφορά του συστήματος.

Η κατ' όνομα απόσταση που δημιουργείται από το φέρον στο **WCDMA** είναι **5 MHz** αλλά η συχνότητα του φέροντος στο **WCDMA** μπορεί να ρυθμιστεί με μια περιοχή αναπαραγωγής ειδώλου (**raster**) της τάξεως των **200 kHz**. Η κεντρική συχνότητα του κάθε φέροντος του **WCDMA** ενδείκνυται με ακρίβεια, να είναι της τάξεως των **200 kHz**. Ο στόχος αυτής της ρύθμισης είναι να εξασφαλίσει μεγαλύτερη ελαστικότητα στη δημιουργία χώρου του καναλιού μέσα στη ζώνη του χειριστή (**operator**).

Ο **Λόγος Γειτονικής Διαρροής Καναλιού (Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR))** προσδιορίζουν το ποσό της εκπεμπόμενης ισχύος που επιτρέπεται να συνορεύει μέσα στο 1^ο ή το 2^ο γειτονικό φέρον. Η σκέψη του **ACLR** παρουσιάζεται στο σχήμα 5.10, όπου τα **ACLR1** και **ACLR2** ανταποκρίνονται στο αναβαθμισμένο επίπεδο ισχύος πάνω από τα 2 γειτονικά φέροντα με **5 MHz** και **10 MHz** αντίστοιχα συχνοτήτες χωρισμού φερόντων. Καμία αξία διαχωρισμού δεν συγκεκριμενοποιείται για άλλες αξίες φέροντος δημιουργούσες επιπλέον χώρο.

Από την σκοπιά του τερματικού οι τιμές του **ACLR** για τις κατηγορίες ισχύος των **21 dBm** και **24 dBm** έχουν τεθεί στα **33 dB** και **43 dB** για τα **ACLR1** και το **ACLR2** αντίστοιχα. Από τη σκοπιά του **base station** οι αντίστοιχες τιμές είναι **45 dB** και **50 dB**. Στην πρώτη φάση επέκτασης δικτύων είναι αρκετά πιθανό ότι τα περισσότερα τερματικά θα ανήκουν στην κατηγορία ισχύος, η οποία είναι της τάξεως των **21 dBm** και το δίκτυο πρέπει να προγραμματιστεί αναλόγως.

Όσο υψηλότερη η απαίτηση **ACLR**, τόσο περισσότερη γραμμικότητα απαιτείται από τον ενισχυτή ισχύος και τόσο χαμηλότερη είναι η απόδοση του ενισχυτή. Το τερματικό χρειάζεται να έχει μια τιμή, η οποία θα συντελεί στη δημιουργία ενός ενισχυτή με ισχύ-απόδοση (**power-efficient amplifier**).



Σχήμα 5.10: Λόγος διαρροής γειτονικού καναλιού, για το 1^ο και το 2^ο γειτονικά φέροντα

Οι απαιτήσεις για την ακρίβεια στη συχνότητα σχετίζονται άμεσα με το κόστος εφαρμογής, ειδικά βλέποντας το από τη σκοπιά του τερματικού. Η τελική ακρίβεια συχνότητας έχει καθοριστεί για να είναι ± 0.1 ppm συγκρινόμενη με τη λαμβανόμενη συχνότητα δέκτη. Από τη σκοπιά του base station η απαίτηση είναι πιο περιορισμένη: ± 0.05 ppm. Ο συγχρονισμός της **baseband** είναι πιο περιορισμένος όταν αναφερόμαστε στον ίδιο συγχρονισμό με το **RF**. Η τιμή του **base station** πρέπει να είναι πιο περιορισμένη από αυτήν του τερματικού, από τότε που η συχνότητα φέροντος παίζει το ρόλο του σημείου αναφοράς για την ακρίβεια του τερματικού. Το τερματικό πρέπει επίσης να είναι σε θέση να ψάξει τη συνολική περιοχή αβέβαιης συχνότητας, η οποία προκαλείται από την ανοχή λάθους συχνότητας του **base station**, πάνω από τις τελικές ανοχές του τερματικού και το λάθος που προκαλείται από την κίνηση του τερματικού. Με **200kHz** περιοχή αναπαραγωγής ειδώλου του φέροντος, η χαμένη ακρίβεια της συχνότητας φέροντος του **base station** θα άρχιζε να προκαλεί προβλήματα.

5.4 User Data Transmission (Εκπομπή Δεδομένων Χρήστη)

Για εκπομπή δεδομένων χρήστη από 2^{ης} γενιάς συστήματα, τέτοια όπως οι πρώτες εκδόσεις των **GSM**, ουσιαστικά μόνο μια υπηρεσία ήταν ενεργή σε έναν χρόνο, είτε η φωνή ή χαμηλού ρυθμού δεδομένα (**low-rate data**). Από την αρχή, ως βάση τεχνολογίας είχε απαιτηθεί ότι η υλοποίηση της **physical layer** να καθορίζεται στην τελευταία λεπτομέρεια χωρίς πραγματική ευελιξία. Παραδείγματος χάριν, *puncturing patterns in GSM έχει καθοριστεί bit by bit*, εκτιμώντας ότι ένας τέτοιος καθορισμός για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς υπηρεσιών και τους ρυθμούς δεδομένων, δεν είναι απλά δυνατός για **UTRA**. Άντ' αυτού, αλγόριθμοι για να παράγουν τέτοιου είδους **bits** ή ο Κυκλικός Έλεγχος Πλεονασμού (**Cyclic Redundancy Check (CRC)**). Η

σχετικά υψηλή και οφειλόμενη στα **bit** της ουράς (**tail bits**), στα τελευταία δηλαδή, και στα CRC bits, έχει σημασία μόνο με χαμηλού ρυθμού δεδομένα.

5.4.1 Uplink Dedicated Channel (Αφιερωμένο Κανάλι Άνω Ζεύξης)

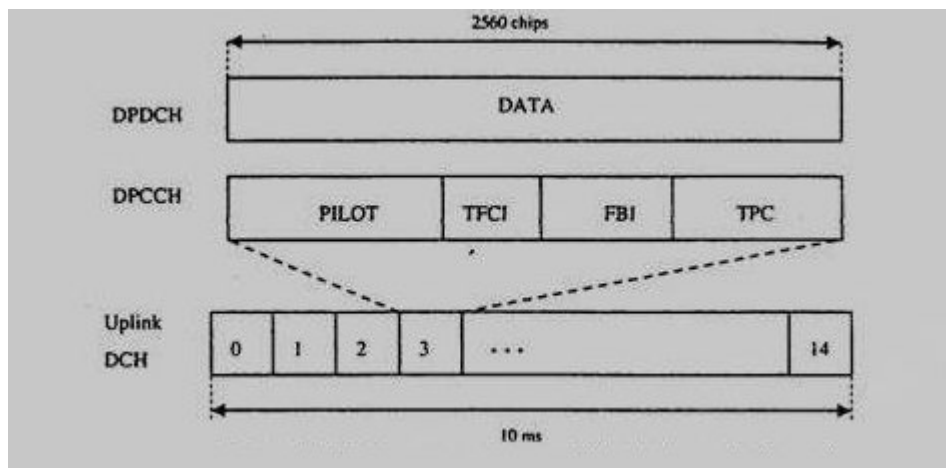
Όπως περιγράφηκε νωρίτερα η **uplink** κατεύθυνση χρησιμοποιεί **I-Q** κώδικα πολυπλεξίας, για δεδομένα χρήστη και πληροφορίες ελέγχου του **physical layer**. Οι πληροφορίες ελέγχου του **physical layer** μεταφέρονται από το **Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)** με ένα προσαρμοσμένο **spreading** παράγοντα της τάξης 256. Οι πληροφορίες της **higher layer**, συμπεριλαμβανομένου και τα δεδομένα του χρήστη, μεταφέρονται από ένα ή περισσότερα **DPCCHs**, με ένα πιθανό προσαρμοζόμενο **spreading** παράγοντα της τάξεως από 256 έως 4. Η **uplink** εκπομπή αποτελείται από ένα ή περισσότερα **DPCCHs** με μεταβλητό **spreading** παράγοντα και ένα **DPCCH** με σταθερό **spreading** παράγοντα.

Ο **DPCCH** ρυθμός δεδομένων μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το πλαίσιο. Τυπικά με μια μεταβλητού ρυθμού υπηρεσία, ο **DPCCH** ρυθμός δεδομένων ενημερώνεται στο **DPCCH**. Το **DPCCH** μεταδίδεται συνεχώς και ο ρυθμός πληροφορίας στέλνεται από τον **Transport Format Combination Indicator (TFCI)**, οι **DPCCH** πληροφορίες στο ρυθμό δεδομένων του τρέχοντος πλαισίου. Αν ο **TFCI** δεν κωδικοποιηθεί σωστά τότε όλο το πλαίσιο δεδομένων χάνεται. Εξ' αιτίας του ότι το **TFCI** απαιτεί την ίδια τυποποίηση για τη μεταφορά του όπως έχει το πλαίσιο, η απώλεια του **TFCI** δε θα επηρεάσει κανένα άλλο πλαίσιο. Η αξιοπιστία του **TFCI** είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν της ανιχνεύσεως των δεδομένων στο **DPCCH**. Επομένως η απώλεια του **TFCI** είναι ένα σπάνιο γεγονός. Το σχήμα 5.11 εικονίζει λεπτομερώς την κατασκευή του **dedicated channel**.

Το **uplink DPCCH** χρησιμοποιεί από κατασκευής του σχισμή, η οποία έχει 15 σχισμές πάνω από 10ms ραδιο-πλαίσιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, διάρκειας σχισμής της τάξης των 2560 **chips** ή με άλλα λόγια 666μs. Αυτό στην πράξη είναι περισσότερο κοντά στη **GSM** διάρκεια πυροδότησης που είναι 577μs. Κάθε σχισμή έχει 4 πεδία, τα οποία χρησιμοποιούνται για 4 πιλοτικά **bits TFCI**, **Transmission Control Power (TCP) bits** και **Feedback Information (FBI) bits**. Τα **pilot bits** χρησιμοποιούνται για εκτίμηση του καναλιού στο δέκτη. Ακόμη τα **TCP bits** μεταφέρουν τις εντολές του ελέγχου ισχύος για τον **downlink** έλεγχο ισχύος (δηλ. της κάτω ζεύξης). Τα **FBI bits** χρησιμοποιούνται όταν **closed loop transmission diversity** χρησιμοποιείται στο **downlink**. Η χρήση των **FBI bits** καλύφθηκε στην ενότητα του βιβλίου που έγινε λόγος για τις διαδικασίες της **physical layer**. Εκεί υπάρχει ένα άθροισμα 6 σχισμών για το **uplink DPCCH**. Οι διαφορετικές επιλογές είναι 0,1 ή 2 τα **FBI bits** και είναι αυτές οι ίδιες εναλλακτικές επιλογές, με ή και χωρίς τα **TFCI bits**. Τα **TCP** και τα **pilot bits** παρουσιάζονται πάντα και ο αριθμός τους διαφέρει κατά τέτοιο τρόπο πού η **DPCCH** σχισμή είναι πάντα γεμάτη.

Είναι προνομακώ να εκπέμπουμε με ένα **DPDCH** για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο, για λόγους καλύτερης απόδοσης του ενισχυτή ισχύος του τερματικού, γιατί η πολυκωδική εκπομπή αυξάνει την κορυφή-προς-το-μέσο-όρο αναλογία της εκπομπής, η οποία μειώνει την απόδοση του ενισχυτή ισχύος του τερματικού. Ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων του χρήστη σε ένα μόνο κωδικό, αντλείται από το μέγιστο ρυθμό **bits** του καναλιού, ο οποίος είναι 960kbps δίχως την κωδικοποίηση του καναλιού και με έναν **spreading** παράγοντα της τάξης του 4. Πρακτικά με την κωδικοποίηση του καναλιού ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων του χρήστη, στην περίπτωση ενός μόνο κωδικού, είναι της τάξεως των 400-500kbps.

Όταν υψηλότεροι ρυθμοί δεδομένων χρειάζονται τότε παράλληλα κωδικά κανάλια χρησιμοποιούνται. Αυτό επιτρέπει σε πάνω από 6 παράλληλους κωδικούς να χρησιμοποιηθούν, ανεβάζοντας το ρυθμό **bits** του καναλιού πάνω από 5740kbps που εξυπηρετούν 2Mbps δεδομένων χρήστη ή ακόμη και έναν υψηλότερο ρυθμό δεδομένων χρήστη, αν ο ρυθμός κωδικοποίησης είναι 1/2. Επομένως είναι δυνατόν να προσφέρουμε ρυθμό δεδομένων χρήστη 2Mbps ακόμη και μετά από επανεκπομπή. Οι επιτεύξιμοι ρυθμοί δεδομένων χρήστη με διαφορετικούς **spreading factors** παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2. Το αποτέλεσμα αυτό δίνει ένα 1/2-ρυθμό κωδικοποίησης και δε συμπεριλαμβάνει **bits** που θα έχουν ληφθεί από την ουρά του κώδικα ή από τον **Cyclic Redundancy Check (CRC)** έλεγχο. Αυτή η εξαρτημένη υπερεκτίμηση οφειλόμενη στα **bit** της ουράς και στα **CRC bits** έχει σημασία μόνο για χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων.



Σχήμα 5.11: Κατασκευή του uplink dedicated channel

DPDCH spreading factor	DPDCH channel bit rate (kbps)	Maximum user data rate with 1/2-rate coding (approx.)
256	15	7.5 kbps
128	30	15 kbps
64	60	30 kbps
32	120	60 kbps
16	240	120 kbps
8	480	240 kbps
4	960	480 kbps
4, with 6 parallel codes	5740	2.3 Mbps

Πίνακας 5.2: Data rates του uplink DPDCH

Ο **uplink** δέκτης στον **base station** πρέπει να αποδώσει χαρακτηριστικά τους ακόλουθους στόχους όταν λαμβάνει την εκπομπή από το τερματικό:

- Ο δέκτης αρχίζει να λαμβάνει το πλαίσιο (**frame**) και ανακτά (**despreading**) το **DPCCH** και αποθηκεύει το **DPDCH** σύμφωνα με το μέγιστο **bit rate**, ανταποκρινόμενος στο μικρότερο **spreading** όρο.
- Για κάθε σχισμή (**slot**) λαμβάνει τις εκτιμήσεις των καναλιών από τα πιλοτικά bits (**pilot bits**) στο **DPCCH**, υπολογίζει το **SIR** από τα **pilot bits** για κάθε **slot** και στέλνει την **TPC** εντολή προς την **downlink** κατεύθυνση του τερματικού για να ελέγξει την **uplink** αποκωδικοποιητική ισχύ εκπομπής του **TPC bit** σε κάθε **slot** και να κανονίσει την **downlink** ισχύ, αυτής της σύνδεσης αναλόγως.
- Για κάθε δεύτερη ή τέταρτη **slot** αποκωδικοποιεί **FBI bits**. Εάν είναι παρόντα, πάνω από δύο ή τέσσερα **slot** και ρυθμίζει τις φάσεις των διαφόρων κεραιών, ή τις φάσεις και τις ενισχύσεις, ανάλογα με την ποικιλία του τρόπου εκπομπής.
- Για το κάθε **10 ms frame**, αποκωδικοποιεί τις **TFCI** πληροφορίες από το **DPCCH** πλαίσιο, για να λάβει **bit rate** και παραμέτρους αποκωδικοποίησης καναλιού για το **DPDCH**.
- Για Εκπομπή Χρονικής Παύσης (**Transmission Time Interval**) (**TTI, interleaving period** (περίοδος παύσης)) της τάξης των **10, 20, 40** or **80 ms** αποκωδικοποιεί τα **DPDCH** δεδομένα.

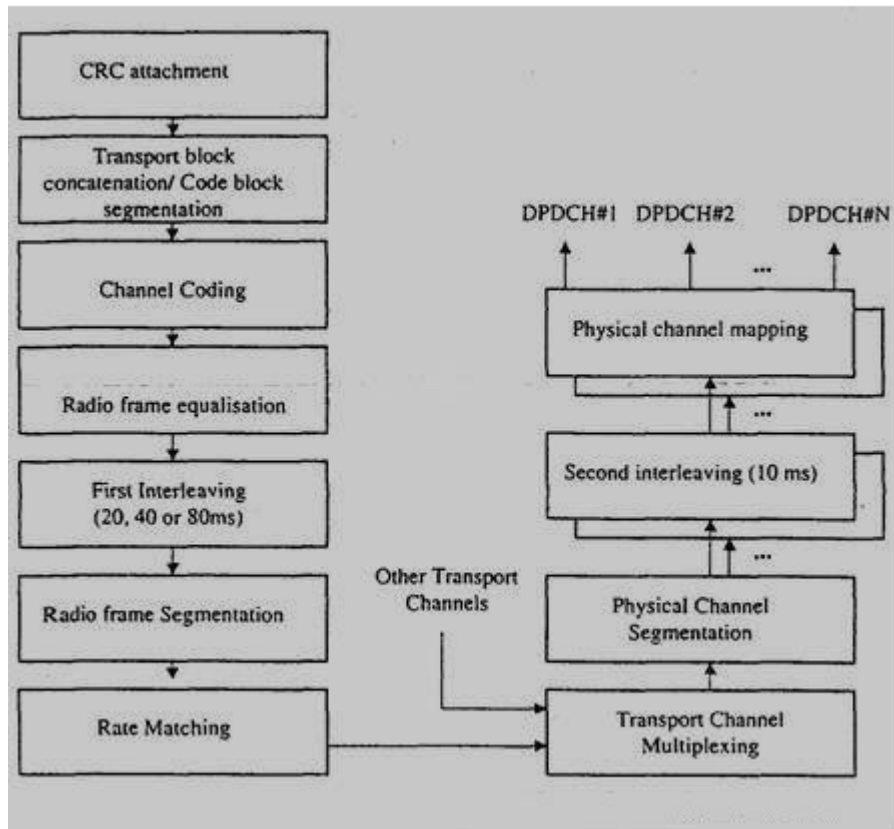
Οι ίδιες λειτουργίες ισχύουν το ίδιο καλά και για το **downlink**, με τις ακόλουθες διαφορές:

- Στο **downlink** ο **spreading** παράγοντας του **dedicated channel** είναι σταθερός, όπως και στα **common channels**. Η μόνη διαφορά είναι με το **Downlink Shared Channel (DSCH)**, το οποίο έχει μεταβλητό **spreading** παράγοντα.
- Τα **FBI bits** δεν χρησιμοποιούνται στο **downlink**.
- Υπάρχει ένα **common pilot channel** διαθέσιμο ως προσθήκη με τα **pilot bits** στο **DPCCH**. Ο **common pilot** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει την εκτίμηση των καναλιών.
- Η **downlink** εκπομπή μπορεί να πραγματοποιηθεί και από 2 κεραιές. Αυτό γίνεται λόγω ποικιλίας εκπομπής. Ο δέκτης κάνει την αποτίμηση από τα πιλοτικά σχέδια που στέλνονται από τις 2 κεραιές και συμπερασματικά προσαρμόζουν τα ανακτημένα δεδομένα, τα οποία στάλθηκαν από τις 2 διαφορετικές κεραιές. Εντούτοις, ο γενικός αντίκτυπος στην πολυπλοκότητα είναι μικρός.

5.4.2 Uplink Multiplexing («Άνω Ζεύξης» Πολυπλεξία)

Από την πλευρά του **uplink** οι υπηρεσίες πολυπλέκονται δυναμικά έτσι ώστε η ροή των δεδομένων είναι συνεχής με τη διαφορά μόνο του μηδενικού ρυθμού. Τα σύμβολα στο **DPDCH** στέλνονται με ισοδύναμο ποσό ισχύος για όλες τις υπηρεσίες. Αυτό στην πράξη σημαίνει ότι η κωδικοποίηση των υπηρεσιών και η πολυπλεξία του καναλιού, χρειάζεται σε ορισμένες περιπτώσεις να προσαρμόζει τους σχετιζόμενους ρυθμούς συμβόλων για διαφορετικές υπηρεσίες, προκειμένου να ισοσταθμίζει τις απαιτήσεις του επιπέδου ισχύος για σύμβολα καναλιού. Ο ρυθμός της ταιριαστής λειτουργίας στην πολυπλεγμένη αλυσίδα, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 5.12, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τέτοιες ποιοτικές διαδικασίες ισορροπώντας ανάμεσα σε υπηρεσίες ενός μοναδικού **DPDCH**. Για το **uplink DPDCH** δεν υπάρχουν οι σταθερές θέσεις για τις διαφορετικές υπηρεσίες, αλλά το πλαίσιο γεμίζεται σύμφωνα με το αποτέλεσμα του ταιριαζόμενου ρυθμού και της / των λειτουργίας / λειτουργιών παρεμβολής. Η **uplink** πολυπλεξία πραγματοποιείται σε 11 βήματα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 5.12.

Μετά από τη λήψη ενός φραγμού μεταφορών από τα υψηλότερα στρώματα, η 1^η λειτουργία που συμβαίνει είναι η επαφή με το **CRC**. Το **CRC** (Κυκλικός Έλεγχος Πλεονασμού) (**Cyclic Redundancy Check**) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο λαθών των μεταφορικών φραγμών στο λαμβάνον τέλος. Το **CRC** μήκος που μπορεί να εισαχθεί, έχει 4 διαφορετικές τιμές: 0, 8, 12, 16 και 24 bits. Όσα περισσότερα **bits** το **CRC** περιέχει, τόσο χαμηλότερη είναι η πιθανότητα της ύπαρξης ενός λάθους που δεν μπορεί να εντοπιστεί στο δέκτη. Η **physical layer** παρέχει το μεταφορικό φραγμό σε υψηλότερα επίπεδα μαζί με την ένδειξη λάθους από τον έλεγχο του **CRC**.



Σχήμα 5.12: Uplink πολυπλεξία και αλυσίδα κωδικοποίησης καναλιού

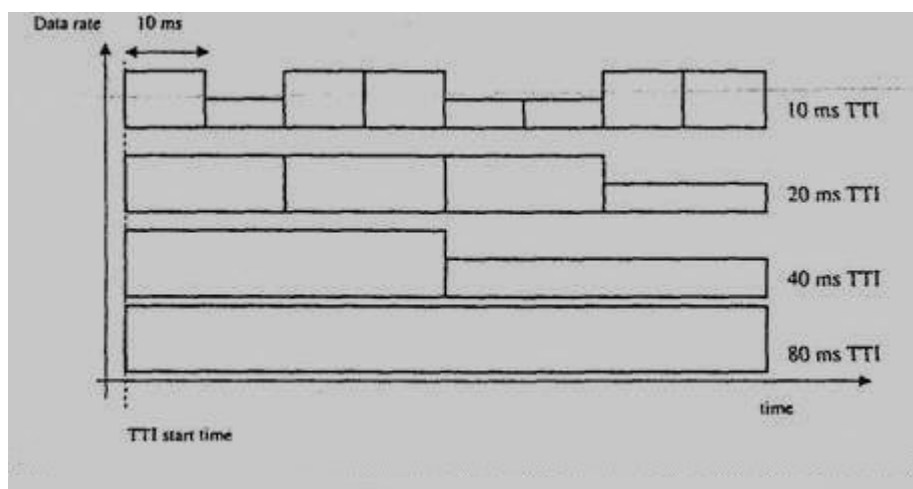
Μετά τη σύνδεση με το **CRC**, τα μεταφορικά φράγματα είναι ή συνδεδεμένα μαζί ή τεμαχισμένα σε διαφορετικά κωδικοποιημένα φράγματα. Αυτό εξαρτάται από εάν στο μεταφορικό φράγμα ταιριάζει το διαθέσιμο κωδικό φράγμα, το οποίο έχει μέγεθος το καθορισμένο από τη μέθοδο κωδικοποίησης του καναλιού. Το κέρδος αυτής της σύνδεσης είναι η καλύτερη επίδοση ***in terms of lower overhead due to encoder tail bits*** και σε ορισμένες περιπτώσεις λόγω της καλύτερης απόδοσης κωδικοποίησης καναλιών εξ' αιτίας του μεγάλου μεγέθους του φράγματος. Αφ' ετέρου, ο τεμαχισμός των κωδικοποιημένων φραγμάτων επιτρέπει την αποφυγή υπερβολικά μεγάλων κωδικοποιημένων φραγμάτων, τα οποία μπορούν να γίνουν ένα πολύπλοκο θέμα για εμάς. Αν τα μεταφορικά φράγματα κατά την επαφή με το **CRC** δεν ταιριάζουν στο μέγιστο διαθέσιμο κωδικοποιημένο φράγμα, αυτό θα χωριστεί σε ορισμένα κωδικοποιημένα φράγματα.

Η κωδικοποίηση καναλιών εκτελείται στα φράγματα κωδικοποίησης μετά τη λειτουργία της σύνδεσης ή του διαχωρισμού. Για μερικές κατηγορίες υπηρεσιών ή κατηγορίες **bit**, καμία κωδικοποίηση καναλιών δεν εφαρμόζεται. Αυτό γίνεται έτσι, παραδείγματος χάριν, με τα **bits 3^{ns}** κατηγορίας του **AMR**, τα οποία στέλνονται δίχως κωδικοποίηση καναλιού. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει περιορισμός στο μέγεθος των κωδικοποιημένων φραγμάτων, αφού δεν έχει γίνει καμία διαδικασία κωδικοποίησης στην **physical layer**.

Η λειτουργία της ραδιο εξίσωσης πλαισίων είναι να εξασφαλιστεί ότι τα στοιχεία μπορούν να διαιρεθούν σε ισοδύναμα ταξινομημένους φραγμούς όταν

εκπέμπονται περισσότερο από ένα ενιαίο ραδιο πλαίσιο **10 ms**. Αυτό γίνεται με το να γεμίζουμε με τον απαραίτητο αριθμό bits, μέχρι τα δεδομένα να αποκτήσουν ισομεγέθη φράγματα σε κάθε πλαίσιο.

Η 1^η παρεμβολή συνεχόμενου στρώματος ή αλλιώς όπως λέγεται διαμόρφωση ενδο-πλαisiού (**inter-frame interleaving**) χρησιμοποιείται όταν ο προϋπολογισμός καθυστέρησης επιτρέπει περισσότερο από **10 ms** παρεμβολής συνεχόμενου στρώματος. Το μήκος ενδιάμεσων στρωμάτων της 1^{ης} παρεμβολής πρέπει να καθοριστεί ώστε να είναι 20, 40 και 80 ms. Η περίοδος παρεμβολής είναι άμεσα σχετιζόμενη με το Διάστημα Εκπομπής Χρόνου (**Transmission Time Interval (TTI)**), η οποία μας δείχνει πόσο συχνά δεδομένα από υψηλότερα στρώματα / επίπεδα φτάνουν στην **physical layer**. Οι θέσεις εκκίνησης του **TTIs** για διαφορετικά **transport channels** ευθυγραμμίζονται στο χρόνο και πολυπλέκονται μαζί για μια μόνο σύνδεση. Τα **TTIs** έχουν ένα αρχικά σημείο αναφοράς, δηλ. της τάξεως των 40 ms. Το **TTI** πηγαίνει δύο φορές, ακόμη και για 80 ms **TTI** στην ίδια σύνδεση. Αυτό είναι αναγκαίο για να περιοριστούν οι πιθανοί μεταφορικοί συνδυασμοί, από την οπτική γωνία του σήματος. Ο χρονικός συσχετισμός των διαφορετικών **TTIs** παρουσιάζεται στο σχήμα 5.13. Αν η 1^η παρεμβολή συνεχόμενου στρώματος χρησιμοποιηθεί, ο τεμαχισμός του πλαisiού θα διανεμίει τα ερχόμενα δεδομένα από την 1^η παρεμβολή πάνω από 2, 4 ή 8 διαδοχικά πλαίσια, στη γραμμή που έχει το μήκος της παρεμβολής.



Σχήμα 5.13: TTI έναρξη χρόνου συσχετισμού με διαφορετικά TTIs, σε μια μόνο σύνδεση

Το ταίριασμα του ρυθμού χρησιμοποιείται για να ταιριάζει τον αριθμό των προς μετάδοση **bits** στον διαθέσιμο αριθμό ενός μόνο πλαisiού. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με το τρύπημα είτε με την επανάληψη. Από τη σκοπιά του **uplink**, η επανάληψη προτιμάται και βασικά ο μόνος λόγος που το τρύπημα χρησιμοποιείται είναι όταν αντιμετωπίζει τους περιορισμούς του τερματικού εκπομπού ή του δέκτη του **base station**. Ένας άλλος λόγος για τη χρήση του τρυπήματος είναι η αποφυγή της πολυκωδικής εκπομπής. Η λειτουργία του ταίριασματος του ρυθμού στο σχήμα 5.12 πρέπει να λάβει υπόψη τον αριθμό των **bits** που έρχονται από άλλα **transport channels**, τα οποία είναι ενεργά σε

αυτό το πλαίσιο. Ο **uplink** ρυθμός ταιριάσματος (**rate matching**) είναι μια δυναμική λειτουργία, η οποία μπορεί να διαφέρει στη βάση **frame-by-frame**. Όταν ο ρυθμός των δεδομένων κάποιας υπηρεσίας με το χαμηλότερο **TTI** διαφέρει όπως και στο σχήμα 5.13, ο δυναμικός **rate matching** προσαρμόζει τις παραμέτρους του **rate matching**, το ίδιο καλά και για τα άλλα **transport channels**, έτσι ώστε όλα τα σύμβολα στο ραδιο-πλαίσιο να χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, αν με 2 **transport channels** το ένα έχει προς στιγμή μηδενικό ρυθμό, η διαδικασία του **rate matching** αυξάνει αρκετά το ρυθμό των συμβόλων για την άλλη υπηρεσία, έτσι ώστε όλα τα σύμβολα των **uplink channels** να χρησιμοποιούνται, υποθέτοντας ότι ο **spreading factor** θα παρέμενε ο ίδιος.

Οι **higher layers** παρέχουν μια ημι-στατική παράμετρο. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα του **rate matching** είναι το να ελέγχει το γειτονικό **rate matching** ανάμεσα σε διαφορετικά **transport channels**. Αυτό χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της τιμής του **rate matching** όταν πολυπλέκονται ξεχωριστά **transport channels** για το ίδιο πλαίσιο. Όταν αυτός ο κανόνας εφαρμόζεται όπως διευκρινίζεται, με την ενίσχυση του χαρακτηριστικού γνώρισματος του **rate matching** και του **TFCI** ο δέκτης μπορεί να υπολογίσει αντίστροφα τις **rate matching** παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση της αντίστροφης λειτουργίας. Προσαρμόζοντας το χαρακτηριστικό γνώρισμα του **rate matching**, η ποιότητα των διαφορετικών υπηρεσιών μπορεί να ρυθμιστεί σωστά ώστε να φθάνει σε μια ισότιμη ή σχεδόν ισότιμη απαίτηση επιπέδου ισχύος συμβόλου.

Τα διαφορετικά **transport channels** πολυπλέκονται μαζί με τη βοήθεια μιας λειτουργίας πολυπλεξίας ενός **transport channel**. Αυτή είναι μια απλή τμηματική πολυπλεξία με βάση το **frame-by-frame**. Κάθε **transport channel** παρέχει δεδομένα σε ένα φράγμα **10 ms** γι' αυτή την πολυπλεξία. Σε περίπτωση παραπάνω του ενός **physical channel** (**spreading code** χρησιμοποιείται), τεμαχίζεται το **physical channel**. Αυτή η λειτουργία διαιρεί απλά, τα στοιχεία ομοιόμορφα, σε διαθέσιμους **spreading codes**, όπως επί του παρόντος καμία περίπτωση δεν εξακριβώθηκε, όπου οι **spreading factors** θα ήταν διαφορετικοί στις πολυκωδικές μεταδόσεις. Επίσης η χρήση των τμηματικών πολυπλεκτικών μέσων, όπου με την πολυκωδική εκπομπή οι χαμηλότεροι ρυθμοί μπορούν να υλοποιηθούν στέλνοντας λιγότερους κώδικες, παρά με πλήρη ρυθμό.

Η 2^η υλοποίηση εκτελείται με την δημιουργία ενός **10 ms** ραδιο-πλαισίου, η οποία ορισμένες φορές καλείται και υλοποίηση **ενδο-πλαισίου (interleaver)**. Αυτό αποτελεί ένα φραγμό δημιουργίας στρώματος αφού παίζει το ρόλο μιας νέας εσωτερικής στήλης, προστιθέμενη στις 30 στήλες του ενδοπλαισίου. Αξίζει ότι το δεύτερο ενδοπλαίσιο προστίθεται ξεχωριστά για κάθε φυσικό κανάλι, σε περίπτωση που ένα περισσότερο κωδικοποιημένο κανάλι χρησιμοποιείται. Από την έξοδο του 2^{ου} ενδοπλαισίου τα **bits** σχεδιάζονται στα **physical channels**. Ο αριθμός των **bits** που έχουν δοθεί για ένα **physical channel** σε αυτό το στάδιο, είναι ακριβώς ο αριθμός του **spreading factor** του οποίου το πλαίσιο μπορεί να εκπεμφθεί. Εναλλακτικά, ο αριθμός των προς μετάδοση **bits** είναι μηδεν και το **physical channel** δεν εκπέμπεται καθόλου.

5.4.3 User Data Transmission with the Random Access Channel

(Εκπομπή Δεδομένων Χρήστη με το Random Access Channel)

Εκτός από το **uplink dedicated channel**, δεδομένα χρήστη μπορούν να σταλθούν από το **Random Access Channel (RACH)**, το οποίο ανήκει στο **Physical Random Access Channel (PRACH)**. Αυτό προορίζεται για εφαρμογές με χαμηλού ρυθμού δεδομένα με πακέτα δεδομένων όπου η συνεχόμενη σύνδεση δε διατηρείται. Στο **RACH** το μήνυμα πιθανότατα θα εκπεμφθεί με ένα περιορισμένο σύνολο ρυθμών δεδομένων, τα οποία βασίζονται στις προγενέστερες διαπραγματεύσεις με το δίκτυο **UTRA**. Η **RACH** λειτουργία δεν περιλαμβάνει έλεγχο ισχύος, κατά συνέπεια η αξιοπιστία του επιπέδου ισχύος αποκτάται με τη **ramping** διαδικασία ισχύος. Το **PRACH** θα είναι αξιόπιστο μόνο για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, πάνω από 1 ή 2 πλαίσια το πολύ. Εξαρτάται επίσης και από το περιβάλλον.

Το **PRACH** έχει ένα ειδικό χαρακτηριστικό **προοίμιο / πρόλογος**, που στέλνεται πριν από τη μετάδοση στοιχείων. Αυτά χρησιμοποιούν ένα **spreading factor** της τάξεως του **256** και περιέχει μια ακολουθία υπογραφών από **16 σύμβολα**, με συνέπεια ένα συνολικό μήκος των **4096 chips (256x16)** για το **προοίμιο**. Από τη στιγμή που ο **πρόλογος** εντοπιστεί και αναγνωριστεί με το Κανάλι Απόκτησης Ένδειξης (**Acquisition Indicator Channel (AICH)**), τα **10 ms** (ή τα **20 ms**) του μέρους μηνυμάτων διαβιβάζονται. Ο **spreading factor** για το μέρος του μηνύματος, μπορεί να ποικίλει από **256** μέχρι **32**, ανάλογα με τις ανάγκες μετάδοσης αλλά αποτελεί και μέρος της συμφωνίας με το δίκτυο **UTRA**. Επιπλέον, τα **20 ms** μήκους μηνύματος έχει καθοριστεί για λόγους βελτίωσης σειράς. Η **AICH** κατασκευή καλύπτεται στο μέρος που αφορά τη σηματοδότηση, κατά τη διάρκεια της οποίας η **RACH** διαδικασία συμπεριλαμβάνεται λεπτομερώς στο τμήμα που μιλά για τις διαδικασίες της **physical layer**.

5.4.4 Uplink Common Packet Channel (Κοινό Κανάλι Πακέτων της Άνω Ζεύξης)

Όπως και στις προηγούμενες μεθόδους μετάδοσης δεδομένων χρηστών, μια επέκταση για το **RACH** έχει καθοριστεί. Οι κύριες διαφορές στην **uplink** από την **RACH** εκπομπή δεδομένων είναι η επιφύλαξη του καναλιού για αρκετά πλαίσια και η χρήση του γρήγορου ελέγχου ισχύος, ο οποίος δε χρειάζεται με το **RACH** όταν στέλνονται μόνο 2 πλαίσια. Το **uplink Common Packet Channel (CPCH)** έχει ως ζευγάρι του το **DPCCCH** κατά την **downlink** κατεύθυνση, παρέχοντας πληροφορίες για το γρήγορα έλεγχο ισχύος. Επίσης το δίκτυο έχει μια επιλογή για να πει στα τερματικά να στείλουν ένα πρόλογο για τον έλεγχο ισχύος **8-σχισμών (8-slot)**. Αυτό είναι ευεργετικό σε μερικές περιπτώσεις δεδομένου ότι επιτρέπει στον έλεγχο ισχύος να συγκλίνει πριν από η πραγματική μετάδοση δεδομένων αρχίσει.

Η σηματοδότηση του **downlink** της **higher layer** σε ένα τερματικό χρησιμοποιώντας **uplink CPCH** παρέχεται από το **Forward Access Channel (FACH)**. Ο κυρίως λόγος της μη χρησιμοποίησης **DPDCH** του **dedicated channel**, μεταφέροντας το **DPCCH**, είναι γιατί το ότι το **CPCH** πρόκειται για κανάλι γρήγορης απελευθέρωσης και γρήγορης εγκατάστασης. Ακόμη αντιμετωπίζεται ομοίως η **RACH** αποδοχή από τη **physical layer**, από τη σκοπιά του **base station**. Το περιεχόμενο **DPDCH** φροντίζει για την υψηλότερη σηματοδότηση του στρώματος των πρωτοκόλλων, τα οποία βρίσκονται στον **Radio Network Controller (RNC)**. Σε περίπτωση που το **RNC** θέλει να στείλει ένα σηματοδοτημένο μήνυμα για το τερματικό ως απάντηση στη λειτουργία του **CPCH**, ένα **ARQ** μήνυμα παραδείγματος χάριν, η σύνδεση της **CPCH** μπορεί να έχει ήδη τερματιστεί από τον **base station**. Οι διαφορές μέσα στη λειτουργία του **uplink CPCH** από τη διαδικασία του **RACH**, καλύπτονται από τις διαδικασίες του τμήματος της **physical layer**.

5.4.5 Downlink Dedicated Channel (Αφιερωμένο Κανάλι Κάτω Ζεύξης)

Το **downlink dedicated channel** εκπέμπεται από το **Downlink Dedicated Physical Channel (Downlink DPCH)**. Το **Downlink DPCH** προσθέτει χρόνο πολυπλεξίας για πληροφορίες **physical** ελέγχου και εκπομπή δεδομένων χρήστη. Όπως και στο **uplink**, οι όροι του **Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)** και **Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)** χρησιμοποιούνται στα **3GPP** που έχουν τις προδιαγραφές για τα **downlink dedicated channels**.

Ο **spreading factor** για τον υψηλότερο ρυθμό εκπομπής προσδιορίζει τον **channelisation code** για να διατηρηθεί από το **code tree**. Ο μεταβλητός ρυθμός εκπομπής δεδομένων μπορεί να υλοποιηθεί με 2 τρόπους:

- Σε περίπτωση που το **TFCI** δεν είναι παρών, οι θέσεις των **DPDCH bits** στο πλαίσιο καθορίζονται. Όπως ο **spreading factor** επίσης πάντα καθορίζεται στο **Downlink DPCH**, οι χαμηλότεροι ρυθμοί υλοποιούνται με τη **Discontinuous Transmission (DTX)** θέτοντας την εκπομπή των δεδομένων **on/off**. Δεδομένου ότι αυτό γίνεται στο διάστημα αυλακώσεων, το αποτέλεσμα του ρυθμού που λαμβάνουμε είναι 1500 Hz. Όπως και στο **uplink**, υπάρχουν 15 σχισμές για κάθε 10 ms ραδιο-πλαισίου. Αυτό καθορίζει το ρυθμό της εξόδου. Ο ρυθμός των δεδομένων, σε περίπτωση περισσότερων από μιας εναλλακτικών λύσεων, καθορίζεται με τη **Blind Transport Format Detection (BTDF)**, η οποία βασίζεται στη χρήση καθοδηγητικών μεταφορικών καναλιών (**transport channels**), τα οποία έχουν διαφορετικές **CRC** θέσεις για διαφορετικούς Μεταφορικούς Συνδυασμούς Τυποποίησης (**Transport Format Combinations (TFCs)**). Για ένα τερματικό είναι υποχρεωτικό να έχει **BTDF** ικανότητα με σχετικά χαμηλούς ρυθμούς μόνο, τέτοια όπως με την **AMR** υπηρεσία φωνής.
- Με διαθέσιμο το **TFCI** είναι επίσης πιθανό να χρησιμοποιηθούν εύκαμπτες θέσεις, και πάνω στη διακριτική ευχέρεια του δικτύου να διαλέξει ποιον τρόπο λειτουργίας θέλει να χρησιμοποιήσει. Με εύκαμπτες θέσεις είναι πιθανό να κρατηθεί η συνεχόμενη εκπομπή και να υλοποιηθεί

το **DTX** με επανάληψη των **bits**. Σε τέτοια περίπτωση το πλαίσιο είναι πάντοτε γεμάτο, όπως και κατά τη διαδικασία του **uplink**.

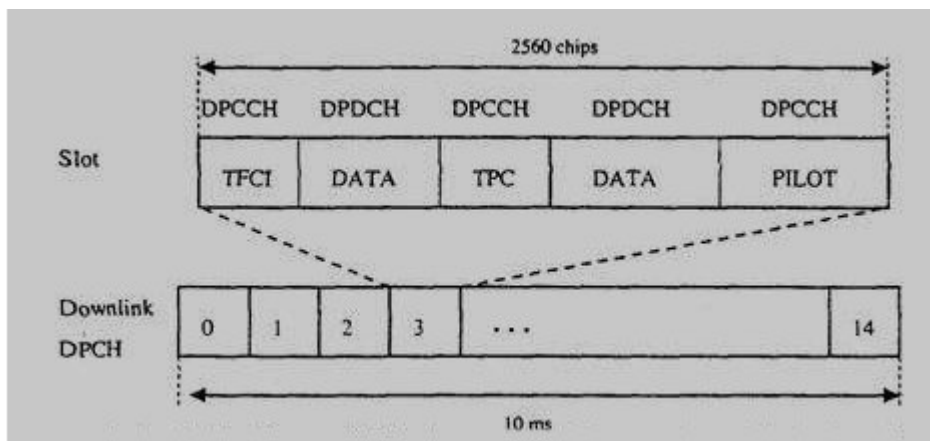
Η **downlink** πολυπλεγμένη αλυσίδα στο σχήμα 5.16 (παράγραφος 5.4.6) προσκρούεται επίσης από την ένδειξη του **DTX** που έχει παρεμβληθεί πριν από την πρώτη παρεμβολή.

Στους **downlink spreading factors** με εύρος από 4 μέχρι 512, με μερικούς περιορισμούς στη χρήση της διάδοσης του παράγοντα 512 στην περίπτωση του **soft handover**. Οι περιορισμοί συνίστανται στη ρύθμιση των χρονικών βημάτων των 256 chips στη λειτουργία του **soft handover**, αλλά σε οποιαδήποτε περίπτωση η χρήση του **spreading factor** των 512 για **soft handover** δεν αναμένεται για να εμφανιστεί πολύ συχνά. Τυπικά ένας τέτοιος **spreading factor** χρησιμοποιείται για να παράξει πληροφορίες π.χ. για τον έλεγχο ισχύος κτλ., όταν παρέχει πληροφορίες με τη μικρότερη **downlink** δραστηριότητα, όπως με το αρχείο που φορτώνει κτλ. Υπάρχει και ακόμη η περίπτωση με το **CPCCH** όπου οι πληροφορίες για τον έλεγχο ισχύος, για περιορισμένης διάρκειας **uplink** εκπομπή, παρέχονται από το **DPCCH** με **spreading factor 512**. Σε αυτή τη περίπτωση το **soft handover** δεν απαιτείται.

Η διαμόρφωση προκαλεί ορισμένες διαφορές ανάμεσα στους ρυθμούς του **uplink** και του **downlink**. Κατά τη διάρκεια που το **uplink DPDCH** αποτελείται από **BPSK** σύμβολα, το **downlink DPDCH** αποτελείται από **QPSK** σύμβολα. Αν και στο **downlink DPDCH** μέρος του χρόνου είναι διατηρημένα για το **DPCCH**, ειδικά σε υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, ο ρυθμός των **bit** μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα μόνο κώδικα. Στο κατιούσα σύνδεση **DPDCH** είναι σχεδόν διπλός από αυτόν του **uplink DPDCH** με τον ίδιο διαδίδοντας παράγοντας. Αυτοί οι **downlink** ρυθμοί δεδομένων που δίνονται στον πίνακα 5.3 έχουν ακατέργαστους ρυθμούς υπολογισμένους από τα **QPSK-σύμβολα** στα διατηρημένα για τη χρήση **downlink** στοιχεία.

Spreading factor	Channel symbol rate (kbps)	Channel bit rate (kbps)	DPDCH channel bit rate range (kbps)	Maximum user data rate with 1/2-rate coding (approx.)
512	7.5	15	3-6	1-3 kbps
256	15	30	12-24	6-12 kbps
128	30	60	42-51	20-24 kbps
64	60	120	90	45 kbps
32	120	240	210	105 kbps
16	240	480	432	215 kbps
8	480	960	912	456 kbps
4	960	1920	1872	936 kbps
4, with 3 parallel codes	2880	5760	5616	2.3 Mbps

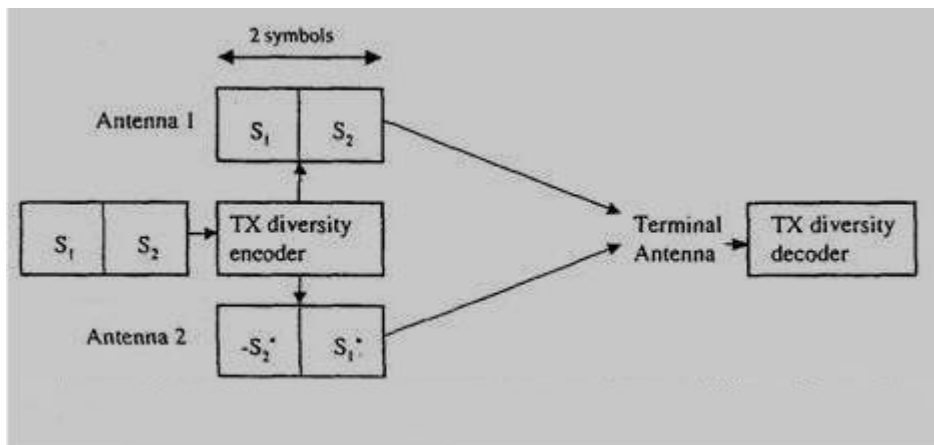
Πίνακας 5.3: Σύμβολα και bit rates του downlink dedicated channel



Σχήμα 5.14: Έλεγχος/Δεδομένα πολυπλεξίας στο downlink dedicated physical channel

Το **Downlink DPCH** μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε την ανοιχτή επαναλαμβανόμενη διαδρομή (**open loop**) είτε την κλειστή (**closed loop**), για μετάδοση, με σκοπό να βελτιώσει την απόδοση. Η χρήση τέτοιων αυξήσεων δεν απαιτείται από την πλευρά δικτύων αλλά είναι υποχρεωτική στα τερματικά. Έγινε υποχρεωτικό δεδομένου ότι θεωρήθηκε ότι αυτό το είδος χαρακτηριστικού γνωρίσματος έχει μια ισχυρή σχέση με τέτοια ζητήματα όπως τον σχεδιασμό / προγραμματισμό δικτύων (**planning network**) και την ικανότητα συστημάτων, έτσι έγινε μια ικανότητα εφαρμογής βασικών γραμμών. Η αρχή της **open loop** κωδικοποιημένης μετάδοσης δείχνεται στο σχήμα 5.15, όπου η πληροφορία κωδικοποιείται για να σταλθεί σε 2 κεραιές. Αυτή η μέθοδος επίσης σημαίνει για τα **3GPP** μια προδιαγραφή όπως η κωδικοποίηση του παρεμβαλλόμενου χρονικού φράγματος που βασίζεται στην ποικιλία εκπομπής (**space time block coding based transmit diversity (STTD)**). Μια άλλη πιθανότητα είναι να χρησιμοποιηθεί ο τρόπος της ανατροφοδότησης για την ποικιλία μεταδόσεως, όπου το σήμα που στέλνεται από 2 κεραιές βασίζεται στην ανατροφοδότηση των πληροφοριών από το τερματικό. Η ανατροφοδότηση χρησιμοποιεί φάση και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και ενίσχυση, ως

αντιστάθμισμα μεταξύ των κεραιών. Ο τρόπος ανατροφοδότησης της ποικιλίας εκπομπής καλύπτεται στην ενότητα που περιγράφει τις διαδικασίες της **physical layer**.



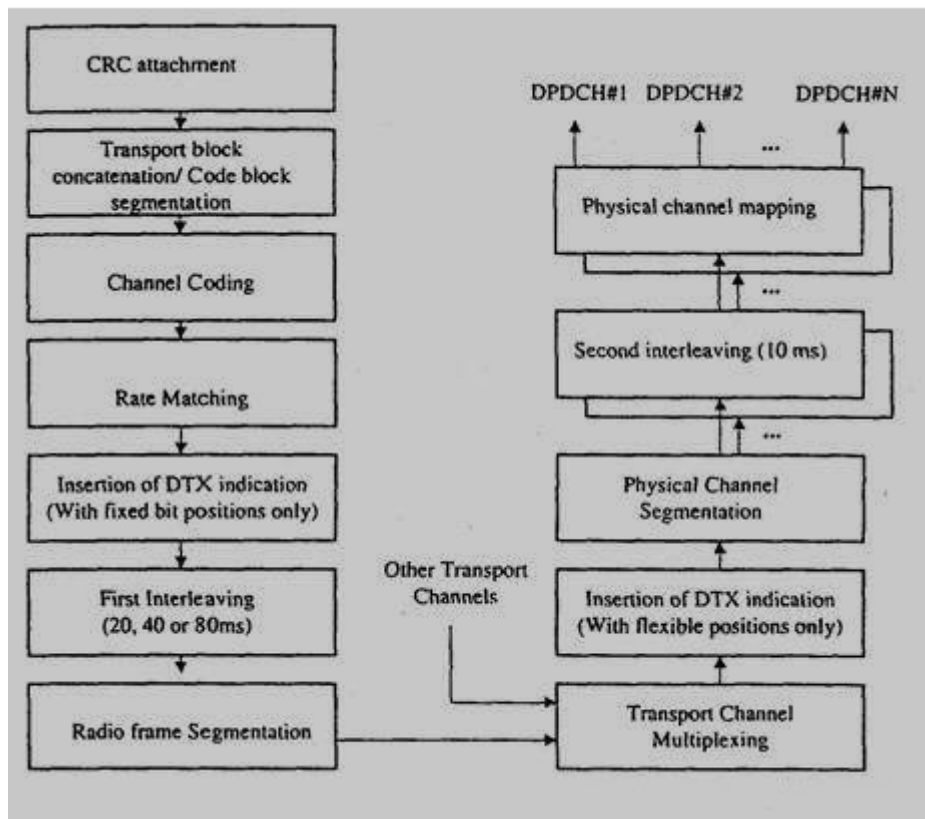
Σχήμα 5.15: Κωδικοποίηση της open loop ποικιλίας (diversity) μετάδοσης

5.4.6 Downlink Multiplexing (Πολυπλεξία Κάτω Ζεύξης)

Η πολυπλεγμένη αλυσίδα στο **downlink** είναι κυρίως παρόμοια με αυτήν στο **uplink** αλλά υπάρχουν επίσης και ορισμένες λειτουργίες που γίνονται διαφορετικά.

Όπως και στο **uplink**, η παρεμβολή υλοποιείται σε 2 μέρη, καλύπτοντας την υλοποίηση και των 2 πλαισίων, δηλ. και του **intra-frame** και του **inter-frame**. Ακόμη ο ρυθμός ταιριάσματος (**rate matching**) επιτρέπει στο 1 να ισοσταθμίζει την απαιτούμενη ενέργεια των συμβόλων του καναλιού, η οποία προορίζεται για να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές ποιότητες υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες μπορούν να σχεδιαστούν, το ίδιο καλά, σε περισσότερους από έναν κώδικες, πράγμα το οποίο είναι απαραίτητο αν η ικανότητα του κώδικα υπερβαίνει είτε το τερματικό, είτε τον **base station**.

Υπάρχουν διαφορές στη διαταγή κατά την οποία οι λειτουργίες του **rate matching** και του τεμαχισμού (**segmentation**) εκτελούνται. Είτε χρησιμοποιηθούν σταθερές είτε εύκαμπτες θέσεις **bit** αυτό καθορίζεται από την ένδειξη του **DTX** σημείου εισαγωγής. Τα ενδεικτικά **DTX bits** δε διαδίδονται στον αέρα. Απλά εισάγονται προς ενημέρωση του εκπομπού, στον οποίο οι θέσεις των **bit** θα έπρεπε να κλείσουν. Δεν χρειάζονται στο **uplink**, όπου ο **rate matching** καθίσταται η πιο δυναμική λύση, αφού πάντα γεμίζει το πλαίσιο όταν υπάρχει κάτι προς μετάδοση για το **DPDCH**.

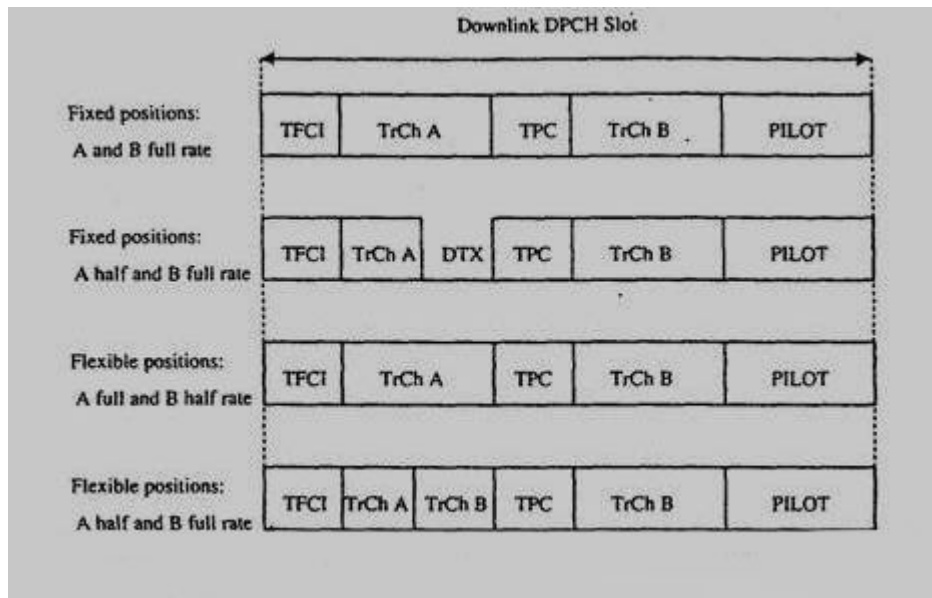


Σχήμα 5.16: Downlink πολυπλεξία και αλυσίδα κωδικοποίησης καναλιού

Η χρήση αυτών των σταθερών θέσεων σημαίνει για ένα δεδομένο **transport channel** ότι τα ίδια σύμβολα πάντοτε χρησιμοποιούνται. Αν ο ρυθμός της εκπομπής βρίσκεται κάτω από το μέγιστο, τότε τα ενδεικτικά **bits** του **DTX** χρησιμοποιούνται γι' αυτά τα σύμβολα. Τα διαφορετικά **transport channels** δεν έχουν σοβαρό αντίκτυπο στις προστιθέμενες τιμές του **rate matching** για άλλο κανάλι και όλα τα **transport channels** μπορούν να χρησιμοποιούν το μέγιστο του ρυθμού τους, ταυτόχρονα και το ίδιο καλά. Η χρησιμότητα των σταθερών θέσεων σχετίζεται εν μέρει με την πιθανή χρήση του τυφλού ρυθμού εντοπισμού (**blind rate detection**). Όταν ένα **transport channel** πάντα έχει τη ίδια θέση άσχετα από το ρυθμό των δεδομένων, η κωδικοποίηση του καναλιού μπορεί να γίνει με μια απλή διαδικασία κωδικοποίησης και το μόνο πράγμα που χρειάζεται να ελεγχθεί είναι το σε ποια θέση της εξόδου του φράγματος, ταιριάζει με τα αποτελέσματα του ελέγχου του **CRC**. Αυτό φυσικά απαιτεί να έχουν διαφορετικό αριθμό συμβόλων οι διαφορετικοί ρυθμοί.

Με τις εύκαμπτες θέσεις η κατάσταση είναι διαφορετική δεδομένου ότι από τώρα τα **bits** των καναλιών που είναι αχρησιμοποίητα από μια υπηρεσία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μια άλλη υπηρεσία. Αυτό είναι χρήσιμο όταν είναι πιθανόν να έχουμε ένα τέτοιο συνδυασμό στο **transport channel** που όλοι δεν πρέπει να είναι σε θέση να φθάσουν στο πλήρες ρυθμό δεδομένων ταυτόχρονα, αλλά μπορούν εναλλακτικά με τη χρήση του πλήρους ρυθμού εκπομπής. Αυτό επιτρέπει στον απαραίτητο **spreading code**

κατά τη διάδοσή του με το **downlink** να μειωθεί. Η έννοια των εύκαμπτων σταθερών θέσεων στο **downlink** παρουσιάζεται στο σχήμα 5.17. Η χρήση του **blind rate detection** είναι επίσης πιθανή σε γενικές γραμμές με τις εύκαμπτες σταθερές θέσεις, αλλά δεν απαιτείται από τις προδιαγραφές. Αν ο ρυθμός των δεδομένων δεν είναι ιδιαίτερα υψηλός όπως και ο αριθμός των πιθανών ρυθμών δεδομένων, τότε το τερματικό μπορεί να προχωρήσει στην κωδικοποίηση του καναλιού για όλους τους συνδυασμούς και τους ελέγχους, με τους οποίους παράγεται το σωστό αποτέλεσμα **CRC**.



Σχήμα 5.17: Αρμόζουσες θέσεις των σχισμών (slots) του transport channel κατά τη διαδικασία του downlink

5.4.7 Downlink Shared Channel (Μοιραζόμενο από κοινού Κανάλι

Κάτω Ζεύξης)

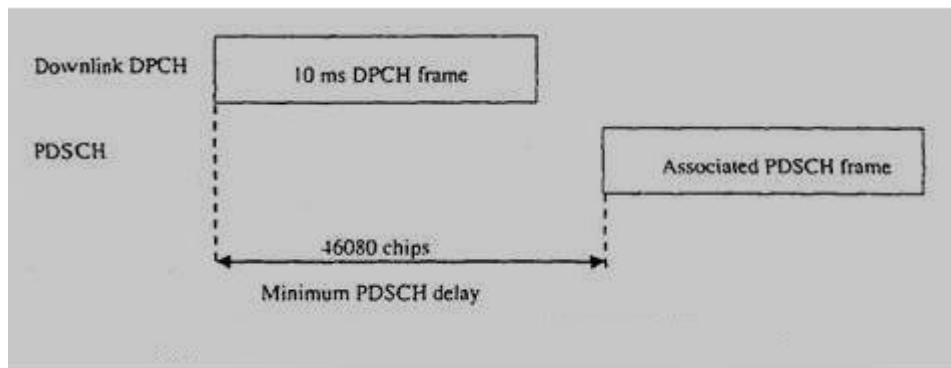
Εκπέμποντας δεδομένα με υψηλό ρυθμό (μετάδοσης δεδομένων) κορυφής και χαμηλή κυκλική δραστηριότητα στο **downlink**, γρήγορα προκαλούνται οι κώδικες διοχέτευσης (**channelisation codes**) σε ένα ενιαίο κώδικα ανακατέματος (**scrambling code**), για να αρχίσει να προχωρεί. Για να αποφύγουμε αυτό το πρόβλημα, 2 εναλλακτικές λύσεις υπάρχουν: α) χρήση συμπληρωματικών **scrambling codes** ή **common channels**. Οι συμπληρωματικοί **scrambling codes** χάνουν το πλεονέκτημα της ορθογωνικότητας των εκπομπών από μία μόνο πηγή και ως αποτέλεσμα αυτού θα πρέπει να αποφεύγεται και β) χρησιμοποιώντας ένα **shared channel** ως πόρο, διατηρεί αυτό το πλεονέκτημα και στο ίδιο χρονικό διάστημα μειώνει την κατανάλωση του πόρου του **downlink** κώδικα. Υπό αυτήν τη μορφή η διανομή των πόρων δεν μπορεί να παρέχει πάντα 100% εγγύηση της διαθεσιμότητας του πόρου του **physical channel**. Η δυνατότητα εφαρμογής του περιορίζεται στην πράξη σε υπηρεσίες- πακέτα.

Όπως σε ένα σύστημα **CDMA** ένας χρειάζεται να εξασφαλίσει τη διαθεσιμότητα του ελέγχου ισχύος και άλλες πληροφορίες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια, το **Downlink Shared Channel (DSCH)** έχει καθοριστεί, έτσι ώστε να βρίσκεται πάντοτε σε συσχετισμό με το **Downlink Dedicated Channel (Downlink DCH)**. Το **DCH** παρέχει, εκτός από τις πληροφορίες για τον έλεγχο ισχύος, μια ένδειξη στο τερματικό όταν αυτό πρέπει να αποκωδικοποιήσει το **DSCH** και ποιον **spreading code** από το **DSCH** πρέπει να ανακτήσει. Γι' αυτή την ένδειξη, 2 εναλλακτικές λύσεις έχουν οριστεί: α) είτε το **TFCI** να βασίζεται πάνω στη βάση του **frame-by-frame** ή β) σηματοδοσία της **higher layer** σε μεγαλύτερη κατανομή χρόνου. Κατά συνέπεια ο ρυθμός των **DSCH** δεδομένων χωρίς κωδικοποίηση είναι κατευθείαν το ποσοστό των **bits** του καναλιού, τα οποία παρουσιάζονται στον πίνακα Ε.3 για το **Downlink DCH**. Η μικρή διαφορά από τους **downlink DCH spreading codes** είναι ότι ο **spreading factor 512** δεν υποστηρίζεται από το **DSCH**. Το **DSCH** ακόμη επιτρέπει τη συνεργασία τερματικών με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, κάτω από έναν ενιαίο κλάδο του πόρου του κώδικα, καθιστώντας τη διαμόρφωση εύχρηστη με τις εξελισσόμενες τελικές ικανότητες. Το **DSCH code tree** παρουσιάζεται στο σχήμα 6.9 σε συσχετισμό με την ενότητα του downlink spreading.

Με το **DSCH** ο χρήστης μπορεί να διαθέτει διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων, π.χ. **384 kbps** με **spreading factor 8** και στη συνέχεια **192 kbps** με **spreading factor 16**. Η ευκρίνεια του **DSCH code tree** παρέχει τη δυνατότητα στο μοίρασμα της χωρητικότητας του **DSCH**, στη βάση του **frame-by-frame**. Παραδείγματος χάριν, με κάθε έναν ενεργό χρήστη με υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ή με μερικούς χρήστες που έχουν χαμηλότερους ρυθμούς και δουλεύουν παράλληλα. Το **DSCH** μπορεί, το ίδιο καλά, να σχεδιαστεί και για περιπτώσεις πολυκωδικής μετάδοσης: για παράδειγμα, **3 channelisation codes** με **spreading factor 4** παρέχουν ένα **DSCH** με δυνατότητα **2 Mbps**.

Από τη μεριά του **uplink**, τέτοιες ανησυχίες για τη χρήση των πόρων του κώδικα δεν υπάρχουν, αλλά υπάρχει η ερώτηση για το πώς να διαχειριστούμε το συνολικό επίπεδο παρεμβολής και σε ορισμένες περιπτώσεις την χρησιμότητα των πόρων απ' τη μεριά του δέκτη. Κατά συνέπεια μια παρεμφερής λειτουργία προς το **DSCH** δεν διευκρινίζεται στο **uplink** του **UTRA FDD**.

Το **physical channel** μεταφέροντας το **DSCH** είναι το **Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)**. Ο χρονικός συσχετισμός του **PDSCH** με το συνδεδεμένο **downlink Dedicated Physical Channel (DPCH)** δείχνεται στο Σχήμα 5.18. Το **PDSCH** πλαίσιο μπορεί να μην ξεκινά πριν από 3 σχισμές μετά το τέλος αφιερωμένου και συνδεδεμένου πλαισίου του καναλιού. Αυτό εξασφαλίζει ότι η προσωρινή αποθήκευση στοιχείων από τη λήψη του **DSCH** δεν αυξάνεται, συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες αποθηκευτικές ανάγκες που έχει ο δέκτης.



Σχήμα 5.18: PDSCH χρονικός συσχετισμός στο DPCH

5.4.8 Forward Access Channel for User Data Transmission (Forward Access Channel για Εκπομπή Δεδομένων Χρήστη)

Το **Forward Access Channel (FACH)** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπομπή δεδομένων ή πακέτων δεδομένων χρήστη. Αυτό το κανάλι πολυπλέκεται με το **paging channel** αλλά μπορεί να υπάρχει και από μόνο του, το ίδιο καλά. Η κύρια διαφορά με τα **dedicated** και **shared channels** είναι ότι το **FACH** δεν επιτρέπει τη χρήση του γρήγορου ελέγχου ισχύος και προσθέτει είτε αργό έλεγχο ισχύος ή κανένα έλεγχο ισχύος. Ο αργός έλεγχος ισχύος είναι πραγματοποιήσιμος αν αρκετά δεδομένα εκπέμπονται ανάμεσα στο **base station** και στο τερματικό και το τελευταίο παρέχει την ανατροφοδότηση στην ποιότητα των λαμβανόμενων πακέτων. Αυτός ο τύπος ελέγχου ισχύος δεν μπορεί να καταπολεμήσει την επίδραση **fading channel** αλλά πολύ περισσότερο τις μεγάλης διάρκειας αλλαγές στο περιβάλλον διάδοσης. Για τη λιγότερο συχνή μετάδοση, το **FACH** χρειάζεται να χρησιμοποιεί περισσότερο ή λιγότερο το επίπεδο πλήρους ισχύος. Ο έλεγχος ισχύος για το **FACH** είναι επίσης πολύ αργός, από τότε που η εκπομπή των **FACH** δεδομένων ελέγχεται από το **RNC**, πράγμα το οποίο σημαίνει μια μεγαλύτερη καθυστέρηση για οποιεσδήποτε πληροφορίες ανατροφοδότησης από τον **base station**.

Εάν το **FACH** θα περιέχει πιλοτικά σύμβολα (**pilot symbols**) ή όχι εξαρτάται από το αν θα εφαρμόζει την τεχνική της ακτίνας διαμόρφωσης. Κανονικά το **FACH** δεν περιέχει **pilot symbols** και ο δέκτης χρησιμοποιεί τα **pilot symbols** ως αναφορά φάσης.

Δεδομένου ότι **FACH** πρέπει να ληφθεί από όλα τα τερματικά, το πρωτεύον **FACH** δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει υψηλούς ρυθμούς δεδομένων. Αν υψηλότεροι, ακόμη, ρυθμοί δεδομένων είναι επιθυμητοί, αυτό θα απαιτούσε ένα ξεχωριστό **physical channel** όπου μόνο οι ικανότητες που αναφέρονται στους μέγιστους ρυθμούς δεδομένων εκείνων των τερματικών που διετεθήσαν σε εκείνο το κανάλι πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η απαραίτητη διαμόρφωση θα γινόταν μάλλον περίπλοκη όταν τερματικά με διαφορετικές δυνατότητες συμπεριλαμβάνονταν. Το **FACH** έχει έναν σταθερό **spreading factor** και διατηρεί το **FACH** για πολύ υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, δεν βελτιστοποιείται

από την άποψη των πόρων του κώδικα, ειδικά αν όλα τα τερματικά δεν μπορούν να αποκωδικοποιήσουν τον υψηλό ρυθμό των δεδομένων του **FACH**.

Τα μηνύματα στο **FACH** φυσιολογικά χρειάζονται μια σηματοδοσία μέσα στη ζώνη (**in-band**) για να πει για ποιον χρήστη τα δεδομένα προορίζονταν. Προκειμένου να διαβαστούν τέτοιες πληροφορίες, το τερματικό πρέπει πρώτα να αποκωδικοποιήσει τα **FACH** μηνύματα. Το να λειτουργεί συνεχώς αυτή η λειτουργία της κωδικοποίησης δεν είναι επιθυμητό λόγω της κατανάλωσης ισχύος, ειδικά με υψηλότερους ρυθμούς **FACH**.

5.4.9 Channel Coding for User Data (Κωδικοποίηση Καναλιού για

Δεδομένα Χρήστη)

Στο **UTRA 2** μέθοδοι κωδικοποίησης καναλιών έχουν καθοριστεί. 1/2-ρυθμού και 1/3-ρυθμού συνελκτική κωδικοποίηση προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σχετικά με τους χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων, ως αντίτιμο με τους ρυθμούς των δεδομένων, οι οποίοι παρέχονται σήμερα από 2^{ns} γενιάς δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, αν και ένα ανώτερο όριο δεν έχει διευκρινιστεί. Για υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, **1/3-rate turbo** κωδικοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί και τυπικά να φέρει οφέλη απόδοσης όταν τα αρκετά μεγάλα μεγέθη φραγμάτων επιτυγχάνονται. Έχει υπολογιστεί ότι κατά προσέγγιση 300 **bits** πρέπει να είναι διαθέσιμα για κάθε **TTI** έτσι ώστε να δίνουν turbo κωδικοποίηση, ορισμένο κέρδος πέρα από την κωδικοποίηση περιέλιξης (**convolutional coding**). Αυτό επίσης καθορίζει το απαιτούμενο επίπεδο ποιότητας και το λειτουργικό περιβάλλον.

Η **convolutional coding** βασίζεται σε περιορισμένο μήκος κωδικοποίησης 9 με τη χρήση των τελευταίων **bits** (της ουράς). Η επιλεγμένη μέθοδος **turbo** κωδικοποίησης / αποκωδικοποίησης αποτελείται από 8 παράλληλους συγκεντρωμένους περιελιγμένους κωδικούς **PCCC (parallel concatenated convolutional code)**. Το κύριο κίνητρο για τη χρησιμοποίηση της **turbo κωδικοποίησης** για υψηλότερους ρυθμούς ήταν η απόδοση ενώ για τους χαμηλούς ρυθμούς ο κύριος λόγος της μη χρησιμοποίησης ήταν ότι το ίδιο καλά ήταν και οι 2 αποδόσεις δηλ., του χαμηλού ρυθμού αλλά και του μικρού μήκους φράγματος, όπως το επιθυμητό, έτσι ώστε να επιτραπεί η χρήση του απλού ρυθμού τυφλού εντοπισμού που υποστήριζαν χαμηλό ρυθμό υπηρεσιών, τέτοιες όπως η φωνή. Ο ρυθμός του τυφλού εντοπισμού με **turbo** κωδικοποίηση τυπικά απαιτεί εντοπισμό όλων των εκπεμπόμενων ρυθμών, ενώ με τη **convolutional κωδικοποίηση** πειραματικών μεθόδων μπορεί μόνο να επιτραπεί ένα **Viterbi** πέρασμα για τον καθορισμό ποιου ρυθμού εκπομπής έγινε χρήση. Αυτό πραγματοποιείται μαζί με τη βοήθεια του **CRC** και την προσθήκη μιας ιδιαίτερης τεχνικής παρεμβολής.

Η **turbo** κωδικοποίηση, έχει μια ιδιαίτερη παρεμβολή, η οποία έχει σχεδιαστεί έχοντας μια μεγάλη ποικιλία ρυθμών δεδομένων. Το μέγιστο μέγεθος φράγματος της **turbo** κωδικοποίησης έχει περιοριστεί στα **5114 bits** πληροφορίας. Μετά από εκείνο το μέγεθος των φραγμάτων μόνο οι απαιτήσεις της μνήμης αυξάνονται αλλά καμία σημαντική επίδραση από τη σκοπιά της απόδοσης δεν παρατηρείται. Για μεγαλύτερο ποσό δεδομένων κάθε

παρεμβαλλόμενης περιόδου, ορισμένα μόνο φράγματα χρησιμοποιούνται, με μέγεθος φράγματος τόσο ίσο όσο τα **5114 bits** ή χαμηλότερο από αυτά. Το πραγματικό μέγεθος του φράγματος είναι λίγο μικρότερο, από τότε που το ουραίο τμήμα των **bits**, το ίδιο καλά, όπως και τα **CRC bits**, τα οποία προσπαθούν να προσαρμοστούν στο μέγεθος των φραγμάτων.

Το ελάχιστο μέγεθος φράγματος για **turbo** κωδικοποίησης ήταν αρχικά καθορισμένο στα **320 bits**, το οποίο αντιστοιχούσε σε **32 kbps** με **10ms** παρεμβολή ή κάτω στα **4 kbps** με **20ms** παρεμβολή. Το πιθανό εύρος των μηκών του φράγματος ήταν, εντούτοις, εκτεταμένο πάνω από τα **40 bits**, δεδομένου ότι με τη μεταβλητή σύνδεση ποσοστού δεν είναι επιθυμητό να αλλαχτεί ο κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής "**on the fly**" όταν προήρχετο κάτω από το μέγιστο ποσοστό. Ούτε μπορεί ένα **transport channel** να αλλάξει την μέθοδο κωδικοποίησης σε μια βάση **frame-by-frame**. Ρυθμοί δεδομένων κάτω από **40 bits** μπορούν να μεταδοθούν με turbo κωδικοποίηση, το ίδιο καλά. Αλλά σε αυτή την περίπτωση το γέμισμα με χαζά **bits** χρησιμοποιείται για να γεμίσει τον ελάχιστο χώρο που απαιτείται για την παρεμβολή στα **40 bits**.

Με υπηρεσία φωνής, η **AMR** κωδικοποίηση χρησιμοποιεί ένα άνισο προστατευτικό σχήμα λάθους. Αυτό σημαίνει ότι **3 διαφορετικές τάξεις bits** έχουν διαφορετική προστασία. **Bits** Τάξης Α (**Class A bits**) - εκείνα που συμβάλλουν πιο πολύ στην ποιότητα φωνής. **Bits** Τάξης Β (**Class B bits**) - έχουν τη δυνατότερη προστασία, ενώ τα **Bits** Τάξης Γ (**Class C bits**) στέλνονται χωρίς κωδικοποίηση καναλιού. Αυτό δίνει γύρω στο **1 dB** κέρδος στο λόγο E_b/N_o έναντι του ίσου σχεδίου προστασίας λάθους. Οι μέθοδοι κωδικοποίησης χρησιμοποιούνται από διαφορετικά κανάλια και συνοψίζονται στον πίνακα 5.4. Εντούτοις το **FACH** δίνει 2 επιλογές, η χρήση πρόσβασης κυψέλων με **FACH** βασίζεται στη **convolutional** κωδικοποίηση, αφού όλα τα τερματικά δεν υποστηρίζουν την **turbo** κωδικοποίηση.

DCH	Turbo coding or convolutional coding
CPCH	Turbo coding or convolutional coding
DSCH	Turbo coding or convolutional coding
FACH	Turbo coding or convolutional coding
Other common channels	1/2-rate convolutional coding

Πίνακας 5.4: Επιλογή κωδικοποίησης καναλιού από διαφορετικά κανάλια

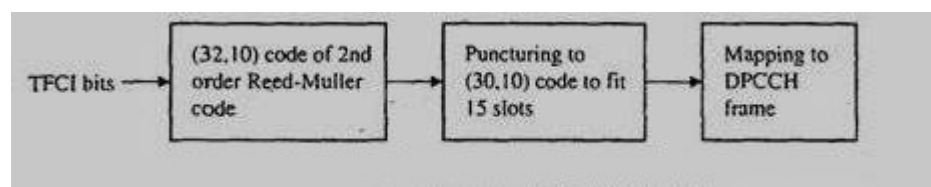
5.4.10 Coding for TFCI information (Κωδικοποίηση για TFCI

πληροφορίες)

Ο **Transport Format Combination Indicator (TFCI)** μπορεί να κουβαλάει από **1** έως **10 bits** τυποποιημένης μεταφορικής πληροφορίας. Το ίδιο καλά όπως και στον κανονικό τρόπο λειτουργίας, υπάρχει ένας τρόπος διαχωρισμού, όπου η **TFCI** κωδική λέξη στέλνεται με 2 διαφορετικές κωδικές λέξεις και δεν χρειάζεται κάθε κυψέλη να στείλει και τις 2 αυτές κωδικές λέξεις. Σε αυτή την περίπτωση και οι 2 κωδικές λέξεις μπορούν να

μεταφέρουν **5 bits**. Ο τυπικός τρόπος διαχωρισμού θα ήταν ότι ένα **RNC** για ένα **downlink dedicated channel** θα ήταν διαφορετικό από ένα **RNC** για τον έλεγχο ενός **DSCH**. Ο τρόπος διαχωρισμού είναι έγκυρος μόνο για την κατεύθυνση του **downlink**.

Η κωδικοποίηση στον κανονικό τρόπο είναι ένας κώδικας **2^{ης} εντολής Reed Muller διάτρητος** από **32 bits** έως **30 bits**, φέροντας **10 bits** πληροφορίας. Η **TFCI** κωδικοποίηση παρουσιάζεται στο σχήμα 5.19. Η κωδικοποίηση με τον τρόπο διαχωρισμού είναι και τα 2 ορθογώνια (16.5) φράγματα κώδικα.



Σχήμα 5.19: TFCI πληροφορίες κωδικοποίησης

5.5 Signaling (Σηματοδοσία)

Για λόγους σηματοδοσίας πολλές πληροφορίες χρειάζονται να μεταδοθούν ανάμεσα στο δίκτυο και τα τερματικά. Τα παρακάτω κεφάλαια περιγράφουν τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των σηματοδοτούμενων μηνυμάτων, τα οποία παράγονται πάνω από τη **physical layer**, όπως και ο απαιτούμενος έλεγχος των καναλιών της **physical layer**, ο οποίος είναι απαραίτητος για τη λειτουργία του συστήματος αλλά όχι απαραίτητως ορατός για τη λειτουργία της **physical layer**.

5.5.1 Common Pilot Channel (CPICH) (Κοινό Πιλοτικό Κανάλι)

Το κοινό πιλοτικό κανάλι (**common pilot channel**) είναι ένα αδιαμόρφωτο κωδικοποιημένο κανάλι, το οποίο ανακατεύεται με το συγκεκριμένο **προτεύοντα scrambling code** της κυψέλης. Η λειτουργία του **CPICH** είναι να βοηθά για την εκτίμηση του καναλιού στο τερματικό για το **dedicated channel** και για να παρέχει μια αναφορά της εκτιμήσεως του καναλιού για τα **common channels** όταν αυτά δεν σχετίζονται με τα **dedicated channels** ή δεν ανακατεύονται στις προσαρμοσμένες τεχνικές της κεραίας.

Το **UTRA** έχει 2 τύπους **common pilot channels**, το **προτεύον** και το **δευτερεύον**. Η διαφορά είναι ότι το **προτεύον CPICH** είναι πάντοτε κάτω από τον **προτεύοντα scrambling code** με μια σταθερή κατανομή κώδικα διοχέτευσης και υπάρχει μόνο ένα τέτοιο κανάλι για μια κυψέλη ή ένα τομέα. Το **δευτερεύον CPICH** μπορεί να έχει οποιαδήποτε διοχέτευση κώδικα μήκους **256** και μπορεί επίσης να είναι κάτω από ένα δεύτερο **scrambling code**. Ο χαρακτηριστικός τομέας της δευτερεύουσας χρήσης **CPICH** θα ήταν διαδικασίες με τις στενές ακτίνες κεραιών, οι οποίες προορίζονταν για την παροχή υπηρεσιών σε συγκεκριμένα "**hot spots**" (καυτά σημεία) ή μέρη με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας.

Ένας σημαντικός τομέας για το **προτεύον common pilot channel** είναι οι μετρήσεις για το **handover** και για την επιλογή / επανεπιλογή κυψέλης. Η χρήση

του **CPICH** επιπέδου λήψης στο τερματικό για **handover** μετρήσεις έχει τη συνέπεια ότι ρυθμίζοντας το **CPICH** επίπεδο ισχύος τη κυψέλη μπορεί να ισορροπεί ανάμεσα σε διαφορετικές κυψέλες. Μειώνοντας την **CPICH** ισχύ έχει ως συνέπεια μέρος των τερματικών να παραδοθούν σε άλλες κυψέλες, ενώ αυξάνοντας την ισχύ προσκαλούνται και άλλα τερματικά να παραδοθούν στην κυψέλη όπως και για να κάνει την αρχική πρόσβασή τους στο δίκτυο σε αυτή την κυψέλη.

Το **CPICH** δε μεταφέρει καμία πληροφορία της **higher layer**, ούτε επίσης υπάρχει κάποιο **transport channel** που έχει σχεδιαστεί για να το κάνει. Το **CPICH** χρησιμοποιεί έναν **spreading factor 256**. Μπορεί να σταλεί από 2 κεραιές λόγω της ποικιλίας των μεθόδων μεταδόσεώς του, οι οποίες χρησιμοποιούνται στον **base station**. Σε αυτήν την περίπτωση, οι εκπομπές από τις 2 κεραιές χωρίζονται, από ένα απλό σχέδιο διαμόρφωσης στο **CPICH**, που διαβιβάζεται από την κεραιά ποικιλίας και ονομάζεται ποικιλία **CPICH**. Η ποικιλία **pilot** χρησιμοποιείται και στα **open loop** και **closed loop** ποικίλα σχήματα εκπομπής.

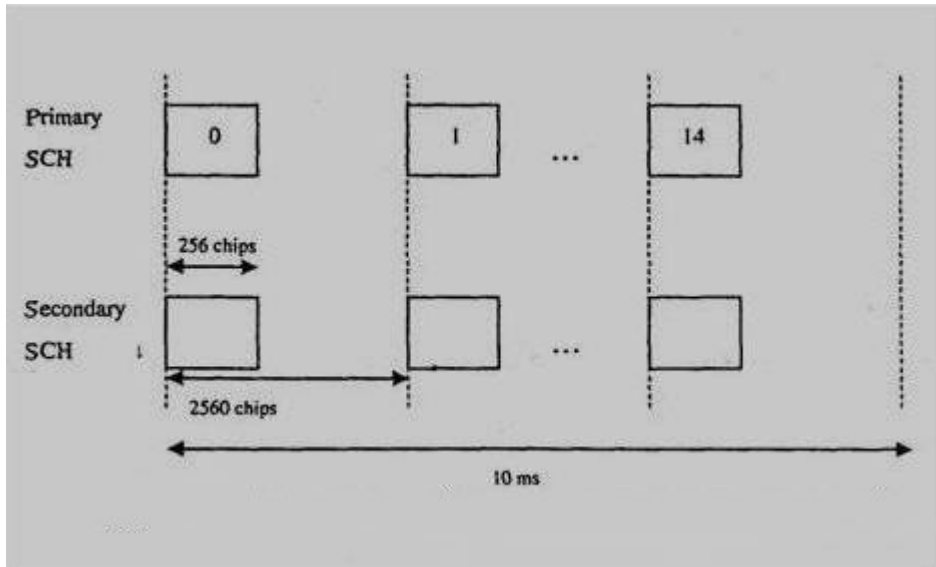
5.5.2 Synchronization Channel (SCH) (Κανάλι Συγχρονισμού)

Το **Synchronization Channel (SCH)** απαιτείται για την αναζήτηση κυψέλων. Αποτελείται από δύο κανάλια, το πρωτεύον και το δευτερεύον κανάλι συγχρονισμού.

Το πρωτεύον (**Primary**) **SCH** χρησιμοποιεί μια **spreading** ακολουθία **256-chip** για ταυτοποίηση σε κάθε κυψέλη. Η σε όλο το μήκος του συστήματος η ακολουθία έχει βελτιστοποιηθεί ώστε να ταιριάζει για τις αντίστοιχες εφαρμογές φίλτρων, όπως περιγράφεται σχετικά με το **SCH spreading** και τη διαμόρφωση στην παράγραφο 5.3.4.4.

Το **δευτερεύον SCH** χρησιμοποιεί μια ακολουθία η οποία έχει διαφορετικές δυνατότητες συνδυασμού λέξης κώδικα που αντιπροσωπεύουν τις διαφορετικές ομάδες κώδικα. Μόλις προσδιορίσει το τερματικό, το **δευτερεύον synchronization channel** λαμβάνει το πλαίσιο και μια σχισμή συγχρονισμού όπως και πληροφοριών που ανήκουν στην κυψέλη. Υπάρχουν **64** διαφορετικές κωδικές λέξεις σε χρήση, επισημασμένες από τις ακολουθίες **256 chip**, οι οποίες στέλνονται στο **δευτερεύον SCHs**. Μια τέτοια διαδικασία ανίχνευσης σε όλη την κυψέλη με σκοπό να ψάξει για όλες τις ομάδες (κωδικών λέξεων) χρειάζεται φυσικά μόνο για το αρχικό ψάξιμο πάνω στο τερματικό, όταν είναι ανοιχτό ή κατά την είσοδο του σε μια περιοχή κάλυψης, αλλιώς ένα τερματικό έχει περισσότερες διαθέσιμες πληροφορίες στις γειτονικές κυψέλες, και έτσι δεν είναι αναγκαία όλα τα βήματα.

Όπως με το **CPICH**, κανένα **transport channel** δεν σχεδιάζεται στο **SCH**, καθώς οι κωδικές λέξεις εκπέμπονται για λόγους ανίχνευσης της κυψέλης μόνο. Το **SCH** είναι χρονικά πολυπλεγμένο με το Πρωτεύον Κοινό Φυσικό Κανάλι Ελέγχου (**Primary Common Control Physical Channel**). Για το **SCH** υπάρχουν πάντα **256 chips** από τα **2560 chips** κάθε σχισμής. Το **Πρωτεύον** και το **Δευτερεύον SCH** στέλνονται παράλληλα, όπως εικονίζεται και στο Σχήμα E.20.



Σχήμα 5.20: Αρχές του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος συγχρονισμού καναλιών

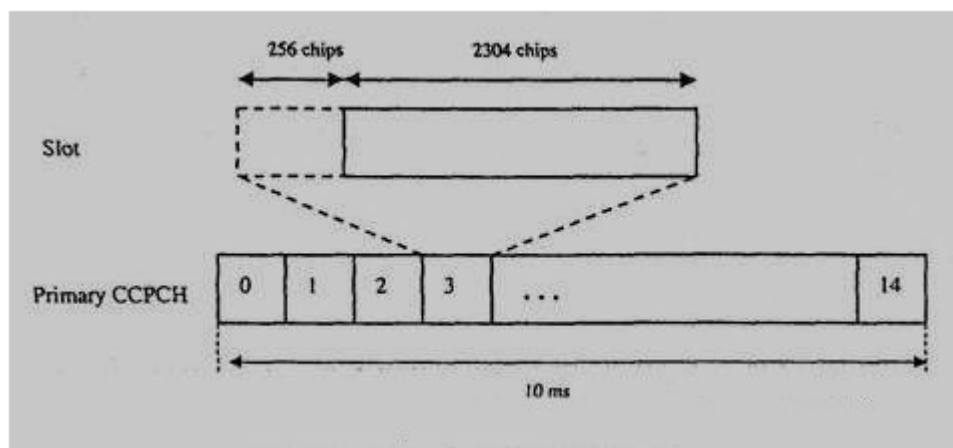
5.5.3 Primary Common Control Physical Channel (Primary CCPCH)

Το Πρωτεύον Κοινό Φυσικό Κανάλι Ελέγχου (**Primary Common Control Physical Channel (Primary CCPCH)**) είναι ένα **physical channel**, το οποίο μεταφέρει ένα **Broadcast Channel (BCH)**. Χρειάζεται να αποδιαμορφωθεί από όλα τα τερματικά του συστήματος. Ως αποτέλεσμα στην κωδικοποίηση του καναλιού και στον **spreading code**, δεν περιέχουν καμία ευελιξία, όπως θα έπρεπε να έχουν όλα τα τερματικά που έγιναν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του 99. Τα περιεχόμενα των μηνυμάτων σηματοδοσίας έχουν χώρο για την ευελιξία, εφ' όσον οι νέες δομές μηνυμάτων είναι τέτοιες που δε θα προκαλούν ανεπιθύμητη ή απρόβλεπτη συμπεριφορά στα τερματικά που εκτείνονται στο δίκτυο.

Το **πρωτεύον CCPCH** δεν περιέχει καθόλου πληροφορίες ελέγχου Επιπέδου 1 (**Layer 1**) δεδομένου ότι είναι σταθερός ο ρυθμός και δεν περιέχει πληροφορίες για τον έλεγχο ισχύος, για κανένα τερματικό. Τα **pilot symbols** δε χρησιμοποιούνται, από τότε που το **Primary CCPCH** πρέπει να είναι διαθέσιμο σε όλη την περιοχή κάλυψης της κυψέλης και δεν χρησιμοποιεί καθορισμένη τεχνική κεραίας αλλά στέλνεται με το ίδιο σχέδιο ακτινοβολίας κεραιών όπως και στο **common pilot channel**. Αυτό επιτρέπει στο **common pilot channel** να χρησιμοποιηθεί για να κάνει εκτίμηση του καναλιού με σύμφωνο εντοπισμό, σε συσχέτισμό με το **Primary CCPCH**.

Ο ρυθμός του καναλιού είναι **30 kbps** με μια **spreading** αναλογία από το μόνιμα διατιθέμενο κώδικα διοχέτευσης (**channelisation**) **256**. Ο συνολικός ρυθμός μειώνεται ακόμη καθώς το **πρωτεύον CCPCH** εναλλάσσεται με το **Synchronization Channel (SCH)**. Μειώνοντας το **bit rate** χωρίς την κατάλληλη κωδικοποίηση για τις πληροφορίες του συστήματος στα **27 kbps**.

Αυτό εικονίζεται στο Σχήμα 5.21, όπου η ανενεργή περίοδος της ακολουθίας **256-chip** στον **Primary CCPCH** δείχνεται.



Σχήμα 5.21: Κατασκευή του πλαισίου του πρωτεύοντος CCPCH

Η κωδικοποίηση του καναλιού με το **Primary CCPCH** είναι μισού ρυθμού (**1/2-rate**) συνελκτική κωδικοποίηση με **20 ms** παρεμβολή ανάμεσα σε 2 διαδοχικά πλαίσια. Είναι σημαντικό να κρατήσουμε χαμηλό το ρυθμό των δεδομένων με το **Primary CCPCH**, όπως στην πράξη, θα μεταδοθεί με πολύ υψηλή ισχύ από τον **base station** για να φθάσει σε όλα τα τερματικά, έχοντας άμεσο αντίκτυπο με την χωρητικότητα του συστήματος. Αν η κωδικοποίηση με το **Primary CCPCH** αποτύχει, τα τερματικά δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση στο σύστημα αν είναι ανίκανα για να λάβουν τις κρίσιμες παραμέτρους συστημάτων, τέτοιες όπως οι τυχαίοι κωδικοί πρόσβασης ή κωδικά κανάλια, τα οποία χρησιμοποιούνται για άλλα **common channels**.

Σαν μέθοδο βελτίωσης απόδοσης, το **Primary CCPCH** μπορεί να προσθέσει σαν ποικιλία μια **open loop** εκπομπή. Σε αυτή την περίπτωση η χρήση της εκπομπής **open loop** στο **Primary CCPCH** είναι υποδειγμένος στη διαμόρφωση του **Secondary SCH**. Αυτό επιτρέπει στα τερματικά να έχουν την πληροφορία πριν προσπαθήσουν να αποκωδικοποιήσουν το **BCH** με ένα αρχικό ψάξιμο της κυψέλης.

5.5.4 Secondary Common Control Physical Channel (Secondary

CCPCH) (Πρωτεύον Κοινό Φυσικό Κανάλι Ελέγχου)

Το **Secondary Common Control Physical Channel (Secondary CCPCH)** μεταφέρει 2 διαφορετικά **common transport channels**: το **Forward Access Channel (FACH)** και το **Paging Channel (PCH)**. Δύο κανάλια μπορούν να μοιράζονται ένα μόνο **Secondary CCPCH** ή μπορούν να χρησιμοποιούν διαφορετικά **physical channels**. Αυτό σημαίνει ότι ο ελάχιστος σχηματισμός κάθε κυψέλης, απαιτεί το λιγότερο από ένα **Secondary CCPCH**. Στην περίπτωση ενός μόνο **Secondary CCPCH** λιγότεροι βαθμοί ελευθερίας υπάρχουν από την άποψη των ρυθμών των δεδομένων, και τα λοιπά, από πάλι όλα τα τερματικά στο δίκτυο είναι αναγκαίο να είναι σε θέση να ανιχνεύσουν το **FACH** και το **PCH**. Δεδομένου

ότι μπορούν να υπάρξουν περισσότερα του ενός **FACH** ή **PCH**, εντούτοις, για επιπρόσθετο **Secondary CCPCHs**, οι ρυθμοί των δεδομένων μπορούν να διαφέρουν περισσότερο, εφ' όσον τα τερματικά δεν είναι ικανά στο να αποδιαμορφώνουν υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα άλλο, χαμηλότερου ρυθμού δεδομένων, **Secondary CCPCH**.

Ο **spreading factor** που χρησιμοποιείται σε ένα **Secondary CCPCH** καθορίζεται σύμφωνα με το μέγιστο ρυθμό δεδομένων. Ο ρυθμός δεδομένων μπορεί να ποικίλει με το **DTX** ή από άλλες παραμέτρους ρυθμού, αλλά ο κώδικας διοχέτευσης (**channelisation code**) είναι πάντα διατηρημένος, σύμφωνα με το μέγιστο ρυθμό δεδομένων. Ο μέγιστος χρησιμοποιούμενος ρυθμός δεδομένων είναι φυσικά εξαρτώμενος από τις δυνατότητες του τερματικού. Όπως με το **Primary CCPCH**, η μέθοδος κωδικοποίησης του καναλιού είναι η **1/2-rate** κωδικοποίηση περιέλιξης (**convolutional coding**), όταν μεταφέρονται τα κανάλια που χρησιμοποιούνται για να έχουν πρόσβαση στην κυψέλη, **FACH** ή **PCH**. Όταν χρησιμοποιείται για να φέρει **PCH**, η παρεμβαλλόμενη περίοδος είναι **10 ms**. Για εκπομπή δεδομένων με **FACH**, η **turbo** κωδικοποίηση ή **1/3-rate convolutional coding** μπορεί επίσης να προστεθεί.

Η **Secondary CCPCH** δεν περιέχει πληροφορίες σχετικές με τον έλεγχο ισχύος και άλλες για πληροφορίες ελέγχου για τη **layer 1**, έτσι οι παρακάτω συνδυασμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Ούτε **pilot symbols**, ούτε πληροφορίες ρυθμού με το **(TFCI)**. Χρησιμοποιούνται με το **PCH** και το **FACH** όταν προσαρμοσμένες κεραίες χρησιμοποιούνται και ένα κανάλι χρειαστεί να εντοπιστεί από όλα τα τερματικά.
- Ούτε **pilot symbols**, ούτε πληροφορίες ρυθμού με το **TFCI**. Χρησιμοποιούνται τυπικά με το **FACH** όταν αυτό επιθυμεί να χρησιμοποιήσει το **FACH** για εκπομπή δεδομένων με μεταβλητό τυποποιημένο σχήμα και ρυθμό μεταφοράς. Σε τέτοια περίπτωση οι ρυθμοί μεταβλητής εκπομπής υλοποιούνται με το **DTX** ή με την επανάληψη.
- **Pilot symbol** με ή χωρίς πληροφορίες ρυθμού (**TFCI**). Τυπικά και κατά περίπτωση όταν ένα **uplink** κανάλι χρησιμοποιείται για να αντλήσει πληροφορία από μια προσαρμοσμένη κεραία, για λόγους διαδικαστικούς και ο χρήστης χρησιμοποιεί τα συγκεκριμένα σχέδια ακτινοβολίας των κεραιών ή τις ακτίνες.

Το **FACH** και το **PCH** μπορούν να πολυπλεχθούν σε ένα μόνο **Secondary CCPCH**. Καθώς οι ενδείκτες σελιδοποίησης χρησιμοποιούνται μαζί με το **PCH** πολυπλέκονται σε ένα διαφορετικό **physical channel**, το οποίο ονομάζεται Ενδείκτης Σελιδοποίησης Καναλιού (**Paging Indicator Channel (PICH)**). Το κίνητρο για την πολυπλεξία των καναλιών μαζί είναι ο προϋπολογισμός ισχύος του **base station**. Από εκείνη τη στιγμή και τα 2 κανάλια έχουν ανάγκη να εκπεμφθούν με την πλήρη ισχύ τους, έτσι ώστε όλα τα τερματικά να τα λάβουν, αποφεύγοντας την ανάγκη να σταλούν ταυτόχρονα, πράγμα που προφανώς μειώνει τις παραλλαγές επιπέδων ισχύος των **base**

stations. Προκειμένου να επιτραπεί αυτή η πολυπλεξία, κρίθηκε αναγκαίο να τερματιστούν και τα 2, **FACH** και **PCH** στο **RNC**.

Σαν μέθοδο βελτίωσης απόδοσης, η ποικίλη εκπομπή με **open loop** μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο καλά και από το **Secondary CCPCH**. Η απόδοση της βελτιωμένης αυτής μεθόδου, είναι μεγαλύτερη στα **common channels**, αφού ούτε το **Primary** αλλά ούτε και το **Secondary CCPCH** μπορούν, αν χρησιμοποιήσουν τον γρήγορο έλεγχο ισχύος. Ακόμη, από τότε που στέλνονται συχνά με πλήρη ισχύ, με σκοπό να φθάσουν την άκρη της κυψέλης, η μείωση του απαιτούμενου επιπέδου εκπομπής ισχύος, βελτιώνει την **downlink** χωρητικότητα του συστήματος.

5.5.5 Random Access Channel (RACH) for Signaling Transmission (To RACH για Σηματοδοσία Εκπομπής)

Το **Random Access Channel (RACH)** χρησιμοποιείται τυπικά για λόγους σηματοδοσίας, ώστε να καταχωρήσει το τερματικό μετά την είσοδό του στο δίκτυο ή για να ανανεώσει τη θέση, εξ' αιτίας της κινήσεως του από τη μια θέση στην άλλη ή για να ξεκινήσει μια κλήση. Η δομή του **physical RACH** για λόγους σηματοδοσίας είναι η ίδια όταν χρησιμοποιούμε το **RACH** για εκπομπή δεδομένων χρήστη, όπως περιγράφεται σε συσχέτισμό με την εκπομπή δεδομένων χρήστη. Με τη σηματοδοσία η κύρια διαφορά είναι ότι ο ρυθμός των δεδομένων χρειάζεται να διατηρείται σχετικά χαμηλός, αλλιώς η σειρά που έχει επιτευχθεί με την **RACH** σηματοδοσία, αρχίζει να περιορίζει την κάλυψη των συστημάτων. Αυτό που είναι πιο κρίσιμο είναι ότι όσο προχωράμε τόσο χαμηλότεροι ρυθμοί δεδομένων χρησιμοποιούνται ως βάση για τον προγραμματισμό κάλυψης δικτύων. Η λεπτομερής **RACH** διαδικασία θα καλυφθεί σε συσχέτισμό με τις διαδικασίες της **physical layer**.

Το **RACH** που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για αρχική πρόσβαση, έχει ένα σχετικά χαμηλό ποσοστό ωφέλιμων φορτίων, δεδομένου ότι πρέπει να είναι χρησιμοποιήσιμο από όλα τα τερματικά. Η δυνατότητα να υποστηρίξει **16 kbps** ρυθμό δεδομένων στο **RACH** είναι μια υποχρεωτική απαίτηση για όλα τα τερματικά, ανεξάρτητα από ποιο είδος υπηρεσιών παρέχουν.

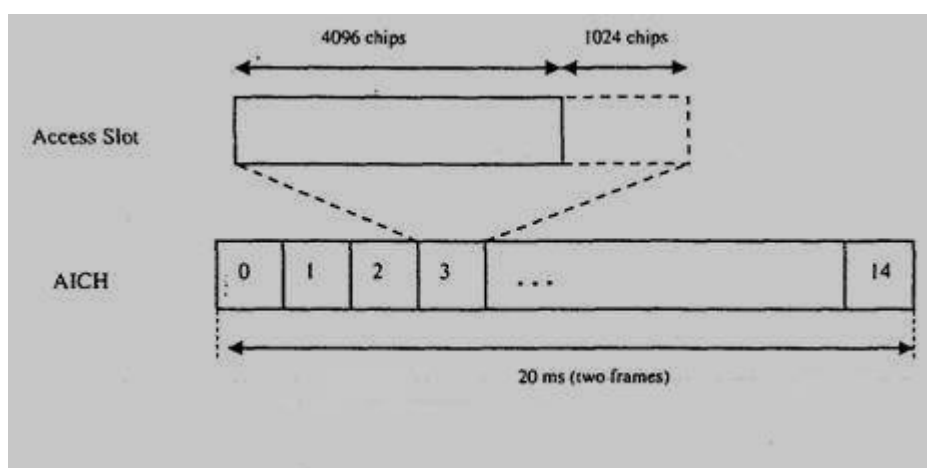
5.5.6 Acquisition Indicator Channel (AICH)

Σχετικά με το **Random Access Channel**, το **Acquisition Indicator Channel (AICH)** χρησιμοποιείται για να δείξει από τον **base station** τη λήψη της ακολουθίας της υπογραφής τυχαίας πρόσβασης του καναλιού (**reception of the random access channel signature sequence**). Το **AICH** χρησιμοποιεί μια πανομοιότυπη ακολουθία υπογραφής όπως το **RACH** που χρησιμοποιεί τους **downlink channelisation codes** του **base station**, στο οποίο το **RACH** ανήκει. Από τη στιγμή που ο **base station** έχει εντοπίσει την εισαγωγή / προοίμιο (**preamble**) με την προσπάθεια τυχαίας πρόσβασης, τότε η ίδια ακολουθία υπογραφής, αυτή που χρησιμοποιήθηκε στο **preamble** θα αντηχηθεί πίσω στο **AICH**. Όπως η δομή του **AICH** είναι η ίδια με αυτή του **RACH preamble**, χρησιμοποιεί επίσης έναν **spreading factor 256** και **16**

σύμβολα, όπως της ακολουθίας της υπογραφής. Μπορεί να υπάρξουν μέχρι **16 υπογραφές**, αναγνωρισμένες στο **AICH** ταυτόχρονα. Και τα 2 σετ υπογραφών μπορούν αν χρησιμοποιηθούν με το **AICH**. Η διαδικασία με το **AICH** και το **RACH** περιγράφεται στην παράγραφο που μιλά για τις διαδικασίες της **physical layer**.

Για τον εντοπισμό του **AICH** το τερματικό πρέπει να λάβει την αναφορά φάσης από το **common pilot channel**. Το **AICH** χρειάζεται να «ακουστεί» από όλα τα τερματικά και χρειάζεται τυπικά να σταλθεί σε υψηλό επίπεδο ισχύος χωρίς να υποστεί έλεγχο ισχύος.

Το **AICH** δεν είναι ορατό στις **higher layers** αλλά κατευθύνεται άμεσα από την **physical layer** προς τον **base station**, σαν λειτουργία μέσω ενός ραδιο-ελεγκτή δικτύου (**radio network controller**) θα έβρισκε το χρόνο απόκρισης πάρα πολύ αργό για ένα **RACH** προοίμιο. Υπάρχουν μόνο μερικές σχισμές χρόνου (**timeslots**) ώστε να εντοπίσουν το προοίμιο και να εκπέμψουν την ανταπόκριση στο τερματικό, στο **AICH**.



Σχήμα 5.22: Κατασκευή AICH σχισμής πρόσβασης

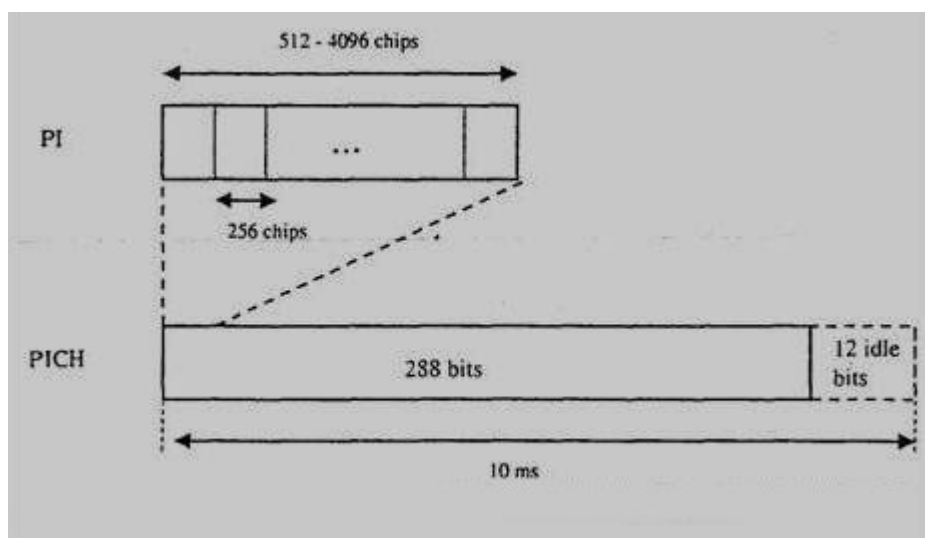
5.5.7 Paging Indicator Channel (PICH) (Ενδείκτης Σελιδοποίησης

Καναλιού)

Το **Paging Channel (PCH)** λειτουργεί συγχρόνως με το **Paging Indicator Channel (PICH)** ώστε να παρέχει στα τερματικά την αποδοτική λειτουργία τρόπου ύπνου. Οι ενδείκτες σελιδοποίησης χρησιμοποιούν έναν **channelisation code** μήκους **256**. Οι **paging indicators** λαμβάνουν χώρα μια φορά ανά σχισμή στο αντίστοιχο **physical channel**, στο **Paging Indicator Channel (PICH)**. Κάθε **PICH** πλαίσιο μεταφέρει **288 bits** ώστε να χρησιμοποιηθούν από το **paging indicator bit**, και **12 bits** αφήνονται ελεύθερα. Ανάλογα με την **paging indicator** επαναληπτική αναλογία, μπορούν αν υπάρχουν 18, 36, 72 ή 144 **paging indicators** για κάθε **PICH** πλαίσιο. Το πόσο συχνά ένα τερματικό πρέπει να **PICH** παραμετροποιηθεί και η ακριβής στιγμή εξαρτάται από το τρέξιμο του αριθμού πλαισίων συστημάτων (**SFN**).

Για τον εντοπισμό του **PICH** το τερματικό χρειάζεται να εξασφαλίσει την αναφορά φάσεως από το **CPICH** και όπως με το **AICH** το **PICH** χρειάζεται να

ακουστεί από όλα τα τερματικά της κυψέλης και κατά συνέπεια πρέπει να σταλθεί σε υψηλό επίπεδο ισχύος χωρίς έλεγχο ισχύος. Η δομή **PICH** του πλαισίου με διαφορετικούς σταθερούς **PI** όρους επαναληπτικότητας, εικονίζεται στο σχήμα 5.23.



Σχήμα 5.23: Κατασκευή PICH, με διαφορετικούς PI ρυθμούς υποδοχής (reception rates)

5.5.8 Physical Channels for CPCH Access Procedure (Φυσικά Κανάλια για CPCH Διαδικασία Πρόσβασης)

Για τη **CPCH** διαδικασία πρόσβασης, ένα σετ από καθορισμένα **CPCH physical channels**, έχει καθοριστεί. Αυτά τα κανάλια δεν μεταφέρουν καθόλου **transport channels**, αλλά μόνο πληροφορίες που χρειάζονται στη **CPCH** διαδικασία πρόσβασης. Τα κανάλια είναι:

- **CPCH Status Indication Channel (CSICH)** (Κανάλι Ένδειξης Κατάστασης)
- **CPCH Collision Detection Indicator Channel (CD-ICH)** (Κανάλι Ένδειξης Σύγκρουσης- Εντοπισμού)
- **CPCH Channel Assignment Indicator Channel (CA-ICH)** (Κανάλι Αποστολής Ένδειξης)
- **CPCH Access Preamble Acquisition Channel (AP-AICH)** (Κανάλι Απόκτησης Προοιμίου Πρόσβασης)

Το **CSICH** χρησιμοποιεί ένα μέρος του **AICH** καναλιού, το οποίο έχει καθοριστεί ως αχρησιμοποίητο και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.22. Τα **CSICH bits** δείχνουν τη διαθεσιμότητα κάθε **physical CPCH channel** και χρησιμοποιούνται αφενός για να πουν στο τερματικό να αρχίσει την πρόσβαση μόνο σε ένα ελεύθερο κανάλι και αφετέρου για να δεχτεί μια εντολή ανάθεσης καναλιών, σε ένα αχρησιμοποίητο κανάλι. Το **CSICH** μοιράζεται την πηγή του **downlink channelisation code resource** με το **AP-AICH**.

Το **CD-ICH** μεταφέρει τις πληροφορίες ανίχνευσης-σύγκρουσης στο τερματικό. Όταν το **CA-ICH** κανάλι χρησιμοποιείται, το **CD-ICH** και το **CA-ICH** στέλνονται παράλληλα στο τερματικό. Και οι δύο διευκρινίζουν **16** διαφορετικά σχέδια **bits**.

Το **AP-AICH** είναι πανομοιότυπο με το **AICH**, το οποίο χρησιμοποιείται με το **RACH** και μπορούν να μοιράζονται το ίδιο **channelisation code** όταν μοιράζονται πηγές πρόσβασης με το **RACH**. Σε αυτή την περίπτωση το **CSICH** χρησιμοποιεί επίσης τον ίδιο **channelisation code** όπως και το **CPCCH** και τα **RACH, AICH** κανάλια.

5.6 Physical Layer Procedures (Διαδικασίες Φυσικού Επιπέδου)

Στην **physical layer** ενός **CDMA** συστήματος υπάρχουν πολλές θεμελιώδεις διαδικασίες για τη λειτουργία του συστήματος. Παραδείγματα περιλαμβάνουν το γρήγορα έλεγχο ισχύος και διαδικασίες τυχαίας πρόσβασης. Άλλες σημαντικές διαδικασίες της **physical layer** είναι η σελιδοποίηση (**paging**), μετρήσεις **handover** και λειτουργίες με ποικιλία εκπομπών. Αυτές οι διαδικασίες έχουν φυσικά σχηματοποιηθεί από τις **CDMA** συγκεκριμένες ιδιότητες, της **UTRA FDD physical layer**.

5.6.1 Fast Closed Loop Power Control Procedure (Κλειστή

Επαναλαμβανόμενη Διαδικασία Ελέγχου Ισχύος)

Η **fast closed loop power control procedure** δείχνεται στις **UTRA** προδιαγραφές ως μια εσωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία ελέγχου ισχύος. Η λειτουργία του γρήγορου ελέγχου ισχύος, λειτουργεί πάνω στη βάση της μιας εντολής σε κάθε σχισμή, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα ένα ρυθμό εντολών στα **1500 Hz**. Το βασικό βήμα είναι μεγέθους **1 dB**. Επιπρόσθετα, πολλαπλά βήματα αυτού του μεγέθους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μικρότερα μεγέθη βημάτων μπορούν να εξομοιωθούν. Το εξομοιωμένο μέγεθος βήματος σημαίνει ότι το **1 dB** βήματος χρησιμοποιείται, παραδείγματος χάριν, μόνο σε κάθε δεύτερη σχισμή. Κατά συνέπεια εξομοιώνεται μόνο το **0.5 dB** του μεγέθους του βήματος. "**Πραγματικό**" μέγεθος βήματος κάτω από **1 dB** είναι δύσκολο να εφαρμοστεί με τη πολυπλοκότητα που υπάρχει, δεδομένου ότι η επιτεύξιμη ακρίβεια πέρα από τη μεγάλη δυναμική περιοχή, είναι δύσκολο να εξασφαλιστεί. Οι προδιαγραφές καθορίζουν τη σχετική ακρίβεια σε **1 dB** βήμα ελέγχου ισχύος, να είναι $\pm 0.5 \text{ dB}$. Το άλλο "**πραγματικό**" μέγεθος βήματος διευκρινίστηκε να είναι στα **2 dB**.

Η **fast power control** λειτουργία έχει 2 δύο ειδικές περιπτώσεις: α) λειτουργία με το **soft handover** και με συμπίεσμένο τρόπο σχετικά με τις μετρήσεις του **handover**. Το **soft handover** έχει ειδικές ανάγκες καθώς υπάρχουν ορισμένα **base stations**, τα οποία στέλνουν εντολές σε ένα μόνο τερματικό, ενώ με τη λειτουργία του συμπίεσμένου τρόπου εισέρχονται μέσα τα

ρεύματα των εντολών, με το σχήμα τόξου, τα οποία παρέχονται περιοδικά στο τερματικό.

Στο **soft handover** το κύριο ζήτημα για τα τερματικά είναι το πώς να αντιδράσουν στις πολλαπλές εντολές για τον έλεγχο ισχύος από διάφορες πηγές. Αυτό λύθηκε διευκρινίζοντας τη λειτουργία έτσι ώστε το τερματικό να συνδυάζει τις εντολές αλλά και λαμβάνει την αξιοπιστία κάθε μεμονωμένης εντολής υπόψη, για να αποφασίζει την αύξηση ή τη μείωση της ισχύος.

Στην περίπτωση του συμπιεσμένου τρόπου, ο **fast power control** χρησιμοποιεί ένα μεγαλύτερο μέγεθος βήματος για μια μικρή περίοδο, μετά από ένα συμπιεσμένο πλαίσιο. Αυτό επιτρέπει στο επίπεδο ισχύος να συγκλίνει γρηγορότερα στη σωστή αξία μετά από ένα διάλειμμα που γίνεται στη διαδικασία ελέγχου. Η ανάγκη για αυτήν την μέθοδο εξαρτάται πολύ από το περιβάλλον και δεν είναι σχετικό για το χαμηλότερο τερματικό ή πολύ σύντομα μήκη κενού μετάδοσης.

Ο **SIR** στόχος για έναν **closed loop power control** έχει καθοριστεί από τον εξωτερικό **loop power control**.

Από τη μεριά του τερματικού, διευκρινίζεται μάλλον αυστηρά, τι αναμένεται για να γίνει μέσα σε ένα τερματικό, από την άποψη της λειτουργίας του (**fast power control**). Από τη μεριά του δικτύου υπάρχει πολύ μεγαλύτερη ελευθερία για να αποφασίσει πώς ένας **base station** θα πρέπει να συμπεριφέρεται κατά τη λήψη μιας **power control** εντολής, όπως και η βάση στην οποία ο **base station** θα έλεγε σε ένα τερματικό να αυξήσει ή να μειώσει την ισχύ.

5.6.2 Open Loop Power Control (Έλεγχος Ισχύος με την Open Loop

Διαδικασία)

Στο **UTRA FDD** υπάρχει επίσης μια ανοιχτή επαναλαμβανόμενη διαδρομή ελέγχου ισχύος (**open loop power control**), η οποία εφαρμόζεται μόνο πριν από την έναρξη της εκπομπής του **RACH** ή του **CPCCH**. Η **open loop power control** δεν είναι πολύ ακριβής, δεδομένου ότι είναι δύσκολο να μετρηθεί η μεγάλη και απόλυτη ισχύς στον εξοπλισμό του τερματικού. Η χαρτογράφηση της πραγματικής λαμβανόμενης απόλυτης ισχύος, παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις, λόγω της παραλλαγής στις ιδιότητες των συστατικών, καθώς επίσης και στον αντίκτυπο των περιβαλλοντικών συνθηκών, κυρίως της θερμοκρασίας. Επίσης, η εκπομπή και η λήψη εμφανίζονται σε διαφορετικές συχνότητες, αλλά η εσωτερική ακρίβεια μέσα στο τερματικό είναι η κύρια πηγή αβεβαιότητας. Η απαίτηση για ακρίβεια της **open loop power control** καθορίζεται ώστε να είναι ανάμεσα στο ± 9 db, υπό φυσιολογικές συνθήκες.

Η **open loop power control** χρησιμοποιούταν νωρίτερα στα **CDMA** συστήματα, όπως το **IS-95**, όντας ενεργή σε παραλληλία με την κλειστή επαναλαμβανόμενη διαδρομή για τον έλεγχο ισχύος (**closed loop power control**). Το κίνητρο για τέτοια χρήση ήταν να επιτραπούν τα γωνιακά αποτελέσματα ή άλλες ξαφνικές περιβαλλοντικές αλλαγές, ώστε να καλυφθούν.

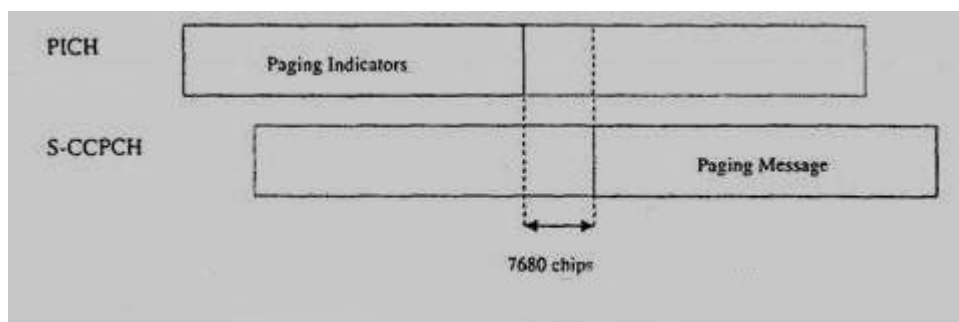
Καθώς ο **UTRA** γρήγορος έλεγχος ισχύος (**fast power control**) έχει σχεδόν το διπλάσιο ποσοστό εντολής, συνήχθη το συμπέρασμα ότι τα **15 db** ρύθμισης του ρυθμού, δε χρειάζονται **open loop power control** για να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Επιπλέον, το μέγεθος του βήματος του **fast power control** μπορεί να αυξηθεί από το **1 db** στα **2 db**, πράγμα το οποίο θα επιτρέπει ένα εύρος σύνδεσης **30 db** κατά τη διάρκεια ενός πλαισίου **10 ms**.

Η χρήση της **open loop power control** ενώ στον ενεργό τρόπο έχει επίσης κάποιο αντίκτυπο στην ποιότητα των συνδέσεων. Η μεγάλη ανακρίβεια της **open loop power control** μπορεί να το προκαλέσει έτσι ώστε να κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις προς το εκπεμπόμενο επίπεδο ισχύος, ακόμη και όταν αυτές δεν είναι αναγκαίες. Καθώς μια τέτοια συμπεριφορά από τις αντοχές της μονάδας του τερματικού στις διάφορες περιβαλλοντικές μεταβλητές, τρέξει την **open loop power control**, τη δυσκολεύει πιο πολύ από τη μεριά του δικτύου στο να μπορέσει να προβλέψει πώς ένα τερματικό θα συμπεριφερθεί σε διαφορετικές συνθήκες.

5.6.3 Paging Procedure (Διαδικασία Σελιδοποίησης)

Η λειτουργία του **Paging Channel (PCH)** οργανώνεται ακολούθως. Ένα τερματικό, όταν καταχωρηθεί σε ένα δίκτυο, έχει κατανεμηθεί σε μια ομάδα σελιδοποίησης. Για την ομάδα σελιδοποίησης υπάρχουν Ενδείκτες Σελιδοποίησης (**Paging Indicators (PI)**), οι οποίοι εμφανίζονται περιοδικά, στον Ενδείκτη Σελιδοποίησης Καναλιού (**Paging Indicator Channel (PICH)**), όταν υπάρχουν μηνύματα σελιδοποίησης για οποιαδήποτε από τα τερματικά που ανήκει σε αυτή την ομάδα σελιδοποίησης.

Από τη στιγμή που ένας **PI** έχει εντοπιστεί, το τερματικό αποκωδικοποιεί το επόμενο **PCH** πλαίσιο, το οποίο εκπέμπεται από το **δευτερεύον CCPCH (Secondary CCPCH)** για να δει εάν υπήρξε ένα μήνυμα σελιδοποίησης προοριζόμενο για αυτό. Το τερματικό μπορεί να χρειαστεί να αποκωδικοποιήσει το **PCH** σε περίπτωση που ο **PI** υποδοχέας δείχνει τη χαμηλή αξιοπιστία της απόφασης. Το διάλειμμα σελιδοποίησης εικονίζεται στο σχήμα 5.24.



Σχήμα 5.24: Συσχετισμός του PICH με το PCH

Όσο λιγότερο συχνά το **PIs** εμφανίζεται, τόσο λιγότερα συχνά το τερματικό χρειάζεται να ξυπνήσει από την κατάσταση ύπνου και με αυτό τον τρόπο αποκτά περισσότερη διάρκεια η μπαταρία μας. Ένα άπειρο διάστημα δεικτών σελιδοποίησης δεν οδηγεί στην άπειρη διάρκεια μπαταριών, δεδομένου ότι

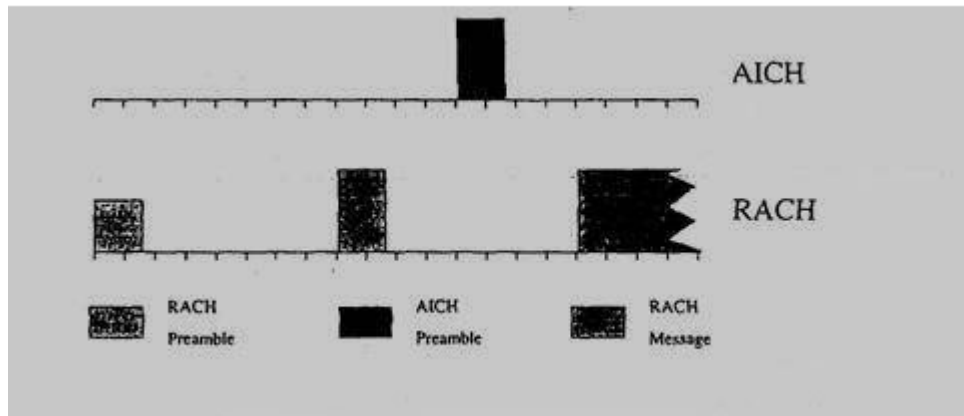
υπάρχουν άλλοι στόχοι, τους οποίους το τερματικό πρέπει να αποδώσει κατά τη διάρκεια της οποίας αυτό παραμένει αδρανές.

5.6.4 RACH Procedure (Διαδικασία RACH)

Η διαδικασία **Random Access** σε ένα **CDMA** σύστημα πρέπει να αντιμετωπίσει το **near-far** πρόβλημα, όπως κατά έναρξη της μετάδοσης δεν υπάρχει τον καμία ακριβής γνώση της απαραίτητης ισχύος μετάδοσης. Η **open loop power control** περιέχει μεγάλη ανακρίβεια στους όρους των τιμών της απόλυτης ισχύος από τη λαμβανόμενη μέτρηση ισχύος προς την τιμή ισχύος του εκπομπού, όπως δηλώνεται σχετικά με την περιγραφή της **open loop**. Στο **UTRA** η **RACH** διαδικασία ακολουθεί τις παρακάτω φάσεις:

- Το τερματικό αποκωδικοποιεί το **BCH** με σκοπό να βρει κάποια διαθέσιμα **RACH** υπο-κανάλια και τους **scrambling codes** και τις υπογραφές.
- Το τερματικό διαλέγει τυχαία ένα από τα **RACH** υπο-κανάλια, από την ομάδα που ανήκει σε κάποια συγκεκριμένη τάξη πρόσβασης (**access class**) και του επιτρέπει να το χρησιμοποιεί. Επιπλέον, η υπογραφή επιλέγεται τυχαίως μεταξύ των διαθέσιμων υπογραφών.
- Το **downlink** επίπεδο ισχύος μετράται και το αρχικό **RACH** επίπεδο ισχύος τίθεται με κατάλληλο περιθώριο λόγω της ανακρίβειας της **open loop**.
- Ένα **1 ms RACH προοιμίου / προλόγου** στέλνεται μαζί με την επιλεγμένη υπογραφή.
- Το τερματικό αποκωδικοποιεί το **AICH** για να δει αν ο **base station** εντόπισε το προοίμιο.
- Σε περίπτωση που κανένα **AICH** δεν εντοπιστεί, το τερματικό αυξάνει την εκπομπή ισχύος του προοιμίου με τη βοήθεια ενός βήματος, το οποίο δίνεται από τον **base station**, σαν πολλαπλάσια του **1 dB**. Το προοίμιο επανεκπέμπεται στην απομένει διαθέσιμη σχισμή πρόσβασης.
- Όταν μια **AICH** εκπομπή ανιχνεύεται από τον **base station**, το τερματικό εκπέμπει τα **10 ms** ή τα **20 ms** μηνύματος της **RACH** εκπομπής.

Η **RACH** διαδικασία εικονίζεται στο σχήμα 5.25, όπου το τερματικό εκπέμπει το προοίμιο μέχρι να λάβει κάποια απάντηση απ' το **AICH**, και μετά το μέρος του μηνύματος ακολουθεί.



Σχήμα 5.25: PRACH κεκλιμένο επίπεδο και εκπομπή μηνύματος

Σε περίπτωση εκπομπής δεδομένων από το **RACH**, ο **spreading factor** και κατά συνέπεια ο ρυθμός των δεδομένων μπορεί να ποικίλει. Αυτό υποδηλώνεται με το **TFCI** στο **DPCCH** του **PRACH**. **Spreading factors** από **256** έως **32** έχουν καθοριστεί ώστε να είναι πιθανοί και κατά συνέπεια ένα μοναδικό πλαίσιο στο **RACH** μπορεί να περιέχει πάνω από **1200** σύμβολα καναλιών, τα οποία – εξαρτάται βέβαια από την κωδικοποίηση του καναλιού– σχεδιάζονται να είναι γύρω στα **600** ή **400 bits**. Για μέγιστο αριθμό **bits** ο επιτεύξιμος ρυθμός είναι φυσικά μικρότερος από αυτόν που μπορεί να επιτευχθεί με τους χαμηλότερους ρυθμούς, ειδικά καθώς τα **RACH** μηνύματα δεν χρησιμοποιούν μεθόδους όπως η μακρο-ποικιλία στο **dedicated channel**.

5.6.5 CPCH Operation (CPCH Λειτουργία)

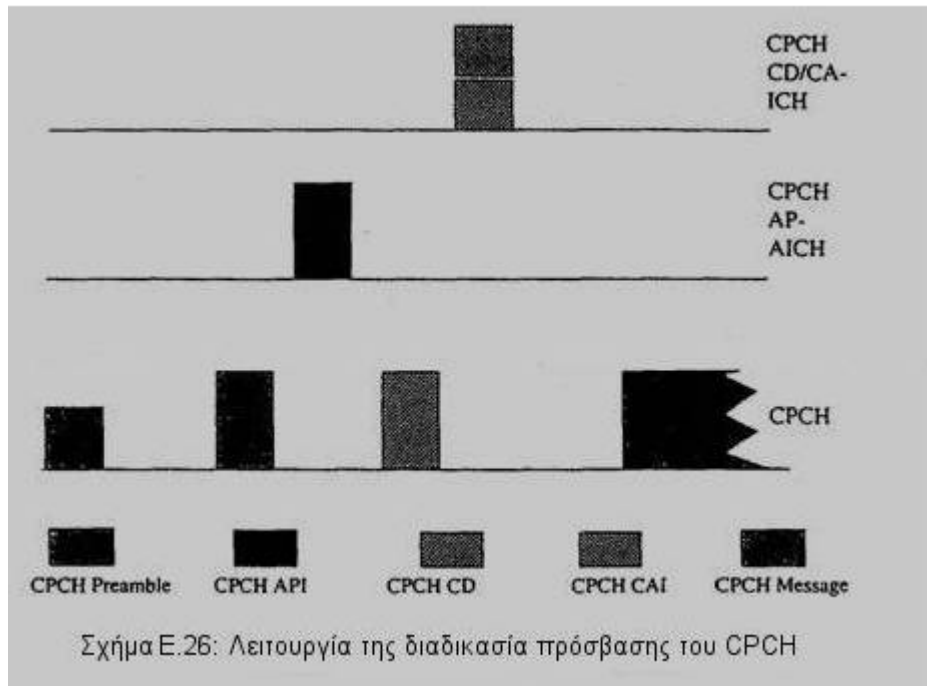
Η **Uplink Common Packet Channel (CPCH)** η λειτουργία είναι μάλλον παρόμοια με τη **RACH** λειτουργία. Η κύρια διαφορά είναι ότι η **Layer 1 Collision Detection (CD)** βασίζεται σε μια δομή σημάτων παρόμοια με αυτήν στο **RACH**, δηλαδή το προοίμιο. Η λειτουργία ακολουθεί τη **RACH** διαδικασία μέχρι το τερματικό να εντοπίσει το **AICH**. Μετά από αυτό ένα **CD** προοίμιο, με το ίδιο επίπεδο ισχύος, στέλνεται ακόμα με μια άλλη υπογραφή, τυχαία επιλεγμένη από ένα δεδομένο σύνολο. Το **base station** αναμένεται να αντηχήσει την υπογραφή αυτή πίσω στο τερματικό του **CD Indication Channel (CD-ICH)** και με αυτόν τον τρόπο να δημιουργήσει μια μέθοδο, η οποία να μειώσει την πιθανότητα σύγκρουσης επάνω στη **Layer 1**. Αφότου σταλθεί το σωστό πλαίσιο από τον **base station** στη διαδικασία ανίχνευσης σύγκρουσης, το τερματικό αρχίζει την εκπομπή, η οποία μπορεί να διαρκέσει ορισμένα πλαίσια. Η πιο μακροχρόνια διάρκεια της μετάδοσης δίνει έμφαση στην ανάγκη για τη **physical layer-based** στο μηχανισμό ανίχνευσης σύγκρουσης. Στην **RACH** λειτουργία μόνο ένα μήνυμα **RACH** μπορεί να χαθεί λόγω της σύγκρουσης, εκτιμώντας ότι με τη λειτουργία **CPCH** μια μη ανιχνευθείσα σύγκρουση μπορεί να αναγκάσει διάφορα πλαίσια να σταλούν και να προκαλέσουν πρόσθετη παρεμβολή.

Ο **fast power control** στο **CPCH** μας βοηθά να μειώσουμε την παρεμβολή, η οποία προκαλείται λόγω της μετάδοσης δεδομένων, ενώ

επίσης, δίνει έμφαση στη σημασία της προστιθέμενης ανίχνευσης σύγκρουσης **RACH**. Ένα τερματικό που διαβιβάζει τα δεδομένα, πέρα από διάφορα πλαίσια και ακολουθώντας μια σειρά από εντολές για τον έλεγχο ισχύος. Αυτές προορίζονται για άλλο τερματικό και θα προκαλούσαν σοβαρό πρόβλημα παρεμβολών στην κυψέλη, ειδικά αν εμπλέκονταν υψηλοί ρυθμοί δεδομένων. Στο ξεκίνημα της **CPCH** εκπομπής, ένα προαιρετικό προοίμιο ελέγχου ισχύος μπορεί να στελνόταν προτού να άρχιζε η πραγματική μετάδοση δεδομένων. Αυτό συμβαίνει έτσι ώστε να επιτρέψει στον έλεγχο ισχύος να συγκλίνει, αφού υπάρχει μια μεγαλύτερη καθυστέρηση με το **CPCH** παρά με το **RACH**, μεταξύ του αναγνωρισμένου προοιμίου και της πραγματικής μετάδοσης πλαισίων δεδομένων. Το 8-σχιμο (**8-slot**) **προοίμιο ελέγχου ισχύος** χρησιμοποιεί επίσης ένα βήμα μεγέθους **2 db** για τη γρηγορότερη σύγκλιση ελέγχου ισχύος.

Μια **CPCH** εκπομπή έπρεπε να είχε έναν περιορισμό στη μέγιστη διάρκεια, από τότε που η **CPCH** υποστηρίζει είτε το **soft handover**, σε ένα μη συμπίεσμένο τρόπο, ο οποίος θα επιτρέπει μετρήσεις μέσα στο σύστημα η ή μέσα στη συχνότητα. Το **UTRAN** θέτει μέγιστη την **CPCH** εκπομπή κατά τη διάρκεια των διαπραγματεύσεων μεταξύ των υπηρεσιών.

Η τελευταία προσθήκη στη **CPCH** λειτουργία είναι η παρακολούθηση της κατάστασης και η λειτουργία ανάθεσης καναλιών. Το **CPCH** Κανάλι Ένδειξης Κατάστασης (**Status Indication Channel (CSICH)**) είναι ένα ξεχωριστό **physical channel**, σταλμένος από τον **base station**, το οποίο έχει ενδεικτικά bits για να δείχνουν την κατάσταση των διαφορετικών **CPCH** καναλιών. Αυτό αποφεύγει –ανεπιθύμητες προσπάθειες πρόσβασης όταν όλα τα **CPCH** είναι απασχολημένα, πράγμα το οποίο θα βελτίωση την **CPCH** απόδοση. Οι προδιαγραφές λειτουργικότητας του καναλιού (**Channel Assignment (CA)**), είναι μια επιλογή συστημάτων υπό μορφή ενός **CA** μηνύματος, το οποίο μπορεί να κατευθύνει ένα τερματικό σε ένα **CPCH** κανάλι, ξεχωριστό από αυτό που χρησιμοποιήθηκε για τη διαδικασία πρόσβασης. Το **CA** μήνυμα στέλνεται παράλληλα με το μήνυμα σύγκρουσης-ανίχνευσης.



Σχήμα 5.26: Λειτουργία της διαδικασίας πρόσβασης του CPCH

5.6.6 Cell Search Procedure (Διαδικασία Έρευνας/Αναζήτησης/Σάρωσης της Κυψέλης)

Η **cell search procedure** ή διαδικασία συγχρονισμού σε ένα σύγχρονο **CDMA** σύστημα, διαφέρει πάρα πολύ από τη διαδικασία σε ένα σύγχρονο σύστημα, όπως το **IS-95**. Από τότε που οι κυψέλες σε ένα ασύγχρονο **UTRA CDMA** σύστημα χρησιμοποιούν διαφορετικούς **scrambling codes** και όχι μόνο διαφορετικές μετατοπίσεις φάσης κώδικα, τα τερματικά, με τη σημερινή τεχνολογία, δεν μπορούν να ψάξουν για **512** κώδικες διάρκειας **10 ms**, χωρίς καμία πρωτότερη γνώση. Θα υπήρχαν πάρα πολλές συγκρίσεις να κάνουν και οι χρήστες θα πειραματίζονταν πάρα πολύ για ένα διάστημα από τη στιγμή της έναρξης μέχρι στην ένδειξη διαθεσιμότητας υπηρεσιών στο τερματικό.

Η **cell search procedure** που χρησιμοποιεί κανάλι συγχρονισμού, έχει βασικά **3** βήματα, εν τούτοις από την άποψη προτύπων δεν θα υπάρξει καμία απαίτηση ως προς το ποια βήματα να εκτελεστούν και πότε. Μάλλον τα πρότυπα θα θέσουν τις απαιτήσεις για την απόδοση, από την άποψη της μέγιστης διάρκειας αναζήτησης στους όρους δοκιμής αναφοράς. Τα βασικά βήματα για την αρχική αναζήτηση κυψελών είναι τα ακόλουθα:

1. Το τερματικό ψάχνει τον **256-chip** κύριο συγχρονιστικό κώδικα, αν είναι ο ίδιος για όλες τις κυψέλες. Καθώς ο κύριος συγχρονιστικός κώδικας είναι ο ίδιος σε κάθε σχισμή, η αιχμή που ανιχνεύεται αντιστοιχεί στο όριο των σχισμών.
2. Βασιζόμενοι στις κορυφές που έχουν ανιχνευτεί για τον κύριο συγχρονιστικό κώδικα, το τερματικό ψάχνει για την μεγαλύτερη κορυφή, με τη βοήθεια μιας δευτερεύουσας **SCH** κωδικής λέξης. Υπάρχουν **64**

πιθανότητες για τη δευτερεύουσα συγχρονιστική κωδική λέξη. Το τερματικό χρειάζεται να κοιτάξει όλες τις **15** θέσεις, καθώς το όριο των σχισμών δεν είναι διαθέσιμο πριν την ανίχνευση της δευτερεύουσας **SCH** κωδικής λέξης.

3. Από τη στιγμή που η δευτερεύουσα **SCH** κωδική λέξη ανιχνεύεται, ο συγχρονισμός πλαισίων είναι γνωστός. Το τερματικό τότε, ψάχνει τους κύριους **scrambling codes**, οι οποίοι ανήκουν σε μια συγκεκριμένη ομάδα κωδικών. Κάθε ομάδα αποτελείται από **8** κύριους **scrambling codes**. Αυτοί χρειάζεται να ελεγχθούν για μια μόνο θέση, αφού το σημείο εκκίνησης είναι ήδη γνωστό.

Όταν θέτουμε τις παραμέτρους του δικτύου, οι ιδιότητες του συγχρονιστικού σχήματος χρειάζεται να λαμβάνονται υπ' όψιν για να πετύχουμε καλύτερη απόδοση. Για την αρχική αναζήτηση κυψελών δεν υπάρχει κανένας αντίκτυπος, αλλά η αναζήτηση στόχου κυψέλης κατά τη σύνδεση με **handover** μπορεί να βελτιστοποιηθεί. Βασικά, δεδομένου ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ομάδων κωδικών, σε θεωρητικό επίπεδο σχεδίασης καταστάσεως ένας μπορεί, στις περισσότερες περιπτώσεις, να εφαρμοστεί στη γειτονική λίστα της κυψέλης, έτσι ώστε όλες οι κυψέλες της λίστας, εξ' αιτίας μιας, να ανήκουν σε μια διαφορετική ομάδα κωδικών. Κατά συνέπεια, το τερματικό μπορεί να ψάξει για την κυψέλη-στόχο και να παραλείψει ολοκληρωτικά το βήμα **3**, απλά να επιβεβαιώσει τον εντοπισμό χωρίς να είναι αναγκαία η σύγκριση (δηλ. οι διαφορετικοί **scrambling codes** γι' αυτό το βήμα).

Παραπάνω τρόποι για τη βελτίωση της απόδοσης του ψαξίματος, περιλαμβάνουν και την πιθανότητα παροχής πληροφοριών στο σχετικό συγχρονισμό μεταξύ των κυψελών. Αυτού του είδους οι πληροφορίες, οι οποίες μετρώνται από τα τερματικά για λόγους του **soft handover** σε κάθε περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσης του βήματος **2**. Όσο πιο ακριβείς είναι οι πληροφορίες σχετικά με το συγχρονισμό, τόσο λιγότερες θέσεις για σχισμές χρειάζονται να ελεγχθούν για τη δευτερεύουσα **SCH** κωδική λέξη και οι σχετικές πληροφορίες συγχρονισμού και καλύτερη η πιθανότητα για σωστό εντοπισμό.

5.6.7 Transmit Diversity Procedure (Διαδικασία Εκπομπής με Ποικιλία (Diversity))

Όπως αναφέρθηκε σχετικά με τα **downlink channels**, το **UTRA** χρησιμοποιεί **2** τύπους μεταδόσεως **diversity** εκπομπής για τη βελτίωση της απόδοσης των δεδομένων των χρηστών. Αυτές οι μέθοδοι κατηγοριοποιούνται ως **open loop** και **closed loop** μέθοδοι. Σε αυτό το κομμάτι περιγράφεται η διαδικασία ανατροφοδότησης για ποικιλία εκπομπής με **closed loop**. Η **open loop** μέθοδος καλύφθηκε σχετικά με την περιγραφή του **downlink dedicated channel**.

Στην περίπτωση της ποικιλίας εκπομπής με **closed loop**, ο **base station** χρησιμοποιεί **2** κεραιές για να εκπέμψει τις πληροφορίες του χρήστη. Η χρήση αυτών των **2** κεραιών βασίζεται στην ανατροφοδότηση από το τερματικό, διαβιβασθείσα στα κομμάτια ανατροφοδότησης (**Feedback**)(**FB**) του **uplink**

DPCCH. Η **closed loop** ποικιλία εκπομπής από μόνη της έχει 2 τρόπους λειτουργίας.

Στον τρόπο 1, οι τελικές εντολές ανατροφοδότησης ελέγχουν τις ρυθμίσεις φάσης που αναμένονται, για να μεγιστοποιήσουν την ισχύ που παραλαμβάνεται από το τερματικό. Ο **base station** κατά συνέπεια, διατηρεί τη φάση με την κεραία 1 και ρυθμίζει έπειτα τη φάση της κεραίας 2, η οποία βασίζεται στην ολίσθηση, υπολογίζοντας, κατά μέσο όρο, πάνω από δύο διαδοχικές εντολές ανατροφοδότησης. Συνεπώς με αυτή τη μέθοδο τέσσερις διαφορετικές τοποθετήσεις φάσης εφαρμόζονται στην κεραία 2.

Στον τρόπο 2, εκτός από τη ρύθμιση φάσης, ρυθμίζεται το εύρος. Ο ίδιος ρυθμός σηματοδότησης χρησιμοποιείται, αλλά τώρα η εντολή απλώνεται γύρω από 4 bits σε 4 **uplink DPCCH** σχισμές, με ένα μόνο bit για ρύθμιση του εύρους και 3 για ρύθμιση της φάσης. Αυτό δίνει ένα σύνολο από συνδυασμούς 8 διαφορετικών φάσεων και 2 διαφορετικών πλατών, το οποίο μας κάνει ένα σύνολο 16 συνδυασμών για εκπομπή σήματος από τον **base station**. Οι τιμές του εύρους καθορίστηκαν ώστε να είναι 0.2 και 0.8, ενώ οι τιμές φάσης διανέμονται φυσικά ομοιόμορφα ως αντιστάθμιση της φάσης των κεραιών, από -135° έως +180° φάση αντιστάθμισης. Με αυτόν τον τρόπο οι τελευταίες 3 σχισμές του πλαισίου περιέχουν πληροφορία για τη φάση, ενώ πληροφορία για το εύρος λαμβάνεται από τις προηγούμενες 4 σχισμές. Αυτό επιτρέπει ώστε να ενεργοποιείται η περίοδος των εντολών κάθε 15 σχισμές, όπως στον τρόπο 1, όπου ο μέσος όρος του ορίου του πλαισίου τροποποιείται ελαφρώς, με τον υπολογισμό μέσου όρου των εντολών από τη σχισμή 13 και από τη σχισμή 0 ώστε να αποφεύγονται οι ασυνέχειες στη διαδικασία προσαρμογής.

5.6.8 Handover Measurements Procedure (Διαδικασία Μετρήσεων στο Handover)

Μέσα στο UTRA FDD τα πιθανά handovers είναι τα ακόλουθα:

- Το **Intra-mode handover**, το οποίο μπορεί να είναι **soft handover**, **softer handover** ή **hard handover**. Το **Hard handover** μπορεί να πραγματοποιηθεί και ως **intra-** ή **inter-frequency handover**.
- Το **Inter-mode handover** ως **handover** με τον **UTRA TDD** τρόπο.

Το **Inter-system handover**, το οποίο με τις προδιαγραφές του '99 σημαίνει μόνο το **GSM (2^{ης} γενιάς) handover**. Το **GSM handover** μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα σύστημα **GSM**, λειτουργώντας στα **900 MHz**, **1800 MHz** και **1900 MHz**. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του 2000 αναμένεται να καλύπτει επιπρόσθετες λεπτομέρειες, οι οποίες απαιτούνται για το **hard handover** που χρησιμοποιείται στο **Multi-Carrier CDMA**.

5.6.8.1 Intra-Mode Handover (Τρόπος Εσωτερικής Μεταπομπής)

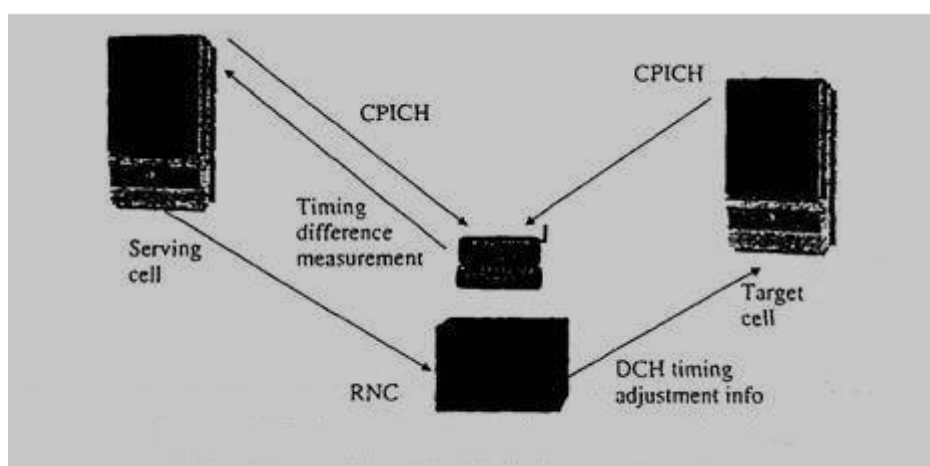
Το **UTRA FDD intra-mode handover** στηρίζεται στην E_c / N_o μέτρηση, η οποία πραγματοποιείται από το common pilot channel (**CPICH**). Οι ποσότητες

που καθορίζονται που μπορούν να μετρηθούν από το τερματικό του CPICH είναι οι ακόλουθες:

- **Received Signal Code Power (RSCP)** (Λαμβανόμενη Ισχύς Σήματος Κώδικα), η οποία είναι η λαμβανόμενη ισχύς ενός κώδικα μετά το despreading, προσδιορισμένη από τα **pilot symbols**.
- **Received Signal Strength Indicator (RSSI)** (Λαμβανόμενη Ένδειξη Δύναμης Σήματος), η οποία είναι η ευρείας ζώνης λαμβανόμενη ισχύς μέσα στο εύρος ζώνης καναλιού.
- Ο λόγος E_c/N_0 , εκφράζει τη λαμβανόμενη ισχύ σήματος κώδικα χωρισμένη από την ολική λαμβανόμενη ισχύ, στο εύρος ζώνης του καναλιού, η οποία καθορίζεται ως **RSCP/RSSI**.

Υπάρχουν επίσης άλλα στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τις **handover** αποφάσεις στο **UTRAN**, όπως οι αποφάσεις που αφορούν τον ακριβή **handover** αλγόριθμο (**actual handover algorithm**). Μια τέτοια παράμετρος έχει αναφερθεί στις συζητήσεις τυποποίησης του **dedicated channel SIR**, δίνοντας πληροφορίες για την ορθογωνικότητα της κυψέλης και πραγματοποιώντας μετρήσεις για σκοπούς ελέγχου ισχύος.

Επιπρόσθετες βασικές πληροφορίες για **soft handover** σκοπούς είναι οι σχετικές πληροφορίες που αφορούν το συγχρονισμό μεταξύ των κυψελών. Σε ένα ασύγχρονο δίκτυο, υπάρχει ανάγκη για ρύθμιση του συγχρονισμού της εκπομπής στο **soft handover**, έτσι ώστε να επιτραπεί ο σύμφωνος συνδυασμός στον **Rake** δέκτη, αλλιώς οι εκπομπές από διαφορετικούς **base stations**, θα ήταν δύσκολο να συνδυαστούν και ειδικά η διαδικασία ελέγχου ισχύος στο **soft handover**, θα υφίστατο πρόσθετη καθυστέρηση. Η μέτρηση του συγχρονισμού σχετικά με τη λειτουργία του **soft handover** εικονίζεται στο Σχήμα 5.27. Ο νέος **base station** ρυθμίζει το συγχρονισμό του downlink σε βήματα των **256 chips** βασισμένα στις πληροφορίες που λαμβάνει από το **RNC**.



Σχήμα 5.27: Συγχρονισμός μετρήσεων του soft handover

Όταν οι κυψέλες βρίσκονται σε ένα παράθυρο **10 ms**, ο σχετικός συγχρονισμός μπορεί να βρεθεί από την αρχική **scrambling code** φάση, αφού η περίοδος του κώδικα που χρησιμοποιείται είναι **10 ms**. Εάν η αβεβαιότητα συγχρονισμού είναι μεγαλύτερη, το τερματικό πρέπει να αποκωδικοποιήσει τον Αριθμό Πλαισίου Συστήματος (**System Frame Number (SFN)**) από τον αρχικό **CCPCH**. Αυτό πάντοτε χρειάζεται κάποιο χρόνο και επίσης μπορεί να έχει αρκετά λάθη, στα οποία χρειάζεται ακόμη ένας **CRC** έλεγχος να γίνει στο **SFN**. Το παράθυρο των **10 ms** δεν έχει καμία χρησιμότητα όταν παρέχονται οι πληροφορίες συγχρονισμού από γειτονικό κατάλογο κυψελών. Σε τέτοια περίπτωση μόνο η φάση διαφέρει από τους **scrambling codes** και χρειάζεται να μελετηθεί σοβαρά, εκτός αν οι **base stations** συγχρονιστούν στο **chip level**.

Για το **hard handover** ανάμεσα σε συχνότητες, τέτοιες εξακριβωμένες πληροφορίες συγχρονισμού στο **chip level** δεν απαιτούνται. Η λήψη των άλλων μετρήσεων είναι ελαφρώς πιο απαιτητική, δεδομένου ότι το τερματικό πρέπει να κάνει τις μετρήσεις σε μια διαφορετική συχνότητα. Αυτό γίνεται χαρακτηριστικά με την βοήθεια του συμπιεσμένου τρόπου (**compressed mode**), ο οποίος περιγράφεται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

5.6.8.2 Inter-Mode Handover (Παγκόσμιος Τρόπος Μεταπομπής)

Κατόπιν αιτήσεως από το **UTRAN** είναι τα **dual-mode FDD-TDD** τερματικά διαθέσιμα στην περιοχή, ώστε να λειτουργούν μέσα στο **FDD** μετρώντας το επίπεδο ισχύος από τις **TDD** κυψέλες. Οι **TDD CCPCH** εκρηξίες στέλνουν δύο φορές κατά τη διάρκεια των **10 ms TDD** πλαίσιο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση. Οι **TDD** κυψέλες συγχρονίζονται στην ίδια περιοχή κάλυψης και κατά συνέπεια μπορούν να βρίσκουν τη μια σχισμή με τα μέσα εντοπισμού, με τα οποία οι άλλες **TDD** κυψέλες έχουν περίπου τον ίδιο συγχρονισμό κατά την έκρηξή τους, με αναφορά ισχύος.

5.6.8.3 Inter-System Handover (Παγκόσμιο Σύστημα Μεταπομπής)

Για το **UTRA-GSM handover**, παρόμοιες απαιτήσεις ισχύουν όπως για το **GSM-GSM handover**. Κανονικά το τερματικό λαμβάνει το **GSM Synchronization Channel (GSM SCH)** κατά τη διάρκεια των συμπιεσμένων πλαισίων μέσα στο **UTRA FDD**, για να επιτρέψει τις μετρήσεις από άλλες συχνότητες. Το **GSM 1800** έχει ειδικές απαιτήσεις για τον **compressed mode** και απαιτεί ο **compressed mode** να διευκρινιστεί για το **uplink** επίσης. Αυτό επίσης χρειάζεται για τις **TDD** μετρήσεις.

Άλλα συστήματα καλύπτονται από τις προδιαγραφές του 2000, έχοντας την προσοχή μας στραμμένη πάνω στο **Multi-carrier CDMA (MC mode)**. Η κύρια ανησυχία για τον **FDD** τρόπο είναι το να μετρήσουμε την ικανότητα του επιπέδου λήψης του **pilot channel** reception από τον τρόπο του **MC downlink**. Το **handover** ανάμεσα στο **UTRA FDD** (επίσης ονομάζεται και **DS** τρόπος) και τον **MC** τρόπο, είναι πάντοτε **hard handover**, τέτοιο όπως το **handover** στο **GSM**. Η ανάγκη για τον **compressed mode** στηρίζεται στην ικανότητα του τερματικού, το ίδιο καλά, όπως και στη θέση της ζώνης συχνότητας που χρησιμοποιείται από τον **MC** τρόπο. Γενικά οι ίδιες αρχές είναι

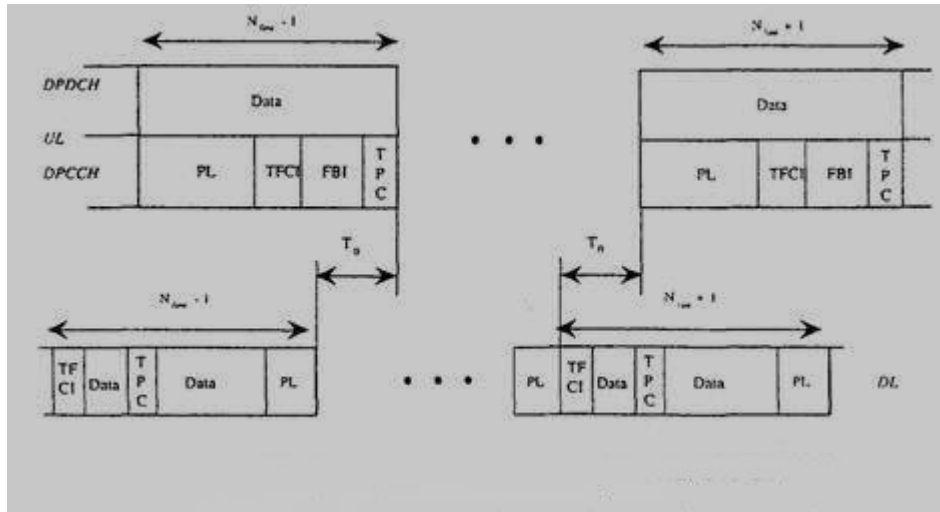
αποτελεσματικές, από την άποψη μετρήσεων και του **FDD-FDD inter-frequency**, εφ' όσον οι ικανοποιητικές πληροφορίες για τις παραμέτρους συστημάτων με τον **MC** τρόπο, παρέχονται στο τερματικό μέσω του **UTRAN**. Οι προδιαγραφές του '99, οι οποίες αφορούν τις διαδικασίες μετρήσεων, όπως η τεχνική του **compressed mode**, αναμένονται να είναι χρησιμοποιήσιμες, ώστε να παρέχουν επίσης μετρήσεις από τον **MC** τρόπο.

5.6.9 Compressed Mode Measurement Procedure (Διαδικασία Μέτρησης Συμπιεσμένου Τρόπου)

Ο **compressed mode**, συχνά αναφέρεται και ως ο τρόπος που χρησιμοποιεί τις σχισμές, είναι αναγκαίος όταν μετρούμε σε μια άλλη συχνότητα ενός **CDMA** συστήματος, χωρίς ένα πλήρες διπλό τερματικό δεκτών, Ο **compressed mode** σημαίνει ότι η εκπομπή και η λήψη σταματούν για ένα μικρό χρονικό διάστημα, της τάξεως μερικών χιλιοστών του δευτερολέπτου, προκειμένου να εκτελεστούν οι μετρήσεις στις άλλες συχνότητες. Η πρόθεση δεν είναι να χαθούν τα δεδομένα αλλά να συμπιεστεί η μετάδοση δεδομένων στοιχείων στη χρονική περιοχή. Η συμπίεση των πλαισίων μπορεί να επιτευχθεί με 3 διαφορετικές μεθόδους:

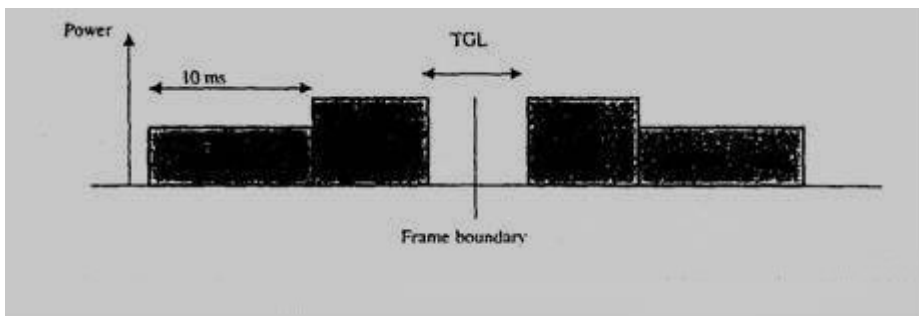
- Χαμηλώνοντας το ρυθμό των δεδομένων από τις **higher layers**, επειδή οι **higher layers** του σχεδιασμού του **compressed mode** για το τερματικό.
- Αυξάνοντας το ρυθμό των δεδομένων αλλάζοντας τον **spreading factor**. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας έναν **spreading factor 64** αντί του **spreading factor 128**, διπλασιάζεται ο αριθμός των διαθέσιμων συμβόλων και το καθιστά πολύ απλό για να επιτύχει την επιθυμητή compression αναλογία για το πλαίσιο.
- Μειώνοντας το ρυθμό των συμβόλων με το τρύπημα της **physical layer** πολυπλεγμένης αλυσίδας. Στην πράξη, αυτό περιορίζεται μάλλον στα κοντά Μήκη Χασμάτων Εκπομπής (**Transmission Gap Lengths (TGL)**), από τότε το τρύπημα έχει μερικά πρακτικά όρια. Το κέρδος είναι εμφανές κρατώντας τον ήδη υπάρχοντα **spreading factor** και χωρίς να προκαλούμε νέες απαιτήσεις για χρήση του **channelisation code**.

Τα συμπιεσμένα (**compressed**) πλαίσια παρέχονται κανονικά στο **downlink** και σε ορισμένες περιπτώσεις επίσης και στο **uplink**. Αν εμφανιστούν στο **uplink**, χρειάζεται να είναι ταυτόχρονα με τα **downlink** πλαίσια, όπως εικονίζεται και στο Σχήμα 5.28.



Σχήμα 5.28: Συμπίεσμένα πλαίσια στο uplink και στο downlink

Τα καθορισμένα μήκη **TGL** είναι 3, 4, 7, 10 και 14 σχισμές. Τα **TGL** μήκη των 3, 4 και 7 μπορούν να εξασφαλιστούν και με τις 2 μεθόδους πλαισίων, τα μέθοδο ενός πλαισίου (**single-frame**) και τη μέθοδο διπλών πλαισίων (**double-frame**). Για **TGL** μήκη των 10 ή 14 μόνο η **double-frame** μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ένα παράδειγμα της **double-frame** μεθόδου εικονίζεται στο Figure 6.29, όπου τα αδρανή πλαίσια έχουν χωριστεί σε 2 πλαίσια. Αυτό επιτρέπει την ελαχιστοποίηση του αντίκτυπου κατά τη διάρκεια ενός μόνο πλαισίου και κρατώντας, παραδείγματος χάριν, η απαραίτητη αύξηση στην εκπομπή ισχύος, χαμηλότερη από ότι αυτή της **single frame** μεθόδου.



Σχήμα 5.29: Συμπίεσμένος τρόπος (compressed mode) με διπλή διαδικασία πλαισίων

Η περίπτωση, κατά την οποία τα **uplink** συμπίεσμένα (**compressed**) πλαίσια είναι πάντα απαραίτητα είναι με το **UTRA**, είναι οι μετρήσεις με το **GSM 1800**, όπου η στενή εγγύτητα της **GSM 1800 downlink** ζώνης συχνότητας στον πυρήνα της **UTRA FDD uplink** ζώνης συχνότητας στα **1920 MHz** και προς τα πάνω, είναι τόσο κοντινή που επιτρέπει ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη.

Η χρήση του **compressed mode** στο **uplink** με του **GSM 900** τις μετρήσεις ή με του **UTRA inter-frequency handover**, εξαρτάται από την ικανότητα του τερματικού. Για τη διατήρηση του συνεχούς **uplink**, το τερματικό χρειάζεται να έχει τα μέσα για την παραγωγή της επιπρόσθετης συχνότητας παράλληλα με τη

διατήρηση της ήδη υπάρχουσας συχνότητας. Στην πράξη, αυτό σημαίνει επιπλέον ταλαντωτές, για την παραγωγή της συχνότητας και επίσης για μερικά άλλα εξαρτήματα, τα οποία προστίθενται στην κατανάλωση ισχύος του τερματικού.

Η χρήση του **compressed mode** ασκεί αναπόφευκτη επίδραση στην απόδοση της ζεύξης (**link**). Η απόδοση του **link** δε χειροτερεύει πολύ, αν το τερματικό δεν είναι στην άκρη της κυψέλης, δεδομένου ότι υπάρχει χώρος να αντισταθμίσει τη στιγμιαία απώλεια απόδοσης με τον **fast power control**. Η επίδραση είναι μεγαλύτερη στην άκρη της κυψέλης. Η διαφορά στην απόδοση του **uplink** ανάμεσα στον **compressed mode** και στον **non-compressed mode** είναι πολύ ασήμαντη έως ότου είναι μικρότερη από **4 dB**. Όταν αυτή είναι **0 dB** η διαφορά από την κανονική εκπομπή βρίσκεται ανάμεσα στα **2** και **4 dB**, εξαρτώμενη βέβαια αυτή, από τη διάρκεια του χάσματος εκπομπής με τα συμπιεσμένα πλαίσια. Το όριο αυτό των **0 dB** ανταποκρίνεται στη λειτουργία του τερματικού με πλήρη ισχύ στην κυψέλη, με καμία πιθανότητα (**soft**) **handover** και χωρίς να κινηθεί η διαδικασία του **fast power control**. Η χρήση του **soft handover** (ή του **handover**, γενικότερα) θα βελτιώσει την κατάσταση. Από αυτό το σημείο και μετά οι χαμηλές τιμές είναι απίθανο να εμφανιστούν, αφού με το χαρακτηριστικό προγραμματισμό υπάρχει κάποια επικάλυψη στην περιοχή κάλυψης των κυψελών και έτσι η περίπτωση των **0 dB** πρέπει λογικά να εμφανιστεί μόνο κατά το αναχώρησή μας από περιοχής κάλυψης.

Ο πραγματικός χρόνος που είναι διαθέσιμος για τη δειγματοληψία μιας άλλης συχνότητας μειώνεται με βάση τις παραπάνω τιμές, λόγω του χρόνου που λαμβάνεται από το **hardware** για να μεταστρέψει τη συχνότητα. Κατά συνέπεια, πολύ μικρές τιμές των 1 ή 2 σχισμών έχουν αποκλειστεί, δεδομένου ότι δεν υπάρχει κανένας πραγματικά διαθέσιμος χρόνος για τις μετρήσεις. Η μικρότερη τιμή που χρησιμοποιήθηκε στις προδιαγραφές είναι το 3, το οποίο από μόνο του επιτρέπει μια πολύ μικρή μέτρηση του χρόνου του παραθύρου και θα πρέπει να μελετηθεί σοβαρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

5.6.10 Other Measurements (Άλλες Μετρήσεις)

Στον **base station** άλλες μετρήσεις απαιτούνται για να δώσουν **RNC** επαρκείς πληροφορίες για την κατάσταση του **uplink** και άλλες για τη χρήση των διαφόρων πόρων ισχύος από τον **base station**, κατά την εκπομπή. Τα ακόλουθα καθορίστηκαν για τον **base station**, για να υποστηρίξει τη σηματοδότηση ανάμεσα στον **base station** και το **RNC**:

- **RSSI**, για να δώσει τις πληροφορίες για το uplink φορτίο.
- **Uplink SIR** στο **DPCCH**.
- Ολική ισχύς εκπομπής σε ενός φέροντος σε έναν **base station** εκπομπό, δίνοντας πληροφορίες για τις διαθέσιμες πηγές ισχύος ενός **base station**.
- Ο κώδικας εκπομπής σε έναν ενιαίο κώδικα για ένα τερματικό. Αυτό χρησιμοποιείται, παραδείγματος χάριν, για την ισοστάθμιση της ισχύος ανάμεσα στα **radio links** και στο **soft handover**.
- Διακοπή των εκτιμήσεων του Ρυθμού Λάθους (**Block Error Rate (BLER)**) και του Ρυθμού Λάθους του Bit (**Bit Error Rate (BER)**) για διαφορετικά **physical channels**.

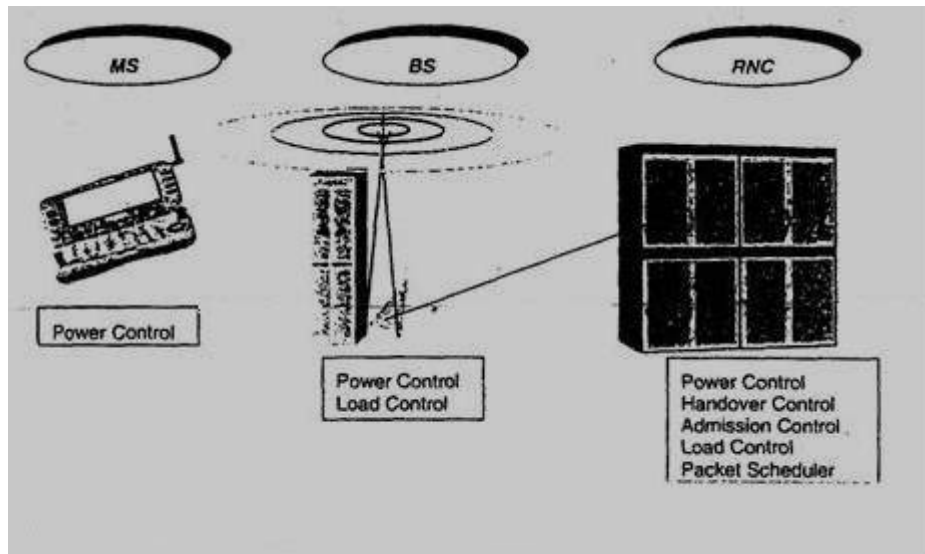
Η **BLER** η μέτρηση πρόκειται να υποστηριχθεί από τα τερματικά επίσης. Η κύρια λειτουργία της μέτρησης **BLER** του τερματικού είναι για να παράσχει ανατροφοδότηση για την **outer loop power control** λειτουργία, θέτοντας τον **SIR στόχο σε fast power control** λειτουργία.

Η υποστήριξη της λειτουργίας θέσης χρειάζεται για τις μετρήσεις από τη **physical layer**. Γι' αυτό το σκοπό, ένας δεύτερος τύπος συγχρονιστικών μετρήσεων καθορίστηκε, ο οποίος δίνει τη διαφορά συγχρονισμού ανάμεσα στους πρωτεύοντες **scrambling codes** διαφορετικών κυψέλων με ανάλυση $\frac{1}{4}$ -**chip**, για τη βελτιωμένη ακρίβεια θέσης. Η επιτεύξιμη ακρίβεια θέσης θεωρητικά μπορεί κατά συνέπεια να υπολογιστεί από το γεγονός ότι ένα μοναδικό **chip** ανταποκρίνεται κατά προσέγγιση στην απόσταση των **70 m**. Σε κυψελοειδές περιβάλλον υπάρχουν και άλλοι ακόμη συντελεστές που συμβάλλουν στην επιτεύξιμη ακρίβεια. Για να ανακουφίσει τον αντίκτυπο του προβλήματος **near-far** για το τερματικό, είναι ότι πολύ κοντά σε έναν base station, οι προδιαγραφές περιέχουν επίσης μια μέθοδο τις μη απασχολήσιμης περιόδου κατά την εκπομπή από τους **base stations**. Αυτό επιτρέπει τις συγχρονιστικές μετρήσεις από τους **base stations**, οι οποίοι θα ήταν διαφορετικά πολύ αδύναμοι, εξ' αιτίας της κλειστής εγγύτητας του υπηρετούμενου **base station**.

6. Radio Resource Management (Διαχείριση Ραδιο-Πόρων)

6.1 Interference-Based Radio Resource Management (Παρεμβολή Βασιζόμενη στη Διαχείριση Ραδιο-Πόρων)

Η **Radio Resource Management (RRM)** είναι υπεύθυνη για τη χρησιμοποίηση των πόρων της **air interface**. Η **RRM** απαιτείται για να εγγυηθεί την Ποιότητα των Υπηρεσιών (**Quality of Service, QoS**), για να διατηρήσει την προγραμματισμένη περιοχή κάλυψης και για να προσφέρει την υψηλή χωρητικότητα. Η **RRM** μπορεί να χωριστεί σε **handover**, έλεγχο ισχύος, έλεγχο εισόδου, έλεγχο φορτίου και λειτουργίες σχεδιασμού πακέτων. Ο έλεγχος ισχύος χρειάζεται για να κρατήσει τα επίπεδα παρεμβολής στο ελάχιστο στην **air interface** και να παρέχει την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσιών. Οι μεταπομπές (**handovers**) είναι απαραίτητες στα κυψελοειδή συστήματα για να καθορίζουν την ευκινησία του χρήστη, όταν αυτός ή αυτή κινούνται από μια περιοχή που καλύπτεται από μια κυψέλη, σε μια άλλη. Στα 3^{ης} γενιάς δίκτυα άλλοι αλγόριθμοι για τη **radio resource management** -έλεγχος εισόδου, έλεγχος φορτίου και λειτουργίες σχεδιασμού πακέτων -απαιτούνται, για να εγγυηθούν την απόδοση των υπηρεσιών και τη βελτίωση της ποιότητας, με μια μίξη διαφορετικών **bit rates**. Οι αλγόριθμοι της **radio resource management** εξαρτώνται από το σύνολο του **hardware** του δικτύου ή από τα επίπεδα παρεμβολής της **air interface**. Το σκληρό μπλοκάρισμα (**hard blocking**) έχει καθοριστεί ως η περίπτωση, όπου το **hardware** περιορίζει τη χωρητικότητα πριν η **air interface** υπερφορτωθεί. Το μαλακό μπλοκάρισμα (**soft blocking**) έχει καθοριστεί ως η περίπτωση, όπου το φορτίο της **air interface** υπολογίζεται για να είναι επάνω από το προγραμματισμένο όριο. Έχει δειχθεί ότι το **soft blocking** βασίζεται στη **RRM**, το οποίο δίνει υψηλότερη χωρητικότητα από το **hard blocking** που βασίζεται στη **RRM**. Εάν το **soft blocking** που βασίζεται στη **RRM** εφαρμοστεί, τότε το φορτίο του **air interface** χρειάζεται να μετρηθεί. Στα **IS-95** δίκτυα, η **RRM** είναι βασίζεται στα διαθέσιμα στοιχεία των καναλιών (**hard blocking**) αλλά αυτή η προσέγγιση δεν ισχύει στην 3^{ης} γενιάς **WCDMA air interface**, όπου διαφορετικά **bit rates** πρέπει να υποστηρίζονται ταυτόχρονα.



Σχήμα 6.1: Τυπικές τοποθεσίες του RRM αλγορίθμου στο WCDMA δίκτυο

Οι χαρακτηριστικές θέσεις των αλγορίθμων **RRM** σε ένα δίκτυο **WCDMA** παρουσιάζονται στο σχέδιο 6.1.

6.2 Power Control (Έλεγχος Ισχύος)

Ο έλεγχος ισχύος παρουσιάστηκε εν συντομία στην παράγραφο 2.5. Σε αυτό το κεφάλαιο λίγες σημαντικές απόψεις του ελέγχου ισχύος του **WCDMA** καλύπτονται. Μερικά από αυτά τα ζητήματα δεν υπάρχουν στα 2^{ns} γενιάς συστήματα, τέτοια όπως το **GSM** και το **IS-95** αλλά είναι καινούργια στα 3^{ns} γενιάς συστήματα και γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Η εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία ελέγχου ισχύος θέτει το στόχο για το γρήγορο έλεγχο ισχύος, έτσι ώστε η απαιτούμενη ποιότητα να παρέχεται.

Η εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία ελέγχου ισχύος παρουσιάζεται στην παράγραφο 6.2.2. Πρέπει να υπολογιστεί η λαμβανόμενη ποιότητα προκειμένου να ρυθμιστεί ο στόχος για το γρήγορο έλεγχο ισχύος. Ο υπολογισμός της ποιότητας και οι αλγόριθμοι της εξωτερικής επαναλαμβανόμενης διαδικασίας ελέγχου ισχύος παρουσιάζονται. Τα 3^{ns} γενιάς δίκτυα πρέπει να υποστηρίζουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες και να πολυπλέκουν ορισμένες υπηρεσίες σε μια σύνδεση. Αυτές οι απαιτήσεις επηρεάζουν επίσης και την εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία ελέγχου ισχύος. Τέλος, αναφέρονται οι διαφορές μεταξύ **uplink** και **downlink** των αλγορίθμων της εξωτερικής επαναλαμβανόμενης διαδικασίας ελέγχου ισχύος.

6.2.1 Fast Power Control (Γρήγορος Έλεγχος Ισχύος)

Ο **fast power control** στο **WCDMA** με συχνότητα **1.5 kHz**, υποστηρίζεται και από το **uplink** και από το **downlink**. Στο **GSM** υιοθετείται μόνο ο αργός

έλεγχος ισχύος (η συχνότητα είναι περίπου στα **2 Hz**). Ο **fast power control** στο **IS-95** με **800 Hz** συχνότητα, υποστηρίζεται μόνο από το **uplink**.

6.2.1.1 Gain of Fast Power Control (Κέρδος απ' τον Γρήγορο Ελέγχου Ισχύος)

Σε αυτή την παράγραφο, παραδείγματα των πλεονεκτημάτων του **fast power control** παρουσιάζονται. Η προσομοιούμενη υπηρεσία είναι 8 kbps ομιλία με **PER = 1%** και **10 ms** παρεμβολή. Οι προσομοιώσεις γίνονται με ή χωρίς **fast power control** με μέγεθος βήματος **1 dB**. Ο αργός έλεγχος ισχύος (**Slow power control**) υποθέτει ότι η μέση δύναμη κρατιέται στο επιθυμητό επίπεδο και ότι ο **slow power control** θα ήταν σε θέση να αντισταθμίσει ιδανικά την επίδραση της απώλειας των πορειών, εκτιμώντας ότι ο **fast power control** μπορεί να αντισταθμίσει το **fast fading**. Δύο κλάδοι diversity στο δέκτη υποθέτονται για τον **base station**. Το **ITU Pedestrian A** είναι ένα **5-tap** κανάλι με WCDMA ανάλυση και το **ITU Pedestrian A** είναι ένα 2 διαδρομών κανάλι, όπου η 2^η **tap** είναι πολύ αδύναμη. Ο απαιτούμενος λόγος E_b/N_0 με ή χωρίς **fast power control** παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1 και οι απαιτούμενες μέσες εκπεμπόμενες ισχύς στον πίνακα 6.2.

	Slow power control	Fast 1.5 kHz power control	Gain from fast power control
ITU Pedestrian A 3 km/h	11.3 dB	5.5 dB	5.8 dB
ITU Vehicular A 3 km/h	8.5 dB	6.7 dB	1.8 dB
ITU Vehicular A 50 km/h	6.8 dB	7.3 dB	-0.5 dB

Πίνακας 6.1: Απαιτούμενος λόγος E_b/N_0 με ή και χωρίς γρήγορο έλεγχο ισχύος

	Slow power control	Fast 1.5 kHz power control	Gain from fast power control
ITU Pedestrian A 3 km/h	11.3 dB	7.7 dB	3.6 dB
ITU Vehicular A 3 km/h	8.5 dB	7.5 dB	1.0 dB
ITU Vehicular A 50 km/h	6.8 dB	7.6 dB	-0.8 dB

Πίνακας 6.2: Απαιτούμενες ισχύς αναμετάδοσης με ή και χωρίς γρήγορο έλεγχο ισχύος

Ο **fast power control** μας δίνει ένα καθαρό κέρδος, το οποίο μπορούμε να το δούμε στους πίνακες 6.1 και 6.2. Το κέρδος από τον **fast power control** είναι μεγαλύτερο:

- για χαμηλές ταχύτητες κινητών παρά για υψηλές ταχύτητες κινητών
- απαιτούμενος λόγος E_b/N_0 από ισχύς εκπομπών
- γι' αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει μικρή ποικιλία διαθέσιμων πολλαπλών διαδρομών, όπως και στο **ITU Pedestrian A** κανάλι, η σχέση μεταξύ του **fast power control** και της ποικιλίας, περιγράφεται στο κεφάλαιο 6.2.1.2.

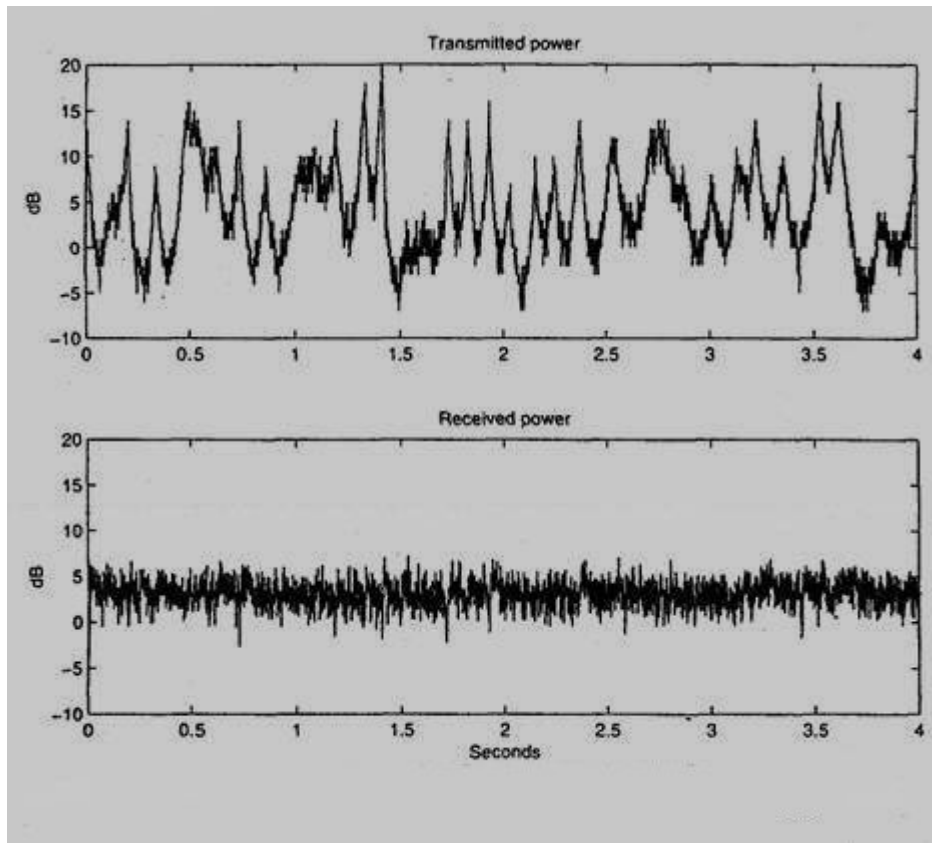
Στους πίνακες 6.1 και 6.2 τα αρνητικά ποσά κέρδους στα **50 km/h** δηλώνουν ότι ένας ιδανικός **slow power control** θα έδινε καλύτερη

απόδοση από ένα ρεαλιστικό **fast power control**. Τα αρνητικά ποσά κέρδους οφείλονται στις ανακρίβειες της εκτίμησης του **SIR**, λάθη σηματοδοσίας του ελέγχου ισχύος και καθυστέρηση στην επαναλαμβανόμενη διαδικασία του ελέγχου ισχύος.

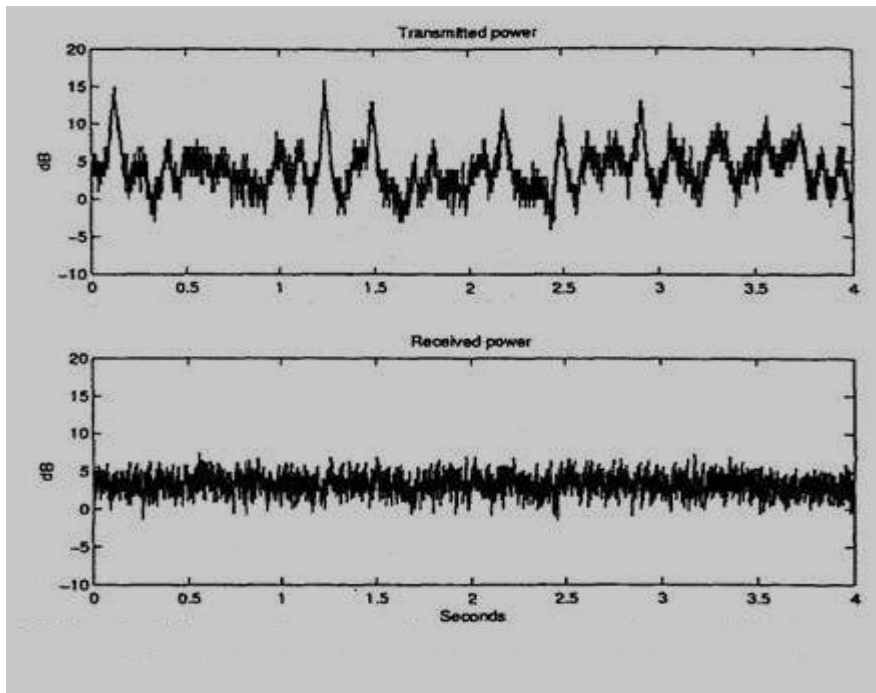
Σημειώνεται ότι το κέρδος από τον **fast power control** στον πίνακα 6.1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό του απαιτούμενου ορίου του **fast fading**. Το **fast fading** όριο είναι αναγκαίο στην εκπομπή ισχύος του **mobile station** για την επαρκή διατήρηση **closed loop fast power control**. Το μέγιστο εύρος της κυψέλης εξασφαλίζεται όταν το κινητό εκπέμπει με πλήρη και σταθερή ισχύ, παραδείγματος χάριν χωρίς το κέρδος του **fast power control**.

6.2.1.2 Power Control and Diversity (Έλεγχος Ισχύος και Ποικιλία)

Σε αυτή την παράγραφο η σπουδαιότητα της ποικιλίας αναλύεται μαζί με τον **fast power control**. Σε χαμηλή ταχύτητα κινητού ο **fast power control** μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντιστάθμισμα για το **fading** του καναλιού, ώστε να κρατηθεί το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος σταθερό. Οι κύριες πηγές λαθών στις λαμβανόμενες ισχύς, ανέρχονται από την ανακριβή **SIR** εκτίμηση, σηματοδοτώντας λάθη και καθυστερήσεις στην **power control loop**. Η αντιστάθμιση της εξασθένησης προκαλεί τα **peaks** στην εκπεμπόμενη ισχύ. Η λαμβανόμενη και η εκπεμπόμενη ισχύς παρουσιάζονται σε λειτουργία του χρόνου στα σχέδια 6.2 και 6.3 με ταχύτητα κινητού **3 km/h**. Αυτά τα αποτελέσματα τις εξομοίωσης περιλαμβάνουν ρεαλιστικό **SIR** υπολογισμό και σηματοδότηση του ελέγχου ισχύος. Ένα βήμα ελέγχου ισχύος μεγέθους **1.0 dB** χρησιμοποιείται. Στο σχέδιο 6.2 μια πολύ μικρή ποικιλία υποτίθεται ότι υπάρχει, ενώ στο σχήμα 6.3 περισσότερη ποικιλία υποτίθεται ότι υπάρχει. Παραλλαγές στην εκπεμπόμενη ισχύ είναι στο σχέδιο 6.2 παρά στο σχέδιο 6.3. Αυτό οφείλεται στη διαφορά του ποσού ποικιλομορφίας. Η ποικιλία μπορεί να ληφθεί με πολλαπλών διαδρομών ποικιλία, λαμβάνοντας την ποικιλία των κεραιών, και με διαβίβαση της ποικιλίας κεραιών ή τη μακρό ποικιλία.

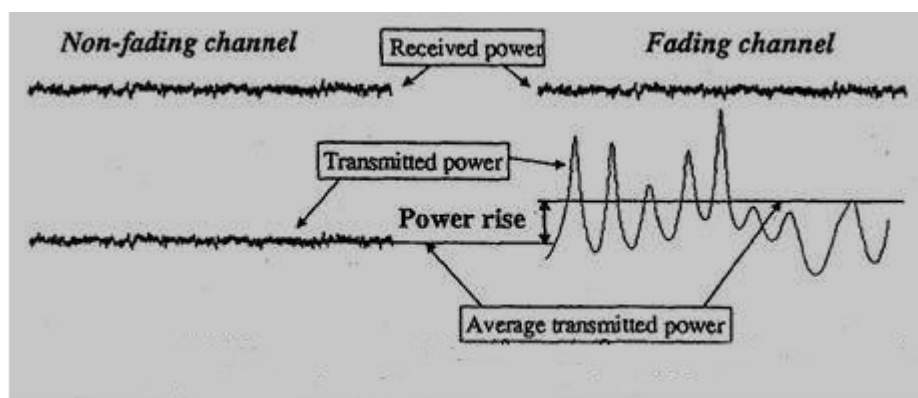


Σχήμα 6.2: Εκπεμπόμενη και λαμβανόμενη ισχύς, από 2 δρόμων (κατά μέσο όρο , από 0db, -10db) Rayleigh καναλιού απόσβεσης, στα 3 km/h



Σχήμα 6.3: Εκπεμπόμενη και λαμβανόμενη ισχύς από 3 δρόμων Rayleigh καναλιού απόσβεσης στα 3km/h

Με λιγότερη ποικιλία (**diversity**) υπάρχουν πολλές αποκλίσεις στην εκπομπή ισχύος, αλλά ο μέσος όρος της εκπεμπόμενης ισχύος είναι υψηλός. Εδώ καθορίζουμε την αύξηση της ισχύος ως το λόγο του μέσου όρου της εκπεμπόμενης ισχύος σε ένα **fading channel** και σε ένα **non-fading channel** όταν το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος είναι και στο **fading** και στο **non-fading** κανάλι με γρήγορο έλεγχο ισχύος. Η αύξηση της ισχύος δείχνεται στο σχήμα 6.4.

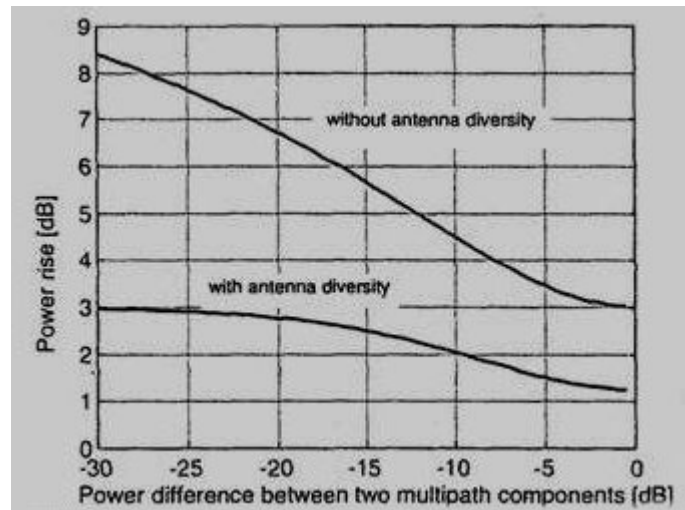


Σχήμα 6.4: Αύξηση ισχύος στο κανάλι απόσβεσης, με τη διαδικασία του γρήγορου ελέγχου ισχύος

Στο σχήμα 6.5 η θεωρητική αύξηση ισχύος υπολογίζεται και για τα κανάλια 2 διαδρομών (**2-path channels**), με ή χωρίς λαμβανόμενη **diversity** σε μια λειτουργία των διαφορών των μέσων όρων ισχύος μεταξύ 2 εξαρτημάτων πολλαπλών διαδρομών. Όσο δυνατότερο είναι το δεύτερο εξάρτημα πολλαπλής διαδρομής, και όσο η πολλαπλών διαδρομών **diversity** είναι διαθέσιμη, τόσο λιγότερο η ισχύς αυξάνεται. Η **diversity** της κεραίας μειώνει την αύξηση ισχύος το ίδιο καλά. Εάν τα 2 εξαρτήματα πολλαπλών διαδρομών έχουν τον ίδιο μέσο όρο ισχύος, η αύξηση της ισχύος είναι 3 dB χωρίς τη **diversity** της κεραίας. Επίσης λαμβάνουμε την ίδια αύξηση ισχύος σε ένα **one-path channel** (κανάλι μιας διαδρομής) με τη **diversity** της κεραίας.

Στην πράξη ο έλεγχος ισχύος δεν είναι ιδανικός και έτσι καταφεύγουμε σε ζεύξης-επιπέδου (**link-level**) εξομοιώσεις, για να βρούμε την πραγματική αύξηση ισχύος. Τα **link-level** αποτελέσματα για **uplink** αύξηση ισχύος, παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3. Οι εξομοιώσεις λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικές ταχύτητες κινητών σε ένα 2 διαδρομών ITU Κανάλι Α Πεζού (**two-path ITU Pedestrian A channel**) με μέσο όρο ισχύων των εξαρτημάτων πολλαπλών διαδρομών της τάξης των **0.0 dB** και **-12.5 dB**. Στις εξομοιώσεις οι εκπεμπόμενες και λαμβανόμενες ισχύς μαζεύονται από σχισμή σε σχισμή (**slot by slot**). Η θεωρητική τιμή για την αύξηση ισχύος σε αυτό το **ITU Pedestrian A** πολλαπλών διαδρομών προφίλ, σύμφωνα με το σχήμα 6.5 είναι **2.3 dB** με τη **diversity** της κεραίας. Στο σχήμα 6.3 παρατηρούμε ότι τη εξομοιούμενη ισχύς αυξάνει από τα **3 km/h** μέχρι και τα **10 km/h** είναι **2.1 dB** και **2.0 dB**, πολύ κοντά στη θεωρητική τιμή των **2.3 dB**.

Σε μεγάλες ταχύτητες κινητών (>100 km/h) υπάρχει μόνο μια μικρή αύξηση ισχύος από τότε που ο γρήγορος έλεγχος ισχύος δε μπορεί να αντισταθμιστεί για την απόσβεση (**fading**). Στις υψηλές ταχύτητες κινητών ο **fast power control** δεν μπορεί να ακολουθήσει το **fast fading** και ένα υψηλότερο επίπεδο λαμβανομένης ισχύος χρειάζεται για να λάβει την απαραίτητη ποιότητα, όπως δείχνεται στον πίνακα 6.4. Στις υψηλές ταχύτητες κινητών η **diversity** μας βοηθά να κρατάμε σταθερό το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος, επομένως ένα χαμηλότερο λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος είναι επαρκές, ώστε να παρέχει την ίδια ποιότητα υπηρεσιών.



Σχήμα 6.5: Θεωρητική αύξηση ισχύος, συναρτήσεως της διαφοράς ισχύος, μεταξύ των εξαρτημάτων πολλαπλών διαδρομών, σε ένα 2 δρόμων Rayleigh κανάλι απόσβεσης

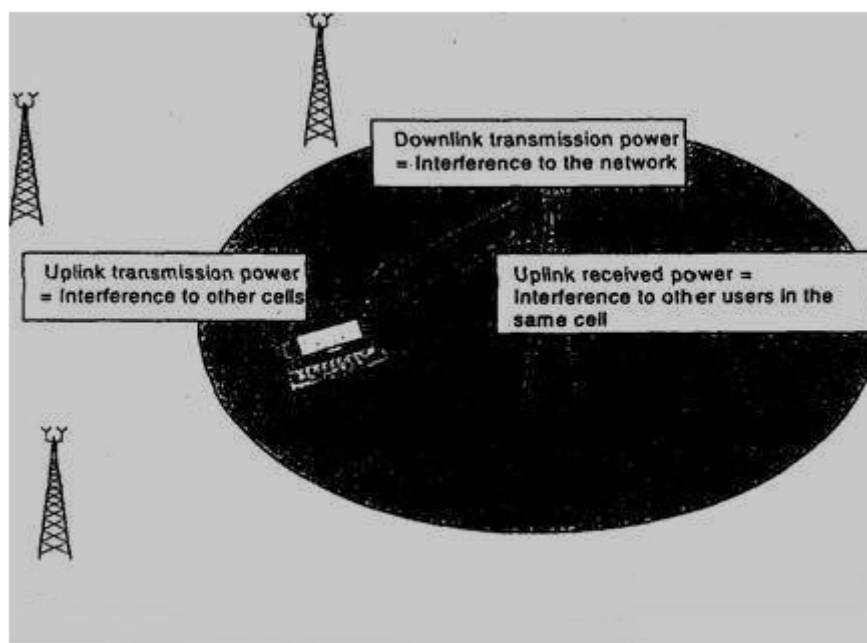
Mobile speed	Average power rise
3 km/h	2.1 dB
10 km/h	2.0 dB
20 km/h	1.6 dB
50 km/h	0.8 dB
140 km/h	0.2 dB

Πίνακας 6.3: Εξομοιωμένες αυξήσεις ισχύος. Πολλαπλών δρόμων κανάλι ITU Pedestrian A. Η diversity της κεραίας υποτίθεται

Γιατί αυτή η αύξηση ισχύος είναι σημαντική για την απόδοση του **WCDMA** συστήματος; Στο **downlink**, η χωρητικότητα της **air interface** είναι ακριβώς καθορισμένη από την απαιτούμενη εκπεμπόμενη ισχύ και αυτό καθορίζει την εκπεμπόμενη παρεμβολή. Κατά συνέπεια, για να μεγιστοποιήσουμε τη **downlink** χωρητικότητα, η εκπεμπόμενη ισχύς που είναι αναγκαία από μια ζεύξη (**link**), πρέπει να ελαχιστοποιηθεί. Στη

downlink, το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος στο κινητό, δεν επηρεάζει τη χωρητικότητα.

Στην **uplink**, οι εκπεμπόμενες ισχύς καθορίζουν την ποσότητα της παρεμβολής στις γειτονικές κυψέλες και οι λαμβανόμενες ισχύς καθορίζουν την ποσότητα της παρεμβολής σε άλλους χρήστες της ίδιας κυψέλης. Εάν, παραδείγματος χάριν, υπάρχει μόνο μια **WCDMA** κυψέλη σε μια περιοχή, η **uplink** χωρητικότητα αυτής της κυψέλης θα μεγιστοποιείται, ελαχιστοποιώντας τις απαιτούμενες προς λήψη ισχύς και η αύξηση ισχύος δε θα είχε καμία επίδραση στην **uplink** χωρητικότητα. Εντούτοις ενδιαφερόμαστε, για τα κυψελοειδή δίκτυα όπου το σχέδιο της **uplink diversity** μοιάζει να έχει λάβει υπ' όψιν του και τις εκπεμπόμενες και τις λαμβανόμενες ισχύς. Όσο χαμηλότερη είναι η απομόνωση στα γειτονικά κανάλια του δικτύου, τόσο μεγαλύτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην εκπεμπόμενη ισχύ. Η επίδραση των λαμβανόμενων και εκπεμπόμενων ισχύων στο επίπεδο παρεμβολής του δικτύου εικονίζεται στο σχήμα 6.6.

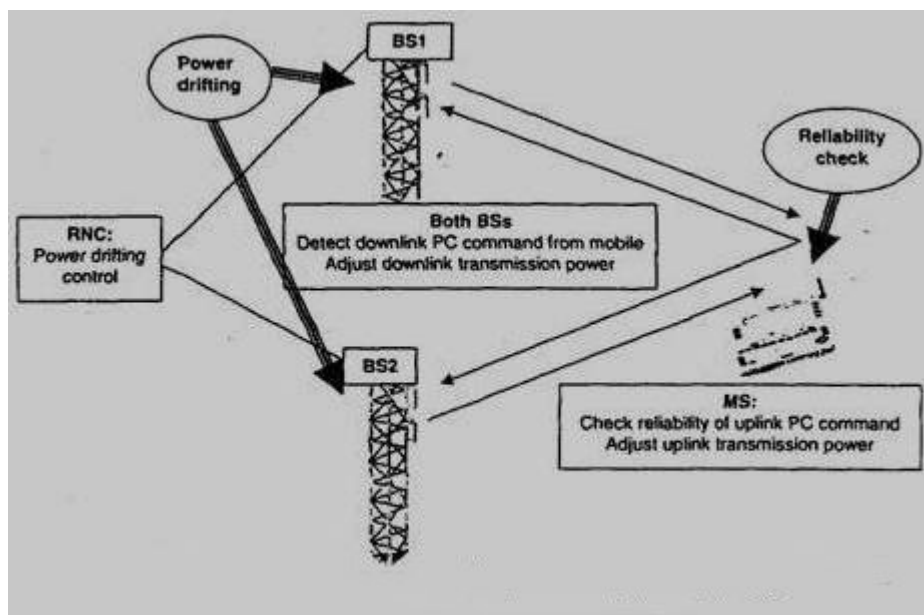


Σχήμα 6.6: Επίδραση του επιπέδου παρεμβολών, στις εκπεμπόμενες και λαμβανόμενες ισχύς.

6.2.1.3 Power Control in Soft Handover (Έλεγχος Ισχύος στο Soft Handover)

Ο γρήγορος έλεγχος ισχύος στο **soft handover** έχει δύο σημαντικά γεγονότα που είναι διαφορετικά από το ζήτημα της μοναδικής ζεύξης (**single-link**): η μετατόπιση ισχύος στις ισχύς του **base station** κατά το **downlink** και η αξιόπιστη ανίχνευση των **uplink** εντολών ελέγχου ισχύος στο κινητό. Αυτές οι πτυχές διευκρινίζονται στο σχήμα 6.7 και περιγράφονται με

περισσότερες λεπτομέρειες σε αυτή την παράγραφο. Μια λύση για τη βελτίωση της σηματοδοσίας του ελέγχου ισχύος παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο.



Σχήμα 6.7: Η διαδικασία του γρήγορου ελέγχου ισχύος με το soft handover

6.2.1.3a Downlink Power Drifting (Downlink Μετατόπιση Ισχύος)

Το κινητό στέλνει μια μοναδική εντολή για το έλεγχο των εκπεμπόμενων ισχύων του **downlink**. Αυτό λαμβάνεται από όλους τους **base stations** όταν είναι ενεργοί. Οι **base stations** ανιχνεύουν την εντολή ανεξαρτήτως απ' το αν οι εντολές ελέγχου ισχύος δεν μπορούν να συνδυαστούν με το **RNC**, επειδή θα προκληθεί μεγάλη καθυστέρηση στη σηματοδοσία του δικτύου. Λόγω των λαθών σηματοδοσίας η **air interface**, οι **base stations** μπορούν να ανιχνεύουν την εντολή για τον έλεγχο ισχύος με διαφορετικό τρόπο. Είναι πιθανό ότι ένας από τους **base stations** να χαμηλώσει την εκπομπή ισχύος σε αυτό το κινητό, ενώ ο άλλος **base station** αυξάνει την ισχύ εκπομπής του. Αυτή η συμπεριφορά μας οδηγεί σε μια κατάσταση όπου οι **downlink** ισχύς αρχίζουν να μετατοπίζονται ξεχωριστά. Αυτό αναφέρεται εδώ ως **power drifting**.

Η **power drifting** δεν είναι επιθυμητή, δεδομένου ότι υποβιβάζει συνήθως την απόδοση του **downlink soft handover**. Μπορεί να ελεγχθεί μέσω του **RNC**. Η απλούστερη μέθοδος είναι να τεθούν τα σχετικά ακριβή όρια για το δυναμικό έλεγχο ισχύος του **downlink**. Αυτά τα όρια ισχύος, ισχύουν για τις συγκεκριμένες ισχύς μετάδοσης κινητών. Φυσικά, όσο μικρότερος είναι ο επιτρεπόμενος και δυναμικός έλεγχος ισχύος τόσο μικρότερο το μέγιστο **power drifting**. Αφετέρου, ο μεγάλος και δυναμικός έλεγχος ισχύος τυπικά βελτιώνει την απόδοση του ελέγχου ισχύος, όπως δείχνει και ο πίνακας 6.2.

Ένας άλλος τρόπος μείωσης του **power drifting** είναι ο ακόλουθος. Το **RNC** μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες από τους **base stations**, οι οποίες αφορούν τα επίπεδα εκπεμπόμενης ισχύος στις συνδέσεις με **soft handover**. Αυτά τα επίπεδα υπολογίζονται κατά μέσο όρο πέρα από τις

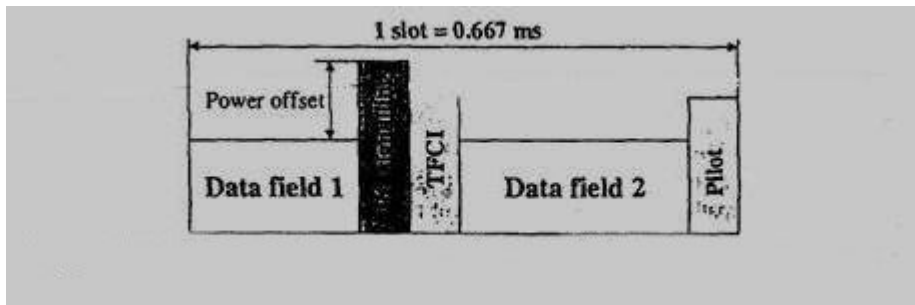
διάφορες εντολές ελέγχου ισχύος, δηλ. πάνω από **500 ms** ή ισοδύναμα **750** εντολές ελέγχου ισχύος. Βασιζόμενοι σε αυτές τις μετρήσεις, το **RNC** μπορεί να στείλει μια αναφορά τιμών για τις **downlink** εκπομπές ισχύος στους **base stations**. Οι **soft handover base stations** χρησιμοποιούν αυτή την αναφορά τιμών στο δικό τους **downlink** έλεγχο ισχύος γι' αυτή τη σύνδεση, έτσι ώστε να μειώσουν το **power drifting**. Η ιδέα είναι ότι μια μικρή διόρθωση θα εκτελείται περιοδικά προς την αναφορά ισχύος. Το μέγεθος αυτής της διόρθωσης είναι ανάλογη προς τη διαφορά μεταξύ της πραγματικής εκπεμφθείσα ισχύ και την αναφορά ισχύος. Η μέθοδος αυτή θα μειώσει το ποσό του **power drifting**. Η **power drifting** μπορεί να συμβεί μόνο αν υπάρχει η **fast power control** στο **downlink**. Στο **IS-95** μόνο η **slow power control** χρησιμοποιείται στο **downlink** και καμία μέθοδος του **downlink** ελέγχου της **power drifting** χρειάζεται.

6.2.1.3b Reliability of Uplink Power Control Commands (Αξιοπιστία των Uplink Εντολών Ελέγχου Ισχύος)

Όλοι οι **base stations** κατά την κατάσταση που είναι ενεργοί στέλνουν μια ανεξάρτητη εντολή ελέγχου ισχύος, προς το κινητό, για να ρυθμίσουν την **uplink** εκπομπή ισχύος. Είναι αρκετό, αν ένας μόνο από τους **base stations**, κατά την ενεργή κατάσταση του, λάβει το **uplink** σήμα σωστά. Επομένως, ο σταθμός των κινητών μπορεί να μειώσει την εκπεμπόμενη ισχύ, αν ένας από τους **base stations** στείλει μια εντολή μείωση της ισχύος. Η μέγιστη αναλογία συνδυασμού μπορεί να προστεθεί στα **bits** των δεδομένων στο **soft handover** του **mobile station**, εξ' αιτίας του ότι τα ίδια δεδομένα στέλνονται από όλους τους **soft handover base stations** αλλά όχι τα **bit** του ελέγχου ισχύος επειδή περιέχουν διαφορετικές πληροφορίες για κάθε ένα από τους **base stations**. Επομένως, η αξιοπιστία των **bits** ελέγχου ισχύος δεν είναι τόσο καλή όσο για τα **bits** των δεδομένων και ένα κατώτατο όριο στον κινητό χρησιμοποιείται για να ελέγξει την αξιοπιστία των εντολών ελέγχου ισχύος. Πολύ αναξιόπιστες εντολές ελέγχου ισχύος πρέπει να απορρίπτονται επειδή αλλοιώνονται από τις παρεμβολές.

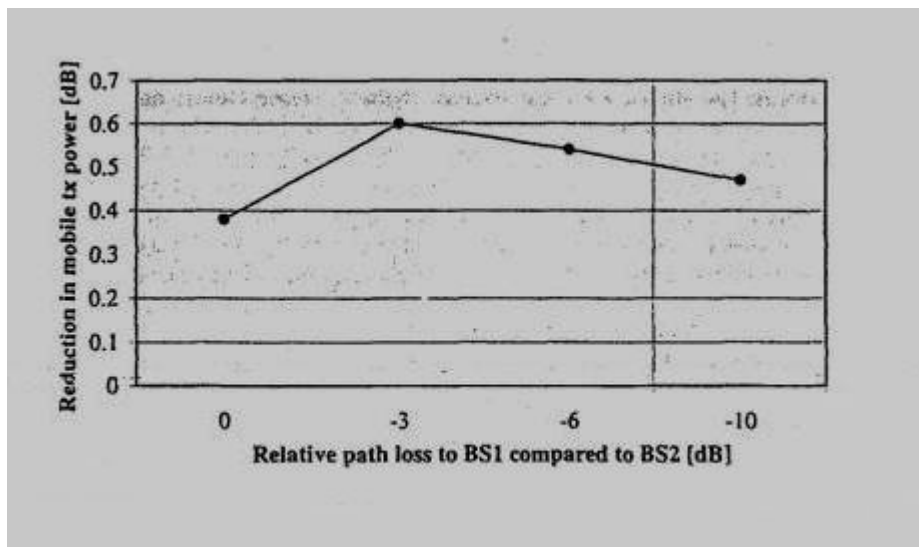
6.2.1.3c Improved Power Control Signaling Quality (Βελτιωμένη Ποιότητα Σηματοδοσίας Ελέγχου Ισχύος)

Η ποιότητα της σηματοδοσίας του ελέγχου ισχύος μπορεί να βελτιωθεί θέτοντας μια υψηλότερη ισχύ για το **dedicated physical control channel (DPCCH)** παρά για το **dedicated physical data channel (DPDCH)** στο **downlink** εάν το κινητό είναι στο **soft handover**. Αυτή η αντιστάθμιση ισχύος ανάμεσα στα **DPCCH** και **DPDCH** μπορεί να είναι διαφορετική για τους διαφορετικούς **DPCCH** τομείς: τα **bits** του ελέγχου ισχύος, τα **pilot bits** και τα **TFCI**. Η αντισταθμισμένη ισχύς εικονίζεται στο σχήμα 6.8.



Σχήμα 6.8: Εξισορρόπηση της ισχύος, για βελτίωση της ποιότητας της downlink σηματοδότησης

Η μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος του κινητού, της σύνδεσης φωνής με την αντισταθμισμένη ισχύ του **downlink power offset** δείχνεται στα σχήματα 6.7 και 6.8. Ο οριζόντιος άξονας παρουσιάζει τη διαφορά στην εξασθένιση από το κινητό σε **2 soft handover base stations**, που είναι **0 dB**, δείχνοντας ότι η εξασθένιση είναι η ίδια και για τους δύο **soft handover base stations**. Σε αυτό το παράδειγμα, **3 dB** υψηλότερη ισχύς χρησιμοποιήθηκε για τη σηματοδότηση **pilot** και ελέγχου ισχύος. Η μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος του κινητού είναι **0.4-0.6 dB** με την αντιστάθμιση ισχύος. Αυτή η μείωση λαμβάνεται λόγω της βελτιωμένης ποιότητας της σηματοδότησης ελέγχου ισχύος.



Σχήμα 6.9: Κέρδος στις uplink εκπομπές ισχύος, χρησιμοποιώντας αντιστάθμιση ισχύων, για εξισορρόπηση

6.2.2 Outer Loop Power Control (Ελεγχος Ισχύος με εξωτερική επαναλαμβανόμενη διαδικασία)

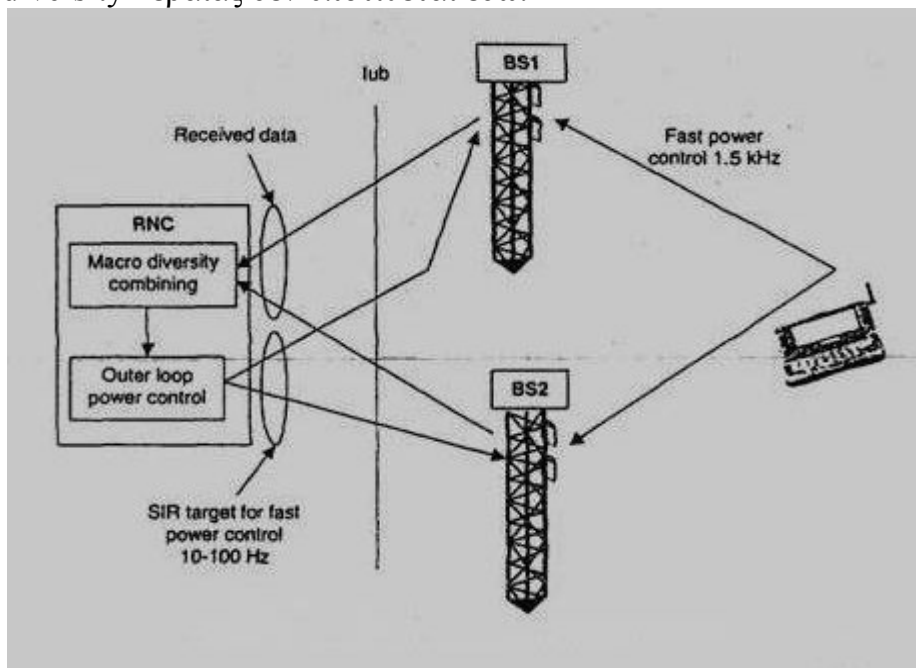
Η **outer loop power control** είναι απαραίτητη για να κρατάει την ποιότητα της επικοινωνίας στο απαιτούμενο επίπεδο, θέτοντας το στόχο για

το **fast power control**. Η **outer loop** στοχεύει στην παροχή της απαιτούμενης ποιότητας: όχι χειρότερα, όχι καλύτερα. Πάρα πολύ υψηλής ποιότητα θα σπαταλούσε τη χωρητικότητα. Η **outer loop** είναι απαραίτητη και στο **uplink** και στο **downlink**, επειδή υπάρχει **fast power control** και στο **uplink** και στο **downlink**. Στις εξής παραγράφους μερικές πτυχές αυτής της επαναλαμβανόμενης διαδικασίας περιγράφονται. Αυτά ισχύουν και στην **uplink** και στη **downlink**. Στο **IS-95**, η **outer loop power control** χρησιμοποιείται μόνο στο **uplink** γιατί δεν υπάρχει καθόλου **fast power control** στο **downlink**.

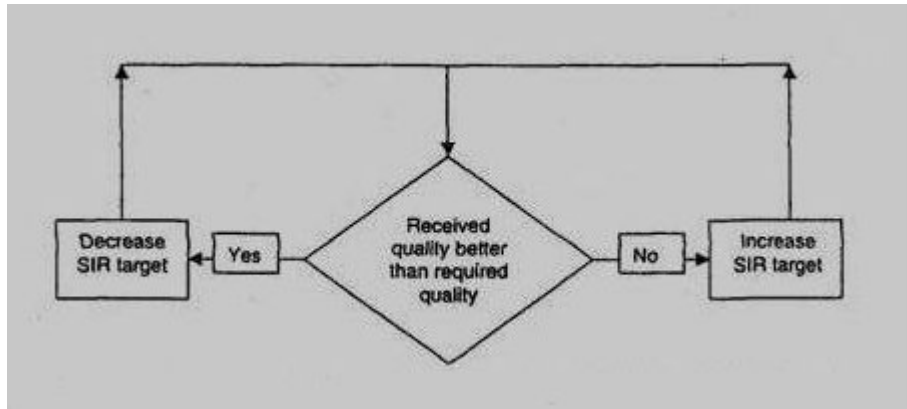
Μια επισκόπηση της **uplink outer loop power control** δείχνεται στο σχήμα 6.10. Η **uplink** ποιότητα παρατηρείται μετά από **macro diversity** συνδυασμούς στο **RNC** και αποστολή του **SIR** στόχου στους **base stations**. Η συχνότητα του **fast power control** είναι **1.5 kHz** και η τυπική συχνότητα της **outer loop power control** είναι **10-100 Hz**. Μια γενικός αλγόριθμος της **outer loop power control** παρουσιάζεται στο σχήμα 6.11.

6.2.2.1 Gain of Outer Loop Power Control (Κέρδος της Outer Loop Power Control)

Σε αυτό την παράγραφο αναλύουμε πόσο ο **SIR** στόχος πρέπει να ρυθμιστεί, όταν η ταχύτητα του κινητού ή το περιβάλλον που δημιουργείται από την πολλαπλών διαδρομών διασπορά, αλλάζει. Οι όροι του **SIR** στόχου και ο E_b/N_0 χρησιμοποιούνται σε αυτό το κεφάλαιο, εναλλακτικά. Τα αποτελέσματα της εξομοίωσης με την υπηρεσία ομιλίας **AMR** και με **PER = 1%** δείχνονται στον πίνακα 6.4 με **outer loop power control**. Τρία διαφορετικά πολλαπλών διαδρομών σχεδιαγράμματα χρησιμοποιούνται: το στατικό κανάλι (**static channel**) ανταποκρινόμενο στο **strong line-of-sight** συστατικό, **fading ITU Pedestrian A channel**, και 3-δρόμων (**3-path fading channel**) με ισοδύναμους μέσους όρους ισχύων των **multipath components**. Καμία diversity κεραίας δεν υποτίθεται εδώ.



Σχήμα 6.10: Uplink power loop έλεγχος ισχύος στο RNC



Σχήμα 6.11: Γενικός αλγόριθμος της outer loop διαδικασίας ελέγχου ισχύος

Multipath	Mobile speed	Average E_b/N_0 target
Non-fading	-	5.3 dB
ITU Pedestrian A	3 km/h	5.9 dB
ITU Pedestrian A	20 km/h	6.8 dB
ITU Pedestrian A	50 km/h	6.8 dB
ITU Pedestrian A	120 km/h	7.1 dB
3-path equal powers	3 km/h	6.0 dB
3-path equal powers	20 km/h	6.4 dB
3-path equal powers	50 km/h	6.4 dB
3-path equal powers	120 km/h	6.9 dB

Πίνακας 6.4: Μέσος όρος του λόγου E_b/N_0 σε διαφορετικά περιβάλλοντα

Ο χαμηλότερος μέσος όρος E_b/N_0 του στόχου απαιτείται στο **static channel** και ο υψηλότερος στόχος στο **ITU Pedestrian A channel** με υψηλή ταχύτητα κινητού. Αυτό το αποτέλεσμα δείχνει ότι όσο υψηλότερη είναι η απόκλιση στη λαμβανόμενη ισχύ, τόσο υψηλότερος χρειάζεται να είναι ο E_b/N_0 στόχος ώστε να παρέχει την ίδια ποιότητα. Εάν επρόκειτο να επιλέξουμε σταθερό E_b/N_0 στόχο των **5.3 dB** σύμφωνα με το **static channel**, το λάθος πλαισίου της σύνδεσης θα είναι αρκετά υψηλό στα **fading channels** και η ποιότητα ομιλίας θα υποβιβάζόταν. Εάν επρόκειτο να επιλέξουμε σταθερό E_b/N_0 στόχο των **7.1 dB**, η ποιότητα θα ήταν αρκετά καλή αλλά αχρείαστες υψηλές ισχύς θα χρησιμοποιούνταν στις περισσότερες καταστάσεις. Μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει σαφώς μια ανάγκη να ρυθμιστεί ο στόχος από τη **fast closed loop power control** σύμφωνα με τη **outer loop power control**.

Πόσο γρήγορα μπορεί ο **outer loop power control** να ρυθμίσει την αξία των στόχων; Μια περίπτωση παραδείγματος θα μπορούσε να είναι ένα κυψελοειδές περιβάλλον μικροϋπολογιστών όπου το κινητό είναι πρώτο που θα δει ο **base station** και ο μέσος όρος του E_b/N_0 στόχου των **5.3 dB** παρέχει την απαιτούμενη ποιότητα. Εάν το κινητό περιστραφεί, κατά τη μεριά που θα φαίνεται, το εξάρτημα θα εμφανιστεί και το προφίλ των πολλαπλών διαδρομών μπορεί να

αλλάζει το **ITU Pedestrian A**. Εάν το κινητό κινείται με **20 km/h**, ο E_b/N_0 στόχος χρειάζεται δραστικά να αυξηθεί από **5.3 dB** σε **6.8 dB**.

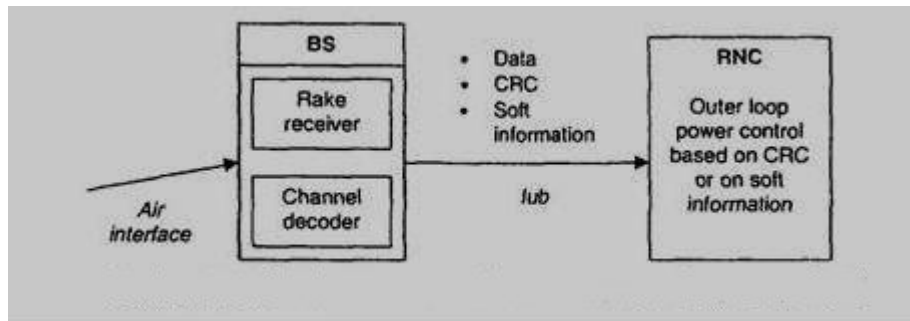
6.2.2.2. Estimation of Received Quality (Εκτίμηση της Λαμβανόμενης Ποιότητας)

Μερικές διαφορετικές προσεγγίσεις στη μέτρηση της λαμβανόμενης ποιότητας εισάγονται σε αυτή την παράγραφο. Μια απλή και αξιόπιστη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθεί το αποτέλεσμα της ανίχνευσης λάθους - **cyclic redundancy check** (κυκλικός έλεγχος πλεονασμού (λάθους)) (**CRC**) - για να ανιχνεύσει εάν υπάρχει ένα λάθος ή όχι. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του **CRC** ελέγχου είναι ότι είναι ένας πολύ αξιόπιστος ανιχνευτής λαθών πλαισίου και είναι απλό. Η **CRC**-βασισμένη προσέγγιση, ταιριάζει καλά για εκείνες τις υπηρεσίες, όπου τα λάθη επιτρέπεται να εμφανίζονται αρκετά συχνά, τουλάχιστον μια φορά κάθε λίγα δευτερόλεπτα, όπως τα πακέτα υπηρεσιών μη πραγματικού χρόνου όπου ο ρυθμός λαθών του πλαισίου (**FER**) μπορεί να είναι πάνω από **10-20%** πριν από τις επανεκπομπές και η υπηρεσία φωνής είναι τυπικά στο **FER = 1 %** παρέχει την απαραίτητη ποιότητα. Με τον Προσαρμοστικό Πολλαπλών Ρυθμών (**Adaptive Multirate (AMR)**) κωδικοποιητή ομιλίας, το παρεμβαλλόμενο χάσμα/κενό είναι **20 ms** και το **FER = 1%** ανταποκρίνεται σε **1** λάθος κατά μέσο όρο ανά **2** δευτερόλεπτα.

Η λαμβανόμενη ποιότητα μπορεί επίσης να εκτιμηθεί στην αξιοπιστία των πληροφοριών του **soft frame**. Τέτοια πληροφορία μπορεί να είναι, για παράδειγμα:

- Εκτίμηση του ρυθμού λαθών των **bit (bit error rate (BER))** πριν την αποκωδικοποίηση του καναλιού, που καλείται **άνοθευτος (raw) BER** ή **physical channel BER**
- **Soft** πληροφορία από τον **Viterbi** αποκωδικοποιητή με συνελκτικούς κώδικες
- **Soft** πληροφορία από τον **Turbo** αποκωδικοποιητή, για παράδειγμα **BER** ή **FER** μετά από μια ενδιάμεση επανάληψη αποκωδικοποίησης
- Λαμβανόμενο E_b/N_0 .

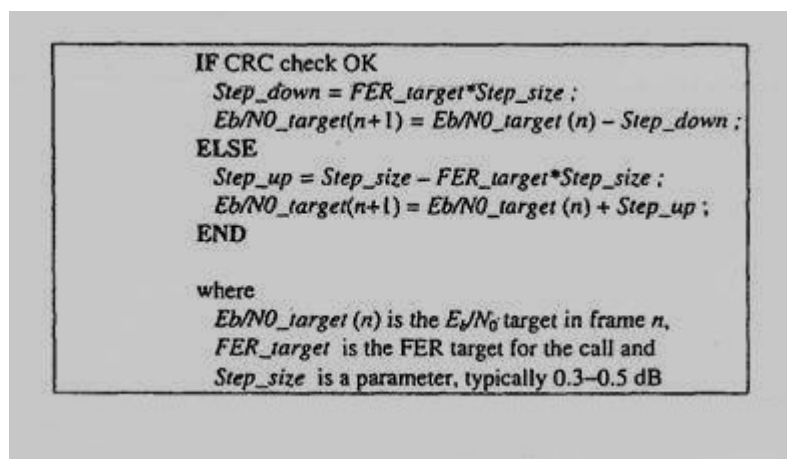
Το πρόβλημα με αυτές τις ποσότητες είναι ότι μπορούν να δώσουν μια λανθασμένη εκτίμηση της λαμβανόμενης ποιότητας. Εξετάστε τη χρήση **raw BER**. Το απαιτούμενο **raw BER** για να λάβει απαραίτητο τελικό **FER**, αφού ο αποκωδικοποιητής δεν είναι σταθερός, εξαρτάται από των πολλαπλών διαδρομών σχεδιάγραμμα, την ταχύτητα κινητού και τους αλγορίθμους των δεκτών. Η **soft** πληροφορία απαιτείται για τις υψηλής ποιότητας υπηρεσίες, δείτε παράγραφο 6.2.2.4. Το **raw BER** χρησιμοποιείται ως **soft** πληροφορία πέρα από το **Iub interface**.



Σχήμα 6.12: Εκτίμηση της ποιότητας της outer loop στην RNC

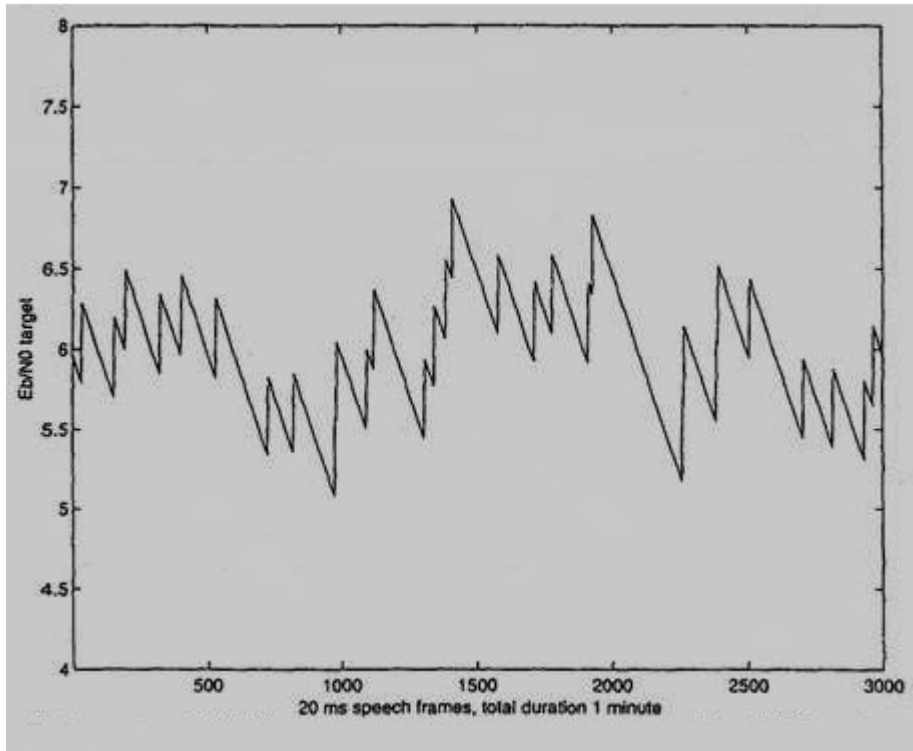
6.2.2.3 Outer Loop Power Control Algorithm (Αλγόριθμος Ελέγχου Εξωτερικής επαναλαμβανόμενης διαδικασίας)

Ο αλγόριθμος, ο οποίος βασίζεται στο αποτέλεσμα του **CRC** ελέγχου, ελέγχει τα δεδομένα και μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ψευδοκώδικας, όπως δείχνεται στο σχήμα 6.13.



Σχήμα 6.13: Ψευδοκώδικας αλγορίθμου που χρησιμοποιείται στην outer loop διαδικασία ελέγχου ισχύος

Εάν το **FER** από τη σύνδεση, είναι μια μειωμένη λειτουργία του E_b/N_0 στόχου, αυτό, ο αλγόριθμος θα το έχει ως αποτέλεσμα **FER** ισοδύναμο με τον **FER** στόχο, με την προϋπόθεση η κλήση είναι αρκετά μακριά. Το μέγεθος της παραμέτρου του βήματος, καθορίζει την ταχύτητα σύγκλισης του αλγορίθμου στον επιθυμητό στόχο και επίσης η **overhead** που προκαλείται από τον **αλγόριθμο**. Η αρχή αυτή είναι ότι όσο υψηλότερο το μέγεθος του βήματος είναι τόσο ταχύτερη η σύγκλιση και τόσο υψηλότερη η **overhead**. Το σχήμα 6.14 δίνει ένα παράδειγμα της συμπεριφοράς του αλγορίθμου με τον **FER** στόχο του **1%** και μέγεθος βήματος του **0.5 dB**.



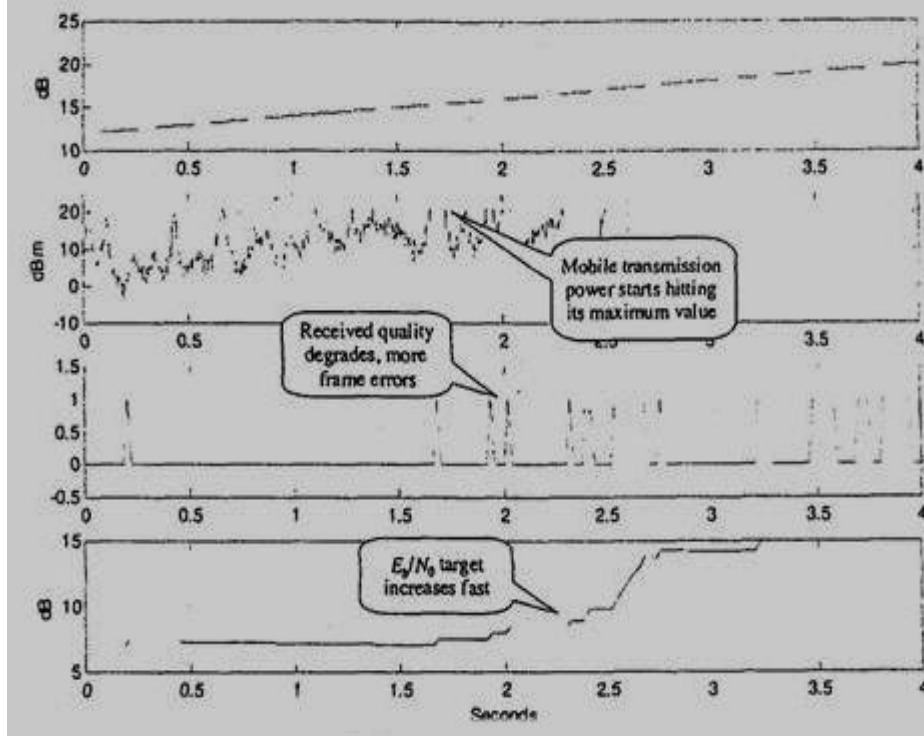
Σχήμα 6.14: Ο Eb/No στόχος στο ITU Pedestrian A κανάλι. AMR κωδικοποίηση φωνής, FER στόχος 1%, μέγεθος βήματος (step size) 0,5db, ταχύτητα 3km/h

6.2.2.4 High Quality Services (Υπηρεσίες υψηλής ποιότητας)

Υπηρεσίες υψηλής ποιότητας με χαμηλό **PER** ($<10^{-3}$) απαιτείται για να υποστηριχθούν από 3^{ης} γενιάς δίκτυα. Σε τέτοιες υπηρεσίες τα λάθη είναι πολύ σπάνια συμβάντα. Εάν το απαιτούμενο **FER** = 10^{-3} και το παρεμβαλλόμενο χάσμα είναι **40 ms**, ένα λάθος εμφανίζεται κατά μέσον όρο κάθε $40/10^{-3} \text{ ms} = \mathbf{40 \text{ seconds}}$. Εάν η λαμβανόμενη ποιότητα υπολογίζεται βασιζόμενη στα λάθη που ανιχνεύονται από τα **CRC bits**, οι ρυθμίσεις του E_b/N_o στόχου είναι πολύ αργές και η σύγκλιση του E_b/N_o στόχου, στη βέλτιστη αξία παίρνει έναν μακρύ χρόνο. Επομένως, για τις υψηλής ποιότητας υπηρεσίες, οι **soft** πληροφορίες αξιοπιστίας πλαισίων έχουν τα πλεονεκτήματά τους. Οι **soft** πληροφορίες μπορούν να ληφθούν από κάθε πλαίσιο ακόμα κι αν δεν υπάρχει κανένα λάθος.

6.2.2.5 Limited Power Control Dynamics (Περιορισμένα Δυναμικά Ελέγχου Ισχύος)

Στο τέρμα της καλυπτόμενης περιοχής το κινητό μπορεί να φτάσει στη μέγιστη τιμή της ισχύς εκπομπής του. Σε αυτή την περίπτωση, το λαμβανόμενο **FER** μπορεί να είναι μεγαλύτερο από το επιθυμητό. Αν προσθέσουμε απευθείας τον **outer loop** αλγόριθμο του σχήματος 6.11, ο **uplink SIR** στόχος θα αυξηθεί. Η αύξηση του **SIR** στόχου δε βελτιώνει την **uplink** ποιότητα, αν ο **base station** δεν είναι έτοιμος να στείλει εντολές **power-up** στο κινητό. Σε αυτή την περίπτωση, ο λόγος E_b/N_o του στόχου μπορεί να γίνει ανεπιθύμητα υψηλός. Όταν το κινητό επιστρέψει κοντύτερα



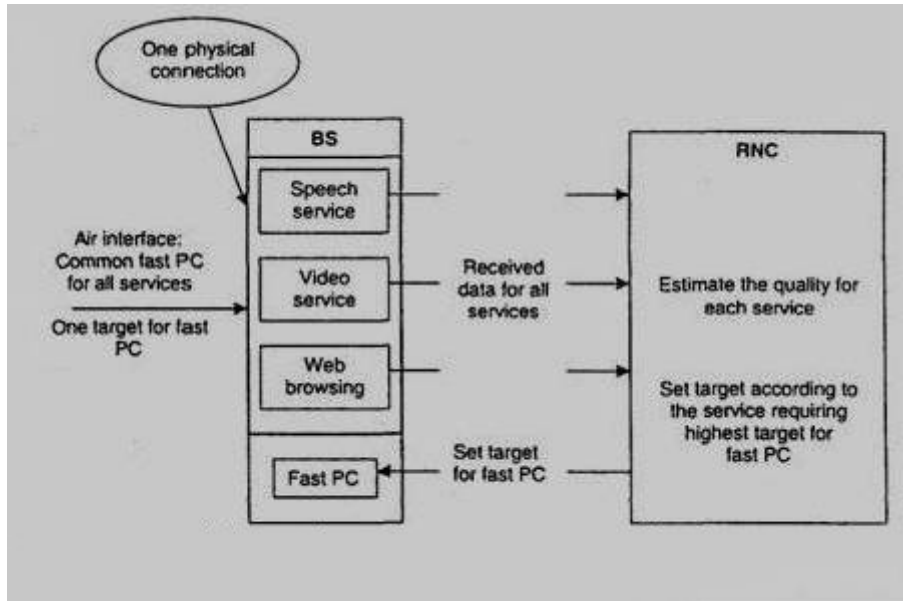
Σχήμα 6.15: Αύξηση του στόχου E_b/N_0 όταν το κινητό φτάνει στη μέγιστη ισχύ εκπομπής του. Στην κορυφή: Εξασθένιση ανάμεσα στο κινητό και το βασικό σταθμό, 2^η εικόνα: εκπομπή ισχύος του κινητού (db), 3^η εικόνα: λάθη πλαισίου (1=λάθος, 0=σωστό), 4^η εικόνα: uplink E_b/N_0 στόχος

προς τον **base station**, η ποιότητα της **uplink** σύνδεσης είναι ανεπιθύμητα υψηλή, πριν η **outer loop** του E_b/N_0 στόχου μειωθεί και γυρίσει πίσω στη βέλτιστη αξία. Η κατάσταση, στην οποία το κινητό φθάνει στη μέγιστη ισχύ εκπομπής του παρουσιάζεται στο σχήμα 6.15. Σε αυτό το παράδειγμα η **AMR** υπηρεσία φωνής με 20 ms παρεμβολή προσομοιώνεται με τον αλγόριθμο της **outer loop power control** από το σχήμα 6.13. Ένας **FER** στόχος του **1%** και ένα **outer loop** βήμα μεγέθους των **0,5 db** χρησιμοποιούνται εδώ. Με πλήρη **power control dynamics** ένα λάθος μπορεί να λαμβάνει χώρα κάθε **2sec** ώστε να παράξει ένα **FER** του **1%** με παρεμβολή **20 ms**. Η μέγιστη λαμβανόμενη ισχύς του **mobile station** είναι **125 mW**, δηλαδή **21 dbm**. Το ίδιο πρόβλημα μπορεί να λάβει χώρα αν το κινητό φθάσει στη ελάχιστη τιμή της ισχύος εκπομπής του. Σε αυτή την περίπτωση, ο λόγος E_b/N_0 στόχου θα γινόταν ανεπιθύμητα χαμηλός. Επίσης τα ίδια προβλήματα μπορούν να παρατηρηθούν στο **downlink** αν ισχύς της **downlink** σύνδεσης χρησιμοποιεί τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή της.

Τα **outer loop** προβλήματα που δημιουργούνται από τον περιορισμό των **power control dynamics** μπορούν να αποφευχθούν θέτοντας αυστηρά όρια για το λόγο E_b/N_0 στόχου ή με τη χρήση ενός έξυπνου **outer loop power control** αλγόριθμου. Ένας τέτοιος αλγόριθμος δε θα αύξανε το λόγο E_b/N_0 του στόχου, αν η αύξηση δεν βελτίωνε την ποιότητα.

6.2.2.6 Multiservice (Πολλαπλές Υπηρεσίες)

Μια από τις βασικές προϋποθέσεις του **UMTS** είναι το να είναι σε θέση να πολυπλέκει ορισμένες υπηρεσίες σε μια μόνο **physical σύνδεση**. Επομένως όλες οι υπηρεσίες έχουν ένα κοινό **fast power control**. Μπορεί να υπάρχει μόνο ένας κοινός στόχος για **fast power control**. Αυτός μπορεί να επιλεγεί σύμφωνα με την υπηρεσία που απαιτεί τον υψηλότερο στόχο. Δεν πρέπει να υπάρξουν καμία μεγάλες διαφορές μεταξύ των απαραίτητων στόχων εάν άνισοι ρυθμοί ταιριάσματος έχουν εφαρμοστεί επάνω στη **Layer 1**, ώστε να παράξουν τις διαφορετικές ποιότητες.



Σχήμα 6.16: Uplink outer loop έλεγχος ισχύος για πολλαπλές υπηρεσίες σε μια φυσική σύνδεση

6.2.2.7 Downlink Outer Loop Power Control (Εξωτερικός Έλεγχος Ισχύος με Επαναλαμβανόμενη διαδικασία στο Downlink)

Σύμφωνα με την παράγραφο 6.2.2.1 υπάρχει καθαρά, μια ανάγκη ώστε να ρυθμιστεί ο στόχος για τον **fast closed loop power control**. Στο **downlink** η γρηγορότερη ρύθμιση του **downlink** στόχου καθορίστηκε έχοντας τον **outer loop power control** μέσα στο κινητό. Μια άλλη προσέγγιση θα ήταν μια **downlink outer loop** βασισμένη στο δίκτυο (**network-based downlink outer loop**), όπου το κινητό θα έδινε αναφορά στο δίκτυο για τις μετρήσεις ποιότητας και το δίκτυο τότε θα έδινε εντολή στο κινητό ώστε να προσαρμόσει την τιμή του στόχου στον **downlink fast power control**. Αυτή η **network-based downlink outer loop power control** θα μας οδηγούσε σε αυξημένη σηματοδότηση στον **mobile station** και στο **RNC** και επίσης θα προκαλούσε καθυστερήσεις στον **downlink outer loop power control**. Επομένως, ο βασισμένος στο κινητό **outer loop power control** χρησιμοποιείται στο **WCDMA**.

Το δίκτυο μπορεί αποτελεσματικά να ελέγξει τις **downlink** συνδέσεις ακόμη και όταν ο **downlink outer loop power control** λειτουργεί μαζί με το κινητό. Πρώτον, το δίκτυο θέτει το στόχο ποιότητας για κάθε **downlink** σύνδεση. Αυτός ο στόχος μπορεί να τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια της σύνδεσης. Δεύτερον, ο **base station** δε χρειάζεται να αυξήσει την **downlink ισχύ** αυτής

της σύνδεσης, ακόμα και αν το κινητό στέλνει μια εντολή αύξησης ισχύος (**power-up**). Το δίκτυο μπορεί να ελέγξει την ποιότητα των διαφορετικών **downlink** συνδέσεων πολύ γρήγορα, με το να μην υπακούει στις εντολές ελέγχου ισχύος από το κινητό. Αυτή η προσέγγιση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, παραδείγματος χάριν, κατά τη διάρκεια της υπερφόρτωσης του **downlink** ώστε να μειώσει τη **downlink** ισχύ, αυτών των συνδέσεων, οι οποίες έχουν μια χαμηλότερη προτεραιότητα, τέτοιες όπως οι υπηρεσίες τύπου **background** (υπόβαθρο, δηλ. υπηρεσίες που γίνονται στο υπόβαθρο) (δείτε **load control** στην παράγραφο 6.6). Αυτή η μείωση των **downlink** ισχύων μπορεί να λάβει χώρα στην συχνότητα του **fast power control**, δηλ. **1.5 kHz**.

6.3 Handovers (Μεταπομπές)

6.3.1 Intra-frequency Handovers (Εσωτερικής Συχνότητας Μεταπομπές)

6.3.1.1 Handover Algorithms (Αλγόριθμοι Μεταπομπής)

Οι αλγόριθμοι που παρουσιάζονται σύντομα είναι οι βασικοί **cdmaOne** αλγόριθμοι (**IS-95A**) [3, 4, 5] και οι **WCDMA soft handover** αλγόριθμοι [4, 6]. Και οι 2 αλγόριθμοι χρησιμοποιούν **pilot channel E_b/I_o** όπως η **handover** μέτρηση ποιότητας, η οποία σηματοδοτείται στο **RNC** χρησιμοποιώντας σηματοδότηση της **Layer 3**.

Η ακόλουθη ορολογία χρησιμοποιείται για την περιγραφή του **handover**:

Active set (Ενεργή Θέση):

Οι κυψέλες στην **active set** διαμορφώσουν τη **soft handover** σύνδεση στον **mobile station**.

Candidate set (Υποψήφια Θέση):

Η **candidate set** πρόκειται για τον κατάλογο κυψέλων που δεν χρησιμοποιούνται προς το παρόν στη **soft handover** σύνδεση, αλλά των οποίων οι πλοηγοί E_b/I_o είναι αρκετά ισχυροί ώστε να προστεθούν στην **active set**. Η **candidate set** δεν χρησιμοποιείται στον **WCDMA handover** αλγόριθμο.

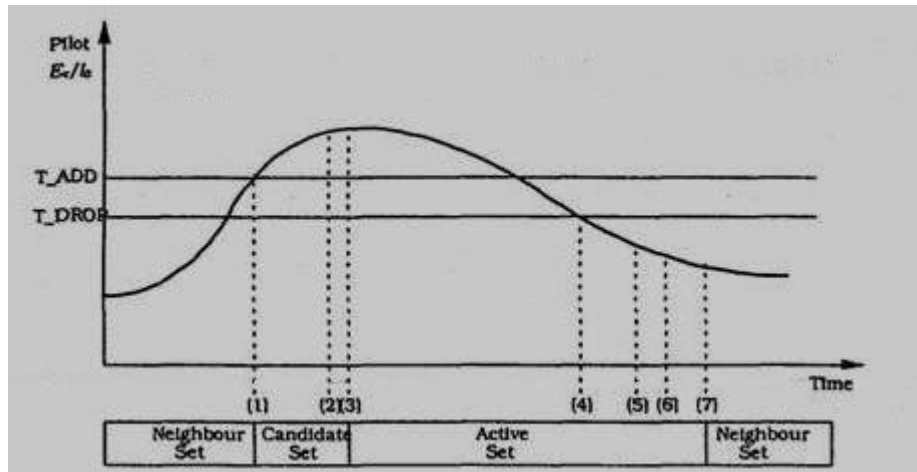
Neighbor set (Γειτονική Θέση) / **monitored set** (Ελεγχόμενη Θέση):

Η **neighbor set** ή η **monitored set** πρόκειται για τον κατάλογο των κυψέλων που ο **mobile station** συνεχώς μετρά, αλλά των οποίων οι πλοηγοί (**pilots**) E_b/I_o δεν είναι αρκετά ισχυροί ώστε να προστεθούν στο **active** (ενεργό) σύνολο.

Basic cdmaOne algorithm (IS-95A Αλγόριθμος)

Η λειτουργία του βασικού **cdmaOne** αλγόριθμου παρουσιάζεται στο σχήμα 6.17. Στον **IS-95A** αλγόριθμο, το όριο του **handover** είναι μια σταθερή αξία

λαμβανόμενου πειραματικού λόγου E_b/I_0 . Το πρόβλημα με τον **IS-95A** αλγόριθμο, είναι ότι μερικές τοποθεσίες μέσα στην κυψέλη λαμβάνουν μόνο αδύναμους **pilots** (απαιτούν χαμηλότερα όρια) και άλλες τοποθεσίες λαμβάνουν μερικά ισχυρότερα και κυρίαρχα **pilots** (απαιτούν υψηλότερα **handover** όρια). Στον καθορισμένο **cdmaOne** αλγόριθμο (**IS-95B**) η μόνη διαφορά, συγκρινόμενη με το βασικό αλγόριθμο, είναι η **active set** διαδικασία συντήρησης. Η **Candidate set** διαδικασία συντήρησης εκτελείται κατά τρόπο παρόμοιο όπως στο βασικό αλγόριθμο.

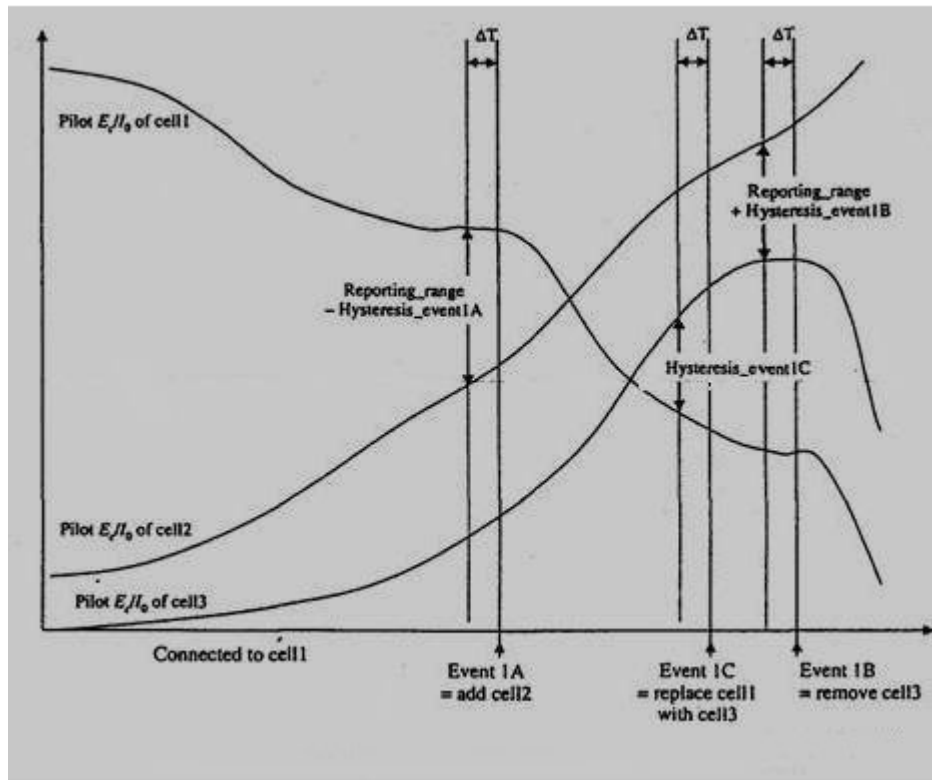


Σχήμα 6.17: Βασικός cdmaOne αλγόριθμος (IS-95A)

- (1) Η pilot δύναμη υπερβαίνει το T_ADD . Ο **mobile station** στέλνει μια **pilot** μέτρηση δύναμης. Ειδοποιεί και μεταφέρει τον **pilot** στην **candidate set**.
- (2) Η **base station** στέλνει ένα **Handover Direction Message** (Handover Μήνυμα Κατεύθυνσης).
- (3) Ο **mobile station** μεταφέρει τον **pilot** στην **active set** και στέλνει ένα **Handover Completion Message** (Handover Μήνυμα Ολοκλήρωσης).
- (4) Η **pilot** δύναμη πέφτει κάτω από τον T_DROP . Ο **mobile station** αρχίζει το **handover drop timer** (χρονόμετρο πτώσης).
- (5) Το **handover drop timer** λήγει. Ο **mobile station** στέλνει ένα **Pilot Strength Measurement Message** (pilot μήνυμα μέτρησης δύναμης).
- (6) Ο **base station** στέλνει ένα **Handover Direction Message**. Ο **mobile station** μετακινεί τον **pilot** από την **active set** σε μια **neighbor set** και στέλνει ένα **Handover Completion Message**.

WCDMA handover algorithm (WCDMA Handover Αλγόριθμος)

Ο **WCDMA handover** αλγόριθμος περιγράφεται στο σχήμα 6.18



Σχήμα 6.18: Γενικό σχήμα του WCDMA soft handover αλγόριθμου

Ο **soft handover** αλγόριθμος όπως περιγράφεται στο σχήμα ΣΤ.18, είναι ως εξής:

- Αν $Pilot_{E_c/I_0} > Best_Pilot_{E_c/I_0} - Reporting_range + Hysteresis_event\ 1A$ για χρονική περίοδο ΔT και η **active set** δεν είναι πλήρης, η κυψέλη προστίθεται στην **active set**. Αυτό το γεγονός καλείται **Event 1A** ή **Radio Link Addition**
- Αν $Pilot_{E_c/I_0} < Best_Pilot_{E_c/I_0} - Reporting_range - Hysteresis_event\ 1B$ για χρονική περίοδο ΔT , τότε η κυψέλη απομακρύνεται από την **active set**. Αυτό το γεγονός καλείται **Event 1B** ή **Radio Link Removal**
- Αν η **active set** είναι γεμάτη $Best_candidate_Pilot_{E_c/I_0} > Worst_Old_Pilot_{E_c/I_0} + Hysteresis_event\ 1C$ για χρονική περίοδο ΔT , τότε η αδύναμη κυψέλη στην **active set** αντικαθίσταται από την δυνατότερη υπονήφια κυψέλη (δηλ. η ισχυρότερη κυψέλη στη **monitored set**). Αυτό καλείται **Event 1C** ή **Combined Radio Link Addition and Removal**. Το μέγιστο μέγεθος της **active set** στο σχήμα 6.18 υποτίθεται ότι ήταν δύο

Όπου:

Reporting_range (Εμβέλεια Ανταπόκρισης) είναι το κατώτατο όριο για το **soft handover**

Hysteresis_event 1A είναι η επιπρόσθετη υστέρηση

Hysteresis_event 1B είναι η αφαιρούμενη υστέρηση

Hysteresis_event 1C είναι η αντικαθιστούμενη υστέρηση

ΔT είναι ο χρόνος σκανδαλισμού

- **Best_Pilot_ E_c/I_o** είναι η ισχυρότερη μετρούμενη κυψέλη στην **active set**
- **Worst_Old_Pilot_ E_c/I_o** είναι η πιο αδύναμη μετρούμενη κυψέλη στην **active set**
- **Best_candidate_Pilot_ E_c/I_o** είναι το ισχυρότερο μετρούμενη κυψέλη στη **monitored set**
- **Pilot_ E_c/I_o** είναι η μετρούμενη και φιλτραρισμένη ποσότητα.

Πριν ο **pilot E_c/I_o** χρησιμοποιηθεί από τον **active set update algorithm** στο κινητό, μερικό φιλτράρισμα προστίθεται, για παράδειγμα ένας ενδιάμεσος αριθμητικός όρος πέρα από ορισμένες τελευταίες μετρούμενες τιμές λαμβάνεται. Οι μετρήσεις του **pilot E_c/I_o** συζητούνται στην παράγραφο 6.3.1.2.

Στον **WCDMA** αλγόριθμο τα σχετικά κατώτατα όρια χρησιμοποιούνται, ενώ στον **IS-95A** και **IS-95B** απόλυτα κατώτατα όρια χρησιμοποιούνται. Και οι **3** αλγόριθμοι βασίζονται στην **pilot E_c/I_o** μέτρηση του **mobile station**. Το μεγαλύτερο όφελος του **WCDMA** αλγορίθμου συγκρινόμενος με τον **IS-95A** αλγόριθμο είναι η εύκολη παραμετροποίησή του. Κανένας συντονισμός παραμέτρου δεν απαιτείται για τις υψηλές και χαμηλές περιοχές παρέμβασης. Το όφελος λαμβάνεται με τα σχετικά κατώτατα όρια.

6.3.1.2 Handover Measurements (Μετρήσεις Handover)

Η ακρίβεια των **handover** μετρήσεων, δηλ. **pilot E_c/I_o** μετρήσεις, είναι απαραίτητη για την απόδοση του **handover**. Η επίδραση του μήκους του φιλτραρίσματος στην ακρίβεια των μετρήσεων παρουσιάζεται στο σχήμα 6.19 με προσομοιωμένα αποτελέσματα στα **3 km/h** και στο σχήμα 6.20 στα **50 km/h**. Το κινητό ταξιδεύει την ίδια απόσταση και στις **2** εικόνες. **Path loss** (απώλεια μονοπατιού), **shadowing** (σκίαση) και **interference** (παρεμβολή) δε λαμβάνονται υπ' όψιν σε αυτά τα παραδείγματα. Μόνο η επίδραση του **fast fading** παρουσιάζεται. Ο στόχος της **handover** μέτρησης είναι να επιτύχει ένα αποτέλεσμα μέτρησης όπου η επίδραση του **fast fading** υπολογίζεται κατά μέσο όρο έξω. Η μέτρηση του εδώ παραδείγματος γίνεται με τη λήψη ενός δείγματος ανά **10 ms** πλαισίου. Η σωστή τιμή μέτρησης είναι **0 dB** και η διαφορά από εκείνη την τιμή προκαλείται μόνο από το **fast fading**, το οποίο δεν υπολογίζεται κατά μέσο όρο εντελώς έξω. Το υποτιθέμενο πολυτηματικό σχεδιάγραμμα είναι εδώ μια-πορεία **Rayleigh** ενός **fading channel**, το οποίο είναι η χειρότερη περίπτωση υπόθεσης. Αν η πολλαπλών διαδρομών ποικιλία (**multipath diversity**) είναι διαθέσιμη και το κινητό μπορεί να μετρά με πολλαπλά δάχτυλα (**multiple fingers**), το **fast fading** προκαλεί λιγότερες ανακρίβειες από το **one-path channel**.

Το μήκος φιλτραρίσματος των **100 ms** προκαλεί πολύ μεγάλα μετρητικά λάθη στα **3 km/h**, έτσι το **fast fading** δε μπορεί να φιλτραριστεί σε μια τόσο μικρή χρονική περίοδο, όπως δείχνεται στο ανώτατο μέρος του σχήματος 6.19. Λόγω των λαθών μέτρησης, ανεπιθύμητα **handovers** εμφανίζονται και μας οδηγούν σε αυξημένη **handover** σηματοδότηση και μικρές **active set**

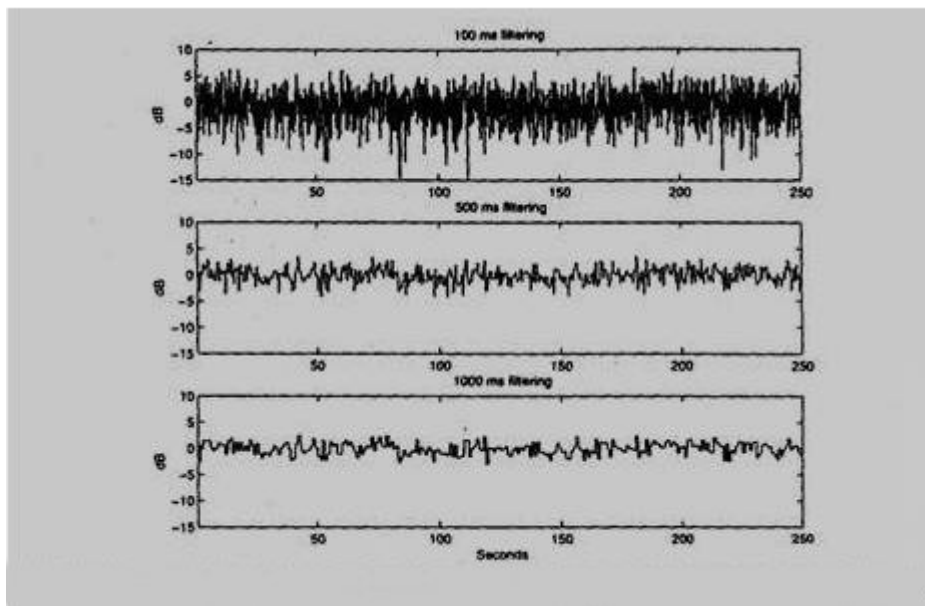
update περιόδους. Με την αύξηση του μήκους φιλτραρίσματος στο **1 s**, η ακρίβεια της μέτρησης μπορεί σαφώς να βελτιωθεί. Σε χαμηλές ταχύτητες κινητού οι μεγάλες περιόδους φιλτραρίσματος είναι συμφέρουσες.

Στα **50 Km/h** η περίοδος φιλτραρίσματος των **100 ms** δίνει λογικά καλή απόδοση και μόνο σχετικά μικρές βελτιώσεις μπορούν να επιτευχθούν με την αύξηση της περιόδου φιλτραρίσματος. Το μειονέκτημα των μεγάλων περιόδων φιλτραρίσματος είναι η καθυστέρηση που προκαλείται απ' τα **handovers**. Σε μεγάλες ταχύτητες κινητών τα **fast handovers** είναι σημαντικά, ειδικά στα μικρο-κυψελοειδή δίκτυα όπου η **path loss** των **base stations** μπορεί γρήγορα, όταν ένα κινητό οδηγείται γύρω από μια γωνία.

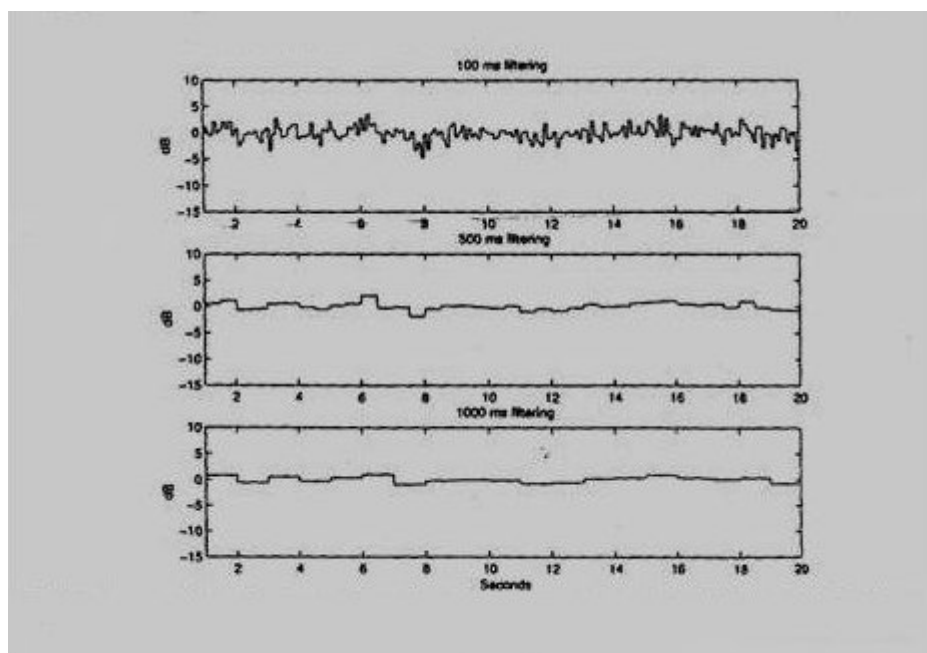
Η επίδραση ενός πολύ καθυστερημένου **handover** με ένα γρήγορα κινητό και υψηλού ρυθμού σύνδεση δείχνεται στο σχήμα 6.21. Εφ' όσον ο **base station BS2** δε βρίσκεται στην **active set** του κινητού, δε μπορεί να ελέγξει την **uplink** ισχύ εκπομπής και η κορυφή του θορύβου, η οποία προκαλείται από τον **base station BS2**, αυξάνεται. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να εμφανιστεί μόνο εάν

- Υπάρχουν μεγάλες καθυστερήσεις στα **handovers** οφειλόμενες στο μεγάλο μέσο όρο των μετρήσεων ή λόγω των καθυστερήσεων στη **handover** σηματοδότηση
- Το κινητό κινείται πολύ γρήγορα και
- Η σύνδεση χρησιμοποιεί υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

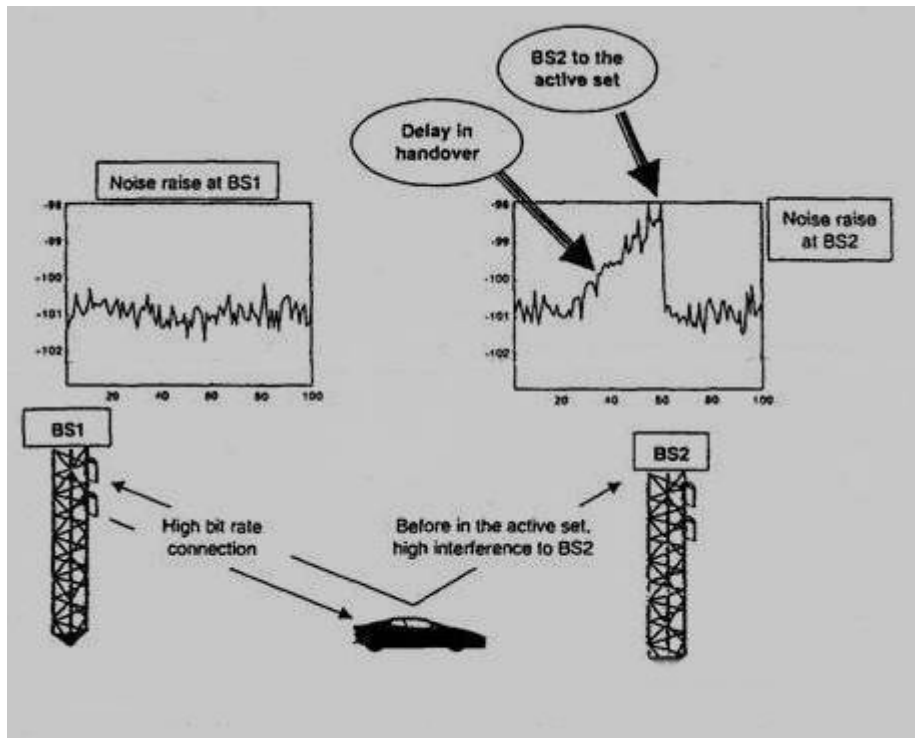
Επομένως, πολύ μακριές περιόδους φιλτραρίσματος δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις **handover** μετρήσεις. Η βέλτιστη περίοδος φιλτραρίσματος είναι μια ανταλλαγή μεταξύ της ακρίβειας μέτρησης και στη καθυστέρηση του **handover**.



Σχήμα 6.19: Ακρίβεια της handover μέτρησης στα 3km/h σε 1-δρόμου Rayleigh καναλιού απόσβεσης



Σχήμα 6.20: Ακρίβεια της handover μέτρησης στα 50km/h σε 1-δρόμου Rayleigh καναλιού απόσβεσης



Σχήμα 6.21: Η αύξηση του θορύβου φθάνει στην κορυφή του, στο βασικό σταθμό, πράγμα το οποίο οφείλεται στο αργοπορημένο handover

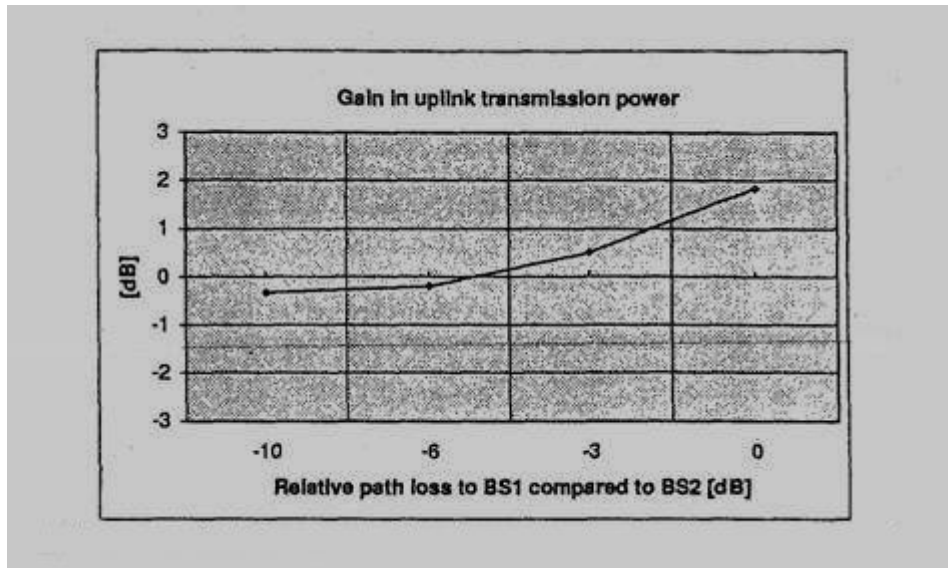
6.3.1.3 Soft Handover Gains (Κέρδη Soft Handover)

Αυτή η παράγραφος παρουσιάζει κάποια παραδείγματα των κερδών του **soft handover**, τα οποία έχουν επιτευχθεί σε προσομοιώσεις. Τα **soft handover gains** βελτιώνουν την κάλυψη και την χωρητικότητα του **WCDMA** δικτύου.

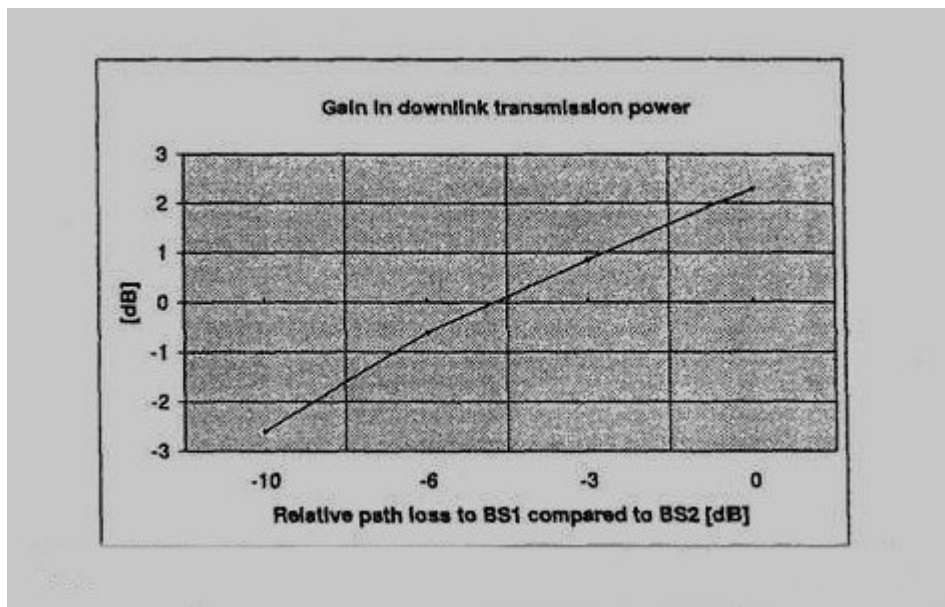
Τα σχήματα 6.22 και 6.23 δείχνουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των **8 kbps** ομιλίας στο **ITU Pedestrian A channel**, στα **3 km/h**, με το **soft handover** να περιέχει **2 base stations** στην **active set**. Το σχετικό **path loss** από το κινητό προς τον **BS1** συγκρινόμενο με αυτό του **BS2** ήταν **0, -3, -6 ή -10 dB**. Τα υψηλότερα κέρδη επιτυγχάνονται όταν το **path loss** είναι το ίδιο και με τους **2 base stations**, δηλ. η διαφορά του σχετικού **path loss** είναι **0 dB**. Το σχήμα 6.22 δείχνει το **soft handover gain** στην **uplink** εκπομπή ισχύος με τον **base station** να λαμβάνει από ποικιλία κεραιών. Το σχήμα 6.23 δείχνει τα ανταποκρινόμενα κέρδη κατά την **downlink transmission power** χωρίς εκπομπή ή λήψη από ποικιλία κεραιάς. Τα κέρδη σχετίζονται με την περίπτωση του **single-link**. Πρέπει να προσεχθεί ότι το **ITU Pedestrian A channel** έχει μόνο μικρή πολλαπλών διαδρομών ποικιλία (**multipath diversity**) και κατά συνέπεια τα **soft handover gains** είναι σχετικά υψηλά. Με περισσότερη **multipath diversity** τα **handover gains** είναι χαμηλότερα.

Στο σχήμα 6.22 η μέγιστη παραγωγή της ισχύος εκπομπής του κινητού, οφειλόμενη στο **soft handover** είναι **1.8 dB**, αν το **path loss** είναι το ίδιο και στους **2 soft handover base stations**. Αν η διαφορά του **path loss** είναι πολύ μεγάλη, το **soft handover** μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση στην **mobile**

transmission power. Αυτή η αύξηση προκαλείται από τα λάθη σηματοδότησης των **uplink power control commands**, οι οποίες εκπέμπονται στο **downlink**. Αλλά ουσιαστικά ο **base station** δε θα ήταν στην **active set** του **mobile station** αν το **path loss** ήταν **3-6 dB** μεγαλύτερο από το **path loss** του κοντινότερου **base station**.



Σχήμα 6.22: Κέρδος του soft handover κατά την uplink εκπομπή ισχύος (θετική τιμή=κέρδος, αρνητική τιμή=απώλεια)



Σχήμα 6.23: Κέρδος του soft handover κατά την downlink εκπομπή ισχύος (θετική τιμή=κέρδος, αρνητική τιμή=απώλεια)

Στο **downlink** το μέγιστο **soft handover gain** είναι **2.3 dB** (σχήμα 6.23), το οποίο είναι περισσότερο από αυτό του **uplink** (σχήμα 6.22). Ο λόγος, στον οποίο αυτό οφείλεται, είναι ότι καμία **antenna diversity** δεν υποτίθεται ότι υπάρχει

στο **downlink** και κατά συνέπεια στο **downlink** δεν υπάρχει ανάγκη για **macro diversity** στο **soft handover**.

Στο **downlink**, το **soft handover** προκαλεί μια αύξηση στη απαιτούμενη **downlink transmission power** αν η διαφορά του **path loss** είναι μεγαλύτερη από **4-5 dB** σε αυτό το παράδειγμα. Σε αυτή την περίπτωση το κινητό δεν μπορεί να λάβει αποτελεσματικά το σήμα από τον πιο απομακρυσμένο **base station** και κανένα επιπρόσθετο **diversity gain** δεν παρέχεται.

Οι τιμές αυτών των **soft handover gains** αφορούν μόνο παραδείγματα. Τα κέρδη εξαρτώνται από το πολλαπλών διαδρομών προφίλ (**multipath profile**), ταχύτητα κινητού (**mobile speed**), αλγόριθμοι δέκτη (**receiver algorithms**) και οι διαμορφώσεις της κεραίας (**antenna configurations**) του **base station**. Τα κέρδη που παρουσιάζονται σε αυτή την παράγραφο είναι από την άποψη της χωρητικότητας. Οι διαφορές ανάμεσα στις **2** αυτές απόψεις είναι ότι στην περίπτωση της μέγιστης κάλυψης το κινητό εκπέμπει με σταθερή και πλήρη ισχύ ενώ στην παρούσα παράγραφο ο **fast power control** υποθέεται.

6.3.1.4 Soft Handover Probabilities (Soft Handover Πιθανότητες)

Ο σχεδιασμός του ραδιο-δικτύου (**Radio network planning**) είναι αρμόδιος για την κατάλληλη ρύθμιση της **handover** παραμέτρου και για τον προγραμματισμό περιοχών, έτσι ώστε η **soft handover** πιθανότητα να μην υπερβεί κάποια επιθυμητή τιμή. Τυπικά, η **soft handover probability** απαιτείται να βρίσκεται κάτω από το **30-40%**, κυρίως γιατί οι υπερβολικές **soft handover probabilities** μπορούν να μειώσουν την **downlink** ικανότητα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 6.23. Στο **downlink** κάθε **soft handover** σύνδεση αυξάνει την εκπεμπόμενη παρεμβολή στο δίκτυο. Όταν η αυξημένη παρεμβολή υπερβεί το **diversity** κέρδος, το **soft handover** δεν παρέχει κανένα κέρδος για την απόδοση του συστήματος. Ακόμη, στο **downlink** οι **soft handover** συνδέσεις χρησιμοποιούν ορθογώνιους κώδικες που μπορούν να παράξουν μόνο **single-link** συνδέσεις. Και στα **2**, δηλ. το **uplink** και το **downlink** τα **soft handovers** απαιτούν βασικής ζώνης (**base band**) πηγές στον **base station**, ικανότητα εκπομπής πέρα από την **Iub interface** και **RNC** πηγές. Είναι ο στόχος του **radio network planning** και της βελτιστοποίησης, ώστε να κρατήσουν τη **soft handover** ανύψωση κάτω από ένα επιθυμητό κατώτατο όριο, ενώ ακόμη παρέχεται η αναγκαία **diversity** και στα **2**, **uplink** και **downlink**.

6.3.2 Inter-frequency and Inter-system Handovers (Εσωτερικής

Συχνότητας και Εσωτερικού Συστήματος Handovers)

Το **WCDMA** υποστηρίζει **handovers** ανάμεσα σε διαφορετικά **WCDMA** φέροντα και ανάμεσα στα **WCDMA** και **GSM**. Αυτές οι **handovers** χρησιμοποιούνται για λόγους κάλυψης ή λόγους εξισορρόπησης φορτίων. Στην αρχή της **WCDMA** επέκτασης, τα **handovers** σε σύγκριση με τα **GSM** είναι απαραίτητα ώστε να παρέχουν συνεχόμενη κάλυψη. Τα **inter-frequency**

handovers ανάμεσα στα **WCDMA** φέροντα χρειάζονται για να εξισορροπήσουν τη φόρτωση μεταξύ των φερόντων, αν υπάρχουν αρκετά φέροντα στον **base station**. Η διαδικασία ισορρόπησης της φόρτωσης μπορεί να εξασφαλιστεί από τα **inter-system handovers** ανάμεσα στο **WCDMA** και στο **GSM**. Επίσης η **inter-frequency handover** επιτρέπει **handover** ανάμεσα σε διαφορετικά κυψελωτά επίπεδα του δικτύου, όταν το καθένα από αυτά τα κυψελωτά επίπεδα χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες φέροντος. Αυτό το είδος της κατάστασης είναι πιθανό, για παράδειγμα, ανάμεσα στις **macro** και **micro** κυψέλες.

Οι ανάγκες του **inter-system handover** ανάμεσα στο **WCDMA** και το **GSM** λαμβάνονται υπ' όψιν στο **WCDMA** πλαίσιο καθορισμού συγχρονισμού και στη **GSM**-συμβατή κατασκευή με τα πολλαπλά πλαίσια. Για ομαλή εσωτερική λειτουργία (**inter-operation**), η ανταλλαγή πληροφοριών απ' το **inter-system** είναι αναγκαία έτσι ώστε να επιτραπεί στο **WCDMA** να δηλώσει **mobile station** για τις υπάρχουσες **GSM** συχνότητες της περιοχής.

6.4 Measurement of Air Interface Load (Μέτρηση Φορτώματος της Αερο-Διασύνδεσης)

Αν η **radio resource management** βασίζεται στα επίπεδα παρεμβολής (**interference levels**) στην **air interface**, η **air interface load** χρειάζεται να μετρηθεί. Η εκτίμηση του **uplink load** παρουσιάζεται στην παράγραφο 6.4.1 και η εκτίμηση για το **downlink load** στην παράγραφο 6.4.2.

6.4.1 Uplink Load (Uplink Φόρτωμα)

Σε αυτό το κομμάτι **2 uplink load** μετρήσεις παρουσιάζονται: η εκτίμηση του φορτώματος που βασίζεται στην ευρείας ζώνης λαμβανόμενη ισχύ και η εκτίμηση του φορτώματος που βασίζεται στην απόδοση. Αυτές είναι προσεγγίσεις παραδείγματος που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μέσα στα **WCDMA** δίκτυα.

6.4.1.1 Load Estimation Based on Wideband Received Power (Μέτρηση Φορτώματος Βασιζόμενη στην Ευρείας Ζώνη Λαμβανόμενη Ισχύ)

Αυτό το ευρείας ζώνης λαμβανόμενο επίπεδο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί το **uplink load**. Τα λαμβανόμενα επίπεδα ισχύος μπορούν να μετρηθούν στον **base station**. Βασιζόμενοι σε αυτές τις μετρήσεις, ο **uplink** παράγοντας φορτώματος μπορεί να επιτευχθεί. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται παρακάτω:

Η λαμβανόμενη ευρείας ζώνης ισχύς παρεμβολής, I_{total} μπορεί να σε 2 ισχύς της ίδιας κυψέλης (**own-cell**) (= **intra-cell**) χρηστών, I_{own} , άλλης κυψέλης (**other-cell**) (= **inter-cell**) χρηστών, I_{oth} και υποβάθρου και θόρυβος δεκτών, P_N

$$I_{total} = I_{own} + I_{oth} + P_N \quad (T.1)$$

Ο **uplink** θόρυβος καθορίζεται ως ο λόγος της συνολικής λαμβανόμενης ισχύς προς την ισχύ του θορύβου:

$$NoiseRise = \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1 - n_{ul}} \quad (T.2)$$

Ο μαθηματικός τύπος μπορεί να επαναπροσδιοριστεί ώστε να δώσει τον **uplink load factor** n_{UL} :

$$n_{ul} = 1 - \frac{P_N}{I_{total}} = \frac{NoiseRise - 1}{NoiseRise} \quad (T.3)$$

Όπου το I_{total} μπορεί να μετρηθεί από τον **base station** και το P_N είναι από πριν γνωστό.

Ο **uplink load factor** n_{UL} . Χρησιμοποιείται κανονικά ως ενδείκτης για το **uplink load**. Για παράδειγμα, αν το **uplink load** λεχθεί ότι είναι **60%** της **WCDMA** ικανότητας των πόλων, αυτό σημαίνει ότι ο **load factor** $n_{UL} = 0.60$.

6.4.1.2 Load Estimation Based on Throughput (Εκτίμηση Φορτώματος Βασιζόμενη στην Απόδοση)

Ο **uplink load factor** n_{UL} μπορεί να υπολογιστεί ως πολλαπλασιασμός των παραγόντων του **load** των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι σε αυτόν τον **base station**:

$$n_{ul} = (1 + i) \sum_{j=1}^N L_j = (1 + i) \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{(E_b / N_0)_j R_j u_j}} \quad (T.4)$$

όπου N είναι ο αριθμός των χρηστών στην ίδια κυψέλη (**own cell**), W είναι ο ρυθμός του **chip**, L_j είναι ο **load factor** του j^{th} χρήστη, R_j είναι ο ρυθμός του j^{th} χρήστη, $(E_b/N_0)_j$ είναι E_b/N_0 του j^{th} χρήστη, U_j είναι ο παράγοντας δραστηριότητας φωνής του j^{th} χρήστη και i είναι ο λόγος της παρεμβολής από την άλλη προς την ίδια κυψέλη (**other-to-own cell**).

Σημειώστε ότι η εξίσωση (T.4) είναι η ίδια όπως ο υπολογισμός του **load** παράγοντα στις διαστάσεις του ραδιο-δικτύου. Για να καθοριστούν οι διαστάσεις ο μέσος όρος των χρηστών W μιας κυψέλης χρειάζεται να εκτιμηθεί και οι μέσοι όροι των τιμών για το λόγο E_b/N_0 , i και u να χρησιμοποιηθούν ως παράμετροι εισόδου.

Αυτές οι τιμές είναι τυπικές γι' αυτό το περιβάλλον και μπορούν να βασιστούν σε μετρήσεις και προσομοιώσεις. Για την εκτίμηση του **load** οι στιγμιαίες μετρούμενες τιμές για E_b/N_0 , i , ν και ο αριθμός των χρηστών N are χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί το στιγμιαίο **air interface load**.

Κατά τον 2^ο τρόπο εκτιμήσεως του **load**, η παρεμβολή από άλλες κυψέλες δε συμπεριλαμβάνεται κατευθείαν στο **load** αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψη με την παράμετρο i . Επίσης, το μέρος της **own-cell** παρεμβολής, το οποίο δεν συλλαμβάνεται από τον **Rake receiver** μπορεί να ληφθεί υπ' όψιν με την παράμετρο i . Αν υποθεθεί ότι τι $i = 0$, τότε μόνο η **own-cell** παρεμβολή λαμβάνεται υπ' όψιν.

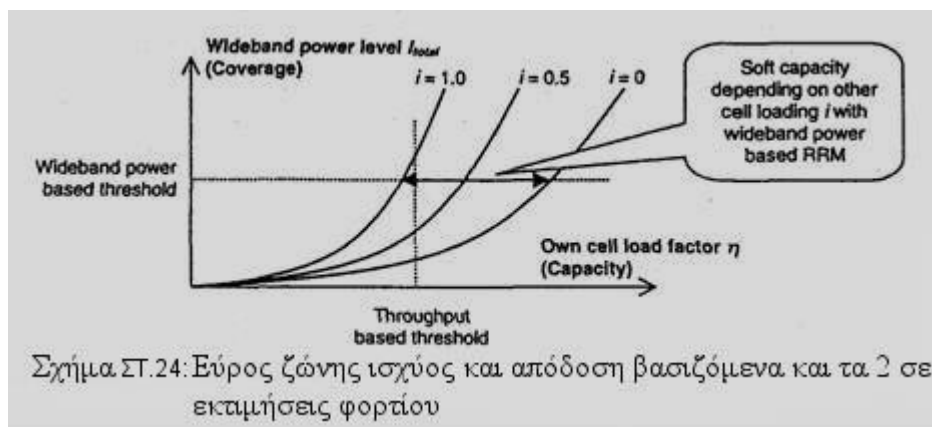
6.4.1.3 Comparison of Uplink Load Estimation Methods (Σύγκριση των Μεθόδων Εκτίμησης του Uplink Load)

Ο πίνακας 6.5 συγκρίνει τις 2 παραπάνω μεθόδους εκτίμησης του **load**. Κατά την ευρείας ζώνης, βασιζόμενη στην ισχύ προσέγγιση, η παρεμβολή από γειτονικές κυψέλες συμπεριλαμβάνεται άμεσα στην εκτίμηση του **load**, γιατί η μετρούμενη ευρείας ζώνης ισχύ συμπεριλαμβάνει όλη την παρεμβολή που λαμβάνεται σε αυτή τη συχνότητα του φέροντος, από τον **base station**. Αν το φόρτωμα των γειτονικών κυψέλων είναι χαμηλό, αυτό μπορεί να δειχθεί κατά την **wideband power-based load** μέτρηση και ένα υψηλότερο **load** μπορεί να επιτραπεί σε αυτή την κυψέλη, δηλ. η **soft capacity** μπορεί να εξασφαλιστεί.

	Wideband received power	Throughput	Number of connections
What to measure	Wideband received power I_{total} per cell	Uplink E_b/N_0 and bit rates R for each connection	Number of connections
What needs to be assumed or measured separately	Thermal noise level (=unloaded interference power) P_N	Other-to-own cell interference ratio, i	Load caused by one connection
Other-cell interference	Included in measurement of wideband received power	Assumed explicitly in i	Assumed explicitly when choosing the maximum number of connections
Soft capacity	Yes, automatically	Not directly, possible via RNC	No
Other interference sources (= adjacent channel)	Reduced capacity	Reduced coverage	Reduced coverage

Πίνακας 6.5: Σύγκριση του uplink φορτίου με μεθόδους εκτίμησης

Οι εκτιμήσεις **wideband power-based** και **throughput based load** παρουσιάζονται στο σχήμα 6.24. Οι διαφορετικές καμπύλες αντιπροσωπεύουν έναν διαφορετικό **loading** στις γειτονικές κυψέλες. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του i , τόσο περισσότερη είναι η παρεμβολή από τις γειτονικές κυψέλες. Η **wideband power-based load** εκτίμηση διατηρεί την κάλυψη μαζί με τα καθορισμένα όρια και η προσφερόμενη ικανότητα εξαρτάται από το **loading** στις γειτονικές κυψέλες (**soft capacity**). Αυτή η προσέγγιση προλαμβάνει αποτελεσματικά το **cell breathing** (την αναπνοή της



Σχήμα 6.24: Εύρος ζώνης ισχύος και απόδοση, βασισόμενα και τα 2 σε εκτιμήσεις φορτίου

κυψέλης, δηλ. την ύπαρξη ελεύθερου χώρου), η οποία θα υπερέβαινε τις προγραμματισμένες τιμές.

Το πρόβλημα με την **wideband power-based load** εκτίμηση είναι ότι η μετρούμενη **wideband power** μπορεί να συμπεριλαμβάνει παρεμβολή από γειτονικές συχνότητες. Αυτό θα μπορούσε να δημιουργηθεί από ένα κινητό ενός άλλου χρήστη, το οποίο να βρίσκεται πολύ κοντά στην κεραία του **base station**. Επομένως, η **interference-based** μέθοδος μπορεί να υπερεκτιμήσει το **load** από το δικό μας φέρον (**own carrier**) εξ' αιτίας της ύπαρξης όποιας εξωτερικής παρεμβολής. Ο **base station** δέκτης δε μπορεί να διαχωρίσει την παρεμβολή από το **own carrier** και από τα υπόλοιπα φέροντα (**other carriers**), με τη βοήθεια των **wideband power** μετρήσεων.

Η **throughput-based load** εκτίμηση δε λαμβάνει υπ' όψιν της την παρεμβολή από τις γειτονικές κυψέλες. Αν **soft capacity** απαιτείται, πληροφορία για το **loading** της γειτονικής κυψέλης μπορεί να συμπεριλαμβάνεται μαζί με το **RNC**. Το **throughput-based RRM** διατηρεί την απόδοση της κυψέλης στο σχεδιασθέν επίπεδο. Αν το **loading** στη γειτονική κυψέλη είναι υψηλό, αυτό έχει επιπτώσεις στην καλύπτουσα περιοχή της κυψέλης.

Η 3^η μέθοδος εκτίμησης του **load** στον πίνακα 6.5, στη δεξιά στήλη, βασίζεται απλά στον αριθμό των συνδέσεων των **base stations**. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα 2^{ης} γενιάς δίκτυα, όπου όλες οι συνδέσεις χρησιμοποιούν σαφώς παρόμοιους ρυθμούς και καμία υψηλού **bit rate** σύνδεση δεν είναι εφικτή. Στα 3^{ης} γενιάς συστήματα η μίξη διαφορετικών **bit rates**, υπηρεσίες και απαιτήσεις ποιότητας δεν επιτρέπουν

τη χρήση αυτής της προσέγγισης. Είναι χωρίς λόγο να υποθέσουμε ότι το **load** προκαλείται από έναν **2-Mbps** χρήστη, είναι το ίδιο με αυτό που προκαλείται από έναν χρήστη φωνής.

6.4.1 Downlink Load (Φόρτωμα Κάτω Ζεύξης)

6.4.2.1 Power-Based Load Estimation (Εκτίμηση του Load Βασιζόμενη στην Ισχύ)

Το **downlink load** της κυψέλης μπορεί να προσδιοριστεί από τη συνολική **downlink** εκπεμπόμενη ισχύ, P_{total} . Ο downlink load παράγοντας, n_{DL} , μπορεί να καθοριστεί ως ο λόγος της τρέχουσας εκπεμπόμενης ισχύος προς τη μέγιστη εκπεμπόμενη ισχύ του **base station** P_{max} :

$$n_{DL} = \frac{P_{total}}{P_{max}} \quad (T.5)$$

Να σημειωθεί ότι αυτή η προσέγγιση της εκτίμησης του **load** με τη βοήθεια της ολικής εκπεμπόμενης ισχύος του **base station** P_{total} δεν δίνει τις εξακριβωμένες πληροφορίες σχετικά με το πόσο κοντά στην **downlink air interface** χωρητικότητα των πόλων το σύστημα λειτουργεί. Σε μια μικρή κυψέλη η ίδια P_{total} ανταποκρίνεται σε υψηλότερο **air interface loading** από μια μικρότερη κυψέλη.

6.4.2.2 Throughput-Based Load Estimation (Εκτίμηση Φορτώματος Βασιζόμενη στην Απόδοση)

Στο **downlink**, η **throughput-based load estimation** μπορεί να επηρεασθεί από τη χρήση του γινομένου των **downlink** καταναμημένων ρυθμών, καθώς ο **downlink load** παράγοντας n_{DL} , είναι ο ακόλουθος:

$$n_{DL} = \frac{\sum_{j=1}^N R_j}{R_{max}} \quad (T.6)$$

όπου N είναι ο αριθμός των **downlink** συνδέσεων, συμπεριλαμβανομένων και των **common channels**, R_j είναι ο ρυθμός του j^{th} χρήστη και R_{max} είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη απόδοση της κυψέλης. Επίσης είναι πιθανό να ζυγίσουμε τους bit rates του χρήστη με το λόγο E_b/N_o όπως ακολουθεί:

$$n_{DL} = \sum_{j=1}^N R \frac{u_j(E_b / N_o)}{W} [(1 - \bar{a}) + \bar{i}] \quad (T.7)$$

όπου W είναι ο **chip** ρυθμός, $(E_b/N_o)_j$ είναι ο E_b/N_o του j^{th} χρήστη, u_j είναι ο παράγοντας δραστηριότητας φωνής του j^{th} χρήστη, \bar{a} είναι ο μέσος όρος της

ορθογωνικότητας της κυψέλης, και \bar{i} είναι ο downlink μέσος όρος της παρεμβολής της κυψέλης, της άλλης προς τη δική μας κυψέλη.

Ο μέσος όρος της **downlink** ορθογωνικότητας μπορεί να εκτιμηθεί από τον **base station** βασιζόμενος στην πολλαπλών διαδρομών διασπορά στο **uplink**. Οι τιμές του E_b/N_o χρειάζεται να υποτεθούν βασιζόμενες σε τυπικές τιμές γι' αυτό το περιβάλλον. Η μέση παρεμβολή απ' τις άλλες κυψέλες μπορεί να επιτευχθεί στο **RNC** βασιζόμενο στο **loading** των γειτονικών κυψέλων.

6.5 Admission Control (Ελεγχος Εισόδου)

6.5.1 Admission Control Principle (Αρχές Ελέγχου Εισόδου)

Όταν το φόρτωμα της **air interface** επιτραπεί να αυξηθεί υπερβολικά, η καλυπτόμενη περιοχή της κυψέλης μειώνεται κάτω από τις σχεδιασθείσες τιμές και η ποιότητα των υπηρεσιών των υπαρχουσών συνδέσεων δεν μπορεί να εγγυηθεί. Πριν αναγνωρίσουμε μια νέα σύνδεση, ο έλεγχος εισόδου πρέπει να ελέγξει ότι η είσοδος δεν θα θυσιάσει την σχεδιασμένη περιοχή κάλυψης ή την ποιότητα των υπαρχουσών συνδέσεων. **Admission control** δέχεται ή απορρίπτει ένα αίτημα εγκατάστασης ενός κομιστή ραδιο-πρόσβασης (**radio access bearer**) στο ραδιο-δίκτυο πρόσβασης. Ο **admission control** αλγόριθμος εκτελείται όταν ο κομιστής τοποθετηθεί ή τροποποιηθεί. Η **admission control** λειτουργία βρίσκεται μέσα στο **RNC** όπου οι πληροφορίες από τις διάφορες κυψέλες για το **load** μπορεί να επιτευχθεί. Ο **admission control** αλγόριθμος υπολογίζει την **load** αύξηση, η οποία θα προκαλείτο στο δίκτυο λόγω της τοποθέτησης του κομιστή. Αυτό πρέπει να υπολογιστεί ξεχωριστά για τις **uplink** και **downlink** κατευθύνσεις. Ο απαιτούμενος κομιστής μπορεί να εισαχθεί μόνο αν και τα **2 uplink** και **downlink admission control** το δέχονται, αλλιώς απορρίπτεται εξ' αιτίας της υπερβολικής παρεμβολής που θα παρήγαγε στο δίκτυο. Τα όρια για τον **admission control** καθορίζονται από το σχεδιασμό του ραδιο-δικτύου (**radio network planning**).

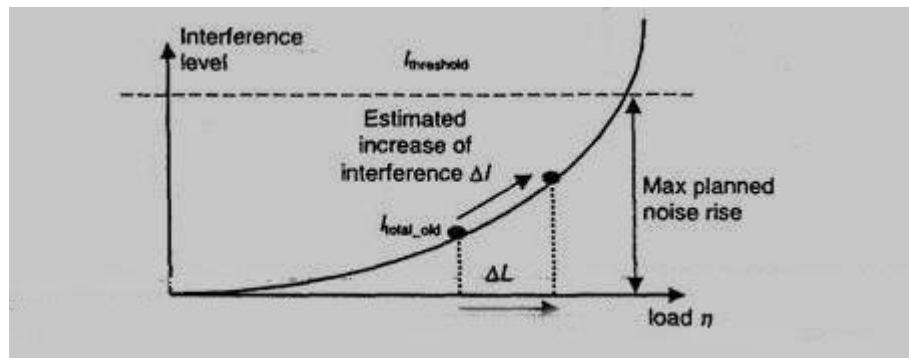
6.5.2 Wideband Power-Based Admission Control Strategy (Ευρείας

Ζώνης Στρατηγική Ελέγχου της Εισόδου, Βασιζόμενη στην Ισχύ)

Στην, βασιζόμενη στην παρεμβολή, **admission control strategy** ο νέος χρήστης δεν επιτρέπεται από τον **uplink admission control** αλγόριθμο, αν το νέο συνολικό αποτέλεσμα, το οποίο αφορά το επίπεδο της παρεμβολής, είναι υψηλότερο από την τιμή του κατώτατου ορίου:

$$I_{total_old} + \Delta I > I_{threshold} \quad (T.8)$$

Η τιμή του κατώτερου ορίου, $I_{threshold}$, είναι η ίδια όπως η μέγιστη **uplink** αύξηση του θορύβου και μπορεί να καθοριστεί από το **radio network planning**. Η αύξηση του θορύβου θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται στους αρχικούς υπολογισμούς του **link**, ως το όριο παρεμβολής. Ο **wideband power-based admission control** παρουσιάζεται στο σχήμα 6.25. Ο **uplink admission control** αλγόριθμος υπολογίζει την αύξηση του **load increase** με το



Σχήμα 6.25: Uplink καμπύλη φορτίου και εκτίμησης αύξησης του φορτίου, οφειλόμενη σε νέο χρήστη

να χρησιμοποιεί μια από τις **2** μεθόδους που παρουσιάζονται παρακάτω.

Δύο διαφορετικές μέθοδοι υπολογισμού της **uplink** αύξησης ισχύος δείχνονται παρακάτω. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην **interference-based admission control** στρατηγική. Η ιδέα του υπολογισμού της αύξησης του ΔL της **uplink** ευρείας ζώνης λαμβανόμενης ισχύς παρεμβολής I_{total} , η οποία οφείλεται σε έναν νέο χρήστη. Η είσοδος ενός νέου χρήστη και ο υπολογισμός της αύξησης ισχύος, αντιμετωπίζονται από τη λειτουργικότητα του **admission control**.

Η **1^η** προτεινόμενη μέθοδος (η **derivative** μέθοδος) παρουσιάζεται με το μαθηματικό τύπο (T.11) και η **2^η** (η **integral** μέθοδος) με το μαθηματικό τύπο (T.12). Κι οι λαμβάνουν υπ' όψιν την καμπύλη του **load** και βασίζονται στην παραγωγή της **uplink** παρεμβολής, σεβόμενοι τον **uplink load** παράγοντα,

$$\frac{dI_{total}}{dn} \quad (T.9)$$

ο οποίος μπορεί να υπολογιστεί ακολούθως:

$$\begin{aligned}
NoiseRise &= \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1-n} \Rightarrow \\
I_{total} &= \frac{P_N}{1-n} \Rightarrow \\
\frac{dI_{total}}{dn} &= \frac{P_N}{(1-n)^2}
\end{aligned} \tag{T.10}$$

Η αλλαγή στην **uplink** ισχύ παρεμβολής δίνεται από το μαθηματικό τύπο (T.11). Αυτή η μαθηματική εξίσωση βασίζεται στην υπόθεση ότι η αύξηση της ισχύος είναι – η παράγωγος της παλιάς **uplink** ισχύς παρεμβολής, σεβόμενη τον **uplink load** παράγοντα, πολλαπλασιαζόμενο με τον **load** παράγοντα του νέου χρήστη ΔL :

$$\begin{aligned}
\frac{\Delta I}{\Delta L} &= \frac{dI_{total}}{dn} \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \frac{dI_{total}}{dn} \Delta L \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \frac{P_N}{(1-n)^2} \Delta L \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \frac{I_{total}}{1-n} \Delta L
\end{aligned} \tag{T.11}$$

Η 2^η μέθοδος υπολογισμού της αυξήσεως της ισχύος βασίζεται στη μέθοδο ολοκλήρωσης, στην οποία το παράγωγο της παρέμβασης όσον αφορά τον **load** παράγοντα ολοκληρώνεται από την παλιά τιμή του **load** παράγοντα ($n_{OLD} = n$) προς τη νέα τιμή του **load** παράγοντα ($n_{new} = n + \Delta L$), ακολούθως:

$$\begin{aligned}
\Delta I &= \int_n^{n+\Delta L} dI_{total} \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \int_n^{n+\Delta L} \frac{P_N}{(1-n)^2} dn \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \frac{P_N}{1-n-\Delta L} - \frac{P_N}{1-n} \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \frac{\Delta L}{1-n-\Delta L} \cdot \frac{P_N}{1-n} \Leftrightarrow \\
\Delta I &= \frac{I_{total}}{1-n-\Delta L} \cdot \Delta L
\end{aligned} \tag{T.12}$$

Στους μαθηματικούς τύπους (T.11) και (T.12) ο **load** παράγοντας του νέου χρήστη ΔL είναι ο υπολογισμένος **load** παράγοντας της νέας σύνδεσης και μπορεί να επιτευχθεί ως

$$\Delta L = \frac{1}{1 + \frac{W}{u \cdot (E_b / N_0) \cdot R}} \quad (\text{T.13})$$

όπου W είναι ο **chip** ρυθμός, R είναι ο ρυθμός του νέου χρήστη, E_b/N_0 είναι ο υποτιθέμενος λόγος E_b/N_0 της νέας σύνδεσης και u είναι η υποτιθέμενη δραστηριότητα φωνής της νέας σύνδεσης.

Η **downlink admission control** στρατηγική είναι η ίδια όπως και στο **uplink**, δηλ, ο χρήστης αναγνωρίζει αν η νέα ολική **downlink** ισχύ

$$P_{total_old} + \Delta P_{total} > P_{threshold} \quad (\text{T.14})$$

Η τιμή του κατώτατου ορίου $P_{threshold}$ τίθεται από το **radio network planning**. Η αύξηση του **load**, ΔP_{total} , στο **downlink** μπορεί να υπολογιστεί βασιζόμενοι στην αρχική ισχύ. Η αρχική ισχύς εξαρτάται από την απόσταση από τον **base station** και καθορίζεται από τον αλγόριθμο για τον **open loop power control**.

6.5.3 Throughput-Based Admission Control Strategy (Στρατηγική

Ελέγχου Εισόδου Βασισμένη στην Απόδοση)

Στην **throughput-based admission control strategy** ο νέος χρήστης αναζητώντας, δεν αναγνωρίζεται από το ραδιο-δίκτυο ώστε να έχει πρόσβαση αν δεν ισχύει

$$n_{UL} + \Delta L > n_{UL_threshold} \quad (\text{T.15})$$

και αν δεν ισχύει το ίδιο και στο **downlink**:

$$n_{DL} + \Delta L > n_{DL_threshold} \quad (\text{T.16})$$

όπου n_{DL} και n_{UL} είναι οι **downlink** και **uplink load** παράγοντες πριν από την είσοδο της νέας σύνδεσης και υπολογίζονται όπως δείχνει στην παράγραφο ΣΤ.4. Ο **load** παράγοντας του νέου χρήστη ΔL υπολογίζεται με το μαθηματικό τύπο (T.13).

Τέλος, πρέπει να προσέξουμε ότι οι διαφορετικές στρατηγικές ελέγχου της εισόδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στο **uplink** και στο **downlink**.

6.6 Load Control (Congestion Control) (Έλεγχος Συμφόρησης)

Ένα σπουδαίο ζήτημα στη διαχείριση ραδιο-πόρων της **radio resource management**, είναι το να βεβαιωθούμε ότι το σύστημα δεν είναι υπερφορτωμένο και παραμένει σταθερό. Αν το σύστημα προγραμματιστεί κατάλληλα, και ο **admission control** και η εργασία χρονοπρογραμματιζόμενων πακέτων λειτουργεί αρκετά καλά, οι καταστάσεις υπερφόρτωσης πρέπει να είναι εξαιρετικές. Εάν η υπερφόρτωση αντιμετωπίζεται, εντούτοις, η **load control** λειτουργικότητα επαναφέρει το σύστημα γρήγορα πίσω στη στοχοποιημένη συμφόρηση (**load**), η οποία καθορίζεται από το **radio network planning**.

Οι πιθανές ενέργειες για τον έλεγχο της συμφορήσεως, σε μια προσπάθεια για τη μείωση αυτής παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Downlink fast load control** (Downlink γρήγορος έλεγχος συμφορήσεως): Άρνηση στις **downlink power-up** (αύξησης ισχύος) εντολές να ληφθούν από το κινητό.
- **Uplink fast load control** (Uplink γρήγορος έλεγχος συμφορήσεως): Μείωση του **uplink E_b/N_0** στόχου που χρησιμοποιείται από τον **uplink fast power control**.
- Μείωση της απόδοσης του πακέτου δεδομένων κίνησης (**packet data traffic**).
- **Handover** σε ένα άλλο **WCDMA** φέρον.
- **Handover** σε **GSM**
- Μείωση των ρυθμών (**bit rates**) των πραγματικού χρόνου χρηστών, π.χ. **AMR** φωνητικός κωδικοποιητής – αποκωδικοποιητής
- Ρίξιμο, δηλ, κλείσιμο των τηλεφωνημάτων από μια ελεγχόμενη μονάδα.

Οι πρώτες 2 ενέργειες σε αυτή τη λίστα είναι γρήγορες ενέργειες που πραγματοποιούνται μέσα σε ένα **base station**. Αυτές οι ενέργειες μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσα σε μια χρονική σχισμή (**timeslot**), δηλ. με **1.5 kHz** συχνότητα και παρέχουν γρήγορο καθορισμό προτεραιοτήτων στις διάφορες υπηρεσίες. Το στιγμιαίο λάθος ρυθμού του πλαισίου των δίχως καθυστέρηση ευαίσθητων (**non-delay-sensitive**) συνδέσεων μπορεί να επιτραπεί ώστε να αυξηθεί έτσι ώστε να διατηρήσει την ποιότητα εκείνων των υπηρεσιών που δεν μπορούν να ανεχτούν την επανεκπομπή. Αυτές οι πράξεις προκαλούν αυξημένη καθυστέρηση στις **packet data services** ενώ η ποιότητα των συνομιλητικών υπηρεσιών, όπως η ομιλία και η τηλεοπτική τηλεφωνία, διατηρείται.

Οι υπόλοιπες **load control** ενέργειες είναι πιο αργές. Ένα παράδειγμα μιας πραγματικό χρόνου σύνδεσης, της οποίας ο ρυθμός μπορεί να μειωθεί από την **radio access network** είναι η **Adaptive Multirate (AMR)** κωδικοποίηση – αποκωδικοποίηση φωνής. **Inter-frequency** και **inter-system handovers** μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σαν **load** ισορροπιστές **balancing** και **load control** αλγόριθμοι. Η τελική **load control** λειτουργία είναι το να ρίξει (να διακόψει δηλαδή) τους **real-time** χρήστες (δηλ. **speech or circuit switched data users**) έτσι ώστε να μειώσει τη συμφόρηση του συστήματος. Αυτή η ενέργεια εκτελείται μόνο αν το **load** στο σύστημα παραμένει πολύ

υψηλό ακόμη και μετά από την επίδραση άλλων **load control** ενεργειών, έτσι ώστε να μειωθεί η υπερφόρτωση. Στα 3^{ης} γενιάς συστήματα **WCDMA** η **air interface** και η υπερβολική αύξηση της μη πραγματικού χρόνου κίνησης, δίνουν μια μεγάλη επιλογή πιθανών ενεργειών για να χειριστούν τις καταστάσεις υπερφόρτωσης και επομένως η ανάγκη του ριζίματος των χρηστών πραγματικού χρόνου (η διακοπή του δηλαδή), για να μειωθεί η συμφόρηση, πρέπει να είναι πολύ σπάνια.

7. Βιβλιογραφία

Harry Holma and Antti Toskala both of Nokia, Finland., “WCDMA FOR UMTS”, “Radio Access For Third Generation Mobile Systems”., JOHN WILEY & SONS, LTD., 2001

Λιοδάκης Γεώργιος, Διπλ. Ηλ. Μηχ., M.Sc., “Κινητές Επικοινωνίες”., ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρονικής, Σεπτ. 2002