



Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στα πλαίσια του

Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ)
«Προηγμένα Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα»

με θέμα

**«Μετρήσεις Χαρακτηριστικών Ραδιοδιεπαφής για
συστήματα 3^{ης} γενιάς UMTS WCDMA»**

Ανδρέας Σ. Τσαρούχας

AM 20080128

Επιβλέπων Καθηγητές:

Τσούλος Γεώργιος, Επίκουρος Καθηγητής

Αθανασιάδου Γεωργία, Επίκουρη Καθηγήτρια

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Προηγμένα Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Αποτελεί επιστέγασμα των πολύτιμων γνώσεων που είχα την τύχη και τη χαρά να αποκτήσω στο διάστημα της παρακολούθησης του συγκεκριμένου προγράμματος σπουδών αλλά και αποτέλεσμα πολύωρης, επίπονης μελέτης και έρευνας.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ Γεώργιο Τσούλο, Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών και διευθυντή του εργαστηρίου «Ασυρμάτων και Κινητών Επικοινωνιών», επιβλέπων της διπλωματικής εργασίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το σύγχρονο και ενδιαφέρον θέμα. Με την επίβλεψή του αλλά και με την υπομονή του κατάφερα να ολοκληρώσω επιτυχώς και εμπρόθεσμα την συγγραφή της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Αθανασιάδου Γεωργία, Επίκουρη Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών για την συμβουλή της στην επιλογή της διπλωματικής εργασίας.

Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους και συμφοιτητές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα για την αρμονική, πολύτιμη και ευχάριστη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της φοίτησής μας.

Θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου κ Σταύρο Τσαρούχα και κα Βασιλική Τσαρούχα για την ψυχική και υλική στήριξή τους στην προσπάθεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσα άτομα με κατανόησαν και απέμειναν δίπλα μου και με τον τρόπο τους μου στάθηκαν και ειδικότερα στην αρραβωνιαστικιά μου Δήμητρα Λυμπιωτάκου, για την συμπαράστασή της, την ψυχική στήριξή της και την συνεχή παρουσία της κατά την διάρκεια της φοίτησης και της μελέτης μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	2
Περιεχόμενα.....	3
Συντομογραφίες.....	5
Λίστα Εικόνων-Πινάκων.....	7
Σκοπός Εργασίας	11
Περίληψη.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	12
Εισαγωγή.....	13
Γενικά.....	13
1.1 Χαρακτηριστικά του δικτύου UMTS.....	14
1.1.1 Το Χρησιμοποιούμενο Φάσμα.....	14
1.1.2 Αξιοποίηση του διατιθέμενου φάσματος.....	16
1.1.3 Κώδικες Διάχυσης και Περίπλεξης-Spreading and Scrambling Codes.....	18
1.2 Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS.....	20
1.3 Η Ραδιοδιεπαφή W-CDMA.....	21
1.3.1 Εισαγωγή.....	21
1.3.2 Τρόποι Αμφίδρομης Λειτουργίας - FDD και TDD.....	23
1.3.3 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά της Ραδιοδιεπαφής W-CDMA.....	27
1.3.4 Πρωτόκολλα Ραδιοδιεπαφής W-CDMA.....	29
1.4 Κανάλια της Ραδιοδιεπαφής W-CDMA.....	30
1.4.1 Λογικά Κανάλια.....	31
1.4.2 Κανάλια Συνόδου.....	32
1.4.3 Φυσικά Κανάλια.....	33
1.5 Τεχνικές Διάχυσης Φάσματος.....	37
1.5.1 Άμεσης-Ακολουθίας Πολλαπλή Πρόσβαση με Επιμερισμό Κώδικα (DS-CDMA).....	38
1.6 Έλεγχος Ισχύος-Power Control.....	41
1.6.1 Έλεγχος ισχύος Ανοικτού Βρόγχου.....	42
1.6.2 Έλεγχος Ισχύος Κλειστού Βρόγχου.....	43
1.6.2.1 Έλεγχος Ισχύος Εσωτερικού Βρόγχου.....	44
1.6.2.2 Έλεγχος Ισχύος Εξωτερικού Βρόγχου.....	45
1.7 Διαπομπές - Handovers.....	47
1.7.1 Ενδοσυχνотική Διαπομπή - Intra-Frequency Handover - Soft/Softer Handover.....	47
1.7.2 Διασυχνотική Διαπομπή - Inter-Frequency Handover - Hard Handover.....	50
1.7.3 Διασυχνотική Διαπομπή - Inter-Frequency Handover/Inter-Rat Handover.....	50
1.8 Υπηρεσίες UMTS.....	52
1.8.1 Person to Person.....	52
1.8.2 Content to Person.....	56
Αναφορές.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	59
2.1 Εξοπλισμός Μετρήσεων.....	60
2.2 Εξαγόμενα Δεδομένα.....	62
Αναφορές.....	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	73

Μετρήσεις με το Δίκτυο της Cosmote.....	74
3.1 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Σπάρτης.....	74
3.1.1 Βίντεο κλήση – Σπάρτη 24 Μαΐου 2010.....	75
3.1.2 Κλήση ομιλίας – Σπάρτη 24 Μαΐου 2010.....	81
3.2 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Τρίπολης.....	87
3.2.1 Κλήση ομιλίας - Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010.....	88
3.2.2 Βίντεο κλήση - Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010.....	94
3.3 Σύγκριση Μετρήσεων Cosmote.....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	101
Μετρήσεις με το Δίκτυο της Vodafone.....	102
4.1 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Σπάρτης.....	102
4.1.1 Βίντεο κλήση – Σπάρτη 24 Μαΐου.....	103
4.1.2 Κλήση ομιλίας – Σπάρτη 24 Μαΐου.....	109
4.2 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Τρίπολης.....	115
4.2.1 Κλήση ομιλίας – Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010.....	116
4.2.2 Βίντεο κλήση – Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010.....	122
4.3 Σύγκριση Μετρήσεων Vodafone.....	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	129
5.1 Συμπεράσματα.....	130
Βιβλιογραφία.....	132

Συντομογραφίες

3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
AMR	Adaptive Multirate
CDMA	Code Division Multiple Access
C/I	Carrier to Interference ratio
CN	Core Network
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Circuit Switched
DCH	Dedicated Channel
DL	Down Link
DS	Direct Sequence
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
FACH	Forward Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications.
HCS	Hierarchical Cell Structures
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
IP	Internet Protocol
IMT	International Mobile Telecommunications
ITU	International Telecommunication Union
Kbps	Kilo bits per second
KHz	Kilo Hertz
MAC	Medium Access Control
Mbps	Mega bits per second
MMS	Multimedia Messaging
MOS	Mean Opinion Scores
Node B	Base station
OSI	Open Systems Interconnection
PC	Power Control
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PHY	Physical
QoS	Quality of Service
RACH	Random Access Channel
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control
SMS	Short Message Service
SIR	Signal to Interference Ratio
SNR	Signal to Noise Ratio
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TPC	Transmit Power Control
TDMA	Time Division Multiple Access
UE	User Equipment

UL	Up Link
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VoIP	Voice over IP
NB	Narrowband
WB	Wideband
WCDMA	Wideband CDMA
VHE	Virtual Home Environment

Λίστα Εικόνων-Πινάκων

Εικόνα 1.1 : Κατανομή φάσματος για τις κυριότερες περιοχές του πλανήτη.....	15
Εικόνα 1.2: Κατανομή των καναλιών στα πεδία Συχνοτήτων και Χρόνου για τις τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης FDMA, TDMA και CDMA 3.....	16-17
Εικόνα 1.3: Τεχνικές αμφίδρομης επικοινωνίας στο UMTS.....	17
Εικόνα 1.4: Οι κώδικες διάχυσης και περίπλεξης κατά την εκπομπή και λήψη μιας ροής δεδομένων.....	18
Εικόνα 1.5: Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS σε διάγραμμα μπλοκ	20
Εικόνα 1.6: Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS	21
Εικόνα 1.7: Διανομή εύρους ζώνης στο W-CDMA στο πεδίο του χρόνου/συχνότητας/κώδικα	22
Εικόνα 1.8 Βασικές αρχές λειτουργίας των FDD και TDD	23
Εικόνα 1.9 Δομή TDD Πλαισίου	24
Εικόνα 1.10: Τρόποι Λειτουργίας FDD και TDD.....	26
Εικόνα 1.11: Παρουσίαση διπλής μετάδοσης FDD και TDD.....	27
Εικόνα 1.12 : Μοντέλο πρωτοκόλλων διεπαφής αέρα.....	29
Εικόνα 1.13: Διεπαφές διασύνδεσης του φυσικού υποστρώματος με το MAC και το RRC	30
Εικόνα 1.14 : Πολλαπλή DS-CDMA.....	37
Εικόνα 1.15: Διάχυση φάσματος δεδομένων.....	38
Εικόνα 1.16: Από-διάχυση δεδομένων ευρείας ζώνης.....	38
Εικόνα 1.17: Ανάκτηση του αρχικού σήματος πληροφορίας.....	39
Εικόνα 1.18: Αδυναμία ανάκτησης του αρχικού σήματος πληροφορίας.....	40
Εικόνα 1.19: Φαινόμενο κοντινού – μακρινού πεδίου στην UL	41
Εικόνα 1.20: Έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόχου στην άνω ζεύξη TDD συστήματος..	42
Εικόνα 1.21: Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου στο CDMA	43
Εικόνα 1.22: Έλεγχος ισχύος σε ένα κανάλι με διαλείψεις Rayleigh	44
Εικόνα 1.23: Μεταβολή επιθυμητού SIR σε συνάρτηση του χρόνου.....	45
Εικόνα 1.24: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου	45
Εικόνα 1.25: Softer Handover	47
Εικόνα 1.26: Soft Handover	48
Εικόνα 1.27: Handover με κριτήριο τις τιμές κατωφλίου	48
Εικόνα 1.28: Διασυχνολικό handover στο UMTS και Inter-RAT handover μεταξύ UMTS και GSM	50
Εικόνα 1.29: Δια-συστημικό handover από το UTRAN σε GSM.....	51
Εικόνα 1.30: Δια-συστημικό handover από το GSM στο UTRAN.....	51
Εικόνα 1.31: Αξιολόγηση χρηστών της ποιότητας μετάδοσης της φωνής ανάλογα με τον ρυθμό δειγματοληψίας με Wideband-WB και Narrow Band-NB AMR.....	53
Εικόνα 1.32: Εξέλιξη υπηρεσιών μετάδοσης βίντεο.....	54
Εικόνα 1.33: Χρήση καναλιού μεταφοράς από την υπηρεσία Push to talk από την συνηθισμένη τηλεφωνική επικοινωνία.....	55
Εικόνα 1.34: Διαδικτυακά παιχνίδια πολλαπλών παικτών και επιστρεπτοί χρόνοι καθυστέρησης.....	56
Εικόνα 1.35: Εξέλιξη πρωτοκόλλων WAP ανάλογα με το μέγεθος του αρχείου	56
Εικόνα 1.36: Χρόνος κατεβάσματος για τα δύο πρωτόκολλα WAP ανάλογα με το μέγεθος του αρχείου	57

Εικόνα 2.1: Εξοπλισμός μετρήσεων	60
Εικόνα 2.2: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	62
Εικόνα 2.3: Μηνύματα άνω-κάτω ζεύξης για την ανίχνευση του AICH.....	63
Εικόνα 2.4: Μηνύματα επιπέδου 3 (L3).....	63
Εικόνα 2.5: Μηνύματα πρωτοκόλλου RRC	64
Εικόνα 2.6: Κλήσεις και μεταπομπές.....	65
Εικόνα 2.7: Ισχύς ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων χρόνου.....	65
Εικόνα 2.8 : Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων.....	66
Εικόνα 2.9: Παράμετροι UMTS/GSM.....	67
Εικόνα 2.10: Περιγραφή γεγονότων 1A, 1B και 1C.....	68
Εικόνα 2.11: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου	69
Εικόνα 2.12: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	70
Εικόνα 2.13: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής – Λήψης.....	71
Εικόνα 3.1: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Σπάρτης.....	74
Εικόνα 3.2: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets).....	75
Εικόνα 3.3: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές.....	76
Εικόνα 3.4: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων.....	76
Εικόνα 3.5: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP.....	77
Εικόνα 3.6: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	77
Εικόνα 3.7: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου	78
Εικόνα 3.8: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	79
Εικόνα 3.9: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης.....	80
Εικόνα 3.10: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets).....	81
Εικόνα 3.11: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές.....	82
Εικόνα 3.12: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων.....	82
Εικόνα 3.13: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP.....	83
Εικόνα 3.14: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	83
Εικόνα 3.15: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου.....	84
Εικόνα 3.16: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	85
Εικόνα 3.17: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης.....	86
Εικόνα 3.18: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Τρίπολης.....	87
Εικόνα 3.19: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets)	88
Εικόνα 3.20: Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές.....	89
Εικόνα 3.21: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων.....	89
Εικόνα 3.22: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP.....	90
Εικόνα 3.23: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	90

Εικόνα 3.24: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου	91
Εικόνα 3.25: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER.....	92
Εικόνα 3.26: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης	93
Εικόνα 3.27: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH Ec/N0 (Active and Monitored Sets)	94
Εικόνα 3.28: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές	95
Εικόνα 3.29: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων	95
Εικόνα 3.30: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP	96
Εικόνα 3.31: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	96
Εικόνα 3.32: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου	97
Εικόνα 3.33: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	98
Εικόνα 3.34: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης	99
Πίνακας 3.35: Χαρακτηριστικά και μετρήσεις των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν με το δίκτυο της Cosmote.....	100
Εικόνα 4.1: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Σπάρτης	102
Εικόνα 4.2: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH Ec/N0 (Active and Monitored Sets).....	103
Εικόνα 4.3: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές	104
Εικόνα 4.4: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων	104
Εικόνα 4.5: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP	105
Εικόνα 4.6: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	105
Εικόνα 4.7: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου	106
Εικόνα 4.8: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	107
Εικόνα 4.9: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης.....	108
Εικόνα 4.10: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH Ec/N0 (Active and Monitored Sets).....	109
Εικόνα 4.11: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές	110
Εικόνα 4.12: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων	110
Εικόνα 4.13: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP	111
Εικόνα 4.14: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	111
Εικόνα 4.15: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου.....	112
Εικόνα 4.16: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	113
Εικόνα 4.17: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης	114
Εικόνα 4.18: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Τρίπολης.....	115
Εικόνα 4.19: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH Ec/N0 (Active and Monitored Sets)	116
Εικόνα 4.20: Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές.....	117
Εικόνα 4.21: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων	117
Εικόνα 4.22: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP.....	118
Εικόνα 4.23: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.)	118

Εικόνα 4.24: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου	119
Εικόνα 4.25: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	120
Εικόνα 4.26: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης.....	121
Εικόνα 4.27: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E _c /N ₀ (Active and Monitored Sets).....	122
Εικόνα 4.28: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές	123
Εικόνα 4.29: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E _c /N ₀) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων	123
Εικόνα 4.30: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP	124
Εικόνα 4.31: Πληροφορίες RACH (ισχύς εκπομπής του κ.α.).....	124
Εικόνα 4.32: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου.....	125
Εικόνα 4.33: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER	126
Εικόνα 4.34: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης	127
Πίνακας 4.35: Χαρακτηριστικά και μετρήσεις των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν με το δίκτυο της Cosmote	128

Σκοπός Εργασίας

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ραδιοδιεπαφής με το testmobile και το σύστημα της Nemo Technologies (Anite) για σύστημα 3^{ης} γενιάς UMTS WCDMA, με σκοπό την μελέτη της κάλυψης και της ποιότητας υπηρεσίας καθώς και της ικανότητας για διασυστημική μεταπομπή (από σύστημα 3^{ης} γενιάς σε 2^{ης} και αντίστροφα). Για το λόγο αυτό έγιναν μετρήσεις σε διαφορετικά λειτουργικά περιβάλλοντα, με διαφορετικές απαιτήσεις υπηρεσίας, συνθήκες κίνησης και ταχύτητας χρήστη, για μια σειρά παραμέτρων όπως: λαμβανόμενη ισχύς, BER, SINR, ρυθμός δεδομένων, μηνύματα ελέγχου ισχύος στις άνω και κάτω ζεύξεις, πιλοτικά σήματα γειτονικών κυψελών, ισχύς καναλιού RACH, κα.

Περίληψη Εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου UMTS -το χρησιμοποιούμενο φάσμα, αξιοποίηση του φάσματος, κώδικες διάχυσης και περίπλεξης και γίνεται μια αναφορά στην αρχιτεκτονική του. Στην συνέχεια περιγράφεται η ραδιο-διεπαφή WCDMA, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της, τα πρωτόκολλα και τα κανάλια της ραδιοδιεπαφής και οι τρόποι αμφίδρομης λειτουργίας – FDD και TDD. Ακολουθεί αναφορά στις τεχνικές διάχυσης φάσματος και συγκεκριμένα στην άμεσης-ακολουθίας πολλαπλή πρόσβαση με επιμερισμό κώδικα (DS-CDMA), στον έλεγχο ισχύος, και στις διαπομπές. Ολοκληρώνοντας το πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι υπηρεσίες που παρέχει το UMTS.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων καθώς και τα δεδομένα που εξάγει το λογισμικό κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο δίκτυο της Cosmote ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο οι μετρήσεις στο δίκτυο της Vodafone καθώς και τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις συγκεκριμένες μετρήσεις.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την ανάλυση των δεδομένων που εξήχθησαν από τις πραγματοποιηθείσες μετρήσεις.

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή

Το Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών- Universal Mobile Telecommunications System UMTS- αποτελεί σήμερα το πιο διαδεδομένο σύστημα κινητών επικοινωνιών 3ης γενιάς. Η ιδέα για την γένεσή του, ο σχεδιασμός και η υλοποίησή του προήλθαν από την απαίτηση για αναβάθμιση των ήδη υπαρχόντων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και την ανάγκη για την «συνέχεια» των επικοινωνιών σε περιβάλλον ετερογενών συστημάτων. Το κεφάλαιο αυτό ξεκινάει με μια αναφορά στα γενικά χαρακτηριστικά του δικτύου UMTS και στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή της αρχιτεκτονικής του δικτύου αυτού. Εν συνεχεία εξετάζονται τα πρωτόκολλα και τα κανάλια που απαντώνται στη ραδιοδιεπαφή W-CDMA καθώς και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την διάχυση του φάσματος των σημάτων πληροφορίας. Στην συνέχεια εξετάζονται κάποια λειτουργικά χαρακτηριστικά όπως είναι π.χ. ο έλεγχος ισχύος, οι διαπομπές-handovers, τα οποία καθιστούν αποδοτική την λειτουργία του δικτύου UMTS. Τέλος γίνεται αναφορά σε υπηρεσίες του UMTS - person to person και content to person υπηρεσίες.

Γενικά

Ο σχεδιασμός του δικτύου UMTS αποσκοπεί στον συγκερασμό των πλεονεκτημάτων των νέων τεχνολογιών και των ευκολιών που προσφέρει η κινητή τηλεφωνία, όπου δεν μας ενδιαφέρει πλέον μόνο το κομμάτι της τηλεφωνίας ως επικοινωνία φωνής αλλά και αυτό των εφαρμογών πολυμέσων. Έτσι, για τα συστήματα τηλεπικοινωνιών 3ης γενιάς έχει τεθεί ως πρωταρχικός στόχος η αύξηση των δυνατοτήτων και της λειτουργικότητας των κινητών τερματικών του χρήστη, από τα οποία υπάρχει πλέον η απαίτηση μεταξύ άλλων να παρέχουν πλούσιες σε ήχο και εικόνα εφαρμογές πολυμέσων. Η χρονική μετάβαση σε αυτή τη γενιά συστημάτων δε μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια ακόμα και σήμερα καθώς εξαρτάται από τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της αγοράς, η οποία αντιμετωπίζεται ξεχωριστά για κάθε ήπειρο αν όχι και χώρα. Προϊόντα και υπηρεσίες 3G έκαναν την εμφάνισή τους στην Ελληνική αγορά από το σύνολο των παροχών κινητής τηλεφωνίας, η διαθεσιμότητα όμως των υπηρεσιών είναι ακόμα περιορισμένη σε συγκεκριμένες περιοχές της χώρας.

Μιλώντας με τα έως τώρα δεδομένα, αν και έχουν γίνει σημαντικά βήματα προόδου στον τομέα των κινητών τηλεπικοινωνιών, υπάρχουν εμφανείς περιορισμοί στους εφικτούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και πληροφορίας, καθώς και στη δυνατότητα παροχής πολύπλοκων υπηρεσιών. Μία από τις πλέον καινοτόμες προτάσεις και παροχές του UMTS δικτύου προς τους χρήστες του είναι αυτή του Ιδεατού Οικείου Περιβάλλοντος (Virtual Home Environment – VHE). Πρόκειται για μια πλατφόρμα η οποία παρέχει μία πλειάδα δομικών στοιχείων και εργαλείων για τον ορισμό υπηρεσιών στους κομιστές και τους παρόχους, έτσι ώστε να μπορούν να επεκτείνουν τις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες για να είναι συμβατές στο νέο περιβάλλον αλλά και να δημιουργούν νέες. Με τον τρόπο αυτό γίνεται προσπάθεια να παρέχεται στο κινητό τερματικό του χρήστη όλη η λειτουργικότητα και η προσωποποίηση στις υπηρεσίες που αυτός απολαμβάνει στο σπίτι ή στο χώρο της εργασίας του, παράλληλα με την ικανότητα να κινείται.

Για την συνολική δόμηση του UMTS δικτύου έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετά στοιχεία από το Δίκτυο Κορμού (Core Network – CN) του GSM Phase 2+. Με αυτή τη θεώρηση οι σημερινοί πάροχοι κινητών επικοινωνιών αφενός προστατεύουν τις επενδύσεις τους στα συστήματα 2^{ης} γενιάς που συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται και αφετέρου είναι σε θέση να αντεπεξέλθουν στο κόστος της μετάβασης προς την επόμενη γενιά συστημάτων.

1.1 Χαρακτηριστικά του Δικτύου UMTS

1.1.1 Το Χρησιμοποιούμενο Φάσμα

Η χρήση του φάσματος από τους παρόχους υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την περαιτέρω εξέλιξη του UMTS. Πρέπει να διατίθεται αρκετό φάσμα ώστε να καλύπτονται οι αυξημένες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης για την κίνηση που θα προκαλέσει η ανάπτυξη πολύπλοκων εφαρμογών ενώ η χρήση ζευγών συχνοτήτων είναι απαραίτητη για τη Συχνοδιαιρετική Αμφίδρομη Επικοινωνία - Frequency Division Duplex, FDD. Το εύρος του κάθε καναλιού προσδιορίζεται στα 5 MHz. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί κάποιος κομιστής να επιλέξει:

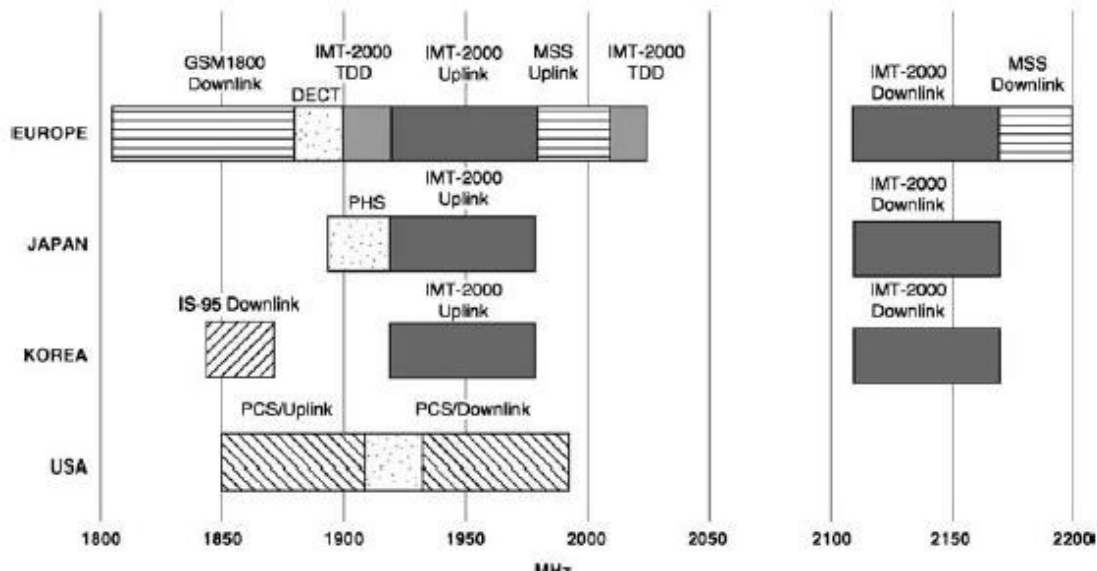
- i. 2*5 MHz: επιλογή που συνεπάγεται ένα και μόνο επίπεδο διαστρωμάτωσης στη συγκεκριμένη περιοχή
- ii. 2*10 MHz: επιλογή που συνεπάγεται δυνατότητα για δύο επίπεδα διαστρωμάτωσης, παραδείγματος χάριν, ένα κανάλι για τη macro κυψέλη και ένα για τη micro ή pico κυψέλη που μπορεί να τοποθετηθεί στην ίδια περιοχή, ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες
- iii. 2*15 MHz: επιλογή που επιτρέπει πλήρη διαστρωμάτωση τριών επιπέδων, η οποία επιδέχεται τη συνύπαρξη macro, micro και pico κυψελών ή μεικτών σχημάτων με μία macro και δύο micro κυψέλες στην ίδια περιοχή
- iv. 2*20 MHz: επιλογή που ενδείκνυται για συνθήκες αυξημένης ζήτησης καθώς προσφέρει πολλαπλές επιλογές.

Ταυτόχρονα με τα ζεύγη συχνοτήτων κάποιος κομιστής μπορεί να επιλέξει και Χρονοδιαιρετική Αμφίδρομη Επικοινωνία -Time Division Duplex, TDD- ειδικά για περιπτώσεις όπου έχουμε περιορισμένη κινητικότητα των χρηστών, όπως για παράδειγμα σε εσωτερικούς χώρους. Και πάλι υπάρχουν ανάλογες δυνατότητες επιλογής:

- i. 1*5 MHz: επιλογή που μπορεί να προσφέρει επιπλέον λύσεις ειδικά σε περιπτώσεις ασύμμετρης κίνησης.
- ii. 1*10 MHz : επιλογή που ενδείκνυται και πάλι για ασύμμετρη κίνηση αλλά σε ακόμα πιο απαιτητικές συνθήκες.

Όπως βλέπουμε στην περίπτωση της TDD δεν υπάρχει ανάγκη για δεύτερο κανάλι. Η επιλογή της λειτουργίας αυτής έχει να κάνει κυρίως με την

αποτελεσματικότερη διαχείριση της ασύμμετρης κίνησης-άνω και κάτω ζεύξη, η οποία ούτως ή άλλως θεωρείται δεδομένο ότι θα είναι η συνήθης περίπτωση. Οι περιοχές του φάσματος που είναι διαθέσιμο για τους τηλεπικοινωνιακούς πάροχους κάθε χώρας καθορίζεται από την IMT-2000 (International Mobile Telecommunications) και τους διεθνείς κανονισμούς της ITU-International Telecommunication Union. Για τις περιοχές όπου αναμένεται η μεγαλύτερη απήχηση του εν λόγω δικτύου, η κατανομή του φάσματος απεικονίζεται στην εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1: Κατανομή φάσματος για τις κυριότερες περιοχές του πλανήτη [1]

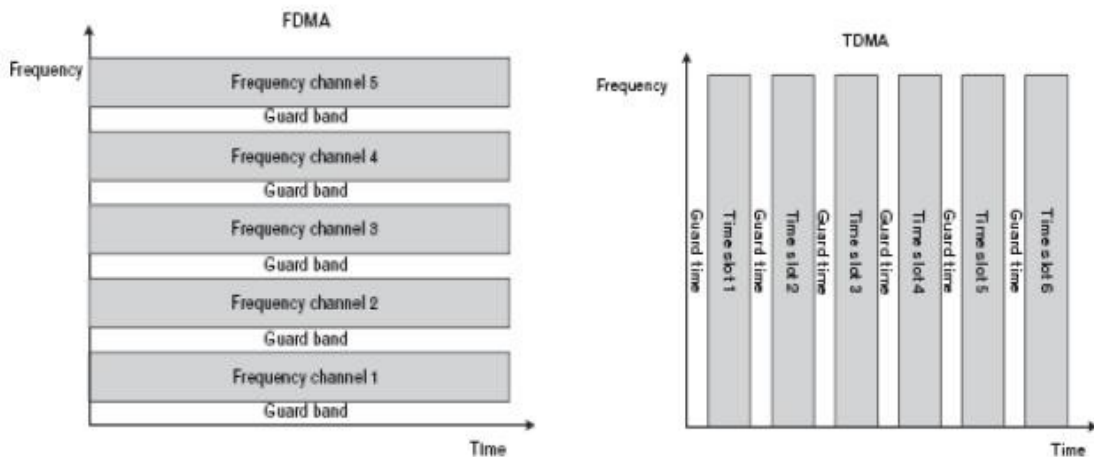
Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από την εικόνα 1.1, τόσο η Ευρώπη όσο και η Ιαπωνία έχουν επιλέξει να αφιερώσουν για το επίγειο κομμάτι του UMTS δικτύου:

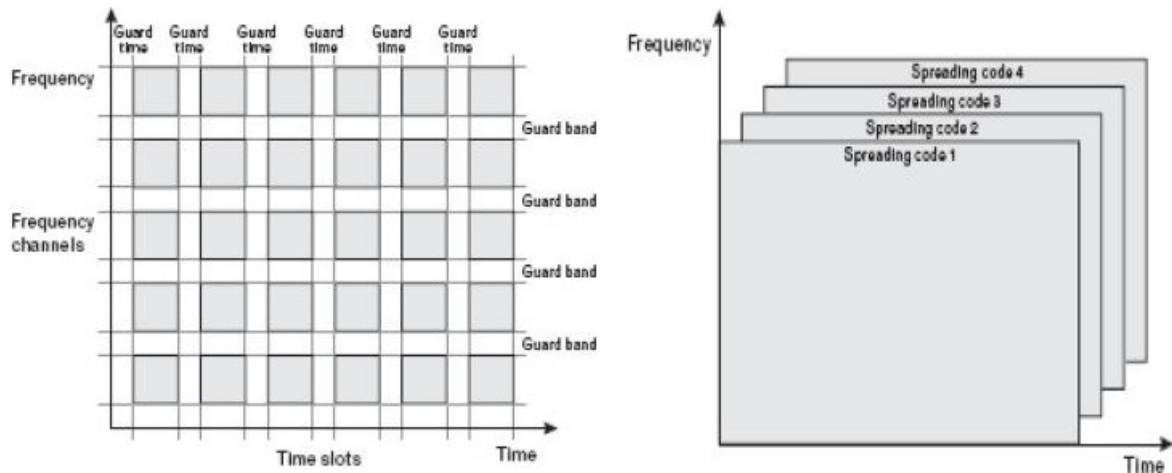
- για την λειτουργία FDD:
 - i. την περιοχή συχνοτήτων από 1920 – 1980 MHz για την άνω ζεύξη
 - ii. την περιοχή συχνοτήτων από 2110 – 2170 MHz για την κάτω ζεύξη
- για την λειτουργία TDD:
 - i. την περιοχή συχνοτήτων από 1900 – 1920 MHz για την άνω και κάτω ζεύξη
 - ii. την περιοχή συχνοτήτων από 2100 – 2025 MHz για την άνω και κάτω ζεύξη

Γίνεται ωστόσο προσπάθεια από φορείς και κατασκευαστές παγκοσμίως να χρησιμοποιείται τουλάχιστον από κοινού κάποιο βασικό εύρος της ζώνης του φάσματος και ιδιαίτερα η περιοχή 1900 – 2025 MHz (για επίγειο και δορυφορικό δίκτυο) καθώς και η περιοχή 2110 – 2200 MHz (για επίγειο και δορυφορικό δίκτυο).

1.1.2 Αξιοποίηση του Διατιθέμενου Φάσματος

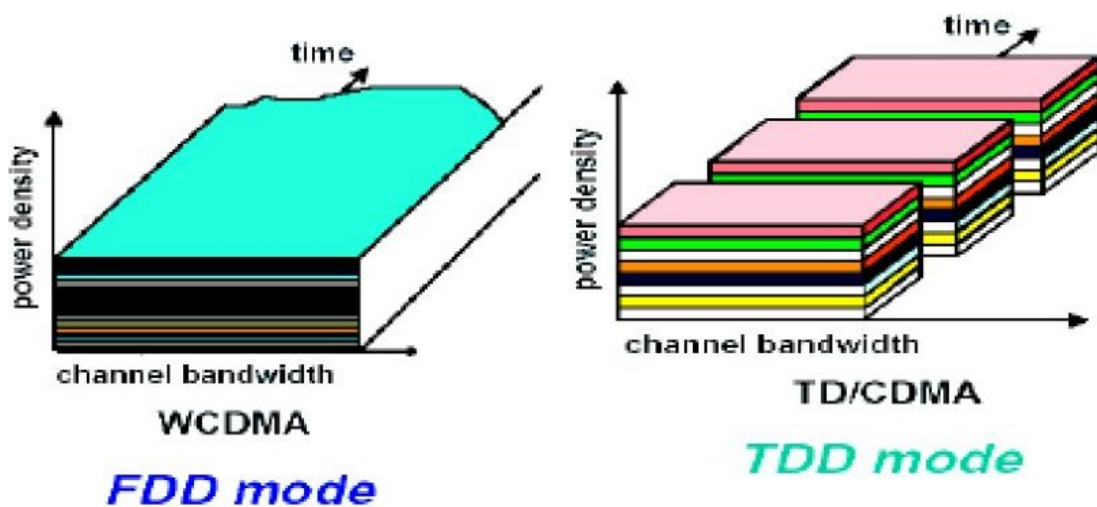
Το Επίγειο Δίκτυο Ραδιοπρόσβασης UMTS (UTRAN – UMTS) πρέπει να υποστηρίζει λειτουργία για υψηλές απαιτήσεις φάσματος και ταυτόχρονα για ποικίλα χαρακτηριστικά σύνδεσης που θα κυμαίνονται από συνθήκες εσωτερικών χώρων με μικρή κινητικότητα των χρηστών έως εξωτερικούς χώρους όπου οι χρήστες θα κινούνται με την ταχύτητα των οχημάτων τους στους αυτοκινητόδρομους. Τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σχεδιαστές των συστημάτων κινητών επικοινωνιών είναι οι διακυμάνσεις λόγω διάδοσης πολλαπλών δρόμων-multipath fading- και η παρεμβολή από άλλους χρήστες σε ένα περιβάλλον επαναχρησιμοποίησης καναλιών. Αποδοτικά σε τέτοιου είδους συνθήκες είναι τα λεγόμενα συστήματα διάχυτου φάσματος-spread spectrum, λόγω του διαφορισμού στη συχνότητα-frequency diversity- που εισάγει το ευρύ φάσμα. Τέτοιο σύστημα είναι και το Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Κώδικα-Code Division Multiple Access, CDMA- όπου χρησιμοποιείται όλο το διατιθέμενο φάσμα για κάθε συνδιάλεξη, σε αντίθεση με τα συστήματα Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Χρόνου - Time Division Multiple Access, TDMA- και τα Πολλαπλής Πρόσβασης με Επιμερισμό Συχνότητας – Frequency Division Multiple Access, FDMA- όπου το διατιθέμενο εύρος ζώνης συχνοτήτων διαιρείται σε στενές περιοχές συχνοτήτων και κάθε κανάλι χρησιμοποιείται από μία ή περισσότερες συνδιαλέξεις. Στα συστήματα CDMA, κάθε μετάδοση δεδομένων αντιστοιχεί σε ένα μοναδικό κωδικό, ο οποίος της επιτρέπει να διακρίνεται από πολλές άλλες που ταυτόχρονα εκπέμπονται στην ίδια περιοχή συχνοτήτων. Έτσι, εφόσον ο χρήστης που λαμβάνει έχει το σωστό κωδικό μπορεί να διακρίνει τη μετάδοση που αφορά τον ίδιο από τις υπόλοιπες. Στην εικόνα 1.2 υπάρχει μία παραστατική αναπαράσταση του τι ακριβώς συμβαίνει στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας για τα τρία είδη Πολλαπλής Πρόσβασης FDMA, TDMA και CDMA.





Εικόνα 1.2: Κατανομή των καναλιών στα πεδία Συχνοτήτων και Χρόνου για τις τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης FDMA, TDMA και CDMA

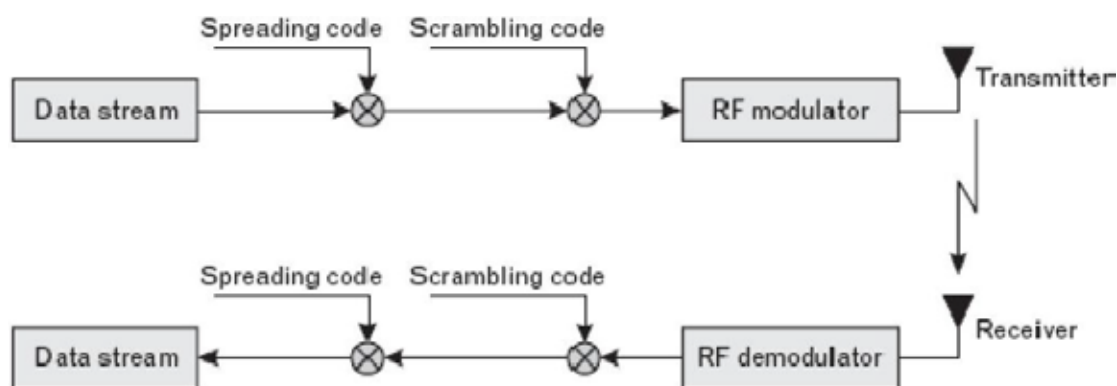
Για αυτά τα πλεονεκτήματά της, η τεχνική ευρείας ζώνης CDMA (W-CDMA) έχει επιλεγεί για το επίγειο δίκτυο UMTS-UTRAN. Πρόκειται για ένα άμεσης ακολουθίας -Direct Sequence DS- CDMA σύστημα όπου τα δεδομένα του κάθε χρήστη πολλαπλασιάζονται με τα σχεδόν τυχαία bits των W-CDMA κωδικών (κώδικες διαυλοποίησης-channelisation codes ή κώδικες διάχυσης-spreading codes), οι οποίοι μάλιστα είναι ορθογώνιοι μεταξύ τους. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των συστημάτων άμεσης ακολουθίας είναι ο απλός σχεδιασμός του πομποδέκτη, η πολύ καλή αντιπαρεμβολική δράση, η δύσκολη ανίχνευση καθώς και η καλή συμπεριφορά απέναντι σε διάδοση πολλαπλών δρόμων. Βέβαια υπάρχουν και μειονεκτήματα όπως είναι ο απαιτητικός και χρονοβόρος συγχρονισμός καθώς και η απαίτηση για γρήγορες γεννήτριες κώδικα. Στο UMTS χρησιμοποιούνται επιπλέον κώδικες για το συγχρονισμό και την περίπλεξη-scrambling. Τέλος, η τεχνολογία W-CDMA υποστηρίζει και τις δύο λειτουργίες αμφίδρομης επικοινωνίας, FDD και TDD. Ωστόσο για την TDD προτιμάται ενίοτε και ένα υβριδικό μοντέλο TD/CDMA. Οι δύο αυτές τεχνικές αμφίδρομης επικοινωνίας στο UMTS φαίνονται στην εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.3: Τεχνικές αμφίδρομης επικοινωνίας στο UMTS

1.1.3 Κώδικες Διάχυσης και Περίπλεξης - Spreading and Scrambling Codes

Σε ένα πομπό DS-CDMA, το σήμα της πληροφορίας διαμορφώνεται από έναν κώδικα διάχυσης-spreading code- για να μετατραπεί σε ευρείας ζώνης σήμα και στο δέκτη συσχετίζεται με ένα αντίγραφο του ίδιου κώδικα. Η διαδικασία της διάχυσης αποτελείται από δύο φάσεις, την διάχυση και την περίπλεξη, και οι δύο χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους κωδικών με διαφορετικά χαρακτηριστικά ο καθένας, εικόνα 1.4.



Εικόνα 1.4: Οι κώδικες διάχυσης και περίπλεξης κατά την εκπομπή και λήψη μιας ροής δεδομένων

Η φάση της διάχυσης είναι επίσης γνωστή ως διαυλοποίηση-channelisation. Η διαυλοποίηση αυξάνει το εύρος ζώνης του σήματος και οι κώδικες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την φάση είναι ορθογώνιοι. Το UTRAN χρησιμοποιεί ορθογώνιους κώδικες μεταβλητού παράγοντα διάχυσης-Orthogonal Variable Spreading Factor OVVSF.

Σε ένα ιδανικό ορθογώνιο σύστημα, η διασταυρούμενη-συσχέτιση (cross-correlation) μεταξύ των σημάτων πληροφορίας και των σημάτων παρεμβολής είναι μηδέν. Εντούτοις, σε ένα πραγματικό σύστημα υπάρχουν πάντα συνιστώσες πολυδιαδρομών του ίδιου σήματος, οι οποίες διαταράσσουν την ορθογωνιότητα. Επιπλέον, ο αριθμός των κωδικών αυτών είναι πεπερασμένος και έτσι αυτοί επαναχρησιμοποιούνται σε κάθε κυψέλη. Επομένως, ο ίδιος κώδικας μπορεί να διατεθεί σε διαφορετικούς χρήστες σε γειτονικές κυψέλες. Ένας ΚΣ δεν μπορεί κανονικά να γνωρίζει ποιο από τα σήματα της κάτω ζεύξης προορίζεται για αυτόν χωρίς κάποιου είδους βοήθεια. Επίσης, επειδή οι ΚΣ δεν είναι συγχρονισμένοι χρονικά, οι μεταδόσεις της άνω ζεύξης είναι ασύγχρονες και μη ορθογώνιες.

Από τα παραπάνω, συνάγεται το συμπέρασμα ότι επιπλέον με την διαυλοποίηση χρειάζεται χρήση και κάποιου άλλου είδους τεχνικής για την εξασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ των ΚΣ και των ΣΒ. Η λύση λέγεται κώδικες περίπλεξης-scrambling codes. Η περίπλεξη υλοποιείται στον πομπό μετά την διάχυση. Κατά την διαδικασία της περίπλεξης, η ακολουθία του κώδικα-chip code- πολλαπλασιάζεται με μια ψευδοτυχαία ακολουθία από bits-δηλ. τον κώδικα περίπλεξης. Στην κάτω ζεύξη κάθε σταθμός βάσης έχει έναν μοναδικό κώδικα περίπλεξης ενώ στην άνω ζεύξη αυτός είναι διαφορετικός για κάθε κινητό σταθμό. Οι κώδικες περίπλεξης είναι κώδικες που παράγονται με καλές ιδιότητες αυτό-συσχέτισης (autocorrelation). Οι

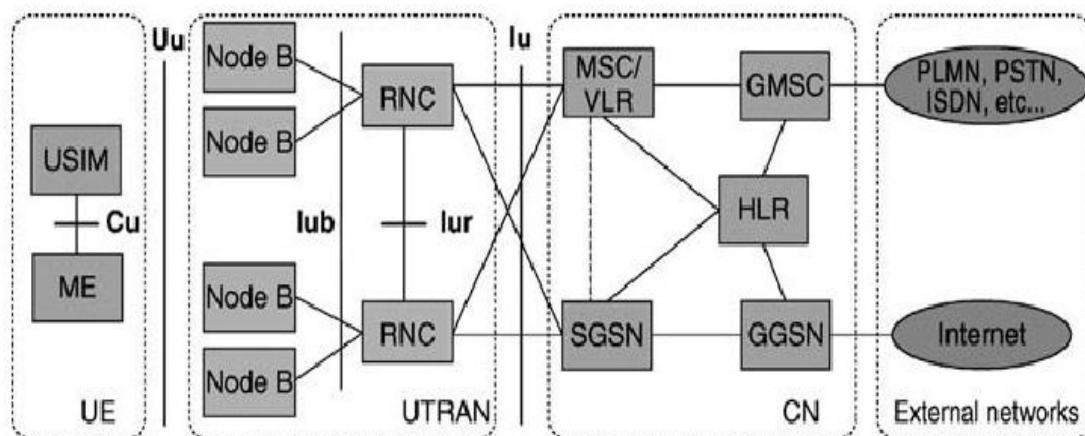
λειτουργίες αυτό-συσχέτισης και διασταυρούμενης-συσχέτισης συνδέονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε δεν είναι γενικά δυνατό να επιτευχθούν καλές τιμές αυτό-συσχέτισης και διασταυρούμενη-συσχέτισης συγχρόνως. Ένας κώδικας περίπλεξης μπορεί να είναι είτε μια βραχεία είτε μια εκτενής ακολουθία από bits. Οι βραχείς κώδικες περίπλεξης εκτείνονται πάνω από μια περίοδο συμβόλου, ενώ οι μακριοί κώδικες εκτείνονται κατά τη διάρκεια αρκετών περιόδων συμβόλου.

1.2 Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS

Το σύστημα UMTS αποτελείται από διάφορα δομικά στοιχεία, κάθε ένα από τα οποία επιτελεί μια καθορισμένη λειτουργία. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στα υποδίκτυα:

- i. το επίγειο δίκτυο ραδιοπρόσβασης - UMTS Terrestrial Radio Access Network, UTRAN- που χειρίζεται όλη τη ράδιο-λειτουργία του συστήματος
- ii. το δίκτυο κορμού -CN- που υλοποιεί την μεταγωγή - δρομολόγηση των κλήσεων και την διασύνδεση με άλλα εξωτερικά δίκτυα
- iii. ο εξοπλισμός του χρήστη -UE- που αποτελεί το φυσικό μέσο διασύνδεσης του χρήστη με το δίκτυο.

Η γενική αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS σε διάγραμμα μπλοκ φαίνεται στη παρακάτω εικόνα 1.5.

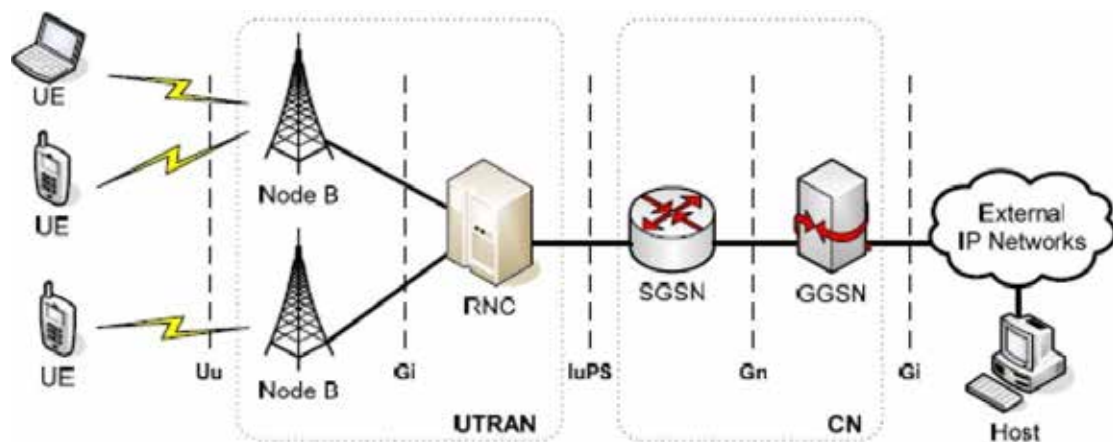


Εικόνα 1.5: Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS σε διάγραμμα μπλοκ [1]

Στην εικόνα 1.5 διακρίνεται η διαρθρωτική δομή του δικτύου UMTS. Αυτή συγκροτείται από το υποδίκτυο χρηστών (user sub-network) το οποίο αποτελείται από δύο στοιχεία, την USIM-UMTS Subscriber Identity Module- δηλαδή την μονάδα πιστοποίησης του συνδρομητή στο UMTS και τον κινητό εξοπλισμό ME-Mobile Equipment. Η USIM περιέχει μια έξυπνη κάρτα που φυλάσσει στοιχεία για την ταυτότητα των συνδρομητών και αποθηκεύει τα κλειδιά επικύρωσης και κρυπτογράφησης, κατ' αναλογία με την SIM στα συστήματα GSM. Η διεπαφή Cu παρέχει την απαραίτητη ηλεκτρική διασύνδεση μεταξύ της έξυπνης κάρτας -USIM- και του κινητού εξοπλισμού -ME- του συνδρομητή ενώ η ανοικτή διεπαφή Uu αποτελεί την διεπαφή αέρα στο UMTS-κατ' αντιστοιχία με την Um στο GSM-δηλαδή επιτρέπει την ραδιοπρόσβαση των UE στη σταθερή υποδομή του δικτύου UMTS.

Η δομή του UMTS συμπληρώνεται από το υποδίκτυο ραδιοπρόσβασης UTRAN-UMTS Terrestrial Radio Access Network- και το υποδίκτυο κορμού CN-Core Network. Το δίκτυο UMTS είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε τα επιμέρους υποδίκτυα να μπορούν να λειτουργήσουν ανεξάρτητα. Το γεγονός αυτό αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την δια-λειτουργικότητα με τα υπόλοιπα δίκτυα 3^{ης} γενιάς καθώς και για την εξασφάλιση της συμβατότητας ανάμεσα σε ετερογενή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (π.χ. διασύνδεση μεταξύ UMTS και GSM). Μία

ρεαλιστική απεικόνιση της αρχιτεκτονικής του δικτύου UMTS σε επίπεδο συστήματος, όπου διακρίνονται τα δομικά στοιχεία κάθε υποδικτύου, δίνεται στην εικόνα 1.6 που ακολουθεί.



Εικόνα 1.6: Αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS

1.3 Η Ραδιοδιεπαφή W-CDMA

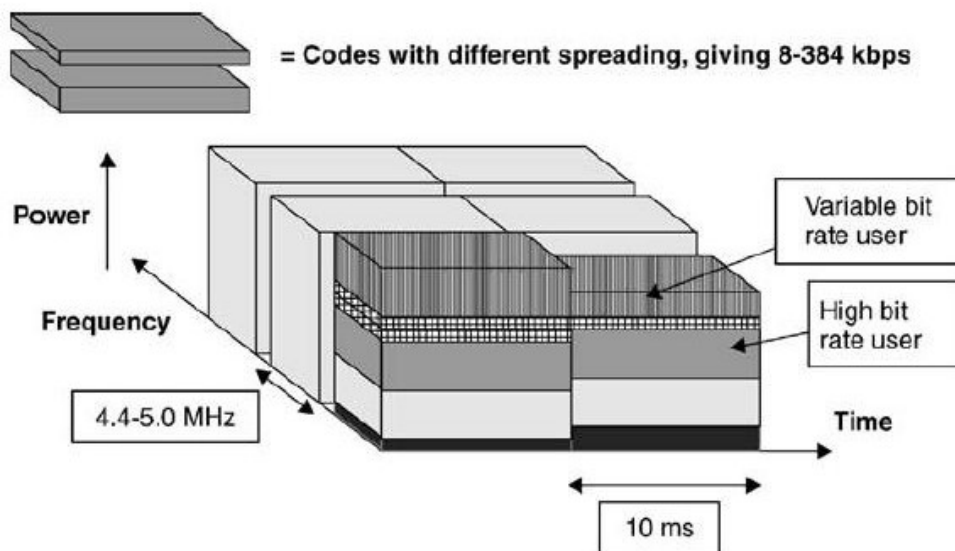
1.3.1 Εισαγωγή

Η ραδιοδιεπαφή ευρείας ζώνης πολλαπλής πρόσβασης με επιμερισμό κώδικα - Wideband CDMA- περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες τεχνικές για πρόσβαση στο ραδιοδίκτυο και χρησιμοποιείται στα κυψελοειδή συστήματα τρίτης γενιάς. Στα συστήματα W-CDMA, η δομή των πρωτοκόλλων δικτύων είναι παρόμοια με αυτή του GSM και έτσι η τεχνολογία GSM μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί σε W-CDMA τεχνολογία 3ης γενιάς σύμφωνα με την υλοποίηση EDGE.

Με τη βοήθεια της ραδιοδιεπαφής W-CDMA έγινε εφικτή η υποστήριξη πολλαπλών χρηστών με ένα και μόνο σημείο πρόσβασης π.χ. κεραία κινητής τηλεφωνίας. Το κύριο πλεονέκτημα της W-CDMA είναι ότι ελαχιστοποιεί τις παρεμβολές που αναπόφευκτα δημιουργούνται μεταξύ των ταυτόχρονων εκπομπών. Για την κατανόηση της φιλοσοφίας της W-CDMA ας αναλογιστούμε ένα απλό παράδειγμα: έστω ότι οι χρήστες είναι μια ομάδα φοιτητών σε ένα δωμάτιο και ο σκοπός είναι η διαβίβαση ενός μηνύματος από κάθε φοιτητή σε έναν μοναδικό καθηγητή που παρευρίσκεται στο ίδιο δωμάτιο. Μια απλοϊκή λύση θα ήταν να πείσουμε τους μαθητές να μιλήσουν ένας-ένας αλλά αυτή η διαδικασία θα μας κόστιζε σε χρόνο, ο οποίος ως γνωστόν είναι πολύτιμος. Αυτό που κάνει η W-CDMA είναι ότι αναθέτει στον κάθε φοιτητή να μιλά με μια διαφορετική γλώσσα. Ο παραλήπτης ενός συγκεκριμένου μηνύματος αρκεί να εστιάσει στην προσοχή του στην αντίστοιχη γλώσσα και οι ομιλίες των υπολοίπων φοιτητών δεν θα ενοχλούν αφού θα είναι σε άλλη γλώσσα και θα ηχούν ως ασυναρτησίες.

Η ραδιοδιεπαφή W-CDMA χρησιμοποιεί την ευρείας ζώνης, άμεσης-ακολουθίας τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με επιμερισμό κωδικού (DS – CDMA).

Αυτό σημαίνει ότι τα bits πληροφορίας του χρήστη διαχέονται κατά μήκος μίας ευρείας ζώνης συχνοτήτων. Η διαδικασία αυτή υλοποιείται με πολλαπλασιασμό των δεδομένων του χρήστη με μια ακολουθία από σχεδόν τυχαία bits-γνωστά ως chips, τα οποία προέρχονται από τους CDMA κώδικες διάχυσης -spreading codes. Η τεχνική αυτή βασίζεται στο CDMA, μόνο που σε αντίθεση με αυτό, χρησιμοποιεί περισσότερες από μια συχνότητες για τη διαχείριση της συνολικής κίνησης. Μολονότι απαιτείται μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων για τη λειτουργία του, καθιστά εφικτή, με τις τεχνικές που χρησιμοποιεί, τη μετάδοση πληροφοριών σε ταχύτητες που φθάνουν θεωρητικά τα 2 Mbps. Για να υποστηριχθεί αυτός ο πολύ υψηλός ρυθμός δεδομένων, είναι επιβεβλημένη η χρήση μεταβλητών παραγόντων διάχυσης και συνδέσεων πολλαπλών κωδικών. Επίσης, το W-CDMA υποστηρίζει ένα ιδιαίτερα μεταβλητό ρυθμό δεδομένων χρηστών, με άλλα λόγια υποστηρίζεται η έννοια της απόκτησης εύρους ζώνης κατ' απαίτηση (Bandwidth on Demand - BoD). Ο ρυθμός δεδομένων χρηστών διατηρείται σταθερός κατά τη διάρκεια κάθε πλαισίου των 10 msec, ωστόσο η χωρητικότητα των δεδομένων μεταξύ των διαφόρων χρηστών μπορεί να αλλάξει από πλαίσιο σε πλαίσιο. Η εικόνα 1.7 αποτελεί μια σχηματική αναπαράσταση των βασικών αρχών λειτουργίας της W-CDMA ραδιοδιεπαφής.



Εικόνα 1.7: Διανομή εύρους ζώνης στο W-CDMA στο πεδίο του χρόνου/συχνότητας/κώδικα [1]

Το W-CDMA υποστηρίζει δύο βασικούς τρόπους λειτουργίας: την Συχνοδιαιρετική Αμφίδρομη Επικοινωνία -Frequency Division Duplex FDD- και την Χρονοδιαιρετική Αμφίδρομη Επικοινωνία -Time Division Duplex TDD. Στον FDD, δύο ξεχωριστές συχνότητες φέροντος των 5 MHz χρησιμοποιούνται, η μία στην άνω ζεύξη και η άλλη στην κάτω ζεύξη, ενώ στον TDD μία μόνο φέρουσα των 5 MHz χρησιμοποιείται και για την άνω ζεύξη και για την κάτω ζεύξη.

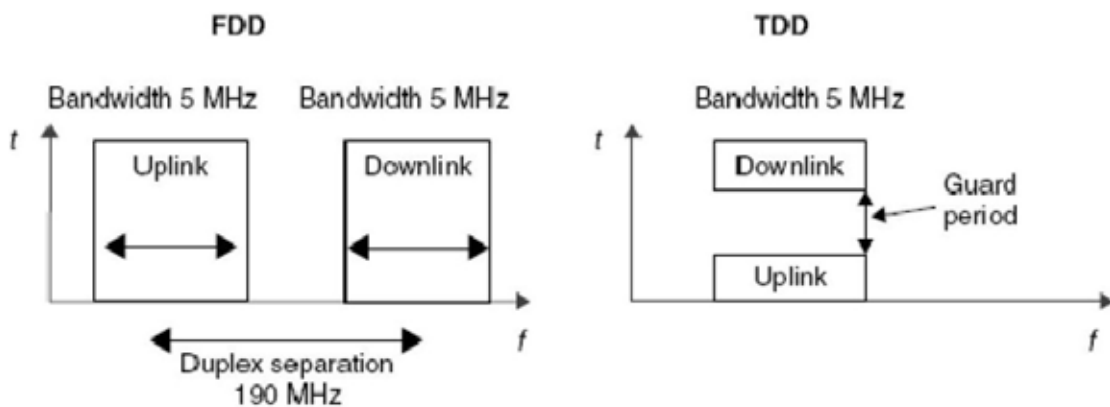
Τα πρότυπα που βασίζονται στην W-CDMA εξελίχθηκαν μέσω του προγράμματος συνεργασίας τρίτης γενεάς -3GPP- το οποίο στοχεύει στην εξασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ διαφορετικών 3G δικτύων. Τα πρότυπα που έχουν προκύψει μέσω αυτού του προγράμματος συνεργασίας είναι βασισμένα στο καθολικό κινητό σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών του ETSI-UMTS- και είναι συνήθως γνωστά ως επίγεια ραδιοπρόσβαση UMTS (UTRAN – UMTS).

1.3.2 Τρόποι Αμφίδρομης Λειτουργίας – FDD και TDD

Τρεις διαφορετικές μέθοδοι αμφίδρομης μετάδοσης χρησιμοποιούνται στις κινητές τηλεπικοινωνίες: η Συχνοδιακριτική Αμφίδρομη Επικοινωνία -Frequency Division Duplex FDD, η Χρονοδιακριτική Αμφίδρομη Επικοινωνία -Time Division Duplex TDD- και η Χωροδιακριτική Αμφίδρομη Επικοινωνία-Space Division Duplex SDD. Από αυτές, οι δύο βασικότερες και πιο συχνά χρησιμοποιούμενες είναι η FDD και η TDD.

Η FDD είναι η πιο κοινή μέθοδος αμφίδρομης μετάδοσης στα κυψελοειδή συστήματα. Χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, στο GSM, καθώς επίσης και σε τεματικά W-CDMA που λειτουργούν στις ζώνες συχνοτήτων UMTS. Η βασική αρχή λειτουργίας της FDD είναι ότι διατίθενται δύο ξεχωριστές ζώνες συχνοτήτων για μεταδόσεις μία για την άνω ζεύξη και μία για την κάτω ζεύξη. Στο FDD η πρόσβαση στους ραδιοπόρους του συστήματος επιτυγχάνεται με ένα υβριδικό μοντέλο όπου γίνεται συνδυασμός τεχνικών επιμερισμού κώδικα CDMA και επιμερισμού συχνότητας FDMA, και απεικονίζεται στην εικόνα 1.8. Τα επιμέρους σήματα των συνδρομητών, διαχωρίζονται με διαφορετικούς κώδικες διάχυσης. Ο ρυθμός μεταφοράς, προσδιορίζεται από τον παράγοντα διάχυσης και από τις μεταδόσεις πολλαπλών κωδίκων.

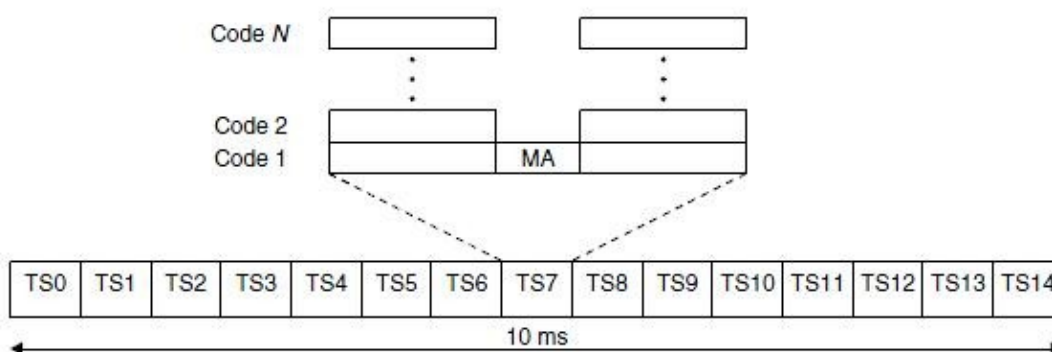
Στο TDD τρόπο λειτουργίας η ίδια φέρουσα χρησιμοποιείται και για την άνω ζεύξη και για την κάτω ζεύξη, ωστόσο η κατεύθυνση της μετάδοσης εναλλάσσεται στο χρόνο.



Εικόνα 1.8 Βασικές αρχές λειτουργίας των FDD και TDD [1]

Στην TDD μέθοδο η πρόσβαση στους πόρους του συστήματος υλοποιείται μέσα από ένα συνδυασμό τεχνικών πολλαπλής πρόσβασης CDMA και TDMA. Το TDMA πλαίσιο έχει διάρκεια 10 ms και επιμερίζεται σε 15 χρονοθυρίδες-time slots-όπως φαίνεται στην εικόνα 1.9, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να υλοποιηθεί με 16 CDMA κανάλια και επομένως μέχρι 16 χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση στην ίδια χρονοθυρίδα σε αντίθεση π.χ. με το GSM όπου μόνο ένας χρήστης έχει πρόσβαση σε μία χρονοθυρίδα. Αυτό είναι δυνατόν αφού κάθε χρήστης διαχωρίζεται με ένα μοναδικό ορθογώνιο κώδικα διαυλοποίησης-channelisation. Ο ρυθμός δεδομένων ενός χρήστη εξαρτάται από τον παράγοντα εξάπλωσης που εκχωρείται. Όταν ο παράγοντας είναι 1, το σύστημα δίνει στο χρήστη όλους τους πόρους μιας

χρονοθυρίδας, όταν ο παράγοντας είναι ίσος με 2 δίνει το μισό των πόρων της κοκ. Παρόλα αυτά, στην κάτω ζεύξη επιτρέπονται μόνο παράγοντες εξάπλωσης 1 και 16. Να σημειωθεί επίσης ότι ένας χρήστης μπορεί να διαθέτει διαφορετικό παράγοντα εξάπλωσης για την κάτω ζεύξη και διαφορετικό για την άνω ζεύξη, όταν υπάρχει απαίτηση για ασύμμετρη μετάδοση δεδομένων. Ο ρυθμός δεδομένων στις χρονοθυρίδες μπορεί να μεταβληθεί ανεξάρτητα στην άνω ζεύξη και στην κάτω ζεύξη. Οι ιδιότητες της βέλτιστης υποδιαίρεσης των ραδιοπόρων εξυπηρετούν σε περιπτώσεις ασυμμετρίας φορτίου. Η μεταβολή στους ρυθμούς μεταφοράς, μπορεί να επιτευχθεί στη TDD μέθοδο είτε με μεταβλητό κώδικα-multicode, multislots- είτε με αλλαγή του παράγοντα εξάπλωσης.



Εικόνα 1.9: Δομή TDD πλαισίου

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για την χρησιμοποίηση των TDD τρόπων λειτουργίας στο UMTS.

Ο πρώτος έγκειται στην διάθεση του ραδιοφάσματος. Το ραδιοφάσμα, σύμφωνα με τις συστάσεις της IMT – 2000 είναι ασύμμετρο κάτι το οποίο σημαίνει ότι ο FDD δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει ολόκληρο το φάσμα. Επομένως, το συμμετρικό κομμάτι δεσμεύεται για τα FDD συστήματα που λειτουργούν με συμμετρικές ζώνες συχνοτήτων για τις DL και UL μεταδόσεις, ενώ το ασύμμετρο τμήμα του φάσματος χρησιμοποιείται από τα TDD συστήματα.

Δεύτερον, πολλές από τις υπηρεσίες που παρέχουν τα 3G δίκτυα απαιτούν ασύμμετρη μεταφορά δεδομένων μεταξύ DL και UL, όπου σχεδόν πάντα, η κάτω ζεύξη απαιτεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης από την άνω. Στην άνω ζεύξη στέλνονται μόνο εντολές ελέγχου ενώ η κάτω ζεύξη μεταφέρει εκατοντάδες kilo bits από δεδομένα χρηστών ανά δευτερόλεπτο προς τον συνδρομητή. Κλασικό παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι το web – surfing.

Ο τρίτος λόγος είναι η ευκολία στον έλεγχο της ισχύος. Όπως είδαμε, και για τις DL και τις UL μεταδόσεις χρησιμοποιείται η ίδια συχνότητα και επομένως τα χαρακτηριστικά της ταχείας διάλειτουργίας είναι τα ίδια και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ο TDD πομπός μπορεί να προβλέψει τις συνθήκες διάλειτουργίας με βάση τα λαμβανόμενα σήματα και επομένως δεν χρησιμοποιείται έλεγχος κλειστού βρόχου αλλά έλεγχος ισχύος ανοικτού βρόχου που αποτελεί και απλούστερη περίπτωση.

Επειδή η TDD μέθοδος είναι ουσιαστικά ένα σύστημα TDMA, ένας ΚΣ πρέπει μόνο να είναι ενεργός (λήψη ή μετάδοση) σε μερικές μόνο χρονοθυρίδες, όχι σε όλες. Υπάρχουν πάντα μερικές “αδρανείς” χρονοθυρίδες κατά τη διάρκεια ενός

TDD πλαισίου και οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση άλλων σταθμών βάσης και συστημάτων.

Ωστόσο υπάρχουν και προβλήματα στο TDD μέθοδο. Το κυριότερο πρόβλημα είναι η παρεμβολή από τους TDD παλμούς ισχύος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ΚΣ, τόσο μικρότερο είναι το TDD πλαίσιο έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταχύς έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόχου. Αυτός ο βραχύς χρόνος μετάδοσης έχει ως επακόλουθο την ακουστική παρεμβολή. Επίσης, οι χρονικές απαιτήσεις για αρκετές δομικές λειτουργίες του TDD mode είναι περισσότερο αυστηρές. Και τα δύο αυτά προβλήματα μπορούν να λυθούν, αλλά οι λύσεις ενδεχομένως απαιτούν ακριβότερα δομικά στοιχεία.

Το εύρος ζώνης της φέρουσας συχνότητας που χρησιμοποιείται σε UTRAN TDD είναι 5 MHz, και το chip rate είναι 3.84 Mcps. Η δομή TDD πλαισίων, όπως είδαμε στην εικόνα 1.9, είναι παρόμοια με τον τρόπο FDD δεδομένου ότι το μήκος ενός πλαισίου είναι 10 msec, και αποτελείται από 15 χρονοθυρίδες. Σε γενικές γραμμές, το δίκτυο μπορεί να διαθέσει αυτές τις χρονοθυρίδες ελεύθερα για μετάδοση άνω και κάτω ζεύξης. Εντούτοις, μία τουλάχιστον χρονοθυρίδα πρέπει να διατίθεται πάντα για την άνω ζεύξη και μία για την κάτω ζεύξη, καθώς η επικοινωνία μεταξύ ενός ΚΣ και του δικτύου χρειάζεται πάντα ένα κανάλι επιστροφής.

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της μεθόδου TDD συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Χρήση ασύζευκτης ζώνης συχνοτήτων: η μέθοδος TDD μπορεί να υλοποιηθεί με μία μονή ζώνη συχνοτήτων που να εξυπηρετεί ταυτόχρονα και το UL και το DL, ενώ η μέθοδος FDD απαιτεί πάντοτε ζεύγος από ζώνες συχνοτήτων.
- Ασυνεχής μετάδοση: η εναλλαγή μεταξύ των κατευθύνσεων μετάδοσης απαιτεί χρόνο ώστε να αποφευχθεί το ενδεχόμενο της λανθασμένης μετάδοσης. Για τον λόγο αυτό, διατίθεται ένα μικρό χρονικό διάστημα ανάμεσα στις χρονοθυρίδες το οποίο επιτρέπει την ανεπηρέαστη μετάδοση ανάμεσα στο DL και το UL.
- Παρεμβολή ανάμεσα στην κάτω και την άνω ζεύξη: λόγω ότι και οι δύο κατευθύνσεις μετάδοσης χρησιμοποιούν την ίδια φέρουσα συχνότητα, τα σήματα θα παρεμβάλλονται το ένα στο άλλο. Για τον λόγο αυτό, οι επιμέρους σταθμοί βάσης είναι συγχρονισμένοι ο ένας με τον άλλο σε επίπεδο πλαισίου για να αποφευχθεί η παρεμβολή.
- Αντίστροφο κανάλι: η ταχεία διάλεια εξαρτάται από την συχνότητα και επομένως στα FDD συστήματα είναι ασυσχέτιστη ανάμεσα στην άνω και την κάτω ζεύξη. Λόγω όμως ότι στον TDD τρόπο λειτουργίας χρησιμοποιείται η ίδια φέρουσα συχνότητα, η ταχεία διάλεια είναι ίδια και στην κάτω αλλά και στην άνω ζεύξη. Ανάλογα με το λαμβανόμενο σήμα, ο πομποδέκτης TDD μπορεί να εκτιμήσει την ταχεία διάλεια η οποία θα επηρεάσει την μετάδοση.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, καταλήγει κάποιος εύκολα στο συμπέρασμα ότι ο FDD χρησιμοποιείται για να παρέχει κάλυψη σε μια ευρεία περιοχή, ενώ η χρήση του TDD περιορίζεται μόνο στο να συμπληρώνει τον FDD εντός εσωτερικών-κλειστών χώρων. Οι TDD κυψέλες αποτελούν χαρακτηριστικό των κλειστών χώρων, όπου μπορούν να παρέχουν υψηλούς ρυθμούς δεδομένων στην κάτω ζεύξη.

Κοινές ιδιότητες στα UTRAN TDD / FDD

– Εύρος ζώνης $B = 5$ MHz (μαζί με τα διαστήματα ασφαλείας)

- Ρυθμός των chips = 3.84 Mchip/s
- Μέθοδος διαμόρφωσης: QPSK
- Επαναχρησιμοποίηση Συχνοτήτων
- Δομή χρόνου (πλαίσιο & χρονοθυρίδες)
- Spreading κώδικες: Μεταβλητού ρυθμού ορθογώνιοι κώδικες, βασίζονται στον OVVSF-Orthogonal Variable Spreading Factor

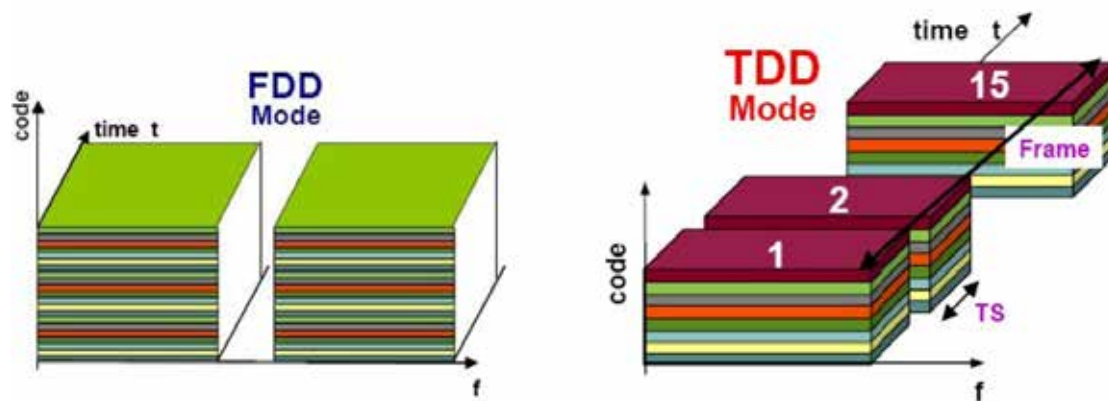
Διαφορές στα UTRAN TDD / FDD

Μερικές από τις σημαντικότερες διαφορές μεταξύ των UTRAN FDD και UTRAN TDD είναι οι ακόλουθες:

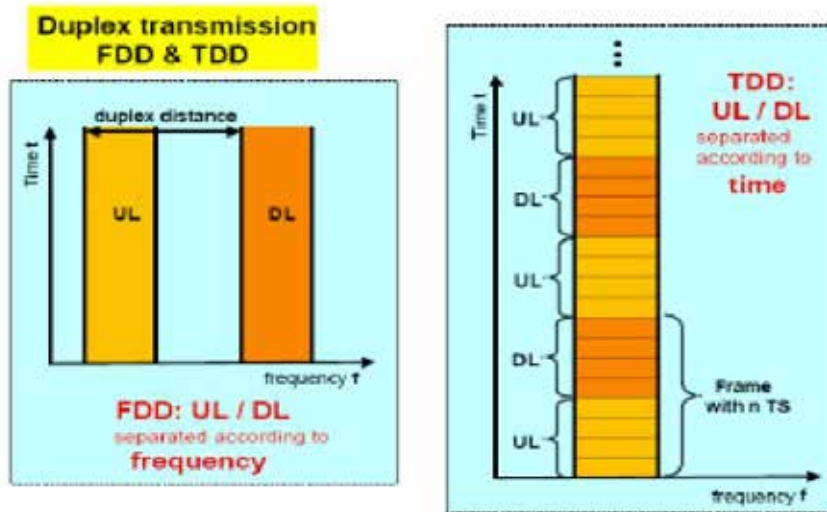
Το FDD χρησιμοποιεί καθαρό W-CDMA (DS-CDMA) για την πολύπλεξη. Η πληροφορία που μεταφέρεται είναι συνεχώς διασκορπισμένη στο εύρος ζώνης. Η μικρότερη διάρκεια μετάδοσης εξαρτάται από το πλαίσιο (10 msec). Το TDD χρησιμοποιεί έναν υβριδικό συνδυασμό του TDMA και του W-CDMA (DS-CDMA) σαν πολλαπλή πρόσβαση. Όπως συμβαίνει και στο GSM, η μετάδοση γίνεται με απλές ριπές-bursts. Το TDMA πλαίσιο (10 msec) περιλαμβάνει 15 χρονοθυρίδες που περιέχουν ριπές από διαφορετικούς χρήστες-CDMA components.

Το FDD χρησιμοποιεί παράγοντες εξάπλωσης με τιμές από 4 έως 256 στο UL και από 4 έως 512 στο DL. Το TDD χρησιμοποιεί παράγοντες εξάπλωσης με τιμές 1 και 16. Το FDD συχνά χρησιμοποιεί soft handover ενώ το TDD hard handover.

Τα όσα έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής για τους δύο τρόπους λειτουργίας FDD και TDD περιγράφονται σχηματικά παρακάτω.



Εικόνα 1.10: Τρόποι λειτουργίας FDD και TDD



Εικόνα 1.11: Παρουσίαση διπλής μετάδοσης FDD και TDD

1.3.3 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά της Ραδιοδιεπαφής W-CDMA

Τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά της ραδιοδιεπαφής W-CDMA παρατίθενται κατωτέρω:

1. Υποστήριξη μετάδοσης υψηλού ρυθμού δεδομένων, 384 Kbps για κάλυψη σε ευρεία περιοχή ενώ για τοπική κάλυψη έως 2 Mbps.
2. Ευελιξία στην παροχή υπηρεσιών: υποστήριξη μεταβλητού ρυθμού υπηρεσιών σε κάθε σύνδεση.
3. Μέθοδοι λειτουργίας με τεχνικές αμφίδρομης επικοινωνίας, FDD και TDD.
4. Δυνατότητα προσαρμογής σε μελλοντικά αναβαθμισμένες τεχνολογίες (π.χ. προσαρμοζόμενες κεραίες, προηγμένες δομές δεκτών και ποικιλία συσκευών αποστολής σημάτων) για την βελτίωση της ραδιοκάλυψης.
5. Η υποστήριξη διασυχνοτικής μεταγωγής (inter-frequency handover) μεταξύ διαφορετικών συστημάτων (inter-system) και επομένως συμβατότητα με προγενέστερα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, π.χ. GSM.
6. Αποδοτική πρόσβαση πακέτων.

Όπως έχουμε εξηγήσει προηγούμενα, η WCDMA έχει καθιερωθεί σαν η βασική τεχνολογία στην 3η γενιά συστημάτων κινητών επικοινωνιών παγκοσμίως. Χρησιμοποιεί πλαίσια πολλαπλής πρόσβασης (Frames Multiple Access -FMA) που είναι η κύρια τεχνολογία για την επίγεια ραδιοπρόσβαση UMTS Terrestrial Radio Access-UTRA. Το επίγειο δίκτυο θα πρέπει να τηρεί τις ακόλουθες προϋποθέσεις, που τηρεί η WCDMA, δηλαδή:

- Υποστήριξη υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, 384 kbps για ανοικτή κάλυψη και 2 Mbps για τοπική εμβέλεια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συνολικό εύρος ζώνης 5 MHz.

- Υψηλή ικανότητα εξυπηρέτησης περισσότερων της μιας συχνοτήτων φέροντος και διαφορετικών ρυθμών μετάδοσης σε κάθε σύνδεση.
- Αποδοτική διαχείριση ισχύος που περιορίζει τις παρεμβολές στο δίκτυο, ελαχιστοποιεί την ισχύ μετάδοσης των κινητών και εξασφαλίζει μεγαλύτερη διάρκεια στην μπαταρία των ΚΣ.
- Αποδοτική και γρήγορη διαχείριση πακέτων.
- Κατασκευασμένο ώστε να υποστηρίζει εμπλουτισμένες τεχνολογίες χωρητικότητας-κάλυψης, όπως προσαρμοζόμενες κεραίες, εξελιγμένες δομές δεκτών, ποικιλία συστημάτων εκπομπής.
- Υποστήριξη διασυχνοτικής μεταγωγής μεταξύ διαφορετικών ιεραρχικά κυψελών καθώς και μεταξύ ετερογενών συστημάτων.
- Υποστήριξη χρονικά ασύγχρονων σταθμών βάσης.

Η W-CDMA, όπως είδαμε παραπάνω είναι ένα DS-CDMA σύστημα. Εφόσον έχουμε υψηλό bit rate, 384 kbps σε ανοικτές περιοχές και 2 Mbps τοπικά, η ραδιοδιεπαφή W-CDMA προσφέρει πολύ σημαντική βελτίωση εν συγκρίσει με το 2G στενού εύρους CDMA. Συνοπτικά, η W-CDMA μπορεί να προσφέρει:

- Βελτίωση στην κάλυψη και την χωρητικότητα, διεύρυνση του φάσματος και σαφή ανίχνευση της άνω ζεύξης (uplink detection με 5MHz bandwidth).
- Υποστήριξη για διασυχνοτική μεταγωγή (inter-frequency handover), που είναι απαραίτητη για μεγάλης χωρητικότητας, ιεραρχικές δομές (large-capacity hierarchical cell structures - HCS).
- Υποστήριξη τεχνολογιών επαύξησης της χωρητικότητας, όπως προσαρμοζόμενες κεραίες και multi-user detection.

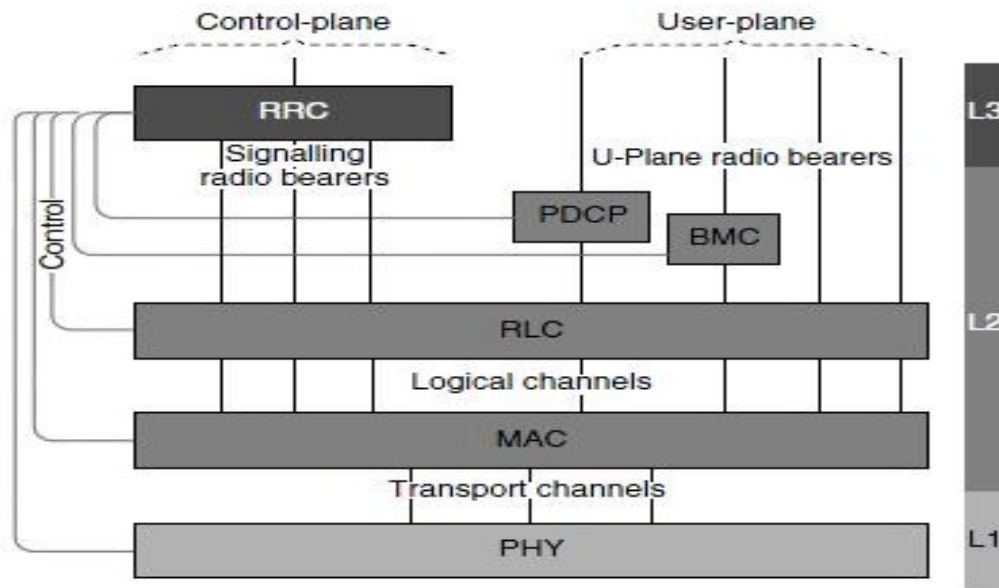
Η Wideband CDMA αποτελεί μια σημαντική πρόοδο των τεχνολογιών TDMA και FDMA που λειτουργούν στο GSM. Προσφέρει μεταφορά δεδομένων της τάξης των 384kbits/s για κάλυψη ευρείας περιοχής και 2Mbit/s για τοπική. Όπως και στο CDMA, κάθε σήμα του χρήστη κωδικοποιείται ξεχωριστά. Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν ταυτόχρονα ένα και μόνο κανάλι συχνότητας χωρίς να παρεμβάλλεται ο ένας στον άλλο. Έτσι, προσφέρεται περίπου 25 φορές μεγαλύτερο εύρος ζώνης, συγκριτικά με το GSM.

Στο πλήρως ψηφιακό σύστημα CDMA και W-CDMA τα δεδομένα που πρόκειται να αποσταλούν «σπάνε» σε πολύ μικρά «πακέτα», σε καθένα από τα οποία προσδίδεται ένας κωδικός. Από πλευράς ορολογίας, υπάρχει ο όρος chip. Το chip είναι η μικρότερη μονάδα υψηλού ποσοστού κωδικοποιημένης ακολουθίας. Όταν λοιπόν στέλνεται ένα σήμα, έχει προηγουμένως χωριστεί σε μικρότερα κομμάτια στα οποία τους έχει δοθεί ένας μοναδικός κωδικός, κι ύστερα στέλνονται στις ραδιοσυχνότητες του δικτύου. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό διακίνησης των chips, τόσο μεγαλύτερο το εύρος του σήματος που καταλήγει. Το εύρος σε κάθε συχνότητα μπορεί να φτάσει τα 3,84 Mchips/s και έτσι το εύρος ζώνης της κάθε συχνότητας μπορεί να επεκταθεί μέχρι τα 5 MHz στο W-CDMA, συγκριτικά με τα 200 KHz στα συστήματα 2ης γενιάς. Όσο μεγαλύτερο είναι λοιπόν το εύρος ζώνης, τόσο πιο πολλά οφέλη απόδοσης έχει και τόσο μεγαλύτερο ποσοστό δεδομένων μπορεί να υποστηρίξει.

1.3.4 Πρωτόκολλα Ραδιοδιεπαφής W-CDMA

Στην παράγραφο αυτή θα μιλήσουμε, σε γενικές γραμμές, για την δομή και τα χαρακτηριστικά της ραδιοδιεπαφής WCDMA. Σύμφωνα με το μοντέλο των πρωτοκόλλων OSI, τα πρωτόκολλα της ραδιοδιεπαφής στο UTRAN μπορούν να περιγραφούν χρησιμοποιώντας ένα διαστρωματωμένο μοντέλο τριών επιπέδων.

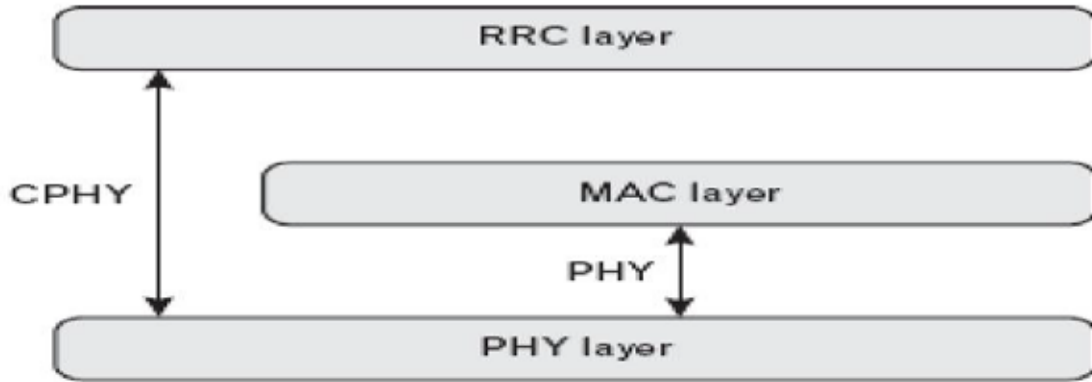
Το χαμηλότερο επίπεδο αυτής της διεπαφής είναι το φυσικό επίπεδο ή φυσικό υπόστρωμα -PHY. Το επίπεδο 2 αποτελείται από τα ακόλουθα υποστρώματα: Medium Access Control-MAC, Radio Link Control-RLC, Broadcast Multicast Control-BMC- και Packet Data Convergence Protocol -PDCP. Τέλος, το επίπεδο 3 περιλαμβάνει τα εξής υποστρώματα: RRC, Mobility Management-MM, GPRS Mobility Management-GMM, Call Control-CC, Supplementary Services-SS, Short Message Service-SMS, Session Management-SM- και GPRS Short Message Service Support-GSMS. Τα πρωτόκολλα αυτά απεικονίζονται σε διάγραμμα μπλοκ στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 1.12: Μοντέλο πρωτοκόλλων διεπαφής [1]

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το φυσικό επίπεδο είναι το χαμηλότερο στο μοντέλο πρωτοκόλλων της W-CDMA ραδιοδιεπαφής και αρμοδιότητά του είναι να χειρίζεται τις ελαφρώς διαφορετικές διεργασίες, ανάλογα εάν αυτό είναι στον ΚΣ ή στον κόμβο Β. Ωστόσο, οι βασικές αρχές παραμένουν οι ίδιες ανεξάρτητα από την τοποθεσία.

Το φυσικό επίπεδο διασυνδέεται με τα υποστρώματα MAC και RRC μέσω λογικών διεπαφών φαίνεται στην εικόνα 1.13.



Εικόνα 1.13: Διεπαφές διασύνδεσης του φυσικού υποστρώματος με το MAC και το RRC

Η διεπαφή που διασυνδέει το φυσικό υπόστρωμα με το υπόστρωμα MAC καλείται PHY και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει δεδομένα-κανάλια συνοδού. Η διεπαφή Control PHY-CPHY- διασυνδέει το φυσικό επίπεδο με το υπόστρωμα RRC και χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφοριών που σχετίζονται με διαδικασίες ελέγχου και μετρήσεων.

Το UTRAN μπορεί να λειτουργήσει σε δύο τρόπους, τον FDD και τον TDD, οι οποίοι θέτουν ελαφρώς διαφορετικές απαιτήσεις για την λειτουργικότητα του επιπέδου 1. Όπως έχουμε αναλύσει εκτενώς σε αυτό το κεφάλαιο, στον FDD τρόπο, οι μεταδόσεις στην άνω και την κάτω ζεύξη χρησιμοποιούν διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων. Στον TDD τρόπο, οι μεταδόσεις στην άνω και την κάτω ζεύξη είναι στην ίδια συχνότητα αλλά σε διαφορετικές χρονοθυρίδες. Κατά συνέπεια, ένα WCDMA/TDD σύστημα προκύπτει από συνδυασμό συστημάτων CDMA/TDMA. Ένα φυσικό κανάλι στον FDD τρόπο λειτουργίας ορίζεται ως μια συχνότητα και ένας κώδικας, ενώ στον τρόπο TDD ορίζεται μια ως ακολουθία από χρονοθυρίδες.

Ο ρυθμός των chips σε μια τυπική διεπαφή στο UTRAN είναι 3.84 Mcps. Ένα ραδιοπλαίσιο των 10 msec επιμερίζεται σε 15 χρονοθυρίδες, το οποίο περιλαμβάνει 2.560 chips ανά χρονοθυρίδα. Αυτό σημαίνει ότι μία χρονοθυρίδα μπορεί, θεωρητικά, να μεταφέρει έως 2.560 σύμβολα. Ωστόσο όμως, αυτός είναι ο συνολικός ρυθμός δεδομένων που είναι διαθέσιμος, ενώ ο ρυθμός που λαμβάνει ένας χρήστης εξαρτάται από το παράγοντα διάχυσης που χρησιμοποιείται στο κανάλι. Στον FDD τρόπο λειτουργίας ο παράγοντας διάχυσης είναι από 4 έως 256 για την άνω ζεύξη και από 4 έως 512 για την κάτω ζεύξη. Στον TDD είναι από 1 έως 16 και στις δύο κατευθύνσεις. Αυτό δίνει ρυθμούς καναλιών από 7.500 symbols/sec έως 960 ksymbols/sec στον FDD και από 240 ksymbols/sec έως 3.84 Msymbols/sec στον TDD.

1.4 Κανάλια της Ραδιοδιεπαφής W-CDMA

Υπάρχουν τρεις ανεξάρτητες κατηγορίες καναλιών στο UTRAN: τα λογικά κανάλια, τα κανάλια συνοδού, και τα φυσικά κανάλια. Τα λογικά κανάλια καθορίζουν ποιος τύπος δεδομένων μεταφέρεται. Επίσης, ορίζουν τις υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων που προσφέρονται από το υπόστρωμα MAC, επομένως η έννοια των λογικών καναλιών υφίσταται στις διεπαφές του επιπέδου 2, πάνω από το υπόστρωμα MAC. Τα κανάλια συνοδού καθορίζουν πώς και με ποια χαρακτηριστικά

τα δεδομένα μεταφέρονται από το φυσικό στρώμα. Αυτά τα κανάλια χρησιμοποιούνται στη διεπαφή μεταξύ του υποστρώματος MAC και του φυσικού υποστρώματος. Το κανάλι συνοδού είναι μια καινούργια έννοια που εισάγεται στο WCDMA, εν αντιθέσει με το GSM όπου δεν υφίσταται η έννοια των καναλιών συνοδού. Τα φυσικά κανάλια καθορίζουν τα ακριβή φυσικά χαρακτηριστικά των ραδιοδιαύλων. Αυτά είναι τα κανάλια που χρησιμοποιούνται κάτω από το φυσικό υπόστρωμα, δηλαδή στη ραδιοδιεπαφή.

1.4.1 Λογικά Κανάλια

Από την αρχή της παραγράφου αυτής πρέπει να επισημανθεί ότι τα λογικά κανάλια δεν αποτελούν νοητές οντότητες του φυσικού υποστρώματος-επίπεδο 1, αλλά αποτελούν λειτουργικό δομικό στοιχείο της διεπαφής που διασυνδέει τα υποστρώματα MAC και RLC. Δηλαδή, τα λογικά κανάλια ξεκάθαρα ανήκουν στο επίπεδο 2.

Τα λογικά κανάλια διακρίνονται σε κανάλια ελέγχου-control channels- και σε κανάλια κίνησης-traffic channels. Ένα κανάλι ελέγχου μπορεί να είναι είτε κοινό-common- είτε αφοσιωμένο-dedicated. Ένα κοινό κανάλι είναι σημείο σε πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint) δηλαδή κοινό για όλους τους χρήστες σε μία κυψέλη, και ένα αφοσιωμένο κανάλι είναι ένα από σημείο σε σημείο κανάλι δηλαδή χρησιμοποιείται από ένα μόνο χρήστη. Τα κανάλια ελέγχου μεταφέρουν πληροφορίες επιπέδου ελέγχου και τα αφοσιωμένα κανάλια πληροφορίες επιπέδου χρηστών.

Τα λογικά κανάλια ελέγχου είναι:

- Broadcast Control Channel (BCCH)

Κοινό κανάλι κάτω ζεύξης. Μεταδίδει πληροφορίες του συστήματος καθώς και πληροφορίες που σχετίζονται με την συγκεκριμένη κυψέλη.

- Paging Control Channel (PCCH)

Κανάλι κάτω ζεύξης. Μεταφέρει πληροφορίες σελιδοποίησης καθώς και άλλες ειδοποιήσεις.

- Dedicated Control Channel (DCCH)

Διπλής κατεύθυνσης, “σημείο – προς – σημείο” κανάλι. Μεταφέρει πληροφορίες που συνδέονται με τον έλεγχο των αφιερωμένων καναλιών για την λειτουργία του συστήματος σε αφοσιωμένο τρόπο.

- Common Control Channel (CCCH)

Διπλής κατεύθυνσης, “σημείο – προς – πολλά σημεία” κανάλι. Μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου.

- Shared Channel Control Channel (SHCCH)

Διπλής κατεύθυνσης κανάλι. Μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου και για τις δύο κατευθύνσεις των shared καναλιών. Μόνο στον TDD τρόπο λειτουργίας.

Τα λογικά κανάλια κίνησης που χρησιμοποιούνται είναι:

- **Dedicated Traffic Channel (DTCH)**

Διπλής κατεύθυνσης, “σημείο – προς – σημείο” κανάλι. Μεταφέρει πληροφορίες χρηστών.

- **Common Traffic Channel (CTCH)**

Κάτω ζεύξης, “σημείο – προς – πολλά σημεία” κανάλι. Μεταφέρει πληροφορίες αφοσιωμένου τρόπου λειτουργίας για ένα σύνολο χρηστών.

1.4.2 Κανάλια Συνόδου

Τα κανάλια συνόδου καθορίζουν πώς και με ποια χαρακτηριστικά μεταφέρονται τα δεδομένα από το φυσικό υπόστρωμα. Τα κανάλια συνόδου διακρίνονται σε κοινά κανάλια και αφοσιωμένα κανάλια. Είναι όλα μονής κατεύθυνσης.

Τα κανάλια κοινού συνόδου είναι:

- **Broadcast Channel (BCH)**

Κανάλι κάτω ζεύξης, το οποίο μεταδίδει πληροφορίες του συστήματος καθώς πληροφορίες που σχετίζονται με την συγκεκριμένη κυψέλη.

- **Paging Channel (PCH)**

Κανάλι κάτω ζεύξης που χρησιμοποιείται για την μετάδοση μηνυμάτων σελιδοποίησης καθώς και άλλων ειδοποιήσεων. Η μετάδοση σχετίζεται με την μετάδοση του δείκτη σελιδοποίησης στο PICH φυσικό κανάλι.

- **Random Access Channel (RACH)**

Άνω ζεύξης κανάλι συναγωνισμού. Χρησιμοποιείται για την αρχική πρόσβαση ή τα όχι σε πραγματικό χρόνο δεδομένα αφιερωμένου ελέγχου ή κίνησης. Πεδίο δεδομένων περιορισμένου εύρους.

- **Common Packet Channel (CPCH)**

Κανάλι που βασίζεται στο “συναγωνισμό: και χρησιμοποιείται για την μετάδοση των δεδομένων κίνησης που έχουν την δομή των bursts. Κανάλι άνω ζεύξης. Μόνο στον FDD τρόπο λειτουργίας.

- **Forward Access Channel (FACH)**

Κοινό κανάλι κάτω ζεύξης. Δύναται να μεταφέρει μικρά ποσά δεδομένων χρηστών.

- **Downlink Shared Channel (DSCH)**

Κανάλι κάτω ζεύξης που μοιράζεται από πολλούς ΚΣ. Χρησιμοποιείται για δεδομένα αφιερωμένου ελέγχου και για δεδομένα κίνησης. Σχετίζεται με ένα DCH (δεν υπάρχει από μόνο του).

- **High-Speed Downlink Shared Channel (HS-DSCH)**

Κανάλι κάτω ζεύξης που μοιράζεται από πολλούς ΚΣ. Βελτιστοποιημένο για πολύ υψηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Χρησιμοποιεί σχέδιο προσαρμογής αποδοτικής ζεύξης. Πολύ γρήγοροι ρυθμοί αλλαγής (το πλαίσιο HSDPA είναι μόνο 2

ms αντίθετα με τα 10 ms των άλλων καναλιών). Σχετίζεται με ένα DCH και μέχρι 4 HS-SCCHs (δεν υπάρχει από μόνο του). Διαθέσιμο από την έκδοση 5 και άνω.

- Uplink Shared Channel (USCH)

Κανάλι άνω ζεύξης που μοιράζεται από πολλούς ΚΣ. Μεταφέρει δεδομένα αφιερωμένου ελέγχου και δεδομένα κίνησης. Μόνο στον TDD τρόπο λειτουργίας.

Το μόνο κανάλι αφοσιωμένου συνόδου είναι το:

- Dedicated Channel (DCH)

Για έναν ΚΣ μόνο. Χρησιμοποιείται είτε στην άνω ζεύξη είτε στην κάτω ζεύξη.

1.4.3 Φυσικά Κανάλια

Υπάρχουν δύο τρόποι να χρησιμοποιηθεί το εκχωρούμενο φάσμα στο UTRAN. Στον αμφίδρομο τρόπο λειτουργίας με επιμερισμό συχνότητας-FDD, όπου οι ζώνες της άνω και της κάτω ζεύξης έχουν τα δικά τους κανάλια συχνοτήτων. Στον αμφίδρομο τρόπο λειτουργίας με επιμερισμό χρόνου-TDD, όπου υπάρχει μόνο ένα κανάλι συχνοτήτων, το οποίο εκχωρείται κατά ένα δυναμικό τρόπο για τις χρονοθυρίδες της άνω και της κάτω ζεύξης. Επίσης, στον TDD διατίθενται οι μικρότερες συχνοτικές ζώνες. Στην πράξη, στον FDD εκχωρείται το συμμετρικό μέρος της κατανομής του φάσματος στο UMTS, ενώ ο TDD περιορίζεται στο ασύμμετρο τμήμα του φάσματος. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας, τα φυσικά κανάλια διαφέρουν ελάχιστα.

α. Φυσικά κανάλια στον FDD τρόπο λειτουργίας

Τα φυσικά κανάλια στον FDD τρόπο λειτουργίας περιγράφονται ως ακολούθως.

Κάτω ζεύξη

- Synchronization Channel (SCH)

Χρησιμοποιείται για αναζήτηση κυψέλης. Δύο υποκανάλια, το πρωτεύον και το δευτερεύον κανάλι συγχρονισμού. Μεταδίδεται μόνο κατά τη διάρκεια των πρώτων 256 chips (δηλ. το ένα δέκατο κάθε χρονοθυρίδας).

- Common Pilot Channel (CPICH)

Σταθερός ρυθμός στα 30 Kbps. Μεταφέρει ένα προκαθορισμένο bit ακολουθίας.

Δύο τύποι, το πρωτεύον και το δευτερεύον CPICH:

- Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)

Σταθερός ρυθμός στα 30 Kbps. Μεταφέρει το BCH. Δεν μεταδίδεται κατά τη διάρκεια των πρώτων 256 chips κάθε χρονοθυρίδας.

- Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)

Μεταβλητός ρυθμός. Μεταφέρει το FACH και το PCH. Τα FACH και PCH μπορούν να χαρτογραφηθούν στα ίδια ή ξεχωριστά κανάλια. Μεταδίδεται μόνο όταν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.

- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)

Μεταφέρει το DSCH (downlink shared channel). Πάντοτε σχετίζεται με ένα DPCH της κάτω ζεύξης, το οποίο μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου.

- Paging Indicator Channel (PICH)

Μεταφέρει πληροφορίες σελίδας για να δηλώσει την παρουσία ενός μηνύματος σελίδας στο PCH.

- Acquisition Indicator Channel (AICH)

Μεταφέρει δείκτες κτήσης

- CPCH Access Preamble Acquisition Indicator Channel (AP-AICH)

Μεταφέρει εισαγωγικούς δείκτες κτήσης του σχετικού CPCH.

- CPCH Status Indicator Channel (CSICH)

Μεταφέρει πληροφορίες κατάστασης για το CPCH.

- CPCH Collision-Detection/Channel-Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH)

Μεταφέρει δείκτες CD (collision detection) μόνο εάν το CA (channel assignment) είναι ανενεργό, ή δείκτες CD και CA μαζί την ίδια χρονική στιγμή εάν το είναι ενεργό.

- High-Speed Physical Downlink Shared Channel (HS-PDSCH)

Μεταφέρει το HS-DSCH. Μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε QPSK ή 16 QAM διαμόρφωση. Ένα HS-PDSCH πλαίσιο έχει διάρκεια 2 ms και αποτελείται από 3 χρονοθυρίδες. Χρησιμοποιεί πάντα παράγοντα διάχυσης με τιμή 16. Ένας ΚΣ μπορεί να λαμβάνει πολλά HS-PDSCH ταυτόχρονα.

- Shared Control Channel for HS-DSCH (HS-SCCH)

Μεταφέρει σηματοδότηση κάτω ζεύξης που σχετίζεται με την HS-DSCH μετάδοση. Δηλώνει πότε υπάρχουν δεδομένα για να ληφθούν στο HS-DSCH για ένα συγκεκριμένο ΚΣ. Κανάλι σταθερού ρυθμού (SF = 128, δηλ. 60 kbps). Ένας ΚΣ μπορεί να ελέγχει μέχρι 4 HS-SCCHs.

Κάτω και άνω ζεύξη

- Dedicated physical data channel (DPDCH)

Μεταφέρει το αφοσιωμένο κανάλι DCH. Μεταφέρει δεδομένα που παράγονται στο επίπεδο 2 και άνω.

- Dedicated physical control channel (DPCCH)

Μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου που παράγονται στο επίπεδο 1. Να σημειωθεί ότι στην άνω ζεύξη αυτά τα δύο κανάλια είναι I/Q πολυπλεγμένα με κώδικα, αλλά στην

κάτω ζεύξη είναι χρονικά πολυπλεγμένα. Κάποιες φορές το DPDCH και το DPCCH αποτελούν από κοινού μία οντότητα που είναι γνωστή ως αφοσιωμένο φυσικό κανάλι (Dedicated Physical Channel - DPCH).

‘Ανω ζεύξη

- Physical Random Access Channel (PRACH)
Μεταφέρει το RACH.
- Physical Common Packet Channel (PCPCH)
Μεταφέρει το CPCH (common packet channel). Χρησιμοποιεί DSMA-CD τεχνική με γρήγορες ενδείξεις κτήσης.
- Uplink Dedicated Control Channel for HS-DSCH (HS-DPCCH)
Μεταφέρει HSDPA πληροφορίες ανάδρασης. Πολυπλεγμένο με ένα DPCCH. Χρησιμοποιεί SF=256.

β. TDD Physical Channels

Τα φυσικά κανάλια στον TDD τρόπο λειτουργίας είναι τα ακόλουθα:

Κάτω ζεύξη

- Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)
Μεταφέρει το BCH.
- Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)
Μεταφέρει το PCH και το FACH. Μία ή περισσότερες φορές ανά κυψέλη.
- Synchronization Channel (SCH)
Δίνει την ομάδα κωδικών μιας κυψέλης. Δηλώνει την θέση (χρονοθυρίδα και κώδικας) ενός P-CCPCH.
- Paging Indicator Channel (PICH)
Μεταφέρει δείκτες σελίδας για να δηλώσει την παρουσία ενός μηνύματος σελίδας στο PCH.
- Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)
Μεταφέρει το DSCH.
- Physical Node B Synchronization Channel (PNBSCH)
Μεταφέρει ριπές συγχρονισμού στους κόμβους - B. Χρησιμοποιείται από το δίκτυο για να κερδίσει χρόνο για τον συγχρονισμό μεταξύ των κόμβων - B. Δεν έχει κάποια σημασία για τον ΚΣ, και επομένως με την έννοια αυτή το κανάλι αυτό δεν έχει ούτε uplink ούτε downlink κατεύθυνση, καθώς χρησιμοποιείται μόνο μεταξύ των κόμβων - B.

- High Speed Physical Downlink Shared Channel (HS-PDSCH)
Μεταφέρει το HS-DSCH. Μπορεί να χρησιμοποιήσει είτε QPSK ή 16 QAM διαμόρφωση. Ένας ΚΣ μπορεί να λαμβάνει πολλά HS-PDSCH ταυτόχρονα.

- Shared Control Channel for HS-DSCH (HS-SCCH)
Μεταφέρει σηματοδότηση κάτω ζεύξης που σχετίζεται με την HS-DSCH μετάδοση. Δηλώνει την παρουσία δεδομένων που πρέπει να ληφθούν στο HS-DSCH για ένα συγκεκριμένο ΚΣ. Ένας ΚΣ μπορεί να ελέγξει μέχρι 4 HS-SCCHs.

Κάτω και άνω ζεύξη

- Dedicated Physical Channel (DPCH)
Μεταφέρει το DCH.

Άνω ζεύξη

- Physical Random Access Channel (PRACH)
Μεταφέρει το RACH. Μία ή περισσότερες φορές ανά κυψέλη.

- Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)
Μεταφέρει το USCH.

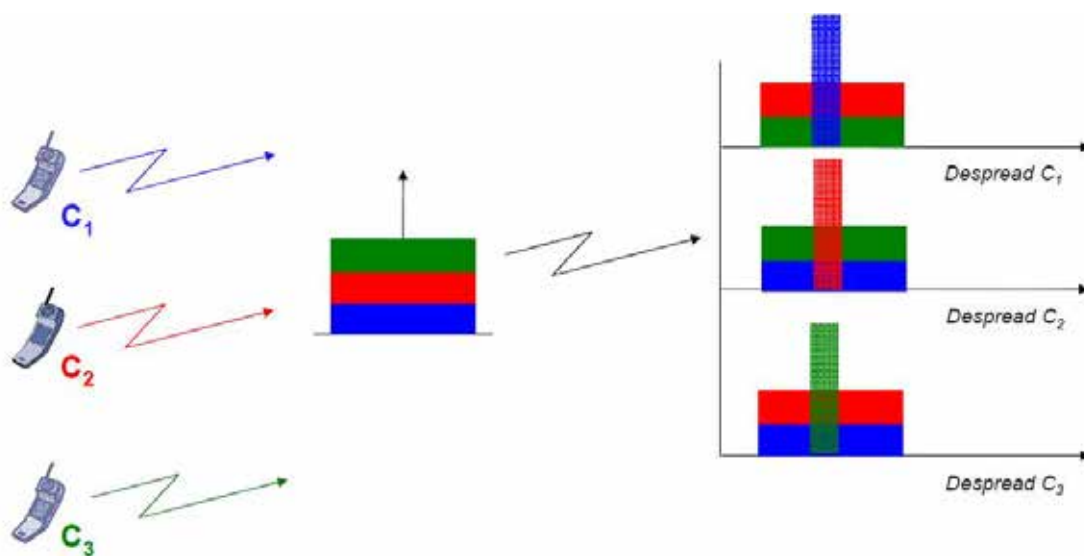
- Shared Information Channel for HS-DSCH (HS-SICH)
Μεταφέρει μέσω του HSDPA πληροφορίες ανάδρασης στον κόμβο – Β. Όλα τα φυσικά κανάλια που υιοθετούνται στο TDD τρόπο λειτουργίας στη κάτω ζεύξη χρησιμοποιούν SF=16 ή, σε ειδικές περιπτώσεις, SF=1. Στην άνω ζεύξη ο παράγοντας διάχυσης ποικίλει μεταξύ 1 και 16.

1.5 Τεχνικές Εξάπλωσης Φάσματος

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που εφαρμόζονται για την εξάπλωση του φάσματος του σήματος πληροφορίας. Οι πιο σημαντικές είναι αυτές που αναφέρονται παρακάτω, αν και δεν είναι οι μοναδικές, και οι οποίες μπορούν να συνδυαστούν για τον σχηματισμό υβριδικών τεχνικών.

- Πολλαπλή πρόσβαση με επιμερισμό κώδικα άμεσης ακολουθίας DS – CDMA
- Πολλαπλή πρόσβαση με επιμερισμό κώδικα με αναπήδηση συχνότητας - Frequency – Hopping CDMA
- Πολλαπλή πρόσβαση με επιμερισμό κώδικα με αναπήδηση χρόνου - Time – Hopping CDMA
- Πολλαπλή πρόσβαση με επιμερισμό κώδικα πολλαπλών φερόντων - Multicarrier CDMA

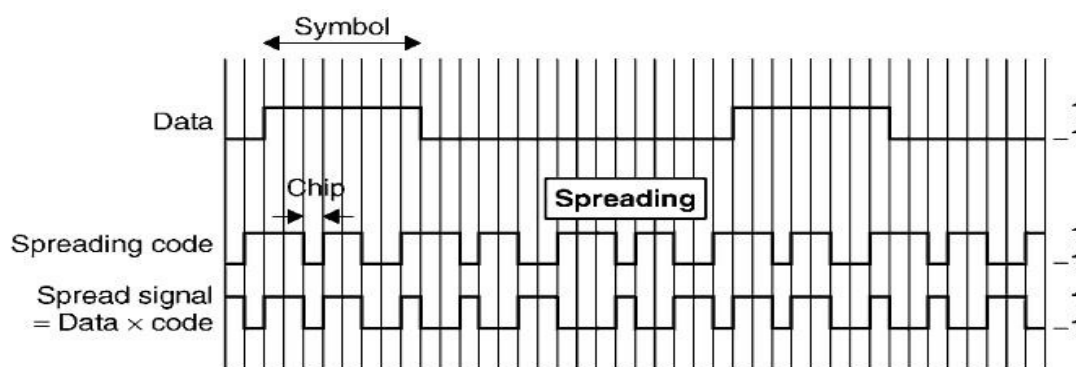
Ωστόσο, λόγω ότι το UTRAN χρησιμοποιεί την άμεσης ακολουθίας πολλαπλή πρόσβαση με επιμερισμό κώδικα (DS-CDMA) τεχνική διάχυσης φάσματος, η ενότητα αυτή είναι αφιερωμένη αποκλειστικά στην DS-CDMA τεχνική. Στην εικόνα 1.14 απεικονίζεται η πολλαπλή πρόσβαση DS-CDMA.



Εικόνα 1.14 Πολλαπλή DS-CDMA

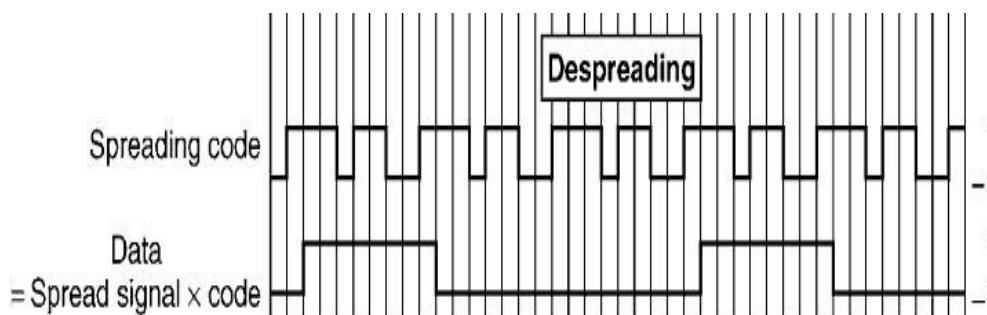
1.5.1 Άμεσης – Ακολουθίας Πολλαπλή Πρόσβαση με Επιμερισμό Κώδικα (DS – CDMA)

Η μετάδοση δεδομένων διάχυτου φάσματος είναι μια τεχνική στην οποία το αρχικό σήμα του χρήστη μετασχηματίζεται σε μια άλλη μορφή η οποία καταλαμβάνει μεγαλύτερο εύρος ζώνης από ότι θα χρειαζόταν κανονικά το αρχικό σήμα. Αυτός ο μετασχηματισμός είναι γνωστός ως διάχυση φάσματος. Η ακολουθία των αρχικών δεδομένων πολλαπλασιάζεται δυαδικά με έναν κώδικα διάχυσης-spreading code- ο οποίος έχει, τυπικά, ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης από το αρχικό σήμα. Αυτή η διαδικασία απεικονίζεται στην εικόνα 1.15. Τα bits του κώδικα διάχυσης καλούνται chips για να ξεχωρίζουν από τα bits της ακολουθίας δεδομένων, τα οποία καλούνται σύμβολα-symbols. Ο όρος "chip" περιγράφει πώς η λειτουργία της διάχυσης τεμαχίζει την ροή των αρχικών δεδομένων σε μικρότερα τμήματα, ή chips.



Εικόνα 1.15: Διάχυση φάσματος δεδομένων [1]

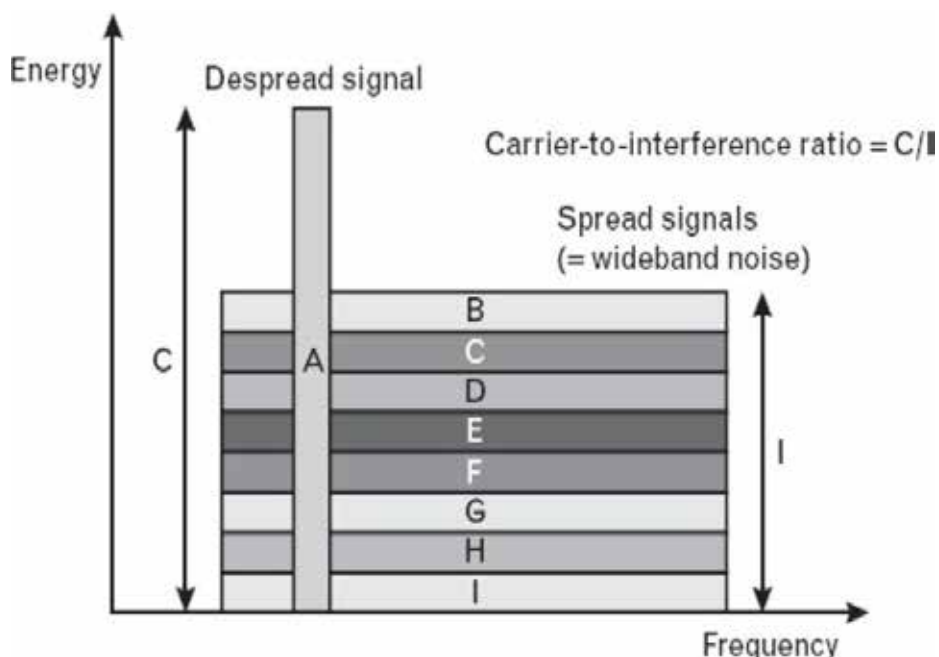
Κάθε χρήστης έχει τον δικό του κώδικα διάχυσης. Ο ίδιος ακριβώς κώδικας χρησιμοποιείται και στους δύο μετασχηματισμούς σε κάθε άκρο της ραδιοζεύξης, διαχέοντας το αρχικό σήμα για να παραχθεί ένα ευρείας ζώνης σήμα και από-διαχέοντας στην συνέχεια το σήμα αυτό για την αναπαραγωγή του αρχικού σήματος στενής ζώνης-εικόνα 1.16. Ο λόγος του εύρους ζώνης μετάδοσης προς το εύρος ζώνης του αρχικού σήματος καλείται κέρδος επεξεργασίας -processing gain- ή παράγοντας διάχυσης-spreading factor. Διαισθητικά, ο λόγος αυτός εκφράζει τον αριθμό των chips που χρησιμοποιούνται για την διάχυση ενός συμβόλου δεδομένων. Στο UTRAN, οι τιμές του παράγοντα διάχυσης κυμαίνονται μεταξύ 4 και 512 (στον TDD τρόπο λειτουργίας μόνο SF=1 και SF=16 επιτρέπονται). Όσο χαμηλότερος είναι ο παράγοντας διάχυσης, τόσο περισσότερα δεδομένα ωφέλιμου φορτίου μπορεί να μεταφέρει ένα σήμα στη ραδιοδιεπαφή.



Εικόνα 1.16: Από - διάχυση δεδομένων ευρείας ζώνης [1]

Οι κώδικες διάχυσης είναι μοναδικοί, τουλάχιστον σε επίπεδο κυψέλης. Αυτό σημαίνει ότι όταν ένας χρήστης από-διαχέει το λαμβανόμενο σήμα ευρείας ζώνης, η μοναδική συνιστώσα που χρειάζεται είναι ο ίδιος κώδικας που έχει χρησιμοποιηθεί για την διάχυση των δεδομένων στη συσκευή αποστολής σημάτων. Δύο τύποι κωδικών διάχυσης χρησιμοποιούνται στο UTRAN: οι ορθογώνιοι κώδικες-orthogonal codes- και οι ψευδο-θορύβου κώδικες (pseudo-noise codes – PN codes).

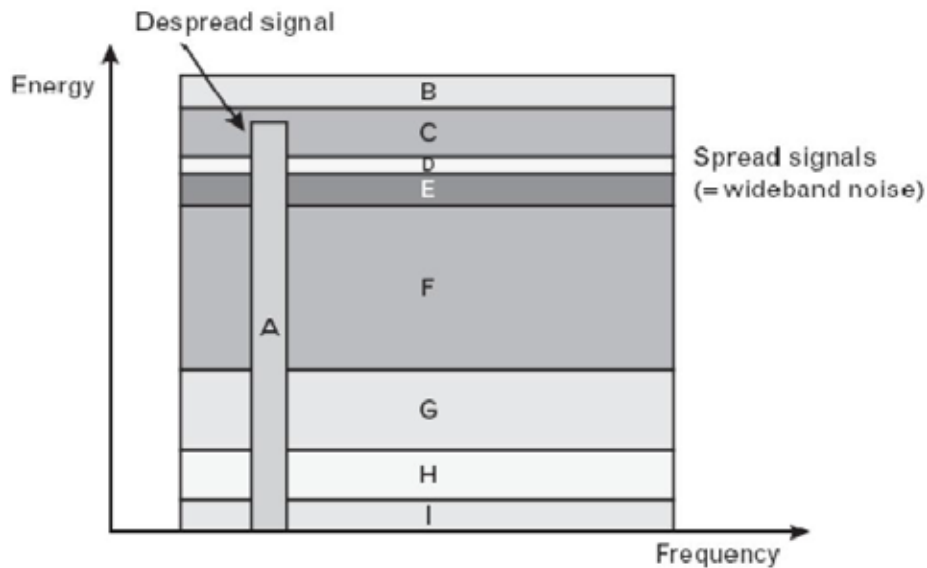
Οι κώδικες διάχυσης έχουν χαμηλή διασταυρούμενη-συσχέτιση (cross-correlation) με άλλους κώδικες. Στην περίπτωση των πλήρως συγχρονισμένων ορθογώνιων κωδικών, η αυτό-συσχέτιση (auto-correlation) είναι πραγματικά μηδέν. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι διάφορα σήματα ευρείας ζώνης μπορούν να συνυπάρχουν στην ίδια συχνότητα χωρίς αυστηρή αμοιβαία παρεμβολή. Η ενέργεια ενός ευρείας ζώνης σήματος είναι διασκορπισμένη σε ένα τόσο μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο είναι ακριβώς όπως ο θόρυβος υποβάθρου συγκρινόμενο με το αρχικό σήμα. Δηλαδή, η φασματική πυκνότητα ισχύος της ενέργειας ενός σήματος ευρείας ζώνης είναι μικρή. Όταν το σύνθετο σήμα ευρείας ζώνης συσχετίζεται με έναν δεδομένο κώδικα από-διάχυσης (de-spreading code), μόνο το αρχικό εκείνο σήμα με τον αντίστοιχο κώδικα διάχυσης από-διαχέεται ενώ όλες οι άλλες συνιστώσες του αρχικού σήματος παραμένουν διασκορπισμένες όπως απεικονίζεται στην εικόνα 1.17. Κατά συνέπεια, το αρχικό σήμα μπορεί να ανακτηθεί στο δέκτη εφ' όσον η ισχύς του σήματος από-διάχυσης είναι μερικά decibels μεγαλύτερη από την ισχύ του θορύβου παρεμβολής, δηλαδή ο λόγος του φέροντος προς την παρεμβολή -C/I- πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος.



Εικόνα 1.17: Ανάκτηση του αρχικού σήματος πληροφορίας

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η πυκνότητα ισχύος ενός διάχυτου σήματος μπορεί να είναι πολύ χαμηλότερη από την πυκνότητα ισχύος του σύνθετου - ευρείας ζώνης σήματος, οπότε σε αυτήν την περίπτωση η αποκατάσταση του αρχικού σήματος είναι εφικτή εάν ο παράγοντας διάχυσης είναι αρκετά υψηλός. Όμως εάν υπάρχουν πάρα πολλοί χρήστες οπότε καθένας από αυτούς συμβάλλει στη συνολική

παρεμβολή, τότε το σήμα που μας ενδιαφέρει επισκιάζεται από το ολικό σύνθετο σήμα και η επικοινωνία καθίσταται αδύνατη, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 1.18.



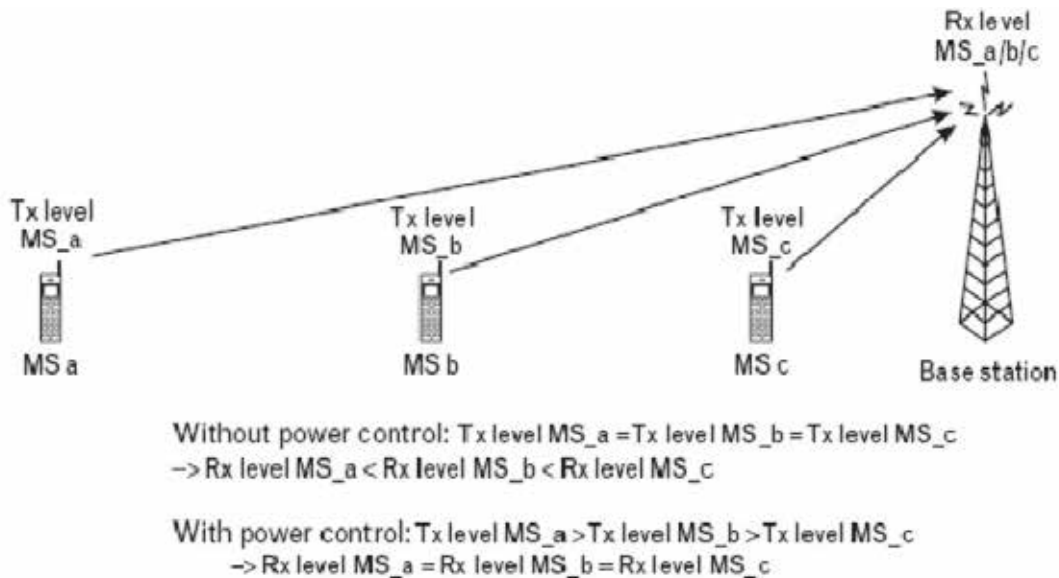
Εικόνα 1.18: Αδυναμία ανάκτησης του αρχικού σήματος πληροφορίας

Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει σαφές ότι ένας μεταφορέας ευρείας ζώνης δεν αυξάνει την χωρητικότητα του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Σε γενικές γραμμές, ένα σύνολο από μεταφορείς στενής ζώνης που καταλαμβάνουν το ίδιο εύρος ζώνης θα ήταν σε θέση να μεταβιβάσουν τόσα δεδομένα όσο το ευρείας ζώνης σήμα. Εντούτοις, σε ένα ευρείας ζώνης σύστημα, τα σήματα είναι ανθεκτικότερα στην διακυψελωτή παρεμβολή και έτσι είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθεί η ίδια συχνότητα σε παρακείμενες κυψέλες. Αυτό σημαίνει ότι ο παράγοντας επαναχρησιμοποίησης συχνότητας είναι ένα, ενώ π.χ. στα συστήματα GSM ο παράγοντας επαναχρησιμοποίησης συχνότητας είναι τουλάχιστον τέσσερα. Το γεγονός αυτό από μόνο του παρέχει ένα ουσιαστικό κέρδος, όσον αφορά τη χωρητικότητα, συγκριτικά με τα συστήματα στενής ζώνης, αν και η αύξηση της χωρητικότητας δεν εξαρτάται μόνο από τον παράγοντα επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων.

1.6 Έλεγχος Ισχύος – Power Control

Ο έλεγχος ισχύος είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση του W-CDMA δικτύου, ειδικά για την άνω ζεύξη. Είναι απαραίτητος για την ελαχιστοποίηση της παρεμβολής στο σύστημα και χρησιμοποιείται τόσο για την άνω ζεύξη όσο και για την κάτω ζεύξη. Χωρίς τον έλεγχο ισχύος ένα κινητό μπορεί να μπλοκάρει όλη τη κυψέλη.

Στην άνω ζεύξη, όλα τα σήματα θα πρέπει να φθάνουν στο ΣΒ με την ίδια ισχύ. Όμως οι ΚΣ δεν λειτουργούν εκπέμποντας σταθερή στάθμη ισχύος διότι διαφορετικά οι κυψέλες θα επισκιάζονταν από τις εκπομπές χρηστών που βρίσκονται κοντά στους ΣΒ, ενώ οι απομακρυσμένοι χρήστες δεν θα ακούγονταν από τους ΣΒ. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως φαινόμενο κοντινού-μακρινού πεδίου (near-far effect) και απεικονίζεται στην εικόνα 1.19. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται έλεγχος ισχύος στην άνω ζεύξη, όπου οι ΚΣ που είναι απομακρυσμένοι από τον ΣΒ θα πρέπει να εκπέμπουν σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα ισχύος.



Εικόνα 1.19: Φαινόμενο κοντινού – μακρινού πεδίου στην UL

Η κατάσταση είναι διαφορετική στην κατεύθυνση της κάτω ζεύξης. Στην ιδανική περίπτωση, τα σήματα που εκπέμπονται από τους ΣΒ είναι ορθογώνια και ως εκ τούτου δεν παρεμβάλλονται το ένα με το άλλο. Ωστόσο όμως, είναι αδύνατον να επιτύχουμε πλήρη ορθογωνιότητα σε τυπικά περιβάλλοντα κινητών επικοινωνιών. Οι ανακλάσεις που υφίστανται τα σήματα κατά την διάδοσή τους αλλά και η εκπομπή σημάτων από γειτονικούς ΣΒ έχει σαν αποτέλεσμα την μη-ορθογωνιότητα και επομένως την αύξηση της στάθμης των παρεμβολών. Πρέπει επίσης να έχουμε υπόψη ότι το CDMA σύστημα είναι έτσι δομημένο ώστε γειτονικές κυψέλες να χρησιμοποιούν τις ίδιες ραδιοσυχνότητες φέροντος στην κάτω ζεύξη. Επομένως ο έλεγχος ισχύος στην κάτω ζεύξη είναι επιβεβλημένος. Τα σήματα στην κάτω ζεύξη θα πρέπει να μεταδίδονται με την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ ώστε να διατηρείται ένα δεδομένο επίπεδο στην ποιότητα υπηρεσιών.

Στο UMTS υπάρχουν δύο βασικοί μηχανισμοί ελέγχου ισχύος:

- i. ο έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόγχου (Open-Loop Power Control)
- ii. ο έλεγχος ισχύος κλειστού βρόγχου (Closed-Loop Power Control)

Στην κατηγορία του ελέγχου ισχύος κλειστού βρόγχου διακρίνονται οι ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

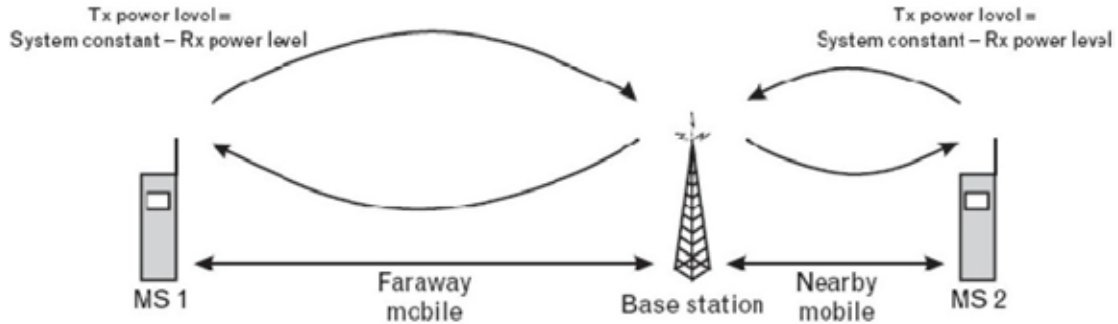
- ο έλεγχος ισχύος εσωτερικού βρόγχου ή ταχύς έλεγχος ισχύος (Inner-Loop ή Fast Power Control)
- ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου ή αργός έλεγχος ισχύος (Outer-Loop ή Slow Power Control)

1.6.1 Έλεγχος Ισχύος Ανοιχτού Βρόγχου

Η τεχνική έλεγχου ισχύος ανοιχτού βρόγχου απαιτεί από τον μηχανισμό εκπομπής να μετρά την στάθμη της παρεμβολής των καναλιών και ρυθμίζει την ισχύ εκπομπής του αναλόγως. Αυτό μπορεί να γίνει γρήγορα, αλλά το πρόβλημα είναι ότι η εκτίμηση της παρεμβολής γίνεται στο λαμβανόμενο σήμα, όταν το μεταδιδόμενο σήμα χρησιμοποιεί πιθανώς μια διαφορετική συχνότητα, η οποία διαφέρει από αυτή του λαμβανόμενου σήματος λόγω της αμφίδρομης λειτουργίας-duplex mode- του συστήματος. Δεδομένου ότι οι γρήγορες διαλείψεις που λαμβάνουν χώρα στην κάτω ζεύξη και στο UP είναι ασυσχέτιστες, αυτή η μέθοδος δίνει τις σωστές τιμές για την ισχύ μόνο κατά μέσον όρο.

Εντούτοις, εάν έχουμε ένα UTRAN - UMTS TDD σύστημα, τότε και η κάτω ζεύξη και η άνω ζεύξη χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα και έτσι οι διαδικασίες εξασθένισης της ισχύος και προς τις δύο κατευθύνσεις είναι έντονα συσχετισμένες. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος ισχύος ανοικτού βρόγχου δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα σε συστήματα που λειτουργούν με την TDD τεχνική. Εάν η μετάδοσης ισχύος στην κάτω ζεύξη είναι σταθερή και γνωστή, τότε ο ΚΣ μπορεί απλά να μετρήσει το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος και να ρυθμίσει την δική του στάθμη εκπομπής αναλόγως. Όσο πιο υψηλό είναι το επίπεδο της λαμβανόμενης ισχύος, τόσο χαμηλότερη πρέπει να είναι η στάθμη ισχύος κατά την εκπομπή. Το άθροισμα των επιπέδων ισχύος λήψης και εκπομπής να είναι μια σταθερή τιμή, το οποίο απεικονίζεται στην εικόνα 1.20.

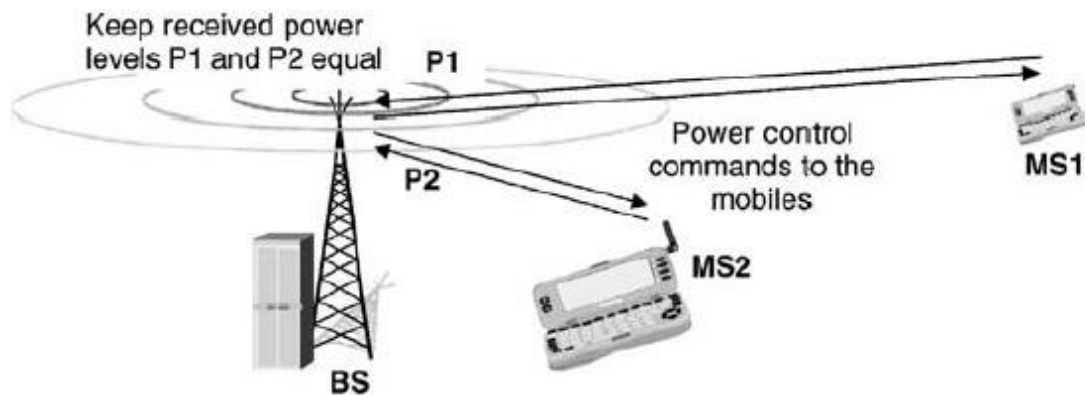
Εάν η ισχύς εκπομπής του ΣΒ δεν είναι σταθερή για ένα δεδομένο κανάλι, κατόπιν ο ΚΣ πρέπει είτε να ελέγχει - παρακολουθεί κάποιο άλλο κανάλι είτε θα πρέπει να λάβει την απαιτούμενη ισχύ μετάδοσης από τον ΣΒ με κάποιο τρόπο (π.χ. θα μπορούσε να σταλθεί ένα κανάλι συγχρονισμού). Είναι κοινή πρακτική να χρησιμοποιείται η λαμβανόμενη τιμή της μετάδοσης για την εκτίμηση της τρέχουσας απώλεια διάδοσης. Υποθέτουμε ότι τα κανάλια ραδιοφωνικής μετάδοσης δεν χρησιμοποιούν τον μηχανισμό έλεγχου ισχύος, δηλαδή στέλνονται χρησιμοποιώντας ένα σταθερό επίπεδο ισχύος, σε αντίθεση με τα αφοσιωμένα κανάλια όπου χρησιμοποιείται ο μηχανισμός έλεγχου ισχύος.



Εικόνα 1.20: Έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόχου στην άνω ζεύξη TDD συστήματος

1.6.2 Έλεγχος Ισχύος Κλειστού Βρόχου

Στην τεχνική ελέγχου ισχύος κλειστού βρόχου, οι μετρήσεις ποιότητας γίνονται στο άλλο άκρο της σύνδεσης, δηλ. στο σταθμό βάσης, και τα αποτελέσματα στέλνονται κατόπιν πίσω στη συσκευή εκπομπής του ΚΣ έτσι ώστε να μπορεί αυτός να ρυθμίσει την ισχύ εκπομπής του. Στην εικόνα 1.21 απεικονίζεται το πρόβλημα και η λύση η οποία δίνεται μέσω του ελέγχου ισχύος κλειστού βρόχου. Τα κινητά τερματικά, MS1 και MS2, λειτουργούν στην ίδια συχνότητα αλλά διαχωρίζονται στον σταθμό βάσης από τον κώδικα διάχυσης. Υποθέτουμε ότι το MS1 βρίσκεται στην άκρη της κυψέλης και ότι έχει απώλειες 70dB περισσότερες από αυτές του MS2, το οποίο βρίσκεται κοντά στον σταθμό βάσης. Αν δεν υπήρχε μηχανισμός για το έλεγχο της ισχύς των δύο κινητών, το MS2 θα κάλυπτε το MS1 και θα μπλόκαρε μεγάλο μέρος της κυψέλης, δημιουργώντας το φαινόμενο κοντινού-μακρινού πεδίου. Η καλύτερη λύση, στοχεύοντας στην αύξηση της χωρητικότητας, είναι η ισοστάθμιση της λαμβανόμενης ισχύς ανά bit για όλα τα κινητά σε όλες τις χρονικές στιγμές. Αυτή η μέθοδος δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από τη μέθοδο ανοιχτού βρόχου, αλλά δεν μπορεί να αντιδράσει στις γρήγορες αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στις συνθήκες των ραδιοζεύξεων. Αυτή η τεχνική μπορεί επίσης να εφαρμοστεί με την αντίθετη έννοια, όπου οι ρόλοι του σταθμού βάσης και του ΚΣ αντιστρέφονται.

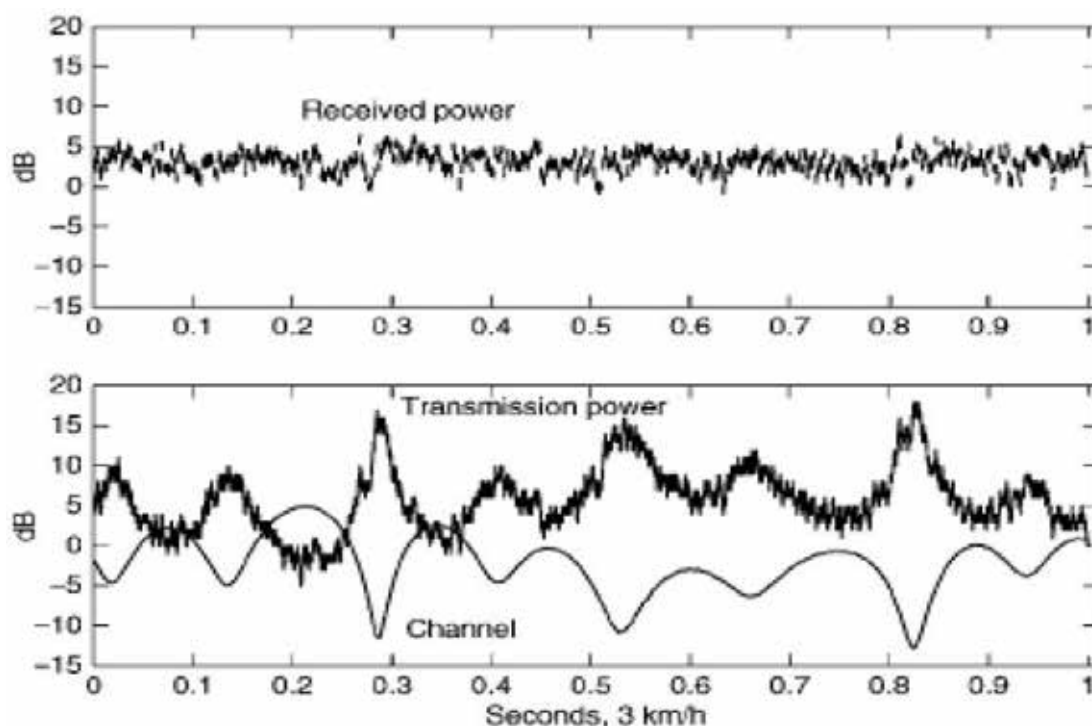


Εικόνα 1.21: Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου στο CDMA [1]

1.6.2.1 Έλεγχος Ισχύος Εσωτερικού Βρόγχου

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο έλεγχος στην ισχύ εκπομπής είναι απαραίτητος για να μειωθούν οι παρεμβολές. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος ισχύος εσωτερικού βρόγχου έχει ένα δυναμικό εύρος και πρέπει να είναι ταχύτατος για να εξουδετερώνει φαινόμενα όπως οι διαλείψεις Rayleigh και η σκίαση, όπου η στάθμη ισχύος του λαμβανόμενου σήματος παρουσιάζει απότομα βυθίσματα ανάλογα με την συχνότητα και την ταχύτητα του αντικειμένου όπως φαίνεται στην εικόνα 1.22. Αυτή η σκίαση προκύπτει από τις πολλές ανακλάσεις που δέχεται το σήμα από τα αντικείμενα του περιβάλλοντος. Ο έλεγχος ισχύος δίνει εντολή στο κινητό να χρησιμοποιεί ισχύ μετάδοσης ανάλογης του αντίστροφου της λαμβανόμενης ισχύος (ή του SIR). Επομένως πολύ λίγες διαλείψεις απομένουν και το κανάλι ουσιαστικά γίνεται ένα κανάλι χωρίς διαλείψεις όπως αυτό φαίνεται από το δέκτη του σταθμού βάσης. Παρότι αυτή η εξάλειψη των διαλείψεων είναι πολύ επιθυμητή από την πλευρά του δέκτη, έχει ως συνέπεια την αύξηση της μέσης ισχύος μετάδοσης του πομπού.

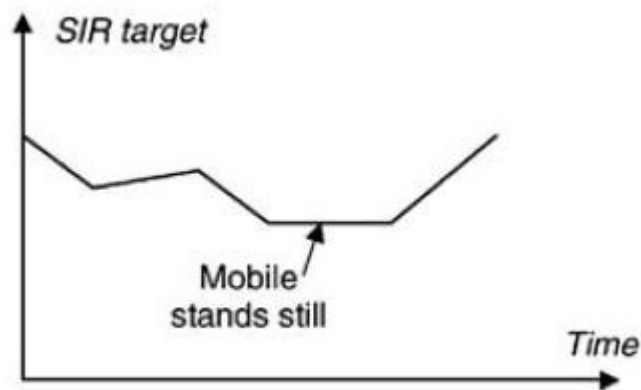
Ο έλεγχος ισχύος εσωτερικού βρόγχου στην άνω ζεύξη ορίζεται ως η δυνατότητα του κινητού εξοπλισμού του χρήστη να ρυθμίσει την εκπεμπόμενη ισχύ από τη συσκευή σύμφωνα με μία ή περισσότερες εντολές TPC-Transmit Power Control- που παραλαμβάνονται στην κάτω ζεύξη, έτσι ώστε να μην ξεπερνιέται ένα συγκεκριμένο επίπεδο στο λόγο του σήματος προς παρεμβολή (Signal-to-Interference Ration - SIR).



Εικόνα 1.22: Έλεγχος ισχύος σε ένα κανάλι με διαλείψεις Rayleigh [1]

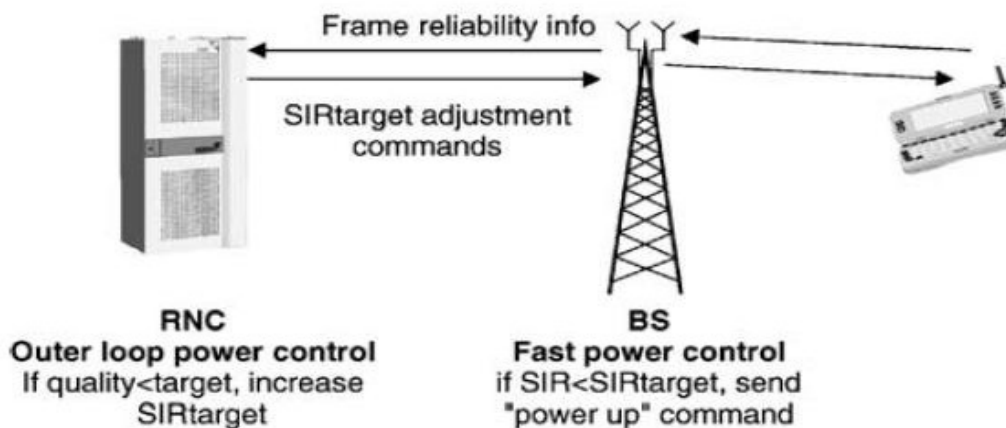
1.6.2.2 Έλεγχος Ισχύος Εξωτερικού Βρόγχου

Τέλος, ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου απαιτείται για να διατηρηθεί η ποιότητα της επικοινωνίας στο απαιτούμενο επίπεδο, όπου χρησιμοποιείται ο λόγος SIR (Signal-to-Interference Ratio) για τον γρήγορο έλεγχο ισχύος. Αυτός ο λόγος καθορίζεται από το Radio Network Controller-RNC και βασίζεται στο ποσοστό λανθασμένων bit -Bit Error Rate BER- ή στο ποσοστό λανθασμένων μπλοκ-Block Error Rate BLER. Γιατί απαιτείται η αλλαγή της επιθυμητής τιμής του SIR; Το απαιτούμενο SIR για BLER= 1% εξαρτάται από την ταχύτητα του κινητού και το προφίλ των πολύ-διαδρομών. Αν, το επιθυμητό SIR ρυθμιζόταν για το χειρότερο σενάριο π.χ. για υψηλές ταχύτητες, θα υπήρχε σπατάλη χωρητικότητας για τις περιπτώσεις χαμηλών ταχυτήτων. Επομένως, η καλύτερη στρατηγική είναι ο καθορισμός του επιθυμητού SIR να κυμαίνεται γύρω από την ελάχιστη τιμή που ικανοποιεί την απαιτούμενη επιθυμητή ποιότητα. Το επιθυμητό SIR θα αλλά με την πάροδο του χρόνου όπως φαίνεται στην εικόνα 1.23, όσο η ταχύτητα και η ιδιομορφία του περιβάλλοντος αλλάζουν.



Εικόνα 1.23: Μεταβολή επιθυμητού SIR σε συνάρτηση του χρόνου [1]

Εάν η λαμβανόμενη ποιότητα στην άνω ζεύξη είναι καλύτερη από την απαιτούμενη, ο SIR μειώνεται. Αν όχι, ο SIR, αυξάνεται.



Εικόνα 1.24: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου [1]

Ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου-απεικονίζεται στην εικόνα 1.24-πραγματοποιείται έχοντας ουσιαστικά τον σταθμό βάσης να εισάγει σε κάθε πλαίσιο δεδομένων του χρήστη στην άνω ζεύξη μία ένδειξη πιστότητας του πλαισίου, όπως κυκλικό έλεγχο πλεονασμού-Cyclic Redundancy Check CRC- αποτέλεσμα ελέγχου κατά την από-διαμόρφωση του συγκεκριμένου πλαισίου του χρήστη. Αν η ένδειξη του πλαισίου δείχνει στο RNC ότι η ποιότητα μετάδοσης μειώνεται, τότε ο RNC θα δώσει εντολή στον σταθμό βάσης να αυξήσει την τιμή του επιθυμητού SIR. Η αιτία για την οποία ο εξωτερικός έλεγχος ισχύος λαμβάνει χώρα στο RNC είναι ότι πρέπει να εκτελεστεί μετά από ένα soft handover-θα παρουσιασθεί στην επόμενη παράγραφο.

Ο εξωτερικός βρόχος συντελεί στην εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας στο μέγιστο βαθμό που επιτρέπει η χωρητικότητα του συστήματος.

1.7 Διαπομπές - Handovers

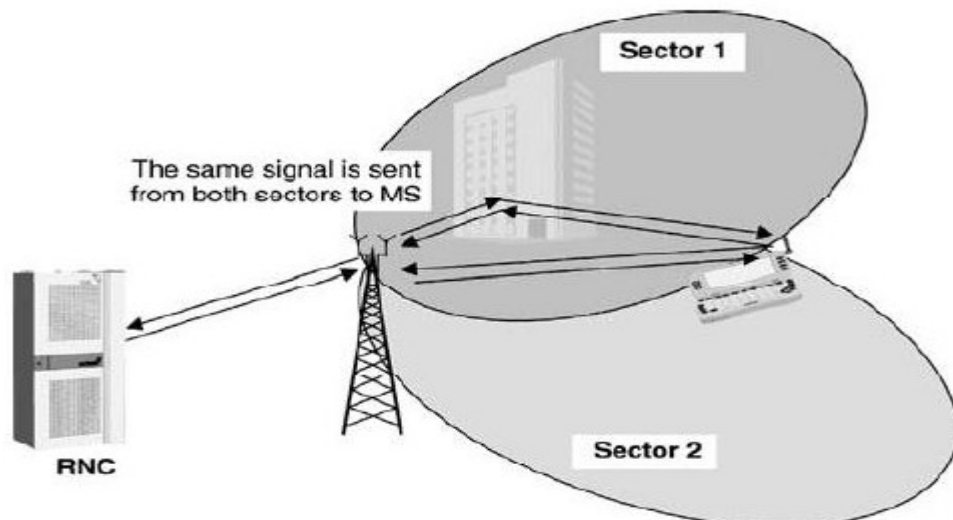
Οι κυριότεροι λόγοι για την πραγματοποίηση διαπομπών-handovers- είναι η φυσική συνέχεια μιας κλήσης και οι επιλογές λειτουργίας των χρηστών. Η διαπομπή που καθορίζεται στα πρότυπα UMTS, σχετίζεται πάντα με τη διαδικασία επανεπιλογής νέας κυψέλης, η οποία εμφανίζεται όταν ένας UE απομακρύνεται από μία κυψέλη και περιέρχεται υπό τον έλεγχο ενός άλλου κόμβου - Β. Υπάρχουν τρεις τύποι handovers στο UMTS:

- 1) Intra-frequency handover (soft/softer handover),
- 2) Inter-frequency handover (hard handover) και
- 3) Inter-system / Inter-RAT handover (hard handover)

1.7.1 Ενδοσυχνотική Διαπομπή - Intra-Frequency Handover -Soft/Softer Handover

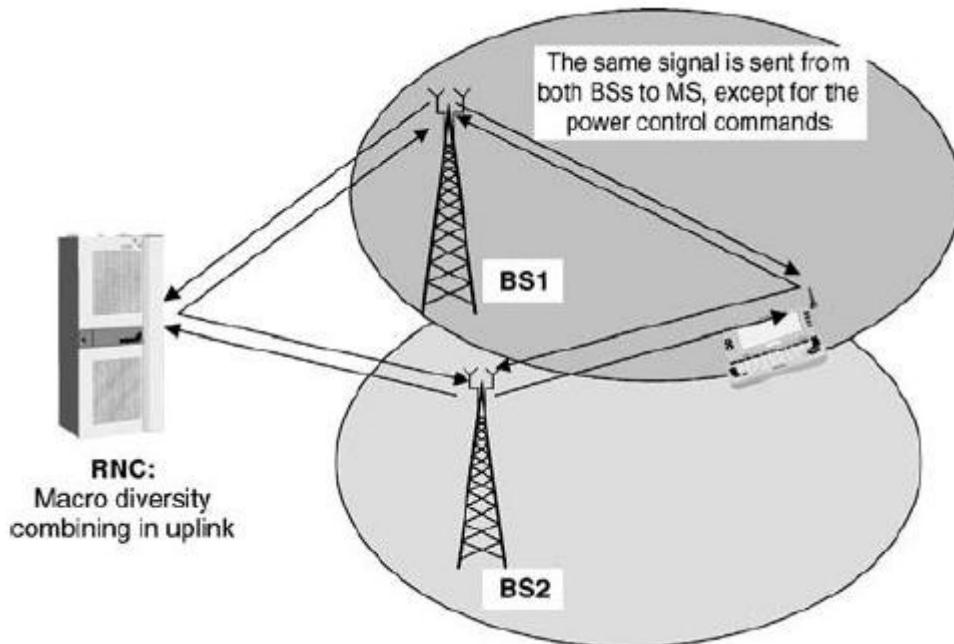
Στην κατηγορία αυτή υπάρχουν δύο τύποι διαπομπών, το softer handover και το soft handover.

Στην περίπτωση του softer handover που απεικονίζεται στην εικόνα 1.25, ο MS βρίσκεται στην επικαλυπτόμενη περιοχή δύο γειτονικών τομέων του ίδιου σταθμού βάσης. Ο MS μετράει ταυτόχρονα την ισχύ των σημάτων σε κάθε τομέα μέσω δύο καναλιών κάτω ζεύξης χωρίς να διακόψει την σύνδεση με την τρέχουσα κυψέλη. Αυτό απαιτεί την ύπαρξη δυο διαφορετικών κωδικών στην κάτω ζεύξη, έτσι ώστε το κινητό να μπορεί να ξεχωρίσει τα σήματα. Εφόσον είναι απαραίτητο ο δέκτης rake του MS λαμβάνει και υπολογίζει τους κώδικες από-διάχυσης και περίπλεξης του κάθε τομέα. Στην άνω ζεύξη, ο BS λαμβάνει τις ισχύεις των δύο σημάτων και από τους δύο τομείς και τις δρομολογεί στον ίδιο δέκτη rake για τον υπολογισμό του μέγιστου λόγου κάτω από έναν ενεργό βρόχο ελέγχου ισχύος ανά σύνδεση.



Εικόνα 1.25: Softer Handover [1]

Στην περίπτωση τώρα του soft handover, ο MS βρίσκεται στην επικαλυπτόμενη περιοχή δύο τομέων που εξυπηρετούνται από διαφορετικό BS ο καθένας, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.26. Οι επικοινωνίες μεταξύ του MS και του BS συμβαίνουν ταυτόχρονα διαμέσου των δύο καναλιών, ένα για κάθε BS. Στην κάτω ζεύξη, ο MS λαμβάνει και τα δύο σήματα που προέρχονται από τους δύο BS για τον υπολογισμό του μέγιστου λόγου. Στην άνω ζεύξη, το MS κανάλι κώδικα φθάνει και στους δύο BS και δρομολογείται στον RNC για τον υπολογισμό όταν επιτρέπεται του ίδιο δείκτη αξιοπιστίας του πλαισίου που παρέχεται από τον εξωτερικό βρόχο ελέγχου ισχύος όταν επιλέγεται το καλύτερο πλαίσιο. Οι δύο ενεργοί βρόχοι ελέγχου ισχύος συμμετέχουν στο soft handover, ένας για κάθε BS.

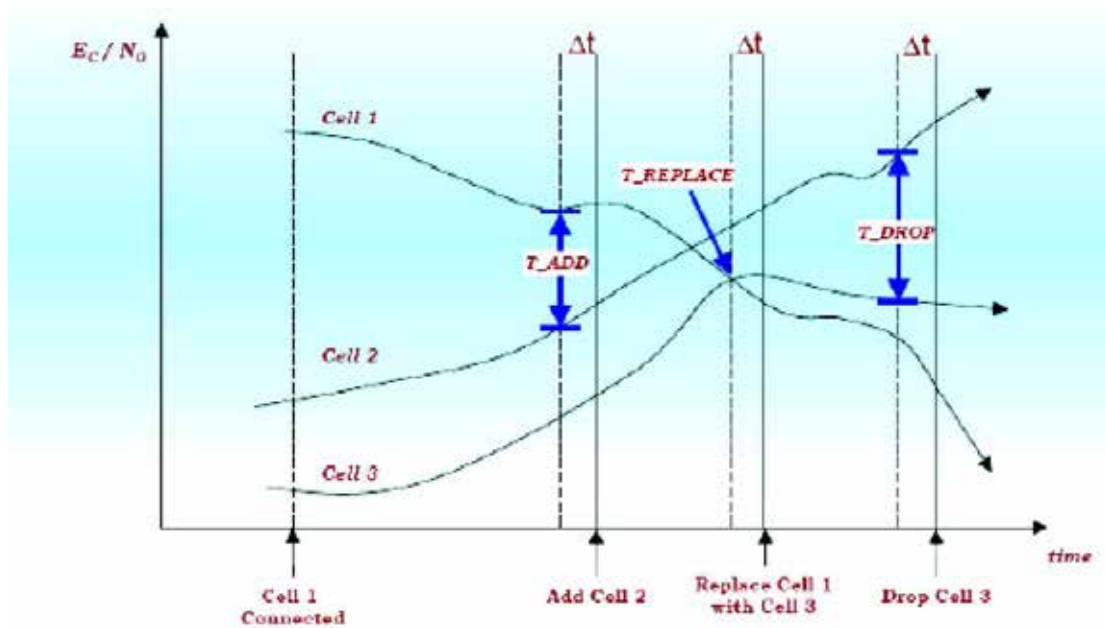


Εικόνα 1.26: Soft Handover [1]

Ενώ το softer handover μπορεί να συμβεί μόνο στο 10% των περιπτώσεων, το soft handover συμβαίνει γύρω στο 30% των συνδέσεων. Ένα από τα πλεονεκτήματα του soft και softer handover είναι η χρήση μακρό-ποικιλομορφίας (macro diversity), που είναι μία δυναμική μέθοδος που συσχετίζει την απώλεια διάδοσης με την κινητικότητα του MS. Στην ενεργή μέθοδο, το κινητό αναζητά συνέχεια νέους σταθμούς βάσης-searcher finger στον δέκτη rake- σε δεδομένη συχνότητα φέροντος.

Θα πρέπει να γίνει σαφές ότι και στις δύο περιπτώσεις το handover γίνεται μεταξύ τομέων που χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες φέροντος στο UMTS. Στο μεν soft handover ο MS είναι συνδεδεμένος σε δύο ή περισσότερους BS στον ίδιο χρόνο ενώ στο δε softer handover ο MS βρίσκεται σε δύο ή περισσότερους τομείς που έχουν τον ίδιο BS. Το softer handover είναι μία ειδική περίπτωση του soft handover. Στην εικόνα 1.27 βλέπουμε πως γίνεται μια λήψη απόφασης για handover σύμφωνα με τις τιμές των κατωφλίων που έχουν δοθεί.

- **Soft Handover Measurement and Decision**



Εικόνα 1.27: Handover με κριτήριο τις τιμές κατωφλίου

Η αναζήτηση της αρχικής κυψέλης από τον ενεργό κινητό σταθμό γίνεται μέσω μιας λίστας που λαμβάνει από γειτονικές κυψέλες. Αυτή η λίστα περιγράφει των κώδικα περίπλεξης που αναζητείται στην κάτω ζεύξη. Η λίστα ενημερώνεται συνέχεια, καταγράφοντας τις περιπτώσεις όταν αλλάζουμε σταθμό βάσης.

Κατά την διάρκεια της αναζήτησης, ο κινητός σταθμός μετράει τις στάθμες των σημάτων που εκπέμπονται από τα γειτονικά πιλοτικά κανάλια και τις συγκρίνει με το αντίστοιχο κατώφλι. Βάση αυτού γίνεται η επιλογή της προαναφερθείσας ενεργούς λίστας.

Το soft/softer handover είναι απαραίτητο για τον αποτελεσματικό έλεγχο ισχύος. Χωρίς αυτά θα υπήρχαν διάφορες περιπτώσεις για τον κινητό σταθμό στις οποίες θα μπορούσε να διέλθει μέσα από μία κυψέλη σε άλλη χωρίς να έλεγχο ισχύος από την τελευταία. Έτσι όπως με το γρήγορο έλεγχο ισχύος τα soft/softer handover αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον περιορισμό των παρεμβολών στο WCDMA.

1.7.2 Διασυχνοτική Διαπομπή - Inter-Frequency Handover - Hard Handover

Ο κύριος λόγος για την διασυχνοτική διαπομπή είναι η κίνηση του MS από τη μία κυψέλη στην άλλη εφόσον αυτές ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα της ιεραρχικής δομής των κυψελών – π.χ. πίκo-κυψέλη, μικρο-κυψέλη ή μάκρο-κυψέλη. Η διασυχνοτική διαπομπή συμβαίνει στις ακόλουθες περιπτώσεις:

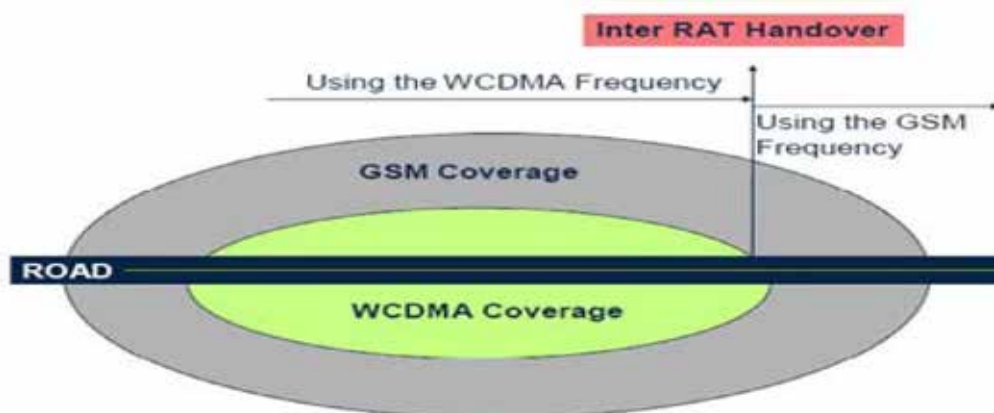
- Handover μεταξύ των κυψελών που χρησιμοποιούν διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων φέροντος
- Handover μεταξύ TDD FDD UMTS συστήματα εφόσον ο ΚΣ μπορεί να λειτουργήσει σε dual mode.

Οι δύο παραπάνω περιπτώσεις αποτελούν μια μορφή hard handover. Για να μετρήσει την ισχύ των σημάτων μίας γειτονικής κυψέλης, ο ΚΣ πρέπει να αποσυντονιστεί από τη συχνότητα της τρέχουσας κυψέλης και να συντονιστεί στη συχνότητα της γειτονικής κυψέλης χωρίς φυσικά απώλεια των δεδομένων. Στο WCDMA η μεγάλη πλειοψηφία των διαπομπών γίνεται με συχνότητες διαφορετικού φέροντος.

1.7.3 Διασυχνοτική διαπομπή - Inter-Frequency Handover/Inter-RAT Handover

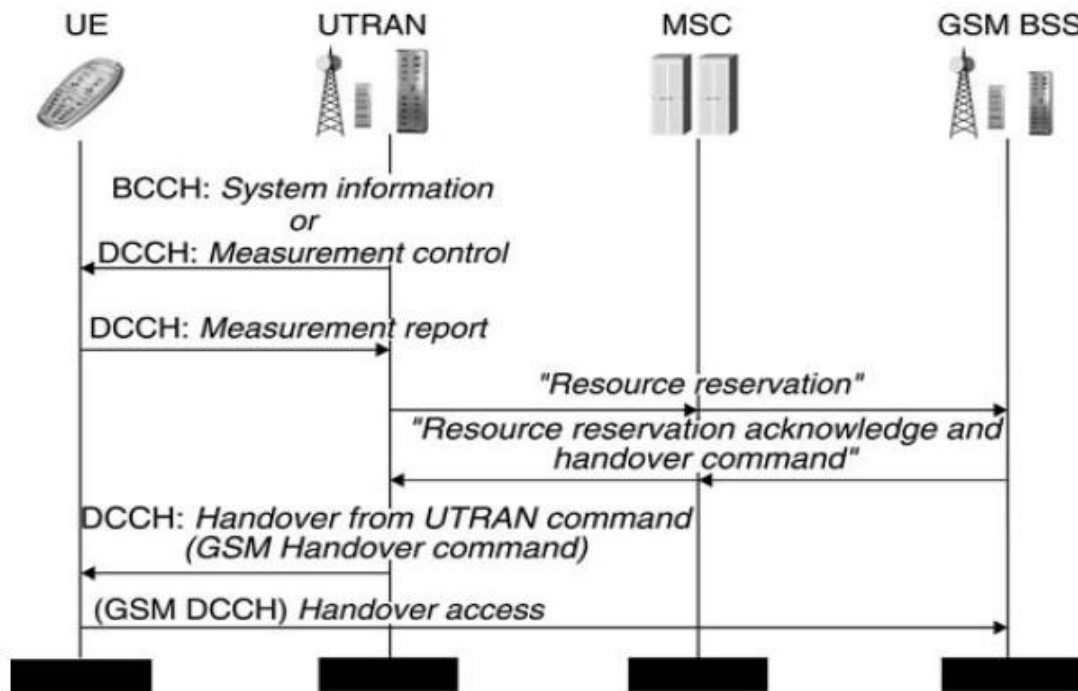
Μια ειδική περίπτωση της διασυχνοτικής διαπομπής είναι όταν ένας ΚΣ μπορεί να περιάγεται μεταξύ ετερογενών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας-π.χ. από GSM σε UMTS και αντιστρόφως. Αυτή η περίπτωση καλείται διασυχνοτικό (inter-frequency) handover ή Inter-RAT handover (Inter-Radio Access Technology).

Στην εικόνα 1.28 αποτυπώνονται γραφικά όλες οι περιπτώσεις του διασυχνοτικού handover που συναντώνται στο UMTS.

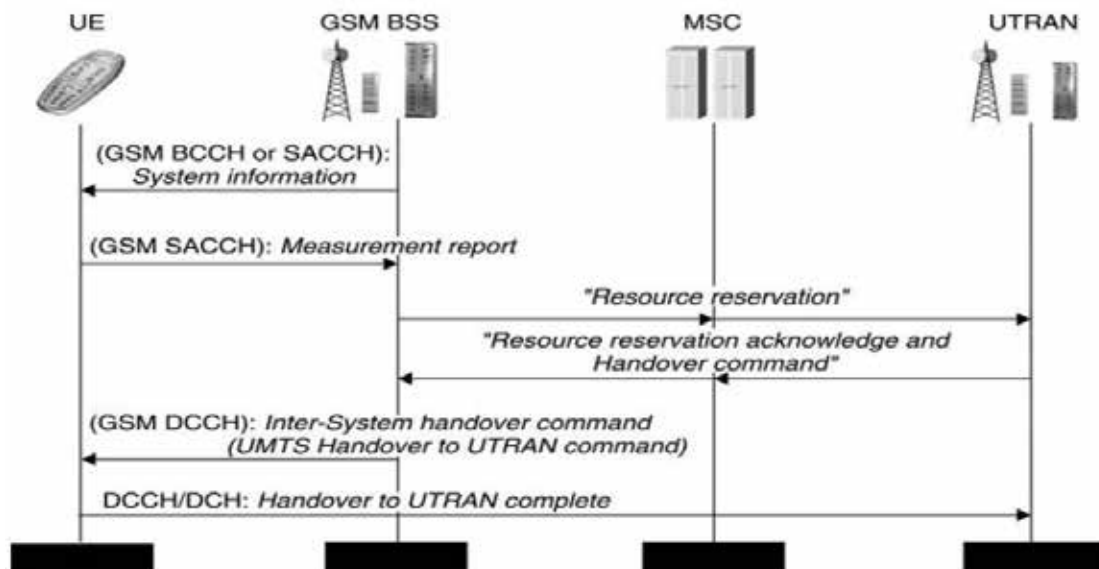


Εικόνα 1.28: Διασυχνοτικό handover στο UMTS και Inter-RAT handover μεταξύ UMTS και GSM

Στις εικόνες 1.29 και 1.30 απεικονίζονται τα μηνύματα που ανταλλάσσονται στις περιπτώσεις δια-συστημικού handover από το UTRAN σε GSM και από το GSM σε UTRAN.



Εικόνα 1.29: Δια-συστημικό handover από το UTRAN σε GSM [1]



Εικόνα 1.30: Δια-συστημικό handover από το GSM στο UTRAN [1]

Το Radio Network Control-RNC διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στο soft handover αφού παρέχει τη σύνδεση μεταξύ των σταθμών βάσεων που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία του soft handover. Ο RNC εξυπηρέτησης S-RNC συσχετίζει τα λαμβανόμενα σήματα και τα στέλνει στο μεταγωγικό κέντρο MSC. Το RNC, σε αυτήν την περίπτωση, είναι αρμόδιο για τον έλεγχο των ραδιοπόρων (Radio Resource Control – RRC) μεταξύ του τερματικού και του συστήματος UTRAN. Καθώς ο περιηγόμενος χρήστης κινείται προς μια νέα περιοχή εντοπισμού-LA, το τερματικό διατηρεί τη σύνδεση με έναν τουλάχιστον από τους σταθμούς βάσης και εκκινεί μια νέα σύνδεση με νέους σταθμούς βάσης που ανήκουν σε ένα διαφορετικό RNC, γνωστό ως D-RNC (Drift RNC), ωστόσο όμως ο συσχετισμός των λαμβανόμενων σημάτων υλοποιείται από το S-RNC (Serving RNC). Εάν ο χρήστης απομακρύνεται από όλες τις κυψέλες που ελέγχονται από το S-RNC, μια διαδικασία

1.8 Υπηρεσίες UMTS

Μπορούμε να διακρίνουμε τις υπηρεσίες του UMTS σε τρεις κατηγορίες:

- i. Person to person – αυτές που αφορούν σύνδεση και επικοινωνία μεταξύ δύο περισσότερων ατόμων
- ii. Content to person – πρόσβασης σε πληροφορίες ή κατέβασμα κάποιου αρχείου
- iii. Business connectivity – σύνδεσης στο διαδίκτυο με φορητό υπολογιστή

1.8.1 Person to Person

i. Υπηρεσίες μεταγωγής κυκλώματος

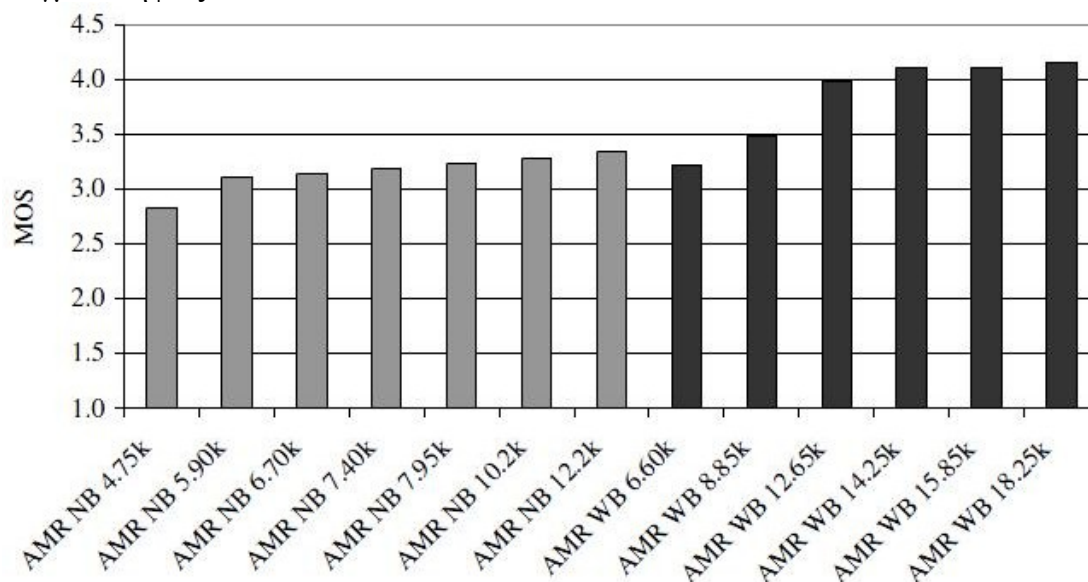
α. Adaptive Multirate (AMR) υπηρεσία φωνής – Η μέθοδος κωδικοποίησης – αποκωδικοποίησης φωνής στο UMTS χρησιμοποιεί την τεχνική AMR η οποία υποστηρίζει 8 διαφορετικούς ρυθμούς κωδικοποίησης φωνής οι οποίοι ελέγχονται και διαχειρίζονται από το δίκτυο. Για να υπάρχει αλληλεπίδραση με τα υπάρχοντα δίκτυα μερικοί από τους ρυθμούς είναι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνταν από τα κυψελωτά δίκτυα. Το AMR έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει το ρυθμό κατ'εντολή κάθε 20 ms πλαισίου φωνής. Το AMR στα 20 ms πλαισίου με συχνότητα δειγματοληψίας 8000 δείγματα το δευτερόλεπτο έχει 160 δείγματα φωνής. Τα bits που πρέπει να μεταδοθούν χωρίζονται σε τρεις κλάσεις σημασίας A-υψηλότερης σημασίας, πιο ευαίσθητα στα λάθη, B και C.

Σε μια τηλεφωνική συνομιλία η κάθε πλευρά μεταδίδει πληροφορία κατά το 50% του συνολικού χρόνου της σύνδεσης. Οι λειτουργίες του AMR που προσπαθούν να εκμεταλλευτούν αυτή την ασυνεχή δραστηριότητα των χρηστών είναι οι ακόλουθες:

- i. Ανίχνευση φωνής -Voice Activity Detector VAD- στην πλευρά του πομπού.
- ii. Εκτίμηση του θορύβου στο πομπό για αποστολή παραμέτρων στο δέκτη
- iii. Δημιουργία απαλού θορύβου στον δέκτη όταν δεν γίνεται μετάδοση φωνής

Η ασυνεχής μετάδοση-Discontinuous transmission (DTX) έχει θετικά αποτελέσματα. Όσον αφορά το χρήστη αυξάνει το χρόνο ζωής της μπαταρίας του κινητού τερματικού ενώ από την μεριά του δικτύου ο μέσος ρυθμός μετάδοσης μειώνεται οδηγώντας σε χαμηλότερα επίπεδα παρεμβολής συνεπώς σε μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Με το ευρυζωνικό-WB-AMR μπορεί αν επιτευχθεί βελτίωση στην ποιότητα των υπηρεσιών φωνής. Λειτουργεί σε εννιά διαφορετικούς ρυθμούς κωδικοποίησης μεταξύ 6,6 και 23,85 kbps. Ο όρος ευρυζωνικό προκύπτει από την συχνότητα δειγματοληψίας η οποία αυξήθηκε από τα 8 στα 16 kHz. Στην εικόνα 1.31 αποτυπώνεται ακουστικά αποτελέσματα όπου το AMR-WB συγκρίνεται με το AMR-NB. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσες τιμές των επιλογών των χρηστών-mean opinion scores MOS- όπου ο μεγαλύτερος αριθμός σηματοδοτεί καλύτερη ακουστική ποιότητα. Τα MOS αποτελέσματα δείχνουν ότι το AMR-WB βελτιώνει την ποιότητα του ήχου χωρίς να απαιτεί αύξηση του εύρους ζώνης. Για παράδειγμα, το AMR-WB 12.65 kbps παράγει υψηλότερο MOS από το AMR-NB 12.2 kbps. Η ποιότητα της φωνής παρουσιάζει βελτίωση καθώς αυξάνεται η συχνότητα δειγματοληψίας.



Εικόνα 1.31: Αξιολόγηση χρηστών της ποιότητας μετάδοσης της φωνής ανάλογα με τον ρυθμό δειγματοληψίας με Wideband-WB και Narrow Band-NB AMR [1]

β. Βίντεο κλήση

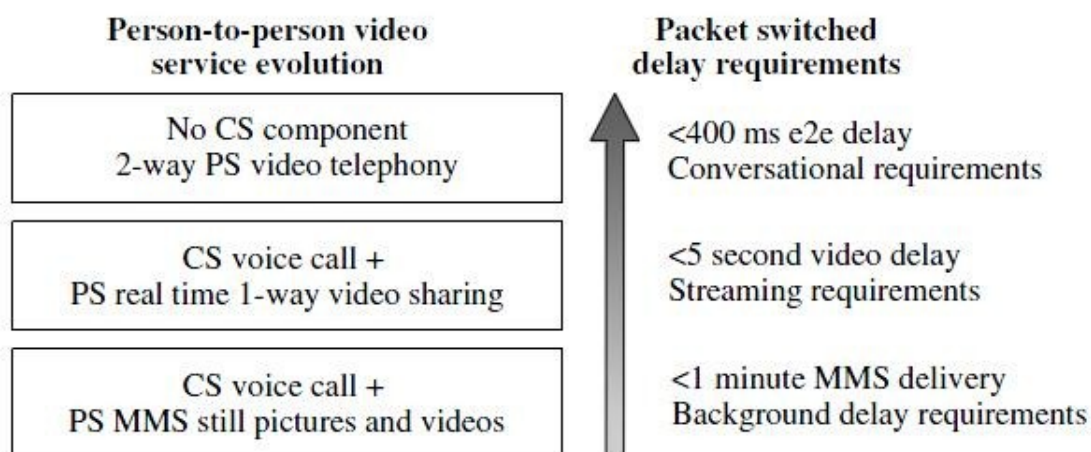
Η εφαρμογή της βίντεο κλήσης έχει παρόμοιες απαιτήσεις σε καθυστέρηση με αυτές τις της μετάδοσης φωνής. Ωστόσο λόγω της συμπίεσης στην οποία υποβάλλεται, το βίντεο είναι πιο αυστηρή όσον αφορά τα επίπεδα ποσοστού λανθασμένων bit-bit error rate (BER). Αρχικά η βίντεο κλήση σχεδιάστηκε για την υποστήριξη εφαρμογών πολυμέσων από δίκτυα σταθερής τηλεφωνίας.

ii. Υπηρεσίες Μεταγωγής Πακέτου

α. Εικόνες Πολυμέσα – πολύ διαδεδομένη είναι η ανταλλαγή εικόνων μέσω MMS (multimedia messaging) μηνυμάτων πολυμέσων. Για να είναι επιτυχής η μετάδοση πρέπει να γίνεται με μεγάλη αξιοπιστία και μικρή καθυστέρηση-τάξης του ενός λεπτού. Μια άλλη υπηρεσία είναι ο διαμοιρασμός βίντεο πραγματικού χρόνου που είναι στην ουσία η αποστολή του βίντεο που βιντεοσκοπεί ο καλών στον καλούμενο κατά την ίδια χρονική στιγμή. Η διαφορά με την βίντεο κλήση είναι ότι παράλληλα με την συνομιλία υπάρχει και αποστολή δεδομένων-βίντεο- προς την μία κατεύθυνση. Οι απαιτήσεις του χρήστη για την υπηρεσία αυτή είναι:

- i. ποιότητα και μεγάλη συχνότητα ανανέωσης της εικόνας από την κάμερα της συσκευής ώστε να είναι δυνατό το «σκανάρισμα» του περιβάλλοντος
- ii. η καθυστέρηση μετάδοσης της εικόνας, η οποία γίνεται αντιληπτή από τον χρήστη να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη ώστε να υπάρχει πραγματική αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών
- iii. η εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση μιας τέτοιας μονόπλευρης σύνδεσης ενώ έχει ήδη εγκατασταθεί σύνδεση για μετάδοση φωνής

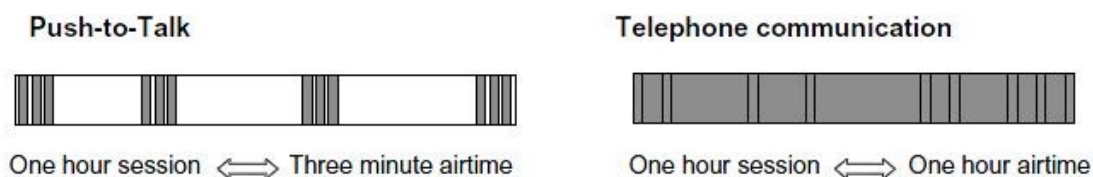
Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η υπηρεσία αυτή διαφέρει από αυτή της πρόσβασης σε περιεχόμενο αρχείου γιατί απαιτείται μικρή καθυστέρηση. Από τη μεριά του δικτύου αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει δυνατότητα μετάδοσης πληροφορίας με σχετικά υψηλή ταχύτητα στην άνω ζεύξη. Στην εικόνα 1.32 απεικονίζεται η εξέλιξη των υπηρεσιών ξεκινώντας από απλές υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου όπως το MMS και πηγαίνοντας σε πιο απαιτητικές υπηρεσίες όπως βίντεο-τηλεφωνία.



Εικόνα 1.32: Εξέλιξη υπηρεσιών μετάδοσης βίντεο [1]

β. Push to Talk over Cellular (PoC) – η υπηρεσία αυτή είναι στιγμιαία αφού η σύνδεση για τη μετάδοση της φωνής γίνεται με το πάτημα ενός κουμπιού και ο δέκτης ακούει το μήνυμα χωρίς να κάνει κάτι για να αποδεχτεί την κλήση. Μπορούμε άρα να την περιγράψουμε σαν μια εφαρμογή walkie-talkie πάνω από το κυβελωτό δίκτυο μεταγωγής πακέτου. Η διαφορά της με την συνηθισμένη υπηρεσία

φωνής έγκειται στο ότι είναι μονόπλευρη επικοινωνία, στην οποία το κανάλι για την μετάδοση καταλαμβάνεται μόνο κατά το μικρό χρονικό διάστημα μετάδοσης της ριπής των δεδομένων και μετά ελευθερώνεται, κάτι το φαίνεται στην εικόνα 1.33.



Εικόνα 1.33: Χρήση καναλιού μεταφοράς από την υπηρεσία Push to talk από την συνηθισμένη τηλεφωνική επικοινωνία [1]

Η υπηρεσία αυτή είναι θεωρητικά ανεξάρτητη από το δίκτυο πρόσβασης αλλά στην πράξη υπάρχουν αυστηρές προϋποθέσεις για να μπορεί αυτό να την υποστηρίξει:

- i. Να είναι εύκολη για το χρήστη. Να υπάρχει κουμπί στη συσκευή αποκλειστικά για τη συγκεκριμένη υπηρεσία
- ii. Ποιότητα ήχου και δυνατότητες μεγαφώνου και μικροφώνου για τη λειτουργία σε περιβάλλοντα με θόρυβο
- iii. Μικρή καθυστέρηση από τη στιγμή που θα πατήσει ο χρήστης το κουμπί στη συσκευή μέχρι τη στιγμή που μπορεί να αρχίσει να μιλάει (start to talk time)
- iv. Μικρή καθυστέρηση στην άφιξη του μηνύματος στο δέκτη (voice through delay)

Για να μπορέσει το δίκτυο να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις αυτές πρέπει:

- i. Να παρέχει συνεχώς μεταγωγή πακέτου
- ii. Να μπορεί να καταλαμβάνει και να ελευθερώνει γρήγορα πόρους του δικτύου ώστε να κρατάει χαμηλά το χρόνο μετάδοσης και το start to talk time.
- iii. Να μπορεί να πραγματοποιήσει συνεχή μετάδοση bits κατά τη διάρκεια της ριπής των δεδομένων

γ. Voice over IP (VoIP) – αρχικά η υπηρεσία σχεδιάστηκε για τα σταθερά δίκτυα για τη δυνατότητα φθηνών διεθνών κλήσεων. Για τα κυβελωτά δίκτυα η χρήση αυτής της υπηρεσίας έχει σκοπό τον εμπλουτισμό μιας κλήσης με την ανταλλαγή βίντεο, εικόνων, περιεχομένου, ακόμα και παιχνιδιών καθώς το δίκτυο κάνει εφικτή την αλληλεπίδραση των χρηστών μέσα από παιχνίδια πολλαπλών παικτών-multiplayer games-τα οποία απεικονίζονται στην εικόνα 1.34.

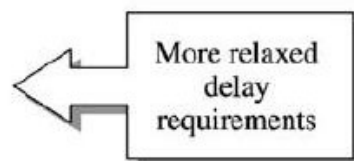
Real time action games and simulators – Quake II / Grand Prix



Real time strategy games – Age of Kings



Turn based strategy games – Panzer general 3G



Εικόνα 1.34: Διαδικτυακά παιχνίδια πολλαπλών παικτών και επιτρεπτοί χρόνοι καθυστέρησης [1]

1.8.2 Content to Person

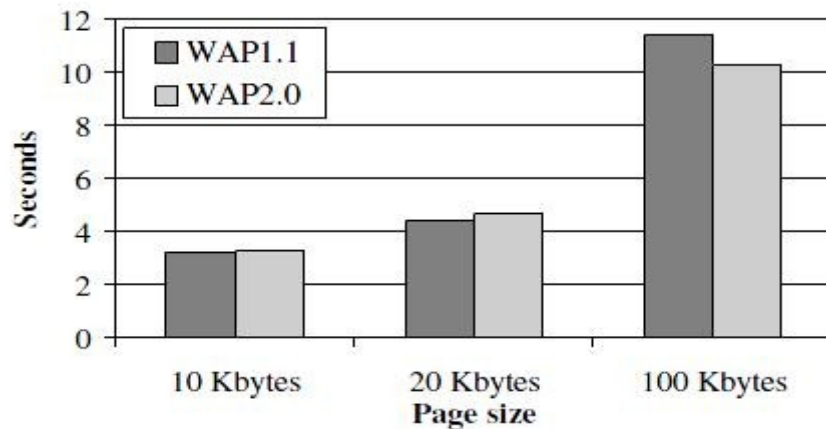
α. Browsing – η πρόσβαση των χρηστών κινητής τηλεφωνίας σε ιστοσελίδες ξεκίνησε με τα πρωτόκολλα wap του οποίου οι δύο πιο γνωστές εκδόσεις φαίνονται στην εικόνα 1.35.



Εικόνα 1.35: Εξέλιξη πρωτοκόλλων WAP ανάλογα με το μέγεθος του αρχείου [1]

Η κύρια διαφορά μεταξύ των εκδόσεων 2.0 και 1.1 είναι ότι στην έκδοση 2.0 χρησιμοποιεί πρωτόκολλα TCP/IP και HTML+XHTML. Για το χρήστη το TCP/IP μεταφράζεται σε μεγαλύτερη ταχύτητα στο κατέβασμα μεγάλου όγκου πληροφοριών. Η πρώτη έκδοση είχε στόχο να δώσει τη δυνατότητα για browsing σε δίκτυα με

χαμηλές ταχύτητες και μεγάλους χρόνους μεταγωγής πακέτου, συνεπώς τα πακέτα στέλνονταν χωρίς την εγκατάσταση σύνδεσης. Η έκδοση wap 2.0 με τη χρήση των πρωτοκόλλων TCP/IP που περιέχουν αλγόριθμους για τη διαχείριση των συνδέσεων και τον έλεγχο συμφόρησης έγινε πιο αποτελεσματική για μεγάλο όγκο πληροφορίας όπως αποτυπώνεται στην εικόνα 1.36. Η διαφορά στους χρόνους κατεβάσματος μεταξύ των WAP 1.1 και WAP 2.0 είναι ελάχιστη για σελίδες μικρού μεγέθους λόγω της μικρής τιμής του χρόνου μετ' επιστροφής –Round Trip Time RTT- στο WCDMA. Επίσης, τροποποιήσεις και προσθήκες έγιναν στο TCP από όπου προέκυψε το wTCP-wireless TCP- το οποίο είναι ακόμη πιο αξιόπιστο για τα ασύρματα δίκτυα.



Εικόνα 1.36: Χρόνος κατεβάσματος για τα δύο πρωτόκολλα WAP ανάλογα με το μέγεθος του αρχείου [1]

Αναφορές

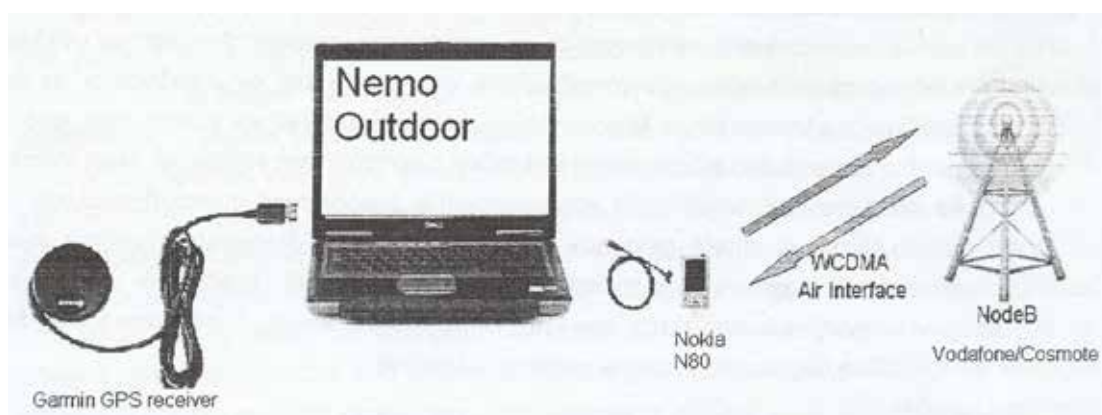
- [1] Harri Holma and Antti Toskala, WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications, Wiley, England, 2004
- [2] Μ. Ε. Θεολόγου, Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, Εκδόσεις Τζιόλα, 2007
- [3] Κωνσταντίνου Φ. & Κανάτας Α. & Πάντος Γ, Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2008

Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Εξοπλισμός Μετρήσεων

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν εξετάζουν την ραδιο-επαφή μεταξύ σταθμού βάσης (Node B) του εκάστοτε δικτύου και του κινητού τερματικού. Ο εξοπλισμός ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ήταν ο ακόλουθος:

- i. Ο φορητός υπολογιστής που διαθέτει το λογισμικό Nemo Outdoor έκδοση 4.2 της Nemo Technologies.
- ii. Το κινητό τερματικό - Nokia N80, το οποίο διαθέτει κατάλληλο λογισμικό.
- iii. Δέκτης GPS
- iv. Nokia-Nokia connectivity cable – για την σύνδεση του κινητού με το φορητό υπολογιστή.



Εικόνα 2.1: Εξοπλισμός μετρήσεων

Το λογισμικό Nemo Outdoor είναι ένα λογισμικό μέτρησης δικτύων και ένα εργαλείο βελτιστοποίησης της ραδιο – επαφής των ασύρματων δικτύων. Συλλέγει αποτελέσματα μετρήσεων μέσω των οποίων παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες για σχεδίαση, βελτιστοποίηση, εξάπλωση, συντονισμό, πιστοποίηση, συντήρηση δικτύων καθώς και γεωγραφικές συντεταγμένες. Το Nemo υποστηρίζει μετρήσεις στα παρακάτω δίκτυα: cdmaOne 450, 800, 1900 MHz, CDMA2000, D-AMPS/AMPS (IS-136), EGPRS, ETACS, GSM 850, 900, 1800, 1900 MHz, GPRS, HSDPA 16QAM, iDEN, NTM 450, 900 MHz, TETRA, UMTS (FDD mode), UMA. Το λογισμικό συλλέγει μετρήσεις δύο τύπων με τον κατάλληλο εξοπλισμό:

- i. Call Mode – Ανιχνεύει και αξιολογεί την ποιότητα ενός υπάρχοντος δικτύου έχοντας ως στόχο την βελτίωση και συντήρησή του. Για παράδειγμα οι μετρήσεις αυτού του τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του βέλτιστου σημείου για μεταπομπή ή στον καθορισμό των παραμέτρων για έλεγχο ισχύος. Σε αυτή την μέθοδο οι κλήσεις και η μεταφορά πακέτων είτε κάνουν είτε λαμβάνοντας από το κινητό τερματικό είτε αφήνοντάς το σε κατάσταση αναμονής. Ο χρήστης μπορεί επίσης να δημιουργήσει ένα αρχείο script μέσω του οποίου μπορεί να καθορίσει τον χρόνο που πραγματοποιούνται συγκεκριμένες μετρήσεις. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποθηκεύονται σε ένα αρχείο με επέκταση dt.

Επιπροσθέτως αν το σύστημα της Nemo είναι εξοπλισμένο με ένα GPS δέκτη τότε αποθηκεύονται πληροφορίες για την γεωγραφική θέση.

ii. Frequency Mode - Χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό του φάσματος συχνοτήτων ενός υπάρχοντος δικτύου με σκοπό για παράδειγμα εργασιών συντονισμού ή μετρήσεις παρεμβολής. Η μέθοδος αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί:

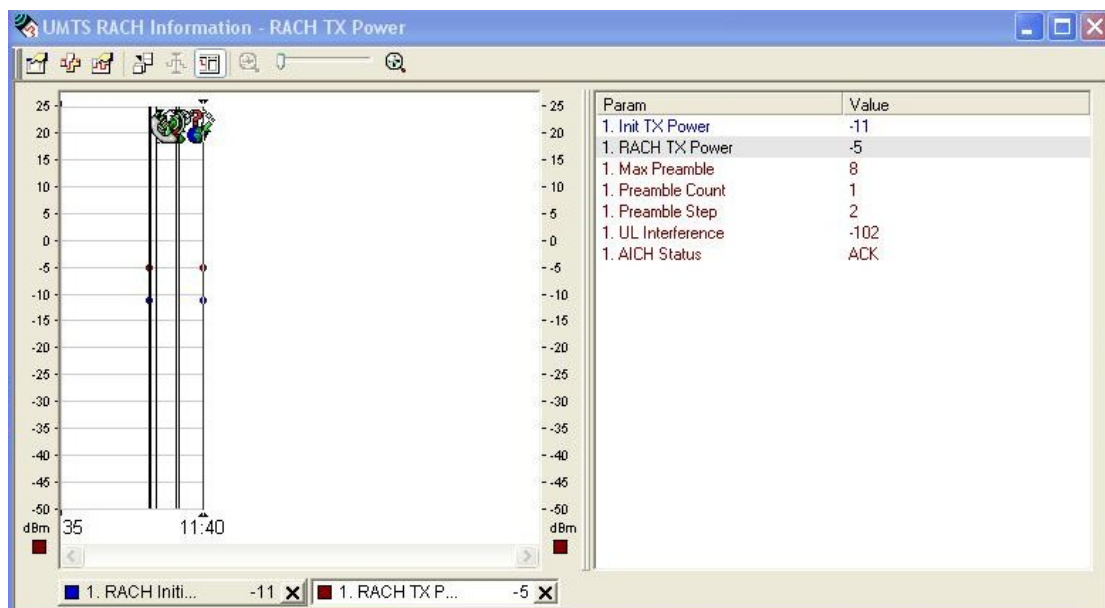
- α. είτε με κινητό - όλες οι συχνότητες του φέροντος των τωρινών ασύρματων δικτύων (GSM900, 1800, ή 900/1800 μόνο) και οι τιμές έντασης του πεδίου σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή παρατηρούνται
- β. είτε με ένα σαρωτή γρήγορων συχνοτήτων όπου μόνο συγκεκριμένα κανάλια ή πιλοτικοί αριθμοί σαρώνονται. Πιο ακριβή μέθοδος από την πρώτη με το κινητό. Το σφάλμα με την χρήση GSM κινητού είναι +3/-3 dB ενώ με το σαρωτή είναι +/- 1 - +/- 1.5 dB.

Η Μέθοδος συχνότητας (Frequency Mode) ανιχνεύει τους βασικούς συχνοτικούς τομείς και αναλύει το φάσμα. Ο δέκτης σαρωτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά εύρη ζώνης για τον έλεγχο της ύπαρξης επιθυμητών η ανεπιθύμητων ράδιο-σημάτων στην καθορισμένη μπάντα συχνοτήτων. Επιπροσθέτως αν το σύστημα της Nemo είναι εξοπλισμένο με ένα GPS δέκτη τότε αποθηκεύονται πληροφορίες για την γεωγραφική θέση. Τα αποτελέσματα της σάρωσης συχνοτήτων περιλαμβάνει τις τιμές της έντασης του πεδίου των φερόντων (και προαιρετικά συντεταγμένες θέσης που προσφέρει το GPS. Επίσης χρησιμοποιείται και η Πιλοτική Μέθοδος – Pilot Mode – για την ανάλυση scrambling κωδίκων εξάπλωσης φάσματος. Είναι δυνατή η μέτρηση και η αποκωδικοποίηση του πιλοτικού σήματος scrambling κωδίκων και οι στάθμες τους σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0 values). Επιπροσθέτως οι λόγοι σήματος προς θόρυβο του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος καναλιού συγχρονισμού μπορούν να μετρηθούν. Ο χρόνος άφιξης του πιλοτικού καναλιού και ο απόλυτος συγχρονισμός (με αναφορά στο GPS) παρατηρείται. Η πλήρης ένταση του σήματος RF (RSSI) δύναται να μετρηθεί όπως επίσης και η ένταση του σήματος του κώδικα (RSCP) για κάθε συγκεκριμένο scrambling κώδικα.

2.2 Εξαγόμενα δεδομένα

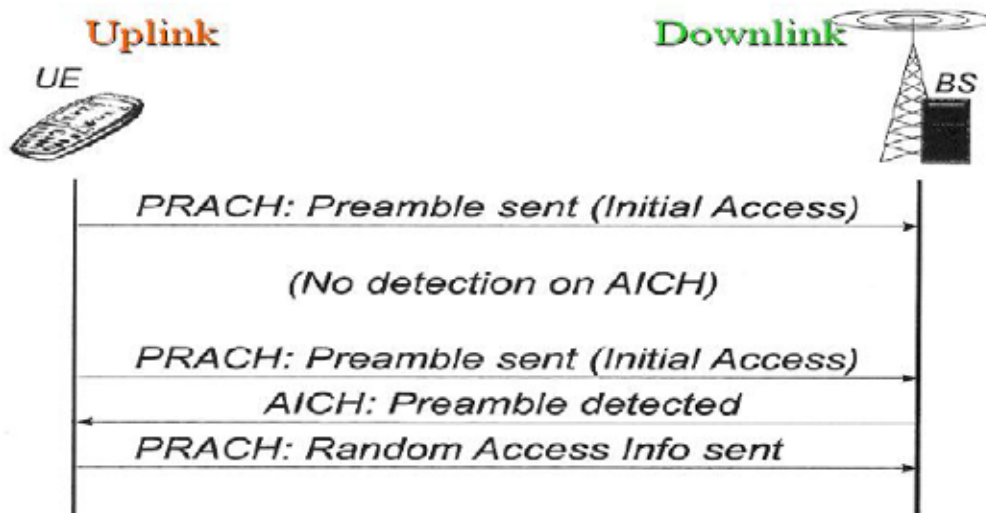
Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε καταγράφει όλα τα μηνύματα και όλες τις διαδικασίες που ανταλλάσει το κινητό τερματικό κατά την επικοινωνία του με τον σταθμό βάσης. Στην επιφάνεια εργασίας του λογισμικού ανοίγουν διαφορετικά παράθυρα που περιέχουν πληροφορίες που συλλέγει το πρόγραμμα. Όμως λόγω της ανάπτυξης του λογισμικού για την υποστήριξη πολλών δικτύων, τα παράθυρα και οι πληροφορίες που παρουσιάζονται στην οθόνη καθορίζονται από τον χρήστη ανάλογα με το δίκτυο το οποίο επιθυμεί να εξετάσει.

Συνεπώς δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει τις κατάλληλες καρτέλες που περιέχουν τα παράθυρα και τα δεδομένα τα οποία τον ενδιαφέρουν. Στην εικόνα 2.2 απεικονίζεται το παράθυρο - UMTS RACH Information – RACH TX Power. Στο αριστερό μισό μέρος του παραθύρου, υπάρχει γράφημα με κουκίδες όπου καταγράφεται η ένταση του σήματος (σε dBm) που μετρήθηκε από το RACH. Η αρχική ένταση κατά την μετάδοση απεικονίζεται με μπλε χρώμα ενώ η τρέχουσα με κόκκινο. Στο δεξί μισό δίνονται οι τιμές κάποιων τυπικών παραμέτρων –αρχική ένταση σήματος RACH -11dBm, τωρινή ένταση σήματος RACH -5dBm, τον μέγιστο αριθμό προσπαθειών προεισαγωγής (preamble) 8, την παρεμβολή στην άνω ζεύξη -102dBm, και η κατάσταση του AICH-Acquisition Indicator Channel (μεταφέρει δείκτες κτήσης).



Εικόνα 2.2: Πληροφορίες RACH

Για την κατανόηση των παραμέτρων αυτών δίνεται στην εικόνα 2.3 το διάγραμμα των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ κινητού τερματικού και σταθμού βάσης για την αποστολή πληροφοριών τυχαίας πρόσβασης. Το PRACH- Physical Random Access Channel, μεταφέρει το RACH κανάλι.



Εικόνα 2.3: Μηνύματα άνω-κάτω ζεύξης για την ανίχνευση του AICH

Το επόμενο παράθυρο στην εικόνα 2.4 - L3 Messages καταγράφει μηνύματα επιπέδου 3- επίπεδο δικτύου (network layer) που ανταλλάσει το κινητό τερματικό με τον σταθμό βάσης κατά την επικοινωνία. Οι τέσσερις στήλες του παραθύρου είναι οι ακόλουθες:

- i. event id - ταυτότητα γεγονότος
- ii. time – ώρα μετάδοσης του μηνύματος
- iii. sub channel – υπό-κανάλι που χρησιμοποιήθηκε για την μετάδοση
- iv. message – μήνυμα το οποίο αποστέλλεται

EventId	Time	Subchannel	Message
L3U	11:38:06.963	DCCH	"CM_SERVICE_REQUEST"
L3U	11:38:06.980	DCCH	"SETUP"
L3D	11:38:06.983	DCCH	"CALL_PROCEEDING"
L3D	11:38:08.597	DCCH	"PROGRESS"
L3D	11:38:08.660	DCCH	"PROGRESS"
L3D	11:38:08.738	DCCH	"ALERTING"
L3D	11:38:20.808	DCCH	"CONNECT"
L3U	11:38:20.808	DCCH	"CONNECT_ACKNOWLEDGE"
L3U	11:47:03.223	DCCH	"DISCONNECT"
L3D	11:47:03.656	DCCH	"RELEASE"
L3U	11:47:03.656	DCCH	"RELEASE_COMPLETE"

Εικόνα 2.4: Μηνύματα επιπέδου 3 (L3)

Το πρωτόκολλο αυτού του επιπέδου είναι το RRC-radio resource control, το οποίο χρησιμοποιείται από πρωτόκολλα ανωτέρων για την μετάδοση της πληροφορίας που χρειάζονται και αφορά έλεγχο κλήσεων, κινητικότητας και έλεγχο συνόδου. Επιπροσθέτως το RRC αλληλεπιδρά με πρωτόκολλα κατώτερων επιπέδων για την πραγματοποίηση απαιτούμενων μετρήσεων που χρειάζονται για τον έλεγχο της επικοινωνίας. Το παράθυρο στην εικόνα 2.5 απεικονίζει τα μηνύματα του RRC

πρωτοκόλλου πολύ ανταλλάσσονται μεταξύ σταθμού βάσης και κινητού. Το πρωτόκολλο RRC είναι υπεύθυνο για τις παρακάτω λειτουργίες:

- i. αποστολή προς όλους πληροφορίες σχετικές με τις λειτουργίες στο δίκτυο
- ii. διαδικασίες paging
- iii. επιλογή κυψέλης κατά την εκκίνηση λειτουργίας και ανανέωση επιλογής στην κατάσταση αναμονής
- iv. δημιουργία, διαχείριση, και απελευθέρωση μιας RRC σύνδεσης μεταξύ κινητού και δικτύου
- v. διαχείριση και έλεγχο λογικών καναλιών και φυσικών καναλιών επικοινωνίας
- vi. διαχείριση και έλεγχο λειτουργιών ασφαλείας (προστασία κρυπτογράφησης)
- vii. αναφορά και έλεγχος μετρήσεων που γίνονται από το κινητό τερματικό για τη λειτουργία του δικτύου
- viii. κινητικότητα της RRC σύνδεσης
- ix. υποστήριξη ελέγχου ισχύος εξωτερικού βρόγχου για την κάτω ζεύξη στο κινητό τερματικό
- x. έλεγχο ισχύος εξωτερικού βρόγχου
- xi. υποστήριξη της λειτουργίας ελέγχου θέσεων του κινητού τερματικού

Όπως και στο παράθυρο των μηνυμάτων του επιπέδου 3, οι τέσσερις στήλες του παραθύρου είναι οι ακόλουθες:

- i. event id - ταυτότητα γεγονότος
- ii. time – ώρα μετάδοσης του μηνύματος
- iii. sub channel – υπό-κανάλι που χρησιμοποιήθηκε για την μετάδοση
- iv. message – μήνυμα το οποίο εστάλη

Eventid	Time	Subchannel	Message
RRCU	11:41:39.294	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:41:39.622	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:41:39.622	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:41:55.641	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:41:55.976	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:41:55.976	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:41:56.335	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:41:59.812	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:00.260	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:00.270	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:00.535	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:42:04.288	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:04.626	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:04.626	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:04.934	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:42:14.239	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:14.659	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:14.700	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:14.701	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:14.739	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:15.052	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:15.056	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:17.753	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:18.055	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:18.055	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:18.384	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:42:29.244	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:29.654	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:29.667	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:29.983	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:42:33.839	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:34.143	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:34.143	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:34.408	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:42:34.745	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:42:34.745	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:42:35.094	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:43:40.355	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:43:40.652	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:43:40.655	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:43:40.932	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:43:41.459	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"
RRCU	11:43:41.774	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE"
RRCU	11:43:41.774	DCCH	"ACTIVE_SET_UPDATE_COMPLE"
RRCU	11:43:42.096	DCCH	"MEASUREMENT_CONTROL"
RRCU	11:43:43.445	DCCH	"MEASUREMENT_REPORT"

Εικόνα 2.5: Μηνύματα πρωτοκόλλου RRC

Στην εικόνα 2.6 παρουσιάζεται το παράθυρο Calls and Handovers – 1. Nokia N80 στο οποίο δίνονται πληροφορίες για τις κλήσεις και τις μεταπομπές.

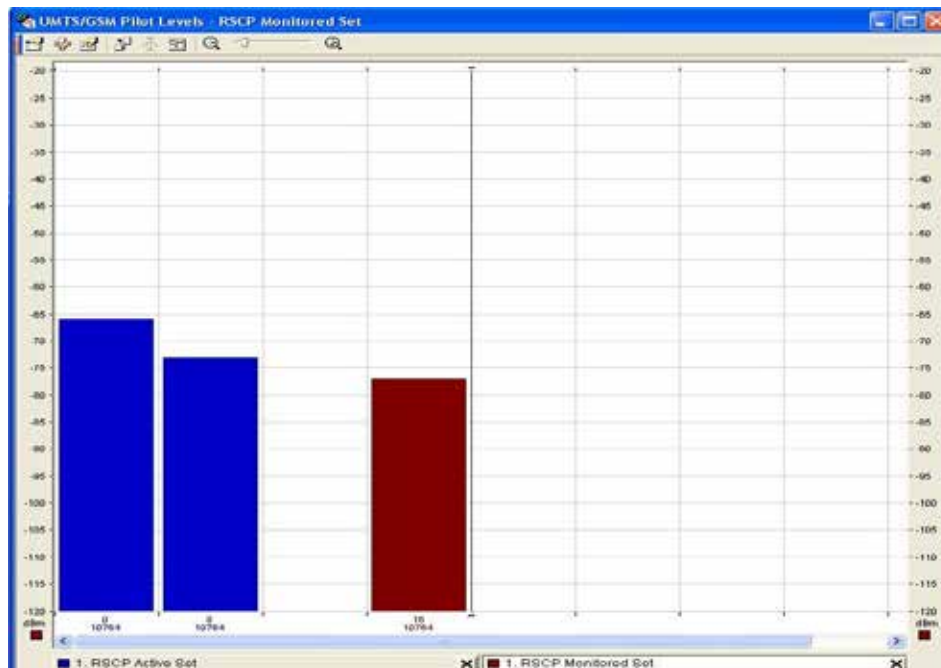
EventId	Velocity	Time	Parameters
CAA	n/a	11:58:50.469	1 1 6979229396 -1
CAC	n/a	11:58:52.775	1 2 -1
CAC	n/a	11:58:53.529	2 3 -1
CAC	n/a	11:59:07.838	3 17 -1
CAD	n/a	12:07:25.094	1 00:08:35 16

Εικόνα 2.6: Κλήσεις και μεταπομπές

Οι τέσσερις στήλες του παραθύρου είναι οι ακόλουθες:

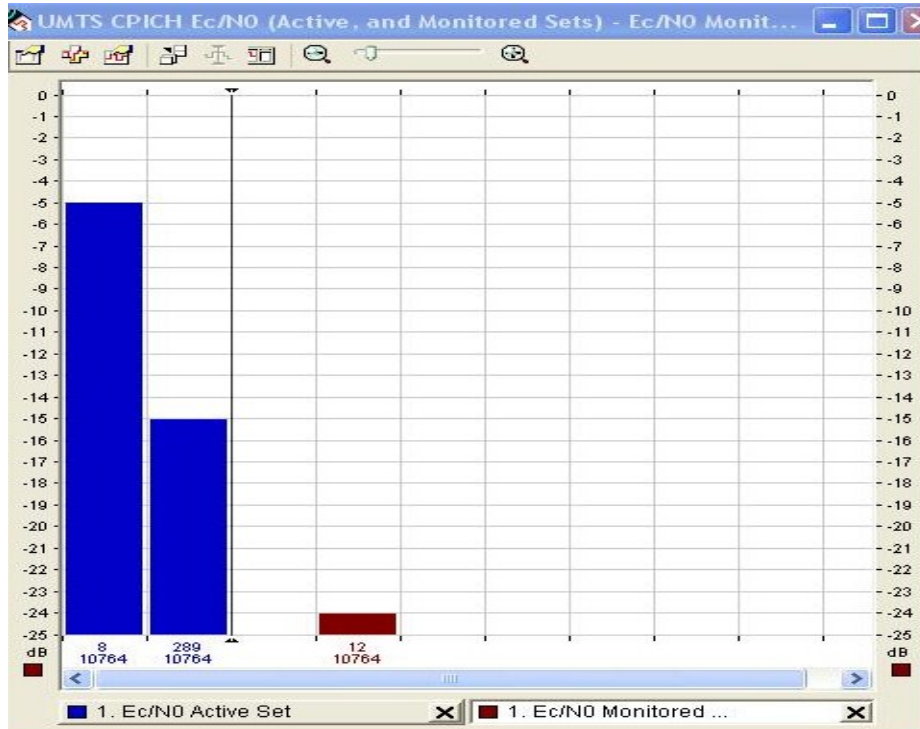
- i. event id - ταυτότητα γεγονότος, CAA-call attempt, CAC-call connect, CAD-call disconnect
- ii. velocity – ταχύτητα κίνησης
- iii. time – ώρα έναρξης γεγονότος
- iv. parameters – παράμετροι, *πρώτος αριθμός* 1-για voice call,7-video call για CAA, 1-πρόσβαση σε dedicated κανάλι κίνησης, 2-alerting. 3-απάντηση από καλούμενο για το CAC, *δεύτερος αριθμός* 1-αριθμός δημιουργηθέντων κλήσεων κατά την συνεδρία για το CAA, 2,3,15-χρόνος σε δευτερόλεπτα (sec) από το CAA μέχρι την εμφάνιση του γεγονότος, *τρίτος αριθμός* 6979229395-αριθμός καλούμενου, -1-αριθμός χρονοθυρίδας, σε περίπτωση που δεν υπάρχει όπως εδώ τίθεται -1

Στη εικόνα 2.7 απεικονίζεται το παράθυρο UMTS/GSM Pilot Levels – RSCP Monitored Set. Γίνεται μέτρηση των πιλοτικών σημάτων-CPICH Common Pilot Channel-των κωδικών περίπλεξης και απεικονίζεται η ισχύς του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power).



Εικόνα 2.7: Ισχύς ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

Στο παράθυρο της εικόνας 2.8 UMTS CPICH E_c/N_o (Active and Monitored Sets) απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων των κωδικών περίπλεξης που προκύπτουν από το RSCP/RSSI όπου RSSI-Received Signal Strength Indicator είναι η στάθμη ισχύος του ευρυζωνικού σήματος που λαμβάνει το κινητό- για κάθε κώδικα περίπλεξης.



Εικόνα 2.8: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

Και στα δύο αυτά παράθυρα υπάρχουν μπάρες που αντιστοιχούν στην ισχύ διαφορετικών σημάτων. Οι μπλε μπάρες αντιστοιχούν στην ενεργή ομάδα σημάτων (active)-αυτά τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την μετάδοση της πληροφορίας και τα οποία τελικά αποκωδικοποιεί το κινητό για να λάβει την πληροφορία που το ενδιαφέρει. Οι κόκκινες μπάρες αντιστοιχούν σε εποπτευόμενα (monitored) σήματα των οποίων η στάθμη είναι χαμηλή και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μετάδοση. Σε περίπτωση που πληρούνται οι συνθήκες μπορεί να ενταχθούν τα εποπτευόμενα σήματα στην ενεργή ομάδα σημάτων-στο στιγμιότυπο της εικόνας υπάρχουν δυο ομάδες ενεργών σημάτων με διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης 8 και 289, προέρχονται από διαφορετικούς τομείς. Κάτω από κάθε μπάρα εμφανίζεται πρώτα ο αριθμός του κώδικα περίπλεξης και κάτω ο αριθμός του καναλιού. Παρατηρούμε ότι στα συγκεκριμένα στιγμιότυπα ανιχνεύονται πιλοτικά σήματα από το κανάλι με αριθμό 10764 και τους κώδικες περίπλεξης 8, 12, 289. Οι διαφορετικοί κώδικες περίπλεξης αντιστοιχούν σε διαφορετικούς τομείς σταθμών βάσης. Αυτά τα δεδομένα είναι που καθορίζουν διαδικασίες όπως το πότε θα προκύψει soft ή softer handover. Οι συνθήκες που απαιτούνται είναι αυτές που παρουσιάζονται στις παραμέτρους του δικτύου και αναφέρονται ως Time to trigger 1A, 1B και 1C.

Στην εικόνα 2.9 έχουμε δύο παράθυρα με λίστες παραμέτρων για τα δίκτυα. Στο αριστερό παράθυρο βρίσκονται οι παράμετροι του GSM ενώ στο δεξί παράθυρο οι παράμετροι του UMTS. Για το GSM αναφέρονται το σύστημα μετάδοσης την συγκεκριμένη χρονική στιγμή, κωδικός του σταθμού βάσης, χαρακτηριστικά των

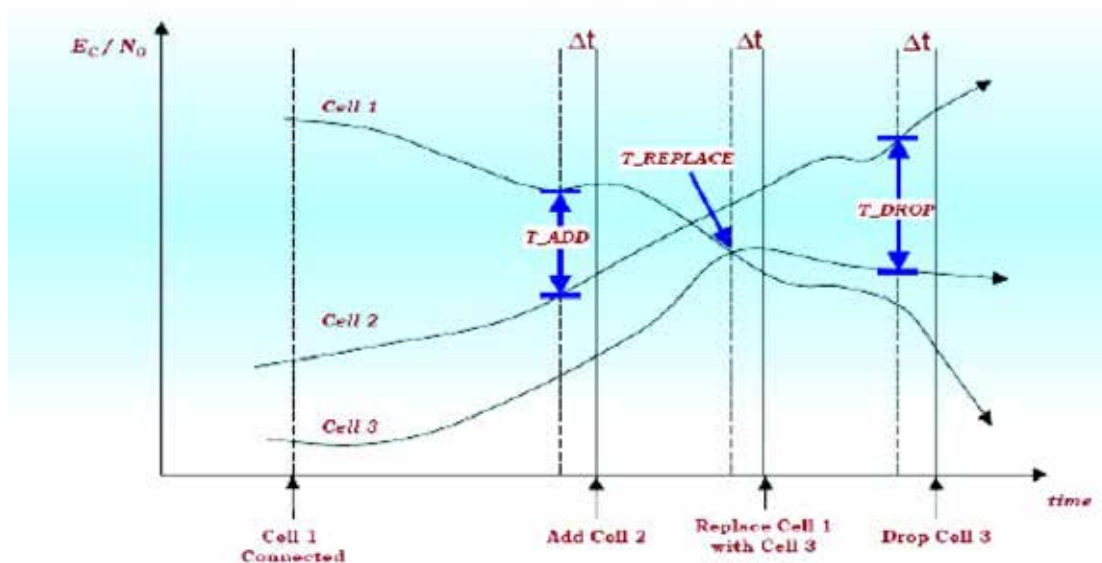
καναλιών που χρησιμοποιούνται, σηματοθορυβικός λόγος C/I και χαρακτηριστικά της κλήσης όπως ο τύπος της, ο χρόνος πραγματοποίησης, η κατάστασή της, η αιτία αποσύνδεσής της και η διάρκειά της. Ακόμη δίνονται στοιχεία που συλλέγει το GPS όπως γεωγραφικό μήκος και πλάτος, υψόμετρο, ταχύτητα κίνησης του τερματικού και ο αριθμός των δορυφόρων που βλέπει το GPS. Για το UMTS παρουσιάζονται παράμετροι όπως το block error rate downlink, η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος-carrier RSSI- που λαμβάνεται από το κινητό τερματικό. Παράμετροι που σχετίζονται με τον έλεγχο ισχύος, όπως το ποσοστό των εντολών αύξησης της έντασης του σήματος στην άνω και την κάτω ζεύξη, και ο αριθμός των εντολών που έχουν σταλεί έως την συγκεκριμένη χρονική στιγμή από και προς το κινητό για αύξηση ή μείωση της έντασης μετάδοσης του σήματος καθώς και ο τύπος του αλγόριθμου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ισχύος. Πληροφορίες για την κυψέλη στην οποία βρίσκεται το τερματικό, ο αριθμός του καναλιού που χρησιμοποιεί για την επικοινωνία, πληροφορίες για το SIR και το στόχο SIR το οποίο αλλάζει κατά την διάρκεια της επικοινωνίας.

GSM Parameters		UMTS Parameters	
Parameter	1. Nokia N80	Parameter	1. Nokia N80
Cellular System	UMTS 2100 FDD	Block Error Rate Downlink	1.9000
Terminol Number	n/a	Carrier RSSI	-57
BCCH Channel	n/a	Compressed Mode	No compressed mode
Channel Type	n/a	DL Power Control Mode	n/a
DTX Uplink	n/a	Max TX Power	n/a
Extended Channel Type	n/a	Minimum UL Spreading Factor	n/a
Radio Link Timeout Max	n/a	Percentage of DL Power Up Commands	50.6000
Call Attempt Time	3	Percentage of UL Power Up Commands	50.0000
Call Connecting Status	Alerting	BER Pilot Bit	n/a
Call Type	Voice call	RACH AICH Status	ACK
CS Call Disconnect Cause	n/a	RACH Initial TX Power	-30
CS Call Disconnect Status	n/a	RACH Preamble Count	1
CS Call Duration	n/a	RACH TX Power	-24
Network Mode of Operation	NW2	RRC Cause	n/a
Packet Data Technology	UMTS	RRC Connection Establishment Cause	Originating conversation call
Packet State	Detached	RRC Connection Establishment Time	547
Routing Area Code	n/a	RRC State	Cell DCH
Event Type	SHD	Signal-to-Interference Ratio	n/a
GPS Distance	n/a	Signal-to-Interference Ratio Target	3.7000
GPS Fix Quality	No fix	Spreading Factor DL	128
GPS Height	n/a	TX Power	-29.0000
GPS Latitude	n/a	TX Power Control Algorithm	Algorithm 1
GPS Longitude	n/a	TX Power Control Step Size	1
GPS Satellites	n/a	Uplink Interference Level	-104
GPS Velocity	n/a	Cell Identification (16-bit)	n/a
Time	10:21:40.661	Cell Identification (28-bit)	n/a
		Channel Number	10764
		Addition Window	4.0000
		BER TFCI	0.0000
		BS Diversity State	Not active
		Drop Window	6.0000
		Number of DL Power Down Commands	740
		Number of DL Power Up Commands	760
		Number of UL Power Down Commands	745
		Number of UL Power Up Commands	751
		RACH Control Channel Gain	n/a
		RACH Data Channel Gain	n/a
		RACH Max Preamble Cycles	n/a
		RACH Maximum Preamble Count	8
		RACH Message Length	n/a
		RACH Power Offset	n/a
		RACH Preamble Step	2
		Replacement Window	1.0000
		T Reselection	2
		Time to Trigger 1A	100
		Time to Trigger 1B	640
		Time to Trigger 1C	100
		Uplink DPDCH Bitrate	1800

Εικόνα 2.9: Παράμετροι UMTS/GSM

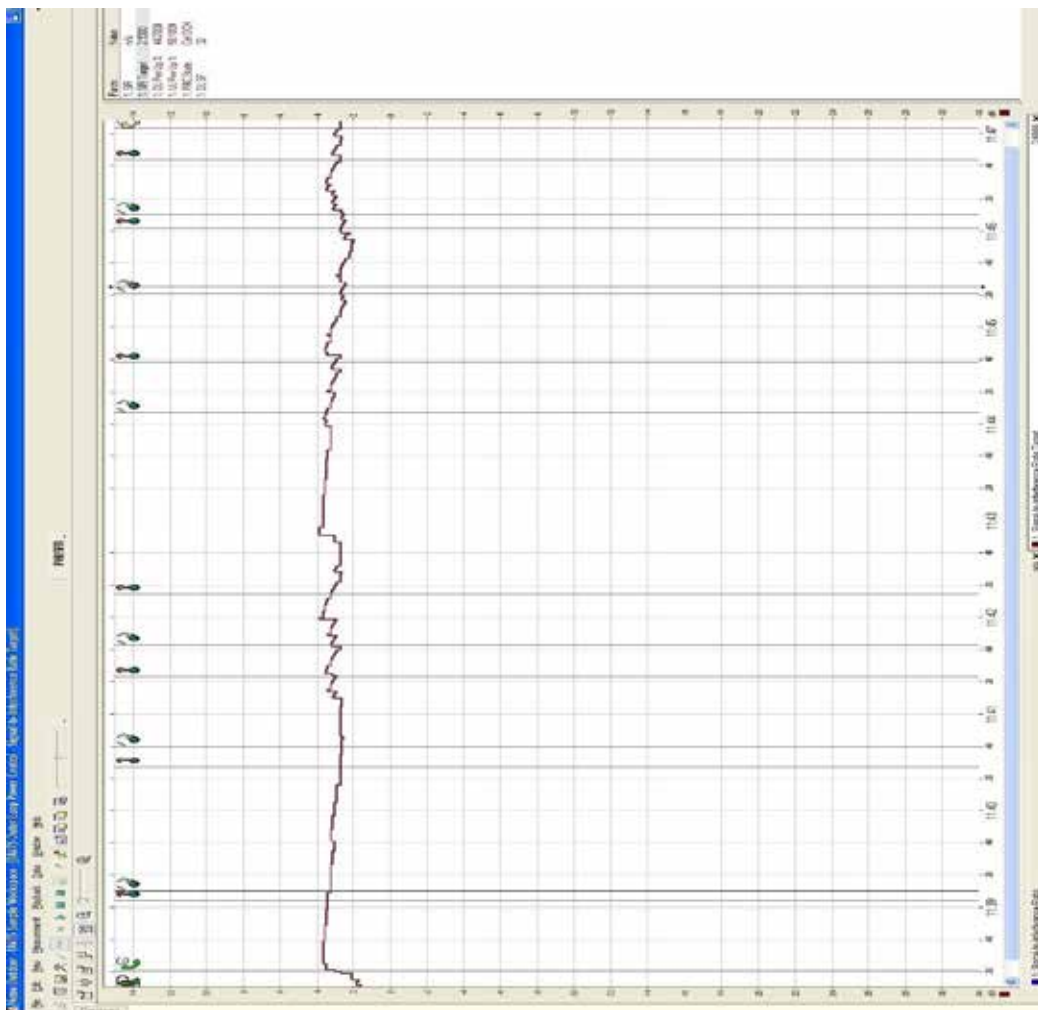
Επίσης στη λίστα υπάρχουν οι τιμές Time to trigger 1A, 1B και 1C, οι οποίες αναφέρονται στο χρονικό διάστημα που απαιτείται να παρέλθει για να πραγματοποιηθεί soft handover καθώς παρακολουθούνται τα πιλοτικά σήματα τριών διαφορετικών κυψελών, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο σηματοθορυβικός λόγος του σήματος τις γειτονικής κυψέλης πρέπει να είναι μεγαλύτερος από αυτόν της τωρινής κυψέλης η οποία χρησιμοποιείται. Τα γεγονότα 1A, 1B και 1C περιγράφονται σχηματικά στην εικόνα 2.10. Για τον υπολογισμό του σηματοθορυβικού λόγου που απαιτείται για τις τιμές 1A, 1B και 1C υπάρχουν οι τρεις παρακάτω παράμετροι: το προσθετικό παράθυρο-adding window, το παράθυρο ελάττωσης-drop window, και το παράθυρο αντικατάστασης-replacement window. Τελευταίος στη λίστα των παραμέτρων του UMTS βρίσκεται ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων στην άνω ζεύξη του καναλιού στο οποίο μεταδίδεται η πληροφορία. Τα τρία αυτά παράθυρα προκύπτουν από το κατώφλι-σηματοθορυβικός λόγος- που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί soft handover-γεγονότα 1A, 1B, 1C- μεταξύ τριών κυψελών. Για το A είναι η πρόσθεση του σήματος από την δεύτερη κυψέλη, για το C είναι η αντικατάσταση της πρώτης κυψέλης από την Τρίτη και το B για την αφαίρεση της τρίτης κυψέλης.

• **Soft Handover Measurement and Decision**



Εικόνα 2.10: Περιγραφή γεγονότων 1A, 1B και 1C

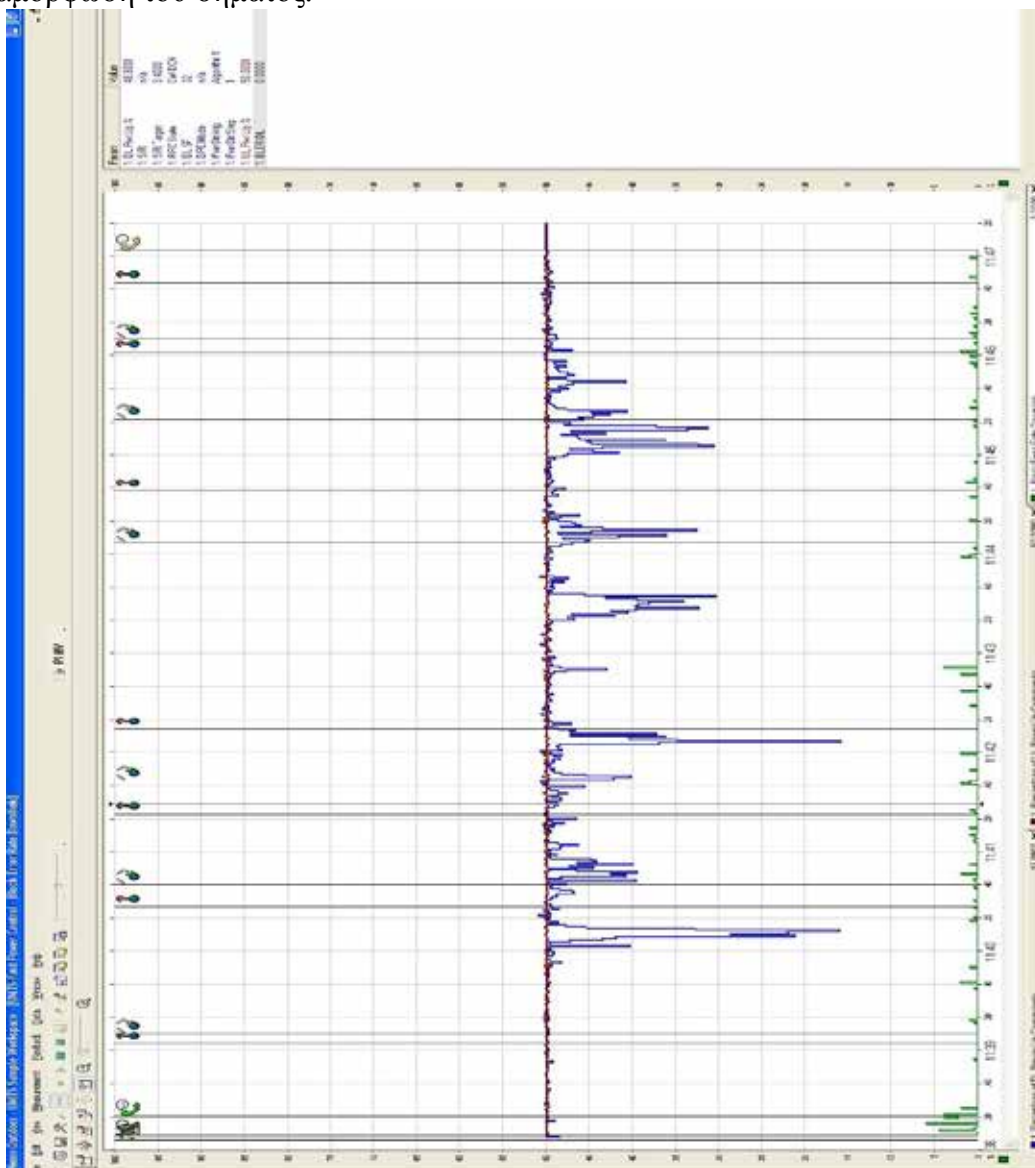
Στην εικόνα 2.11 παρουσιάζεται το παράθυρο UMTS Outer Loop Power Control-Signal to Interference Ratio, του ελέγχου ισχύος εξωτερικού βρόγχου. Με τον έλεγχο αυτό, καθορίζεται και παρουσιάζεται η μεταβολή του κατωφλίου σηματοθορυβικού λόγου-SIR target- που χρειάζεται η σύνδεση του κινητού τηλεφώνου με το δίκτυο έτσι ώστε να μην χάνουμε σε χωρητικότητα του δικτύου. Αυτός ο λόγος καθορίζεται από το Radio Network Controller (RNC) ανάλογα με την ποιότητα υπηρεσίας που απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή έτσι ώστε να μην γίνεται σπατάλη πόρων και ενέργειας. Στο δεξί μέρος του παραθύρου δίνεται το κατώφλι του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target) που απεικονίζεται στο παράθυρο, το ποσοστό των εντολών αύξησης της ισχύος στην άνω ζεύξη (UL Power Up %), το αντίστοιχο ποσοστό στην κάτω ζεύξη (DL Power Up %), η κατάσταση του πρωτοκόλλου RRC (RRC state), και ο παράγοντας εξάπλωσης στην κάτω ζεύξη (DL SF).



Εικόνα 2.11: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

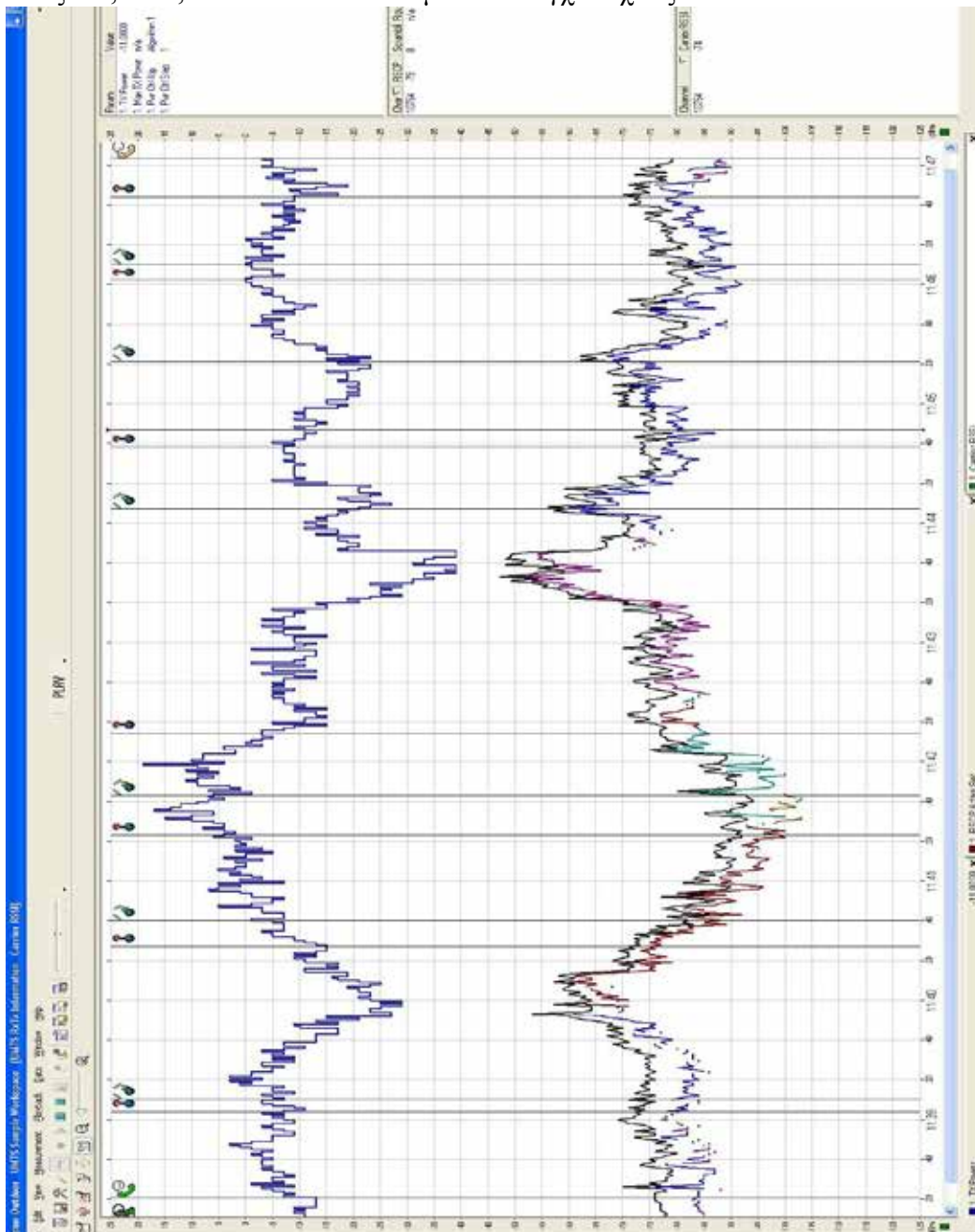
Στην εικόνα 2.12 υπάρχει το παράθυρο που μας δίνει πληροφορίες για τον γρήγορο έλεγχο ισχύος του εσωτερικού βρόγχου στο UMTS-UMTS Fast Power Control-Block Error Rate Downlink. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται το ποσοστό των εντολών αύξησης ισχύος στην άνω ζεύξη και με μπλε χρώμα το ποσοστό των αντίστοιχων εντολών στην κάτω ζεύξη. Με πράσινο χρώμα απεικονίζεται το Block

Error Rate (BLER) το οποίο χρησιμοποιείται για μέτρηση της απόδοσης της σύνδεσης. Το BLER είναι ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται σε ένα ψηφιακό δίκτυο. Ο λόγος αυτός υπολογίζεται μετά την απόδιαστρωμάτωση ή διεμπλοκή (de-interleaving) και την αποκωδικοποίηση (de-coding) του καναλιού με εκτίμηση του κυκλικού ελέγχου πλεονασμού-Cyclic Redundancy Check (CRC)- σε κάθε μπλοκ μεταφοράς. Παρατηρώντας το γράφημα αυτό βλέπουμε με την πάροδο του χρόνου, τον τρόπο συμπεριφοράς του δικτύου ανάλογα με το BLER της κάτω ζεύξης. Στο ίδιο παράθυρο υπάρχει και μια λίστα δεδομένων-κάποια εκ των οποίων υπάρχουν στο γράφημα, το ποσοστό των εντολών αύξησης της ισχύος στην άνω ζεύξη (UL Power Up %), το αντίστοιχο ποσοστό στην κάτω ζεύξη (DL Power Up %) και το BLER της κάτω ζεύξης (Block Error Rate Downlink), και άλλα τα οποία δεν υπάρχουν-το κατώφλι του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target), ο αλγόριθμος ελέγχου ισχύος (Pwr Ctrl Alg) που επιλέγεται από το δίκτυο και ο παράγοντας εξάπλωσης (DL SF) που χρησιμοποιείται στην κάτω ζεύξη για την διαμόρφωση του σήματος.



Εικόνα 2.12: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

Στην εικόνα 2.13 εμφανίζεται το παράθυρο UMTS TxRx Information – Carrier RSSI. Στο παράθυρο απεικονίζονται με μπλε χρώμα η ισχύς μετάδοσης, με κόκκινο η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος- active RSCP- και με πράσινο η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται-carrier RSSI-. Στο δεξί μέρος της εικόνας υπάρχουν οι τιμές των εξής παραμέτρων, της ισχύος μετάδοσης, του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται στον έλεγχο ισχύος, η ισχύς του RSCP, ο αριθμός του καναλιού, ο αριθμός του κώδικα περίπλεξης, και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται στο κινητό τερματικό. Παρατηρώντας συνδυαστικά τις εικόνες 2.9, 2.10, και 2.11 κατανοούμε τον έλεγχο ισχύος στο UMTS.



Εικόνα 2.13: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής – Λήψης

Αυτή ήταν μια περιγραφή των παραθύρων-και των πληροφοριών που αυτά περιέχουν- τα οποία μας ενδιαφέρουν όταν θα πραγματοποιήσουμε τις κλήσεις φωνής και βίντεο.

Αναφορές

- [1] Nemo Outdoor v4.20 User Manual
- [2] Nemo Outdoor Fileformat Specification

Κεφάλαιο 3^ο

Μετρήσεις με το Δίκτυο της Cosmote

3.1 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Σπάρτης

Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.2 πραγματοποιήθηκαν στην πόλη της Σπάρτης, στην διαδρομή που απεικονίζεται στην εικόνα 3.1.

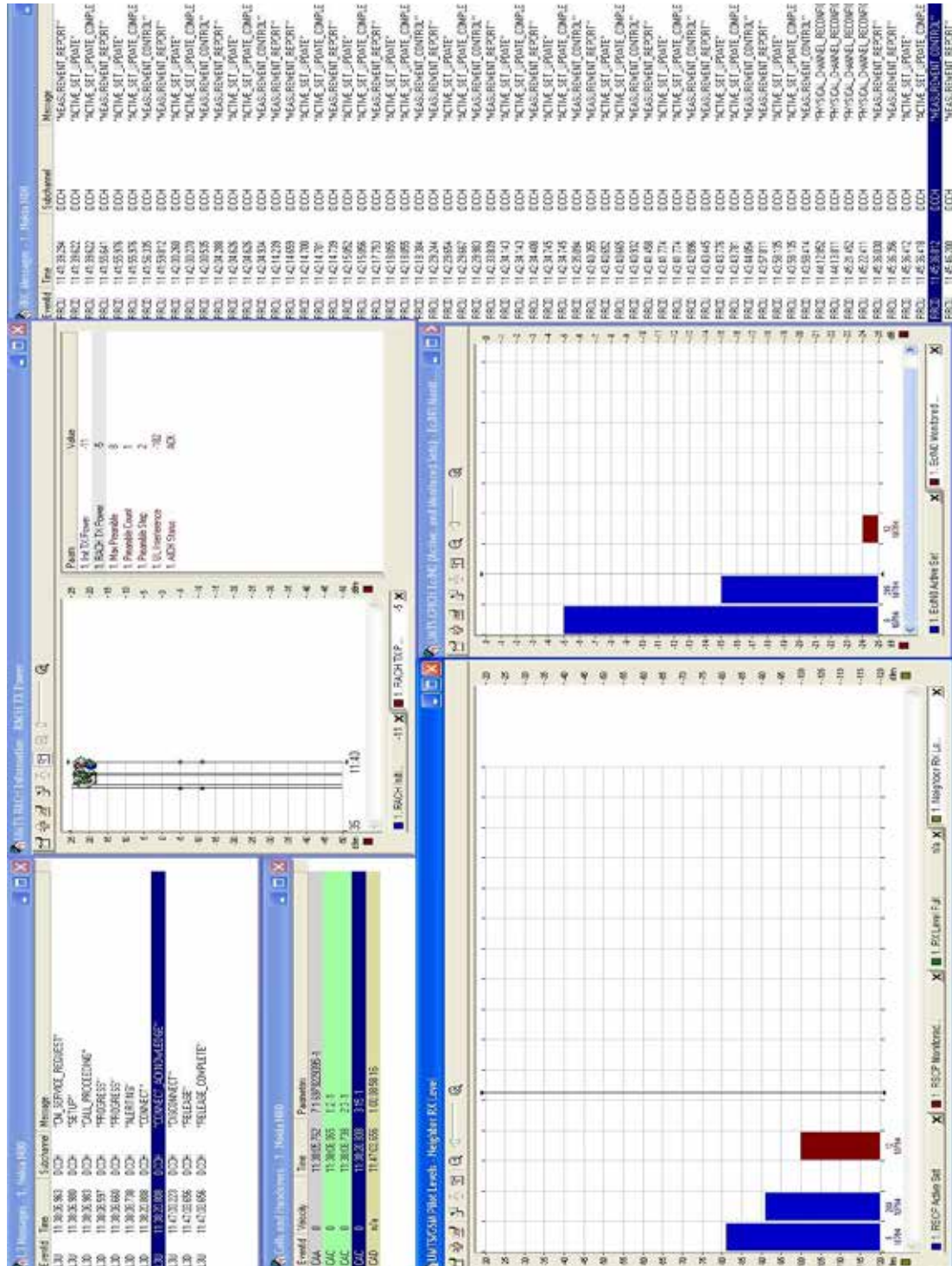


Εικόνα 3.1: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Σπάρτης

Με A σημειώνεται το σημείο εκκίνησης το οποίο είναι και το σημείο επιστροφής. Η διαδρομή που ακολουθεί το τερματικό είναι $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma \rightarrow \Delta \rightarrow E \rightarrow Z \rightarrow A$. Η απόσταση που κινήθηκε το τερματικό είναι περίπου 3 χιλιόμετρα. Εκτιμάται ότι η μέση ταχύτητα κίνησης είναι μεταξύ 30-40 χιλιόμετρα ανά ώρα κατά το χρονικό διάστημα της μέτρησης.

3.1.1 Βίντεο κλήση - Σπάρτη 24 Μαΐου 2010

Η βίντεο κλήση που παρουσιάζεται στην αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Δευτέρα 24 Μαΐου ώρα 11:38. Στην εικόνα 3.2 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



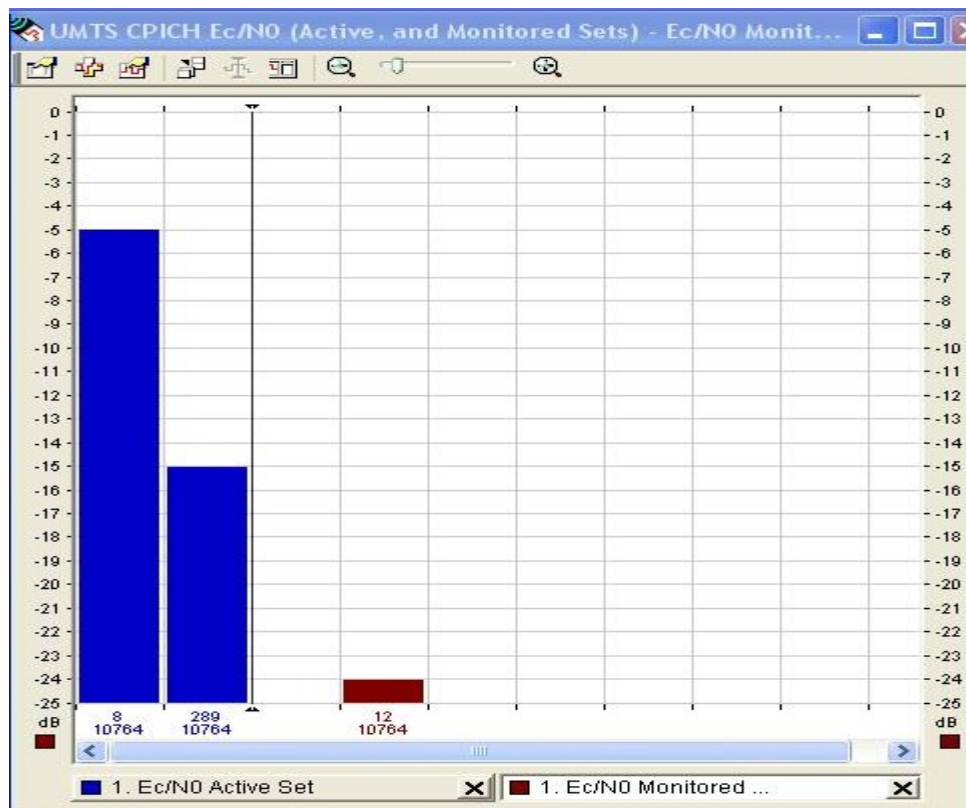
Εικόνα 3.2: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets)

Στην εικόνα 3.3 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CM_SERVICE_REQUEST – απαίτησης της υπηρεσίας- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 11:38:06.963 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 11:47:03.656 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA,CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.

L3 Messages - 1. Nokia N80				Calls and Handovers - 1. Nokia N80			
EventId	Time	Subchannel	Message	EventId	Velocity	Time	Parameters
L3U	11:38:06.963	DCCH	"CM_SERVICE_REQUEST"	CAA	0	11:38:05.762	7 1 6979229395 -1
L3U	11:38:06.980	DCCH	"SETUP"	CAC	0	11:38:08.065	1 2 -1
L3D	11:38:06.983	DCCH	"CALL_PROCEEDING"	CAC	0	11:38:08.738	2 3 -1
L3D	11:38:08.597	DCCH	"PROGRESS"	CAC	0	11:38:20.808	3 15 -1
L3D	11:38:08.660	DCCH	"PROGRESS"	CAD	n/a	11:47:03.656	1 00:08:58 16
L3D	11:38:08.738	DCCH	"ALERTING"				
L3D	11:38:20.808	DCCH	"CONNECT"				
L3U	11:38:20.808	DCCH	"CONNECT_ACKNOWLEDGE"				
L3U	11:47:03.223	DCCH	"DISCONNECT"				
L3D	11:47:03.656	DCCH	"RELEASE"				
L3U	11:47:03.656	DCCH	"RELEASE_COMPLETE"				

Εικόνα 3.3: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

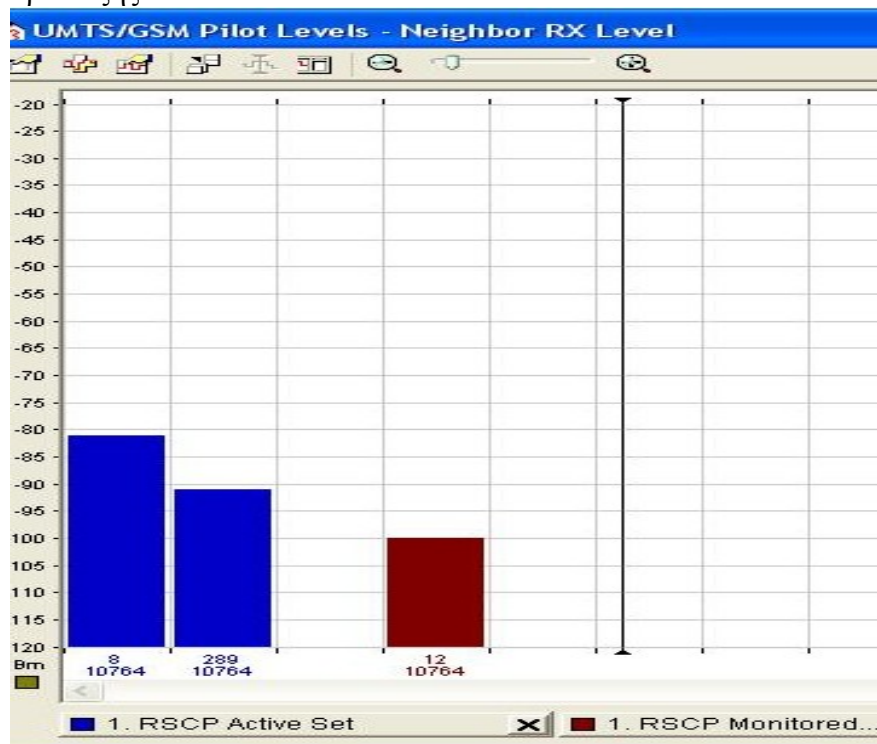
Στην εικόνα 3.4 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10764 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 3.4: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

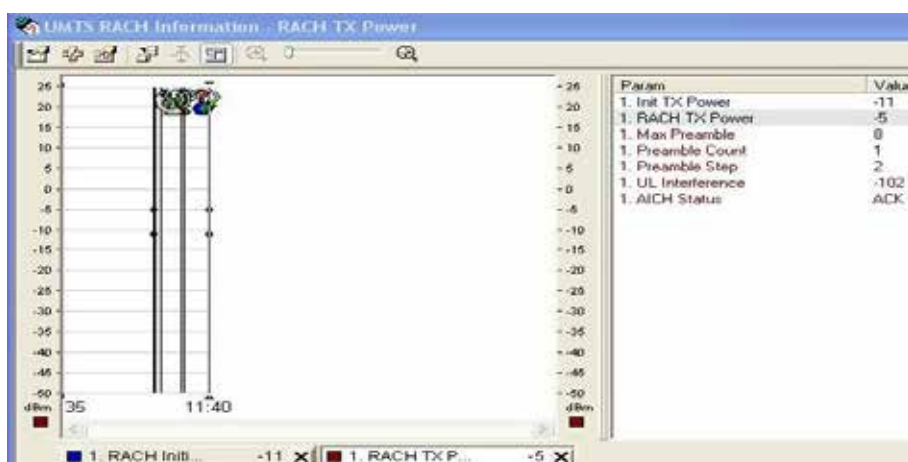
Η πρώτη ομάδα ενεργών σημάτων έχει λόγο E_c/N_0 -5dB με κώδικα περίπλεξης 8 ενώ η δεύτερη έχει λόγο E_c/N_0 -15 dB με κώδικα 289. Αντίστοιχα η εποπτευόμενη ομάδα έχει λόγο E_c/N_0 -24dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα 12.

Στην εικόνα 3.5 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιούνται δύο ενεργές ομάδες σημάτων με ισχύεις -81dBm, -91dBm και κώδικες περίπλεξης 8 και 289 ενώ η εποπτευόμενη ομάδα με ισχύ -100dBm έχει τον κώδικα περίπλεξης 12.



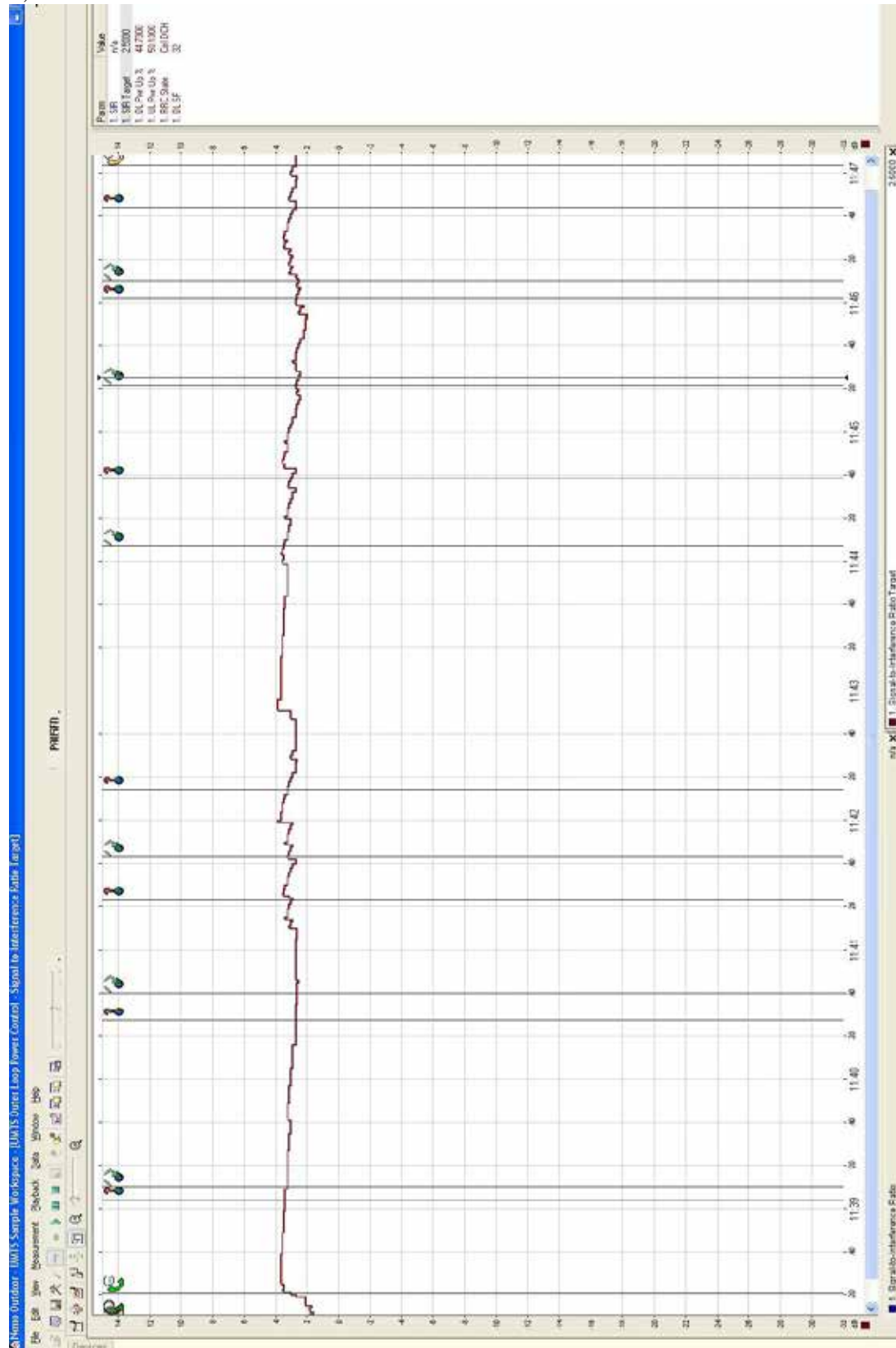
Εικόνα 3.5: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 3.6 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι -11dBm, η τωρινή -5dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -102dBm.



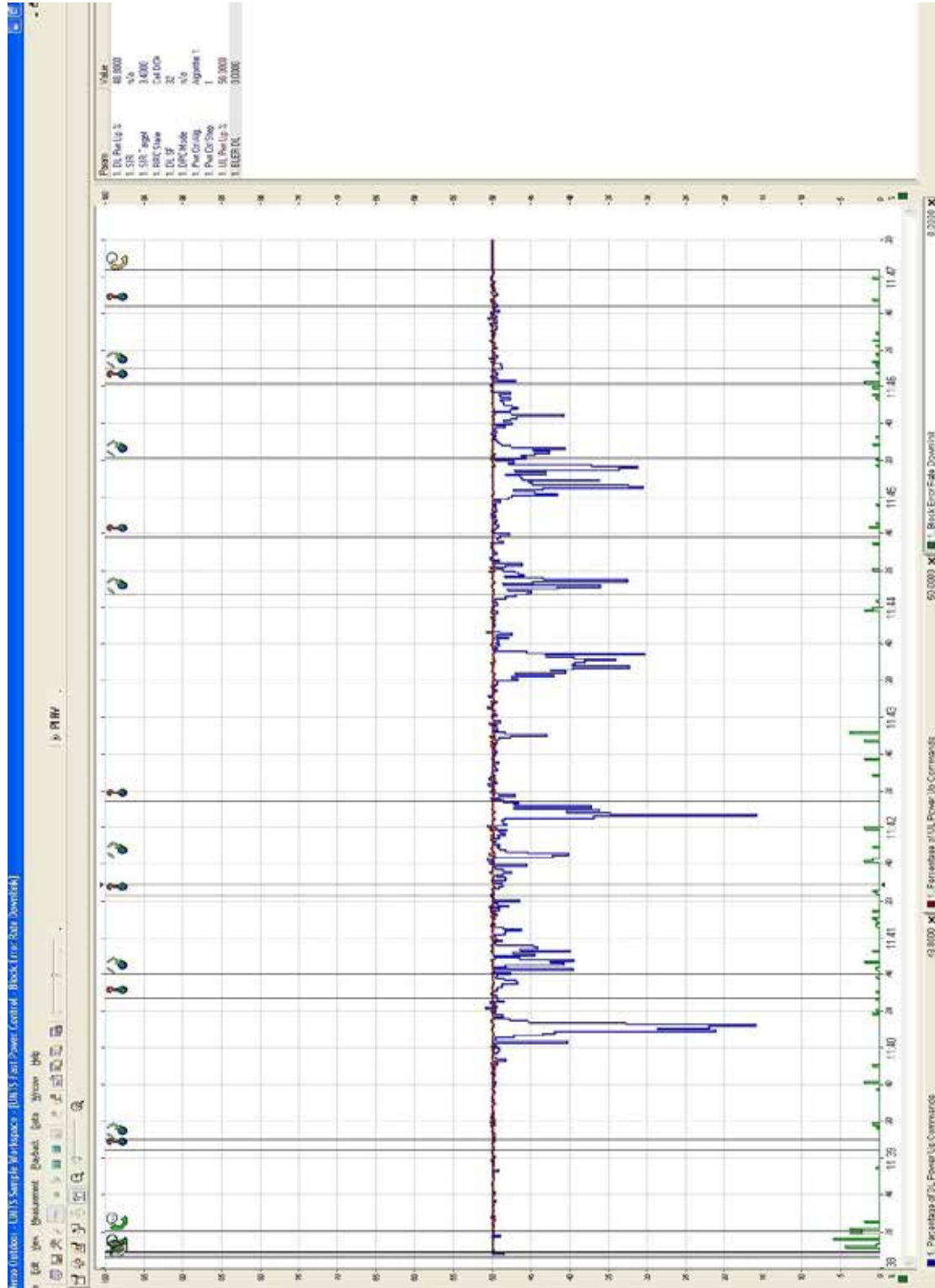
Εικόνα 3.6: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 3.7 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 1,8dB και 4,0dB.



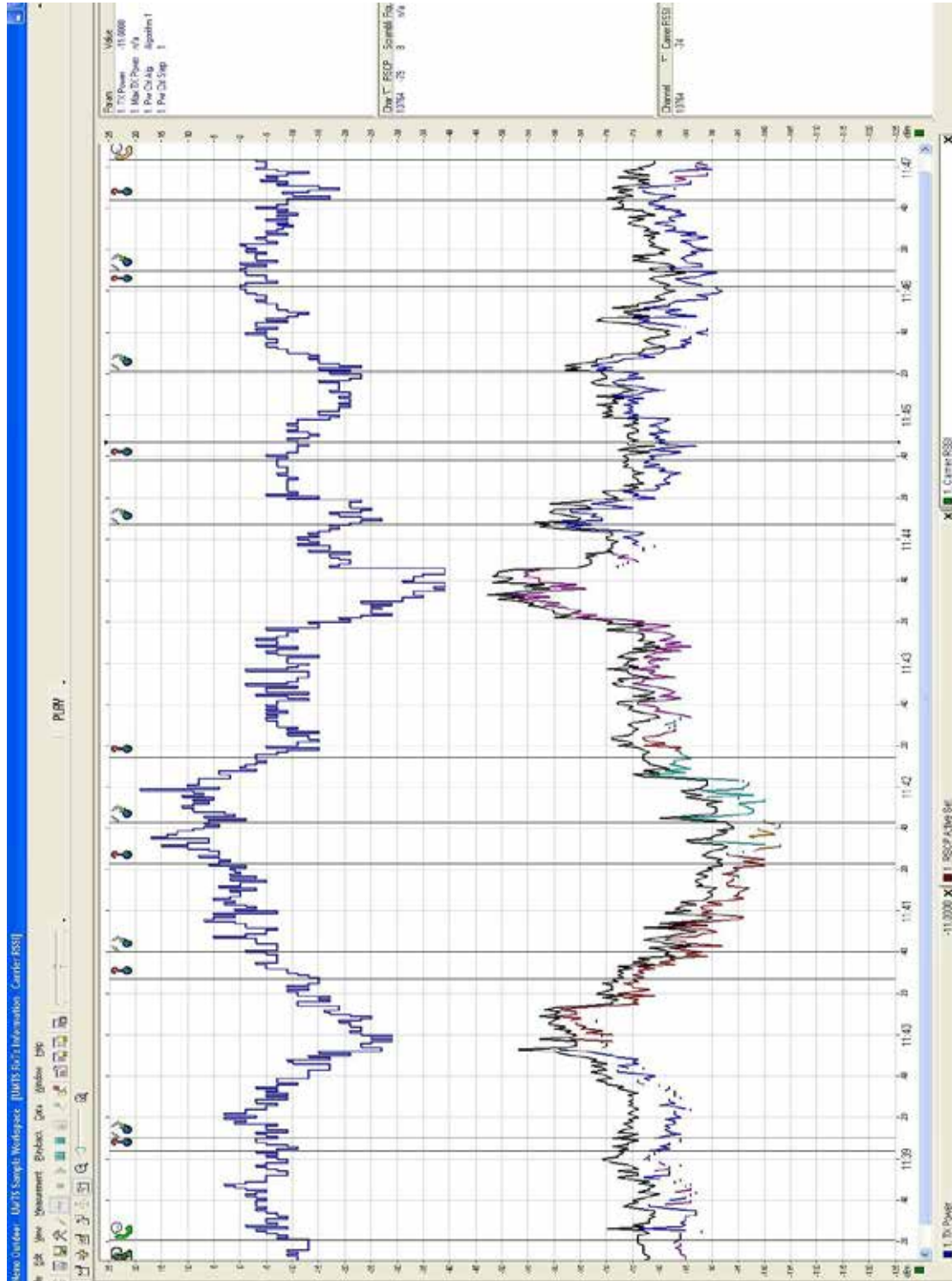
Εικόνα 3.7: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 3.8 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 15% έως 51%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 6%.



Εικόνα 3.8: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

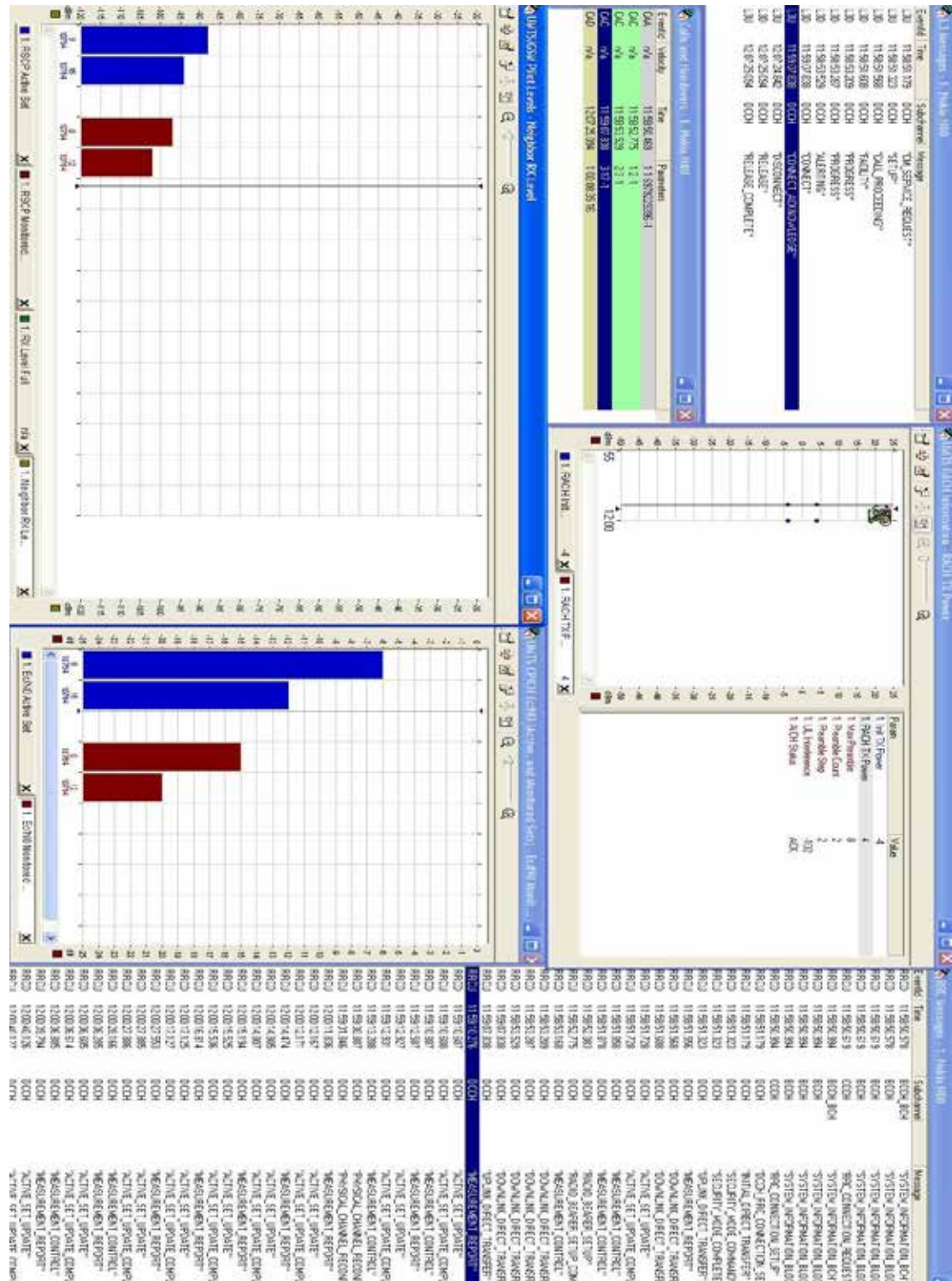
Στην εικόνα 3.9 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -39dBm έως 19 dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -103dBm έως -50dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -94dBm έως -47dBm.



Εικόνα 3.9: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης

3.1.2 Κλήση ομιλίας - Σπάρτη 24 Μαΐου 2010

Η φωνητική κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Δευτέρα 24 Μαΐου ώρα 11:58. Στην εικόνα 3.10 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



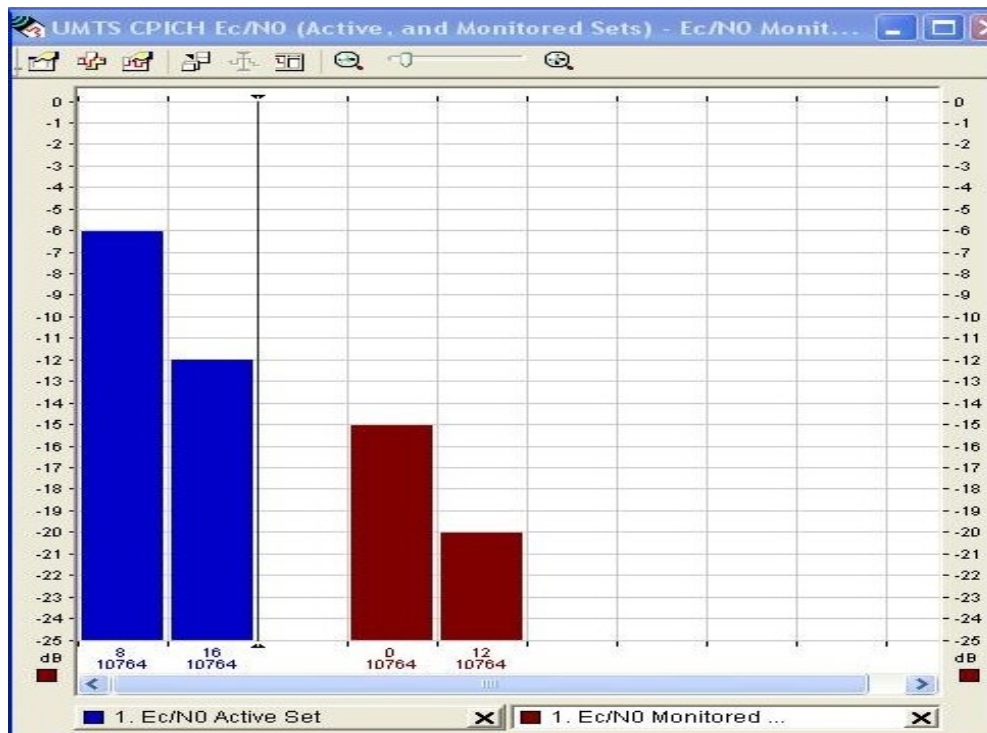
Εικόνα 3.10: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets)

Στην εικόνα 3.11 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CONNECT_ACKNOWLEDGE – επιβεβαίωση της σύνδεσης- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 11:59:07.838 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 11:47:03.656 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA,CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.

L3 Messages - 1. Nokia N80				Calls and Handovers - 1. Nokia N80			
EventId	Time	Subchannel	Message	EventId	Velocity	Time	Parameters
L3U	11:58:51.179	DCCH	"CM_SERVICE_REQUEST"	CAA	n/a	11:58:50.469	1 1 6979229396 -1
L3U	11:58:51.323	DCCH	"SETUP"	CAC	n/a	11:58:52.775	1 2 -1
L3D	11:58:51.568	DCCH	"CALL_PROCEEDING"	CAC	n/a	11:58:53.529	2 3 -1
L3D	11:58:51.608	DCCH	"FACILITY"	CAC	n/a	11:59:07.838	3 17 -1
L3D	11:58:53.209	DCCH	"PROGRESS"	CAD	n/a	12:07:25.094	1 00:08:35 16
L3D	11:58:53.287	DCCH	"PROGRESS"				
L3D	11:58:53.529	DCCH	"ALERTING"				
L3D	11:59:07.838	DCCH	"CONNECT"				
L3U	11:59:07.838	DCCH	"CONNECT_ACKNOWLEDGE"				
L3U	12:07:24.842	DCCH	"DISCONNECT"				
L3D	12:07:25.094	DCCH	"RELEASE"				
L3U	12:07:25.094	DCCH	"RELEASE_COMPLETE"				

Εικόνα 3.11: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

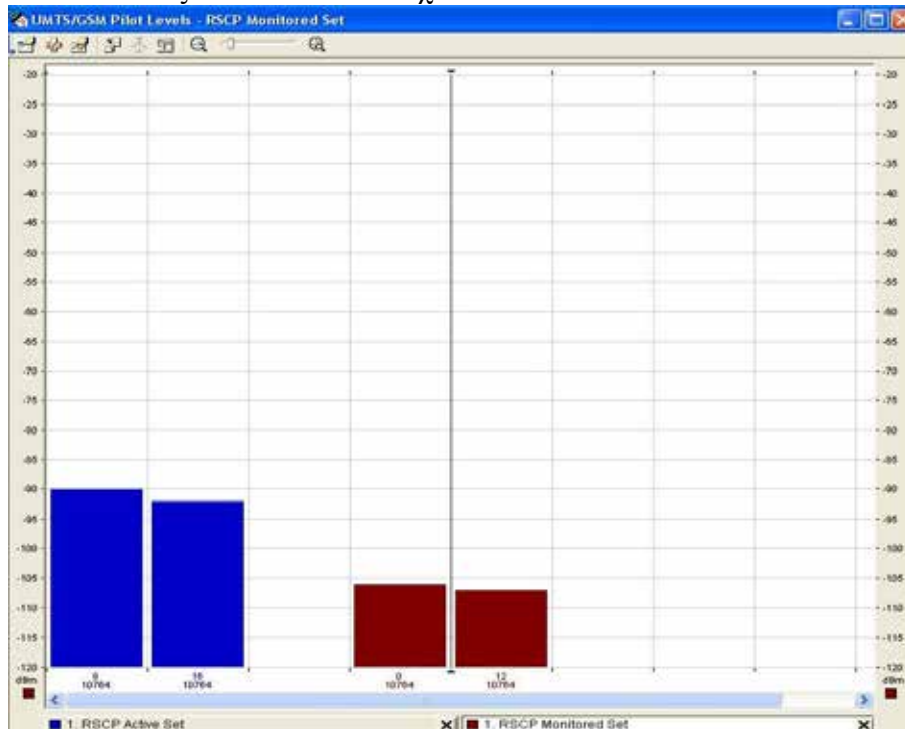
Στην εικόνα 3.12 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10764 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 3.12: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

Η πρώτη ομάδα ενεργών σημάτων έχει λόγο E_c/N_0 -6dB με κώδικα περίπλεξης 8 ενώ η δεύτερη έχει λόγο E_c/N_0 -12dB με κώδικα 16. Αντίστοιχα οι δυο εποπτευόμενες ομάδες έχουν λόγους E_c/N_0 -15dB, -20dB και χρησιμοποιούν τους κώδικες περίπλεξης 0 και 12 αντίστοιχα.

Στην εικόνα 3.13 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP(Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιούνται δύο ενεργές ομάδες σημάτων με ισχύεις -90dB, -92dB και κώδικες περίπλεξης 8 και 16 ενώ οι εποπτευόμενες ομάδες με ισχύεις -106dBm, -107dBm και κώδικες 0 και 12 αντίστοιχα.



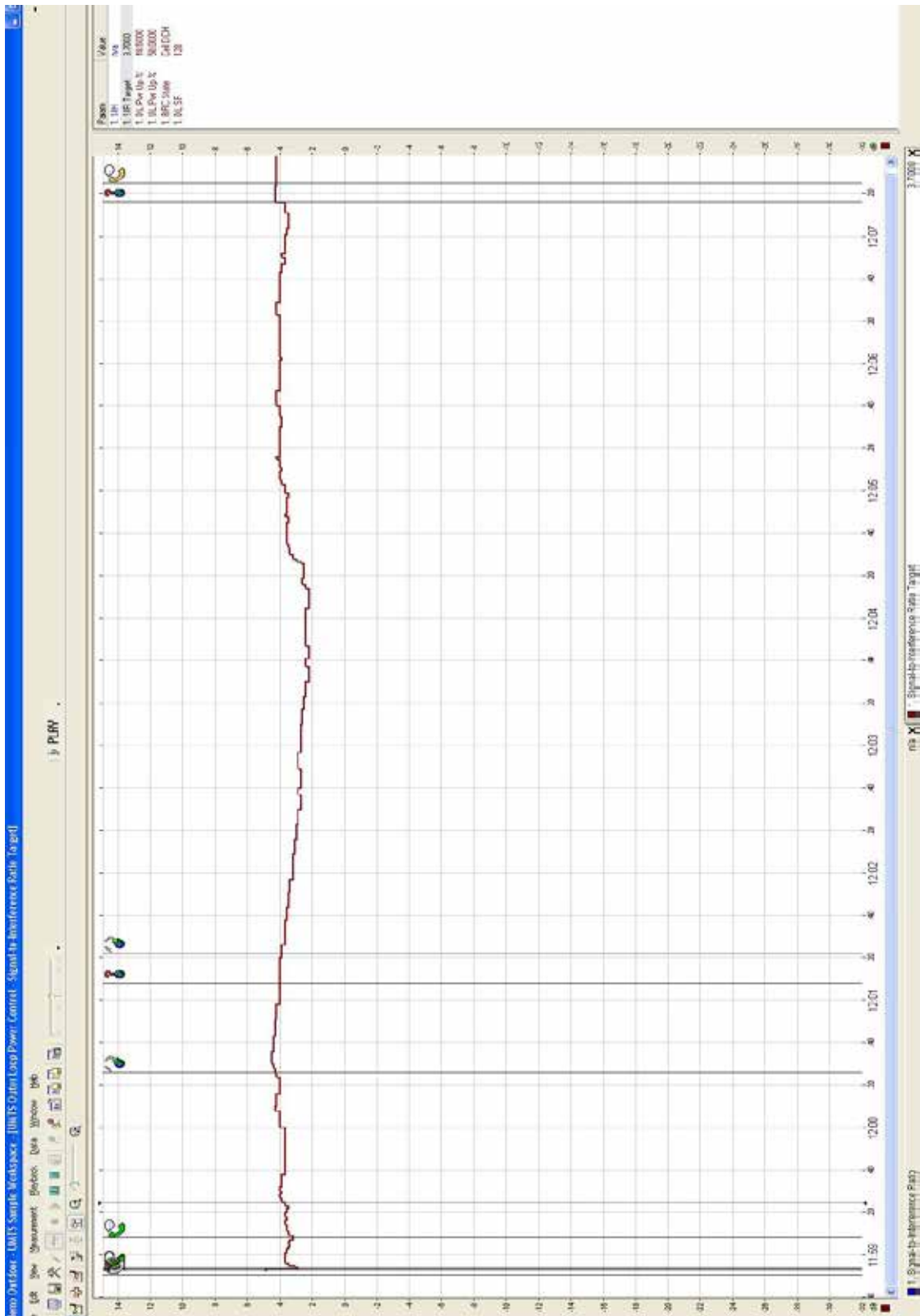
Εικόνα 3.13: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 3.14 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι -4dBm, η τωρινή 4dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -102dBm.



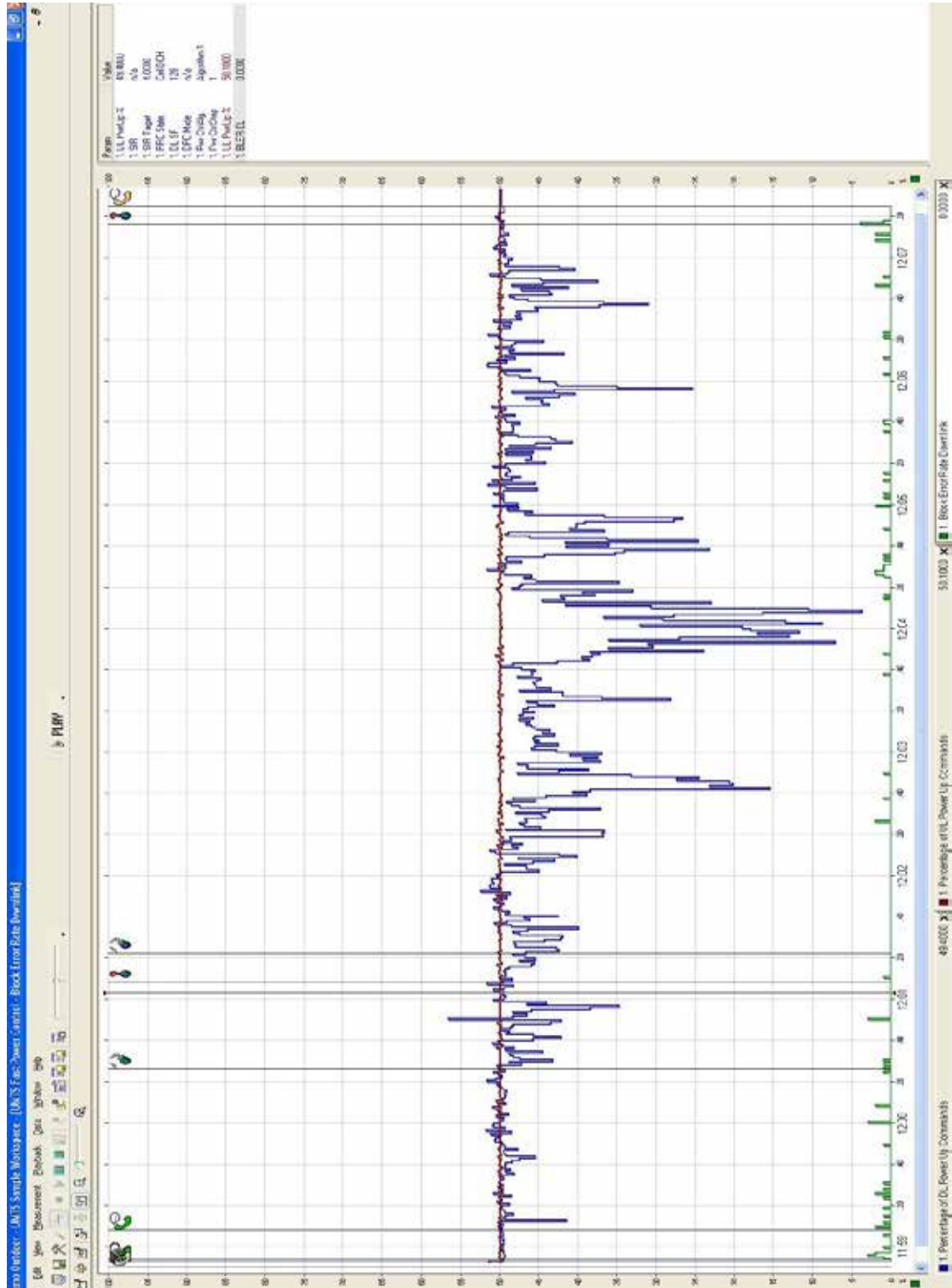
Εικόνα 3.14: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 3.15 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 2,2dB και 4,6dB.



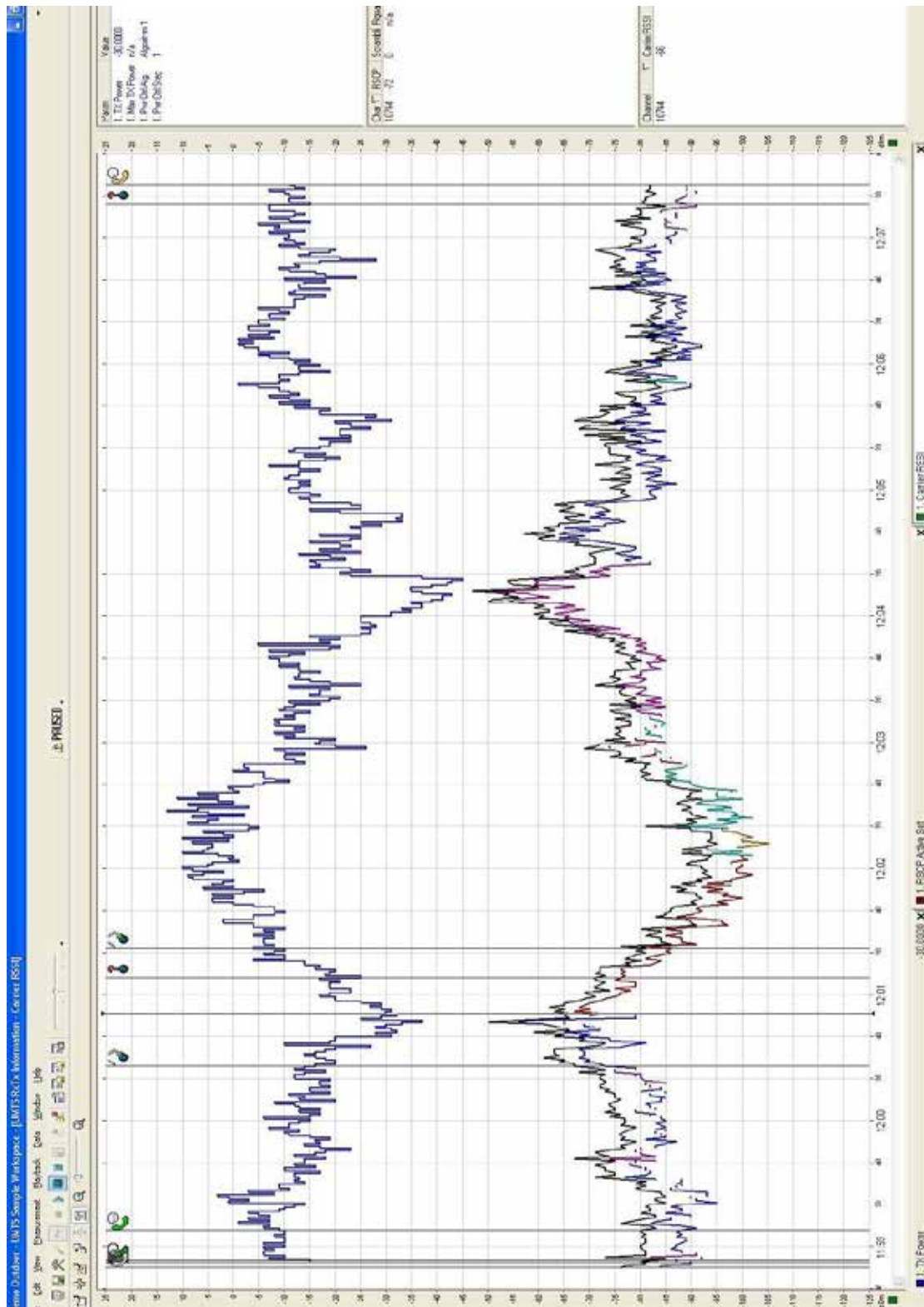
Εικόνα 3.15: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 3.16 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 3,5% έως 56,5%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 4%.



Εικόνα 3.16: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

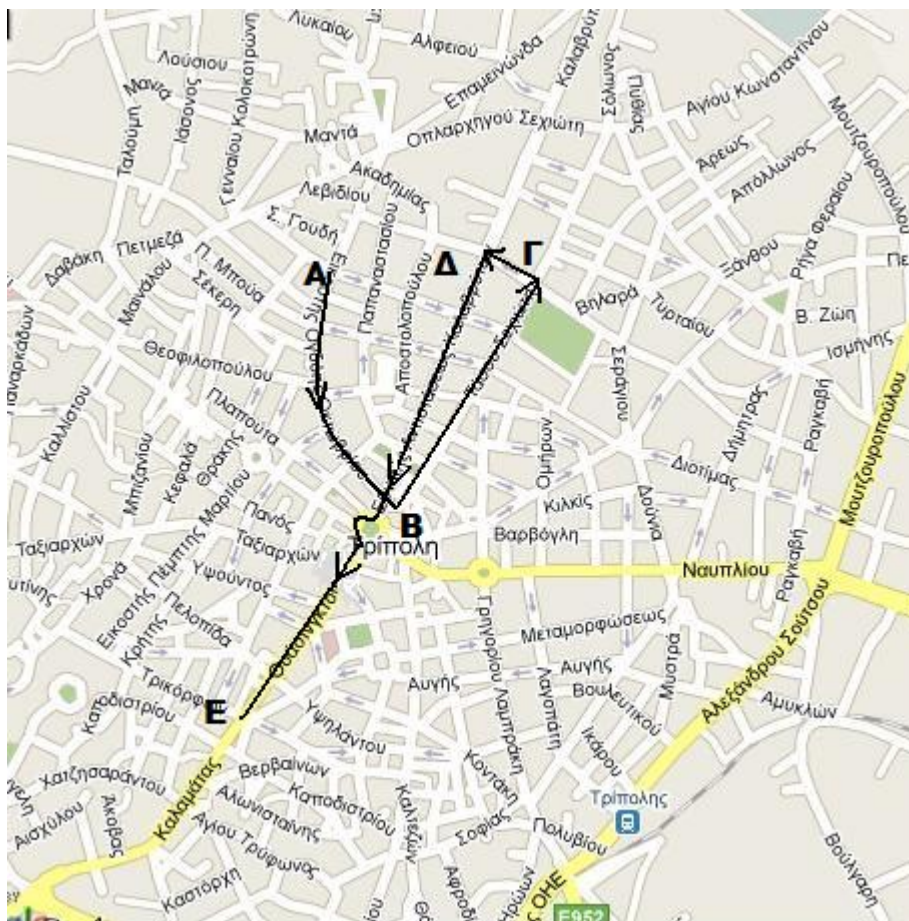
Στην εικόνα 3.17 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -45dBm έως 13 dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -105dBm έως -50dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -95dBm έως -47dBm.



Εικόνα 3.17: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης

3.2 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Τρίπολης

Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.3 πραγματοποιήθηκαν στην πόλη της Τρίπολης, στην διαδρομή που απεικονίζεται στην εικόνα 3.18.

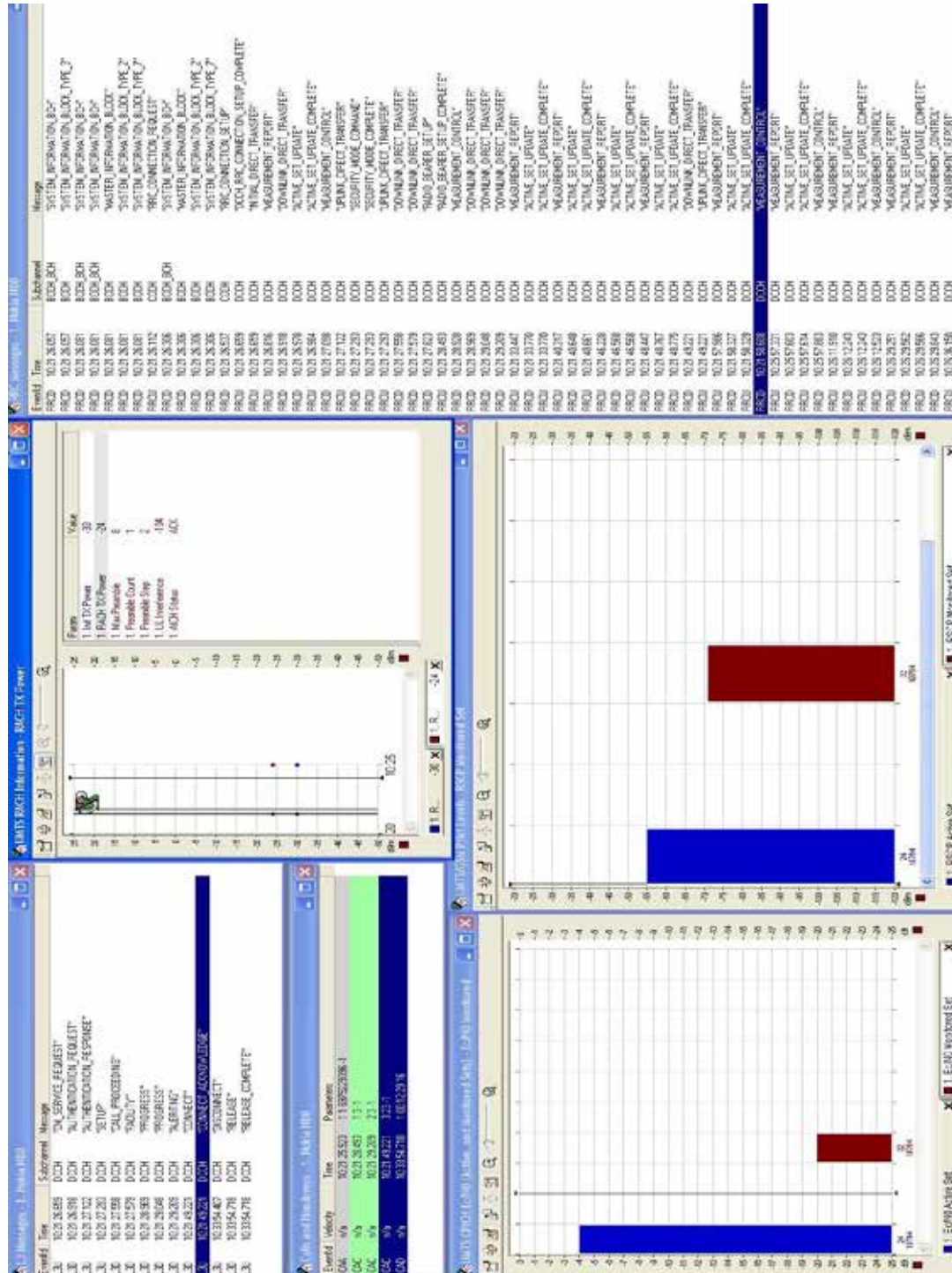


Εικόνα 3.18: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Τρίπολης

Με Α σημειώνεται το σημείο εκκίνησης στην οδό 28^{ης} Οκτωβρίου και με Ε το σημείο τερματισμού στην οδό Καλαμάτας. Η διαδρομή ακολουθεί το τετραγωνικό είναι $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma \rightarrow \Delta \rightarrow E$. Η απόσταση που κινήθηκε το τεμαχικό είναι περίπου 3 χιλιόμετρα. Εκτιμάται ότι η μέση ταχύτητα κίνησης είναι μεταξύ 30-40 χιλιόμετρα ανά ώρα κατά το χρονικό διάστημα της μέτρησης.

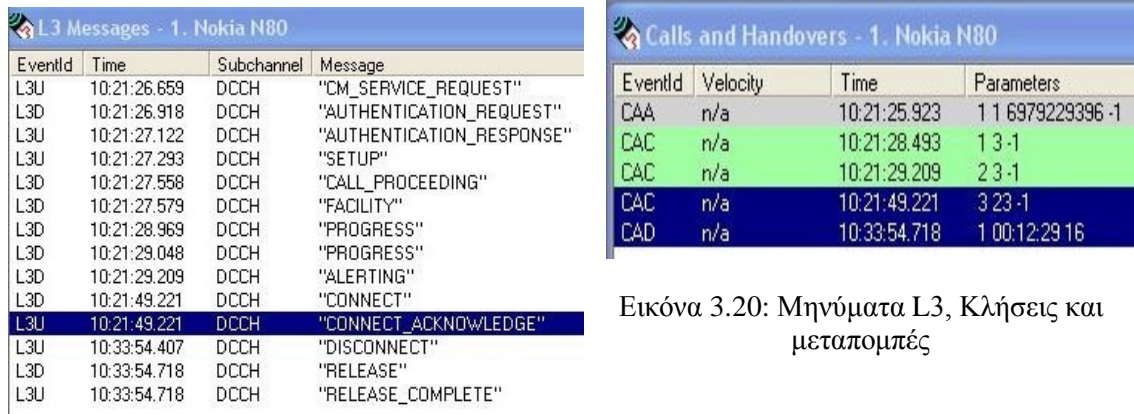
3.2.1 Κλήση ομιλίας – Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010

Η φωνητική κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 4 Ιουνίου ώρα 10:21. Στην εικόνα 3.19 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



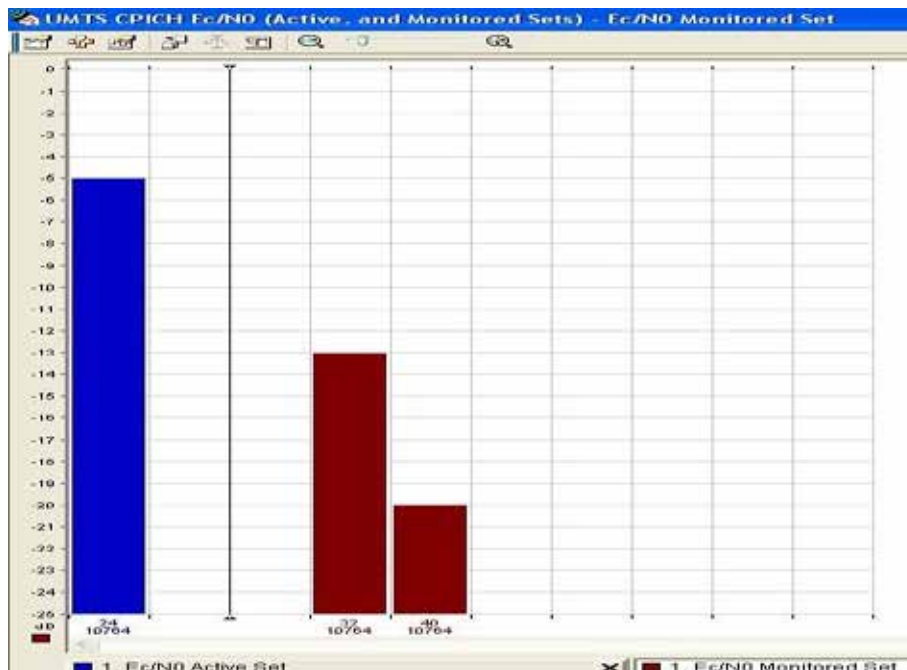
Εικόνα 3.19: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets)

Στην εικόνα 3.20 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CONNECT_ACKNOWLEDGE – επιβεβαίωση της σύνδεσης- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 10:21:49.221 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 10:33:54.718 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA, CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.



Εικόνα 3.20: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

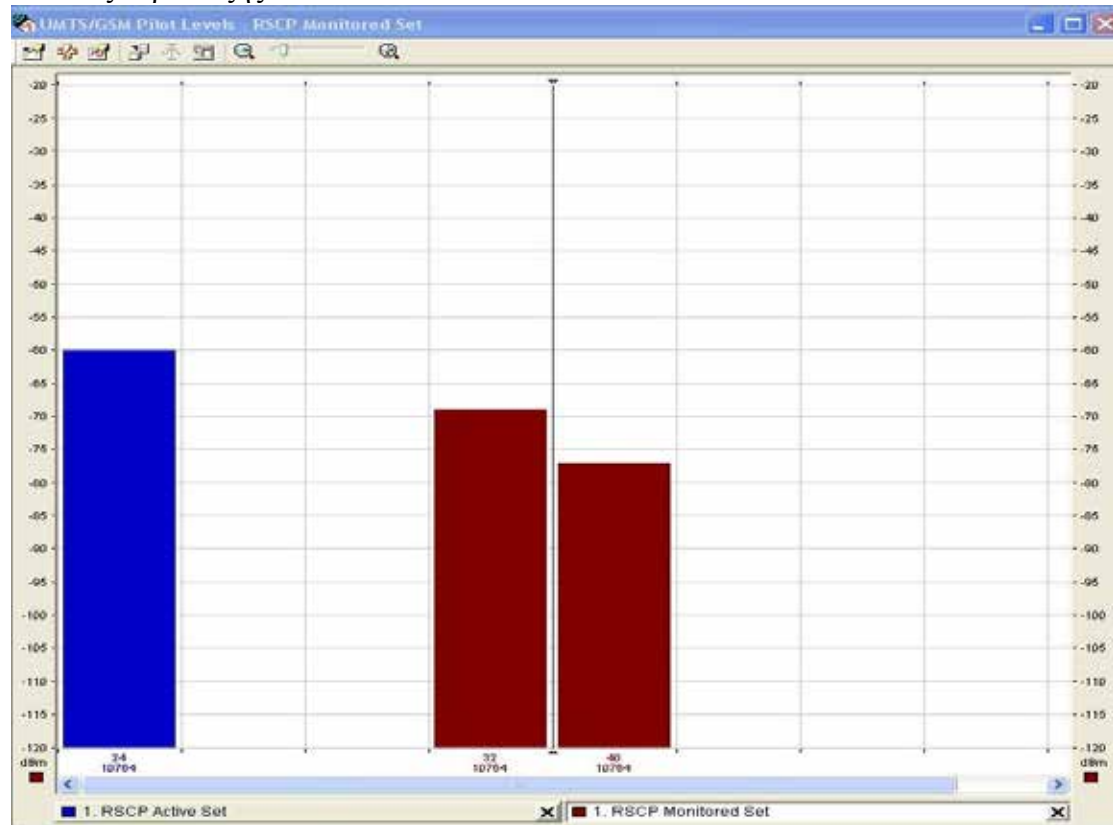
Στην εικόνα 3.21 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10764 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 3.21: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

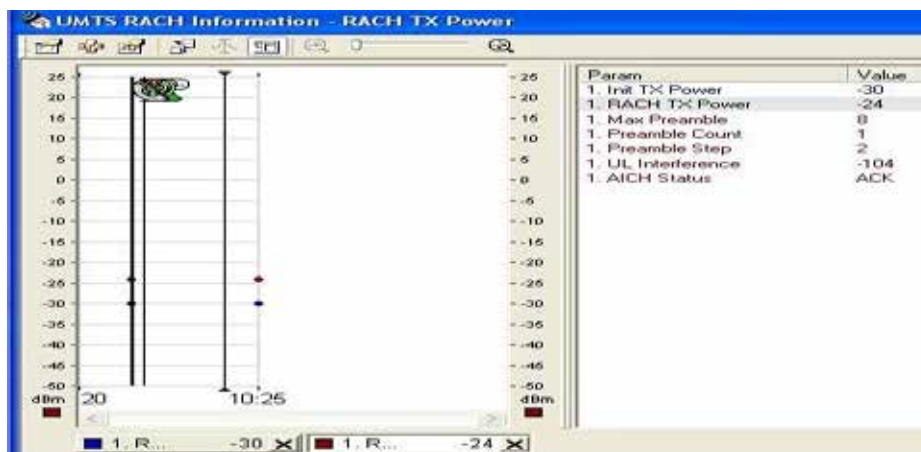
Η ομάδα ενεργών σημάτων χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 24. Αντίστοιχα οι δυο εποπτευόμενες ομάδες χρησιμοποιούν τους κώδικες 32 και 40.

Στην εικόνα 3.22 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιείται η ενεργή ομάδα σημάτων με λόγο E_c/N_0 -5dB και κώδικα περίπλεξης 24 ενώ οι εποπτευόμενες ομάδες έχουν λόγους E_c/N_0 -13dB, -20dB και κώδικες περίπλεξης 32 και 40.



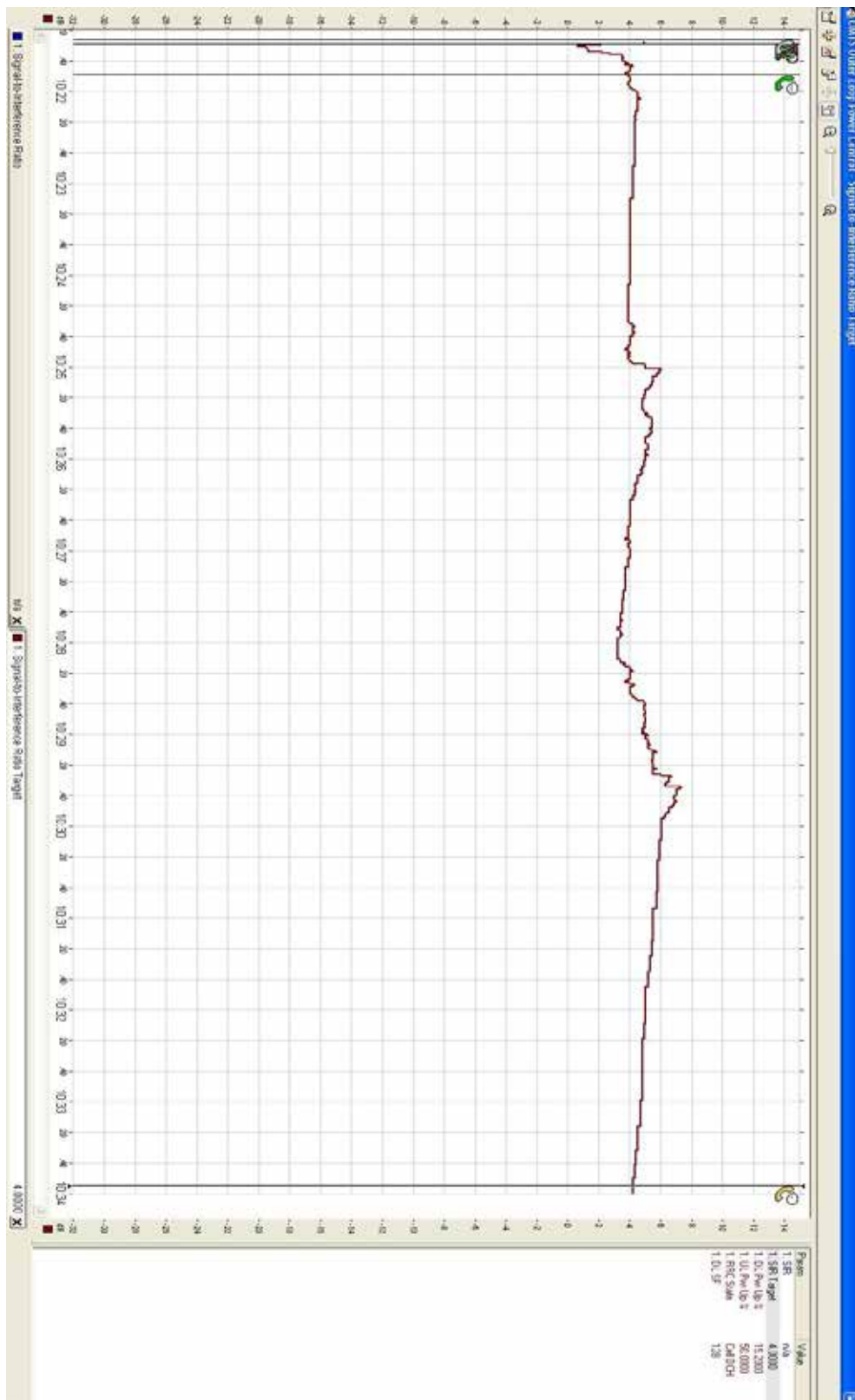
Εικόνα 3.22: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 3.23 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι -30dBm, η τωρινή -24dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -104dBm.



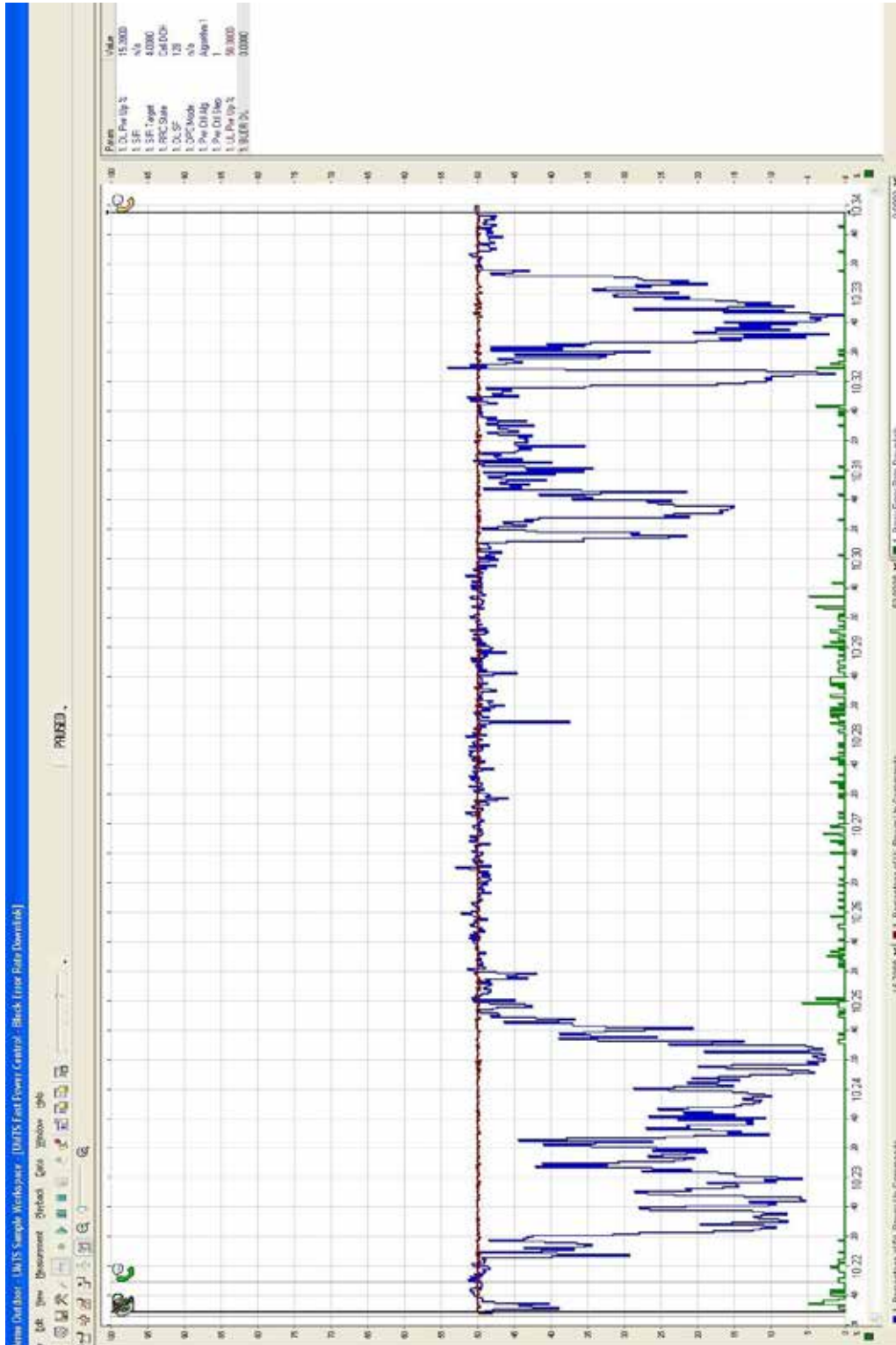
Εικόνα 3.23: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 3.24 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 0,7dB και 7,3dB.



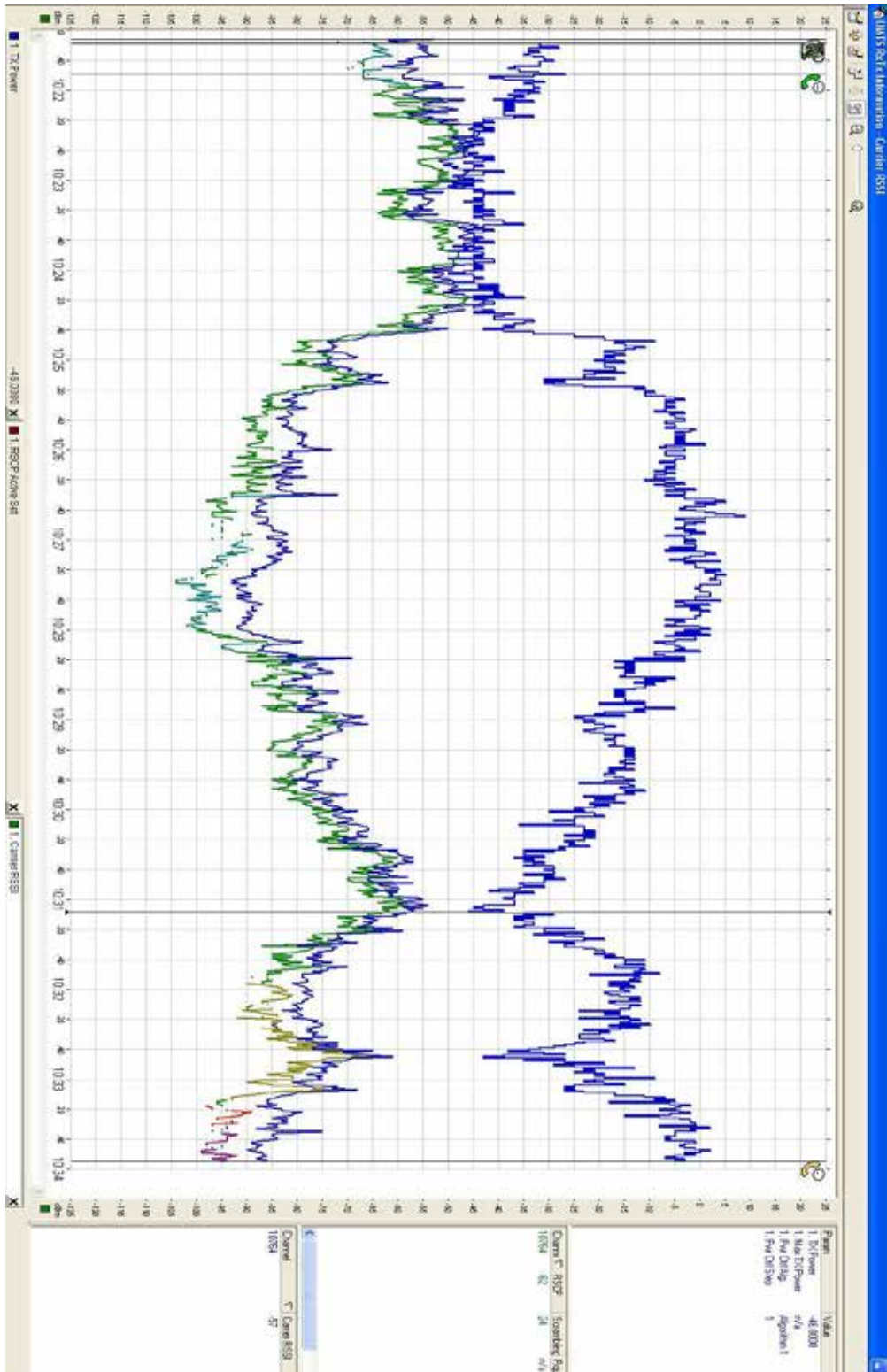
Εικόνα 3.24: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου
91

Στην εικόνα 3.25 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 0% έως 54%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 6%.



Εικόνα 3.25: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

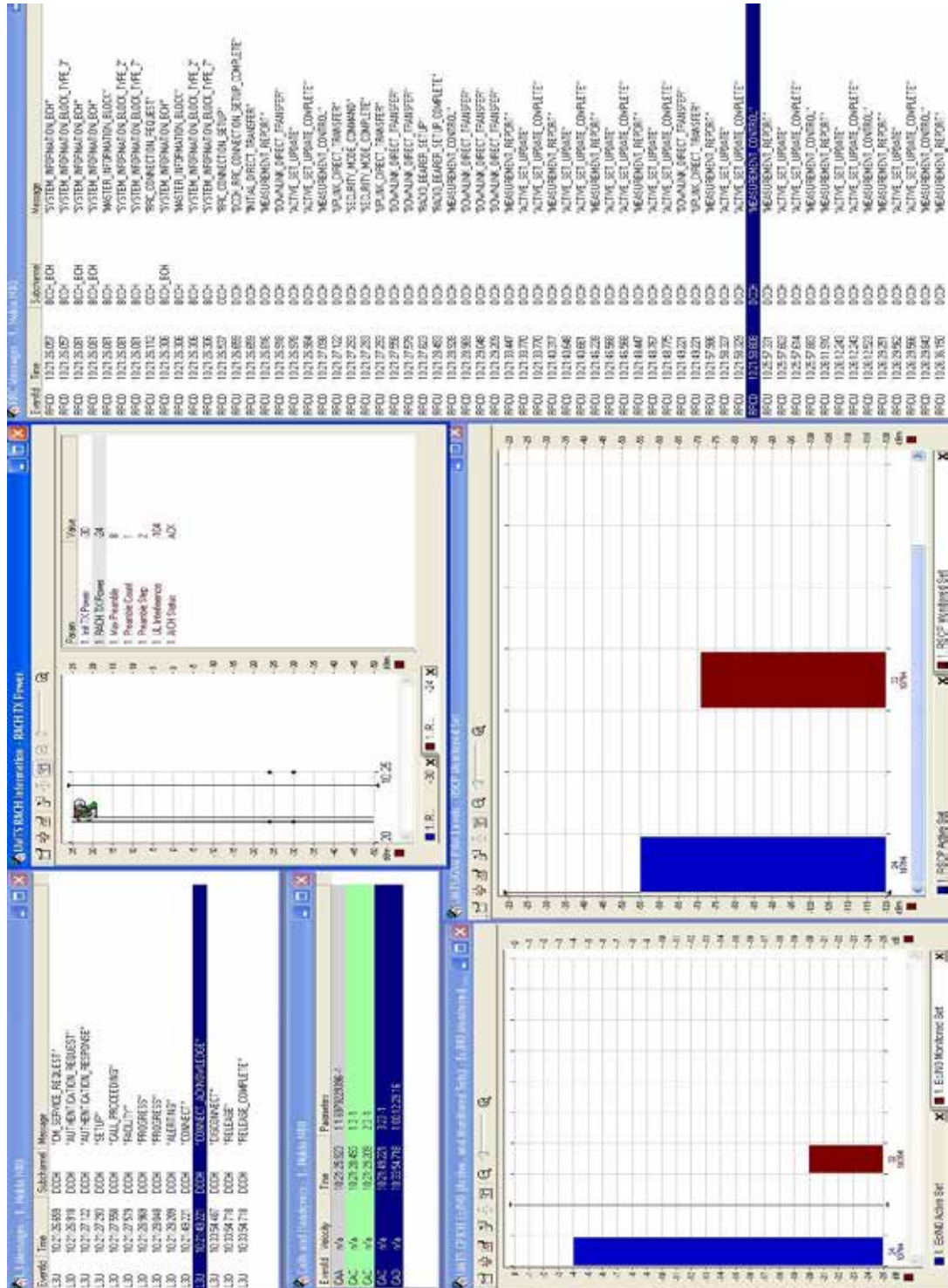
Στην εικόνα 3.26 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -53dBm έως 9dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -104dBm έως -46dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -93dBm έως -40dBm.



Εικόνα 3.26: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης

3.2.2 Βίντεο κλήση – Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010

Η βίντεο κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 4 Ιουνίου ώρα 10:43. Στην εικόνα 3.27 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



Εικόνα 3.27: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets).

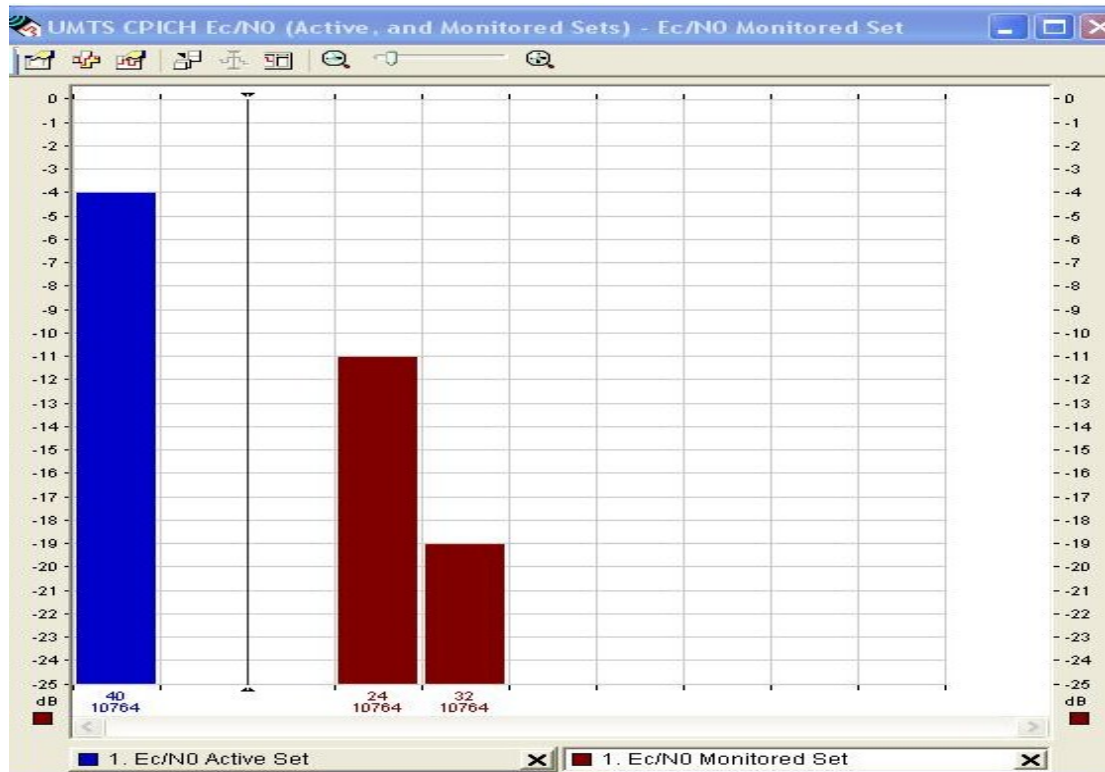
Στην εικόνα 3.28 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CALL PROCEEDING – πρόοδος κλήσης- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 10:43:54.036 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 10:51:56.238 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA, CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.

EventId	Time	Subchannel	Message
L3U	10:43:53.741	DCCH	"CM_SERVICE_REQUEST"
L3U	10:43:53.743	DCCH	"SETUP"
L3D	10:43:54.036	DCCH	"CALL_PROCEEDING"
L3D	10:43:55.852	DCCH	"PROGRESS"
L3D	10:43:55.852	DCCH	"PROGRESS"
L3D	10:43:55.985	DCCH	"ALERTING"
L3D	10:44:05.920	DCCH	"CONNECT"
L3U	10:44:05.920	DCCH	"CONNECT_ACKNOWLEDGE"
L3U	10:51:55.922	DCCH	"DISCONNECT"
L3D	10:51:56.238	DCCH	"RELEASE"
L3U	10:51:56.238	DCCH	"RELEASE_COMPLETE"

EventId	Velocity	Time	Parameters
CAA	n/a	10:43:52.906	7 1 6979229395 -1
CAC	n/a	10:43:55.099	1 2 -1
CAC	n/a	10:43:55.985	2 3 -1
CAC	n/a	10:44:05.920	3 13 -1
CAD	n/a	10:51:56.238	1 00:08:03 16

Εικόνα 3.28: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

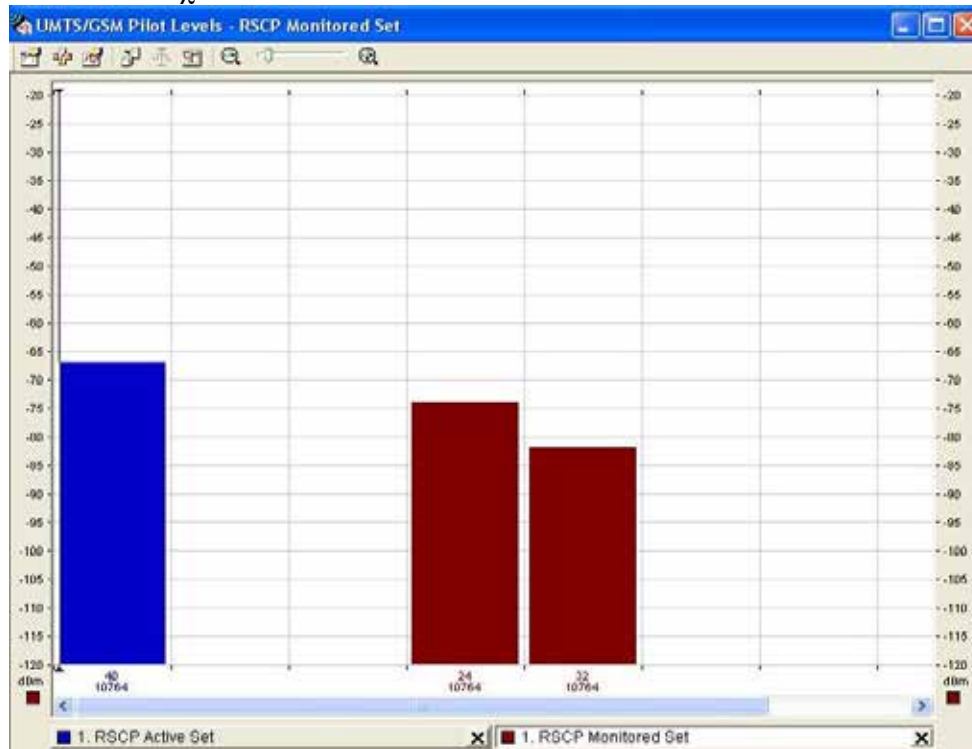
Στην εικόνα 3.29 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10764 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 3.29: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

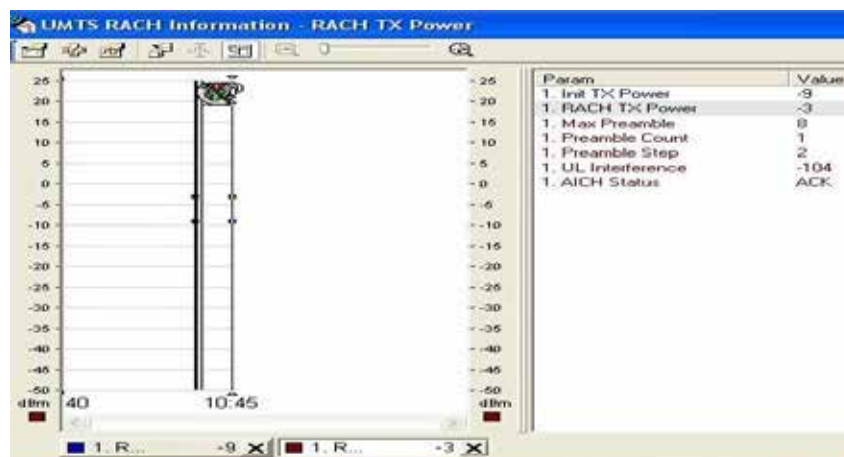
Η ομάδα ενεργών σημάτων έχει λόγο E_c/N_0 -4dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 40. Αντίστοιχα οι δυο εποπτευόμενες ομάδες έχουν λόγους E_c/N_0 -11dB, και -19dB χρησιμοποιούν τους κώδικες 24 και 32.

Στην εικόνα 3.30 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - RSCP Monitored Set - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιείται η ενεργή ομάδα σημάτων με ισχύ -67dBm και κώδικα περίπλεξης 40 ενώ οι εποπτευόμενες ομάδες έχουν ισχύεις -74dBm, -82dBm και κώδικες περίπλεξης 24 και 32 αντίστοιχα.



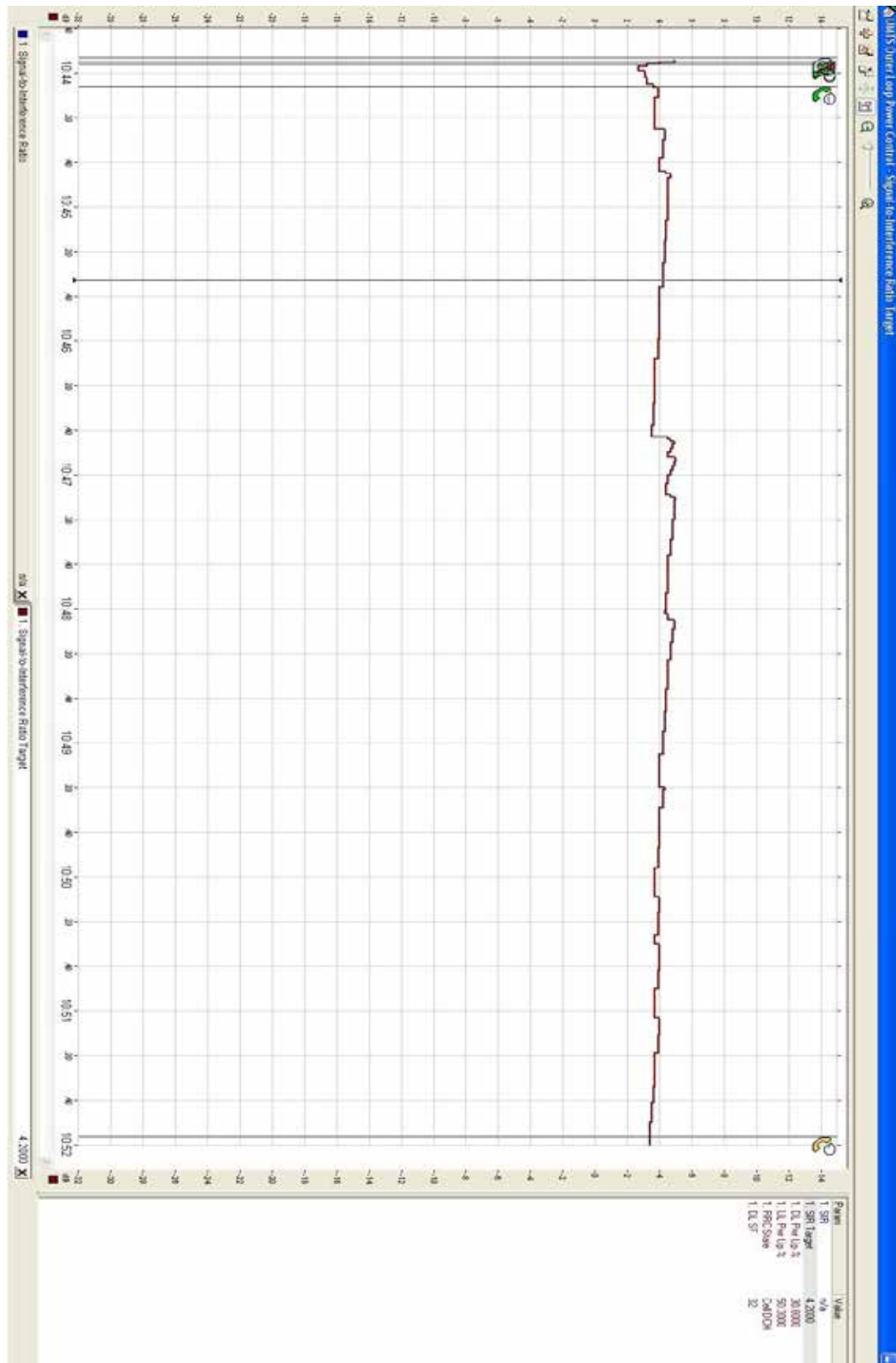
Εικόνα 3.30: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 3.31 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι -9dBm, η τωρινή -3dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -104dBm.



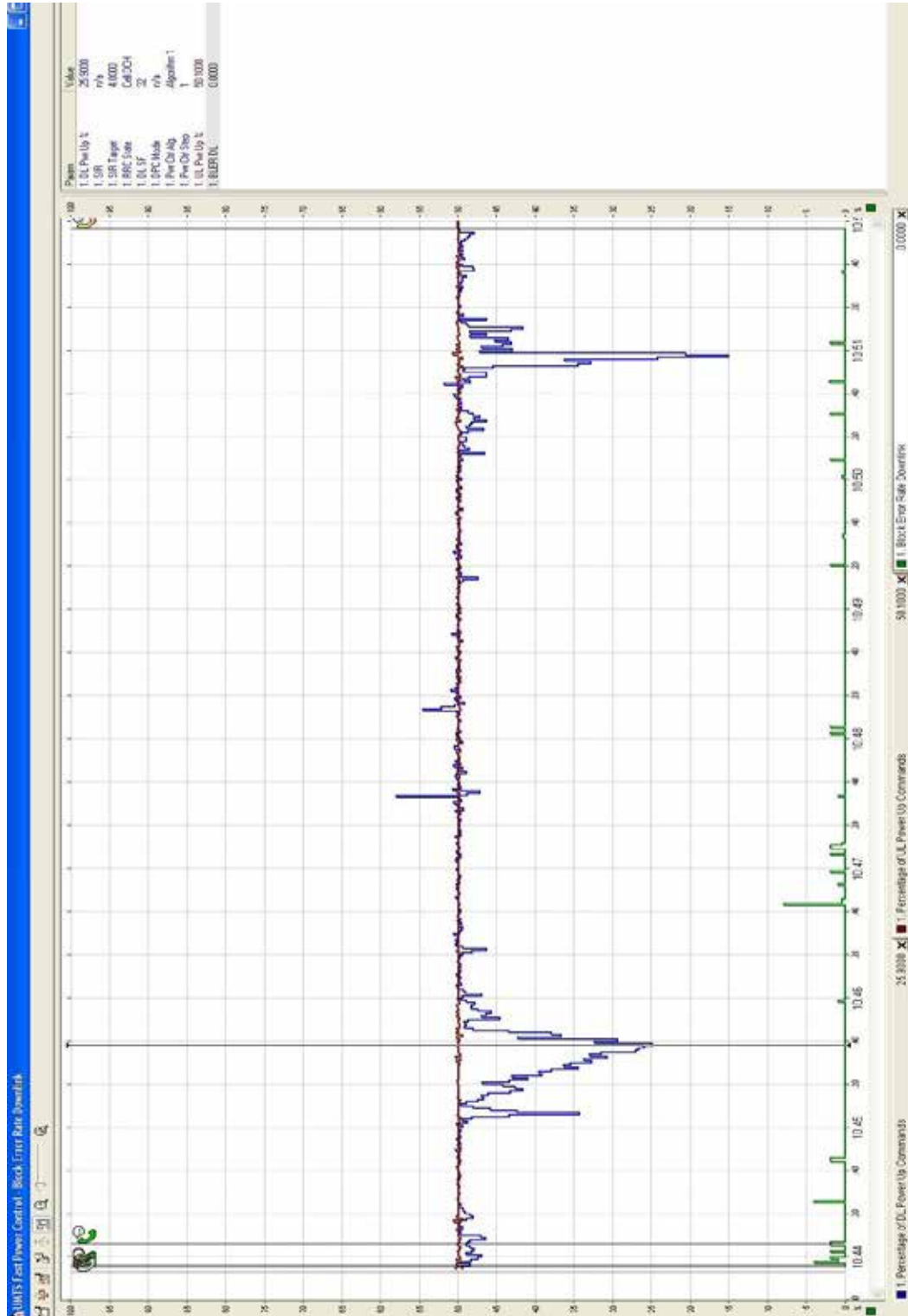
Εικόνα 3.31: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 3.32 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 2,6dB και 5dB.



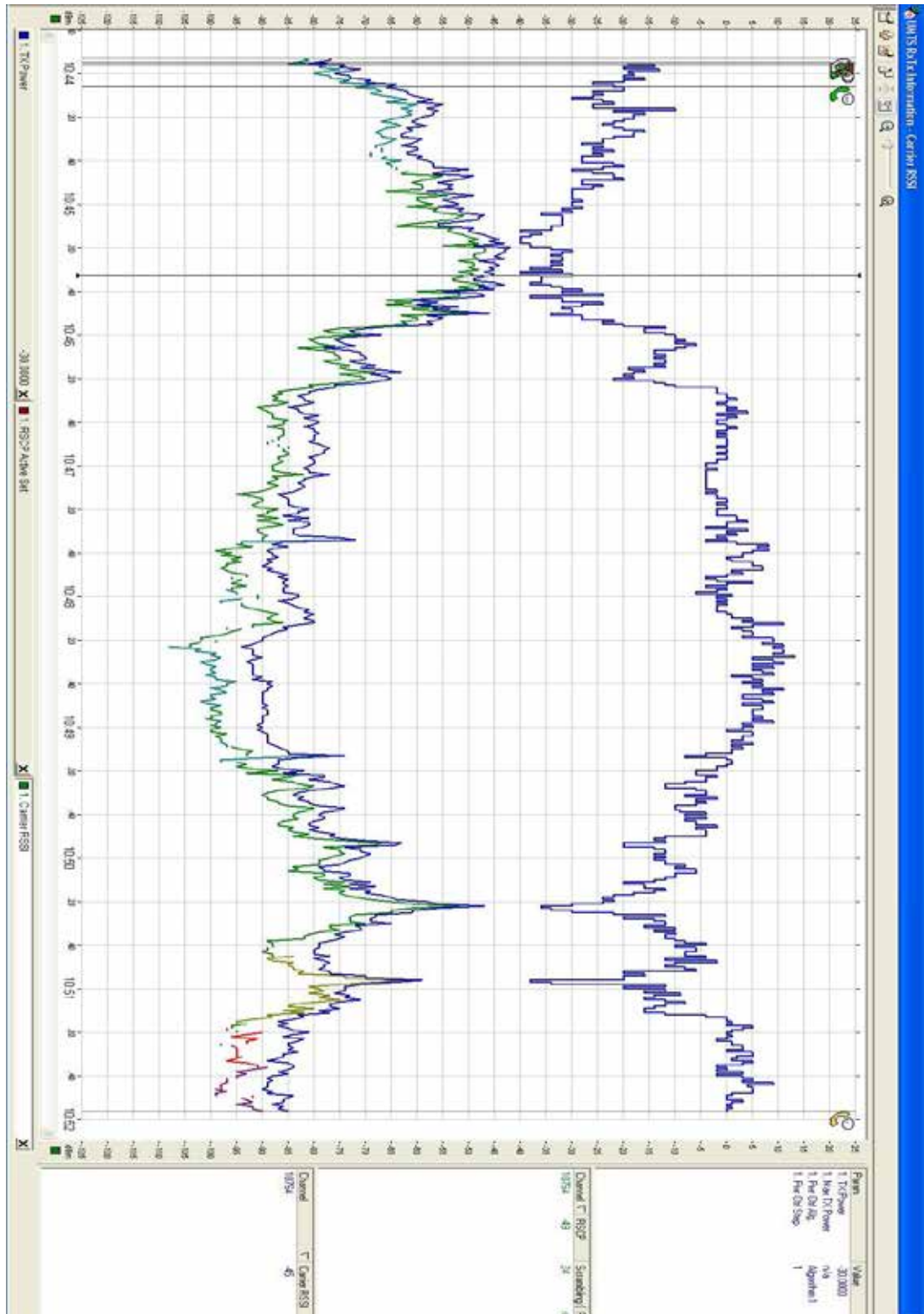
Εικόνα 3.32: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 3.33 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 15% έως 58%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 8%.



Εικόνα 3.33: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

Στην εικόνα 3.34 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -40dBm έως 14dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -94dBm έως -42dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -108dBm έως -47dBm.



Εικόνα 3.34: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης

3.3 Σύγκριση Μετρήσεων Cosmote

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά και μετρήσεις των κλήσεων φωνής και βίντεο, που πραγματοποιήθηκαν με το δίκτυο της Cosmote στις πόλεις της Σπάρτης και της Τρίπολης.

Πόλη	Σπάρτη	Σπάρτη	Τρίπολη	Τρίπολη
Είδος Κλήσης	Βίντεο	Ομιλία	Βίντεο	Ομιλία
Αρχική Ισχύς RACH (dBm)	-11	-4	-9	-30
Παρεμβολή άνω ζεύξης (dBm)	-102	-102	-104	-104
Μεταβολή SIR target (dB)	1,8 έως 4,0	2,2 έως 4,6	2,6 έως 5	0,7 έως 7,3
Ποσοστό εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη (%)	15 έως 51	3,5 έως 56,5	15 έως 58	0 έως 54
Μεταβολή BLER κάτω ζεύξη(%)	0 έως 6	0 έως 4	0 έως 8	0 έως 6
Pt (εκπεμπόμενη ισχύς dBm)	-39 έως 19	-45 έως 13	-40 έως 14	-53 έως 9
Ισχύς ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (RSCP σε dBm)	-103 έως -50	-105 έως -50	-108 έως -47	-104 έως -46
Ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI σε dBm)	-94 έως -47	-95 έως -47	-94 έως -42	-93 έως -40

Πίνακας 3.35: Χαρακτηριστικά και μετρήσεις των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν με το δίκτυο της Cosmote

Κεφάλαιο 4^ο

Μετρήσεις με το Δίκτυο της Vodafone

4.1 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Σπάρτης

Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.2 πραγματοποιήθηκαν στην πόλη της Σπάρτης, στην διαδρομή που απεικονίζεται στην εικόνα 4.1.

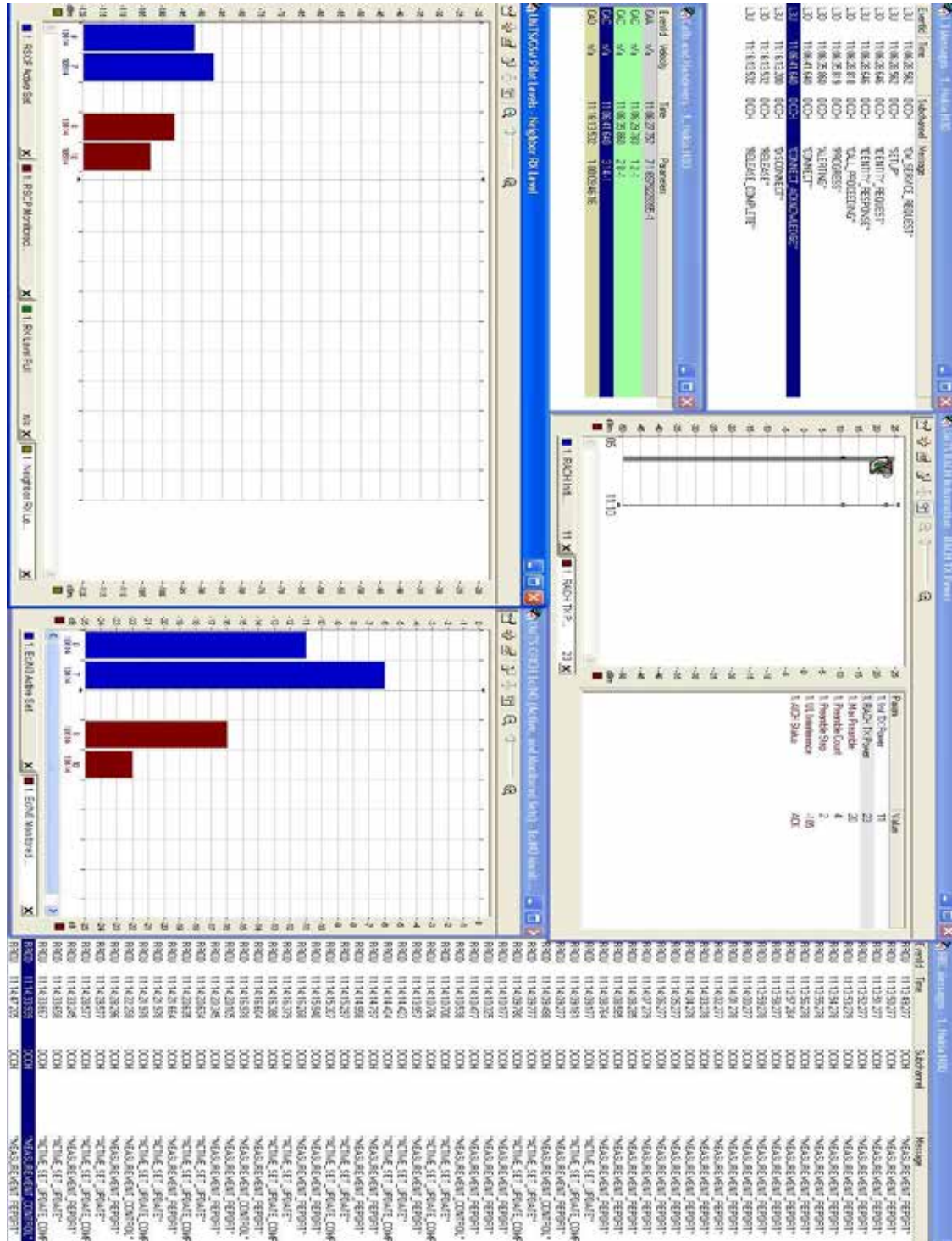


Εικόνα 4.1: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Σπάρτης

Με Α σημειώνεται το σημείο εκκίνησης το οποίο είναι και το σημείο επιστροφής. Η διαδρομή που ακολουθεί το τερματικό είναι $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma \rightarrow \Delta \rightarrow E \rightarrow Z \rightarrow A$. Η απόσταση που κινήθηκε το τερματικό είναι περίπου 3 χιλιόμετρα. Εκτιμάται ότι η μέση ταχύτητα κίνησης είναι μεταξύ 30-40 χιλιόμετρα ανά ώρα κατά το χρονικό διάστημα της μέτρησης.

4.1.1 Βίντεο κλήση - Σπάρτη 24 Μαΐου 2010

Η βίντεο κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Δευτέρα 24 Μαΐου ώρα 11:06. Στην εικόνα 4.2 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



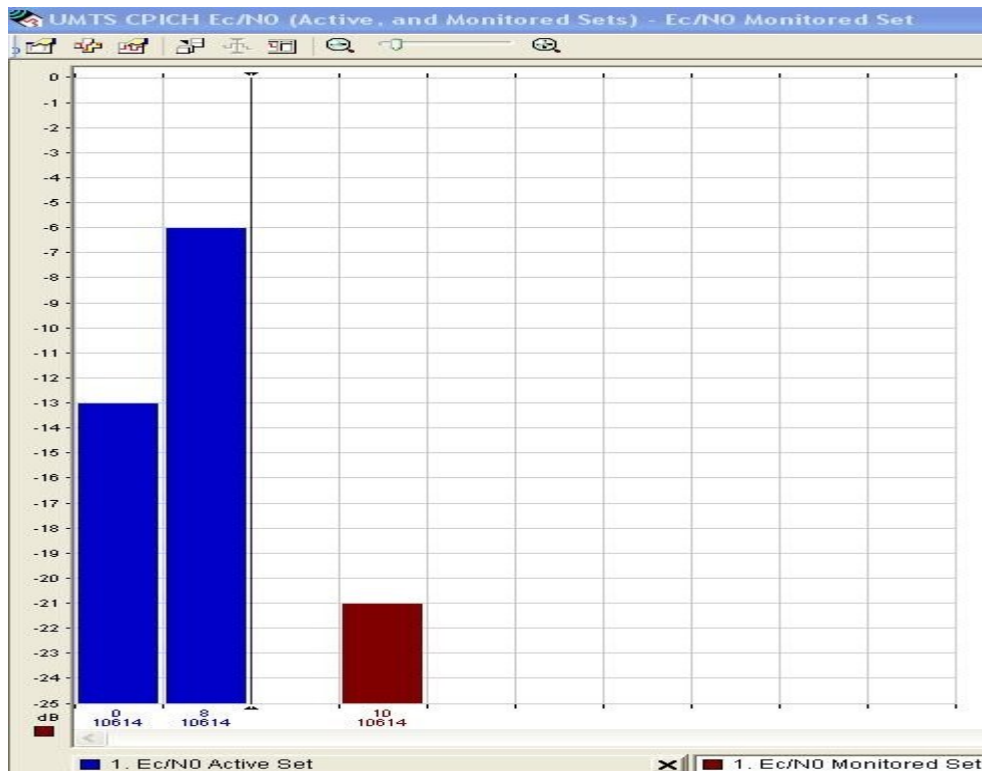
Εικόνα 4.2: Έξι διαφορετικά παράθρυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets).

Στην εικόνα 4.3 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CM_SERVICE_REQUEST – απαίτησης της υπηρεσίας- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 11:06:28.562 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 11:16:13.532 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA,CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.

L3 Messages - 1. Nokia N80				Calls and Handovers - 1. Nokia N80			
EventId	Time	Subchannel	Message	EventId	Velocity	Time	Parameters
L3U	11:06:28.562	DCCH	"CM_SERVICE_REQUEST"	CAA	n/a	11:06:27.757	7 1 6979229395 -1
L3U	11:06:28.562	DCCH	"SETUP"	CAC	n/a	11:06:29.783	1 2 -1
L3D	11:06:28.646	DCCH	"IDENTITY_REQUEST"	CAC	n/a	11:06:35.860	2 8 -1
L3U	11:06:28.646	DCCH	"IDENTITY_RESPONSE"	CAC	n/a	11:06:41.640	3 14 -1
L3D	11:06:28.818	DCCH	"CALL_PROCEEDING"	CAD	n/a	11:16:13.532	1 00:09:46 16
L3D	11:06:35.819	DCCH	"PROGRESS"				
L3D	11:06:35.860	DCCH	"ALERTING"				
L3D	11:06:41.640	DCCH	"CONNECT"				
L3U	11:06:41.640	DCCH	"CONNECT_ACKNOWLEDGE"				
L3U	11:16:13.200	DCCH	"DISCONNECT"				
L3D	11:16:13.532	DCCH	"RELEASE"				
L3U	11:16:13.532	DCCH	"RELEASE_COMPLETE"				

Εικόνα 4.3: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

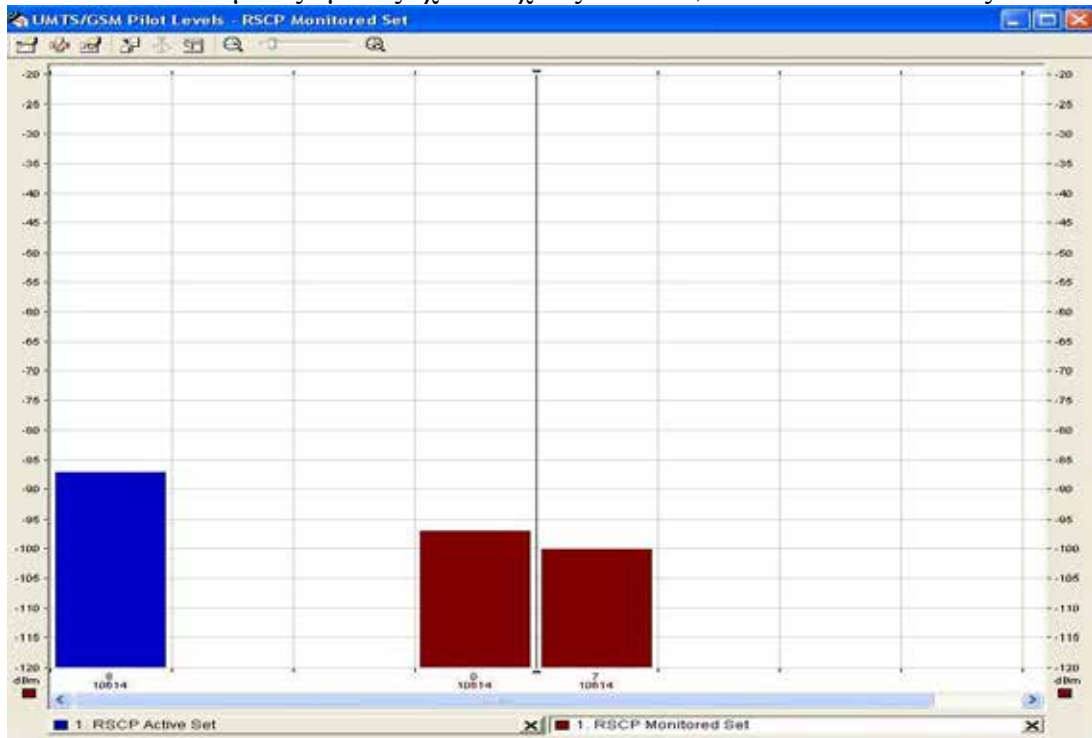
Στην εικόνα 4.4 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_o (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10614 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 4.4: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

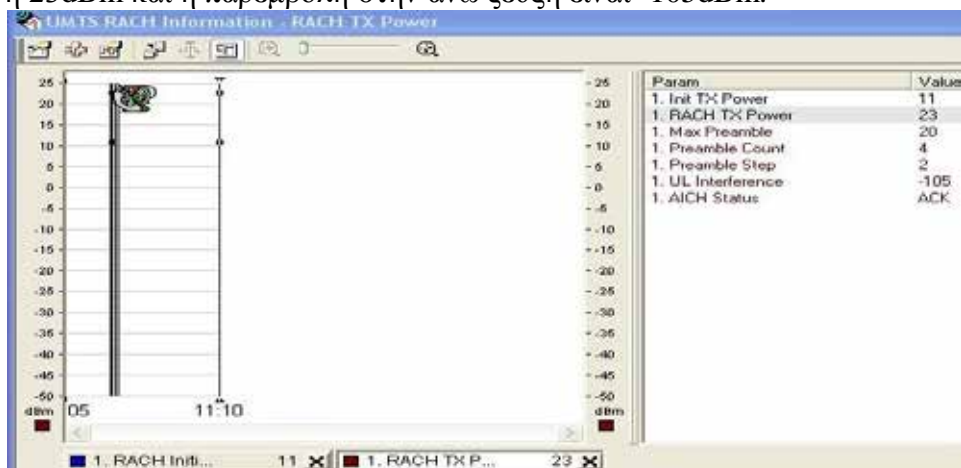
Η πρώτη ομάδα ενεργών σημάτων έχει λόγο E_c/N_0 -13dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 0 ενώ η δεύτερη έχει λόγο E_c/N_0 -6dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 8. Αντίστοιχα η εποπτευόμενη ομάδα έχει λόγο E_c/N_0 -21dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα 10.

Στην εικόνα 4.5 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιείται μία ενεργή ομάδα σημάτων με ισχύ -87dBm και κώδικα περίπλεξης 8 ενώ οι εποπτευόμενες ομάδες έχουν ισχύεις -96dBm, -100dBm και κώδικες 0 και 7.



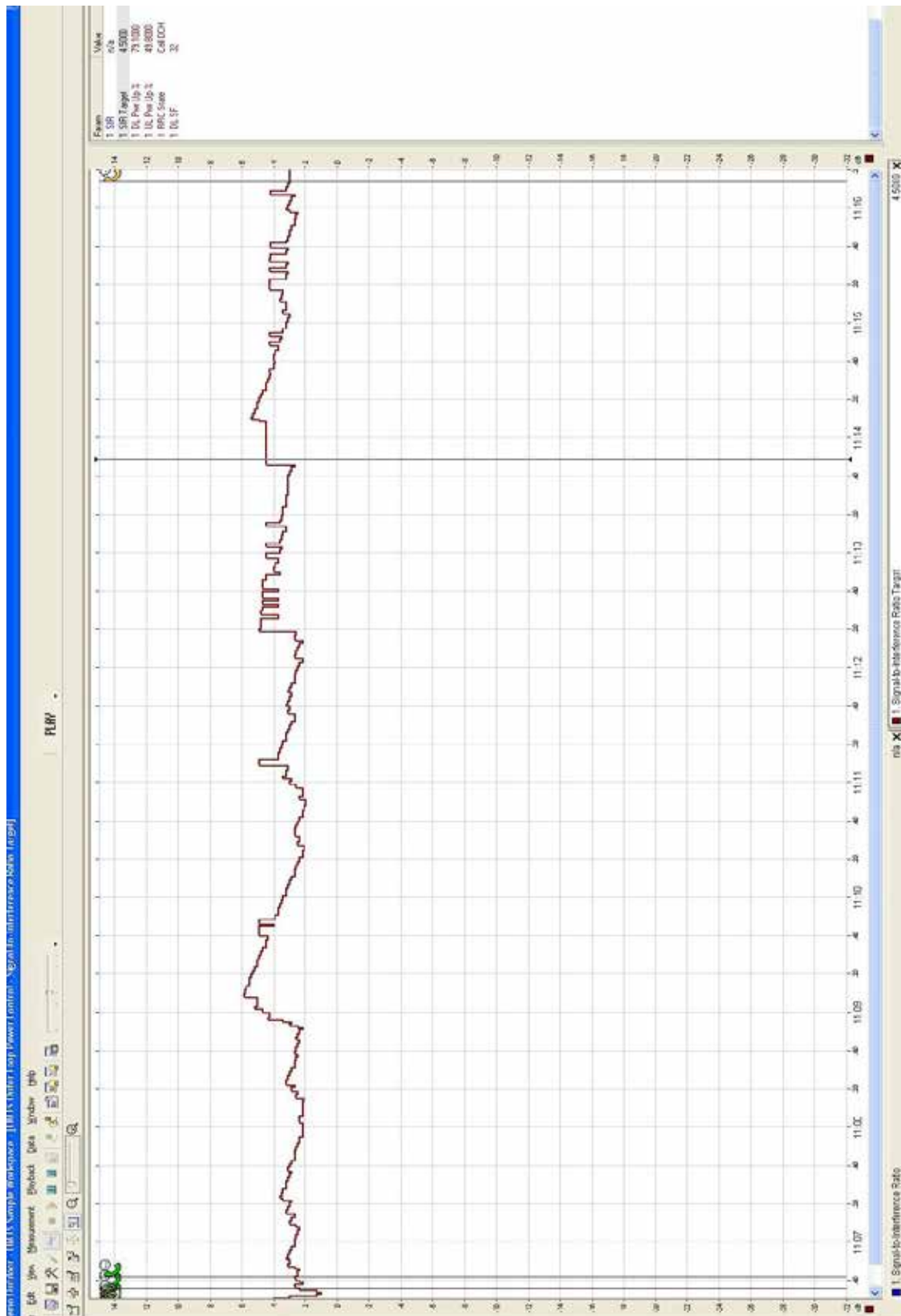
Εικόνα 4.5: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 4.6 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι 11dBm, η τωρινή 23dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -105dBm.



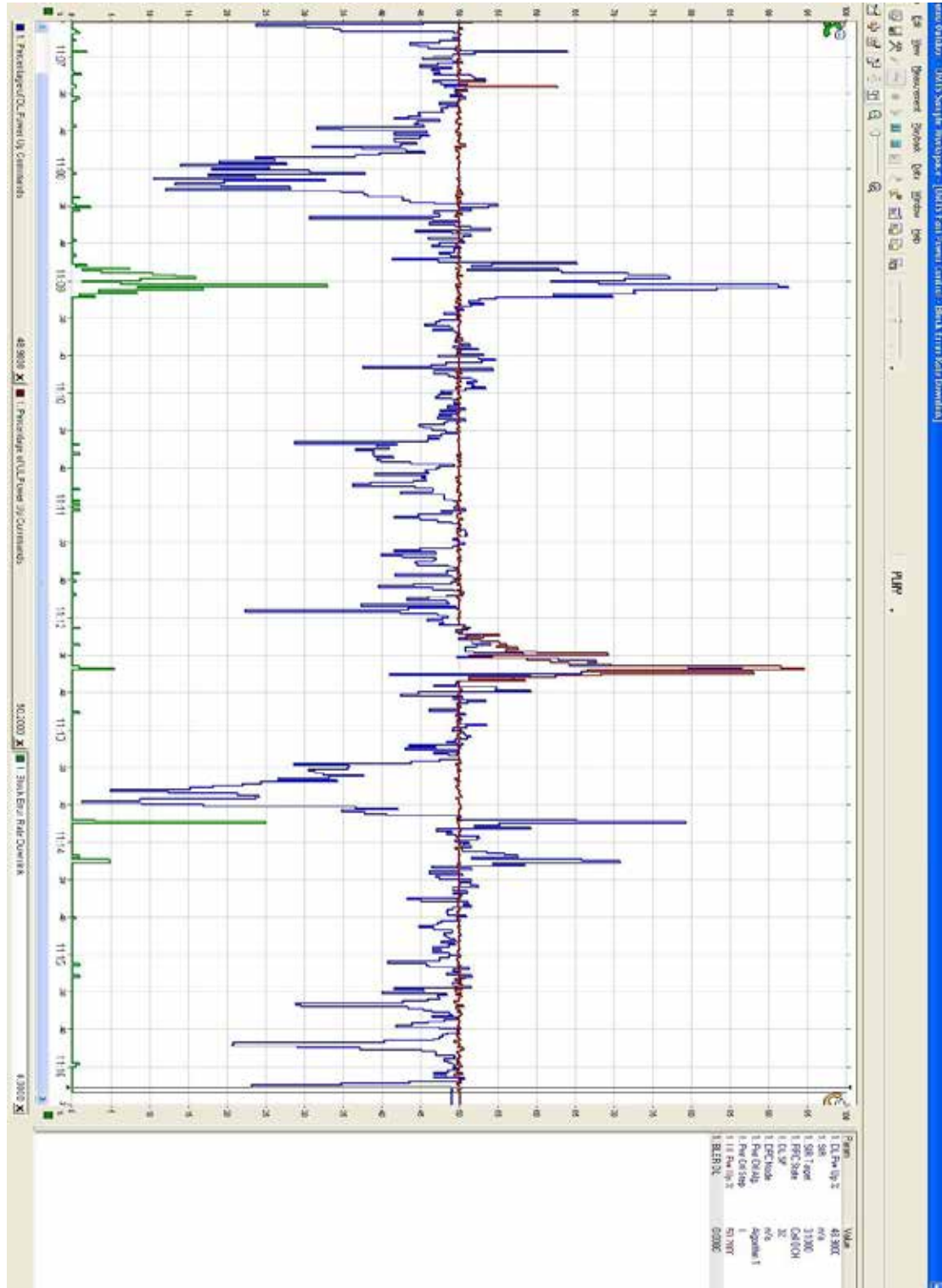
Εικόνα 4.6: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 4.7 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 1dB και 6dB.



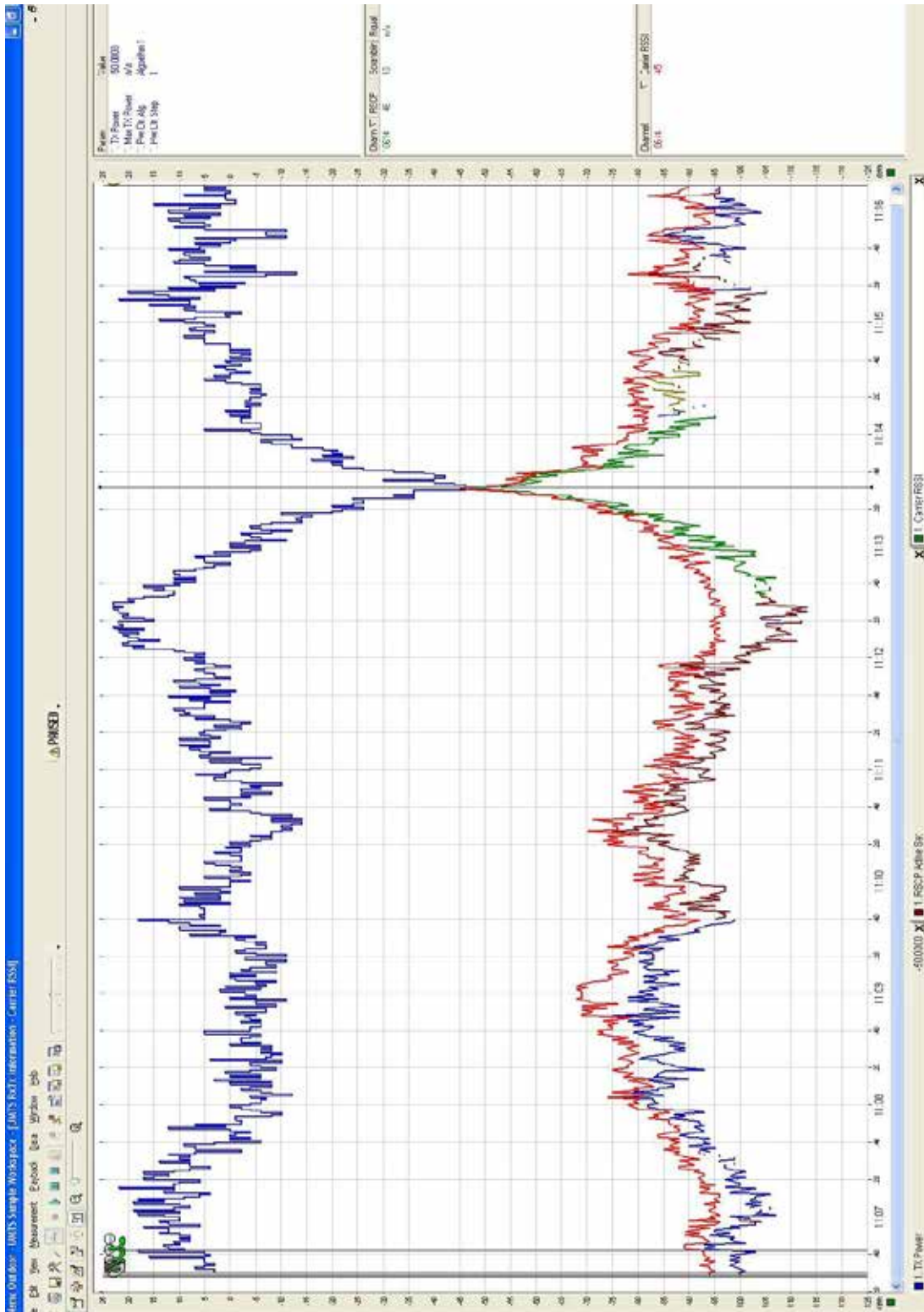
Εικόνα 4.7: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 4.8 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται από 49% έως 94%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 1,5% έως 92,5%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 33,5%.



Εικόνα 4.8: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

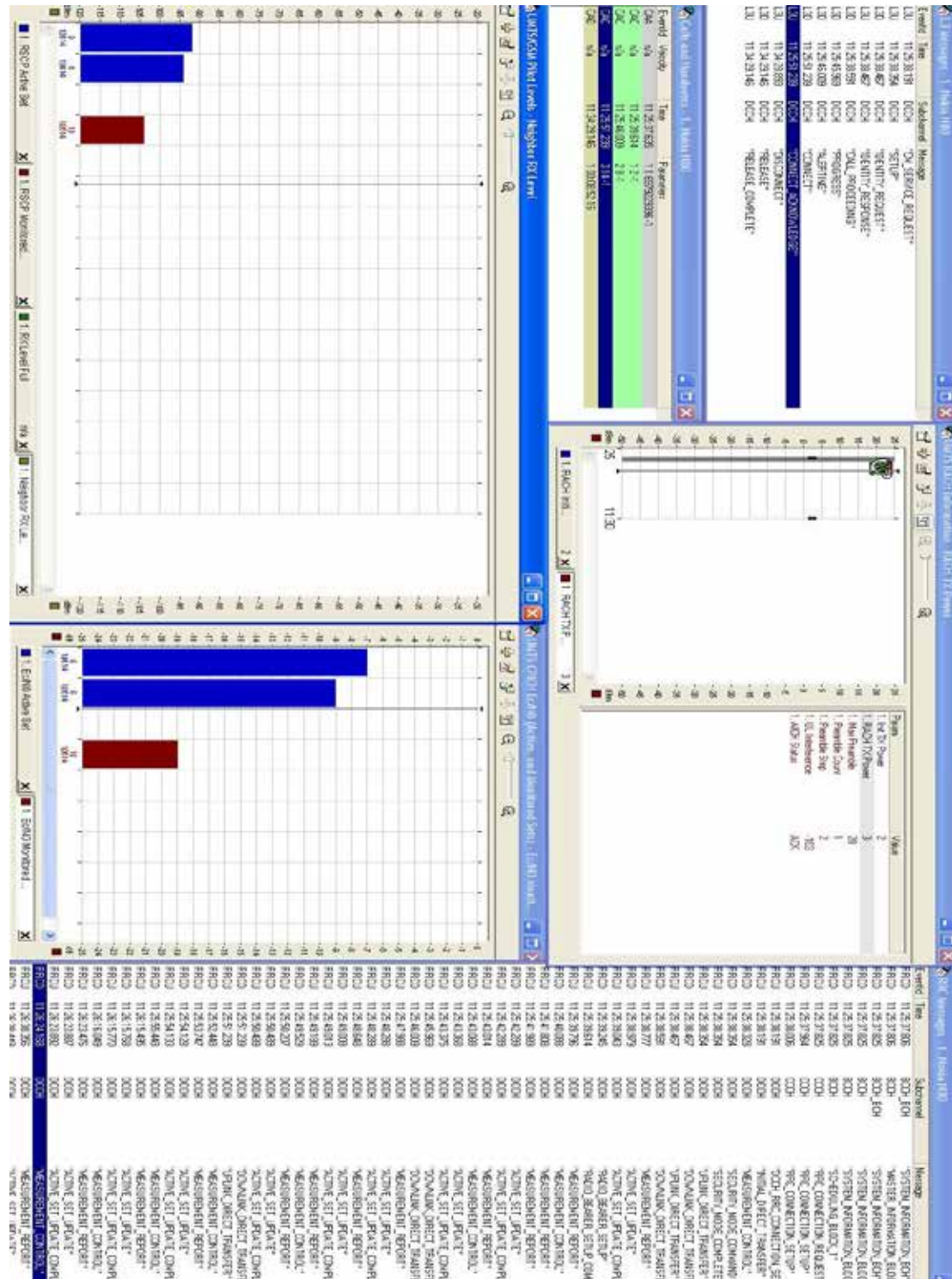
Στην εικόνα 4.9 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -46dBm έως 23dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -113,5dBm έως -46dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -97dBm έως -45dBm.



Εικόνα 4.9: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής – Λήψης

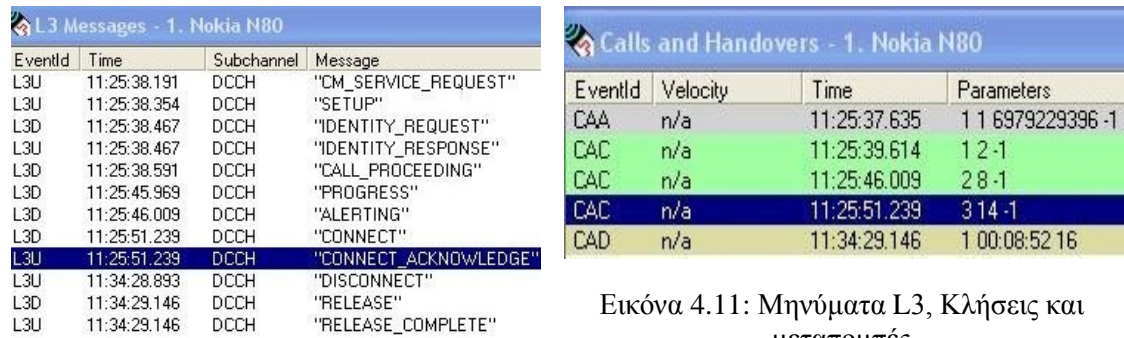
4.1.2 Κλήση ομιλίας - Σπάρτη 24 Μαΐου 2010

Η φωνητική κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Δευτέρα 24 Μαΐου ώρα 11:25. Στην εικόνα 4.10 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



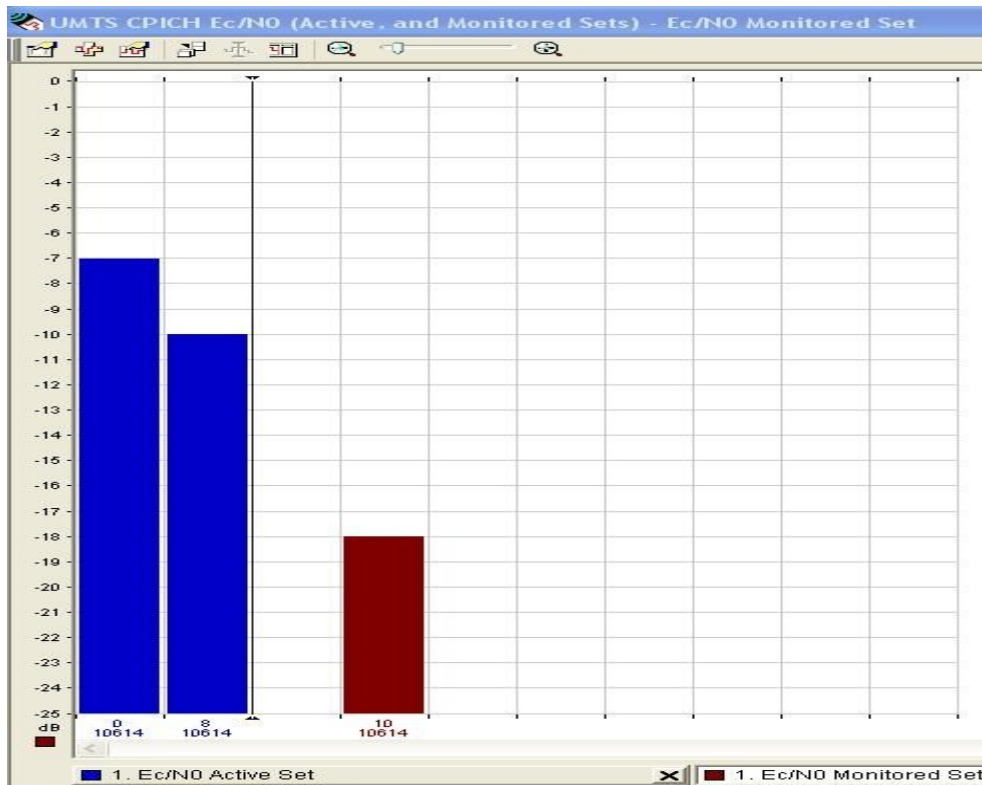
Εικόνα 4.10: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_0 (Active and Monitored Sets).

Στην εικόνα 4.11 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CONNECT_ACKNOWLEDGE – επιβεβαίωση της σύνδεσης- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 11:25:51.239 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 11:34:29.146 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA,CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.



Εικόνα 4.11: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

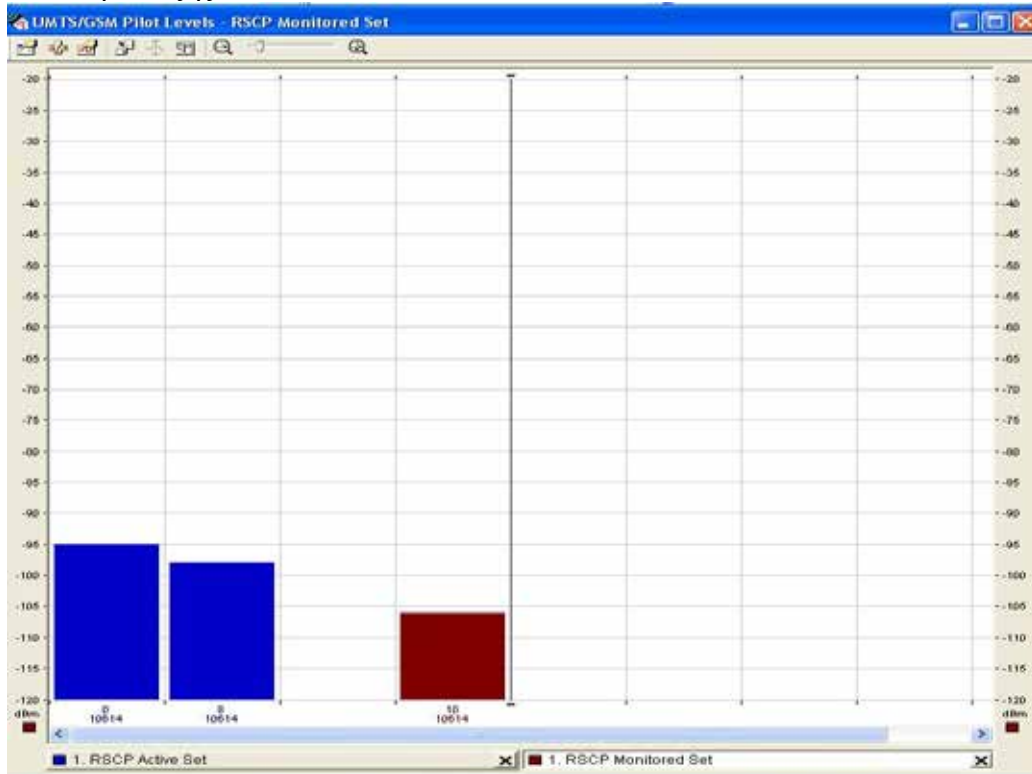
Στην εικόνα 4.12 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_o (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10614 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 4.12: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

Η πρώτη ομάδα ενεργών σημάτων έχει λόγο E_c/N_0 -7dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 0 ενώ η δεύτερη έχει λόγο E_c/N_0 -10dB και τον κώδικα περίπλεξης 8. Αντίστοιχα η εποπτευόμενη ομάδα έχει λόγο E_c/N_0 -18dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 10.

Στην εικόνα 4.13 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιούνται δύο ενεργές ομάδες σημάτων με ισχύεις -95dBm, -98dBm και κώδικες περίπλεξης 0 και 8 ενώ η εποπτευόμενη ομάδα έχει ισχύ -106dBm και κώδικα περίπλεξης 10.



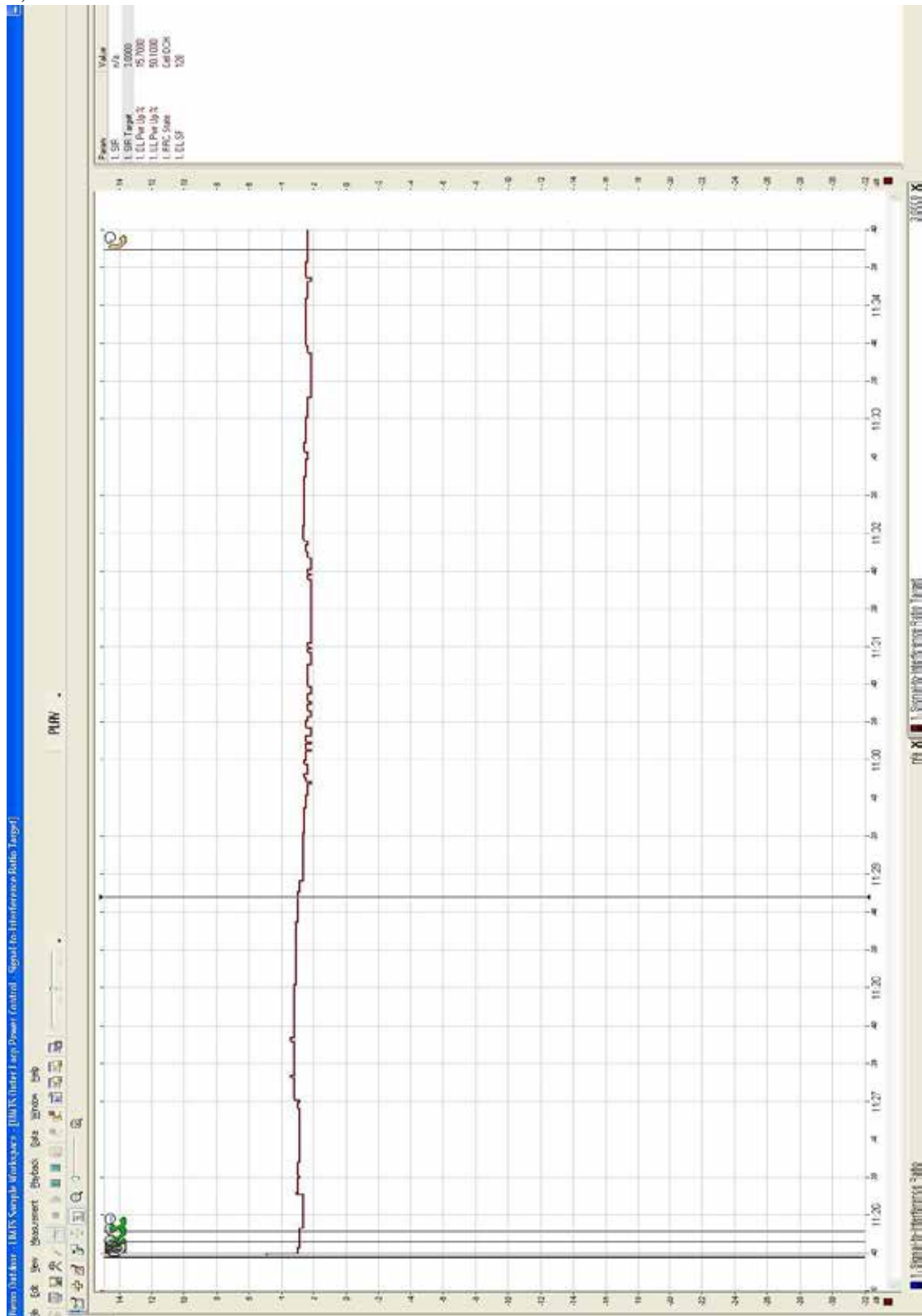
Εικόνα 4.13: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 4.14 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι 2dBm, η τωρινή 3dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -103dBm.



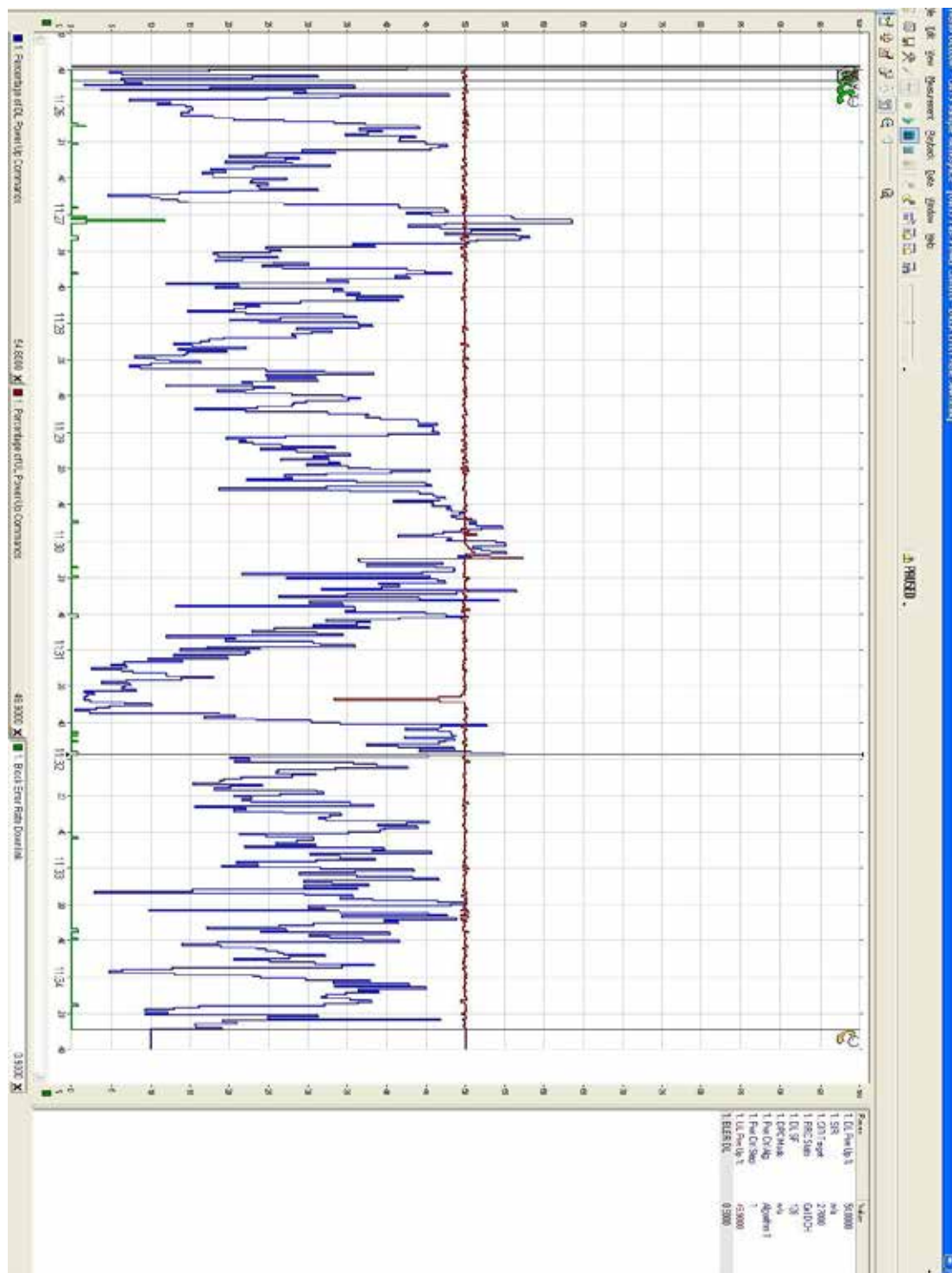
Εικόνα 4.14: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 4.15 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 2,1dB και 3,6dB.



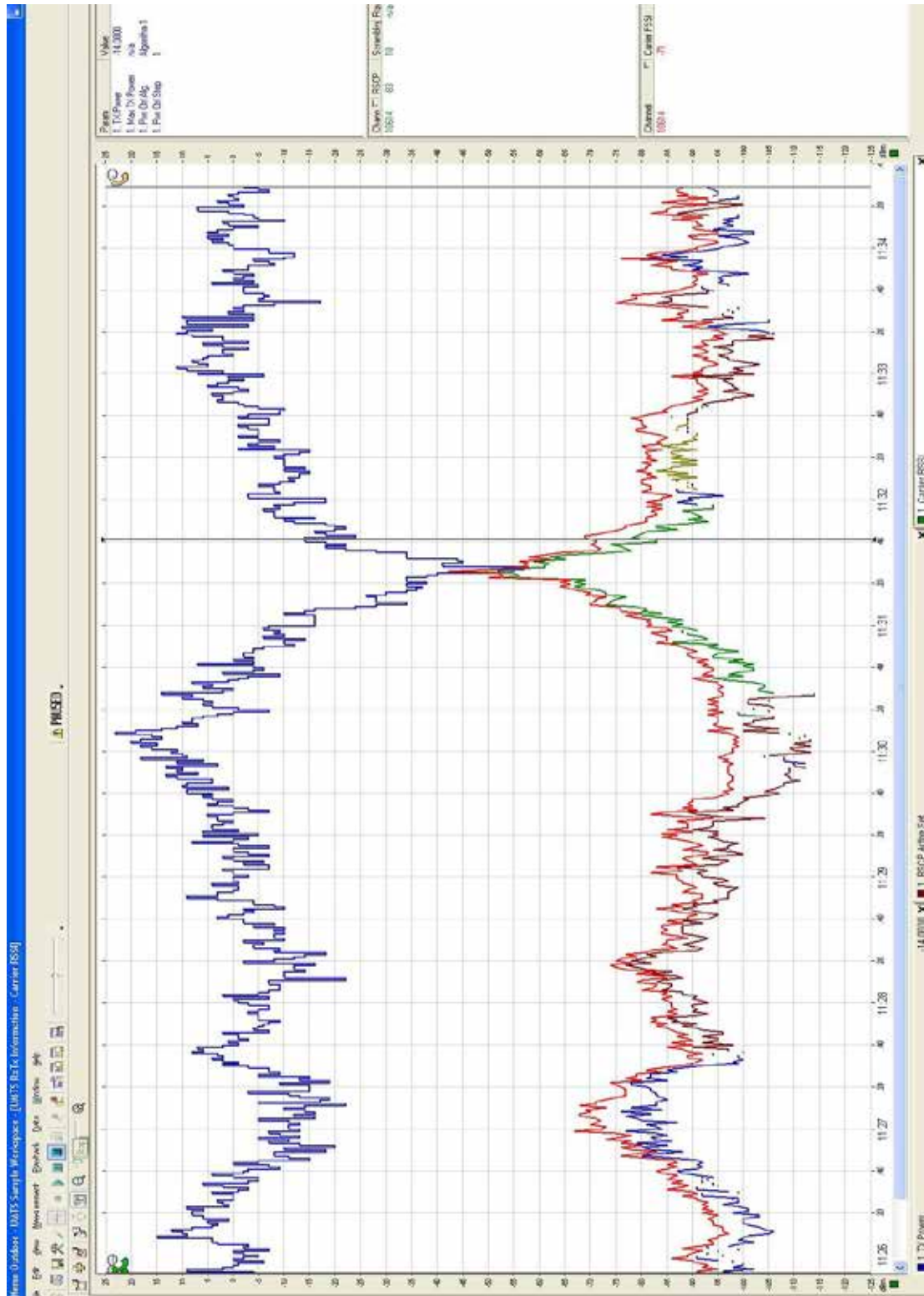
Εικόνα 4.15: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 4.16 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50% και μόνο κατά την χρονική στιγμή 11:31:28 πέφτει στο 33,5%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 0,5% έως 63,5%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 12%.



Εικόνα 4.16: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

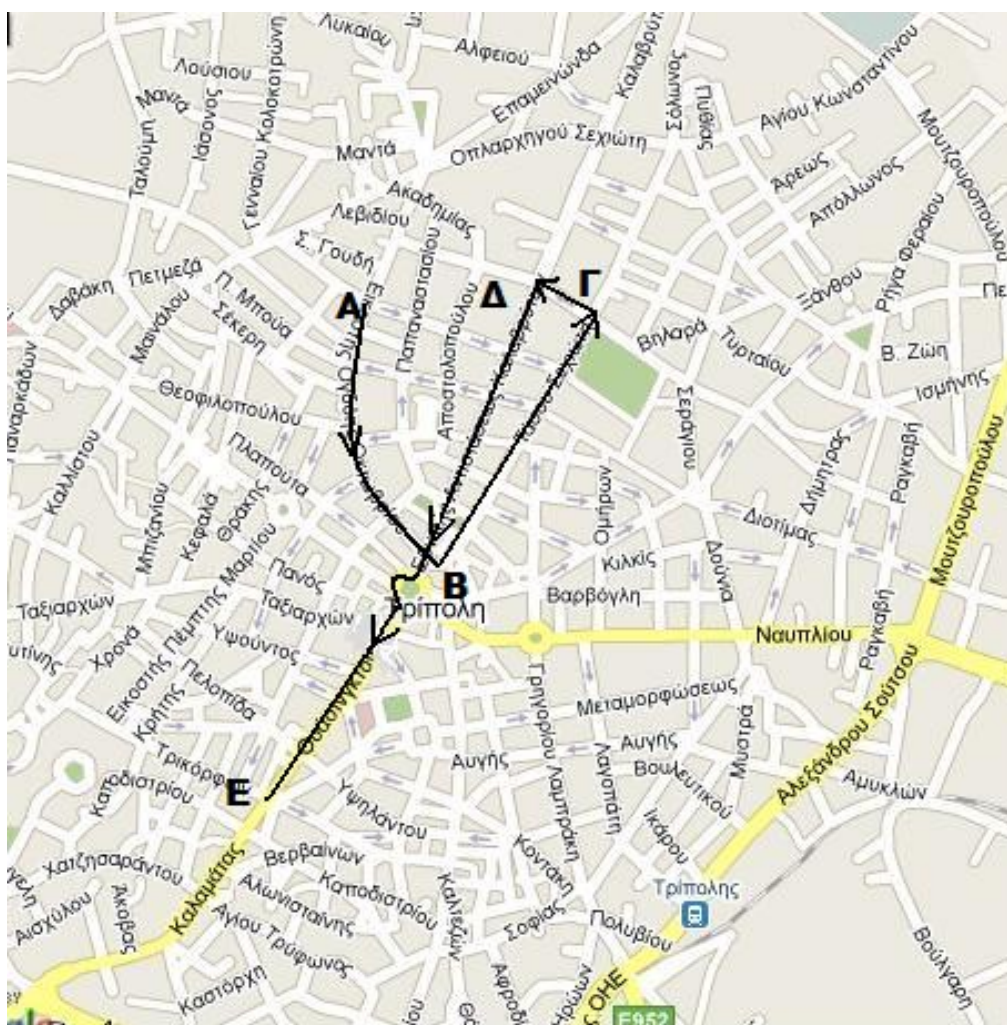
Στην εικόνα 4.17 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -57dBm έως 23dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -114dBm έως -52dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -99dBm έως -42,5dBm.



Εικόνα 4.17: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής – Λήψης

4.2 Μετρήσεις σε διαδρομή στην πόλη της Τρίπολης

Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.4 πραγματοποιήθηκαν στην πόλη της Τρίπολης, στην διαδρομή που απεικονίζεται στην εικόνα 4.18.

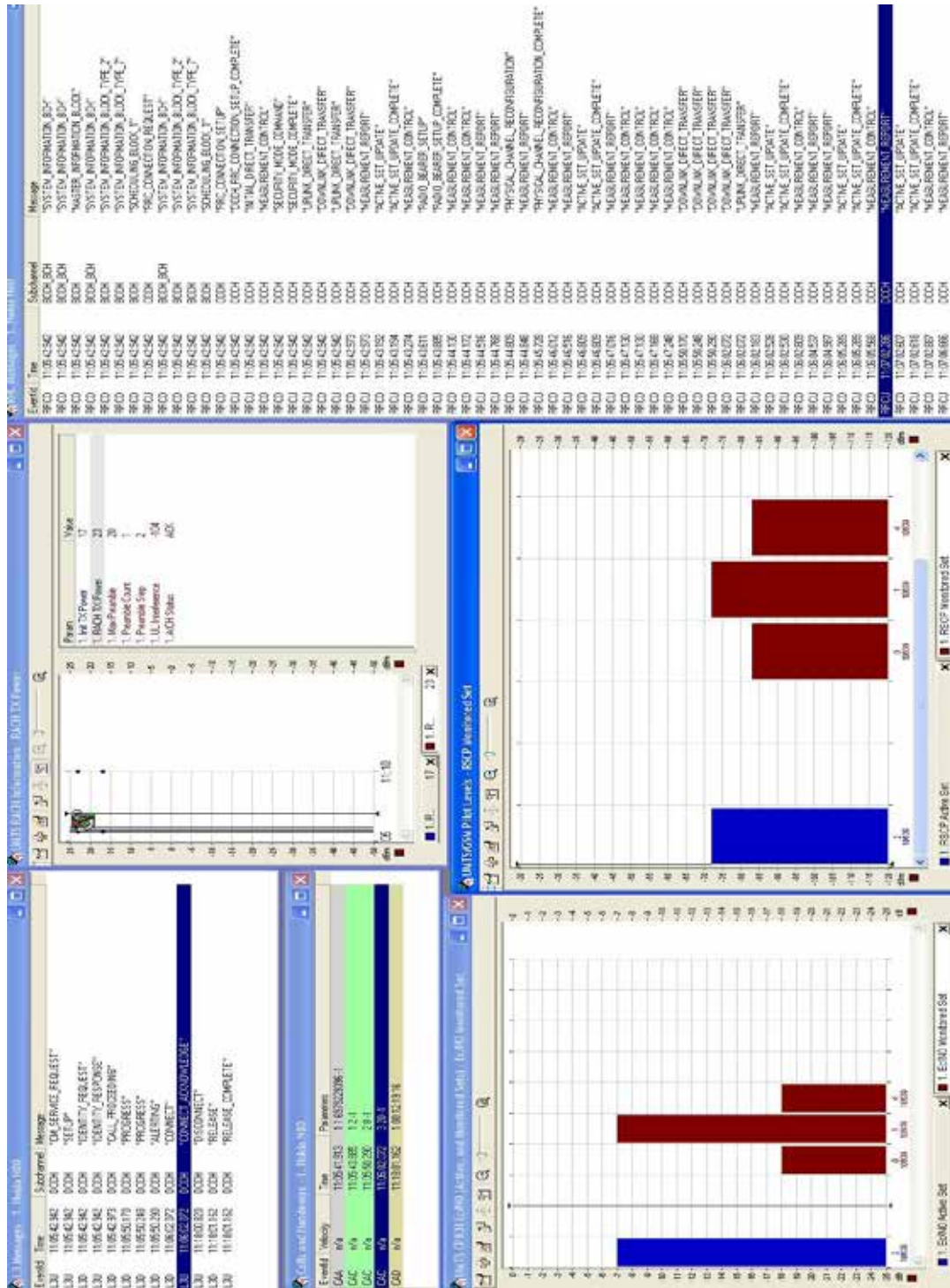


Εικόνα 4.18: Χάρτης διαδρομής στην πόλη της Τρίπολης

Με Α σημειώνεται το σημείο εκκίνησης στην οδό 28^{ης} Οκτωβρίου και με Ε το σημείο τερματισμού στην οδό Καλαμάτας. Η διαδρομή που ακολουθεί το τερματικό είναι $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma \rightarrow \Delta \rightarrow E$. Η απόσταση που κινήθηκε το τερματικό είναι περίπου 3 χιλιόμετρα. Εκτιμάται ότι η μέση ταχύτητα κίνησης είναι μεταξύ 30-40 χιλιόμετρα ανά ώρα κατά το χρονικό διάστημα της μέτρησης.

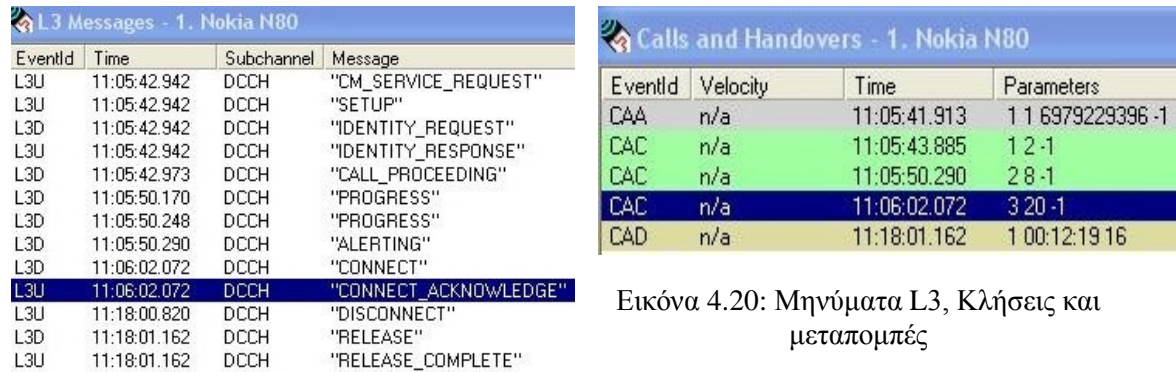
4.2.1 Κλήση ομιλίας - Τρίπολη 24 Ιουνίου 2010

Η φωνητική κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 4 Ιουνίου ώρα 11:05. Στην εικόνα 4.19 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



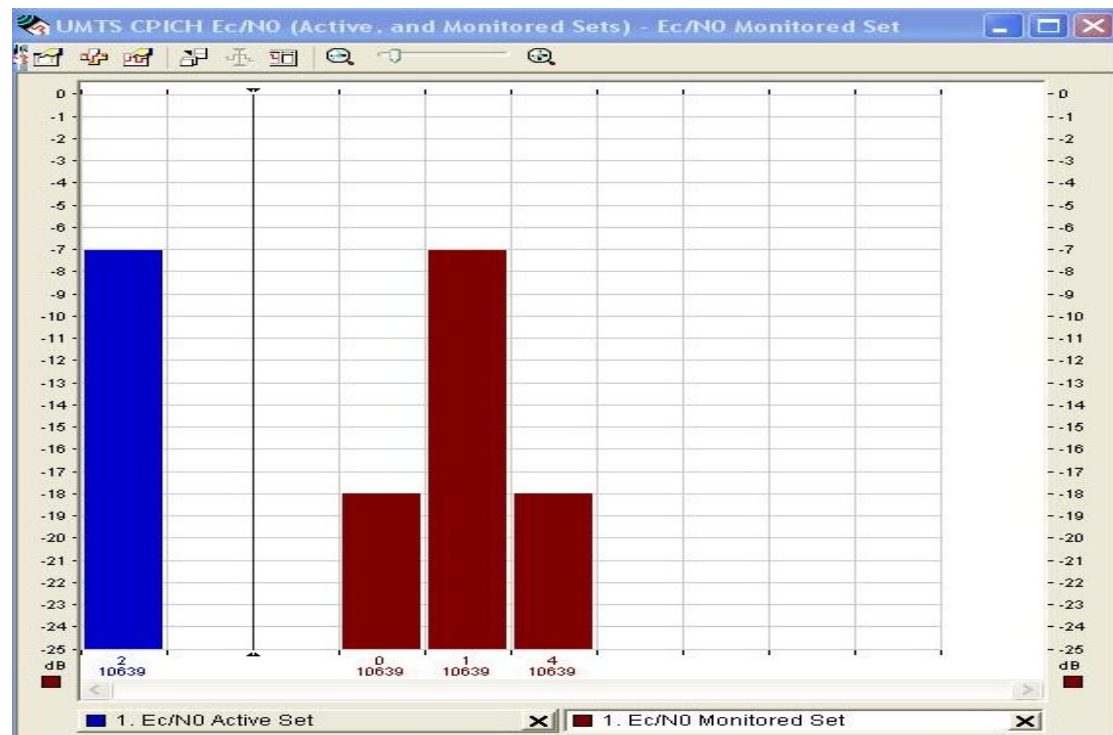
Εικόνα 4.19: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N_o (Active and Monitored Sets).

Στην εικόνα 4.20 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CONNECT_ACKNOWLEDGE – επιβεβαίωση της σύνδεσης- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 11:06:02.072 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 11:18:01.162 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA, CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.



Εικόνα 4.20: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

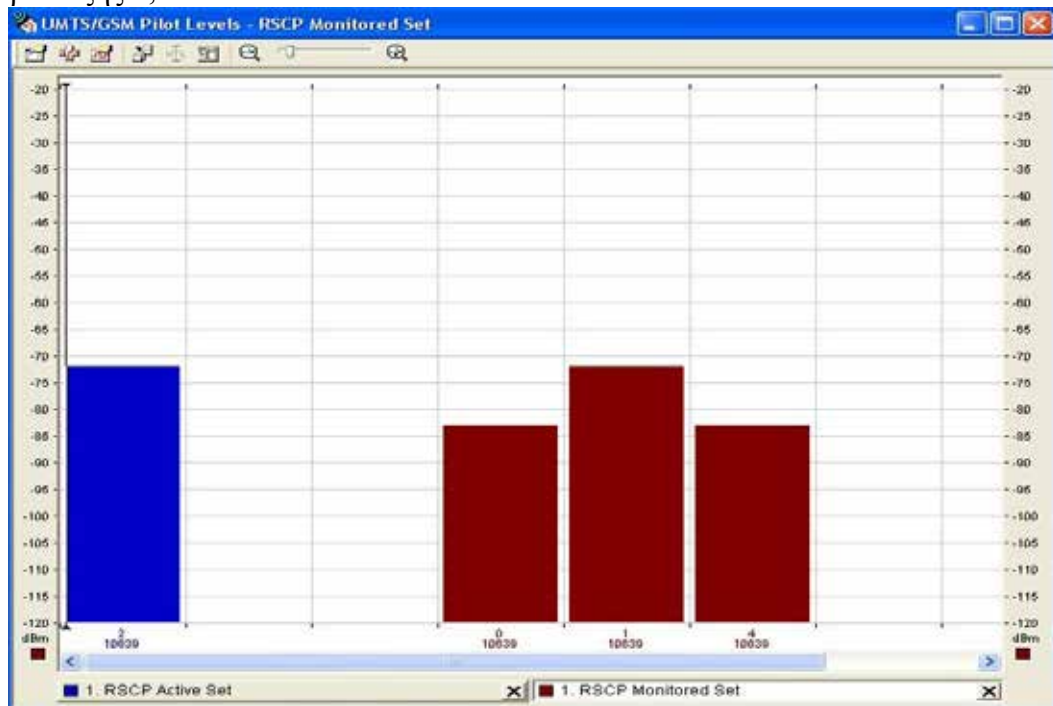
Στην εικόνα 4.21 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_o (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10639 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



Εικόνα 4.21: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

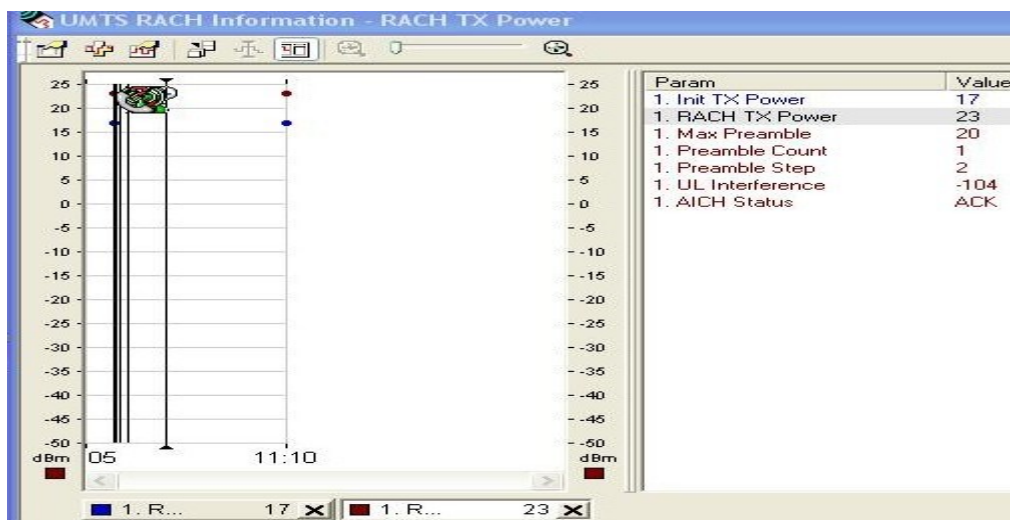
Η ομάδα ενεργών σημάτων έχει λόγο E_c/N_0 -7dB και χρησιμοποιεί τον κώδικα περίπλεξης 2. Αντίστοιχα οι τρεις εποπτευόμενες ομάδες έχουν λόγους E_c/N_0 -18dB , -7dB , -18dB και χρησιμοποιούν τους κώδικες 0, 1 και 4 αντίστοιχα.

Στην εικόνα 4.22 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιείται η ενεργή ομάδα σημάτων με ισχύ -72dBm και κώδικα περίπλεξης 2 ενώ οι εποπτευόμενες ομάδες έχουν ισχύεις -83dBm , -72dBm , -83dBm και κώδικες περίπλεξης 0, 1 και 4.



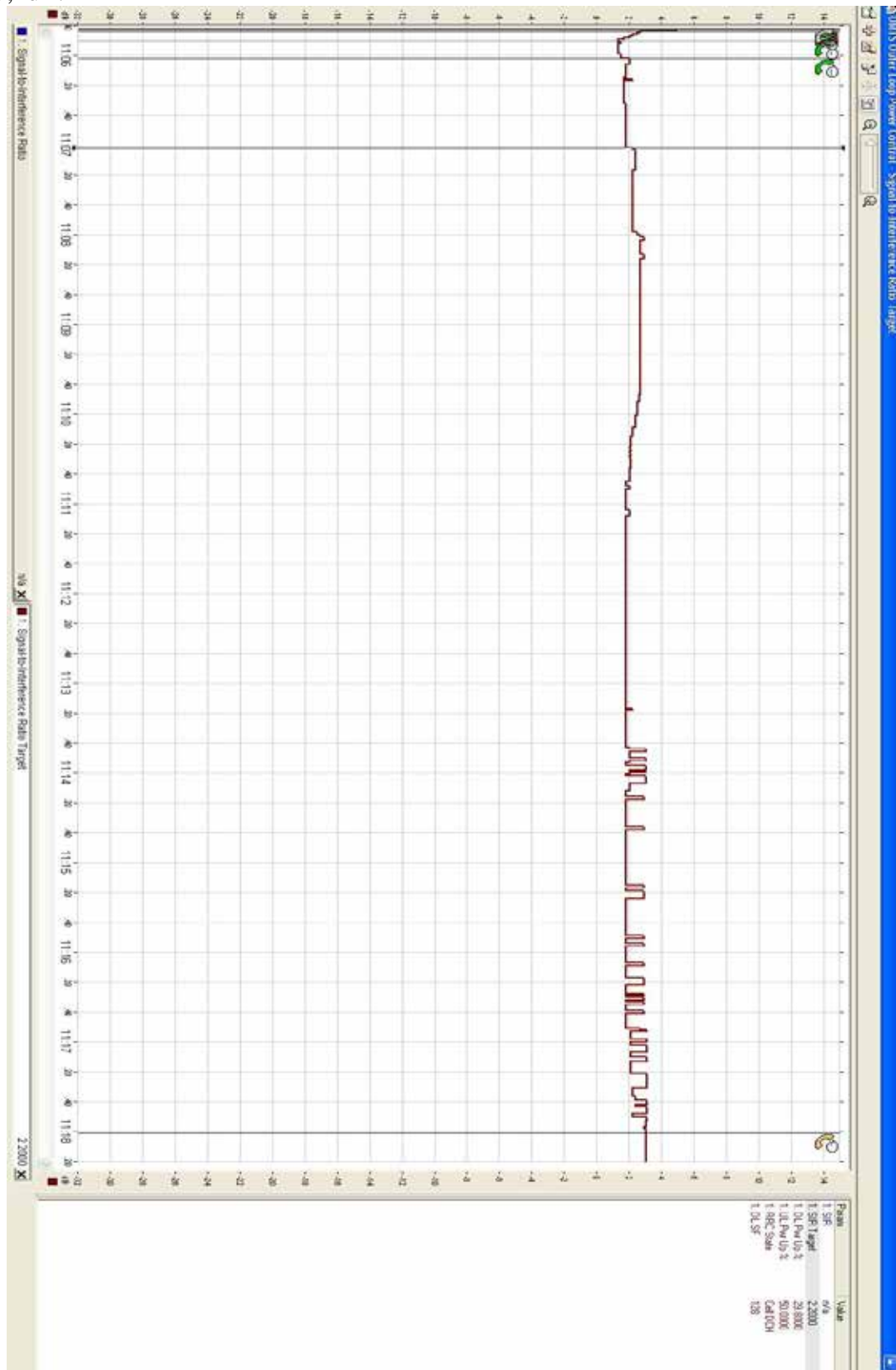
Εικόνα 4.22: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 4.23 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι 17dBm , η τωρινή 23dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -104dBm .



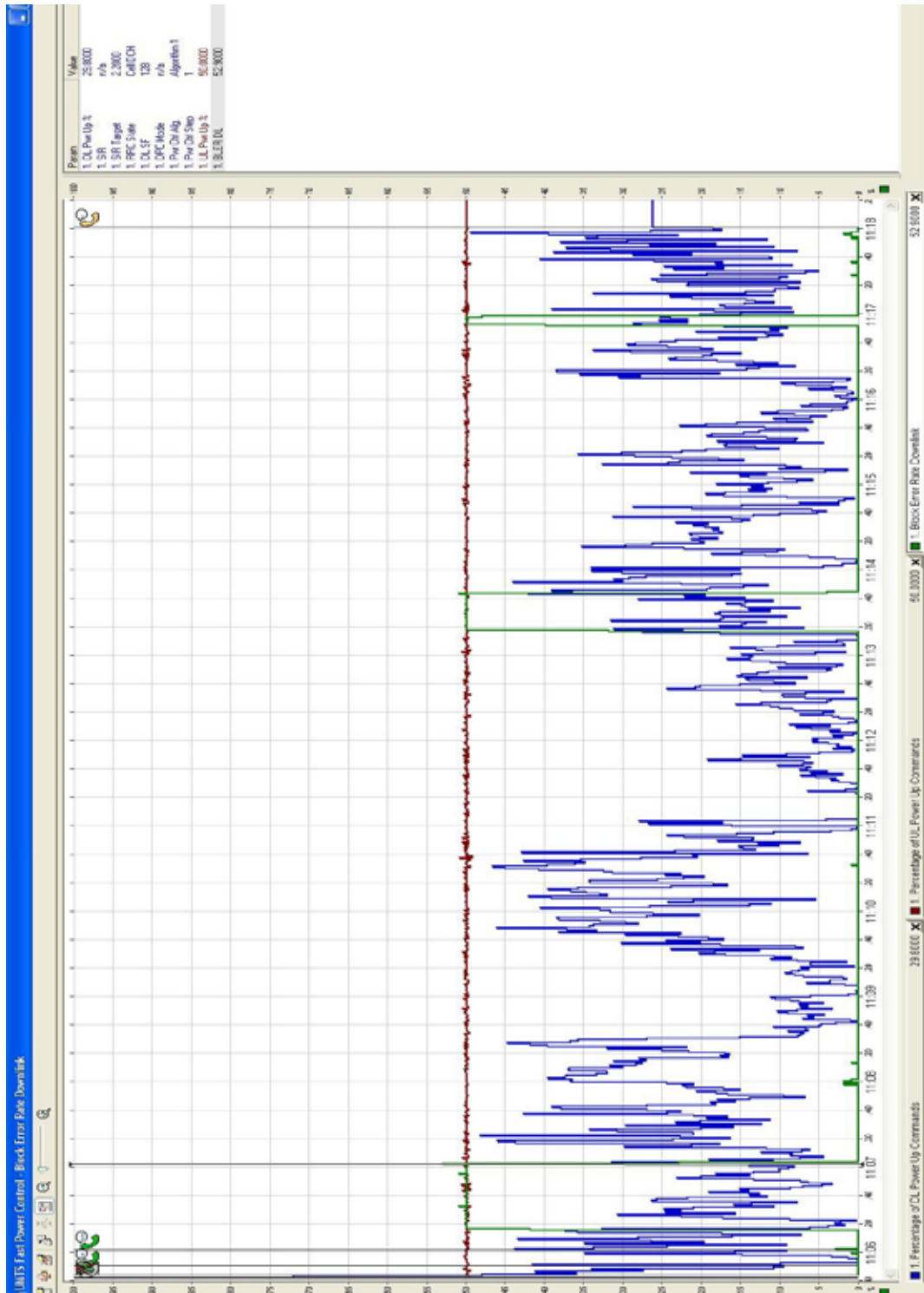
Εικόνα 4.23: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 4.24 παρατηρούμε την μεταβολή του κατωφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 1,1dB και 3,1dB.



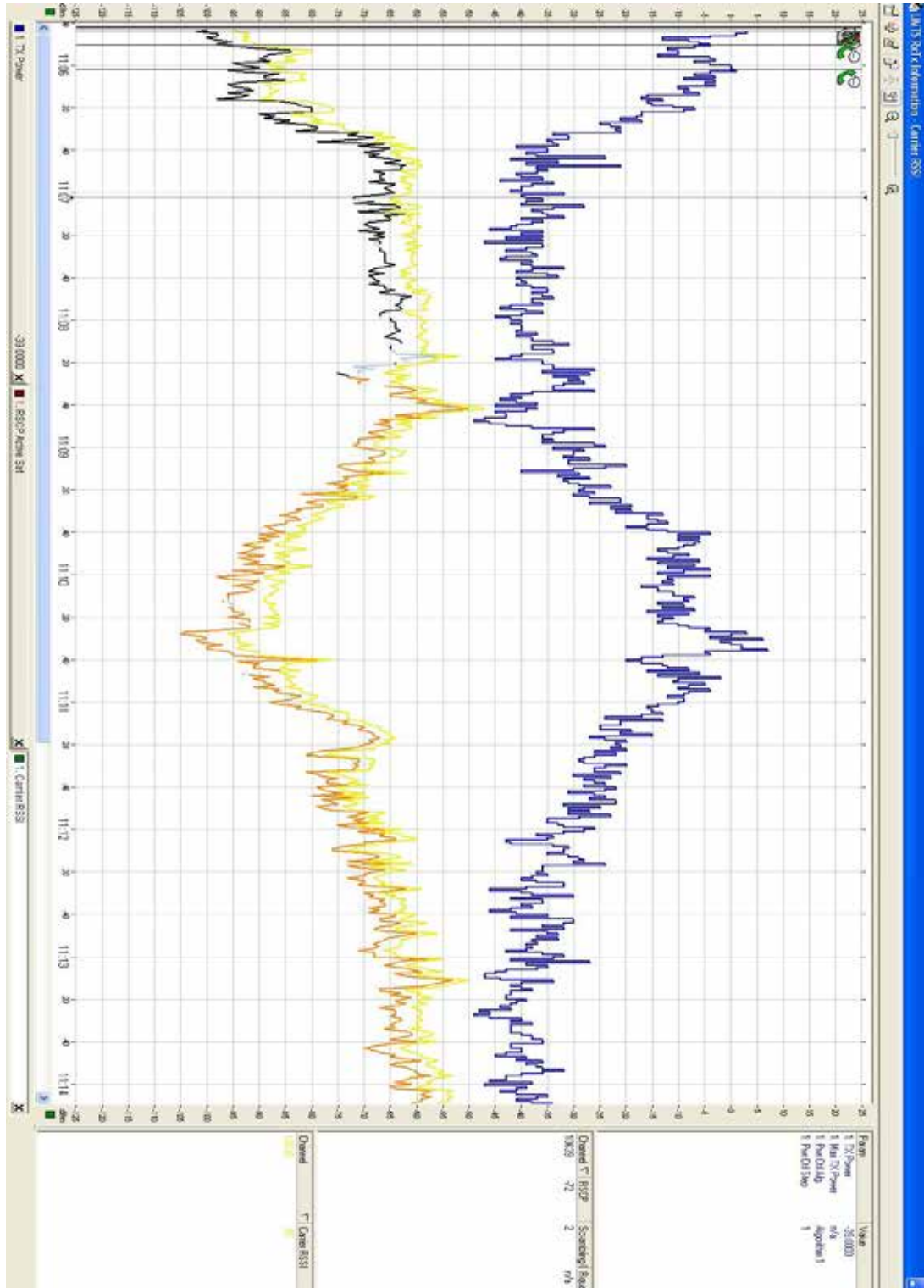
Εικόνα 4.24: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 4.25 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 0% έως 49%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 53%.



Εικόνα 4.25: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

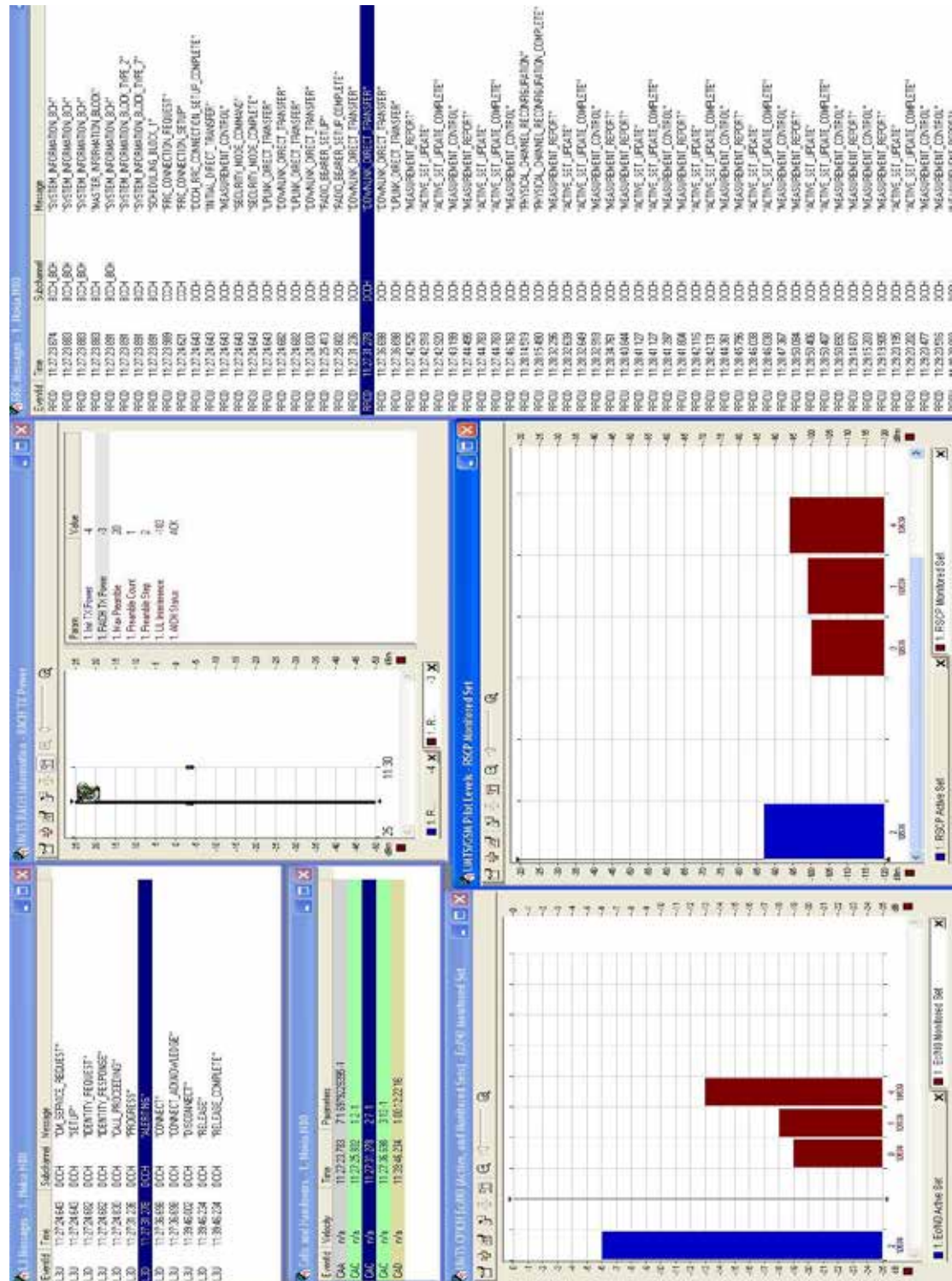
Στην εικόνα 4.26 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -48dBm έως 7dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -105dBm έως -50dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -96dBm έως -47,5dBm.



Εικόνα 4.26: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής - Λήψης

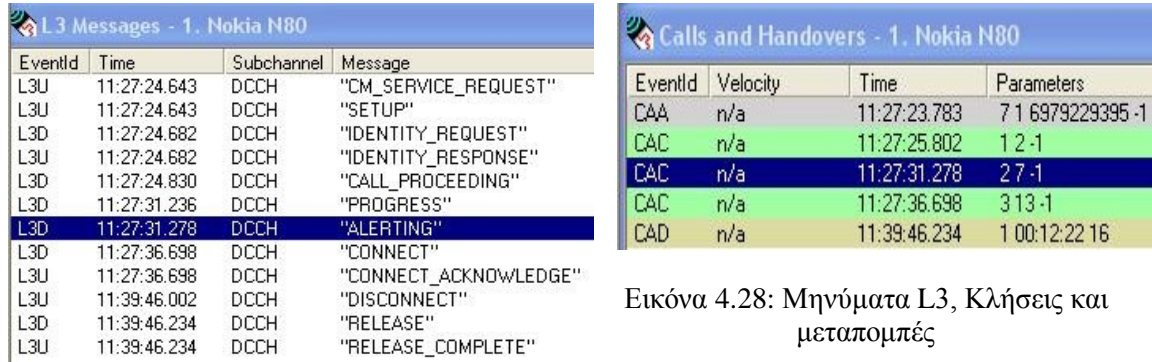
4.2.2 Βίντεο κλήση - Τρίπολη 4 Ιουνίου 2010

Η βίντεο κλήση που παρουσιάζεται σε αυτή την παράγραφο πραγματοποιήθηκε την Παρασκευή 4 Ιουνίου ώρα 11:27. Στην εικόνα 4.27 παρουσιάζονται πληροφορίες έξι διαφορετικών παραθύρων.



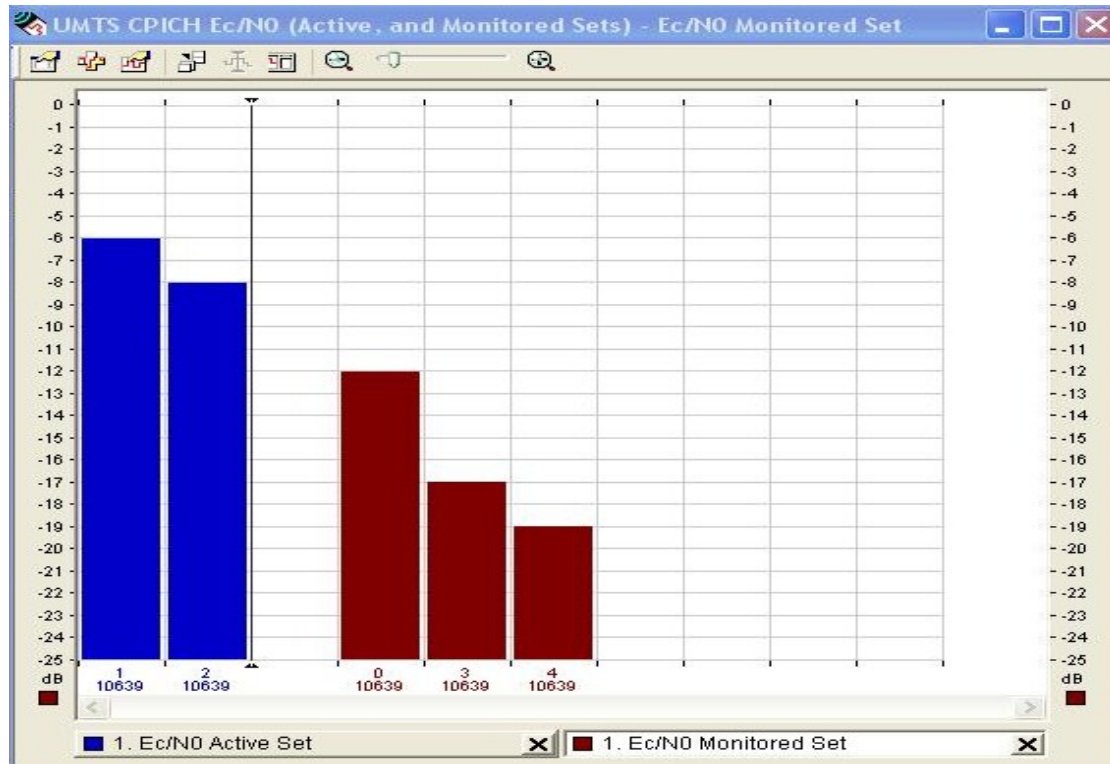
Εικόνα 4.27: Έξι διαφορετικά παράθυρα, L3 Messages, UMTS RACH Information – RACH TX Power, RRC Messages, UMTS/GSM Pilot Levels, UMTS CPICH E_c/N₀ (Active and Monitored Sets)

Στην εικόνα 4.28 παρουσιάζονται τα παράθυρα – Μηνύματα L3, κλήσεις και μεταπομπές. Στο παράθυρο L3 Messages παρατηρούμε το μήνυμα CALL PROCEEDING – πρόοδος κλήσης- της άνω ζεύξης την χρονική στιγμή 11:27:24.830 στο κανάλι DCCH. Το μήνυμα RELEASE_COMPLETE κατά την χρονική στιγμή 11:39:46.234 της άνω ζεύξης σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της αποσύνδεσης. Στο παράθυρο Κλήσεων και Μεταπομπών παρατηρούμε τα γεγονότα CAA, CAC, CAC, CAC και CAD τις χρονικές στιγμές που πραγματοποιούνται και παραμέτρους τους.



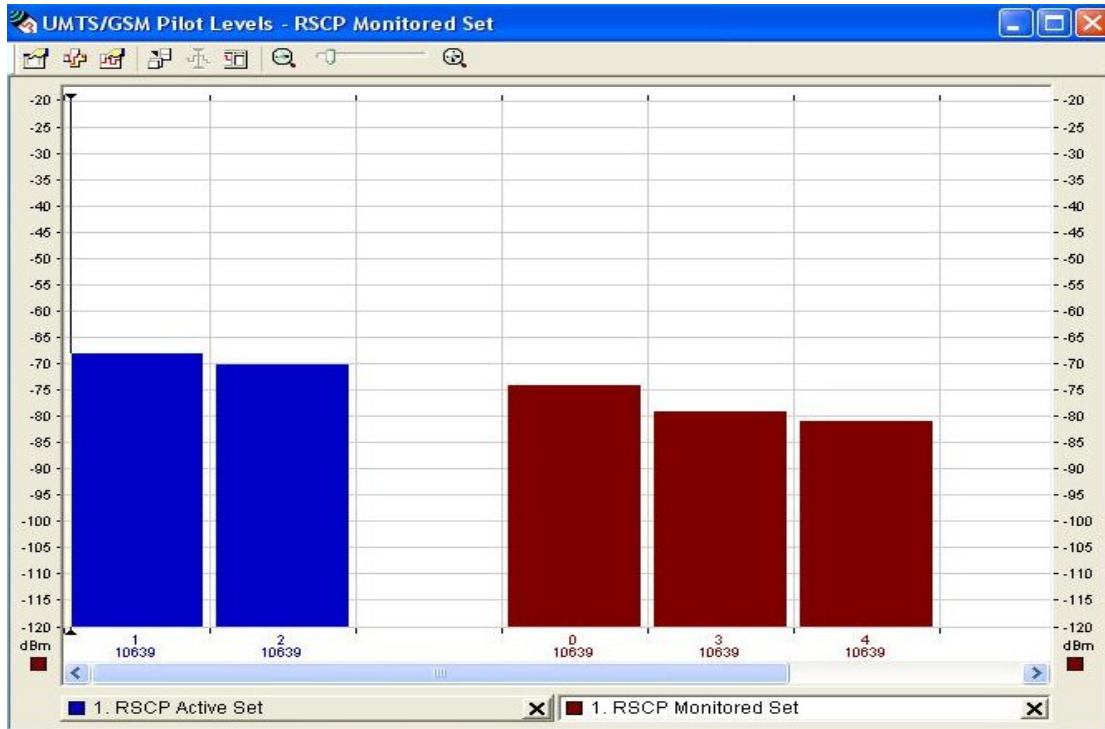
Εικόνα 4.28: Μηνύματα L3, Κλήσεις και μεταπομπές

Στην εικόνα 4.29 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS CPICH E_c/N_o (Active and Monitored Sets) όπου απεικονίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων παρατηρούμε ότι οι δυο ενεργές ομάδες σημάτων- χρησιμοποιούνται για την αποκωδικοποίηση- όπως και η εποπτευόμενη ομάδα χρησιμοποιούν το κανάλι 10639 αλλά διαφορετικούς κώδικες περίπλεξης που προέρχονται από διαφορετικούς τομείς.



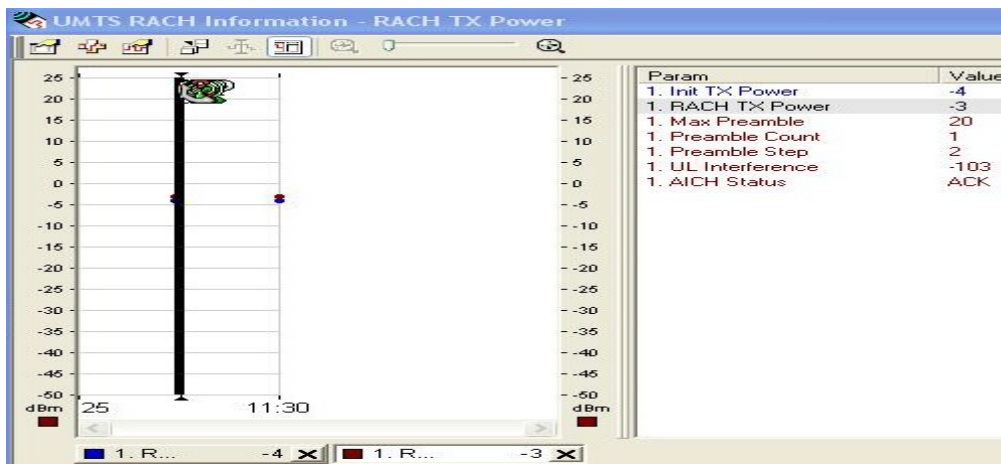
Εικόνα 4.29: Λόγοι σήματος προς θόρυβο (E_c/N_o) ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων

Οι δύο ομάδες ενεργών σημάτων έχουν λόγους E_c/N_0 -6dB, -8dB και χρησιμοποιούν τους κώδικες περίπλεξης 1 και 2. Αντίστοιχα οι τρεις εποπτευόμενες ομάδες έχουν λόγους E_c/N_0 -12dB, -17dB, -19dB και χρησιμοποιούν τους κώδικες 0,3 και 4. Στην εικόνα 4.30 υπάρχει στιγμιότυπο του παραθύρου UMTS/GSM Pilot Levels - απεικόνιση της ισχύος του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) παρατηρούμε ότι χρησιμοποιούνται οι ενεργές ομάδες σημάτων με ισχύεις -68dBm, -70dBm και κώδικες περίπλεξης 1 και 2 ενώ οι εποπτευόμενες ομάδες έχουν ισχύεις -74dBm, -79dBm, -81dBm και κώδικες περίπλεξης 0, 3 και 4.



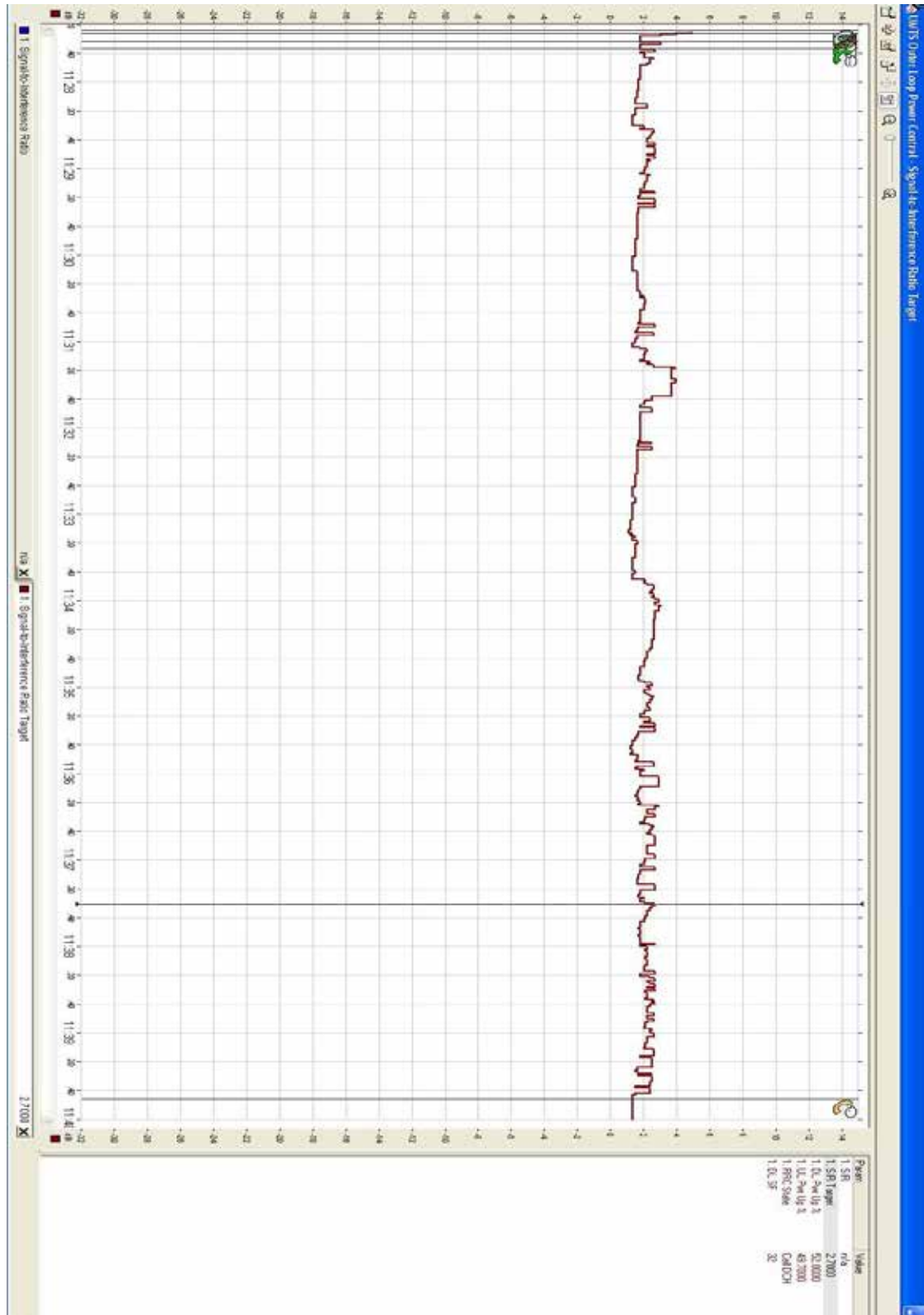
Εικόνα 4.30: Ισχύεις Ενεργών και εποπτευόμενων σημάτων RSCP

Στην εικόνα 4.31 παρουσιάζονται πληροφορίες για το κανάλι τυχαίας προσπέλασης-RACH (Random Access Channel). Η αρχική ισχύς του είναι -4dBm, η τωρινή -3dBm και η παρεμβολή στην άνω ζεύξη είναι -103dBm.



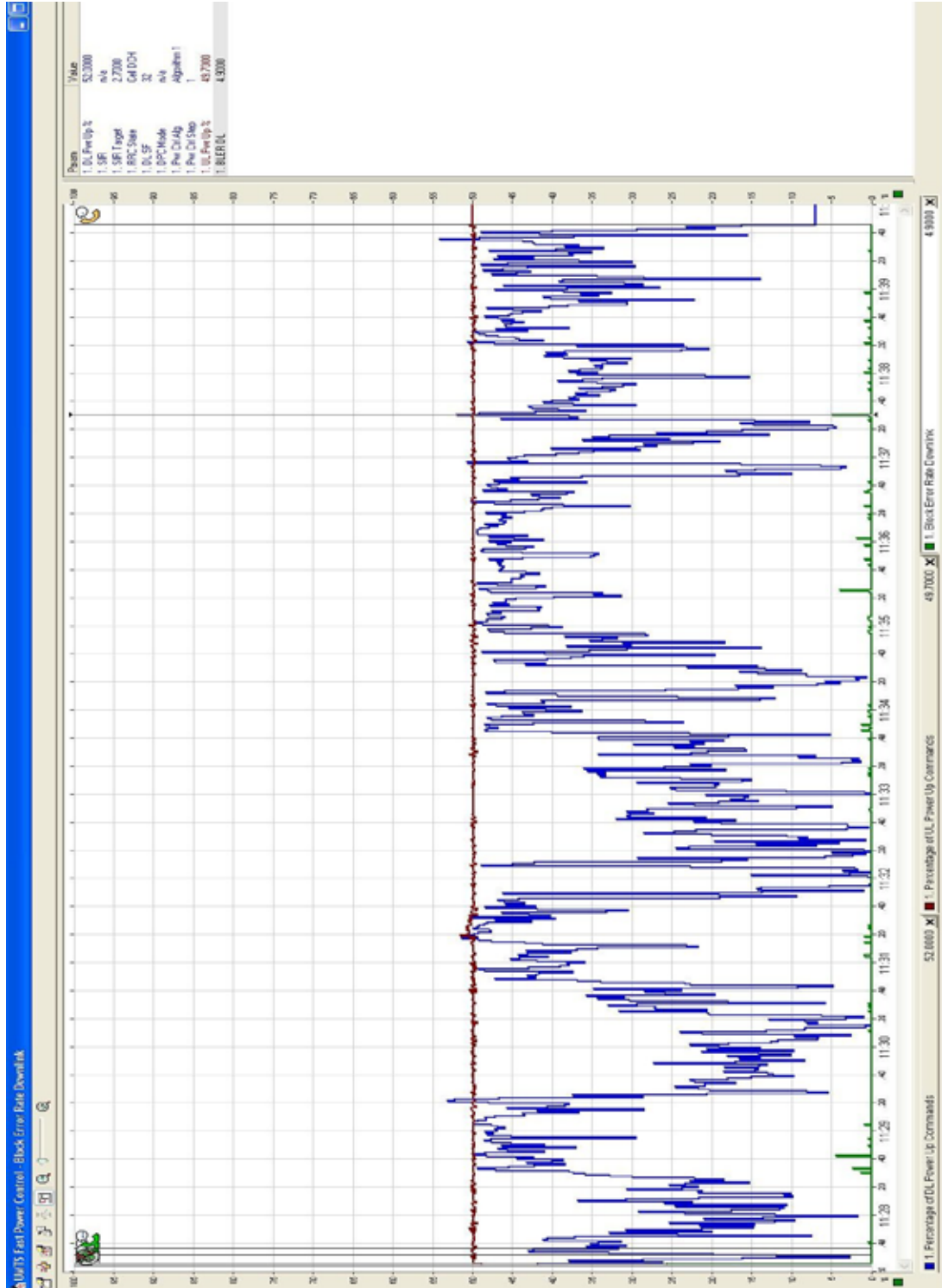
Εικόνα 4.31: Πληροφορίες RACH

Στην εικόνα 4.32 παρατηρούμε την μεταβολή του καταφλίου του σηματοθορυβικού λόγου (SIR target). Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 1,1 και 5 dB.



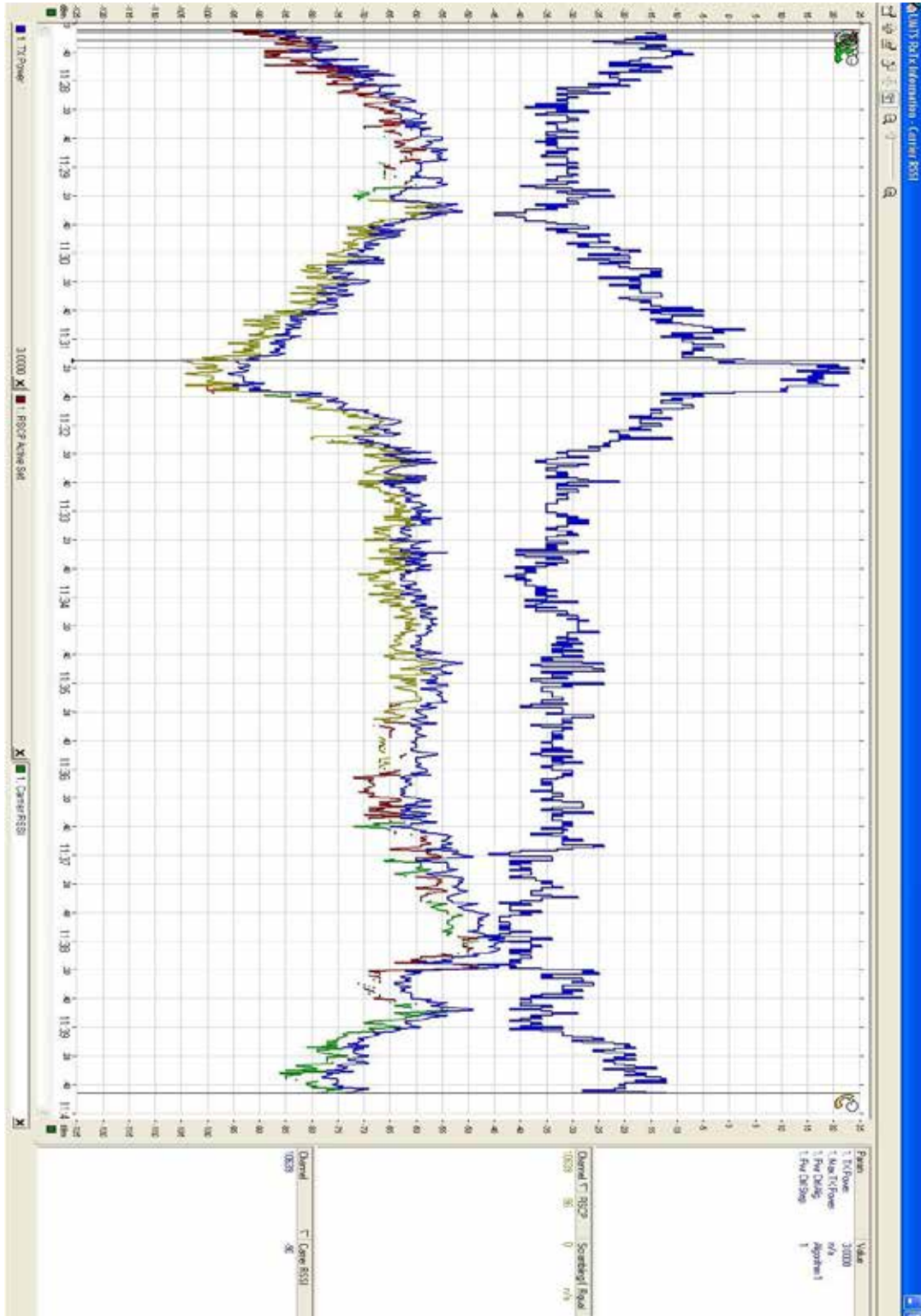
Εικόνα 4.32: Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόγχου

Στην εικόνα 4.33 παρατηρούμε ότι το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην άνω ζεύξη κυμαίνεται ελάχιστα γύρω από το 50%. Αντίθετα το ποσοστό των εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη μεταβάλλεται από 0% έως 54%. Ο λόγος των εσφαλμένων μπλοκ προς τον συνολικό που λαμβάνονται στην κάτω ζεύξη (BLER DL) κυμαίνεται από 0% έως 5%.



Εικόνα 4.33: Γρήγορος έλεγχος ισχύος εσωτερικού ελέγχου -BLER

Στην εικόνα 4.34 φαίνεται ότι η εκπεμπόμενη ισχύς μεταβάλλεται από -49dBm έως 23 dBm. Η ισχύς του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (active RSCP) κυμαίνεται από -104 dBm έως -48 dBm και η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI) κυμαίνεται από -96 dBm έως -44 dBm.



Εικόνα 4.34: Στάθμες Ισχύος Εκπομπής – Λήψης

4.3 Σύγκριση Μετρήσεων Vodafone

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά και μετρήσεις των κλήσεων φωνής και βίντεο που πραγματοποιήθηκαν με το δίκτυο της Vodafone.

Πόλη	Σπάρτη	Σπάρτη	Τρίπολη	Τρίπολη
Είδος Κλήσης	Βίντεο	Ομιλία	Βίντεο	Ομιλία
Αρχική Ισχύς RACH (dBm)	11	2	-4	17
Παρεμβολή άνω ζεύξης (dBm)	-105	-103	-103	-104
Μεταβολή SIR target (dB)	1 έως 6	2 έως 5	1,1 έως 5	1,4 έως 5
Ποσοστό εντολών αυξήσεως στην κάτω ζεύξη (%)	1,5 έως 92,5	0,5 έως 63,5	0 έως 49,5	0 έως 54
Μεταβολή BLER κάτω ζεύξη(%)	0 έως 33,5	0 έως 12	0 έως 5	0 έως 53
Pt (εκπεμπόμενη ισχύς dBm)	-47 έως 23	-57 έως 23	-48 έως 23	-49 έως 7
Ισχύς ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (RSCP σε dBm)	-113 έως -46	-114 έως -52	-104 έως -48	-105 έως -50
Ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος που λαμβάνεται (carrier RSSI σε dBm)	-97 έως -45	-99 έως -42,5	-96 έως -44	-96 έως -47,5

Πίνακας 4.35: Χαρακτηριστικά και μετρήσεις των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν με το δίκτυο της Vodafone

Κεφάλαιο 5

5.1 Συμπεράσματα

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για τις ανάγκες αυτής της εργασίας είναι ενδεικτικές και δεν μπορούν να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα όσον αφορά την ποιότητα, τις επιδόσεις ή τις αδυναμίες των δικτύων. Για να γίνει λεπτομερή εκτίμηση της λειτουργίας του δικτύου μιας περιοχής, πρέπει να πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός μετρήσεων σε διαφορετικές διαδρομές και υπό διαφορετικές συνθήκες.

Οι μετρήσεις αφορούν κλήσεις φωνής και βίντεο που διατηρήθηκαν για σημαντικό χρονικό διάστημα. Και στις δύο υπηρεσίες, τόσο της κλήσης φωνής όσο και της βίντεο κλήσης, τα δίκτυα των Cosmote και Vodafone και στις δύο πόλεις δεν παρουσίασαν προβλήματα στην παροχή της υπηρεσίας. Υπήρξαν μόλις μία δύο αποτυχημένες προσπάθειες στην πραγματοποίηση βίντεο κλήσεων. Στην μια περίπτωση δεν έγινε κλήση ενώ στην άλλη τερματίστηκε από το δίκτυο η κλήση πριν ολοκληρωθεί η μέτρηση. Η υπηρεσία της κλήσης φωνής έχει λιγότερες απαιτήσεις και εμφανίζει μικρότερο BLER από την υπηρεσία της βίντεο κλήσης και όπως ήταν φυσικό δεν παρουσίασε προβλήματα.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις δύο πόλεις, Τρίπολη και Σπάρτη, δείχνουν ότι οι δυνατότητες των δικτύων της Cosmote και της Vodafone είναι παρόμοιες.

Για το δίκτυο της Cosmote οι ενεργές και οι εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων μεταδόθηκαν από το κανάλι 10764 και στις δύο πόλεις ενώ στο δίκτυο της Vodafone στην Σπάρτη μεταδόθηκαν από το κανάλι 10614 ενώ στην Τρίπολη από το κανάλι 10639. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο (E_c/N_0) για τις ενεργές και τις εποπτευόμενες ομάδες των πιλοτικών σημάτων των κωδικών περίπλεξης που προκύπτουν από το RSCP/RSSI κυμαίνεται μεταξύ -4dB και -25dB κατά το μεγαλύτερο διάστημα των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν. Αντίστοιχα η ισχύς του σήματος του κώδικα μετά τον από-διασκορπισμό-RSCP (Received Signal Code Power) κυμαίνεται από -50dBm έως -120dBm.

Η αρχική ισχύς του RACH είναι μικρότερη για το δίκτυο της Cosmote, -11dBm και -4dBm για την Σπάρτη και -9dBm και -30dBm για την Τρίπολη. Η αρχική ισχύς του RACH για το δίκτυο της Vodafone ήταν 11dBm και 2dBm για την Σπάρτη και -4dBm και 17dBm για την Τρίπολη.

Η παρεμβολή στην άνω ζεύξη ήταν -102dBm και -104dBm για το δίκτυο της Cosmote για την Σπάρτη και την Τρίπολη αντίστοιχα, ενώ για το δίκτυο της Vodafone -105dBm και -103dBm για την Σπάρτη και -103dBm, -104dBm και -105dBm για την Τρίπολη.

Η επιθυμητή τιμή του σηματοθορυβικού λόγου-SIR target-αλλάζει από 0,7dB έως 7,3dB για το δίκτυο της Cosmote και από 1dB έως 6 dB για το δίκτυο της Vodafone.

Από τα γραφήματα του γρήγορου εσωτερικού ελέγχου ισχύος παρατηρούμε, ότι τα ποσοστά μεταβολής στην κάτω ζεύξη του BLER κυμαίνονται από 0 έως 8% για το δίκτυο της Cosmote ενώ για το δίκτυο της Vodafone από 0 έως 53%. Αντίστοιχα το ποσοστό των εντολών αύξησης στην άνω ζεύξη κυμαίνεται από 0 έως 58% για το δίκτυο της Cosmote ενώ για το δίκτυο της Vodafone από 0 έως 92,5%. Αξιοσημείωτο είναι το ότι για βίντεο κλήση στην Σπάρτη το ποσοστό των εντολών αύξησης στην άνω ζεύξη έφτασε μέχρι το 92,5% για μεταβολή του BLER 33,5%. Όταν το BLER αυξάνεται απότομα αυξάνονται οι εντολές αύξησης ισχύος προς την

κάτω ζεύξη ενώ οι εντολές αύξησης ισχύος προς την άνω ζεύξη αυξάνονται όταν το BLER παρουσιάζει μη μηδενικές στιγμές για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η εκπεμπόμενη ισχύς P_t για το δίκτυο της Cosmote και την πόλη της Σπάρτης κυμαίνεται από -45 έως 19 dBm ενώ στην Τρίπολη από -53dBm έως 9dBm. Αντίστοιχα για το δίκτυο της Vodafone στην Σπάρτη η P_t κυμαίνεται από -57dBm έως 23dBm ενώ στην Τρίπολη από -49dBm έως 23dBm.

Η μεταβολή της ισχύος του ενεργού από-διασκορπισμένου σήματος (RSCP) είναι παρόμοια και για τα δυο δίκτυα. Η διακύμανση είναι μεγαλύτερη για την Σπάρτη, -114dBm έως -46dBm, ενώ για την Τρίπολη μεταβάλλεται από -108dBm έως -46dBm.

Η ισχύς του ευρυζωνικού φέροντος (RSSI) κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα για τα δυο δίκτυα και στις δύο πόλεις, από -99dBm έως -40dBm.

Σκοπός της εργασίας ήταν να μελετηθεί η συμπεριφορά του δικτύου τρίτης γενιάς UMTS κατά τη διάρκεια παροχής περισσότερων υπηρεσιών και όχι μόνο της βίντεο κλήσης. Η δυσκολία που παρουσιάστηκε όμως στην πρόσβαση τέτοιων υπηρεσιών ήταν απροσδόκητα μεγάλη. Πολύπλοκες διαδικασίες ρυθμίσεων της συσκευής χωρίς τη σωστή καθοδήγηση των υπαλλήλων τηλεφωνικής εξυπηρέτησης πελατών των εταιρειών και δυσκίνητες διαδικασίες ενεργοποίησης των δικαιωμάτων του χρήστη για τις διάφορες υπηρεσίες από τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο, οδηγούν τις υπηρεσίες τρίτης γενιάς να μην είναι ελκυστικές, ακόμη και για χρήστες που δεν τους ενδιαφέρει το υψηλό κόστος τους.

Βιβλιογραφία

- [1] Harri Holma and Antti Toskala, WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications, Wiley, England, 2004
- [2] Μ. Ε. Θεολόγου, Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών, Εκδόσεις Τζιόλα, 2007
- [3] Κωνσταντίνου Φ. & Κανάτας Α. & Πάντος Γ, Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2008
- [4] Nemo Outdoor v4.20 User Manual
- [5] Nemo Outdoor Fileformat Specification