



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G



Επιβλέπων Καθηγητής

**Στυλιανός Σαβαΐδης
Καθηγητής**

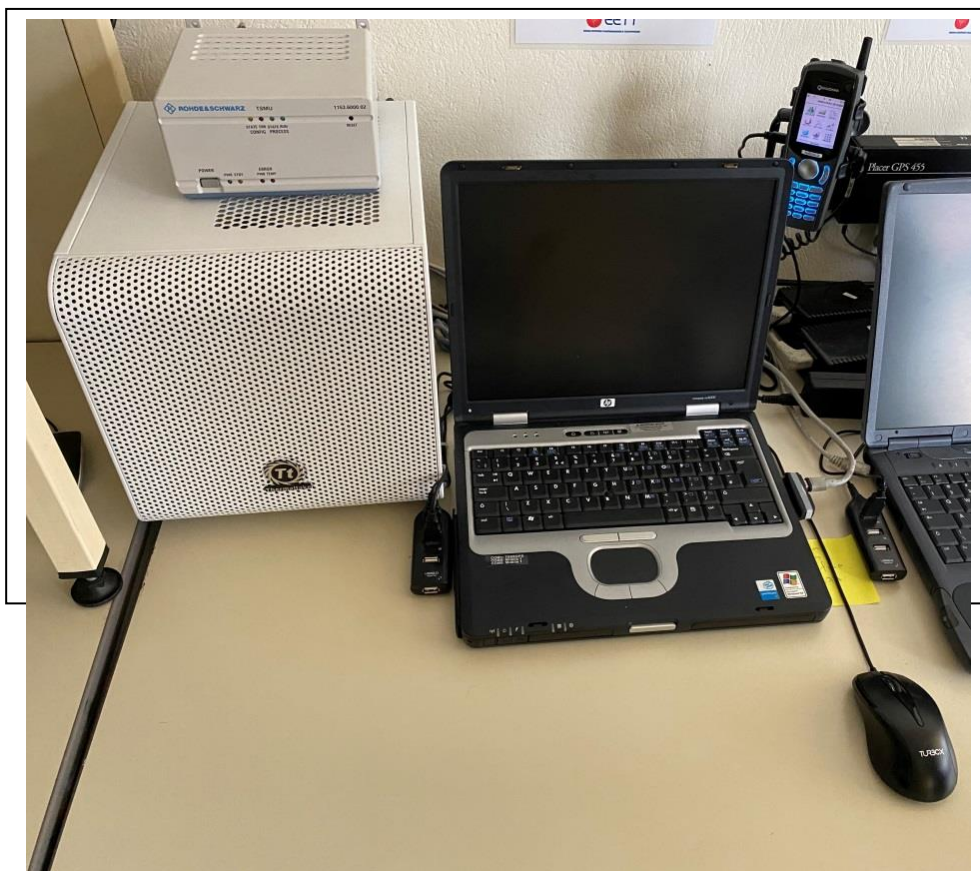
ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

Performance Evaluation in Mobile Communication Networks 2G-3G



Supervisor

Stylios Savaidis
Professor

ATHENS-EGALEO, MARCH 2022

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Στυλιανός Σαββαΐδης Καθηγητής	Χαράλαμπος Πατρικάκης, Καθηγητής	Στυλιανός Μυτιληναίος, Αναπληρωτής Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ,
Μάρτιος, 2022**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

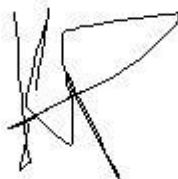
Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ, του ΣΑΒΒΑ, με αριθμό μητρώου 50344041 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.»

Ο Δηλών
Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος



Η παρούσα διπλωματική εργασία αφιερώνεται στην οικογένεια μου η οποία με στήριξε με κάθε τρόπο σε όλη την διάρκεια τόσο των μαθητικών όσο και τον φοιτητικών μου χρόνων. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή κ. Σαββαΐδη Στυλιανό τόσο για την συνεισφορά του όλα αυτά τα χρόνια σε επίπεδο γνώσεων και όχι μόνο, μέσα από τα μαθήματα που διδάσκει και είχα την τύχη να παρακολουθήσω, όσο και για την συνδρομή του σε όλη την διαδρομή της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Η σχεδίαση των δικτύων κινητών επικοινωνιών χαρακτηρίζονται συγκριτικά με άλλους τύπους δικτύων από ένα ιδιαίτερα μικρό κύκλο ζωής. Η κινητικότητα των χρηστών (user mobility) σε συνδυασμό με την εκ φύσεως στοχαστική συμπεριφορά τους, σε ότι αφορά το πλήθος και το είδος των υπηρεσιών που αυτοί αιτούνται, ορίζει ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο σχεδιαστικό πρόβλημα.

Η εξασφάλιση ενός σχεδιασμού, ο οποίος θα επιτυγχάνει ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service, QoS) σε συνδυασμό με μία αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου, προϋποθέτει τη διεξαγωγή περιοδικών μετρήσεων των επιδόσεων του δικτύου.

Στο πλαίσιο των προαναφερόμενων διατυπώσεων το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει ένα υπόδειγμα εκτέλεσης και ανάλυσης μετρήσεων σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών καθώς και εξαγωγής συμπερασμάτων για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους. Για το σκοπό αυτό διεξάγονται μετρήσεις σε δίκτυα 2G GSM και 3G UMTS με δύο συστήματα του οίκου Rohde & Schwarz.

Οι μετρήσεις αφορούν τα εν λειτουργία στην Ελλάδα δίκτυα 2G GSM και 3G UMTS και έχουν ως στόχο: α) τη συγκριτική καταγραφή των επιδόσεων των τριών δικτύων-παρόχων, β) την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν αυτά τα δίκτυα και τέλος γ) τη διατύπωση προτάσεων για ενδεχόμενες βελτιώσεις της απόδοσης των δικτύων.

Λέξεις – κλειδιά

Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών, GSM, UMTS, WCDMA, Δείκτες Επίδοσης Δικτύων, KPI, Βελτιστοποίηση Δικτύων.

Abstract

Mobile communications networks design demonstrates perhaps the shortest life-cycle with respect to other networks. User mobility as well as the stochastic nature introduced by the diverse set of services that may be activated by the user, define a challenging and dynamic network design problem.

A network design that meets high and diverse Quality of Service requirements together with an efficient network resource utilization prerequisite monitoring of network performance through periodical measurement campaigns.

In the above-mentioned context, the present thesis project aims to demonstrate the implementation of a pilot measurement campaign followed by measurements' analysis that concludes to network performance assessment and optimization.

The key objectives of the herein proposed measurement campaign is: a) to conduct comparative measurements for the three 2G GSM – 3G UMTS mobile communication networks, which currently operate in Greece, b) draw conclusions regarding their key performance indicators and indirectly for the relevant design-operation choices, and finally c) to discuss and propose optimization actions based on network performance measurements

Keywords

Mobile Communication Networks, GSM, UMTS, WCDMA, Key Performance Indicators, KPI, Network Optimization.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων.....	10
Κατάλογος Εικόνων	10
Αλφαβητικό Ευρετήριο.....	16
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας	18
1.2 Σκοπός και στόχοι	19
1.3 Μεθοδολογία	19
1.4 Καινοτομία	19
1.5 Δομή.....	20
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Αρχιτεκτονική και Πρωτόκολλα 2G GSM - 3G UMTS	21
2.1 Δίκτυα 2G GSM	21
2.1.1 Εισαγωγή στο GSM	21
2.1.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM.....	23
2.1.3 Η ασύρματη διεπαφή Um	28
2.1.4 Λογικά και Φυσικά Κανάλια	29
2.1.5 Μεταπήδηση συχνότητας (Frequency Hopping).....	33
2.1.6 Μεταπομπή (Handover)	34
2.2 Αρχιτεκτονική και Πρωτόκολλα Δικτύων UMTS	35
2.2.1 Εισαγωγή UMTS.....	35
2.2.2 Νέες εκδόσεις και χαρακτηριστικά του UMTS	38
2.2.3 Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS.....	39
2.2.4 Πρωτόκολλα σηματοδότησης στο UMTS R99.....	42
2.2.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά UMTS-WCDMA.....	44
2.2.6 Έλεγχος Ισχύος στο UMTS.....	45
2.2.7 Δέκτης RAKE.....	47
2.2.8 Διαπομπή (Handover).....	47
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Μετρήσεις και Ανάλυση Επιδόσεων	49
3.1 GSM.....	49
3.1.1 Παρουσίαση εξοπλισμού GSM.....	49
3.1.2 Έναρξη προγράμματος-Ρυθμίσεις Μετρήσεων.....	49
3.1.3 Μετρήσεις C/I	54
3.1.4 Μετρήσεις κινητών τηλεφώνων-GSM.....	58
3.2 UMTS.....	77
3.2.1 Παρουσίαση εξοπλισμού UMTS.....	77
3.2.2 Έναρξη προγράμματος-Δημιουργία Workspace-Configuration.....	77
3.2.3 Μετρήσεις κινητού τηλεφώνου-UMTS.....	83
3.2.4 Μετρήσεις Scanner-UMTS.....	125
4 Κεφάλαιο 4^ο :Συμπεράσματα – Μελλοντικές Προεκτάσεις	141
4.1 Συμπεράσματα	141
4.1.1 Μετρήσεις 2G GSM: Συμπεράσματα.....	141
4.1.2 Μετρήσεις 3G WCDMA-UMTS: Συμπεράσματα.....	142
4.2 Μελλοντικές Προεκτάσεις	144
Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	145
Παράρτημα Α «Επεξηγηματικές εικόνες»	147
Παράρτημα Β Επεξηγηματικοί πίνακες»	151
Παράρτημα Γ «Επιπρόσθετες μετρήσεις»	153

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 Ζώνες συχνοτήτων GSM	[20]
Πίνακας 2.2 ARFCN GSM κανάλια	[21]
Πίνακας 2.3 Ζώνες συχνοτήτων οι οποίες είχαν αποδοθεί αρχικά στο UMTS	[38]
Πίνακας 3.1:Χαρακτηρισμός κάλυψης με βάση το RxLev.....	[51]
Πίνακας 3.2:Κανάλια GSM ανά πάροχο.....	[52]
Πίνακας 3.3:Αντιστοίχιση δικτύων κινητής τηλεφωνίας με βάση τα MCC,MNC.....	[57]
Πίνακας 3.4:Κανάλια UMTS ανά δίκτυο.....	[78]
Πίνακας 3.5:Ταξινόμηση σημάτων με βάση το RSSI.....	[84]
Πίνακας 3.6:Ταξινόμηση σημάτων με βάση το RSCP.....	[85]
Πίνακας 3.7:Ταξινόμηση των σημάτων με βάση την τιμή του Ec/Io.....	[87]
Πίνακας B.1:Συσχέτιση RxQual και BER.....	[150]
Πίνακας B.2:Αντιστοίχιση καναλιών UMTS σε συχνότητες.....	[150]
Πίνακας B.3:Χαρακτηρισμός ισχύος σήματος με βάση την τιμή του SIR.....	[150]
Πίνακας B.4:Τεχνικές και ρυθμοί κωδικοποίησης που υποστηρίζονται από τα κανάλια μεταφοράς.....	[151]

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM	[22]
Εικόνα 2.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS	[39]
Εικόνα 2.3 Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων UMTS	[41]
Εικόνα 3.1 Μετρητική διάταξη GSM.....	[48]
Εικόνα 3.2 Δημιουργία Workspace.....	[49]
Εικόνα 3.3 Άνοιγμα Workspace.....	[49]
Εικόνα 3.4 Φόρτωση προγραμμάτων οδήγησης.....	[50]
Εικόνα 3.5 Ρυθμίσεις μέτρησης C/I (1/2).....	[50]
Εικόνα 3.6 Ρυθμίσεις μέτρησης C/I (2/2).....	[51]
Εικόνα 3.7 Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(1/2).....	[52]
Εικόνα 3.8 Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(2/2).....	[53]

Εικόνα 3.9 Υπομενού Carrier to Interference μετρήσεων.....[54]

Εικόνα 3.10 K6 TS View.....[54]

Εικόνα 3.11 K6 Trigger View.....[55]

Εικόνα 3.12 K7 Transmitter Scan.....[56]

Εικόνα 3.13 Μενού και υπομενού GSM/UMTS μετρήσεων.....[57]

Εικόνα 3.14 GSM Layer 1 View (1/2).....[58]

Εικόνα 3.15 GSM Layer 1 View (2/2).....[58]

Εικόνα 3.16 GSM Layer 2 View.....[61]

Εικόνα 3.17 GSM Measurement Report View.....[62]

Εικόνα 3.18 GSM System Information View (1/2).....[63]

Εικόνα 3.19 GSM System Information View (2/2).....[64]

Εικόνα 3.20 GSM Frequency Hopping-Vodafone.....[65]

Εικόνα 3.21 Ρυθμίσεις σάρωσης για την συσκευή που διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Cosmote.....[67]

Εικόνα 3.22 Ρυθμίσεις σάρωσης για την συσκευή που διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Vodafone.....[67]

Εικόνα 3.23 GSM Scan View-Cosmote.....[68]

Εικόνα 3.24 GSM Scan View-Vodafone.....[69]

Εικόνα 3.25 UMTS/GSM Layer 3 View-Cosmote(1/3).....[69]

Εικόνα 3.26 UMTS/GSM Layer 3 View-Cosmote(2/3).....[70]

Εικόνα 3.27 UMTS/GSM Layer 3 View-Cosmote(3/3).....[71]

Εικόνα 3.28 UMTS/GSM NQA View.....[72]

Εικόνα 3.29 UMTS/GSM ETSI QoS View-Wind.....[73]

Εικόνα 3.30 UMTS/GSM NQA State View (1/2).....[74]

Εικόνα 3.31 UMTS/GSM NQA State View (2/2).....[75]

Εικόνα 3.32 Μετρητική διάταξη UMTS.....[76]

Εικόνα 3.33 Δημιουργία workspace[77]

Εικόνα 3.34 Επιλογή workspace.....[77]

Εικόνα 3.35 Φόρτωση προγραμμάτων οδήγησης συσκευών.....[78]

Εικόνα 3.36 Εισαγωγή καναλιών UMTS(1/2).....[79]

Εικόνα 3.37	Εισαγωγή καναλιών UMTS(2/2).....	[79]
Εικόνα 3.38	Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(1/3).....	[80]
Εικόνα 3.39	Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(2/3).....	[81]
Εικόνα 3.40	Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(3/3).....	[81]
Εικόνα 3.41	Έναρξη μετρήσεων	[82]
Εικόνα 3.42	Μενού και υπομενού UMTS/GSM μετρήσεων.....	[83]
Εικόνα 3.43	UMTS Finger Data View.....	[83]
Εικόνα 3.44	UMTS Layer 1 View.....	[87]
Εικόνα 3.45	UMTS CellSet View.....	[90]
Εικόνα 3.46	Ρυθμίσεις που αφορούν την μέτρηση Network Analyzer View.....	[92]
Εικόνα 3.47	UMTS Network Analyzer View (1/2).....	[92]
Εικόνα 3.48	UMTS Network Analyzer View (2/2).....	[93]
Εικόνα 3.49	UMTS NAS Status	[94]
Εικόνα 3.50	UMTS TrCH View.....	[95]
Εικόνα 3.51	Ρυθμίσεις μέτρησης UMTS Physical Channels View.....	[97]
Εικόνα 3.52	UMTS Physical Channels View.....	[98]
Εικόνα 3.53	UMTS SIB View-Master Information Block	[102]
Εικόνα 3.54	UMTS SIB View-System Information Block Type 1.....	[103]
Εικόνα 3.55	UMTS SIB View-System Information Block Type 2.....	[103]
Εικόνα 3.56	UMTS SIB View-System Information Block Type 3.....	[103]
Εικόνα 3.57	UMTS SIB View-System Information Block Type 5(1/4).....	[105]
Εικόνα 3.58	UMTS SIB View-System Information Block Type 5(2/4).....	[105]
Εικόνα 3.59	UMTS SIB View-System Information Block Type 5(3/4).....	[106]
Εικόνα 3.60	UMTS SIB View-System Information Block Type 5(4/4).....	[106]
Εικόνα 3.61	UMTS SIB View-System Information Block Type 7.....	[107]
Εικόνα 3.62	UMTS SIB View-Scheduling Block 1.....	[107]
Εικόνα 3.63	UMTS RLC/MAC View-Uplink.....	[107]
Εικόνα 3.64	UMTS RLC/MAC View-Downlink.....	[108]
Εικόνα 3.65	UMTS Measurement Report View.....	[109]

Εικόνα 3.66 Απαραίτητες ρυθμίσεις για την μέτρηση UMTS Reselection View.....[109]

Εικόνα 3.67 UMTS Reselection View.....[110]

Εικόνα 3.68 UMTS Layer 1 Graph View-RSCP[111]

Εικόνα 3.69 UMTS Layer 1 Graph View-RSSI.....[112]

Εικόνα 3.70 UMTS Layer 1 Graph View-Ec/No[112]

Εικόνα 3.71 UMTS Layer 1 Graph View-Tx Power.....[113]

Εικόνα 3.72 UMTS Layer 1 Graph View-SIR[114]

Εικόνα 3.73 UMTS Layer 1 Graph View-Srxlev.....[115]

Εικόνα 3.74 UMTS Layer 1 Graph View-Squal[116]

Εικόνα 3.75 UMTS/GSM Layer 3View (1/2).....[117]

Εικόνα 3.76 UMTS/GSM Layer 3View (2/2).....[119]

Εικόνα 3.77 UMTS/GSM NQAView.....[120]

Εικόνα 3.78 UMTS/GSM ETSI QoS View.....[121]

Εικόνα 3.79 UMTS/GSM NQA State View (1/2).....[122]

Εικόνα 3.80 UMTS/GSM NQA State View (2/2).....[123]

Εικόνα 3.81 Εμφάνιση των διαθέσιμων μετρήσεων που αφορούν τον σαρωτή.....[124]

Εικόνα 3.82 PNS P-SCH View-Vodafone Best.....[125]

Εικόνα 3.83 PNS P-SCH View-Cosmote Best.....[126]

Εικόνα 3.84 PNS P-SCH View-Wind Best.....[126]

Εικόνα 3.85 PNS CPICH View-Vodafone Best.....[127]

Εικόνα 3.86 PNS CPICH View-Cosmote Best.....[128]

Εικόνα 3.87 PNS CPICH View-Wind Best.....[128]

Εικόνα 3.88 Ρυθμίσεις PNS Spectrum View[129]

Εικόνα 3.89 PNS Spectrum View- Downlink.....[130]

Εικόνα 3.90 PNS Spectrum View-Uplink.....[131]

Εικόνα 3.91 PNS Spectrum History View-Downlink.....[131]

Εικόνα 3.92 PNS Spectrum History View-Uplink.....[132]

Εικόνα 3.93 PNS SC Tracer View-Cosmote.....[133]

Εικόνα 3.94 PNS SC Tracer View-Vodafone.....[134]

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G
Εικόνα 3.95 PNS SC Tracer View-Wind.....[134]

Εικόνα 3.96 PNS Pilot View-Vodafone.....[135]

Εικόνα 3.97 PNS Pilot View-Cosmote.....[136]

Εικόνα 3.98 PNS Pilot View-Wind.....[137]

Εικόνα 3.99 PNS Top N View.....[138]

Εικόνα A.1 Αντιστοίχιση τιμών της λαμβανόμενης ισχύος RxLeV από dBm σε κωδικούς.....[146]

Εικόνα A.2 Υπολογισμός συχνοτήτων Uplink/Downlink με βάση το ARFCN.....[146]

Εικόνα A.3 Όρια συχνοτήτων Uplink/Downlink ανά σύστημα.....[147]

Εικόνα A.4 Downlink συχνοτήτες για το GSM 900.....[147]

Εικόνα A.5 Downlink συχνοτήτες για το GSM 900(E-GSM,R-GSM).....[148]

Εικόνα A.6 Downlink συχνοτήτες για το GSM 1800.....[149]

Εικόνα Γ.1 GSM Frequency Hopping-Cosmote.....[152]

Εικόνα Γ.2 GSM Frequency Hopping-Wind.....[152]

Εικόνα Γ.3 UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(1/4).....[153]

Εικόνα Γ.4 UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(2/4).....[153]

Εικόνα Γ.5 UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(3/4).....[154]

Εικόνα Γ.6 UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(4/4).....[154]

Εικόνα Γ.7 UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(1/4).....[155]

Εικόνα Γ.8 UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(2/4).....[155]

Εικόνα Γ.9 UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(3/4).....[156]

Εικόνα Γ.10 UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(4/4).....[156]

Εικόνα Γ.11 UMTS/GSM ETSI QoS View-Cosmote.....[157]

Εικόνα Γ.12 UMTS/GSM ETSI QoS View-Vodafone.....[157]

Εικόνα Γ.13 UMTS/GSM NQA State View-extra 1.....[158]

Εικόνα Γ.14 UMTS/GSM NQA State View-extra 2.....[158]

Εικόνα Γ.15 PNS P-SCH View-extra 1.....[159]

Εικόνα Γ.16 PNS P-SCH View-extra 2.....[159]

Εικόνα Γ.17 PNS P-SCH View-extra 3.....[160]

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

Εικόνα Γ.18 PNS P-SCH View-extra 4.....[160]

Εικόνα Γ.19 PNS P-SCH View-extra 5.....[161]

Εικόνα Γ.20 PNS CPICH View-extra 1.....[161]

Εικόνα Γ.21 PNS CPICH View-extra 2.....[162]

Εικόνα Γ.22 PNS CPICH View-extra 3.....[162]

Εικόνα Γ.23 PNS CPICH View-extra 4.....[163]

Εικόνα Γ.24 PNS CPICH View-extra 5.....[163]

Εικόνα Γ.25 PNS CPICH View-extra 6.....[164]

Εικόνα Γ.26 PNS Pilot View-extra 1.....[164]

Εικόνα Γ.27 PNS Pilot View-extra 2.....[165]

Εικόνα Γ.28 PNS Pilot View-extra 3.....[165]

Εικόνα Γ.29 PNS Pilot View-extra 4.....[166]

Εικόνα Γ.30 PNS Pilot View-extra 5.....[166]

Αλφαβητικό Ευρετήριο

GSM: Global System for Mobile Telecommunications

UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

ETSI: European Telecommunications Standards Institute

DCS: Digital Cellular System

PCS: Personal Communications Service

ARFCN: Absolute Radio Frequency Channel Number

MS: Mobile Station

ISDN: Integrated Services Digital Network

SMS: Short Message Service

BSS: Base Station Subsystem

NSS: Network & Switching Subsystem

OMS: Operation & Maintenance Subsystem

SIM: Subscriber Identity Module

IMEI: International Mobile Equipment Identity

TAC: Type Approval Code

FAC: Final Assembly Code

SN: Serial Number

IMSI: International Mobile Subscriber Identity

MCC: Mobile Country Code

MNC: Mobile Network Code

MSIN: Mobile Subscriber Identification Number

PIN: Personal Identity Number

PUK: Personal Unblocking Key

TMSI: Temporary Mobile Subscriber Identity

VLR: Visitor Location Register

MSISDN: Mobile Subscriber ISDN Number

NDC: National Destination Code

BTS: Base Transceiver Station

BSC: Base Station Controller

FDMA: Frequency Division Multiple Access

TDMA: Time Division Multiple Access

PSTN: Public Switched Telephone Network

MSC: Mobile Switching Centers

HLR: Home Location Register

IWF: InterWorking Function

TCH: Traffic Channels

CCH: Control Channels

BCH: Broadcast Channels

CCCH: Common Control Channels

DCCH: Dedicated Control Channels

FCCH: Frequency Correction Channel

SCH: Synchronization Channel

BCCH: Broadcast Control Channel

LAC: Location Area Code

PCH: Paging Channel

RACH: Random Access Channel

AGCH: Access Grant Channel

SDCCH: Stand Alone Dedicated Control Channel

SACCH: Slow Associated Control Channel

FACCH: Fast Associated Control Channel

RNS: Radio Network Subsystem

FDD: Frequency Division Duplex

TDD: Time Division Duplex

MMS: Multimedia Messaging Service

MIMO: Multiple Inputs Multiple Outputs

UE: User Equipment

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

RNC: Radio Network Controller

AS: Access Stratum

NAS: Non Access Stratum

CM: Connection Management

SM: Session Management

MM: Mobility Management

RAB: Radio Access Bearer

CC: Call Control

SS: Supplementary Services

PDP: Packet Data Protocol

SF: Spreading Factor

OVSF: Orthogonal Variable Spreading Factor

SC: Scrambling Code

SIR: Signal to interference ratio

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Η σχεδίαση των δικτύων κινητών επικοινωνιών χαρακτηρίζονται συγκριτικά με άλλους τύπους δικτύων από ένα ιδιαίτερα μικρό κύκλο ζωής. Η κινητικότητα των χρηστών (user mobility) σε συνδυασμό με την εκ φύσεως στοχαστική συμπεριφορά τους, σε ότι αφορά το πλήθος και το είδος των υπηρεσιών που αυτοί αιτούνται, ορίζει ένα δυναμικά μεταβαλλόμενο σχεδιαστικό πρόβλημα. Η πολυπλοκότητα της σχεδίασης αυξάνει, εάν ληφθεί υπόψη ο στοχαστικός χαρακτήρας, τον οποίο επιδεικνύουν τα ασύρματα κανάλια πρόσβασης στο δίκτυο.

Η εξασφάλιση ενός σχεδιασμού, ο οποίος θα επιτυγχάνει ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service, QoS) σε συνδυασμό με μία αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου, προϋποθέτει τη διεξαγωγή περιοδικών μετρήσεων των επιδόσεων του δικτύου [1]-[3]. Τυπικά, για τη διεξαγωγή των μετρήσεων επίδοσης των δικτύων κινητών επικοινωνιών χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα μετρητικά συστήματα, τα οποία εστιάζουν στα λεγόμενα KPIs (Key Performance Indicators) του δικτύου. Η συλλογή ενός ικανού όγκου δεδομένων μέτρησης για τα KPIs δημιουργεί ένα σώμα πληροφορίας προς επεξεργασία και εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα συμπεράσματα από την ανάλυση των μετρήσεων επιδόσεων του δικτύου οδηγούν σε αποφάσεις βελτιστοποίησης της σχεδίασης και της λειτουργίας του δικτύου, π.χ. διόρθωση των παραμέτρων λειτουργίας των κόμβων του δικτύου, διορθώσεις ως προς τη διαστασιοποίηση του δικτύου (Network dimensioning) κ.ο.κ [1]-[3].

Η διαδρομή εξέλιξης των δικτύων κινητών επικοινωνιών από τα δίκτυα 2^{ης} γενιάς έως και τα δίκτυα 5^{ης} γενιάς έχουν εισαγάγει σημαντικές τεχνολογικές αλλαγές και διαφοροποιήσεις ως προς τις παρεχόμενες υπηρεσίες [4]-[8]. Εν τούτοις, οι αλλαγές στη διαδικασία των μετρήσεων επιδόσεων είναι συγκριτικά μικρότερες, διότι υπάρχουν μία σειρά από βασικά μετρητικά μεγέθη, τα οποία αφορούν όλους του τύπους δικτύων ανεξάρτητα της γενιάς στην οποία ανήκουν. Για παράδειγμα, σε όλα τα δίκτυα υπάρχουν κοινά ζητήματα ενδιαφέροντος [1]-[8], όπως για παράδειγμα:

- τα επίπεδα κάλυψης, τα οποία καθορίζουν τη δυνατότητα συνδεσιμότητας και ανάλογα με τον τύπο του δικτύου σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό τις επιδόσεις, π.χ. ταχύτητα μετάδοσης
- τα επίπεδα των παρεμβολών, τα οποία οφείλονται στη επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων (frequency reuse) και καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας ως προς το τυπικό κριτήριο BER (Bit Error Rate)
- το ποσοστό των επιτυχημένων συνδέσεων ως προς τις συνολικές προσπάθειες σύνδεσης
- την αποτελεσματική λειτουργία της διαδικασίας handover είτε αυτά αφορούν intra-system handovers είτε inter-system handovers.
- την ανταπόκριση του δικτύου ως προς την αποκατάσταση της ασύρματης σύνδεσης και στη συνέχεια της υπηρεσίας

Βεβαίως, ανάλογα με τον τύπο του δικτύου και ιδιαίτερα της ασύρματης τεχνολογίας που χρησιμοποιεί (2G έως 5G), η ανάλυση των μετρήσεων έχει διαφοροποιήσεις αλλά το πλαίσιο στο οποίο διεξάγονται οι μετρήσεις χαρακτηρίζεται από ένα κοινό υπόβαθρο.

1.2 Σκοπός και στόχοι

Στο πλαίσιο των προαναφερόμενων διατυπώσεων το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει ένα υπόδειγμα εκτέλεσης και ανάλυσης μετρήσεων σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών καθώς και εξαγωγής συμπερασμάτων για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους.

Για την πειραματική πιλοτική υλοποίηση του εν λόγω υποδείγματος θα γίνει χρήση του εξοπλισμού, ο οποίος είναι διαθέσιμος στο εργαστήριο «Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών» του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Ο διαθέσιμος εξοπλισμός αποτελείται από δύο συστήματα του οίκου Rohde & Schwarz [9]-[15], τα οποία υποστηρίζουν μετρήσεις σε δίκτυα 2G GSM και 3G UMTS. Ο εξοπλισμός αυτός έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει μετρήσεις σε πραγματικά δίκτυα και ως εκ τούτου οι μετρήσεις της διπλωματικής εργασίας αφορούν όλα τα δίκτυα τα οποία παρέχουν 2G GSM - 3G UMTS στην Ελλάδα. Επομένως, η διεξαγωγή των μετρήσεων θέτει τους εξής στόχους:

α) την καταγραφή και τη σύγκριση των επιδόσεων ανάμεσα στα δίκτυα τα οποία θα μετρηθούν,
β) την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο με τον οποίο έχει επιλεγθεί να λειτουργούν αυτά τα δίκτυα και

γ) τη διατύπωση προτάσεων για ενδεχόμενες βελτιώσεις της απόδοσης των δικτύων

στο πλαίσιο της προαναφερόμενης στοχοθεσίας, αξίζει να επισημανθεί ότι η μετρήσεις διεξάγονται στο χώρο του εργαστηρίου των δικτύων κινητών επικοινωνιών. Το γεγονός αυτό θέτει έναν ουσιαστικό περιορισμό, διότι η εικόνα της επίδοσης των δικτύων είναι αποσπασματική. Επομένως, τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν μπορούν να οδηγήσουν σε αξιόπιστα και καθολικά αποτελέσματα. Υπό αυτήν την έννοια η εκτέλεση των μετρήσεων και η ανάλυση τους επιχειρεί να αναπτύξει ένα υπόδειγμα με τη μορφή μελέτης περίπτωσης. Η γενίκευση των συμπερασμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα προϋπέθετε τη διεξαγωγή μία εκτεταμένης καμπάνιας μετρήσεων σε πολλαπλές θέσεις και διαφορετικούς τύπους χώρων. Μία τέτοια αντιμετώπιση είναι χρήσιμη αλλά θεωρείται εκτός των στόχων της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

1.3 Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία υλοποίησης των στόχων της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική μελέτη των υπό μέτρηση δικτύων 2G GSM - 3G UMTS. Αυτό αποτελεί προϋπόθεση προκειμένου να κατανοηθούν οι δυνατότητες των ρυθμίσεων που απαιτούνται στα δύο μετρητικά συστήματα καθώς και για να μεγιστοποιηθούν οι δυνατότητες ερμηνείας τους και εξαγωγής συμπερασμάτων.

Σε ότι αφορά το πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας θα διεξαχθούν όλες οι μετρήσεις, οι οποίες υποστηρίζονται από τα διαθέσιμα μετρητικά συστήματα. Επίσης, με τη χρήση SIM καρτών από τα υπό αξιολόγηση δίκτυα θα πραγματοποιηθούν συγκριτικές μετρήσεις από τις οποίες επιδιώκεται να αναδειχθούν οι ομοιότητες και οι διαφορές ανάμεσα στα υπό μέτρηση δίκτυα.

1.4 Καινοτομία

Η καινοτομία της διπλωματικής εργασίας αφορά την ανάπτυξη ενός σχήματος ανάλυσης μετρήσεων σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη βελτίωση των επιδόσεων τους. Όπως ήδη έχει επισημανθεί, οι μετρήσεις είναι ενδεικτικές, εφόσον εκτελούνται σε ένα σημείο (εργαστήριο δικτύων κινητών επικοινωνιών). Ωστόσο, η ανάλυση των μετρήσεων και η

κριτική τους αξιολόγηση έχει μία γενικότερη αξία, διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα υπόδειγμα για τη διεξαγωγή ρεαλιστικών μετρήσεων επίδοσης σε μεγαλύτερη κλίμακα.

1.5 Δομή

Η διπλωματική εργασία οργανώνεται σε κεφάλαια με το ακόλουθο περιεχόμενο:

Το **Κεφάλαιο 2** έχει ως αντικείμενο την παρουσίαση της αρχιτεκτονικής των δικτύων και των πρωτοκόλλων 2G GSM – 3G UMTS. Δεδομένου ότι η έκταση του αντικειμένου ξεπερνά τα όρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κυρίως δίνεται έμφαση σε εκείνες τις πτυχές λειτουργίας των δικτύων που θα μας απασχολήσουν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης και της ανάλυσης των μετρήσεων.

Το **Κεφάλαιο 3** έχει ως αντικείμενο την παρουσίαση των πιλοτικών μετρήσεων. Στο πλαίσιο αυτό, θα παρουσιασθούν αναλυτικά οι δυνατότητες που παρέχονται από τα μετρητικά συστήματα καθώς και ο χειρισμός του κατά την εκτέλεση των μετρήσεων. Τέλος, με αφετηρία τις μετρήσεις υπάρχει εκτενής σχολιασμός για τις επιδόσεις των υπό μελέτη δικτύων.

Στο **Κεφάλαιο 4** συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις και συζητούνται ερμηνείες επί των μετρήσεων καθώς και ενδεχόμενες προτάσεις βελτιστοποίησης της των επιδόσεων των δικτύων.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Αρχιτεκτονική και Πρωτόκολλα 2G GSM - 3G UMTS

2.1 Δίκτυα 2G GSM

2.1.1 Εισαγωγή στο GSM

Το GSM(Global System for Mobile Telecommunications) είναι το πιο γνωστό σύστημα κινητών επικοινωνιών και ακόμα και σήμερα θεωρείται το πιο πετυχημένο για τις υπηρεσίες φωνής τις οποίες παρέχει [4]. Η σχεδίαση του σε αρχική φάση ως ένα σύστημα κινητής τηλεφωνίας που θα μπορεί να λειτουργεί πανευρωπαϊκά ξεκίνησε το 1982 ,ωστόσο περίπου 10 χρόνια μετά, το 1992 ξεκίνησε η εμπορική διάθεση του και λειτούργησε ως ένα ολοκληρωμένο κυψελωτό σύστημα.

Το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) έχει συντάξει τα πρότυπα αλλά και τις μετέπειτα βελτιώσεις και τροποποιήσεις του GSM. Το GSM αρχικά σχεδιάστηκε και λειτουργούσε στην ζώνη των 900 MHz αλλά επεκτάθηκε και στα 1800 MHz, μία έκδοση η οποία είναι γνωστή και ως DCS (Digital Cellular System) , ενώ αργότερα επεκτάθηκε και στη ζώνη των 1900 MHz η οποία είναι γνωστή ως PCS (Personal Communications Service). Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι ζώνες συχνοτήτων του GSM,ενώ για την κάθε ζώνη καταγράφεται το αντίστοιχο εύρος συχνοτήτων για τις κατευθύνσεις Uplink και Downlink καθώς επίσης και οι κωδικές ονομασίες των καναλιών (Absolute Radio Frequency Channel Number,ARFCN) που ανήκουν σε κάθε ζώνη.

Σύστημα	Εύρος Συχνοτήτων(Uplink) (MHz)	Εύρος Συχνοτήτων(Downlink) (MHz)	ARFCN
GSM 900(P-GSM)	890-915	935-960	1-124
GSM 900(E-GSM)	880-915	925-960	975-1023
GSM 900(R-GSM)	876-880	921-925	955-973
GSM 1800(DCS)	1710-1785	1805-1880	512-885
PCS 1900	1850-1910	1930-1990	512-810

Πίνακας 2.1:Ζώνες συχνοτήτων GSM

Το GSM 90 0(P-GSM) ή αλλιώς Primary GSM είναι η βασική ζώνη συχνοτήτων του GSM που δημιουργήθηκε, ενώ το E-GSM έρχεται ως επέκταση του P-GSM προκειμένου να αυξήσει τις περιοχές συχνοτήτων διατηρώντας όμως και εκείνες του P-GSM όπως φαίνεται και από τον πίνακα 2.1. Επιπλέον το Railway GSM (R-GSM) διαθέτει ξεχωριστές συχνότητες και χρησιμοποιείται για τις επικοινωνίες των σιδηροδρόμων. Μια ζώνη συχνοτήτων, η οποία χρησιμοποιείται ως σημαντική επέκταση για την αύξηση της χωρητικότητας των GSM δικτύων είναι εκείνη των 1800 MHz ή GSM 1800 ή DCS 1800 όπως λέγεται διαφορετικά. ,ενώ σε ότι αφορά την ζώνη συχνοτήτων Η ζώνη συχνοτήτων GSM 1900 MHz χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στις Η.Π.Α, διότι η ζώνη GSM 1800 ήταν ήδη δεσμευμένη για άλλες υπηρεσίες.

Οι ζώνες συχνοτήτων, οι οποίες ουσιαστικά χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα αφορούν το GSM 900 (P-GSM, E-GSM) και το GSM 1800. Τα ARFCN κανάλια του Πίνακα 2.1 κατανέμονται ανάμεσα στους τρεις παρόχους Cosmote, Vodafone και Wind για τις ζώνες συχνοτήτων GSM 900/1800 MHz. Επίσης, στον Πίνακα 2.1 υπάρχουν τα όρια συχνοτήτων για κάθε ζώνη τόσο για την Uplink ζεύξη, όσο και για την Downlink ζεύξη. Η Uplink κατεύθυνση είναι εκείνη στην οποία ο κινητός σταθμός (Mobile Station, MS), δηλ. η κινητή συσκευή, μεταδίδει προς τον σταθμό βάσης (Base Transceiver Station, BTS). Στην Downlink ζεύξη συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο με τον κινητό σταθμό να λαμβάνει τα δεδομένα που αποστέλλονται από τον σταθμό βάσης.

Ο κωδικός ARFCN - Absolute Radio Frequency Channel Number είναι ένας μοναδικός αριθμός, ο οποίος προσδιορίζει το ζεύγος των συχνοτήτων (Uplink και Downlink, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εκπομπή και την λήψη δεδομένων, αντίστοιχα. Όταν είναι γνωστός ο κωδικός ARFCN μπορούμε να υπολογίσουμε τις ακριβείς συχνότητες Uplink και Downlink με βάση τις μαθηματικές σχέσεις οι οποίες παρατίθενται στην 3^η και 4^η στήλη του Πίνακα 2.2.

Σύστημα	ARFCN	Uplink f _{UL} (MHz)	Downlink f _{DL} (MHz)
P-GSM	1-124	$890.0 + 0.2 \cdot \text{ARFCN}$	$f_{\text{UL}(n)} + 45$
E-GSM	0-124, 975-1023	$890.0 + 0.2 \cdot \text{ARFCN}$ $890.0 + 0.2 \cdot (\text{ARFCN} - 1024)$	$f_{\text{UL}(n)} + 45$
GSM-R	0-124 955-1023	$890.0 + 0.2 \cdot n$ $890.0 + 0.2 \cdot (n - 1024)$	$f_{\text{UL}(n)} + 45$
DCS 1800	512-885	$1710.2 + 0.2 \cdot (n - 512)$	$f_{\text{UL}(n)} + 95$
PCS 1900	512-810	$1850.2 + 0.2 \cdot (n - 512)$	$f_{\text{UL}(n)} + 80$

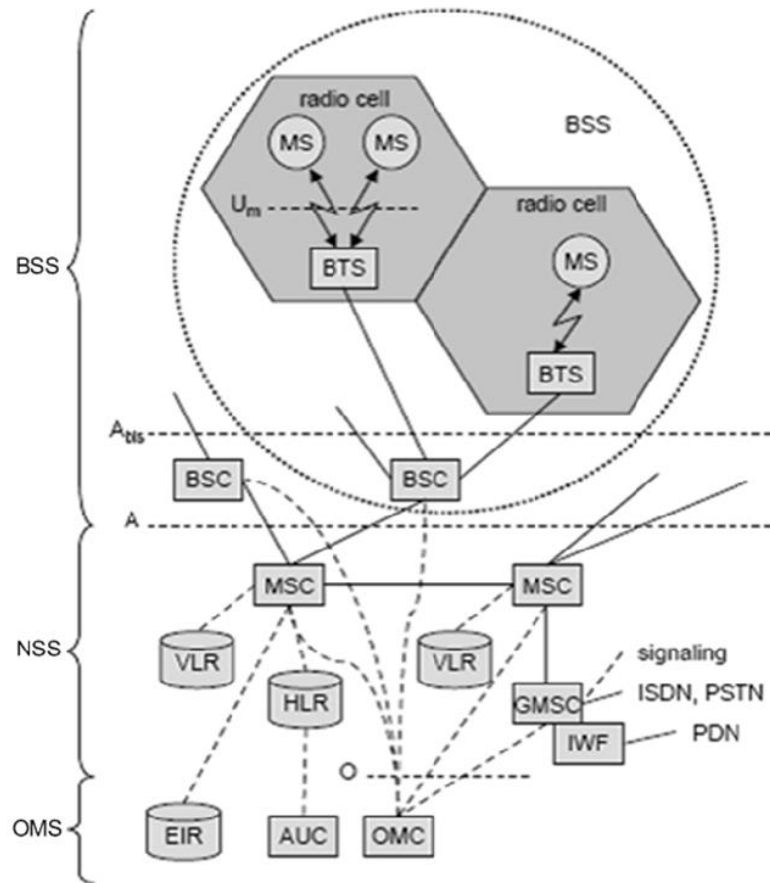
Πίνακας 2.2: ARFCN GSM κανάλια

Το GSM σχεδιάστηκε για να ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις, οι οποίες είχαν ως εξής:

- η παροχή αρκετά καλής ποιότητας φωνής,
- η λειτουργία σε όλη την Ευρώπη,
- η πλήρης συμβατότητα με το ISDN
- η χρήση του διαθέσιμου φάσματος με τον καλύτερο δυνατό τρόπο
- η παροχή επιπλέον υπηρεσιών πλην της τηλεφωνικής κλήσης.

Σε ότι αφορά την παροχή επιπλέον υπηρεσιών πέραν των φωνητικών κλήσεων, αυτό αφορά υπηρεσίες που προσέφερε το GSM συγκριτικά με τα αναλογικά συστήματα που υπήρξαν πριν από αυτό. Για παράδειγμα, υπάρχει η δυνατότητα για κλήση έκτακτης ανάγκης χωρίς να υπάρχει σε λειτουργία μία έγκυρη κάρτα SIM απαραίτητα. Επιπλέον μία δημοφιλής υπηρεσία, η οποία χρησιμοποιείται εκτεταμένα μέχρι και σήμερα είναι αυτή της αποστολής γραπτών μηνυμάτων SMS (Short Message Service). Με την υπηρεσία SMS αποστέλλονται μηνύματα κειμένου με όριο τους 160 αλφαριθμητικούς χαρακτήρες, τα μηνύματα αυτά αποθηκεύονται στο δίκτυο και έπειτα προωθούνται στον κινητό σταθμό, ενώ επίσης λαμβάνονται ακόμα και κατά την διάρκεια μίας ενεργής τηλεφωνικής κλήσης. Τέλος υπάρχει η υπηρεσία του τηλεφωνητή αλλά και κάποιων επιπρόσθετων υπηρεσιών, οι οποίες εξαρτώνται και από τον πάροχο του δικτύου. Ενδεικτικά, τέτοιες υπηρεσίες είναι η αναγνώριση του αριθμού ο οποίος καλεί (αναγνώριση κλήσης), η φραγή εισερχομένων και εξερχομένων κλήσεων, η αναμονή και προώθηση κλήσεων κλπ.

Πλέον όπως γίνεται κατανοητό παρότι το GSM παρέχει επιπλέον υπηρεσίες πέρα από τις υπηρεσίες φωνής για τις οποίες έκανε λόγο ο αρχικός σχεδιασμός του, οι συνδρομητές στρέφονται προς τα δίκτυα επόμενης γενιάς εξαιτίας του γεγονότος ότι χρησιμοποιούν κατά κόρον τις υπηρεσίες δεδομένων που τους παρέχονται από αυτά.



Εικόνα 2.1: Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM [16]

2.1.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM

Η αρχιτεκτονική του δικτύου GSM αποτυπώνεται στην Εικόνα 2.1. Όπως προκύπτει και από την Εικόνα 2.1 το δίκτυο GSM αποτελείται από τέσσερα βασικά υποσυστήματα-τηλεπικοινωνιακές οντότητες με το κάθε ένα από αυτά να διαιρείται έπειτα σε αρκετά υποσυστήματα ώστε να προκύπτει η αναλυτική μορφή του δικτύου. Τα τέσσερα αυτά βασικά τμήματα είναι:

- ο κινητός σταθμός (MS-Mobile Station),
- το υποσύστημα Σταθμών Βάσης(BSS-Base Station Subsystem),
- το υποσύστημα Δικτύου και Μεταγωγής (NSS-Network&Switching Subsystem),
- το υποσύστημα Λειτουργίας και Συντήρησης(OMS-Operation&Maintenance Subsystem)

2.1.2.1 Κινητός σταθμός(MS)

Το πρώτο μέρος το οποίο θα αναλυθεί είναι ο κινητός σταθμός(MS). Ο κινητός σταθμός είναι η συσκευή, η οποία χρησιμοποιεί ένας συνδρομητής προκειμένου να επικοινωνήσει με το δίκτυο και να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες αυτού. Στην εικόνα 2.1 ο κινητός σταθμός εμφανίζεται να είναι μέρος του BSS παρόλα αυτά δεν ισχύει αυτό, διότι ο κινητός σταθμός αποτελεί μία ανεξάρτητη οντότητα, η οποία είναι σε άμεση επικοινωνία με το BSS. Για αυτό ενδεχομένως σε άλλα διαγράμματα ο κινητός σταθμός να εμφανίζεται εκτός του BSS αλλά σε αμφίδρομη επικοινωνία και σύνδεση με αυτό.

Το κινητό πρέπει απαραίτητα να διαθέτει μία έγκυρη κάρτα SIM (Subscriber Identity Module) προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι υπηρεσίες του δικτύου καθώς όπως θα εξηγηθεί ακολούθως, στην κάρτα SIM αποθηκεύονται αρκετές και ιδιαίτερα χρήσιμες και λειτουργικές πληροφορίες. Επίσης, σε κάθε συσκευή έχει δοθεί ένας μοναδικός κωδικός, ο οποίος ονομάζεται IMEI (International Mobile Equipment Identity) και αποτελείται από 15 ψηφία. Από τα 15 αυτά ψηφία, τα έξι πρώτα ψηφία αποτελούν τον κωδικό TAC (Type Approval Code), ο οποίος είναι ένας αριθμός έγκρισης της συγκεκριμένης συσκευής, Τα δύο επόμενα ψηφία ανήκουν στον κωδικό FAC (Final Assembly Code), ο οποίος δηλώνει τον τόπο όπου έγινε η τελική κατασκευή της συσκευής. Τέλος τα επόμενα έξι ψηφία αποτελούν τον κωδικό SN (Serial Number) ο οποίος για συγκεκριμένα TAC και FAC χαρακτηρίζει μοναδικά τον MS. Ο κωδικός IMEI καταχωρείται σε μία βάση δεδομένων, η οποία λέγεται Equipment Identity Register(EIR). Μάλιστα η οντότητα αυτή φαίνεται και στην εικόνα 2.1 αφού αποτελεί μέρος του OMS. Επιπλέον πληροφορίες για την EIR δίνονται στην συνέχεια της εργασίας.

Ο κινητός σταθμός χρειάζεται να έχει έναν επιπλέον μοναδικό κωδικό προκειμένου να αναγνωρίζεται από το υπόλοιπο δίκτυο GSM όταν κάποιος συνδρομητής χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του δικτύου από την συγκεκριμένη συσκευή. Αυτός ο κωδικός που ουσιαστικά ταυτοποιεί τον συνδρομητή ονομάζεται IMSI (International Mobile Subscriber Identity). Ο κωδικός IMSI αποτελείται από τρεις επιμέρους κωδικούς. Αρχικά υπάρχει ο κωδικός Mobile Country Code (MCC), ο οποίος χαρακτηρίζει μοναδικά την χώρα της οποίας το δίκτυο χρησιμοποιεί ο συνδρομητής. Κάθε χώρα έχει έναν τέτοιο αριθμό και για την Ελλάδα ο αριθμός αυτός είναι το 202 σύμφωνα και με τον Πίνακα 3 της υποενότητας 3.1.3. Επιπλέον ο κωδικός IMSI περιλαμβάνει τον κωδικό MNC-Mobile Network Code και τον κωδικό MSIN(Mobile Subscriber Identification Number). Ο κωδικός MNC καθορίζει τον πάροχο κινητής τηλεφωνίας, στον οποίο ανήκει η κάρτα SIM που χρησιμοποιεί ο συνδρομητής στην κινητή συσκευή. Ο κάθε πάροχος κινητής τηλεφωνίας σε κάθε χώρα έχει κάποιους συγκεκριμένους αριθμούς MNC,οι οποίοι φυσικά συνδυάζονται και με τον κωδικό MCC. Στον Πίνακα 3 της υποενότητας 3.1.3 μαζί με τον κωδικό MCC βρίσκονται και οι κωδικοί MNC των τριών παρόχων κινητής τηλεφωνίας Cosmote,Vodafone και Wind που υπάρχουν στην Ελλάδα. Τέλος τον κωδικό IMSI συμπληρώνει ο κωδικός MSIN, ο οποίος είναι ο προσωπικός αριθμός κάθε συνδρομητή. Ο κωδικός IMSI είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς ταυτοποιεί τον συνδρομητή και αποθηκεύεται στην κάρτα SIM.

Στην κάρτα SIM επίσης αποθηκεύονται ο προσωπικός αριθμός ταυτοποίησης του χρήστη ή όπως είναι γνωστός ευρύτερα ο κωδικός PIN (Personal Identity Number) αλλά και ο κωδικός, ο οποίος χρησιμοποιείται για να ξεκλειδώσει την κάρτα SIM όταν έχει μπλοκάρει με απανωτές λανθασμένες εισαγωγές τιμών PIN, ο οποίος ονομάζεται PUK (Personal Unblocking Key). Επιπλέον, η κάρτα SIM διαθέτει χώρο στον οποίο αποθηκεύονται μηνύματα και τηλεφωνικοί αριθμοί αλλά και ένα

αρχείο το οποίο παρέχει πληροφορίες για τις υπηρεσίες του δικτύου τις οποίες χρησιμοποιεί ο συνδρομητής.

Δεδομένου ότι ο κωδικός IMSI ταυτοποιεί τον χρήστη αποφεύγεται η εκπομπή του για λόγους ασφάλειας. Συνήθως, αντί του IMSI χρησιμοποιείται ένας κωδικός, ο οποίος ονομάζεται TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity). Ουσιαστικά πρόκειται για έναν προσωρινό κωδικό ταυτοποίησης συνδρομητή, ο οποίος αποδίδεται στον MS, όταν ο κινητός σταθμός καταγράφεται από την βάση δεδομένων VLR (Visitor Location Register). Επιπλέον πληροφορίες για την βάση δεδομένων VLR δίνονται στην υποενότητα 2.1.2.3, ενώ για τον κωδικό TMSI αξίζει να σημειωθεί ότι η τιμή του αλλάζει αρκετά συχνά από την VLR κατά την διαδικασία μίας κλήσης ως μέτρο προστασίας σε επίπεδο ιδιωτικότητας (Privacy).

Τέλος, κάθε συνδρομητής κινητής τηλεφωνίας λαμβάνει από τον πάροχο υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας, στο οποίο είναι εγγεγραμμένος, έναν αριθμό ο οποίος ονομάζεται MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number). Ο αριθμός αυτός είναι μοναδικός και ουσιαστικά είναι ο αριθμός βάση του οποίου πραγματοποιείται μία κλήση σε αυτόν τον κινητό σταθμό. Ο αριθμός MSISDN αποτελείται από τρεις επιμέρους αριθμούς, οι οποίοι είναι οι εξής: ο κωδικός MCC ο οποίος είναι ο χαρακτηριστικός αριθμός της χώρας, ο κωδικός NDC (National Destination Code) ο οποίος καθορίζεται από τις ρυθμιστικές αρχές ενώ τέλος συμπληρώνει τους άλλους δύο κωδικούς ο αριθμός κλήσης του συνδρομητή.

2.1.2.2 Υποσύστημα Σταθμών Βάσης(BSS)

Το υποσύστημα σταθμών βάσης (BSS) διαθέτει στο δίκτυο τους απαιτούμενους ασύρματους πόρους για την υποστήριξη της επικοινωνίας μεταξύ του κινητού σταθμού και του σταθμού βάσης. Τυπικά, σε ένα δίκτυο GSM υπάρχουν παραπάνω από ένα BSS, τα οποία συνιστούν το λεγόμενο ραδιοδίκτυο (Radio Subsystem-RSS). Το BSS αποτελείται από τα παρακάτω δομικά στοιχεία:

- τον Πομποδέκτη Σταθμού Βάσης (Base Transceiver Station-BTS),
- τον Ελεγκτή Σταθμού Βάσης (Base Station Controller-BSC),

Αρχικά θα αναλυθεί ο πομποδέκτης σταθμού βάσης, ο οποίος επικοινωνεί με τον κινητό σταθμό μέσω της διεπαφής Um. Για τη διεπαφή Um υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες σε υποενότητα 2.1.3. Προς την αντίθετη κατεύθυνση, ο BTS επικοινωνεί με τον BSC μέσω της διεπαφής A_{bis} και με το NSS μέσω της διεπαφής A. Ο BTS έχει διαθέτει τον εξοπλισμό που απαιτείται για την εκπομπή και την λήψη σημάτων και περιλαμβάνει τις κεραιές εκπομπής και λήψης, τα συστήματα με τα οποία γίνεται επεξεργασία σήματος στην ραδιοεπαφή αλλά και ενισχυτές, οι οποίοι βελτιώνουν την ποιότητα των σημάτων. Σε έναν σταθμό βάσης μπορεί να υπάρχουν μέχρι και 16 πομποδέκτες, οι οποίοι μέσω της τεχνικής FDMA (Frequency Division Multiple Access) αντιστοιχούν σε διακριτά κανάλια. Επίσης, κάθε πομποδέκτης έχει την δυνατότητα να επικοινωνήσει με 8 διαφορετικά MS, διότι μέσω της τεχνικής TDMA (Time Division Multiple Access) για κάθε MS αντιστοιχεί συγκεκριμένη χρονοθυρίδα (time-slot). Οι δύο αυτές τεχνικές (FDMA και TDMA) αναλύονται περαιτέρω στην υποενότητα 2.1.3. Ο BTS μεταβιβάζει επίσης προς το BSC τις κλήσεις των συνδρομητών αλλά και σήματα ελέγχου τα οποία αφορούν το NSS.

Στην συνέχεια θα επεξηγηθούν οι βασικές λειτουργίες του ελεγκτή σταθμού βάσης (BSC). Ο κύριος ρόλος του BSC αφορά την επιτήρηση και τη διαχείριση των σταθμών βάσης(BTS). Παράλληλα, υποστηρίζει την σύνδεση τους με το MSC. Στο πλαίσιο του ελέγχου των BTS

χειρίζεται τις διαθέσιμες συχνότητες που υπάρχουν προκειμένου να τις διαθέσει στον BTS, ώστε αυτός να επικοινωνήσει με τον MS, ενώ διαχειρίζεται και τα αιτήματα για τη διαπομπή κλήσεων (handover) από έναν BTS σε έναν άλλο. Η ανάλυση της διαδικασίας του handover υπάρχει σε ακόλουθη υποενότητα 2.1.6 της εργασίας. Επιπλέον ο BSC έχει αναλάβει την αρμοδιότητα να αποδεσμεύει την ζεύξη κατά την διάρκεια τερματισμού μιας κλήσης. Τέλος, ο BSC είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο ισχύος τόσο των BTS όσο και των MS προκειμένου να μην υπάρχουν παρεμβολές σε άλλους χρήστες του δικτύου αλλά και να εξοικονομηθεί ενέργεια προκειμένου να επεκταθεί η διάρκεια ζωής των μπαταριών που έχουν οι MS.

2.1.2.3 Υποσύστημα Δικτύου και Μεταγωγής(NSS)

Το υποσύστημα δικτύου και μεταγωγής είναι ίσως το σπουδαιότερο υποσύστημα στην αρχιτεκτονική του δικτύου GSM, καθώς διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των κινητών σταθμών και των δικτύων PSTN/ISDN (Public Switched Telephone Network/ Integrated Services Digital Network). Το NSS αποτελείται από τις παρακάτω οντότητες:

- Κέντρα Μεταγωγής (Mobile Switching Centers-MSCs)
- Διαβιβαστικό Κέντρο Μεταγωγής (Gateway MSC-GMSC)
- Οικείος Καταχωρητής Θέσης (Home Location Register-HLR)
- Καταχωρητής Θέσης Επισκεπτών (Visitors Location Register-VLR)
- Καταχωρητής Ταυτότητας Εξοπλισμού (Equipment Identity Register-EIR)
- Κέντρο Πιστοποίησης (Authentication Center-AUC)

Το Κέντρο Μεταγωγής(MSC) έχει σαν βασική του αρμοδιότητα να ελέγχει την κινητικότητα των χρηστών. Στις περισσότερες περιπτώσεις ένα MSC έχει υπό τον έλεγχο του πολλά BSSs ή για την ακρίβεια πολλούς BSCs. Το MSC επικοινωνεί από την μία πλευρά με το BSS ενώ από την άλλη πλευρά επικοινωνεί με άλλα σταθερά δίκτυα μέσω του GMSC. Δεδομένου του κεντρικού ρόλου του MSC σε ότι αφορά τη διαχείριση των κλήσεων οφείλει να ελέγχει την κινητικότητα των χρηστών, ώστε να γνωρίζει την θέση των συνδρομητών προκειμένου να ελέγχει τις κλήσεις τους, για να τις δρομολογεί με ορθό τρόπο.

Σε ότι αφορά το Διαβιβαστικό Κέντρο Μεταγωγής(GMSC) πρέπει να επισημανθεί ότι αποτελεί έναν δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ του δικτύου GSM και του δικτύου σταθερής τηλεφωνίας (PSTN,ISDN). Επιπλέον, υποστηρίζει τη δρομολόγηση της κλήσης από το σταθερό δίκτυο προς ένα κινητό σταθμό μέσω του BSS. Το GMSC συνεργάζεται με τα MSC, τα οποία πάντα είναι περισσότερα, παρότι σήμερα κάθε MSC μπορεί να λειτουργήσει σαν GMSC και αυτό είναι κάτι το οποίο επιδιώκουν και οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας προκειμένου να μειώσουν τα κόστη τους. Τέλος, η IWF (InterWorking Function) είναι μία υπηρεσία η οποία χρησιμοποιείται προκειμένου να αντιστοιχηθούν τα πρωτόκολλα του GSM με εκείνα του δικτύου σταθερής τηλεφωνίας.

Ο Οικείος Καταχωρητής Θέσης(HLR) είναι η πιο σημαντική βάση δεδομένων, η οποία υπάρχει στο GSM γιατί σε αυτήν αποθηκεύονται σημαντικά δεδομένα όλων των συνδρομητών. Τέτοια δεδομένα είναι: ο κωδικός IMSI κάθε συνδρομητή, οι υπηρεσίες στις οποίες είναι εγγεγραμμένος ο συνδρομητής αλλά και φυσικά ο αριθμός του συνδρομητή. Τα προαναφερόμενα δεδομένα, τα οποία καταχωρούνται στην HLR ονομάζονται στατικά επειδή οι τιμές τους δεν αλλάζουν τακτικά, ενώ τα δεδομένα των οποίων η τιμή αλλάζει διαρκώς λέγονται δυναμικά. Παρότι τα δυναμικά δεδομένα αποθηκεύονται, όπως παρουσιάζεται ακολούθως, στη βάση δεδομένων VLR, ορισμένα από αυτά αποθηκεύονται και στην HLR, π.χ.. τα στοιχεία για την θέση του συνδρομητή, το οποίον

εξυπηρετεί εκείνη την στιγμή τον χρήστη. Αυτή η πληροφορία απαιτείται προκειμένου να γίνει σωστά η δρομολόγηση της κλήσης από το κατάλληλο MSC στον κινητό σταθμό.

Όπως προαναφέρθηκε ο Καταχωρητής Θέσης Επισκεπτών(VLR) λειτουργεί επίσης σαν μία βάση δεδομένων αποθηκεύοντας δεδομένα, τα οποία όμως έχουν πιο προσωρινό χαρακτήρα. Κάθε MSC συνήθως διαθέτει τον δικό του VLR για απλοποίηση των διαδικασιών, οπότε με αυτό τον τρόπο τα δεδομένα κινητών συσκευών που βρίσκονται σε χώρο που ελέγχει συγκεκριμένο MSC, αποθηκεύονται στον αντίστοιχο VLR. Ο VLR αποθηκεύει παρόμοια δεδομένα με τον HLR αλλά λίγο πιο προσωρινά. Για παράδειγμα, ο VLR αποθηκεύει τον προσωρινό κωδικό TMSI αντί για τον κωδικό IMSI. Επιπλέον, ο VLR γνωρίζει την ακριβή θέση του MS μέσα στην περιοχή MSC σε αντίθεση με τον HLR, ο οποίος γνωρίζει κάποιες ελάχιστες πληροφορίες για την θέση του κινητού, διότι του αρκεί να γνωρίζει τον VLR, ο οποίος εξυπηρετεί τον κινητό σταθμό. Ο HLR ενημερώνει τον GMSC για τον συνδρομητή με βάση τις πληροφορίες που έχει προκειμένου να εξυπηρετηθεί μία κλήση, η οποία προέρχεται από το σταθερό δίκτυο, ενώ από την άλλη ο VLR ενημερώνει τον GMSC για τον συνδρομητή όταν υπάρχει μία κλήση που προέρχεται από έναν κινητό σταθμό. Αυτός είναι και ένας από τους λόγους όπου HLR και VLR αποθηκεύουν παρόμοια δεδομένα.

Ο Καταχωρητής Ταυτότητας Εξοπλισμού(EIR), λειτουργεί ουσιαστικά σαν βάση δεδομένων των συσκευών ανεξάρτητα από τον χρήστη. Στην συγκεκριμένη βάση δεδομένων υπάρχουν εγγεγραμμένοι όλοι οι σειριακοί αριθμοί των κινητών συσκευών, οι οποίες είτε έχουν κλαπεί είτε λόγω βλάβης εξοπλισμού δεν χρησιμοποιούνται στο δίκτυο. Αυτό ίσχυε αρχικά, καθώς μετά από χρόνια οι EIR ξεκίνησαν να καταγράφουν τους σειριακούς αριθμούς όλων των κινητών συσκευών και να ταξινομούν τις συσκευές σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής: όταν η συσκευή ανήκει στην λευκή λίστα η συσκευή μπορεί να λειτουργήσει κανονικά στο δίκτυο, ενώ εάν ανήκει στην γκρι κατηγορία σημαίνει ότι παρακολουθείται και τέλος εάν ανήκει στην μαύρη κατηγορία σημαίνει ότι δεν μπορεί να λειτουργήσει στο δίκτυο. Η παράμετρος η οποία ουσιαστικά αποθηκεύεται στον EIR είναι ο κωδικός IMEI, γιατί ο IMEI φέρει μαζί του εκτός από τον σειριακό αριθμό του κινητού και πληροφορίες σχετικά με τον τύπο της συσκευής, την εταιρεία και την χώρα κατασκευής. Όταν υπάρχει μία νέα εγγραφή σε ένα δίκτυο ελέγχεται για το εάν έχει δικαίωμα εισόδου στο δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση το MSC χρησιμοποιεί τον EIR προκειμένου να ελεγχθεί η ακεραιότητα της συσκευής που χρησιμοποιεί ένας συνδρομητής.

Σε ότι αφορά το Κέντρο Πιστοποίησης (AUC), αυτό βρίσκεται συνήθως μέσα στον HLR και αποτελεί ουσιαστικά ένα τμήμα του. Ο ρόλος του AUC είναι να παρέχει επιπλέον ασφάλεια απέναντι σε κακόβουλες ενέργειες έναντι του δικτύου και των χρηστών. Συγκεκριμένα, στον AUC υπάρχουν αντίγραφα από αλγορίθμους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για πιστοποίηση και κρυπτογράφηση. Για λόγους ασφαλείας δεν μεταδίδονται στο ασύρματο κανάλι και ως εκ τούτου υπάρχουν μόνο στο AUC, άρα τους γνωρίζει ο HLR, αλλά και αποθηκευμένοι στην κάρτα SIM του συνδρομητή.

2.1.2.4 Υποσύστημα Λειτουργίας και Συντήρησης(OMS)

Το υποσύστημα λειτουργίας και συντήρησης έχει σαν βασικές αρμοδιότητες τον έλεγχο για την ορθή λειτουργία του δικτύου αλλά και του εξοπλισμού, όπως επίσης και την συντήρησή τους. Επιπλέον αναλαμβάνει και την διαχείριση των χρεώσεων των συνδρομητών. Στο υποσύστημα λειτουργίας και συντήρησης, περιλαμβάνονται τα εξής:

- Κέντρο Λειτουργίας και Συντήρησης (Operation & Maintenance Center-OMC)
- Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου (Network Management Center-NMC)
- Κέντρο Διαχείρισης και Χρέωσης (Administration & Billing Center-ABC).

Το κέντρο λειτουργίας και συντήρησης (OMC) είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα το οποίο επιβλέπει την λειτουργία ολόκληρου του GSM δικτύου και συμβάλλει στην εύρυθμη λειτουργία του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δυνατότητα πρόσβασης και η παρέμβασης μέσω του OMC τόσο στον τρόπο λειτουργίας του MSC όσο και του BSC, καθώς και στον έλεγχο της κίνησης που υπάρχει στον BSC αλλά και στους BTS. Επίσης, μέσω του OMC δίνεται η δυνατότητα επίλυσης σφαλμάτων, τα οποία προκύπτουν μέσα στο δίκτυο.

Το κέντρο διαχείρισης δικτύου (NMC) δίνει τη δυνατότητα αξιολόγησης των επιδόσεων του GSM δικτύου μέσω στατιστικών και μετρήσεων, τα οποία αναλύονται προκειμένου να επιλυθούν τυχόν ζητήματα που μπορεί να προκύψουν στο δίκτυο, όπως για παράδειγμα προβλήματα συμφόρησης και διαστασιοποίησης (Dimensioning) του δικτύου.

Τέλος, το κέντρο διαχείρισης και χρέωσης(ABC) είναι υπεύθυνο για την ανάλυση των δεδομένων χρέωσης και την ορθή χρέωση των συνδρομητών.

2.1.3 Η ασύρματη διεπαφή Um

Το GSM είναι ένα πλήρως ψηφιακό σύστημα κινητών επικοινωνιών και για τη διαυλοποίηση στην ασύρματη διεπαφή Um χρησιμοποιεί συνδυαστικά τις τεχνικές FDMA και TDMA. Με την χρήση αυτών των δύο τεχνικών αυτό που επιτυγχάνεται είναι η διεύρυνση της χωρητικότητας του δικτύου GSM κάτι το οποίο είναι απαραίτητο προκειμένου να εξυπηρετήσει το δίκτυο όλους τους χρήστες.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 2.1 προκύπτει ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες για τις δύο κατευθύνσεις της αμφίδρομης επικοινωνίας (Uplink και Downlink) σε κάθε ζώνη συχνοτήτων. Η διαφορά που υπάρχει μεταξύ αυτών των συχνοτήτων προκύπτει από την ανάγκη να μην δημιουργούνται παρεμβολές μεταξύ τους. Εάν παρατηρήσει κανείς στο GSM 900 αυτή η απόσταση είναι 45 MHz, ενώ στο GSM 1800 είναι 95 MHz.

Η τεχνική FDMA (Frequency Division Multiple Access) υλοποιείται στο GSM 900 με τη διαίρεση των 25MHz σε κάθε κατεύθυνση (Uplink και Downlink) ώστε να προκύπτουν 124 ζεύγη συχνοτήτων. Τα 124 ζεύγη συχνοτήτων αντιστοιχούν στις κεντρικές συχνότητες ισάριθμων καναλιών με εύρος 200 KHz, το κάθε ένα από τα οποία έχει έναν μοναδικό αριθμό ARFCN. Αντίστοιχα, στην περίπτωση GSM 1800 προκύπτουν 374 ζεύγη φερουσών συχνοτήτων.

Παράλληλα, το GSM χρησιμοποιεί και την τεχνική TDMA (Time Division Multiple Access) με την οποία επιτυγχάνεται πολλαπλή πρόσβαση με διάκριση στο πεδίο του χρόνου. Συγκεκριμένα, σε κάθε κανάλι μεταδίδονται δεδομένα ταυτόχρονα σε 8 φορτοθυρίδες (timeslots). Ο κάθε κινητός σταθμός (MS), ο οποίος θέλει να εκπέμψει ή να λάβει δεδομένα προς ή από το σταθμό βάσης (BTS) επικοινωνεί χρησιμοποιώντας μία συγκεκριμένη φορτοθυρίδα. Με αυτόν τον τρόπο μεταδίδεται η πληροφορία από τον κινητό σταθμό στην συγκεκριμένη χρονοθυρίδα, δεδομένης της προϋπόθεσης του συγχρονισμού μεταξύ των MS και BTS, ενώ για τις υπόλοιπες 7 υπάρχει σιωπή. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται περιοδικά ώστε κάθε φορά να χρησιμοποιείται αποκλειστικά από το MS η συμφωνημένη χρονοθυρίδα. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο λέγεται ότι στα φυσικά κανάλια του GSM τα δεδομένα μεταδίδονται σε ριπές (bursts).

Οι 8 χρονοθυρίδες συνθέτουν ένα πλαίσιο TDMA (TDMA frame), το οποίο το χρησιμοποιούν από κοινού οι χρήστες στους οποίους έχει αποδοθεί μια συγκεκριμένη φέρουσα συχνότητα. Η διάρκεια κάθε πλαισίου είναι 4.615 ms, οπότε με διαίρεση στα 8 που είναι ο αριθμός των χρονοθυρίδων, προκύπτει ότι η διάρκεια κάθε χρονοθυρίδας είναι 0.577 ms. Άρα κάθε κανάλι το οποίο αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη χρονοθυρίδα θα μεταδώσει δεδομένα με μία περιοδικότητα 4.615 ms. Τα TDMA frames περιλαμβάνονται σε ιεραρχικά ανώτερα πλαίσια τα οποία ονομάζονται multiframe. Τα multiframe μπορούν να δημιουργηθούν με δύο τρόπους: είτε χρησιμοποιώντας 26 TDMA frames με τα οποία σχηματίζεται ένα multiframe διάρκειας 120 ms, είτε με 51 TDMA frames με τα οποία το multiframe που δημιουργείται έχει διάρκεια 235 ms. Με τη σειρά τους τα multiframe συνθέτουν ιεραρχία ανώτερες δομές, οι οποίες ονομάζονται superframe και έχουν διάρκεια 6.12 sec. Εάν το superframe αφορά κανάλι φωνής, τότε δημιουργείται από 51 multiframe των 26 TDMA πλαισίων το καθένα, ενώ εάν το superframe αφορά κανάλι ελέγχου τότε αυτό δημιουργείται από 26 multiframe των 51 πλαισίων TDMA το καθένα. Σε κάθε περίπτωση η διάρκεια του superframe παραμένει ίση με 6.12 sec. Τέλος, στην κορυφή της ιεραρχίας των TDMA πλαισίων βρίσκεται το hyperframe, το οποίο αποτελείται από 2048 superframes και έχει διάρκεια 3 ώρες, 28 λεπτά, 53 sec και 760 ms.

Μία ακόμα τεχνική, η οποία χρησιμοποιείται στο GSM, είναι η χρονική μετατόπιση μεταξύ της εκπομπής και της λήψης. Συγκεκριμένα, εισάγεται μία ορισμένη χρονική μετατόπιση μεταξύ εκπομπής και λήψης, ώστε να μην υπάρχει ταυτόχρονη εκπομπή και λήψη δεδομένων. Η συγκεκριμένη χρονική μετατόπιση (time offset) ισούται με τη χρονική διαφορά τριών χρονοθυρίδων. Η αρίθμηση των χρονοθυρίδων μεταξύ εκπομπής και λήψης η παραμένει ίδια και για τον MS και για τον BTS αλλά η απόλυτη τιμή του χρόνου στον οποίο το MS εκπέμπει και λαμβάνει διαφοροποιείται. Με την υιοθέτηση αυτής της τεχνική προκύπτουν οφέλη ως προς την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος κατασκευής των συνδρομητικών συσκευών.

2.1.4 Λογικά και Φυσικά Κανάλια

Η έννοια κανάλι αναφέρεται στο μέσο το οποίο υποστηρίζει τη μετάδοση διαφορετικών ροών δεδομένων. Στο GSM αλλά και εν γένει στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών γίνεται διάκριση ανάμεσα στα λεγόμενα φυσικά και τα λογικά κανάλια. Τα φυσικά κανάλια είναι στην ουσία οι χρονοθυρίδες του TDMA πλαισίου και οι φέρουσες συχνότητες, στις οποίες πραγματοποιείται η αμφίδρομη επικοινωνία. Εν τούτοις, σε ένα φυσικό κανάλι δεν μεταδίδεται κατά αποκλειστικότητα μία μοναδική ροή δεδομένων. Αντίθετα, τα φυσικά κανάλια μεταφέρουν διαφορετικά είδη δεδομένων ανάμεσα στον σταθμό βάσης και τον κινητό σταθμό. Οι διαφορετικές αυτές ροές δεδομένων αντιστοιχούν σε διαφορετικά λογικά κανάλια, τα οποία κάνουν χρήση του εκάστοτε φυσικού καναλιού. Ανάλογα με το είδος της ροής δεδομένων διαφοροποιείται η συχνότητα χρήσης του φυσικού καναλιού και ως εκ τούτου προκύπτουν διαφορετικοί ρυθμοί μετάδοσης. Τα λογικά κανάλια διακρίνονται στις εξής δύο κατηγορίες:

- Κανάλια κίνησης (Traffic Channels-TCH)
- Κανάλια ελέγχου (Control Channels-CCH)

Τα κανάλια κίνησης είναι αυτά, τα οποία μεταφέρουν την φωνή δεδομένα φωνής, ενώ τα κανάλια ελέγχου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά σηματοδοσίας, όπως για παράδειγμα για την αποκατάσταση των κλήσεων (call establishment).

2.1.4.1 Κανάλια Κίνησης (TCH)

Τα κανάλια κίνησης μεταφέρουν δεδομένα φωνής κωδικοποιημένα ή άλλα δεδομένα των συνδρομητών, για τις δύο κατευθύνσεις (uplink και downlink). Τα κανάλια TCH χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τους ρυθμούς μετάδοσης που υποστηρίζουν:

- Το κανάλι κίνησης πλήρους ρυθμού (full rate TCH-TCH/FS) είναι το κανάλι που μεταφέρει κωδικοποιημένη φωνή με δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Ο ρυθμός μετάδοσης πριν την κωδικοποίηση καναλιού είναι 13 kbps, ενώ μετά την κωδικοποίηση καναλιού που γίνεται ανέρχεται στα 22.8 kbps.
- Το κανάλι κίνησης μισού ρυθμού (half rate TCH-TCH/HS) είναι και αυτό κανάλι φωνής με δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Ο ρυθμός μετάδοσης σε αυτό το κανάλι είναι 6.5 kbps πριν την κωδικοποίηση καναλιού, ενώ μετά από αυτήν υπολογίζεται στα 11.4 kbps. Το κανάλι με τον μισό ρυθμό μετάδοσης επινοήθηκε με σκοπό τον διπλασιασμό της χωρητικότητας του συστήματος, αφού τα δεδομένα θα συμπιεστούν ακριβώς στο μισό ώστε να εξυπηρετηθούν δύο κλήσεις σε μία χρονοθυρίδα. Πρακτικά τα δύο κανάλια χρησιμοποιούν την ίδια χρονοθυρίδα αλλά σε διαφορετικά TDMA πλαίσια.
- Τα κανάλια κίνησης TCH/F 9.6, TCH/F 4.8 και TCH/F 2.4 χρησιμοποιούνται και αυτά για μετάδοση δεδομένων με τους αντίστοιχους ρυθμούς μετάδοσης 9.6, 4.8 και 2.4 kbps αντίστοιχα. Ο ρυθμός μετάδοσης σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του κινητού σταθμού. Σε κάθε περίπτωση μετά την κωδικοποίηση καναλιού ο ρυθμός μετάδοσης είναι 22.8 kbps.
- Αντίστοιχα, υπάρχουν τα κανάλια κίνησης TCH/H 4.8 και TCH/H 2.4 τα οποία μεταδίδουν δεδομένα με τους ρυθμούς 4.8 και 2.4 kbps και μετά την κωδικοποίηση καναλιού ο ρυθμός μετάδοσης ανέρχεται στα 11.4 kbps.
- Το κανάλι κίνησης Enhanced full rate (TCH/EFR) διαθέτει τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης με το TCH/FS, στα 13 kbps, αλλά στο συγκεκριμένο κανάλι γίνεται με διαφορετική τεχνική η κωδικοποίηση με αποτέλεσμα να υπάρχει καλύτερη ποιότητα φωνής σε σχέση με το TCH/FS.

2.1.4.2 Κανάλια ελέγχου (CCH)

Τα κανάλια ελέγχου (CCH) μεταφέρουν πληροφορίες σηματοδότησης αλλά και συγχρονισμού και διακρίνονται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- Κανάλια εκπομπής (Broadcast Channels-BCH)
- Κοινά κανάλια ελέγχου (Common Control Channels-CCCH)
- Αποκλειστικά κανάλια ελέγχου (Dedicated Control Channels-DCCH)

Κανάλια εκπομπής (BCH)

Τα BCHs είναι κανάλια downlink και λειτουργούν ως ζεύξη ενός σημείου προς πολλά σημεία. Τα κανάλια αυτά πληροφορούν τους κινητούς σταθμούς για να συγχρονιστούν σε σχέση με τον χρόνο και να συντονιστούν ως προς την συχνότητα. Επίσης, παρέχουν πληροφορίες για το δίκτυο και το κελί. Δεδομένου ότι οι GSM σταθμοί βάσης δεν είναι συγχρονισμένοι, οι κινητοί σταθμοί πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην πληροφορία λαμβάνουν προκειμένου να μην υπάρχουν προβλήματα στην διαδικασία handover. Τα BCH κανάλια χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κανάλι διόρθωσης συχνότητας(Frequency Correction Channel-FCCH)
- Κανάλι συγχρονισμού(Synchronization Channel-SCH)
- Κανάλι ελέγχου εκπομπής(Broadcast Control Channel-BCCH)

Κανάλι διόρθωσης συχνότητας(FCCH)

Το FCCH κανάλι, όπως και όλα τα BCHs κανάλια, είναι downlink. Το FCCH χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες για την διόρθωση της συχνότητας στον κινητό σταθμό. Στους σταθμούς βάσης(BTS) υπάρχει ακρίβεια στην συχνότητα φέροντος κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στους κινητούς σταθμούς(MSs) εξαιτίας του γεγονότος ότι θα αυξανόταν σημαντικά το κόστος. Έτσι χρησιμοποιείται το κανάλι FCCH το οποίο είναι αδιαμόρφωτο και βοηθά τον κινητό σταθμό να συντονιστεί στην σωστή συχνότητα. Ο κινητός σταθμός όταν ενεργοποιηθεί αναζητά αυτό το σήμα προκειμένου να συγχρονιστεί.

Κανάλι συγχρονισμού(SCH)

Το κανάλι συγχρονισμού χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες στο κινητό προκειμένου να συγχρονιστεί με τα TDMA πλαίσια, ώστε να εκπέμπει στην σωστή και χρονοθυρίδα με την οποία επικοινωνεί με τον σταθμό βάσης. Επίσης μεταφέρεται και πληροφορία σχετικά με την ταυτότητα του συγκεκριμένου σταθμού βάσης μέσω του κωδικού BSIC (Base Station Identification Code), έτσι ώστε να αναγνωρίσει ο κινητός σταθμός τον σταθμό βάσης από τον οποίο προέρχεται το σήμα. Επί της ουσίας για να αναγνωρίσει ο κινητός σταθμός τον σταθμό βάσης συγκρίνει τον αριθμό BSIC που λαμβάνει με εκείνους τους αριθμούς BSIC που είναι ήδη αποθηκευμένοι στην κάρτα SIM του κινητού.

Κανάλι ελέγχου εκπομπής(BCCH)

Το κανάλι ελέγχου εκπομπής χρησιμοποιείται για να παρέχει στον κινητό σταθμό λεπτομέρειες για παραμέτρους του δικτύου, τις οποίες χρειάζεται ο κινητός σταθμός για να αναγνωρίζει το δίκτυο και να συνδέεται σε αυτό. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν το κελί το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση των δεδομένων, τον κωδικό LAC(Location Area Code), τις συχνότητες οι οποίες χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο κελί, τις BCH συχνότητες των γειτονικών κελιών αλλά και την ακολουθία μεταπήδησης συχνότητας (frequency hopping).

Κοινά κανάλια ελέγχου(CCCH)

Τα κοινά κανάλια ελέγχου(CCCH) πραγματοποιούν την εγκατάσταση ζεύξεων-σύνδεσης σημείο προς σημείο και χρησιμοποιούνται και στις δύο κατευθύνσεις (uplink και downlink). Χρησιμοποιούνται επίσης για την μετάδοση σηματοδότησης προς τους κινητούς σταθμούς μιας περιοχής. Τα κοινά κανάλια ελέγχου διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κανάλι ειδοποίησης (Paging Channel-PCH)
- Κανάλι τυχαίας πρόσβασης (Random Access Channel-RACH)
- Κανάλι εκχώρησης πρόσβασης (Access Grant Channel-AGCH)

Κανάλι Ειδοποίησης (PCH)

Το κανάλι ειδοποίησης χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται να αναζητηθεί και να εντοπιστεί ένας κινητός σταθμός. Είναι μόνο downlink κανάλι και όταν αναζητείται ένας κινητός σταθμός γιατί καλείται από κάποιον άλλο κινητό σταθμό, τότε το σήμα του καναλιού αυτού εκπέμπεται από όλους τους σταθμούς βάσης της περιοχής αναφέροντας το IMSI ή TMSI του συνδρομητή στον οποίον απευθύνεται η εισερχόμενη κλήση.

Κανάλι τυχαίας πρόσβασης(RACH)

Το κανάλι αυτό είναι uplink και σημείο προς σημείο και χρησιμοποιείται από τον κινητό σταθμό προκειμένου να αιτηθεί να του παραχωρηθεί ένα κανάλι SDCCH, ώστε να ξεκινήσει μία μετάδοση δεδομένων. Πολλές φορές αυτό θεωρείται και σαν απάντηση στις περιπτώσεις που έχει προηγηθεί ένα PCH από τον σταθμό βάσης προς τον κινητό σταθμό, με τον κινητό σταθμό να ζητά στην συνέχεια ένα κανάλι SDCCH προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία της εισερχόμενης κλήσης.

Κανάλι εκχώρησης πρόσβασης(AGCH)

Μέσω αυτού του καναλιού μεταφέρεται μία απάντηση προς τον κινητό σταθμό σε συνέχεια του αιτήματος στο RACH. Ουσιαστικά, ο BSC ορίζει και διαθέτει στον κινητό σταθμό ένα κανάλι SDCCH και ενημερώνει το MS επ' αυτού. Πρόκειται για ένα downlink κανάλι το οποίο είναι ζεύξης σημείο προς σημείο.

Αποκλειστικά κανάλια ελέγχου (DCCH)

Τα αποκλειστικά κανάλια ελέγχου(DCCH) χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση και πραγματοποίηση κλήσης αφού μεταφέρουν μηνύματα σηματοδότησης για το σκοπό αυτό. Επίσης, χρησιμοποιούνται για μεταφορά δεδομένων μετρήσεων και handover. Μεταδίδονται και στις δύο κατευθύνσεις και διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Αυτόνομο αποκλειστικό κανάλι ελέγχου (Stand Alone Dedicated Control Channel-SDCCH)
- Αργό συσχετισμένο κανάλι ελέγχου (Slow Associated Control Channel-SACCH)
- Γρήγορο συσχετισμένο κανάλι ελέγχου (Fast Associated Control Channel-FACCH)

Αυτόνομο αποκλειστικό κανάλι ελέγχου(SDCCH)

Το συγκεκριμένο κανάλι χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή μηνυμάτων σηματοδότησης μεταξύ του δικτύου και του κινητού σταθμού κατά την αποκατάσταση της κλήσης και πριν ακόμα δοθεί ένα κανάλι κίνησης TCH. Επιπλέον μέσω αυτού του καναλιού επιτυγχάνεται η ενημέρωση θέσης του κινητού σταθμού καθώς και η απώλυση μίας κλήσης. Η επικοινωνία μέσω αυτού του καναλιού είναι αμφίδρομη (uplink και downlink).

Αργό συσχετισμένο κανάλι ελέγχου(SACCH)

Το κανάλι αυτό σχετίζεται πάντα με ένα TCH ή ένα SDCCH κανάλι και μεταδίδεται στην ίδια χρονοθυρίδα με το αντίστοιχο TCH ή SDCCH κανάλι. Κατά βάση χρησιμοποιείται για να μεταφέρει από τον κινητό σταθμό προς τον σταθμό βάσης μετρήσεις σχετικά με την ένταση του λαμβανόμενου σήματος στο κελί που χρησιμοποιείται αλλά και στα γειτονικά. Αντίστοιχα, χρησιμοποιείται και στην αντίθετη κατεύθυνση από τον σταθμό βάσης προκειμένου να στέλνει προς τον κινητό σταθμό στοιχεία σχετικά με τον έλεγχο ισχύος. Ο λόγος που το κανάλι αυτό

καλείται αργό έχει να κάνει με το γεγονός ότι οι πληροφορίες που μεταδίδονται μέσα από αυτό το κανάλι δεν απαιτείται να μεταδίδονται τακτικά.

Γρήγορο συσχετισμένο κανάλι ελέγχου(FACCH)

Το κανάλι αυτό σχετίζεται με ένα κανάλι TCH αφού σε κάποιες περιπτώσεις εάν απαιτηθεί κατά την διάρκεια κλήσης-μετάδοσης ομιλίας να μεταδοθεί πληροφορία σηματοδοσίας με ρυθμό μετάδοσης μεγαλύτερο από αυτό του SACCH,τότε το FACCH παίρνει ουσιαστικά τον χώρο του καναλιού κίνησης (TCH) και τον χρησιμοποιεί. Αυτό συμβαίνει τις περισσότερες φορές κατά το handover, όπου το FACCH δεσμεύει 20 ms, μάλιστα χωρίς να καταλάβει ο χρήστης την διακοπή στην ομιλία.

2.1.5 Μεταπήδηση συχνότητας (Frequency Hopping)

Μία τεχνική ακόμα η οποία χρησιμοποιείται στο GSM είναι το frequency hopping όπως είναι ευρέως γνωστό. Στην περίπτωση του frequency hopping πραγματοποιείται μεταπήδηση-αλλαγή στην συχνότητα φέροντος κατά την διάρκεια της κλήσης. Ο στόχος αυτής της μεθόδου είναι να αποφευχθούν προβλήματα, τα οποία μπορεί να προκύψουν σχετικά με την ποιότητα του σήματος λόγω διαλείψεων εξαιτίας της πολυδιαδρομικής διάδοσης, αλλά και λόγω παρεμβολών από άλλα κελιά.

Στο GSM χρησιμοποιείται η τεχνική αργής μεταπήδησης συχνότητας (Slow Frequency Hopping) με σκοπό να αντισταθμιστούν προβλήματα ποιότητας του σήματος. Στην αργή μεταπήδηση συχνότητας η συχνότητα λειτουργίας αλλάζει μία φορά σε κάθε TDMA πλαίσιο. Η λογική αυτής της τεχνικής είναι η ακόλουθη: κάθε κινητός σταθμός μεταδίδει τα δεδομένα του μέσα από τις χρονοθυρίδες που διαθέτει, χρησιμοποιώντας διαφορετικές συχνότητες, οι οποίες του έχουν δοθεί μέσω ενός συγκεκριμένου αλγορίθμου. Αυτή η αλλαγή συχνότητας από τον κινητό σταθμό γίνεται σε 'κενά' διαστήματα, καθώς το κινητό εκπέμπει ή λαμβάνει δεδομένα σε μία δεδομένη συχνότητα κατά την διάρκεια μιας χρονοθυρίδας και αλλάζει συχνότητα πριν ξεκινήσει η μετάδοση δεδομένων στην χρονοθυρίδα που του αντιστοιχεί στο επόμενο TDMA πλαίσιο. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται ένα σημαντικό πλεονέκτημα, το οποίο ονομάζεται κέρδος διαφορισμού συχνοτήτων (frequency diversity), το οποίο προέρχεται από το γεγονός ότι οι διαλείψεις που θα υφίσταται το σήμα χρονικά είναι ασυσχέτιστες λόγω των διαφορετικών συχνοτήτων. Με την χρησιμοποίηση της τεχνικής του frequency hopping το κέρδος είναι μεγαλύτερο για κινητούς σταθμούς, οι οποίοι κινούνται με μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με εκείνους που κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ο σταθμός βάσης δεν είναι απαραίτητο να υποστηρίζει την μεταπήδηση συχνότητας, παρόλα αυτά δεν ισχύει το ίδιο για τον κινητό σταθμό ο οποίος πρέπει να υποστηρίζει την αργή μεταπήδηση συχνότητας και όταν λαμβάνει εντολή για μεταπήδηση συχνότητας από τον σταθμό βάσης να συμμορφώνεται ως προς αυτήν. Ο κινητός σταθμός διαθέτει κεραία αρκετά μικρότερης ισχύος σε σχέση με τον σταθμό βάσης, και επιπρόσθετα μετακινείται σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν καλές συνθήκες διάδοσης είτε λόγω παρεμβολών είτε λόγω ελλιπούς ισχύς σήματος, οπότε πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίζει το frequency hopping. Ο BSC είναι εκείνος ο οποίος κρίνει εάν χρειάζεται να ειδοποιήσει τον MS προκειμένου να αλλάξει συχνότητα. Για να συμβεί αυτό ο BSC αποδίδει μια ομάδα καναλιών στον MS.Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί αλγόριθμοι μεταπήδησης συχνότητας, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τον κινητό σταθμό. Μερικοί από αυτούς είναι οι εξής:

- ο αλγόριθμος κυκλικής μεταπήδησης σύμφωνα με τον οποίο δίνεται μία λίστα συχνοτήτων στον κινητό σταθμό και γίνεται μεταπήδηση στις συχνότητες με βάση την σειρά που βρίσκονται αυτές από την πρώτη έως και την τελευταία και όταν ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή.

- ο αλγόριθμος της ψευδο-τυχαίας μεταπήδησης σύμφωνα με τον οποίο η μεταπήδηση συχνότητας γίνεται με τυχαίο τρόπο ανάμεσα στις συχνότητες που έχουν διατεθεί.

Όταν ο MS πρόκειται να ξεκινήσει την διαδικασία του frequency hopping ενημερώνεται για τις συχνότητες που του διατίθενται αλλά και για το ποιον αλγόριθμο πρόκειται να χρησιμοποιήσει. Τέλος υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι υλοποίησης του frequency hopping στους σταθμούς βάσης:

- η μεταπήδηση βασικής ζώνης, όπου χρησιμοποιείται όταν ο σταθμός βάσης έχει αρκετούς πομποδέκτες. Ο κάθε πομποδέκτης διαθέτει μια συγκεκριμένη χρονοθυρίδα σε κάθε TDMA πλαίσιο και μεταδίδει δεδομένα που έχουν ως παραλήπτη έναν συγκεκριμένο κινητό σταθμό.
- η συνθέτη μεταπήδηση σύμφωνα με την οποία σε μία δυσπρόσιτη περιοχή όπου βρίσκονται σταθμοί βάσης με έναν ή δύο πομποδέκτες και πρέπει να πραγματοποιηθεί η διαδικασία του αργού frequency hopping, τότε το frequency hopping γίνεται στον πομποδέκτη.

2.1.6 Μεταπομπή (Handover)

Μία ακόμα εξαιρετικά χρήσιμη λειτουργία του δικτύου GSM είναι το λεγόμενο handover. Πρόκειται για την εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών σταθμών βάσης κατά την διάρκεια της κλήσης χωρίς να το αντιληφθεί ο συνδρομητής ή να διαταραχθεί η ομιλία με σκοπό την παροχή καλύτερης ποιότητας σήματος. Κάποιοι από τους λόγους που μπορεί να χρειαστεί να γίνει handover είναι οι παρακάτω:

- λόγω χαμηλής τιμής λαμβανόμενης ισχύος στην uplink ή στην downlink κατεύθυνση
- λόγω κακής ποιότητας σήματος τόσο στην uplink όσο και στην downlink κατεύθυνση
- εξαιτίας εξαιρετικά μεγάλης απόστασης ανάμεσα στον σταθμό βάσης και τον κινητό σταθμό
- λόγω παρεμβολών ή υψηλού τηλεπικοινωνιακού φόρτου στο συγκεκριμένο κελί

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω όταν ο κινητός σταθμός κατά την διάρκεια της κλήσης αλλάζει από ένα σταθμό βάσης σε έναν άλλο αλλάζει και κανάλι κίνησης (TCH) χωρίς αυτή η διαδικασία να γίνεται αντιληπτή από τον συνδρομητή. Στο GSM ο κινητός σταθμός λαμβάνει μετρήσεις για την λαμβανόμενη ισχύ αλλά και την ποιότητα του σήματος για το κανάλι το οποίο χρησιμοποιεί. Παράλληλα, λαμβάνει μετρήσεις και για κανάλια BCH άλλων σταθμών βάσης για τα οποία τον ενημερώνει ο σταθμός βάσης του κελιού στο οποίο βρίσκεται. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που λαμβάνει ο κινητός σταθμός τα μεταδίδει στον σταθμό βάσης με τον οποίο επικοινωνεί. Παράλληλα, ο σταθμός βάσης εκτελεί μετρήσεις σχετικά με την ισχύ και την ποιότητα του σήματος που μεταδίδεται μεταξύ εκείνου και του κινητού σταθμού. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μεταβιβάζονται από τον σταθμό βάσης στον BSC και αν εκείνος κρίνει απαραίτητο να γίνει handover, τότε από μία συντεταγμένη διαδικασία αναλαμβάνει την επικοινωνία ο νέος σταθμός βάσης. Το κριτήριο με το οποίο αποφασίζεται εάν πρέπει να γίνει handover είναι συνήθως η τιμή της παραμέτρου που εκφράζει την λαμβανόμενη ισχύ του σήματος. Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι handover οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με το πλήθος των τηλεπικοινωνιακών οντοτήτων, οι οποία εμπλέκονται στη διαδικασία του handover. Οι διαφορετικές κατηγορίες handover περιγράφονται ακολούθως:

- **Intra Cell-Intra BSC Handover:** Το handover γίνεται εντός του ίδιου κελιού με αλλαγή ραδιοσυχνότητας η οποία ελέγχεται από τον ίδιο BSC.
- **Inter Cell-Intra BSC Handover:** Ο κινητός σταθμός μετακινείται από ένα κελί σε ένα άλλο αλλά και τα δύο κελιά βρίσκονται υπό τον έλεγχο του ίδιου BSC. Η διαδικασία της μετάβασης από παλαιό στο νέο σταθμό βάσης αλλά και νέο κανάλι κίνησης ελέγχεται από το ίδιο BSC.
- **Inter Cell-Inter BSC Handover:** το handover σχετίζεται με έναν συνδρομητή ο οποίος μετακινείται από ένα κελί σε ένα άλλο το οποίο ελέγχεται από διαφορετικό BSC. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η διαδικασία εμπλέκει το MSC, αλλά η απόφαση για το χρονικό σημείο όπου θα γίνει το handover καθορίζεται από τον BSC του πρώτου κελιού. Το BSC να κάνει αίτημα για μεταπομπή το οποίο μέσω του MSC διαβιβάζεται στον νέο σταθμό βάσης και τον νέο BSC.
- **Inter MSC Handover:** Πρόκειται για την πιο δύσκολη περίπτωση handover καθώς ο συνδρομητής μετακινείται από ένα κελί που ελέγχεται από ένα συγκεκριμένο MSC σε ένα άλλο κελί, το οποίο υπάγεται σε διαφορετικό MSC. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση την απόφαση για να γίνει το handover τη λαμβάνει ο πρώτος BSC, ωστόσο στην προκειμένη περίπτωση είναι απαραίτητο να γίνει η απαιτούμενη συνεννόηση μεταξύ των MSCs. Το MSC το οποίο εξυπηρετεί τον συνδρομητή την δεδομένη χρονική στιγμή επικοινωνεί με το MSC το οποίο πρόκειται να εξυπηρετήσει τον συνδρομητή και στην συνέχεια εγκαθίσταται η σύνδεση με το νέο MSC. Εφόσον τα δύο MSCs ανήκουν στο ίδιο δίκτυο και για να πραγματοποιηθεί κλήση μεταξύ του ενός MSC και του άλλου πρέπει να γίνει ταυτοποίηση στο νέο MSC. Αυτό γίνεται μέσω ενός αριθμού, ο οποίος ονομάζεται αριθμός handover. Το MSC που μέχρι πρότινος εξυπηρετούσε τον κινητό σταθμό ενημερώνεται από το BSS για το handover και αποστέλλει αίτημα handover στο νέο MSC. Στη συνέχεια, το νέο MSC απαντά στέλνοντας πίσω τον αριθμό handover, τον οποίο αναλύει ο παλιός MSC και πλέον οι δύο MSCs είναι σε θέση να επικοινωνούν.

2.2 Αρχιτεκτονική και Πρωτόκολλα Δικτύων UMTS

2.2.1 Εισαγωγή UMTS

Το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) το οποίο είναι το πιο γνωστό σύστημα κινητών επικοινωνιών 3^{ης} γενιάς αναπτύχθηκε περίπου το 1990 στην Ευρώπη από το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων(ETSI) αλλά στη συνέχεια ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για τις νεότερες εκδόσεις του είναι ο 3GPP. Ο σχεδιασμός του UMTS έγινε λαμβάνοντας υπόψη την υψηλής ποιότητας υπηρεσία φωνής που παρείχε το GSM αλλά και τις νέες τεχνολογίες που προσφέρονται για την παροχή υπηρεσιών πολυμέσων στην κινητή τηλεφωνία. Οι βασικότεροι στόχοι που τέθηκαν κατά την ανάπτυξη του UMTS, συνοψίζονται παρακάτω [5]-[6]:

- Παροχή επιπλέον υπηρεσιών δεδομένων πλην της υπηρεσίας φωνής με μία κινητή συσκευή και μία άδεια συνδρομητή (κάρτα SIM). Η κινητή συσκευή που θα υποστηρίζει τα παραπάνω θα πρέπει να διαθέτει την δυνατότητα υποστήριξης αυτών των υπηρεσιών τις οποίες ο συνδρομητής θα μπορεί να χρησιμοποιεί παντού. Επίσης απαιτείται αυξημένη αυτονομία μπαταρίας της κινητής συσκευής.
- Δυνατότητα ικανής γεωγραφικής κάλυψης για την παροχή υπηρεσιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ρυθμούς μετάδοσης, παρέχοντας παγκόσμια περιαγωγή.

- Μεγάλη φασματική απόδοση προκειμένου να μπορεί το δίκτυο του UMTS να εξυπηρετεί ταυτόχρονα όλες οι ανάγκες των συνδρομητών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση τεχνικών διασποράς φάσματος, οι οποίες επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος αλλά και τη χρήση τεχνικών διαφορικής εκπομπής-λήψης με την ταυτόχρονη επικοινωνία με πολλαπλούς σταθμούς βάσης.
- Η ομαλότερη μετάβαση από το δίκτυο GSM με όσο το δυνατόν λιγότερες αλλαγές στην δομή του δικτύου αλλά και η συνύπαρξη των δικτύων 3^{ης} γενιάς με εκείνα τα οποία είναι 2^{ης} γενιάς. Λιγότερες τροποποιήσεις στην δομή του δικτύου σημαίνει και μικρότερο κόστος για τους τελικούς αποδέκτες που είναι οι συνδρομητές.

Το UMTS αναπτύχθηκε με κύριο πλεονέκτημα του έναντι των δικτύων 2^{ης} γενιάς, μεταξύ άλλων, την πληθώρα των υπηρεσιών που μπορεί να παρέχει στους χρήστες. Τέτοιες υπηρεσίες είναι εκτός βέβαια από τις τηλεφωνικές κλήσεις, τις κλήσεις έκτακτης ανάγκης και τα SMS όπου υπήρχαν και στο GSM είναι κυρίως η πλοήγηση στο διαδίκτυο αλλά και οι εφαρμογές πολυμέσων. Φυσικά εξακολουθούν να υπάρχουν και στο UMTS οι συμπληρωματικές υπηρεσίες που προσφέρουν οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας, όπως είναι η αναμονή, προώθηση, φραγή κλήσεων και άλλες. Ακολουθεί μία ταξινόμηση των υπηρεσιών που προσφέρει το δίκτυο UMTS, με βάση τις απαιτήσεις που υπάρχουν από τις υπηρεσίες αυτές σε σχέση με τις χρονικές καθυστερήσεις:

- Conversational Real Time Class
- Streaming Class
- Interactive Class
- Background Class

Conversational Real Time Class

Στην κατηγορία αυτή όπως αναφέρεται και από την ονομασία της, κατατάσσονται οι υπηρεσίες οι οποίες δεν έχουν "ανοχή" στην καθυστέρηση που μπορεί να προκύψει κατά την μετάδοση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι οι τηλεφωνικές κλήσεις όπου οι καθυστερήσεις πρέπει να είναι πολύ μικρές (μικρότερες των 400 msec).

Streaming Class

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει υπηρεσίες στις οποίες είναι ανεκτή πολύ μικρή καθυστέρηση μετάδοσης. Πρόκειται για υπηρεσίες όπου η μετάδοση των δεδομένων δεν γίνεται αμφίδρομα αλλά αφορά συνήθως μόνο την downlink κατεύθυνση. Τέτοιες υπηρεσίες είναι οι υπηρεσίες πολυμέσων και πιο συγκεκριμένα εκείνες οι οποίες απαιτούν συγχρονισμό διαφορετικής πληροφορίας, όπως για παράδειγμα ήχο και εικόνα. Η υπηρεσία video on demand αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα όπου για να ξεκινήσει η αναπαραγωγή από τον χρήστη δεν χρειάζεται να γίνει λήψη ολόκληρου του αρχείου. Το περιθώριο αναμονής-καθυστέρησης στην συγκεκριμένη κατηγορία υπηρεσιών είναι 10 sec.

Interactive Class

Στην συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν υπηρεσίες στις οποίες ο κινητός σταθμός έχει κάνει αίτημα σε έναν κόμβο και περιμένει να λάβει την απάντηση, η οποία περιλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία θα προωθηθούν στον χρήστη. Παράδειγμα τέτοιας υπηρεσίας αποτελεί η περιήγηση στο διαδίκτυο. Σε μία τέτοια υπηρεσία η μεταφορά δεδομένων γίνεται αποκλειστικά στην downlink κατεύθυνση. Σε τέτοιου είδους υπηρεσίες πιο σημαντική είναι η ακεραιότητα των δεδομένων, ενώ η καθυστέρηση που γίνεται αποδεκτή είναι περίπου στα 4 sec.

Background Class

Στην συγκεκριμένη κατηγορία βρίσκονται υπηρεσίες όπου η καθυστέρηση στη μετάδοση δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα και για αυτό δεν υπάρχουν ακριβείς χρονικοί περιορισμοί. Στις συγκεκριμένες υπηρεσίες προέχει η ακεραιότητα των δεδομένων, ενώ αρκετά συχνά χρησιμοποιείται η τεχνική αναμετάδοσης των πακέτων σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν σφάλματα. Αυτό το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αυξάνει τις καθυστερήσεις κατά την μετάδοση. Το γεγονός αυτό δεν αποτελεί μεγάλο πρόβλημα καθώς τα δεδομένα εμφανίζονται στον χρήστη αφού ολοκληρωθεί η λήψη τους. Παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών είναι το SMS και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του UMTS είναι η χρησιμοποίηση της τεχνικής διασποράς φάσματος WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), η οποία βασίζεται στην τεχνική Narrowband CDMA αλλά υπερτερεί σε σχέση με αυτήν σχετικά με το εύρος που προσφέρει. Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο απαιτείται η χρήση της τεχνικής WCDMA είναι ότι το δίκτυο UMTS έπρεπε να είναι σε θέση να παρέχει πολύ υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από τα δίκτυα που προϋπήρχαν. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του ίδιου ευρυζωνικού καναλιού δεδομένου ότι τα κανάλια των διαφορετικών χρηστών διαφοροποιούνται σε επίπεδο κωδικοποίησης. Το εύρος ζώνης κάθε καναλιού στο UMTS είναι πλέον στα 5 MHz σε σχέση με τα 200 KHz που ήταν στο GSM.

Στην αρχική έκδοση του UMTS ο ρυθμός μετάδοσης υπολογίζεται στα 3.84 Mbps, ενώ στις επόμενες εκδόσεις φυσικά αυξήθηκε κατά πολύ φτάνοντας μάλιστα και τα 337 Mbps σύμφωνα με τις προδιαγραφές της έκδοσης R11. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο UMTS κάθε φέρουσα αποτελείται από χρόνο-πλαίσια των 10 msec με κάθε χρόνο-πλαίσιο να έχει 15 χρονοθυρίδες. Στις πρώτες εκδόσεις του UMTS που κυκλοφόρησαν προστίθεται η τεχνολογία με την ονομασία HSPA (High Speed Packet Access), η οποία όπως αναφέρεται και στην ονομασία της συμβάλλει στην μεταγωγή πακέτων με μεγάλες ταχύτητες. Η τεχνολογία HSPA αποτελείται από δύο επιμέρους τεχνολογίες με τις ονομασίες HSDPA και HSUPA. Πρόκειται για την ίδια τεχνική με μόνη διαφορά την κατεύθυνση στην οποία εφαρμόζεται η κάθε μία, καθώς η HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) αναφέρεται στην downlink κατεύθυνση ενώ η HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) στην uplink. Η τεχνική αυτή προσφέρει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης καθώς η επονομαζόμενη έκδοση R11 αναφέρει ότι δύναται να επιτευχθούν ρυθμοί μετάδοσης της τάξεως των 337 Mbps. Λεπτομέρειες και τεχνικά χαρακτηριστικά για τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο UMTS παρατίθενται στις επόμενες υποενότητες της εργασίας.

2.2.2 Νέες εκδόσεις και χαρακτηριστικά του UMTS

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν συνοπτικά κάποια από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά αλλά και λειτουργίες που προστέθηκαν στο UMTS με την εισαγωγή νέων εκδόσεων (Releases). Όπως ειπώθηκε και στην εισαγωγή κύριο μέλημα κατά την σχεδίαση του UMTS υπήρξε η χρησιμοποίηση της υπάρχουσας υποδομής και των ασύρματων πόρων που υπήρχαν από τα δίκτυα προηγούμενης γενιάς κάνοντας όσο το δυνατόν λιγότερες τροποποιήσεις και αναβαθμίσεις ώστε να υποστηριχθεί η μεταγωγή πακέτων.

Αρχικά ο οργανισμός 3GPP, ο οποίος ήταν υπεύθυνος για την διαχείριση των προτύπων και των προδιαγραφών του UMTS είχε αποφασίσει την κυκλοφορία νέων προδιαγραφών-εκδόσεων κάθε χρόνο. Η έκδοση με την ονομασία R99 ή R3 όπως μετονομάστηκε αργότερα, κυκλοφόρησε πρώτη και περιλάμβανε τις βασικές αρχές για την δομή του UMTS, ενώ εμπειρείχε μεταξύ άλλων και την κύρια υποδομή του GSM. Από τα πρώτα στοιχεία, τα οποία περιγράφονταν σε αυτή την έκδοση είναι η αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS αλλά και το δίκτυο ραδιοπρόσβασης UTRAN το οποίο όπως θα αναλυθεί και σε επόμενη υποενότητα της εργασίας περιλαμβάνει ένα σύνολο υποσυστημάτων ασύρματης πρόσβασης (Radio Network Subsystem-RNS). Ουσιαστικά, πρόκειται για κάτι αντίστοιχο με το BSS που βρίσκεται στην αρχιτεκτονική του δικτύου GSM.

Το UTRAN υποστηρίζει τόσο την τεχνολογία FDD (Frequency Division Duplex) όσο και την TDD (Time Division Duplex). Με την FDD οι δύο κατευθύνσεις uplink και downlink χρησιμοποιούν διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων, ενώ στην τεχνολογία TDD χρησιμοποιείται η ίδια ζώνη συχνοτήτων και η διαίρεση που γίνεται μεταξύ των δύο κατευθύνσεων αφορά τον χρόνο και συγκεκριμένα τις 15 χρονοθυρίδες οι οποίες διατίθενται.

Επίσης στην έκδοση R99 περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με την κωδικοποίηση φωνής που θα χρησιμοποιηθεί αλλά και τα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να διαθέτουν οι τερματικές συσκευές που θα υποστηρίζουν το δίκτυο UMTS. Επιπλέον εισήχθη η έννοια της ανοικτής αρχιτεκτονικής υπηρεσιών (Open Service Architecture), η οποία δίνει την δυνατότητα στους παρόχους κινητών επικοινωνιών να αναπτύξουν οι ίδιοι τις δικές τους υπηρεσίες για αυτό το λόγο επανακαθορίστηκαν και τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει η κάρτα SIM. Τέλος από την έκδοση αυτή και έπειτα εισάγεται και η υπηρεσία MMS (Multimedia Messaging Service) την οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι συνδρομητές.

Στην επόμενη έκδοση, η οποία φέρει την ονομασία R4 γίνεται αναφορά για αλλαγές στην αρχιτεκτονική του UMTS. Συγκεκριμένα στο δίκτυο κορμού (CN), προστέθηκαν νέες τεχνικές κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης με σκοπό την μείωση των αυξημένων μετατροπών των δεδομένων προκειμένου να επιταχυνθεί και η διαδικασία της μεταφοράς αυτών. Επίσης αναπτύχθηκαν σε πρώιμο στάδιο λειτουργίες, οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν υπηρεσίες πολυμέσων που προσφέρει το UMTS στους συνδρομητές. Στην έκδοση R4 αναπτύχθηκε και μία ραδιοεπαφή σύμφωνα με τις προδιαγραφές της οποίας χρησιμοποιώντας την τεχνική TDD επιτυγχάνεται ρυθμός μετάδοσης ίσος με 1.28 Mbps με εύρος ζώνης καναλιού τα 1.6 MHz.

Στην επόμενη έκδοση, η οποία είναι η R5, παρατηρεί κανείς ότι ο κύριος σκοπός των προδιαγραφών είναι διαφορετικός από τις προηγούμενες αφού στην R5 κύριος στόχος είναι η δημιουργία ενός δικτύου όπου η μεταγωγή των πακέτων μέσα στο δίκτυο θα γίνεται παντού με βάση τις IP διευθύνσεις, ενώ γίνεται προσπάθεια για να επιλυθούν θέματα ασφάλειας τα οποία προέκυπταν στο δίκτυο κορμού (CN). Επιπλέον στην R5 παραχωρούνται δύο ζώνες συχνοτήτων οι

οποίες ανήκουν στα συστήματα επικοινωνιών 2^{ης} γενιάς για να χρησιμοποιηθούν από το UMTS με χρήση της τεχνολογίας FDD.

ΣΥΣΤΗΜΑ	F(MHz)	F-UL(MHz)	F-DL(MHz)
IMT	2100	1920-1980	2110-2170
PCS	1900	1850-1910	1930-1990
DCS	1800	1710-1785	1805-1880

Πίνακας 2.3: Ζώνες συχνοτήτων οι οποίες είχαν αποδοθεί αρχικά στο UMTS

Στον πίνακα 2.3 εκτός από την ζώνη συχνοτήτων 2100 MHz που είχε αποδοθεί αρχικά στο UMTS, βρίσκονται και οι ζώνες συχνοτήτων PCS 1900 και DCS 1800 οι οποίες ανήκουν στο GSM και έχουν παραχωρηθεί στο UMTS. Στην έκδοση R5 εισάγεται για πρώτη φορά και η λειτουργία HSDPA, η οποία παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων στην downlink κατεύθυνση.

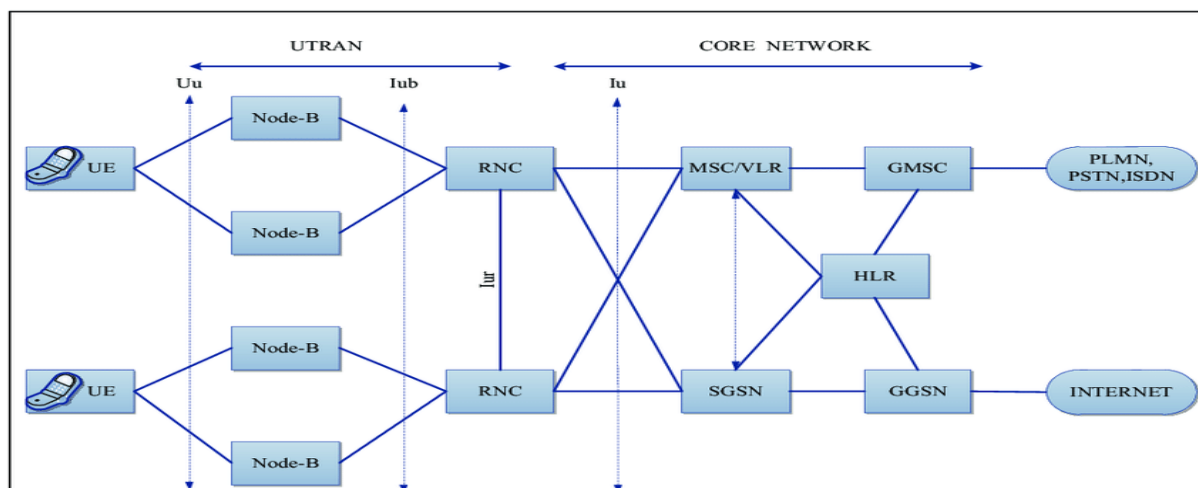
Επόμενη έκδοση είναι η R6, όπου οι προδιαγραφές ορίζουν την εισαγωγή της τεχνολογίας HSUPA με την οποία θα πετυχαίνονται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης και από τον κινητό σταθμό προς το δίκτυο (uplink).

Αρκετά μεγάλες αλλαγές και βελτιώσεις επέφερε η κυκλοφορία της έκδοσης R7 καθώς εστιάζει στις αναβαθμίσεις της ραδιοεπαφής με στόχο την αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου, ώστε να συνδέεται ταυτόχρονα στο δίκτυο μεγαλύτερος όγκος συνδρομητών και να μειωθούν οι καθυστερήσεις που αντιμετώπιζαν στην μεταφορά των δεδομένων. Μία ακόμα αναβάθμιση στον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων παρέχεται με την κυκλοφορία της έκδοσης R7 αφού πλέον εισάγεται η τεχνολογία MIMO (Multiple Inputs Multiple Outputs) βάσει της οποίας χρησιμοποιούνται πολλαπλές κεραιές σε πομπό και δέκτη με αποτέλεσμα να αυξάνεται σημαντικά ο ρυθμός μετάδοσης και μάλιστα αρκετά πάνω από τα 14 Mbps, τα οποία βάσει προδιαγραφών υποστηρίζονταν από τις μέχρι πρότινος εκδόσεις. Μία επιπλέον καινοτομία της έκδοσης R7 είναι η δυνατότητα που παρείχε ώστε να μπορεί ο ίδιος συνδρομητής μία δεδομένη χρονική στιγμή ταυτόχρονα να πραγματοποιεί μία τηλεφωνική κλήση και να χρησιμοποιεί υπηρεσίες πολυμέσων χωρίς να διακόπτεται η διαδικασία σε κάποια από τις δύο δραστηριότητες.

Από την έκδοση R8 και έπειτα οι προδιαγραφές που κυκλοφόρησαν εστίαζαν περισσότερο στην ανάπτυξη του συστήματος 4^{ης} γενιάς LTE, παρόλα αυτά τα στοιχεία της έκδοσης R8 τα οποία αφορούν το UMTS και είναι σημαντικό να επισημανθούν είναι η χρησιμοποίηση των δύο τεχνικών HSDPA και HSUPA από κοινού ως HSPA, η προσθήκη νέων τεχνικών κωδικοποίησης, οι οποίες αυξάνουν ακόμα περισσότερο τους ρυθμούς μετάδοσης. Επιπλέον στις προδιαγραφές γίνεται λόγος για διαχείριση της ενέργειας από τις κινητές συσκευές με σκοπό να αυξηθεί η διάρκεια ζωής των μπαταριών που έχουν τα τερματικά, έτσι ώστε να είναι σε θέση να υποστηρίξουν για μεγαλύτερο διάστημα τους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

2.2.3 Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS

Η αρχιτεκτονική του δικτύου UMTS αποτελείται από δομικά υποσυστήματα τα οποία περιλαμβάνουν αρκετές επιμέρους οντότητες, οι οποίες θα αναλυθούν στην παρούσα υποενότητα. Η δομή του δικτύου UMTS σε μία πλήρη ανάπτυξη παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2:



Εικόνα 2.2: Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS [17]

Τα βασικά δομικά υποσυστήματα του δικτύου UMTS είναι τα εξής:

- Η κινητή συσκευή (UE-User Equipment) που χρησιμοποιεί ο χρήστης ή αλλιώς κινητός σταθμός όπως ονομαζόταν στο GSM
- Το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης (UTRAN-UMTS Terrestrial Radio Access Network)
- Το δίκτυο κορμού (CN-Core Network)

2.2.3.1 Δίκτυο ραδιοπρόσβασης UTRAN R99

Το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης UTRAN έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για το UMTS. Από την μία πλευρά επικοινωνεί με τον κινητό σταθμό (UE) μέσω της διεπαφής Uu ενώ από την άλλη πλευρά βρίσκεται σε επικοινωνία με το δίκτυο κορμού (CN) μέσω της διεπαφής Iu. Το UTRAN περιλαμβάνει οντότητες οι οποίες διαχειρίζονται τους ασύρματους πόρους του συστήματος. Η αρμοδιότητα αυτή αντιστοιχεί στο RNS (Radio Network Subsystems). Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.2 επικοινωνούν με το δίκτυο κορμού μέσω της διεπαφής Iu.

Επομένως, το UTRAN μπορεί να θεωρηθεί αντίστοιχο με το BSS του GSM. Κάθε RNS αποτελείται από ένα RNC (Radio Network Controller), το οποίο συνήθως είναι συνδεδεμένο και κατά συνέπεια ελέγχει παραπάνω από έναν σταθμό βάσης (Node B), όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2. Κατά αναλογία με το δίκτυο GSM το RNC εκτελεί παρόμοιες λειτουργίες με το BSC, ενώ το ίδιο ισχύει και για τους σταθμούς βάσης Node B και BTS. Το RNC επικοινωνεί με τους σταθμούς βάσης μέσω της διεπαφής Iub. Η διεπαφή αυτή έχει κάποιες ιδιαιτερότητες καθώς θα πρέπει να τοποθετηθεί σε συγκεκριμένο σημείο και στα δύο μέρη και οπωσδήποτε για λόγους συμβατότητας να ανήκουν όλες οι διεπαφές Iub στον ίδιο κατασκευαστή. Το RNC επικοινωνεί είτε με το MSC είτε με το SGSN (Serving GPRS Support Node) πάντα μέσω της διεπαφής Iu. Το RNC ονομάζεται και CRNC (Controlling RNC) για τον συγκεκριμένο σταθμό βάσης που ελέγχει. Το CRNC είναι επιφορτισμένο με τον έλεγχο της τηλεπικοινωνιακής κίνησης αλλά και την διόρθωση προβλημάτων στους σταθμούς βάσης τους οποίους ελέγχει, ενώ αναλαμβάνει και την εγκατάσταση νέων συνδέσεων. Κάθε UE συνδέεται με το CN μέσω του αντίστοιχου RNS που μεσολαβεί και το εξυπηρετεί. Το RNS αυτό ονομάζεται SRNS (Serving RNS). Παρόλα αυτά ο UE μπορεί να είναι συνδεδεμένος και με άλλα RNS στο νέο πλαίσιο handover που εισάγει το UTRAN (βλέπε ενότητα 2.28). Αυτά τα RNS ονομάζονται DRNS (Drift RNS). Κάθε RNC επίσης μπορεί να είναι είτε SRNC είτε DRNC κατά περίπτωση αλλά πάντα η επικοινωνία με το CN γίνεται από το SRNC.

Οι σταθμοί βάσης Node B από την πλευρά τους εκτελούν λειτουργίες που ανήκουν στο φυσικό στρώμα (L1), ελέγχουν και έχουν ευθύνη για τους ρυθμούς μετάδοσης, τις τεχνικές διασποράς φάσματος αλλά και την κωδικοποίηση του καναλιού. Επίσης διαχειρίζονται και εκείνοι από την μεριά τους ασύρματους πόρους του συστήματος αφού εφαρμόζουν τεχνικές ελέγχου ισχύος κλειστού βρόχου.

Συνοψίζοντας, οι πλέον σημαντικές λειτουργίες του UTRAN είναι ο έλεγχος των ασύρματων πόρων του συστήματος, ο έλεγχος ισχύος αλλά και ο έλεγχος συμφόρησης προκειμένου να αποδοθούν νέες συνδέσεις.

2.2.3.2 Δίκτυο κορμού(Core Network) R99

Το δίκτυο κορμού, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2.2 χωρίζεται άτυπα σε δύο μέρη: το τμήμα μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switched-CS domain) και το τμήμα μεταγωγής πακέτων (Packet Switched-PS domain).

Το CS τμήμα έχει αναλάβει την μεταφορά φωνής ή αλλιώς την εξυπηρέτηση τηλεφωνικών κλήσεων με διασύνδεση με τα δίκτυα PSTN και ISDN. Το CS τμήμα περιλαμβάνει:

- Το κέντρο μεταγωγής κυκλώματος (Mobile Switching Center-MSC) όπου είναι υπεύθυνο για την σωστή δρομολόγηση των δεδομένων φωνής και έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί με πολλούς κόμβους RNC. Ο MSC επικοινωνεί άμεσα και με τις δύο βάσεις δεδομένων HLR και VLR όπου η βάση δεδομένων VLR αποθηκεύει μόνο τα δεδομένα των χρηστών που την συγκεκριμένη χρονική στιγμή βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης του συγκεκριμένου MSC.
- Τον κόμβο GMSC (Gateway Mobile Services Switching Center), ο οποίος από την μία πλευρά επικοινωνεί με τους κόμβους MSC, ενώ από την άλλη συνδέει το δίκτυο UMTS με τα δίκτυα PSTN και ISDN.
- Την βάση δεδομένων VLR η οποία στην εικόνα 2.2 εμφανίζεται μαζί με τον MSC γιατί και στην πράξη αντιστοιχεί μία VLR σε κάθε MSC. Όπως είναι γνωστό και από το GSM, η βάση δεδομένων VLR αποθηκεύει προσωρινές πληροφορίες για τους χρήστες που βρίσκονται την δεδομένη χρονική στιγμή στην περιοχή ευθύνης του συγκεκριμένου MSC. Η βάση δεδομένων VLR επικοινωνεί άμεσα με την βάση δεδομένων HLR από την οποία μάλιστα αντλεί τις αρχικές πληροφορίες για τις ταυτότητες των χρηστών και για οποιεσδήποτε αλλαγές προκύψουν η VLR ενημερώνει την HLR.

Το PS τμήμα του CN χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων μέσω μεταγωγής πακέτων. Το PS τμήμα καταλήγει σε σύνδεση με το Internet και εν γένει με δίκτυα δεδομένων μεταγωγής πακέτου και προσφέρει τις υπηρεσίες που παρέχουν αυτά. Το PS τμήμα αποτελείται από τους παρακάτω κόμβους:

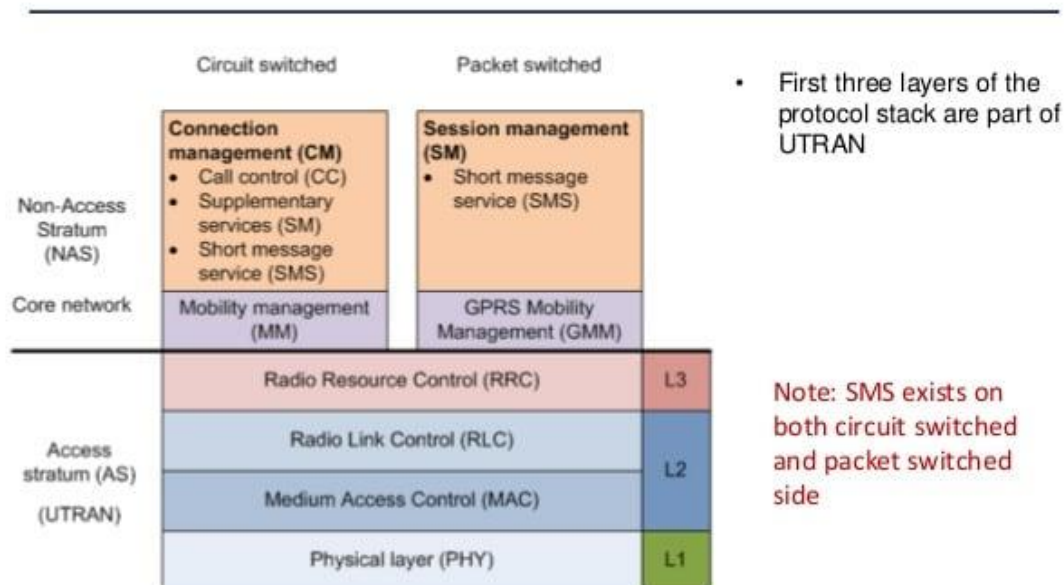
- Serving GPRS Support Node(SGSN)
- Gateway GPRS Support Node(GGSN)

Ο κόμβος SGSN έχει τις ίδιες αρμοδιότητες με αυτές του MSC στο τμήμα CS. Επομένως, έχει την ευθύνη για την σωστή δρομολόγηση των δεδομένων υπηρεσιών μεταγωγής πακέτων μέσα στο UMTS δίκτυο. Από την μία πλευρά ελέγχει τους κόμβους RNC που επικοινωνούν με εκείνο και από την άλλη επικοινωνεί με τον κόμβο GGSN σχετικά με την μεταγωγή πακέτων σε συνεργαζόμενα δίκτυα. Επίσης λαμβάνει δεδομένα και από την βάση δεδομένων HLR με την οποία

συνδέεται. Σε ότι αφορά τον κόμβο GGSN ο ρόλος του είναι να συνδέει τον κόμβο SGSN και κατά συνέπεια το δίκτυο UMTS με δίκτυα μεταγωγής πακέτων εκτός UMTS, όπως είναι το internet.

2.2.4 Πρωτόκολλα σηματοδοσίας στο UMTS R99

UMTS Protocol stack



5

Εικόνα 2.3: Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων UMTS [18]

Στην σχεδίαση του UMTS κρίθηκε σκόπιμο να διαχωριστούν οι λειτουργίες διαχείρισης της κινητικότητας και των συνδέσεων από την ραδιοεπαφή. Για τον σκοπό αυτό παρουσιάζονται οι δύο καινούργιες έννοιες: Access Stratum (AS) και Non Access Stratum (NAS), οι οποίες αποτυπώνονται και στην Εικόνα 2.3.

Το AS περιλαμβάνει τα πρωτόκολλα ραδιοπρόσβασης μεταξύ του κινητού σταθμού (UE) και του δικτύου ραδιοπρόσβασης (UTRAN), ενώ το NAS περιλαμβάνει τα πρωτόκολλα δικτύου κορμού μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου κορμού. Επιπλέον εάν παρατηρήσει κανείς την Εικόνα 2.3 εύκολα διαπιστώνει πως το κομμάτι που ανήκει στο δίκτυο κορμού χωρίζεται σε δύο μέρη ανάλογα με το είδος της κίνησης-υπηρεσίας που εξυπηρετεί. Τα δύο αυτά μέρη είναι το τμήμα μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switched-CS) και το τμήμα μεταγωγής πακέτου (Packet Switched-PS). Το τμήμα CS υποστηρίζει υπηρεσίες όπου η δρομολόγηση γίνεται με την μεταγωγή κυκλώματος. Αυτό σημαίνει ότι δεσμεύεται μία συγκεκριμένη διαδρομή για το σκοπό αυτό και συνεπώς οι πόροι του συστήματος απελευθερώνονται με την ολοκλήρωση της υπηρεσίας. Παράδειγμα CS υπηρεσίας αποτελεί η μεταφορά φωνής. Από την άλλη το PS τμήμα υποστηρίζει την μεταφορά των δεδομένων μέσω πακέτων τα οποία είναι ανεξάρτητα και μεταφέρουν πληροφορίες και δεδομένα χωρίς να χρειάζεται να δεσμευτεί μία συγκεκριμένη διαδρομή για να μεταδοθούν, δηλ. για κάθε πακέτο γίνεται δρομολόγηση ανεξάρτητα. Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται από το PS τμήμα είναι εκείνες οι οποίες πηγάζουν από το internet, αφού η

πληροφορία μεταδίδεται σαν ξεχωριστό IP πακέτο. Το CN διαθέτει τρεις βασικές λειτουργίες διαχείρισης οι οποίες είναι οι εξής:

- Διαχείριση σύνδεσης (Connection Management-CM)
- Διαχείριση συνόδου (Session Management-SM)
- Διαχείριση κινητικότητας (Mobility Management-MM)

Η λειτουργία διαχείρισης σύνδεσης (CM) παρέχει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να υλοποιηθούν οι συνδέσεις μεταγωγής κυκλώματος, ενώ η λειτουργία διαχείρισης συνόδου (SM) έχει την ευθύνη για την αρχική εγκατάσταση, την σωστή λειτουργία και την απόλυση μιας σύνδεσης. Τέλος, η διαχείριση κινητικότητας (MM) χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και εύρεση της θέσης ενός κινητού σταθμού έτσι ώστε να εγκατασταθεί μία νέα σύνδεση.

Πιο αναλυτικά η διαχείριση σύνδεσης (CM) αποτελείται από την λειτουργία διαχείρισης των bearers, η οποία περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων: υπηρεσίες που εκτελούνται σε πραγματικό χρόνο ή με σταθερή τιμή καθυστέρησης και σταθερό ρυθμό μετάδοσης, οι οποίες ονομάζονται Real Time (RT) και υπηρεσίες οι οποίες έχουν μεταβαλλόμενη τιμή καθυστέρησης και ονομάζονται Non-Real Time. Η επικοινωνία και η σύνδεση μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου κορμού ονομάζεται Radio Access Bearer (RAB) service και αποτελεί ένα τμήμα της υπηρεσίας bearer service όπως ήδη αναφέρθηκε. Το υπόλοιπο τμήμα ανήκει στην υπηρεσία Core Network Bearer, η οποία σχετίζεται με την σύνδεση των κόμβων του CN μεταξύ τους. Η υπηρεσία RAB προσφέρεται από το AS στο NAS με σκοπό την μεταφορά και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου κορμού. Την ευθύνη για την εγκατάσταση, λειτουργία και απεγκατάσταση της υπηρεσίας RAB την έχει το δίκτυο κορμού.

Στο NAS ανήκει επίσης και το πρωτόκολλο Call Control (CC) το οποίο έχει τον έλεγχο για την εγκατάσταση και την απεγκατάσταση των τηλεφωνικών κλήσεων καθώς επίσης και το πρωτόκολλο Supplementary Services (SS), το οποίο είναι υπεύθυνο για τις πρόσθετες υπηρεσίες που παρέχονται, π.χ. η αναμονή και η προώθηση κλήσεων. Όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 2.3, η υπηρεσία SMS ανήκει στην αρμοδιότητα του δικτύου κορμού.

Στο PS τμήμα του δικτύου κορμού οι ακολουθίες των πακέτων ονομάζονται σύνοδοι ή αλλιώς σύμφωνα με την αγγλική ορολογία sessions. Υπεύθυνη για την εγκατάσταση και σωστή μεταφορά των πακέτων είναι η λειτουργία διαχείρισης συνόδων (SM). Η SM έχει δύο καταστάσεις οι οποίες αποκαλούνται active και inactive. Όταν η κατάσταση σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι inactive σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων. Το πρωτόκολλο που είχε σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων σε μία PS σύνδεση ή αλλιώς σύνοδο είναι το Packet Data Protocol (PDP), ωστόσο χρησιμοποιείται προφανώς και το πρωτόκολλο IP.

Σε ότι αφορά την λειτουργία της διαχείρισης κινητικότητας (MM) εκείνη οφείλει να γνωρίζει την ακριβή θέση των κινητών σταθμών προκειμένου να εκτελεστούν διάφορες διαδικασίες, όπως είναι η εγκατάσταση νέων συνδέσεων ή η διαδικασία handover, όπως επίσης και να εκτελεστεί η περιαγωγή των χρηστών.

Σύμφωνα με την εικόνα 2.3, τα πρωτόκολλα της ραδιοεπαφής στο UTRAN, δηλ. στο Access Stratum, ανήκουν τρία επίπεδα: το επίπεδο 1 (L1) ή αλλιώς φυσικό στρώμα (PHY), το επίπεδο 2 (Data Link Layer), το οποίο αποτελείται από τα υποστρώματα Medium Access Control (MAC), Radio Link Control (RLC), Broadcast Multicast Control (BMC) και Packet Data Convergence

Protocol (PDCP). Από το επίπεδο 3 μόνο το Radio Resource Control(RRC) ανήκει στο AS, διότι τα υπόλοιπα ανήκουν στο NAS γιατί αφορούν το δίκτυο κορμού και αναλύθηκαν προηγουμένως.

2.2.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά UMTS-WCDMA

Βασικός πυλώνας στην σχεδίαση και στην μετέπειτα εύρυθμη λειτουργία και αξιοπιστία του UMTS υπήρξε και υπάρχει έως και σήμερα η τεχνολογία διασποράς φάσματος αλλά και η τεχνική ευρείας ζώνης πολλαπλής πρόσβασης με διαφοροποίηση στον κώδικα (W-CDMA). Η τεχνική CDMA υπερέρχει έναντι των τεχνικών FDMA και TDMA που χρησιμοποιεί το GSM, διότι χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Χρησιμοποιείται το ίδιο κανάλι και από άλλους χρήστες σε αντίθεση με άλλες τεχνικές όπου δεν ήταν δυνατή η επαναχρησιμοποίηση του διαύλου.
- Επεκτείνει την χωρητικότητα των χρηστών.
- Προσφέρει διαφορετικές ταχύτητες ανάλογα με την υπηρεσία που ζητά ο συνδρομητής.

Η τεχνική WCDMA έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει υπηρεσίες με πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης τόσο με την τεχνική μεταγωγής κυκλώματος (CS) όσο και με την τεχνική μεταγωγής πακέτων (PS). Σε σχέση με τις τεχνολογίες FDMA και CDMA, οι οποίες εφαρμόστηκαν στο GSM, το πιο προφανές πλεονέκτημα της τεχνικής WCDMA, ανάμεσα σε άλλα, είναι ότι χρησιμοποιεί πιο αποτελεσματικά το διαθέσιμο φάσμα με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη χωρητικότητα στο δίκτυο. Συγκεκριμένα, το στενής ζώνης σήμα πληροφορίας μέσα από μια διαδικασία διαμόρφωσης μετατρέπεται σε ένα σήμα ευρείας ζώνης. Κάθε κανάλι έχει εύρος ζώνης 5 MHz. Η προς μετάδοση ακολουθία της πληροφορίας πολλαπλασιάζεται όταν βρίσκεται στον πομπό με έναν κωδικό, ο οποίος ονομάζεται κωδικός διασποράς (spreading code). Με τον τρόπο αυτό προκαλείται διασπορά του φάσματος του μεταδιδόμενου σήματος, διότι πλέον η αρχική πληροφορία έχει πολλαπλάσιο αριθμό ταχύτητας (τόσες φορές περισσότερο όσο το μήκος του spreading code). Στη συνέχεια, οι κωδικοποιημένες με τα spreading codes ροές δεδομένων κωδικοποιούνται σε ένα δεύτερο επίπεδο με τη χρήση των λεγόμενων scrambling codes χωρίς περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης και του φάσματος. Κάθε χρήστης έχει τον δικό του μοναδικό scrambling κώδικα, ο οποίος είναι σχεδόν ορθογωνικός με τους αντίστοιχους κώδικες των άλλων χρηστών και ως εκ τούτου μπορεί να εκπέμπει ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα και με άλλους χρήστες χωρίς προβλήματα διακριτότητας.

Μία σημαντική παράμετρος στην μετάδοση των δεδομένων στο UMTS είναι εκείνη που ονομάζεται παράγοντας διασποράς (Spreading Factor-SF). Ουσιαστικά πρόκειται για τον λόγο του εύρους ζώνης του σήματος πριν την διασπορά προς το εύρος ζώνης του σήματος μετά την διασπορά. Το μέγεθος αυτό παίρνει τιμές στο διάστημα 4 έως 512 και όσο μικρότερη τιμή έχει ο παράγοντας SF τόσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης που υποστηρίζεται. Η παράμετρος SF εκφράζει πόσα chips (αριθμός bits του spreading code) χρησιμοποιούνται για την μετάδοση ενός bit πληροφορίας. Σχετικά με την διαδικασία της λήψης του σήματος όταν αυτό φτάνει στον δέκτη αυτό που συμβαίνει είναι ότι κωδικοποιείται ξανά με την ακολουθία διασποράς που είχε κωδικοποιηθεί αρχικά και το εύρος ζώνης επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση.

Στο WCDMA υποστηρίζονται όπως είναι γνωστό και οι δύο τρόποι λειτουργίας FDD (Frequency Division Duplex) και TDD (Time Division Duplex). Στον FDD τρόπο χρησιμοποιούνται δύο ξεχωριστές φέρουσες συχνότητες των 5 MHz, μία για κάθε κατεύθυνση uplink και downlink, ενώ αντίθετα στον TDD τρόπο λειτουργίας μία φέρουσα των 5 MHz μοιράζεται και για το uplink και

για το downlink. Στον FDD τρόπο χρησιμοποιείται φυσικά η τεχνική CDMA μαζί με την FDMA, διότι τα σήματα διαχωρίζονται από τους διαφορετικούς κώδικες διασποράς και ο ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από τον παράγοντα διασποράς (SF). Αντίστοιχα στον TDD χρησιμοποιείται συνδυασμός των τεχνικών CDMA και TDMA, διότι χρησιμοποιούνται TDMA frames. Το κάθε frame έχει διάρκεια 10 ms και αποτελείται από 15 χρονοθυρίδες με την κάθε χρονοθυρίδα να υλοποιείται με 16 CDMA κανάλια δίνοντας την δυνατότητα σε 16 διαφορετικούς χρήστες να έχουν πρόσβαση στην ίδια χρονοθυρίδα. Στο TDD τρόπο ο ρυθμός μετάδοσης καθορίζεται επίσης από τον SF. Οι κώδικες διασποράς που χρησιμοποιούνται στο WCDMA είναι μοναδικοί. Στο FDD WCDMA τα σήματα διαχωρίζονται ή πιο σωστά διαχωρίζεται η προέλευση τους επειδή έχουν αποδοθεί διαφορετικοί κώδικες διαυλοποίησης (channelization codes). Οι κώδικες διαυλοποίησης είναι κώδικες μεταβλητού μήκους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την διασπορά φάσματος και είναι ορθογωνικοί διότι δεν έχουν συσχέτιση μεταξύ τους. Όταν ένας κώδικας διαυλοποίησης χρησιμοποιείται για τις ανάγκες κάποιας σύνδεσης δεν υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και κάπου αλλού. Κατά την διάρκεια της σύνδεσης μπορεί να μεταβληθεί ο SF άρα και ο ρυθμός μετάδοσης και κατά συνέπεια να αλλάξει και το μήκος του κώδικα και για αυτό καλείται κώδικας μεταβλητού μήκους. Στο FDD υπάρχουν 512 κώδικες στο downlink και 256 στο uplink, ενώ στο TDD υπάρχουν 16 κώδικες σε uplink και downlink. Το μήκος του κώδικα καθορίζεται από τον ρυθμό μετάδοσης και ως εκ τούτου όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης τόσο μικρότερο είναι το μήκος του κώδικα. Σε ότι αφορά τον παράγοντα διασποράς(SF) στο FDD μπορεί να πάρει τιμές από 4 έως 256 στο uplink, και από 4 έως 512 στο downlink, ενώ στο TDD παίρνει τιμές από 1 έως 16 αμφότερα στο uplink και στο downlink. Επειδή οι κώδικες αυτοί σχετίζονται με την διασπορά και το μήκος τους καθορίζεται με βάση τον SF ονομάζονται Orthogonal Variable Spreading Factor(OVSF) κωδικοί. Οι κωδικοί αυτοί παράγονται και διαχέονται με την μορφή δέντρου οπότε προκειμένου να συνεχίσει να ισχύει η ιδιότητα της ορθογωνιότητας και οι κωδικοί να είναι ασυσχέτιστοι, όταν αποδοθεί ένας κωδικός σε μία σύνδεση δεν μπορούν να αποδοθούν οι κωδικοί από τους οποίους έχει δημιουργηθεί ο κωδικός αυτός αλλά ούτε και εκείνοι που πηγάζουν από αυτόν.

Ένας ακόμα κωδικός που χρησιμοποιείται στο UMTS είναι ο κωδικός περίπλεξης (Scrambling Code-SC) . Αυτός ο κωδικός χρησιμοποιείται κατά βάση για να μπορεί να αναγνωρίζει ο κινητός σταθμός (UE) τον σταθμό βάσης(Node B) με τον οποίο επικοινωνεί και από τον οποίο λαμβάνει ένα σήμα κατά την downlink κατεύθυνση και το αντίστροφο κατά την uplink κατεύθυνση. Ο κωδικός αυτός πολλαπλασιάζεται με το διεσπαρμένο σήμα που πρόκειται να μεταδοθεί αλλά δεν προκαλεί κάποια επιπλέον διασπορά. Ουσιαστικά, χρησιμοποιείται μόνο προκειμένου να μπορεί να αναγνωρίζεται ο πομπός. Για παράδειγμα, στην downlink κατεύθυνση όταν ο κινητός σταθμός θέλει να αναγνωρίσει τον σταθμό βάσης καθώς είναι πολύ πιθανό ο κινητός σταθμός να βρίσκεται στα όρια κάλυψης μιας περιοχής από έναν σταθμό βάσης και να λαμβάνει δύο σήματα από δύο διαφορετικούς σταθμούς βάσης, ο μόνος τρόπος για να αναγνωρίσει ποιος είναι ο πομπός είναι ο κωδικός περίπλεξης. Οι κώδικες περίπλεξης θεωρούνται ψευδοτυχαίες ακολουθίες με μικρή συσχέτιση μεταξύ τους.

2.2.6 Έλεγχος Ισχύος στο UMTS

Πολύ σημαντικό ρόλο στην σωστή και απρόσκοπτη λειτουργία του UMTS και πιο συγκεκριμένα στον έλεγχο των παρεμβολών διαδραματίζει ο έλεγχος ισχύος. Στην παρούσα ενότητα θα αναλυθούν οι τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτός ο έλεγχος. Με το WCDMA όλοι οι χρήστες χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι και διακρίνονται επειδή χρησιμοποιούν τους ορθογωνικούς

κώδικες διασποράς σε συνδυασμό με τους scrambling codes. Το τελικό αποτέλεσμα της διπλής αυτής κωδικοποίησης (spreading-scrambling) είναι η παραγωγή σχεδόν ορθογωνικών ροών δεδομένων και ως εκ τούτου η εκπομπή κάθε χρήστη μεταφράζεται ως θόρυβος για όλους τους υπόλοιπους χρήστες. Η λύση ώστε να ελεγχθούν τα επίπεδα του θορύβου και να μην μετατραπεί αυτός σε υψηλού επιπέδου παρεμβολή είναι ο έλεγχος της ισχύος των κινητών σταθμών ώστε αυτή να μην είναι ανεξέλεγκτη. Τρεις επιλογές ελέγχου ισχύος υπάρχουν και είναι οι εξής:

- Έλεγχος ισχύος ανοικτού βρόχου(Open loop power control)
- Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου(Closed loop power control)
- Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου(Outer loop power control)

Ξεκινώντας με τον έλεγχο ισχύος ανοικτού βρόχου επισημαίνεται πως ο σταθμός βάσης μεταδίδει μέσω συγκεκριμένων καναλιών πληροφορίες την επιτρεπόμενη ισχύ εκπομπής του κινητού σταθμού όταν αυτός αποκτά πρόσβαση στο δίκτυο για πρώτη φορά. Η ισχύς του κινητού σταθμού κατά την είσοδο του στο δίκτυο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη, ώστε να μην επηρεάζει τους άλλους χρήστες. Με την τεχνική του ελέγχου ισχύος ανοικτού βρόχου πρέπει ο πομπός να πραγματοποιεί μετρήσεις για τις τιμές των παρεμβολών και να ρυθμίζει αντίστοιχα την ισχύ του. Αυτό εφόσον χρησιμοποιείται η τεχνική TDD λειτουργεί αρκετά καλά καθώς χρησιμοποιείται η ίδια συχνότητα και στις δύο κατευθύνσεις και οι διαλείψεις αποκτούν μία συσχέτιση. Αντίθετα εάν χρησιμοποιείται η τεχνική FDD, οι διαλείψεις στις δύο κατευθύνσεις είναι ασυσχέτιστες, και οι παρεμβολές που υπάρχουν σε μία κατεύθυνση δεν αντικατοπτρίζουν απόλυτα ότι θα υπάρχουν και στην άλλη. Επομένως, η τεχνική ελέγχου ισχύος ανοικτού βρόχου δεν λειτουργεί αποτελεσματικά σε αυτή την περίπτωση.

Σε ότι αφορά τον έλεγχο ισχύος κλειστού βρόχου, όταν πραγματοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ του κινητού σταθμού και του σταθμού βάσης, ο σταθμός βάσης αναλαμβάνει την διαδικασία του ελέγχου ισχύος και ενημερώνει τον κινητό σταθμό. Τα δύο κριτήρια με τα οποία ο σταθμός βάσης επιβλέπει τα επίπεδα ισχύος και έπειτα ενημερώνει τον κινητό σταθμό, ώστε να προσαρμόσει και εκείνος την εκπεμπόμενη ισχύ του, είναι η ισχύς που λαμβάνει ο σταθμός βάσης αλλά και ο λόγος σήματος προς παρεμβολή (SIR). Για τον λόγο σήματος προς παρεμβολή (SIR) υπάρχει ο πίνακας B.3 στο παράρτημα Β της εργασίας, ο οποίος ταξινομεί την ισχύ που έχουν τα σήματα με βάση την τιμή του SIR τους. Επίσης να τονιστεί εδώ ότι ο κινητός σταθμός προσαρμόζει την εκπεμπόμενη ισχύ του κάθε 0.667 ms,όσο είναι δηλαδή και η διάρκεια μιας χρονοθυρίδας.

Τέλος στον έλεγχο ισχύος εξωτερικού βρόχου ακολουθείται μία εντελώς νέα πρακτική σε σχέση με τις ήδη προαναφερθείσες. Το RNC είναι αυτό το οποίο καθορίζει μία τιμή για το SIR στον σταθμό βάσης και η τιμή αυτή ονομάζεται target SIR. Ουσιαστικά πρόκειται για την τιμή του SIR η οποία πρέπει να επιτυγχάνεται και κυρίως να διατηρείται μέσω του τον έλεγχο ισχύος κλειστού βρόχου. Αυτή η τιμή εφαρμόζεται σε όλα τα κελιά και εάν δεν επιτυγχάνεται αυτή η τιμή αυτομάτως μειώνεται το μέγεθος του κελιού. Εάν το RNC κρίνει ότι πρέπει να αυξηθεί αυτή η τιμή του SIR στον σταθμό βάσης, τότε αυτή αυξάνεται και ειδοποιείται και ο κινητός σταθμός ώστε να αυξήσει και εκείνος την ισχύ εκπομπής για να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή SIR. Εάν η τεχνική ελέγχου ισχύος που εφαρμόζεται δεν αποδίδει εμφανίζεται το φαινόμενο που ονομάζεται breathing cells. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό οι παρεμβολές είναι σε πολύ υψηλό επίπεδο και οι μακρινοί χρήστες δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν από το δίκτυο, οπότε μειώνεται το εύρος του κελιού. Μαζί με κελί μειώνεται και ο αριθμός των χρηστών και των παρεμβολών, έτσι μετά από ένα χρονικό διάστημα νέοι χρήστες μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο.

2.2.7 Δέκτης RAKE

Σε περίπτωση διάδοσης σε ένα κανάλι πολλαπλών διαδρομών ένας τυπικός δέκτης συντονίζεται σε μία μόνο συνιστώσα του σήματος, π.χ. στην πρώτη που λαμβάνει απορρίπτοντας τις υπόλοιπες συνιστώσες και μαζί το ενδεχόμενο να εμφανιστεί το φαινόμενο της διασυμβολικής παρεμβολής. Παρόλα αυτά και οι υπόλοιπες συνιστώσες μεταφέρουν πληροφορία για το σήμα αφού αποτελούν αντίγραφα αυτού, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν. Στο πλαίσιο αυτό ο δέκτης RAKE διαθέτει πολλούς τομείς (correlators) με κάθε έναν από αυτούς να συντονίζεται σε μία διαφορετική συνιστώσα του σήματος, έτσι ώστε να συλλεχθεί όλη η πληροφορία και η ενέργεια του λαμβανόμενου σήματος με αποτέλεσμα την βελτίωση του λόγου σήματος προς θόρυβο στον δέκτη. Ουσιαστικά, ο δέκτης αυτός λαμβάνει και συνδυάζει συνιστώσες του σήματος, οι οποίες έχουν χρονική καθυστέρηση μεταξύ τους. Στη συνέχεια, τα σήματα συνδυάζονται με την πιθανότητα σύνθεσης του σωστού σήματος να είναι αυξημένη.

2.2.8 Διαπομπή (Handover)

Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται η διαπομπή συνδέσεων είναι η συνέχιση των κλήσεων απρόσκοπτα όταν ο κινητός σταθμός κινείται στα όρια μεταξύ διαφορετικών κελιών. Οι δύο βασικές εκδοχές του handover είναι οι παρακάτω:

- Soft και softer handover
- Hard handover

Στο soft handover ο κινητός σταθμός (UE) πραγματοποιεί σύνδεση σε τουλάχιστον δύο κελιά της ίδιας συχνοτικής περιοχής. Στο uplink η πληροφορία η οποία συγκεντρώνεται κατανέμεται στο RNC, ενώ στο downlink το RNC μεταδίδει τα δεδομένα στον κινητό σταθμό μέσω διαφορετικών σταθμών βάσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το να επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα λαμβανόμενου σήματος στον δέκτη του κινητού σταθμού εξαιτίας της ενισχυτικής συμβολής. Η διαδικασία της ένωσης των σημάτων αυτών πραγματοποιείται στον δέκτη RAKE, η λειτουργία του οποίου αναλύθηκε στην ενότητα 2.2.7. Τα σήματα που προέρχονται από διαφορετικούς σταθμούς βάσης μεταχειρίζονται ως ισότιμες συνιστώσες ενός σήματος το οποίο δημιουργείται από πολλαπλή ταυτόχρονη διάδοση. Παρόλα αυτά κάθε συνιστώσα ισοδυναμεί με έναν ξεχωριστό scrambling κώδικα, ο οποίος αντιστοιχίζεται σε έναν διαφορετικό σταθμό βάσης. Ο κινητός σταθμός είναι κανονικά συνδεδεμένος σε ένα κελί, παρόλα αυτά έχει πλήρη γνώση για τα επίπεδα ισχύος των λαμβανόμενων σημάτων από διαφορετικές κυψέλες, αφού του γνωστοποιούνται από τον σταθμό βάσης. Λαμβάνοντας υπόψη του αυτές τις πληροφορίες το RNC ενημερώνει τον κινητό σταθμό προκειμένου να αλλάξει ενεργή ομάδα όπως αυτή λέγεται. Σε ότι αφορά το softer handover, αυτό διαφέρει σε σχέση με το soft handover ως προς το κομμάτι των κελιών, καθώς το softer handover αναφέρεται σε τμήματα (sectors) και όχι κελιά. Επιπλέον στο softer handover μόνο ένας σταθμός βάσης μπορεί να ενημερώσει τον κινητό σταθμό σχετικά με τα επίπεδα ισχύος, σε αντίθεση με το soft handover όπου αυτό γίνεται από πολλούς.

Τέλος, αναφορικά με το hard handover αυτό πραγματοποιείται μεταξύ κελιών με διαφορετική συχνότητα αλλά και από τον σταθμό βάσης, όταν χρειάζεται να αλλάξει η συχνότητα επικοινωνίας με τον κινητό σταθμό. Κατά την διαδικασία αυτή ο κινητός σταθμός χωρίς να διακόπτει την υφιστάμενη σύνδεση που έχει, αναζητά νέες συχνότητες. Στο FDD εφαρμόζεται μία συμπίεσμένη τεχνική μετάδοσης, σύμφωνα με την οποία δημιουργούνται κενά διαστήματα χωρίς αυτό να γίνεται

αντιληπτό από τον συνδρομητή αλλά και χωρίς να υπάρχει απώλεια δεδομένων μέσα στα οποία γίνεται η αλλαγή του κελιού και της συχνότητας.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Μετρήσεις και Ανάλυση Επιδόσεων

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο των Δικτύων Κινητών Επικοινωνιών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών. Για κάθε είδος μέτρησης θα παρουσιάζονται συνοπτικά οι σχετικές ρυθμίσεις του μετρητικού συστήματος και στη συνέχεια θα αναλύονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Οι μετρήσεις αφορούν τα δίκτυα GSM – 3G UMTS των τριών παρόχων, οι οποίοι δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα. Για τις μετρήσεις του GSM, πέρα από τις γενικές μετρήσεις, θα πραγματοποιηθούν και μετρήσεις μέσω συνδρομητικών συσκευών, διότι υπάρχουν διαθέσιμες SIM κάρτες και για τα τρία δίκτυα. Στην περίπτωση των 3G UMTS μετρήσεων θα πραγματοποιηθούν οι γενικού ενδιαφέροντος μετρήσεις και στα τρία δίκτυα αλλά οι μετρήσεις μέσω τερματικών συσκευών αφορούν μόνο το ένα από τα τρία δίκτυα, διότι για τα υπόλοιπα δύο δεν υπάρχουν διαθέσιμες SIM κάρτες.

3.1 GSM

3.1.1 Παρουσίαση εξοπλισμού GSM

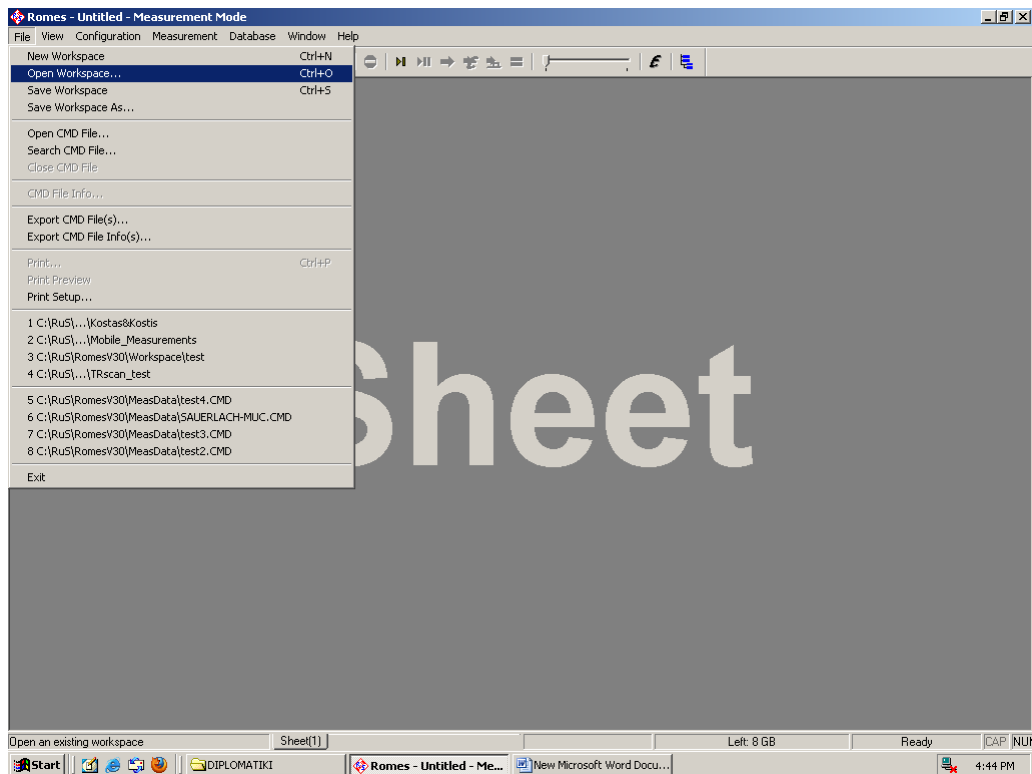
Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις του GSM δικτύου είναι το μετρητικό σύστημα ROGER 2G της εταιρείας Rohde&Schwarz, το οποίο αποτελείται από τον σαρωτή, τη μονάδα του υπολογιστή και τρεις κινητές συσκευές της εταιρείας SAGEM, τις οποίες τις έχουμε συνδέσει καταλλήλως. Η κάθε συσκευή διαθέτει κάρτα SIM από διαφορετικό πάροχο, ώστε να μελετηθεί η κάλυψη και των τριών παρόχων κινητής τηλεφωνίας που υπάρχουν στην Ελλάδα. Η διάταξη που αναφέρθηκε παρουσιάζεται στην εικόνα 3.1.

3.1.2 Έναρξη προγράμματος-Ρυθμίσεις Μετρήσεων

Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν με χρήση του λογισμικού ROMES της εταιρείας Rohde&Schwarz. Η πρώτη ενέργεια που πρέπει να γίνει πριν ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος εργασίας (workspace) στο πρόγραμμα ROMES (επιλογή New Workspace από το menu File,εικόνα 3.2).

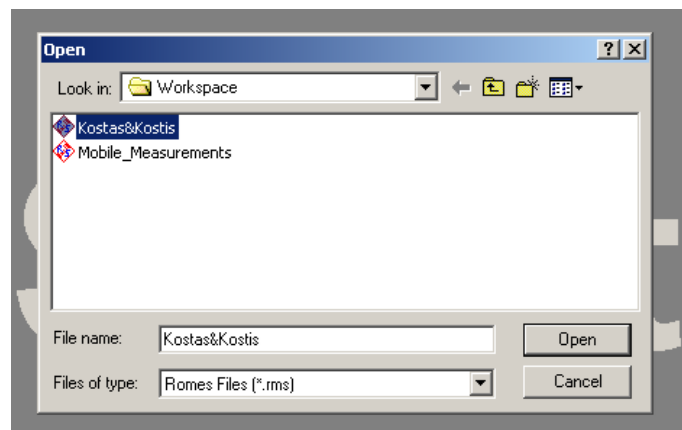


Εικόνα 3.1:Μετρητική διάταξη GSM



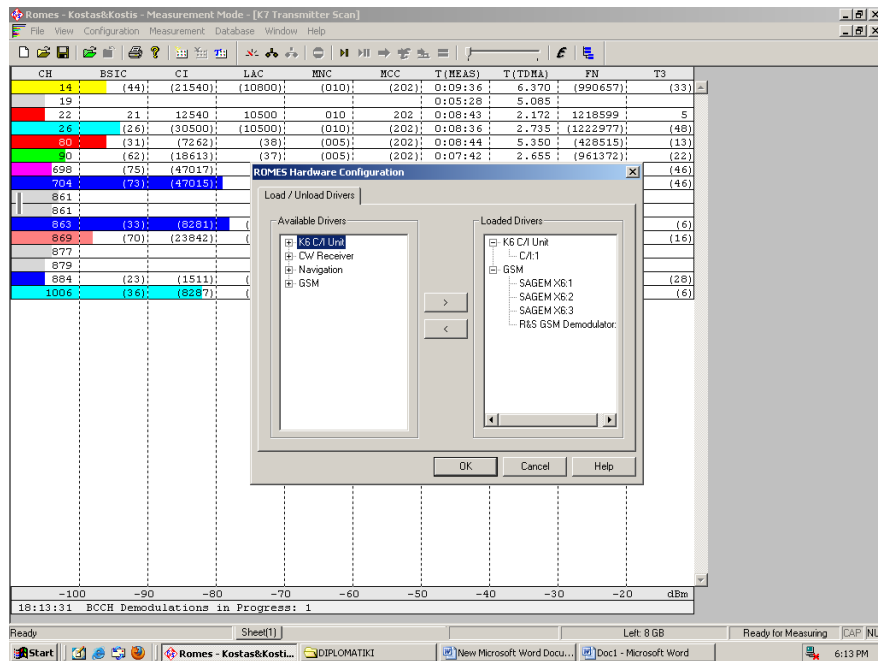
Εικόνα 3.2: Δημιουργία Workspace

Στη συνέχεια, ακολουθεί μια σειρά από ρυθμίσεις (configuration) στο workspace, οι οποίες αφορούν τόσο το μετρητικό σύστημα, όσο και στις κινητές συσκευές. Οι ρυθμίσεις αυτές αποθηκεύονται στο workspace που έχει δημιουργηθεί και έτσι κάθε φορά που θέλουμε να διενεργήσουμε μία μέτρηση με τις ίδιες συνθήκες δεν χρειάζεται να εισάγουμε εκ νέου. Απλώς φορτώνουμε το συγκεκριμένο workspace (επιλογή Open Workspace από το menu File, εικόνα 3.2) και στην συνέχεια την επιλογή αυτού (πατώντας Open, εικόνα 3.3).



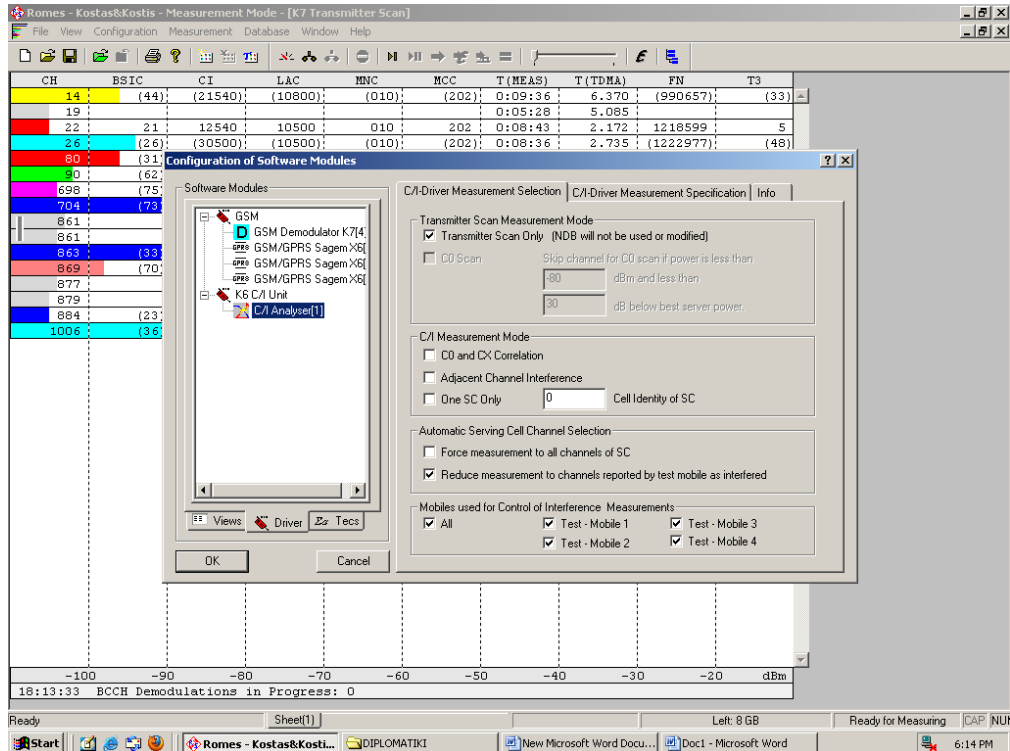
Εικόνα 3.3: Άνοιγμα Workspace

Μετά από την δημιουργία του workspace φορτώνουμε τα προγράμματα οδήγησης συσκευών για τις τρεις κινητές συσκευές που διαθέτουμε (SAGEM X6:1, SAGEM X6:2, SAGEM X6:3), επιλέγοντας παράλληλα τη μέτρηση λόγου φέροντος προς παρεμβολή (K6 C/I Unit) και τον αποδιαμορφωτή (R&S GSM Demodulator), όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4.

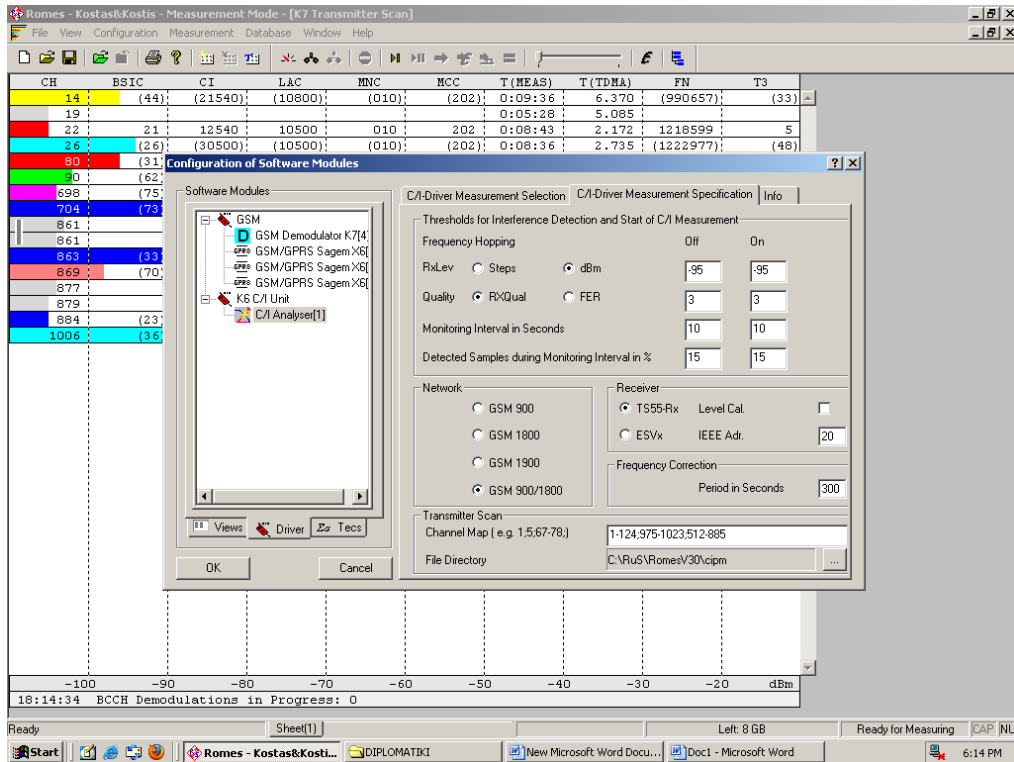


Εικόνα 3.4:Φόρτωση προγραμμάτων οδήγησης

Για την μέτρηση φέροντος σήματος προς παρεμβολή(C/I), απαιτούνται κάποιες ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν από το menu Configuration οι οποίες φαίνονται στις εικόνες 3.5 και 3.6. Επιλέγονται όλες οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν στην μέτρηση (Test-Mobile 1, Test-Mobile 2, Test-Mobile 3, εικόνα 3.5), και ορίζονται οι παράμετροι της μέτρησης (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.5:Ρυθμίσεις μέτρησης C/I (1/2)



Εικόνα 3.6:Ρυθμίσεις μέτρησης C/I (2/2)

Σε ότι αφορά τις ρυθμίσεις ορίζονται οι τιμές κατωφλίων σε κάποιες παραμέτρους. Για παράδειγμα, η τιμή της λαμβανόμενης ισχύος του σήματος (RxLev) σε dBm ορίζεται ίση με την τιμή -95dBm προκειμένου να οριοθετήσει την κάλυψη ως τουλάχιστον καλή σύμφωνα με τον πίνακα 3.1. Η παράμετρος RxQual δείχνει την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος και παίρνει ακέραιες τιμές από 0 έως 7. Η τιμή 0 σημαίνει ότι η ποιότητα της φωνής είναι η καλύτερη, ενώ εκείνη με την τιμή 7 είναι η χειρότερη. Στο παράρτημα Β της εργασίας υπάρχει ο πίνακας Β.1 όπου συσχετίζει την τιμή του δείκτη ποιότητας του λαμβανόμενου σήματος (RxQual) με το Bit Error Rate (%). Αξίζει επίσης να επισημανθεί ότι η παράμετρος RxLev στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει εισαχθεί σε dBm, ωστόσο για τις τιμές του RxLev που βρίσκονται μεταξύ -110 dBm έως -48 dBm υπάρχει μία αντιστοίχιση σε κωδικούς αριθμούς από το 0 έως το 63, η οποία καταγράφεται στον πίνακα της Α.1 της εργασίας.

Χαρακτηρισμός κάλυψης	RxLev(dBm)
Καλή	$RxLev \geq -85$
Αποδεκτή	$-95 \leq RxLev < -85$
Κακή	$-110 \leq RxLev < -95$
Δεν υπάρχει	$RxLev \leq -110$

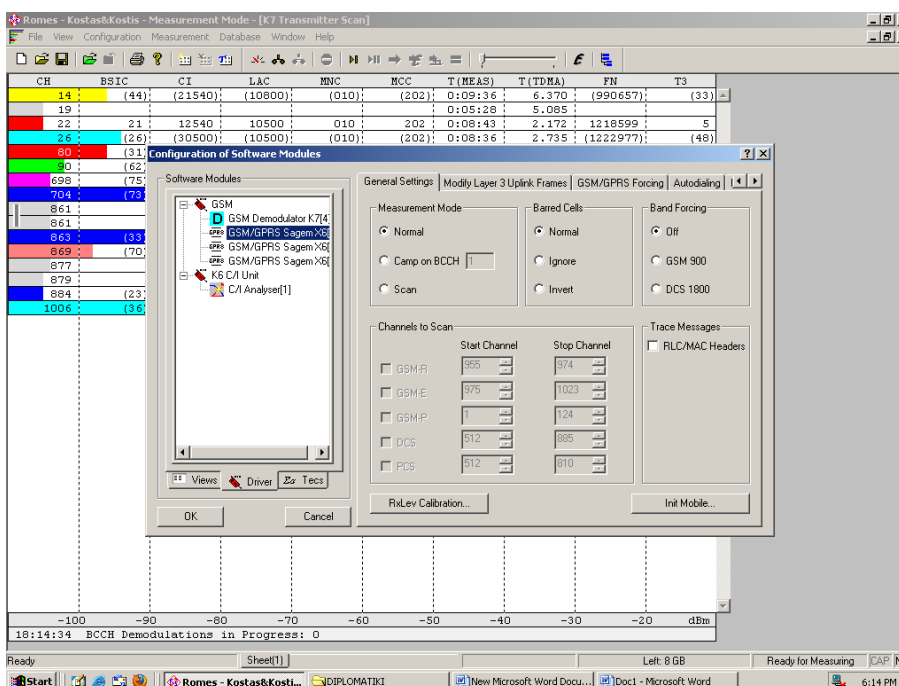
Πίνακας 3.1:Χαρακτηρισμός κάλυψης με βάση το RxLev

Επιπλέον, το Monitoring Interval in Seconds είναι ο χρόνος μέσα στον οποίο πρέπει να γίνει η μέτρηση μετρούμενος σε δευτερόλεπτα. Τέλος στο πλαίσιο Network (εικόνα 3.6) επιλέγεται η ζώνη συχνοτήτων του δικτύου, στην οποία θα γίνει η μέτρηση, π.χ. GSM 900/1800. Στο πεδίο Channel Map (εικόνα 3.6) συμπληρώνουμε τα κανάλια στα οποία θα εκτελεστούν οι μετρήσεις. Για την Ελλάδα και τους τρεις παρόχους κινητής τηλεφωνίας Cosmote, Vodafone, Wind για τις μπάντες συχνοτήτων GSM 900/1800 τα κανάλια είναι αυτά που φαίνονται στον πίνακα 3.2.

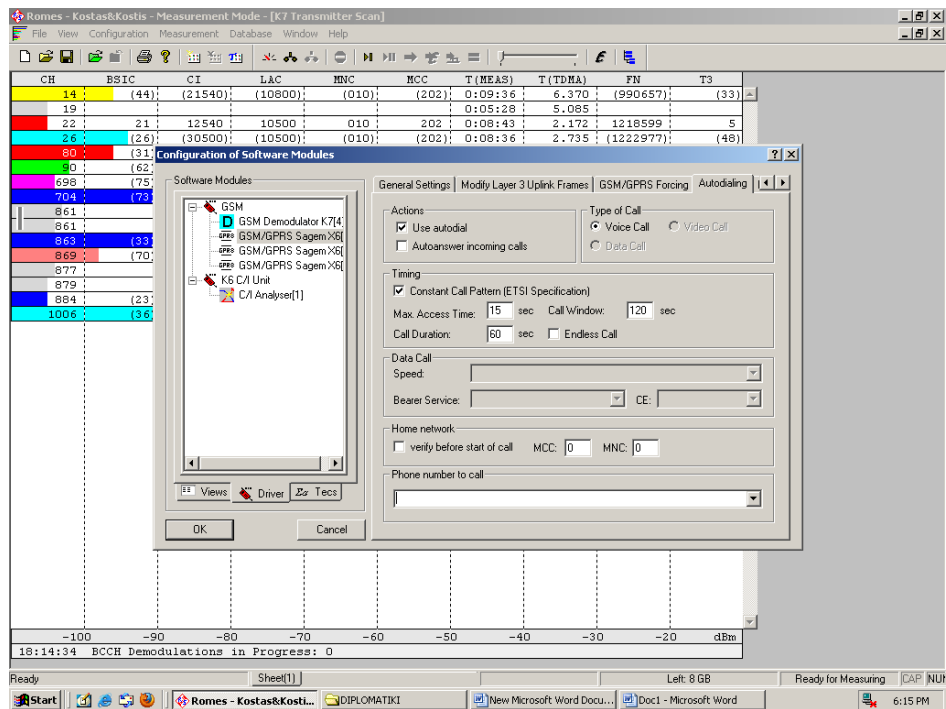
	Cosmote	Vodafone	Wind
GSM 900	0, 975-1023	51-124	1-50
GSM 1800	811-885	637-710	512-585

Πίνακας 3.2:Κανάλια GSM ανά πάροχο

Τέλος, ακολουθούν οι ρυθμίσεις που γίνονται σε κάθε ένα από τα τρία κινητά τηλέφωνα. Το σενάριο που υλοποιήθηκε προκειμένου να ρυθμιστούν οι τρεις κινητές συσκευές αλλά και να ληφθούν οι μετρήσεις είναι ότι καλούν και οι τρεις συσκευές ταυτόχρονα. Πιο συγκεκριμένα η κινητή συσκευή 1 (Cosmote) καλεί την κινητή συσκευή 2 (Vodafone), εκείνη με την σειρά της καλεί την κινητή συσκευή 3 (Wind), και τέλος η κινητή συσκευή 3 (Wind) καλεί μια τέταρτη κινητή συσκευή. Για την υλοποίηση του προαναφερόμενου μετρητικού σχήματος επιλέγουμε το menu Configuration του προγράμματος ROMES και στη συνέχεια επιλέγουμε την κινητή συσκευή που θέλουμε να διαμορφώσουμε, με τις βασικότερες παραμέτρους να βρίσκονται στις καρτέλες General Settings (εικόνα 3.7) και Autodialing (εικόνα 3.8). Αρχικά στην καρτέλα General Settings και στο πλαίσιο Measurement Mode (εικόνα 3.7) κάνουμε κλικ στην επιλογή Normal ώστε το κινητό να έχει την δυνατότητα να καλεί. Εν συνεχεία στην καρτέλα Autodialing (εικόνα 3.8) επιλέγουμε την λειτουργία Use autodial επειδή θέλουμε το κινητό να καλεί περιοδικά τον αριθμό που θα εισάγουμε. Στο πλαίσιο Type of Call επιλέγουμε Voice Call αφού μας ενδιαφέρει η κλήση φωνής. Στο πλαίσιο Timing ρυθμίζονται η διάρκεια της κλήσης (Call Duration) όπως επίσης και ο χρόνος αναμονής, ενώ στο πεδίο Phone number to call εισάγεται ένας έγκυρος τηλεφωνικός αριθμός τον οποίο θα καλέσει η κινητή συσκευή.



Εικόνα 3.7:Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(1/2)



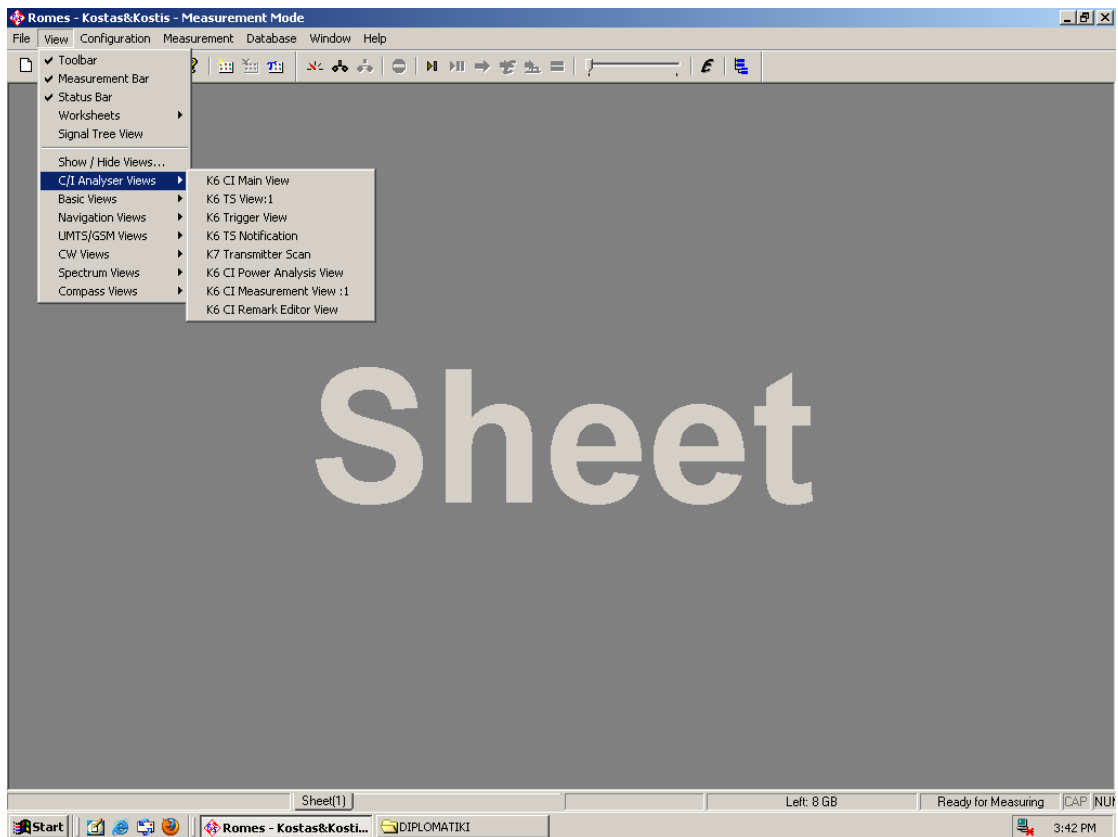
Εικόνα 3.8: Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(2/2)

3.1.3 Μετρήσεις C/I

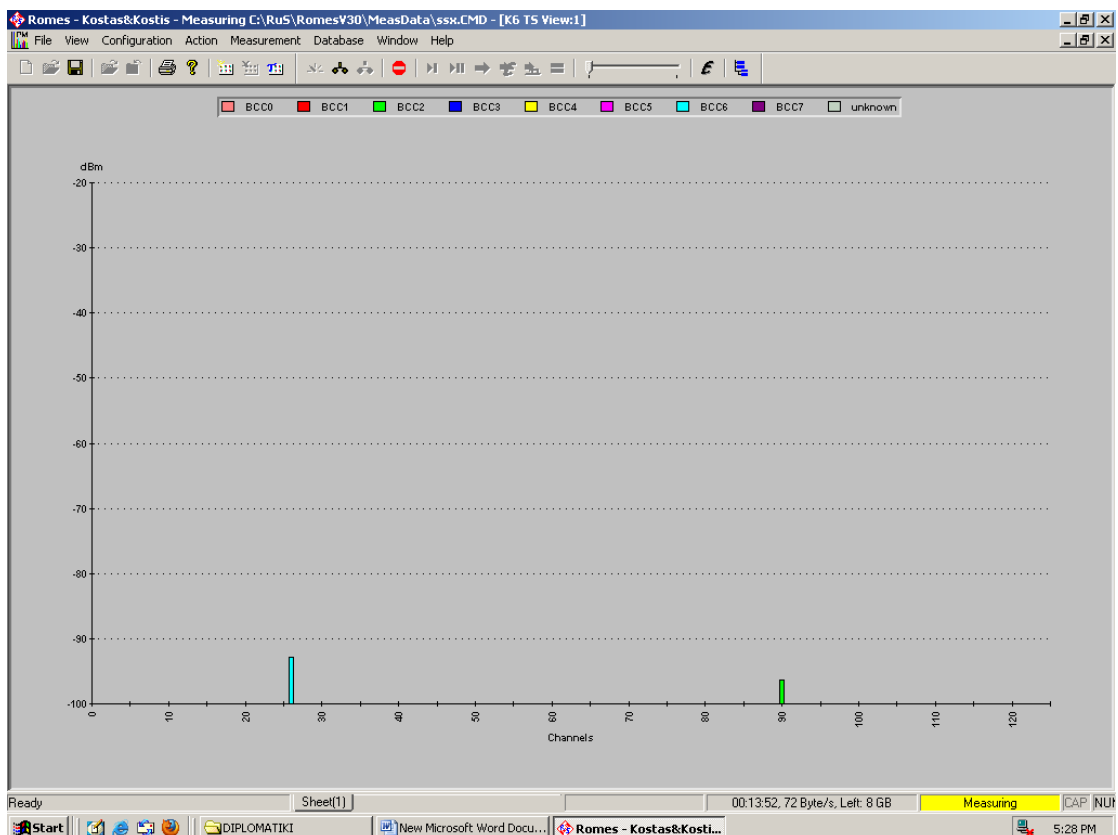
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει σχετικά με την μέτρηση του λόγου φέροντος προς παρεμβολή ή όπως είναι γνωστό με την αγγλική ορολογία Carrier to Interference(C/I). Οι παρεμβολές από κανάλια σε διαφορετικά κελιά που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα αποτελούν έναν από τους κυριότερους παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας επικοινωνιών στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Η ποσότητα C/I υπολογίζεται σύμφωνα με την εξής σχέση:

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{4.41} \times RxLevF \times RxQualF \quad (3.1)$$

όπου RxLevF είναι η τιμή της λαμβανόμενης ισχύος του σήματος και RxQualF είναι ο δείκτης που δηλώνει την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος. Οι μετρήσεις C/I εκτελούνται ακολουθώντας την διαδρομή από το menu View-C/I Analyser Views και επιλέγοντας το παράθυρο που θέλουμε να ανοίξουμε όπως φαίνεται στην εικόνα 3.9.



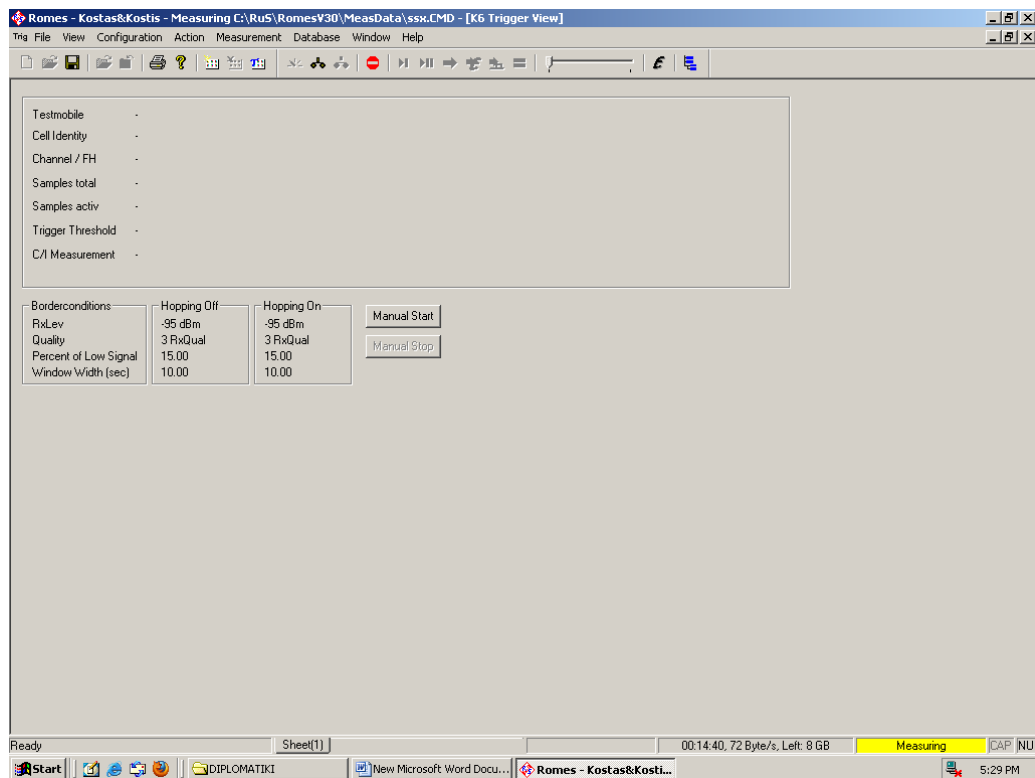
Εικόνα 3.9:Υπομενού Carrier to Interference μετρήσεων



Εικόνα 3.10:K6 TS View

Το παράθυρο της μέτρησης K6 TS View:1, το οποίο φαίνεται στην εικόνα 3.10 απεικονίζει την στάθμη των σημάτων που έχουν καταγραφεί κατά την σάρωση σε όλα τα κανάλια. Ο χρωματικός κώδικας (Base Station Colour Code, BCC) διευκολύνει ως προς τη διάκριση των μετρήσεων από διαφορετικούς σταθμούς βάσης, στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτοί είναι ο BCC2 και ο BCC6. Στον οριζόντιο άξονα βρίσκεται ο αριθμός του κάθε καναλιού, ενώ στον κατακόρυφο υπάρχει μια κλίμακα η οποία δηλώνει την μετρούμενη ισχύ του σήματος σε dBm.

Στην εικόνα 3.11 βλέπουμε το παράθυρο της μέτρησης Trigger View. Στο επάνω πλαίσιο θα έπρεπε να εμφανίζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης παρεμβολής, ωστόσο στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν εμφανίζονται αποτελέσματα, διότι οι τιμές κατωφλίου, οι οποίες ορίστηκαν στο μενού της Εικόνας 3.6 δεν ενεργοποίησαν την καταγραφή. Για τις συγκεκριμένες Trigger ρυθμίσεις που έχουν επιλεγεί αυτό σημαίνει ότι όλες οι μετρήσεις είναι καλύτερες από RxLev= -95 dbm και E=RxQual=3. Στο κάτω πλαίσιο του μετρητικού παραθύρου εμφανίζονται οι παράμετροι και οι τιμές αυτών, όπως έχουν ρυθμιστεί προηγουμένως στο μενού Configuration των μετρήσεων C/I (εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.11:K6 Trigger View

Το επόμενο παράθυρο μέτρησης που ακολουθεί εμφανίζει όλα τα δεδομένα τα οποία ελήφθησαν κατά την διάρκεια της σάρωσης, αποδιαμορφώθηκαν και εμπεριέχουν πληροφορίες για τους σταθμούς βάσης.

CH	BSIC	CI	LAC	MNC	MCC	T (MEAS)	T (TDMA)	FN	T3
14	(44)					0:14:00	7.427	(576501)	(48)
26	(26)	(30500)	(10500)	(010)	(202)	0:14:57	3.792	(808821)	(12)
31	(57)	(46020)	(10800)	(010)	(202)	0:11:19	2.080	(1214803)	(34)
42						0:08:11	0.498		
80						0:11:09	0.854		
98	(62)	(18613)	(37)	(005)	(202)	0:15:04	3.730	(547216)	(37)
698	(75)					0:05:50	5.600	(1972117)	(49)
698	(75)	(47017)	(37)	(005)	(202)	0:13:36	5.515	(1972117)	(49)
704	(73)	(47015)	(37)	(005)	(202)	0:06:21	5.592	(1972117)	(49)
704	73	47015	37	005	202	0:14:00	5.511	1972117	49
861	73	(8283)	(2040)	(001)	(202)	0:14:52	6.111	(1859226)	21
863	(33)	(8281)	(2040)	(001)	(202)	0:14:54	6.109	(1859226)	(21)
869	(70)	(23842)	(2040)	(001)	(202)	0:14:52	0.762	(1858827)	(30)
884	(23)	(1511)	(2040)	(001)	(202)	0:14:54	7.534	(1124236)	(43)
981						0:15:08	6.108		
1006	(36)	(8287)	(2040)	(001)	(202)	0:15:12	6.106	(1859226)	(21)
1010						0:06:28	0.414		
1010	07	28017	2040	001	202	0:11:27	0.382	2683897	22

Εικόνα 3.12:K7 Transmitter Scan

Κάθε σειρά στην Εικόνα 3.12 εμπεριέχει πληροφορίες για το σήμα που λαμβάνεται από ένα συγκεκριμένο σταθμό βάσης (BTS:Base Transceiver Station). Ο χρωματισμός των σειρών σχετίζεται, όπως και στην μέτρηση K6 TS View, με τον κώδικα BCC για τον διαχωρισμό των σταθμών βάσης. Οι μπάρες οι οποίες έχουν γκρι χρώμα δηλώνουν ότι το συγκεκριμένο σήμα έχει ληφθεί πρόσφατα και για αυτό δεν έχουν συμπληρωθεί όλα τα δεδομένα, καθώς η σάρωση γίνεται συνεχώς και τα εικονιζόμενα δεδομένα διαρκώς ανανεώνονται. Τέλος, το μήκος των μπαρών δηλώνει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος, η οποία αντιστοιχίζεται με την οριζόντια κλίμακα μέτρησης που υπάρχει στο κάτω μέρος του παραθύρου. Με την ένδειξη CH δηλώνεται ο αριθμός του καναλιού το οποίο μετράται. Όταν μάλιστα δύο ή περισσότερες γραμμές αναφέρονται στον ίδιο κανάλι τότε αυτά σημειώνονται με μία κάθετη γραμμή, π.χ. στην εικόνα 3.12 τα κανάλια με αριθμούς 698,704 ή 1010. Το BSIC (Base Station Identity Code) είναι ο κωδικός ο οποίος μεταφέρεται μέσω της ριπής συγχρονισμού στον κινητό σταθμό (Mobile Station) προκειμένου να αναγνωρίσει την ταυτότητα του σταθμού βάσης (Base Station). Ο κωδικός BSIC αποτελείται από το BCC και το NCC. Στην συγκεκριμένη μέτρηση το BSIC δίνεται σε οκταδική αναπαράσταση με το πρώτο ψηφίο του να δηλώνει το Network Color Code (NCC) και το δεύτερο το BCC. Για παράδειγμα, στην μέτρηση K6 TS View (εικόνα 3.10) βλέπουμε δύο κανάλια με BCC2 και BCC6, το οποίο επαληθεύεται από την εικόνα 3.12, διότι έχουμε BSIC 62 και 26 ή 36 αντίστοιχα, άρα το δεύτερο ψηφίο του BSIC είναι η ποσότητα BCC. Τα NCC και BCC είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την διάκριση των δικτύων σε περιοχές μεταξύ χωρών, όπου συνορεύουν και υπάρχει πιθανότητα η ίδια συχνότητα να χρησιμοποιείται από δύο δίκτυα. Η παράμετρος CI μεταφράζεται ως Cell Identity και γενικά είναι ένας μοναδικός αριθμός που δείχνει τον αριθμό του κελιού στο οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση. Ο κωδικός LAC (Location Area Code) είναι επίσης ένας μοναδικός αριθμός και εκφράζει μια συγκεκριμένη περιοχή που μπορεί να περιλαμβάνει έναν αριθμό από κελιά. Εν συνεχεία, ο κωδικός MNC μεταφράζεται ως Mobile Network Code και προσδιορίζει τον πάροχο κινητής τηλεφωνίας σε κάθε χώρα, και βέβαια συσχετίζεται με τον κωδικό MCC-Mobile Country Code, ο οποίος προσδιορίζει την χώρα. Για την Ελλάδα ο κωδικός MCC έχει την τιμή 202

όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.12. Στον πίνακα 3.3 καταγράφονται οι τιμές MCC και το MNC για τους τρεις παρόχους της Ελλάδας.

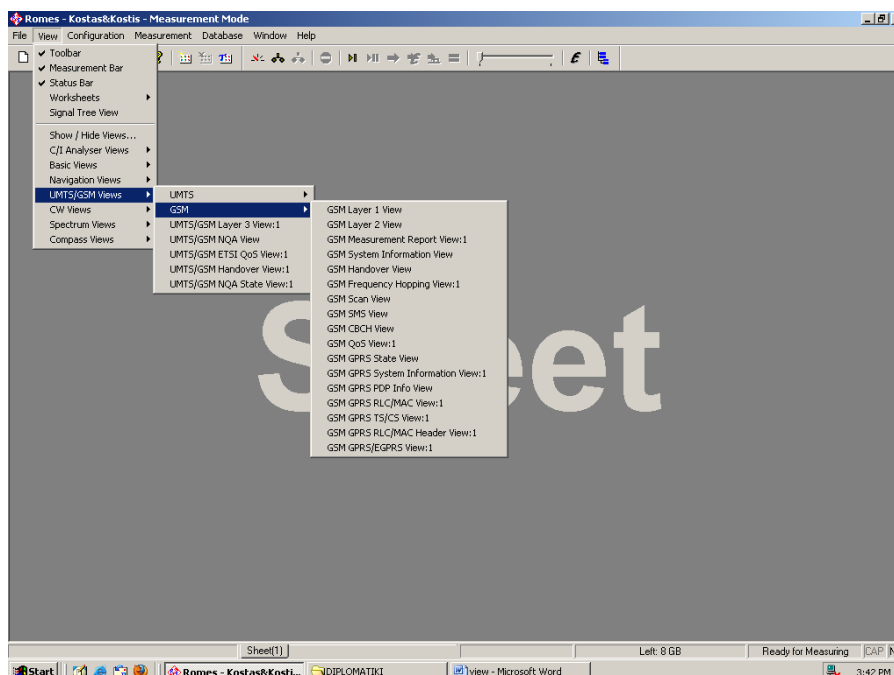
MCC	MNC	ΔΙΚΤΥΟ
202	1	Cosmote
202	5	Vodafone
202	10	Wind

Πίνακας 3.3:Αντιστοίχιση δικτύων κινητής τηλεφωνίας με βάση τα MCC,MNC

Η επόμενη στήλη, με την ένδειξη T(MEAS), δείχνει σε μορφή χρόνου (ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα) για κάθε γραμμή πότε έγινε η τελευταία ανανέωση των δεδομένων που εμφανίζονται μετρώντας από την στιγμή που ξεκίνησε η μέτρηση. Επόμενη παράμετρος είναι ο χρόνος T(TDMA) και η τιμή της παραμέτρου αυτής, υπολογίζεται μέσω της μαθηματικής πράξης mod μεταξύ του χρόνου T (MEAS) και του αριθμού 4.615ms, όπου είναι η χρονική διάρκεια ενός GSM πλαισίου TDMA (TDMA Frame). Η επόμενη στήλη που έχει το ακρωνύμιο FN-Frame Number περιλαμβάνει τον αριθμό του πλαισίου που έχει κάθε TDMA πλαίσιο, ενώ η ποσότητα T3 υπολογίζεται από την μαθηματική πράξη mod μεταξύ του Frame Number και του αριθμού 51 (GSM superframe). Η τελευταία γραμμή του παραθύρου 3.12 που βρίσκεται κάτω από την οριζόντια κλίμακα μέτρησης του επιπέδου της λαμβανόμενης ισχύος με την ένδειξη BCCH Demodulations in Progress, δείχνει τον αριθμό των αποδιαμορφώσεων που βρίσκονται σε εξέλιξη εκείνη την στιγμή.

3.1.4 Μετρήσεις κινητών τηλεφώνων-GSM

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται οι μετρήσεις που ελήφθησαν με τις τρεις κινητές συσκευές SAGEM της τοπολογίας. Υπενθυμίζεται ότι κάθε μία από τις τρεις συσκευές έχουν κάρτα SIM από τους παρόχους Cosmote, Vodafone και Wind, αντίστοιχα. Οι μετρήσεις των κινητών τηλεφώνων εμφανίζονται, εάν ακολουθηθεί η διαδρομή, η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.13:Μενού και υπομενού GSM/UMTS μετρήσεων

Η πρώτη μέτρηση, η οποία θα παρουσιαστεί, ονομάζεται GSM Layer 1 View και αφορά παραμέτρους του Layer 1, δηλαδή του φυσικού στρώματος, όπως ανακοινώνονται από τους σταθμούς βάσης και καταγράφονται από τα κινητά (Mobile Stations).

Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3	NC 4	NC 5	NC 6	Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3	NC 4	NC 5	NC 6	Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3
BCCH	1006	977	863	981	1010	994	975	BCCH	90	76	82	81	87	78	88	BCCH	26	14	40	42
BSIC	36	77	33	55	7	12	60	BSIC	62	--	34	21	22	--	22	BSIC	26	44	50	65
RxLev	58	32	32	27	23	20	18	RxLev	19	15	15	11	8	7	6	RxLev	33	20	20	18
C1	58	32	33	27	23	20	17	C1	14	--	11	6	4	--	--	C1	29	16	16	14
C2	50	24	33	19	19	20	17	C2	14	--	11	6	4	--	--	C2	29	16	16	14
RX_LEV_ACCES...	0	0	0	0	0	0	0	RX_LEV_ACCES...	4	--	4	4	4	--	--	RX_LEV_ACCES...	4	4	4	4
MS_TXPWR_MAX...	5	5	0	5	5	5	5	MS_TXPWR_MAX...	5	--	5	5	5	--	--	MS_TXPWR_MAX...	5	5	5	5
Cell Res. Hyst.	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	Cell Res. Hyst.	8 dB	--	8 dB	8 dB	8 dB	--	--	Cell Res. Hyst.	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Cell Res. Offset	8 dB	8 dB	--	8 dB	4 dB	--	--	Cell Res. Offset	0 dB	--	0 dB	0 dB	0 dB	--	--	Cell Res. Offset	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Temp. Offset	0 dB	0 dB	--	0 dB	0 dB	--	--	Temp. Offset	0 dB	--	0 dB	0 dB	0 dB	--	--	Temp. Offset	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Penalty Time	no ...	no ...	--	no ...	no ...	--	--	Penalty Time	20 s	--	20 s	20 s	20 s	--	--	Penalty Time	20 s	20 s	20 s	20 s
GPRS avail.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	GPRS avail.	Yes	--	Yes	Yes	Yes	--	--	GPRS avail.	Yes	Yes	Yes	Yes
RA Colour	0	0	0	0	0	0	0	RA Colour	1	--	1	1	1	--	--	RA Colour	1	1	1	1
Frame Number	--	0	0	0	82...	23...	558	Frame Number	--	--	12...	12...	0	--	21...	Frame Number	--	24...	27...	27...
HBN	--	0	0	0	1380	1044	1880	HBN	--	--	140	2160	0	--	2384	HBN	--	2268	1108	2900

Εικόνα 3.14:GSM Layer 1 View (1/2)

Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3	NC 4	NC 5	NC 6	Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3	NC 4	NC 5	NC 6	Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3
BCCH	1006	977	863	981	1010	994	975	BCCH	90	76	82	81	87	78	88	BCCH	26	14	40	37
BSIC	36	77	33	55	7	12	60	BSIC	62	14	34	26	44	50	47	BSIC	26	44	50	47
RxLev	58	32	32	27	22	20	17	RxLev	20	15	15	15	20	19	18	RxLev	33	21	20	19
C1	58	32	32	27	23	20	17	C1	16	--	11	11	16	15	14	C1	29	17	16	15
C2	50	24	32	19	19	20	17	C2	16	--	11	11	16	15	14	C2	29	17	16	15
RX_LEV_ACCES...	0	0	0	0	0	0	0	RX_LEV_ACCES...	4	--	4	4	4	4	4	RX_LEV_ACCES...	4	4	4	4
MS_TXPWR_MAX...	5	5	0	5	5	5	5	MS_TXPWR_MAX...	5	--	5	5	5	5	5	MS_TXPWR_MAX...	5	5	5	5
Cell Res. Hyst.	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	Cell Res. Hyst.	8 dB	--	8 dB	8 dB	8 dB	8 dB	8 dB	Cell Res. Hyst.	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Cell Res. Offset	8 dB	8 dB	--	8 dB	4 dB	--	--	Cell Res. Offset	0 dB	--	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	Cell Res. Offset	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Temp. Offset	0 dB	0 dB	--	0 dB	0 dB	--	--	Temp. Offset	0 dB	--	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	Temp. Offset	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Penalty Time	no ...	no ...	--	no ...	no ...	--	--	Penalty Time	20 s	--	20 s	20 s	20 s	20 s	Penalty Time	20 s	20 s	20 s	20 s	
GPRS avail.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	GPRS avail.	Yes	--	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	GPRS avail.	Yes	Yes	Yes	Yes
RA Colour	0	0	0	0	0	0	0	RA Colour	1	--	1	1	1	1	1	RA Colour	1	1	1	1
Frame Number	--	0	0	0	82...	23...	558	Frame Number	--	24...	12...	12...	0	--	27...	Frame Number	--	24...	27...	27...
HBN	--	0	0	0	1380	1044	1880	HBN	--	3524	140	2268	1108	3992	2900	HBN	--	2268	1108	3992

Εικόνα 3.15:GSM Layer 1 View (2/2)

Στην εικόνα 3.14 εμφανίζονται πλήρως τα δεδομένα για τις συσκευές 1 (Cosmote), 2 (Vodafone), ενώ η εικόνα 3.15 συμπληρώνει όλα τα δεδομένα για την τρίτη συσκευή (Wind). Αρχικά βλέπουμε την πρώτη στήλη η οποία δηλώνει σε ποια παράμετρο αναφέρονται οι μετρήσεις. Στην διπλανή στήλη (SC-Serving Cell) υπάρχει ο αριθμός του κελιού στο οποίο βρισκόμαστε. Έπειτα υπάρχουν άλλες έξι στήλες οι οποίες αναφέρονται στα έξι γειτονικά στο SC κελιά (NC-Neighbor Cells). Αυτά συμβολίζονται ως NC1-NC6.

Το BCCH σημαίνει Broadcast Control Channel και είναι ένα λογικό κανάλι εκπομπής το οποίο χρησιμοποιείται από τους σταθμούς βάσης προκειμένου να γνωστοποιήσουν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας του δικτύου. Στο πεδίο BCCH βρίσκουμε τον αριθμό ARFCN του καναλιού αυτού. Ο κωδικός BSIC (Base Station Identity Code) που ακολουθεί υποδηλώνει την ταυτότητα του σταθμού βάσης όπως και στην εικόνα 3.12. Επίσης και σε αυτή την περίπτωση αναπαρίσταται με οκταδική μορφή με το πρώτο ψηφίο να είναι ο κωδικός NCC, και το δεύτερο ο BCC. Επίσης, το RxLev και σε αυτή την μέτρηση εκφράζει το επίπεδο της λαμβανόμενης ισχύος του σήματος.

Οι παράμετροι C1,C2 σχετίζονται με την επιλογή καθώς και την εκ νέου επιλογή κελιού (Cell Selection/Cell Reselection). Ο κινητός σταθμός με βάση την παράμετρο RxLev γνωρίζει την λαμβανόμενη ισχύ από κάθε κελί και με βάση αυτό υπολογίζει για κάθε κελί την παράμετρο C1 με την εξής μαθηματική σχέση:

$$C1 = (RxLev - RX_LEV_ACCESS_MIN) - (MS_TXPWR_MAX_CCH) \quad (3.2)$$

Μετά τους υπολογισμούς συγκρίνει τις τιμές μεταξύ τους, απορρίπτοντας τις αρνητικές τιμές για το C1, και διαλέγει το κελί με την μεγαλύτερη θετική τιμή του C1 για να συνδεθεί.

Σύμφωνα με τις τιμές C1 της μέτρησης ο αλγόριθμος επιλογής κελιού φαίνεται να λειτουργεί καλά και στα τρία δίκτυα, διότι τουλάχιστον με κριτήριο το RxLev οι κινητές συσκευές έχουν συνδεθεί στο κελί με την καλύτερη κάλυψη.

Ο κινητός σταθμός, αφού έχει συνδεθεί, συνεχίζει να λαμβάνει πληροφορίες για την ισχύ των άλλων καναλιών αλλά και να υπολογίζει την παράμετρο C1 ή C2:

$$C2 = C1 + CellRes.Offset - Temp.Offset \quad (3.3)$$

Εάν η τιμή του C1 ή C2 ενός γειτονικού κελιού (NC) είναι μεγαλύτερη από το τρέχων κελί (SC) τότε η κινητή συσκευή αλλάζει κελί (cell reselection).

Σύμφωνα με τις τιμές C2 της μέτρησης ο αλγόριθμος επανεπιλογής κελιού φαίνεται να λειτουργεί καλά και στα τρία δίκτυα, διότι τουλάχιστον με κριτήριο την τιμή του C1 οι κινητές συσκευές δεν έχουν λόγο να αλλάξουν κελί.

Η παράμετρος RX_LEV_ACCESS_MIN εκφράζει την ελάχιστη λαμβανόμενη ισχύ του σήματος που απαιτείται σε έναν κινητό σταθμό, ώστε να αποκτήσει πρόσβαση σε αυτό το κελί.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις ο ένας από τους τρεις παρόχους επιλέγει τη χαμηλότερη δυνατή στάθμη RX_LEV_ACCESS_MIN, ενώ οι υπόλοιποι δύο κινούνται σε ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα. Η επιλογή της χαμηλότερης τιμής επεκτείνει την κάλυψη αλλά θα μπορούσε να εισάγει ζητήματα υποβάθμισης της ποιότητας. Το πρόβλημα της ποιότητας θα μπορούσε να αντισταθμιστεί από το γεγονός ότι οι

περισσότερες εμπορικές συσκευές υποστηρίζουν λήψη σε στάθμες ισχύος χαμηλότερες από το όριο των -110 dBm του GSM, ενώ πάντα υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί *inter-system handover*, π.χ. από το GSM στο 3G, ως μία ενδεχόμενη διέξοδος διαφυγής.

Το MS_TXPWR_MAX_CCH εκφράζει την μέγιστη ισχύ που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο κινητός σταθμός κατά την είσοδο του στο σύστημα.

Η παράμετρος CellRes.Hyst χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται να γίνει αλλαγή κελιού, γεγονός που σημαίνει ότι το καινούργιο κελί θα έχει $C2 > C1$. Εάν κατά την αλλαγή αυτή το νέο κελί ανήκει σε διαφορετική περιοχή (LA), τότε υπάρχει ανάγκη ενημέρωσης για την αλλαγή θέσης (Location Update). Εάν ο κινητός σταθμός κινείται και αλλάζει επανειλημμένα τοποθεσία, τότε υπάρχει ο κίνδυνος για απώλεια μηνυμάτων αλλά και υπερφόρτωση του δικτύου σηματοδοσίας λόγω του Location Update. Προκειμένου να αποθαρρυνθούν τέτοιες καταστάσεις χρησιμοποιείται η παράμετρος CellRes.Hyst, την οποία πρέπει να υπερβεί η παράμετρος C2 προκειμένου να γίνει η αλλαγή κελιού.

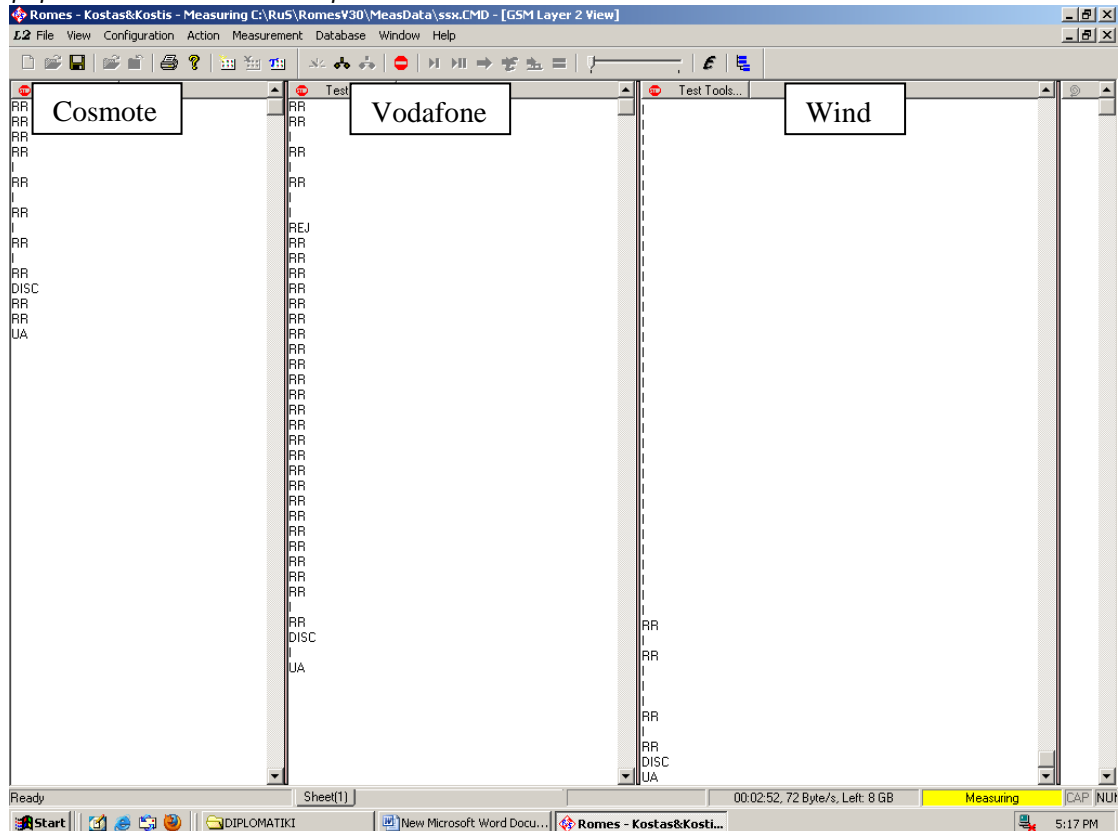
Οι τιμές του CellRes.Hyst υποδεικνύουν διαφοροποίηση των τριών παρόχων σε αυτό το ζήτημα: ένα δίκτυο εμφανίζεται ως πιο ενθαρρυντικό για μετακινήσεις μεταξύ διαφορετικών LA ενώ τα άλλα δύο δίκτυα φαίνεται να το αποθαρρύνουν.

Οι παράμετροι Cell Res.Offset, Temp.Offset και Penalty Time επηρεάζουν τον υπολογισμό του C2, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στην εξίσωση (3.3). Το Cell Res.Offset ενθαρρύνει την αλλαγή κελιού, ενώ το Temp.Offset αποθαρρύνει τις περιστασιακές αλλαγές. Ειδικότερα, η παράμετρος Penalty Time παίρνει τιμές στο διάστημα 0 έως 31, όπου σε δευτερόλεπτα το 0 αντιστοιχεί σε 20 δευτερόλεπτα ενώ το 30 αντιστοιχεί σε 620 δευτερόλεπτα. Η τιμή 31 σημαίνει ότι θα γίνει επανεπιλογή κελιού μέσω της παραμέτρου C2. Ο χρόνος που ορίζεται από το Penalty Time καθορίζει το χρόνο κατά τον οποίο χρησιμοποιείται ο όρος Temp. Offset στην εξίσωση (3.3).

Σε συνέχεια της προηγούμενης παρατήρησης επιβεβαιώνεται μέσω των τιμών Cell Res.Offset, Temp.Offset και Penalty Time η ενθάρρυνση ενός από τα τρία δίκτυα για αλλαγές κελιού.

Επιπλέον, η επόμενη γραμμή μας πληροφορεί ότι υπάρχει η δυνατότητα για σύνδεση GPRS λόγω της σήμανσης Yes. Στο GPRS χρησιμοποιείται συχνά και ο όρος RA-Routing Area που αντιστοιχεί στην περιοχή δρομολόγησης, η οποία λειτουργεί ως περιοχή εντοπισμού κατά αναλογία με το Location Area. Η παράμετρος Frame Number δηλώνει τον αριθμό του TDMA πλαισίου.

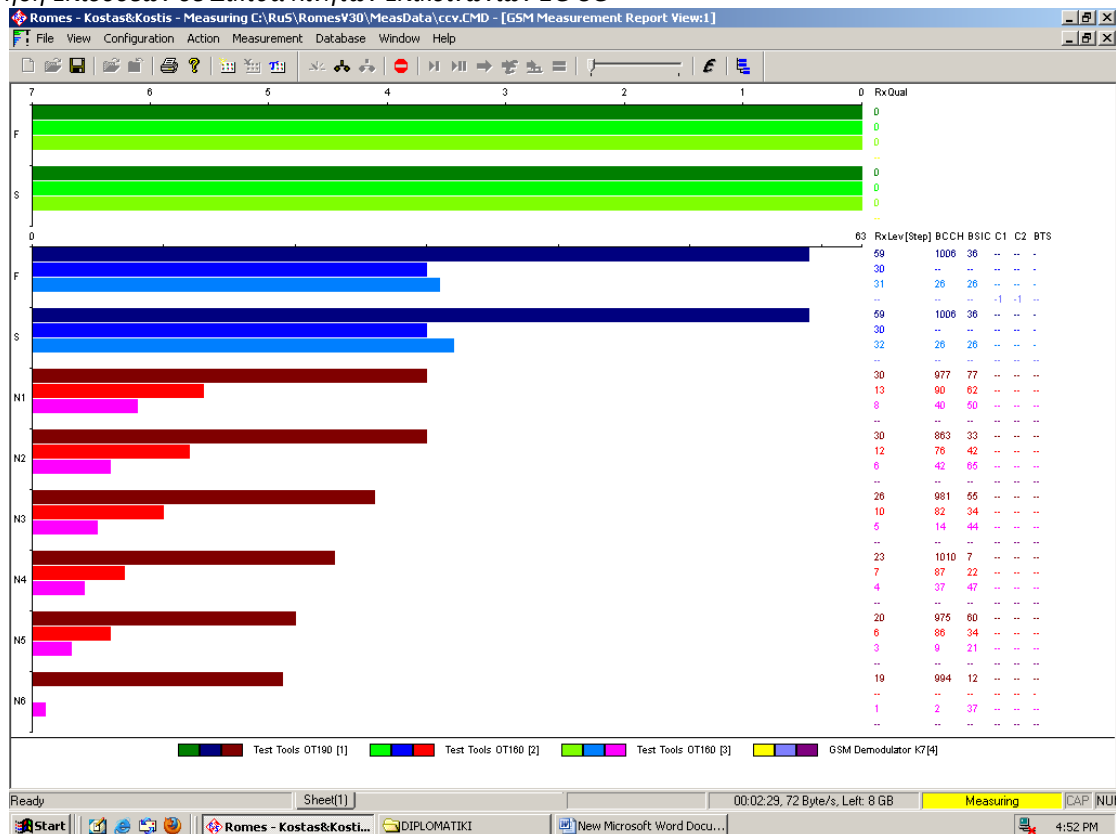
Η επόμενη μέτρηση ονομάζεται **GSM Layer 2 View**, και εμπεριέχει τα μηνύματα που ανταλλάχθηκαν στο επίπεδο ζεύξης της Um διεπαφής.



Εικόνα 3.16:GSM Layer 2 View

Όπως βλέπουμε για κάθε συσκευή υπάρχει μία στήλη η οποία εμπεριέχει τα μηνύματα αυτά, τα οποία διαρκώς ανανεώνονται. Ο μέγιστος αριθμός μηνυμάτων που μπορούν να καταγραφούν είναι 100 ταυτόχρονα και ως εκ τούτου για κάθε νέο που προστίθεται αφαιρείται ένα παλαιότερο. Γενικά η διαδικασία έχει ως εξής: βλέπουμε την ανταλλαγή μηνυμάτων με την κωδικοποίηση RR (Radio Resource). Τα μηνύματα αυτά σχετίζονται με την εγκατάσταση καναλιού σύνδεσης ανάμεσα στο χρήστη και το δίκτυο. Η ένδειξη I (Information) σημαίνει ανταλλαγή πληροφορίας. Το μήνυμα DISC (Disconnect) σχετίζεται με την απελευθέρωση μίας προϋπάρχουσας σύνδεσης η οποία λαμβάνει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης της αποσύνδεσης με την ένδειξη UA-Unnumbered acknowledgement. Μία διαφορά που παρατηρείται στα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ της δεύτερης συσκευής με τον σταθμό βάσης είναι το μήνυμα REJ-Rejection το οποίο σημαίνει απόρριψη λόγω προβλήματος και όχι ως φυσιολογική εξέλιξη.

Στην συνέχεια το επόμενο κατά σειρά παράθυρο μέτρησης ονομάζεται **GSM Measurement Report View** το οποίο μας δίνει ένα πλήθος από δεδομένα, τα οποία αναπαρίστανται γραφικά με μπάρες αλλά και με την μορφή πίνακα. Οι μετρήσεις αυτές αφορούν το Rx_Lev και το Rx_Qual όπως μπορεί να μετρηθεί στην Broadcast συχνότητα των κελιών.



Εικόνα 3.17: GSM Measurement Report View

Τα δεδομένα Rx_Lev εμφανίζονται και για τις τρεις συσκευές, τόσο για το κελί υπηρεσίας όσο και για τα έξι γειτονικά κελιά (N1-N6). Αυτό δεν συμβαίνει για την παράμετρο RxQual για την οποία έχουμε πληροφορίες μόνο για το κελί στο οποίο βρισκόμαστε, όπως είναι αναμενόμενο. Στο κάτω μέρος του παραθύρου βλέπουμε την αντιστοίχιση των χρωμάτων ανά συσκευή, ξεκινώντας από το πάνω μέρος οι μπάρες που βρίσκονται με πράσινο χρώμα αναπαριστούν τις τιμές της παραμέτρου RxQual για το κελί υπηρεσίας,. Οι τιμές του RxQual κυμαίνονται από 0 έως 7, όπως αναφέρεται και στον πίνακα B.1 (παράρτημα Β). Πάνω από τις μπάρες που απεικονίζουν το RxQual υπάρχει μία οριζόντια κλίμακα από το 7 έως το 0, πράγμα που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της μπάρας τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του σήματος. Η συγκεκριμένη τιμή του κάθε RxQual φαίνεται στο δεξί μέρος μετά το τέλος των μπαρών.

Η διάκριση των μετρήσεων σε RxQual_FULL και RxQual_SUB σχετίζεται με μία λειτουργία, η οποία ονομάζεται Discontinuous Transmission (DTX). Η ενεργοποίηση του DTX ανιχνεύει τις παύσεις που πραγματοποιούνται από τους ομιλητές κατά την διάρκεια της κλήσης και αναστέλλει προσωρινά μόνο για εκείνα τα διαστήματα τις ραδιομεταδόσεις. Στα αριστερά των μετρήσεων του κελιού υπηρεσίας για τα μεγέθη RxQual και RxLev παρατηρούμε τις ενδείξεις F και S, οι οποίες σημαίνουν RxQual_FULL, RxLev_FULL και RxQual_SUB, RxLev_SUB αντίστοιχα. Η διαφορά τους βρίσκεται στο γεγονός ότι οι μετρήσεις με την ένδειξη F μετρούν την στάθμη και την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος σε όλο το χρονικό διάστημα συμπεριλαμβανομένων και των κενών διαστημάτων που υπάρχουν με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγάλη απόκλιση στην μονάδα του χρόνου στα αποτελέσματα αυτά. Αντίθετα οι μετρήσεις με την ένδειξη S δεν εμπεριέχουν αυτά τα διαστήματα με αποτέλεσμα για παράδειγμα η παράμετρος RxQual_SUB να θεωρείται πιο αξιόπιστη προκειμένου να εξαχθεί συμπέρασμα για την ποιότητα του σήματος σε σχέση με την παράμετρο RxQual_FULL, η οποία συνήθως έχει μεγαλύτερη τιμή.

Κάτω από τις πράσινες μπάρες, βρίσκονται οι μπλε οι οποίες αναπαριστούν τις τιμές της παραμέτρου RxLev για τις τρεις κινητές συσκευές στο κελί υπηρεσίας τους. Οι ενδείξεις F και S αντιστοιχεί στη Full και Sub μέτρηση, η οποία έχει ήδη σχολιασθεί. Υπάρχει μια μπάρα για την μέτρηση της στάθμης της λαμβανόμενης ισχύος (RxLev) που βρίσκεται ακριβώς από πάνω και έχει βαθμονομηθεί από το 0 έως το 63. Η κάθε τιμή από το 0 έως το 63 αντιστοιχίζεται σε μονάδα ισχύος dBm, όπως φαίνεται στον πίνακα της εικόνας A.1 (παράρτημα Α). Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της μπάρας τόσο καλύτερο σήμα έχουμε, ενώ οι ακριβείς τιμές της παραμέτρου RxLev φαίνονται στον πίνακα που υπάρχει στο δεξί μέρος του παραθύρου, τόσο για το κελί υπηρεσίας όσο και για τα υπόλοιπα γειτονικά κελιά. Επίσης στον πίνακα υπάρχουν και άλλες παράμετροι όπως είναι ο αριθμός του καναλιού BCCH ,ο κωδικός BSIC και οι παράμετροι επανεπιλογής κελιού C1,C2 που έχουν αναλυθεί σε προηγούμενες μετρήσεις. Η στήλη BTS περιέχει το όνομα του σταθμού βάσης. Τέλος, κάτω από τις μπλε μπάρες βρίσκονται οι μπάρες που αναπαριστούν την παράμετρο RxLev για κάθε συσκευή για τα έξι γειτονικά κελιά, και δεξιά στον πίνακα βρίσκονται οι αριθμητικές τιμές τους, όπως και τα αντίστοιχα BCCH,BSIC.

Οι μετρήσεις που καταγράφονται στην Εικόνα 3.17 αποδεικνύουν ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε ότι αφορά το επίπεδο της λαμβανόμενης ισχύος ανάμεσα στα τρία δίκτυα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη σχετική θέση των συσκευών μας ως προς τους σταθμούς βάσης των τριών δικτύων. Η αρκετά ισχυρότερη στάθμη λήψης από το δίκτυο της cosmote μάλλον υποδηλώνει ότι βρισκόμαστε πιο κοντά σε ένα σταθμό βάσης της Cosmote. Σε κάθε περίπτωση η στάθμες ισχύος αν και διαφορετικές είναι όλες τους επαρκείς και αυτό αποτυπώνεται στη μεγιστοποίηση της τιμής της παραμέτρου RxQual.

Η επόμενη μέτρηση ονομάζεται GSM System Information View και εμπεριέχει μια λίστα από παραμέτρους, οι οποίες εκπέμπονται από το δίκτυο προς το κινητό. Οι μετρήσεις έχουν ληφθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές: η πρώτη (εικόνα 3.18) έχει ληφθεί κατά την διάρκεια των κλήσεων, ενώ η δεύτερη (εικόνα 3.19) αμέσως μετά την ολοκλήρωση των κλήσεων.

Parameter	Test Tools OT190 [1]	Test Tools OT160 [2]	Test Tools OT160 [3]	GSM Demodulator k7[4]
DTX use	shall	shall	shall	-
PwRC	1	1	1	-
RL_TO	20	24	24	-
PLMN	FF	FF	FF	-
T3212	-	-	-	-
CCCH-Cfg	-	-	-	-
MaxRetr	-	-	-	-
Reestabl	-	-	-	-
BsQualRes	-	-	-	-
Tx Int	-	-	-	-
Emerg.Call	-	-	-	-
BsPalMlFrms	-	-	-	-
CellBarAcc	-	-	-	-
MSRrPwrMaxCCH	-	-	-	-
RxLev-AcctMin	-	-	-	-
CellResHyst[db]	-	-	-	-
CellIdentbty(hex)	205F	4885	7724	-
LAC (hex)	7F8	25	2904	-
MCC	202	202	202	-
MNC	1	5	10	-
CA No.	-	-	-	-
BA No.	2	0	0	-
BA Ind.	0	0	0	-
CA ARFCN	-	-	-	-
BA ARFCN	975 977 981 987 992 994 ...	76 78 80 81 82 85 87 88 9...	2 5 9 10 13 14 19 20 21 2...	-
BA No. ext	2	-	2	-
BA Ind. ext	0	-	0	-
BA ARFCN ext	848 851 861 862 863 865 ...	-	536	-

Εικόνα 3.18:GSM System Information View(1/2)

Parameter	Test Tools OT190 [1]	Test Tools OT160 [2]	Test Tools OT160 [3]	GSM Demodulator K7[4]
DTX use	-	-	-	-
PWRC	-	-	-	-
RL_TO	-	-	-	-
PLMN	FF	FF	FF	-
T3212	-	-	-	-
CCCH-Cfg	-	-	-	-
MaxRetr	4	2	2	-
Reestabl	allowed	allowed	allowed	-
BsAgBlksRes	-	-	-	-
Tx.Int	32	32	32	-
Emerg.Call	allowed	allowed	allowed	-
BSPaMultFrms	-	-	-	-
CellBarAcc	n. barred	n. barred	n. barred	-
MstTypPwrMaxCCH	-	-	-	-
RxLev-AccMin	-	-	-	-
CellResHyst[dB]	-	-	-	-
CellIdentity(hex)	-	-	-	-
LAC (hex)	-	-	-	-
MCC	-	-	-	-
MNC	-	-	-	-
CA No.	-	-	-	-
BA No.	2	0	0	-
BA Ind.	0	0	0	-
CA ARFCN	-	-	-	-
BA ARFCN	975 977 981 987 992 994 ...	76 78 80 81 82 85 87 88 9...	2 5 9 10 13 14 19 20 21 2...	-
BA No. ext	2	2	2	-
BA Ind. ext	0	0	0	-
BA ARFCN ext	848 851 861 862 863 865 ...	687 688 691 698 703 704 ...	536	-

Εικόνα 3.19:GSM System Information View(2/2)

Η πρώτη στήλη περιλαμβάνει τις παραμέτρους για τις οποίες έχουν ληφθεί τα δεδομένα, ενώ οι υπόλοιπες τρεις περιλαμβάνουν τις τιμές αυτών για τις τρεις κινητές συσκευές που συμμετέχουν. Η παράμετρος DTX use αναφέρεται στο εάν χρησιμοποιείται η λειτουργία DTX (εικόνα 3.17). Με την ένδειξη shall δηλώνει ότι χρησιμοποιείται.

Η επόμενη παράμετρος PWRC-Power Control Indicator μεταφράζεται ως δείκτης ελέγχου ισχύος, μία λειτουργία όπου όταν παίρνει την τιμή 1 είναι ενεργοποιημένη, ενώ όταν παίρνει την τιμή 0 είναι απενεργοποιημένη. Όταν το PWRC λαμβάνει την τιμή 1 από τις μετρήσεις του κινητού εξαιρείται η broadcast συχνότητα.

Η παράμετρος RL_TO (Radio Link Timeout) παίρνει μια συγκεκριμένη τιμή από 4-64. Εάν ο κινητός σταθμός δεν μπορεί να αποκωδικοποιήσει επιτυχώς ένα μήνυμα που λαμβάνει από τον σταθμό βάσης σχετικά με τον έλεγχο της ισχύος (μέσω ενός SACCH καναλιού) υπάρχει ένας μετρητής S που μειώνεται κατά ένα. Σε περίπτωση που ο κινητός σταθμός λάβει επιτυχώς το μήνυμα τότε ο μετρητής S αυξάνεται κατά δύο αλλά δεν πρέπει να ξεπεράσει την τιμή της παραμέτρου RL_TO. Επίσης, δεν πρέπει να φτάσει κοντά στην τιμή μηδέν διότι θα σημαίνει ότι έχουμε αποτυχία σύνδεσης. Εάν συμβεί κάτι τέτοιο τότε ο μετρητής S αρχικοποιείται με την τιμή RL_TO.

Στην συνέχεια η παράμετρος PLMN-Public Land Mobile Network είναι ένας αριθμός, ο οποίος εκφράζει τα ασύρματα δίκτυα που βρίσκονται σε μία χώρα, π.χ. σε αυτή την μέτρηση τα δίκτυα είναι GSM. Κάθε δίκτυο GSM, κάθε παρόχου στην Ελλάδα έχει και έναν κωδικό PLMN. Η παράμετρος T3212 παίρνει τιμές από 0 έως 255 και σχετίζεται με την περιοδική ενημέρωση θέσης.

Η παράμετρος MaxRetr-Maximum Retransmissions, η οποία δηλώνει τον μέγιστο αριθμό αναμεταδόσεων μηνυμάτων αιτήματος καναλιού στο RACH. Η παράμετρος αυτή, μπορεί να πάρει τις τιμές 1,2,4 και 7.

Η ένδειξη Reestabl-Reestablishment Indicator δηλώνει εάν υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς της σύνδεσης μεταξύ ενός κινητού σταθμού και του δικτύου, αφού προηγουμένως είχε χαθεί η επικοινωνία τους, με την προϋπόθεση να χρησιμοποιηθεί το ίδιο κανάλι. Στην εικόνα 3.19 έχει την “τιμή” allowed,οπότε υπάρχει αυτή η δυνατότητα.

Επόμενη παράμετρος είναι η Tx Int η οποία ορίζει τον αριθμό των slots που χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφορίας όταν ο κινητός σταθμός προσπαθεί να αποκτήσει πρόσβαση στο σύστημα και μπορεί να πάρει τις εξής τιμές:14,16,20,25,32 και 50.

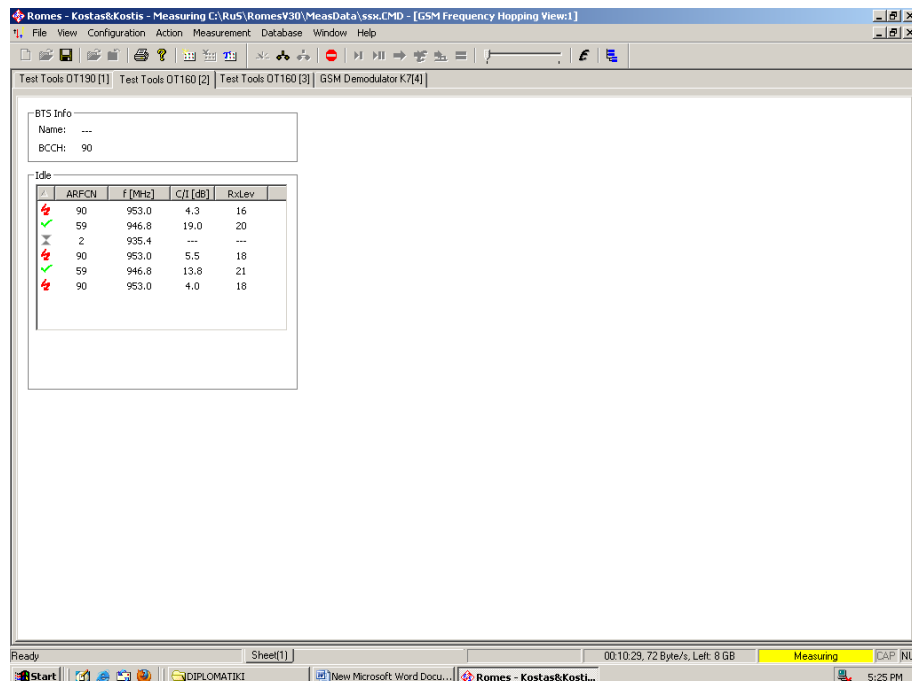
Η παράμετρος Emerg.Call-Emergency call με την “τιμή” allowed σημαίνει ότι υπάρχει η δυνατότητα για κλήση έκτακτης ανάγκης. Η παράμετρος CellBarAcc εκφράζει εάν επιτρέπεται ή απαγορεύεται η πρόσβαση σε ένα συγκεκριμένο κελί με τις τιμές not barred(n.barred) και barred αντίστοιχα. Οι επόμενες τρεις παράμετροι MsTxPwrMaxCCH, RxLev-AccMin, CellResHyst έχουν την ίδια σημασία με εκείνη που έχει συζητηθεί στην εικόνα 3.15.

Ο κωδικός CellIdentity είναι ένας κωδικός ταυτοποίησης του κελιού, στην συγκεκριμένη μέτρηση, ενώ ο κωδικός LAC-Location Area Code,όπως και οι κωδικοί MCC,MNC έχουν εξηγηθεί παραπάνω.

Η παράμετρος BA ARFCN αναφέρεται στα broadcast κανάλια τα οποία πρέπει να μετρά το κινητό (βλέπε παράρτημα Α)

Η καταγραφή της Εικόνας 3.20 δεν παρουσιάζει ουσιαστικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα τρία δίκτυα εκτός από ένα ζήτημα, το οποίο αφορά το RL_TO. Το ένα δίκτυο εμφανίζει χαμηλότερη τιμή του RL_TO, γεγονός που σημαίνει ότι σε αυτό το δίκτυο η αποσύνδεση είναι ελαφρώς πιο πιθανή.

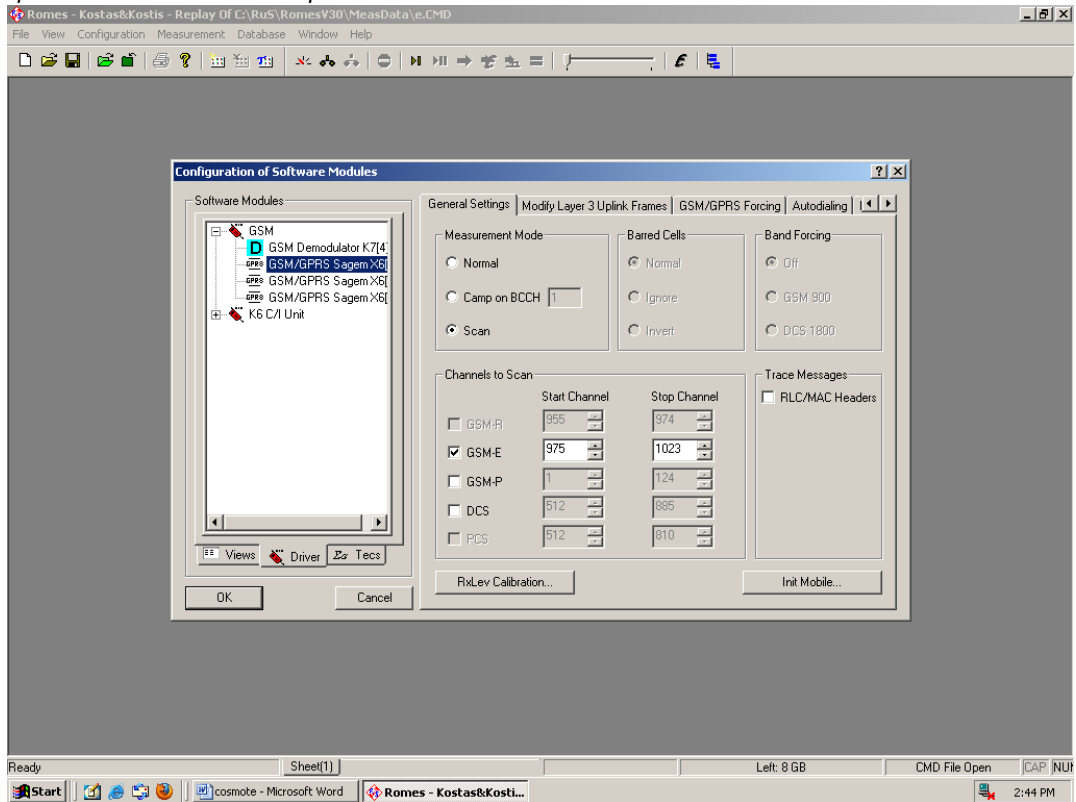
Επόμενη μέτρηση που θα παρουσιαστεί είναι εκείνη που αφορά το frequency hopping.



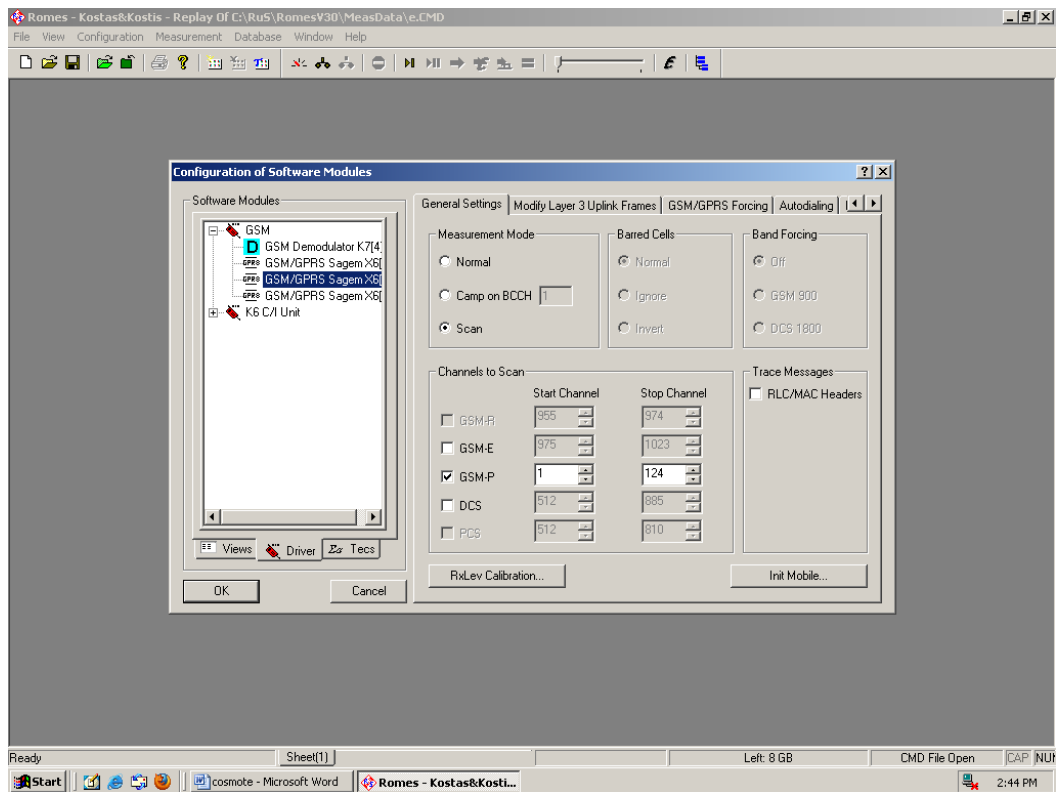
Εικόνα 3.20:GSM Frequency Hopping-Vodafone

Στην μέτρηση αυτή (εικόνα 3.20), βρίσκονται οι πληροφορίες που σχετίζονται με το frequency hopping. Το πρόγραμμα ROMES δίνει την δυνατότητα εμφάνισης των παραμέτρων για όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούνται στην μέτρηση, επιλέγοντας την αντίστοιχη καρτέλα. Το συγκεκριμένο στιγμιότυπο αφορά την συσκευή 2, όπως φαίνεται στο πάνω μέρος του προγράμματος, ενώ τα στιγμιότυπα που αφορούν τις άλλες δύο συσκευές βρίσκονται στο παράρτημα Γ της εργασίας. Επιπλέον υπάρχουν δύο πλαίσια, όπου το πρώτο πλαίσιο μας πληροφορεί για το όνομα του σταθμού βάσης εάν αυτό είναι διαθέσιμο και για τον αριθμό του καναλιού BCCH-Broadcast Control Channel όπου χρησιμοποιεί ο σταθμός βάσης. Στη συνέχεια στο κάτω πλαίσιο παρατηρούμε την ένδειξη Idle, όπου σημαίνει ότι ο κινητός σταθμός δεν είναι συνδεδεμένος σε κάποιο δίκτυο καθώς έχει τελειώσει η διαδικασία της κλήσης. Έπειτα, βλέπουμε την στήλη ARFCN, οι τιμές της οποίας καθορίζουν μοναδικά το ζεύγος συχνοτήτων (Uplink και Downlink) που χρησιμοποιούνται τόσο για την μετάδοση όσο και για την λήψη πληροφορίας και δεξιά από την στήλη αυτή βρίσκεται η στήλη f όπου έχει τον αριθμό της συχνότητας (Downlink) που αντιστοιχίζεται με το συγκεκριμένο κωδικό ARFCN. Επίσης, ακολουθούν οι στήλες C/I και RxLev, με την στήλη C/I-Carrier to Interference να εκφράζει τον λόγο του φέροντος σήματος προς παρεμβολή. Στην εικόνα 3.20, παρατηρούμε το κόκκινο σύμβολο το οποίο υπάρχει στο αριστερό μέρος του κάτω πλαισίου, το οποίο δηλώνει χαμηλή τιμή C/I. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του GSM για να πραγματοποιηθεί επιτυχώς μία κλήση ο λόγος C/I πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 9dB, κάτι το οποίο φαίνεται και στην εικόνα 3.20. Οι κλήσεις που συνοδεύονται στα αριστερά τους από την πράσινη ένδειξη είναι επιτυχείς και παρατηρώντας τις τιμές C/I βλέπουμε ότι είναι μεγαλύτερες από 9 dB. Το σύμβολο της κλεψύδρας σημαίνει ότι εκείνη την στιγμή υπάρχει αναμονή και δεν γίνεται κάποια προσπάθεια κλήσης.

Η επόμενη μέτρηση είναι GSM Scan View, όπου απεικονίζεται με την μορφή διαγράμματος η ισχύς που έχουν τα σήματα των GSM καναλιών τα οποία σαρώνονται, για κάθε κινητή συσκευή. Αρχικά για να γίνει αυτό απαιτούνται κάποιες ρυθμίσεις οι οποίες πρέπει να γίνουν στα τρία κινητά τηλέφωνα και φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. Ξεκινώντας από την πρώτη συσκευή, η οποία διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Cosmote, επιλέγουμε από το menu Configuration το Settings και στην συνέχεια στην καρτέλα General Settings στο πλαίσιο Measurement Mode επιλέγουμε την επιλογή Scan προκειμένου να εκτελέσει το κινητό την σάρωση των καναλιών. Στο πλαίσιο Channels to Scan επιλέγουμε το κουτί GSM-E και τοποθετούμε τις τιμές 975-1023 που είναι τα κανάλια που χρησιμοποιεί η Cosmote στην Ελλάδα για την υπηρεσία GSM 900(E-GSM). Οι παραπάνω ρυθμίσεις βρίσκονται στην εικόνα 3.21. Οι ίδιες ακριβώς ρυθμίσεις με την διαφορά ότι αλλάζουν οι αριθμοί των καναλιών που θα σαρωθούν εφαρμόζονται και στις άλλες δύο συσκευές. Σε εκείνη που διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Vodafone πάλι επιλέγουμε στο πλαίσιο Channels to Scan το κουτί GSM-P και εισάγουμε για τα κανάλια τις τιμές 51-124, διότι είναι τα κανάλια που χρησιμοποιεί η εταιρεία Vodafone για την υπηρεσία GSM 900 στην Ελλάδα. Οι ρυθμίσεις αυτές φαίνονται στην εικόνα 3.22, όπου από λάθος έχουν εισαχθεί για τα κανάλια οι τιμές 1-124. Παρόλα αυτά η ρύθμιση αυτή διορθώθηκε και η μέτρηση εκτελέστηκε με τις σωστές τιμές για την σάρωση των καναλιών της εταιρείας Vodafone. Τέλος, για την εταιρεία Wind λόγω τεχνικού προβλήματος δεν κατέστη δυνατή η εκτέλεση της μέτρησης GSM Scan View στα κανάλια 1-50 τα οποία χρησιμοποιεί η Wind για την υπηρεσία GSM 900 στην Ελλάδα.

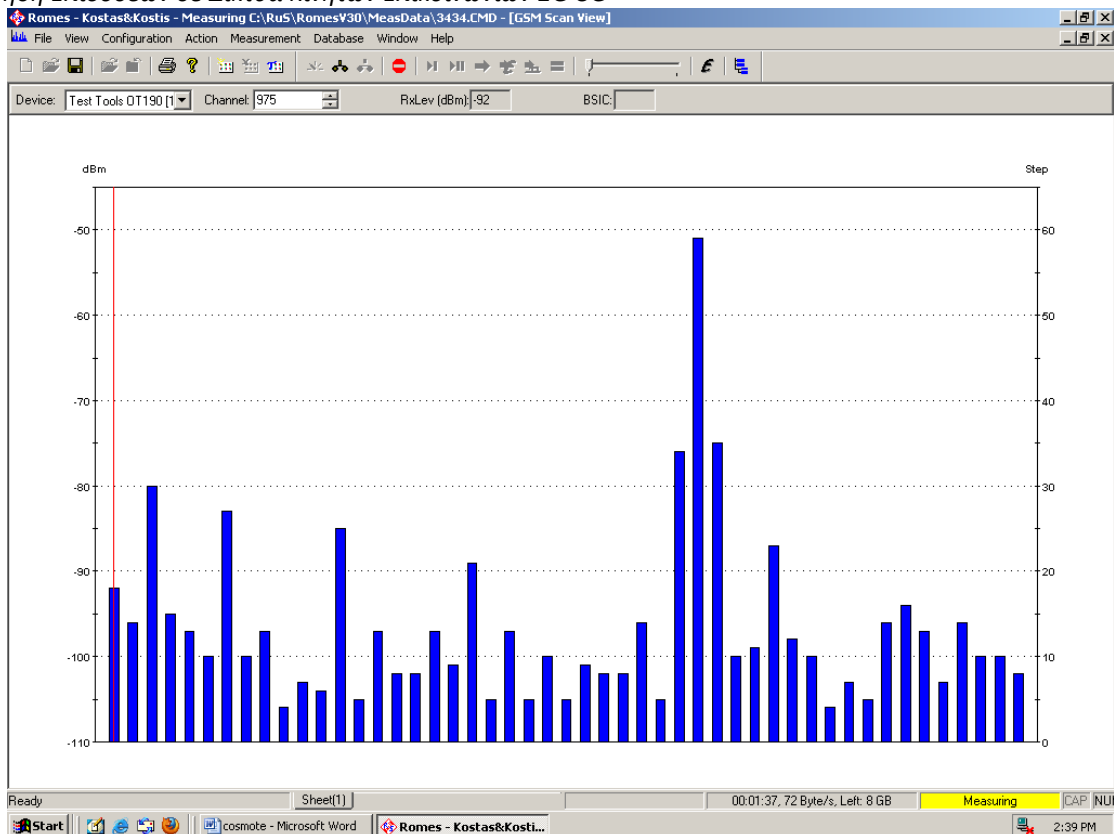


Εικόνα 3.21: Ρυθμίσεις σάρωσης για την συσκευή που διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Cosmote



Εικόνα 3.22: Ρυθμίσεις σάρωσης για την συσκευή που διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Vodafone

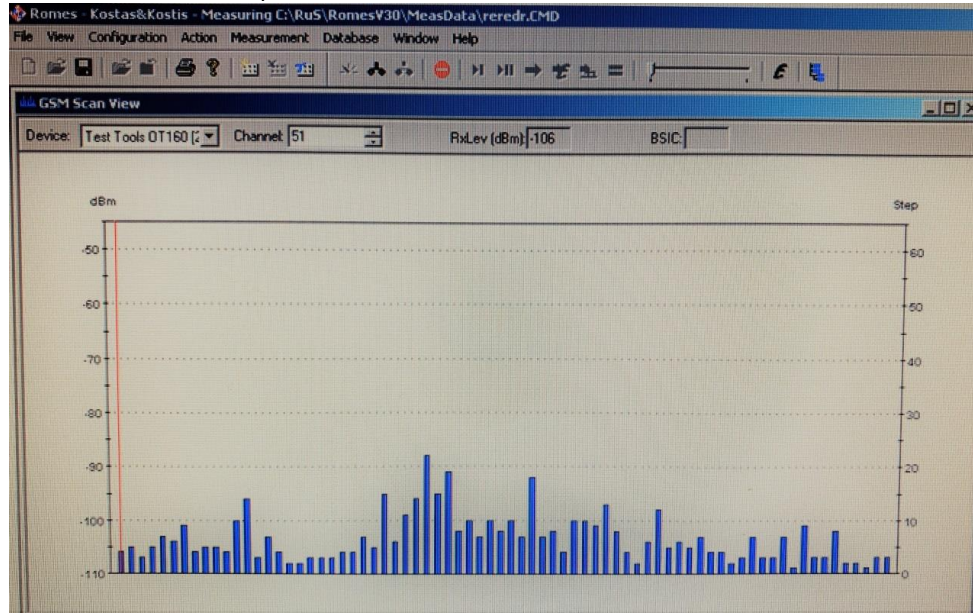
Μετά από αυτές τις ρυθμίσεις η μέτρηση GSM Scan View εξάγει τα αποτελέσματα τα οποία φαίνονται στις επόμενες εικόνες.



Εικόνα 3.23:GSM Scan View-Cosmote

Στην εικόνα 3.23 μπορούμε να δούμε το αποτέλεσμα της μέτρησης Scan View για το κινητό 1 που ανήκει στο δίκτυο της Cosmote. Στο πάνω αριστερό μέρος του παραθύρου παρατηρούμε ότι υπάρχει ένα πτυσσόμενο μενού στο πεδίο Device, όπου εκεί μπορούμε να επιλέξουμε ποια κινητή συσκευή επιλέγουμε. Το διάγραμμα με τις μπάρες απεικονίζει τις στάθμες ισχύος των καναλιών που καταγράφονται από την σάρωση που πραγματοποιεί το κινητό, με το ύψος τους να συμβολίζει την ισχύ του σήματος. Επιπλέον υπάρχουν δύο κλίμακες για την μέτρηση της ισχύος των σημάτων, μία στα αριστερά όπου είναι βαθμονομημένη σε dBm, και μία στα δεξιά όπου μετρά την ισχύ με ένα κωδικό που παίρνει τιμές από 0 έως 63. Μία κάθετη κόκκινη γραμμή η οποία βρίσκεται στο παράθυρο, δείχνει το κανάλι το οποίο είναι επιλεγμένο από το πεδίο Channel που υπάρχει στο πάνω μέρος του παραθύρου, ενώ η τιμή της ισχύος του σήματος αυτού του καναλιού αναγράφεται στο πεδίο RxLev(dBm).

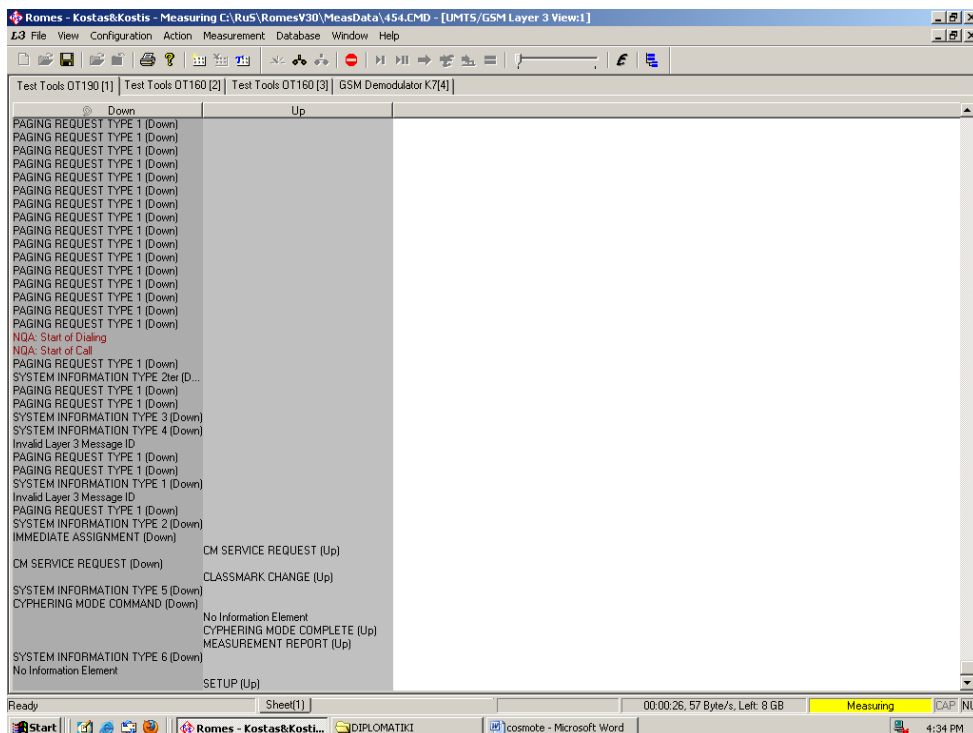
Από την εικόνα 3.23 συμπεραίνουμε ότι για τις συγκεκριμένες συχνότητες η εταιρεία Cosmote προσφέρει μία αρκετά καλή κάλυψη σύμφωνα με τις τιμές RxLev των καναλιών. Αρκετά καλή θεωρείται η κάλυψη όταν η τιμή του RxLev είναι ίση ή μεγαλύτερη από τα -85 dBm. Η τιμή -92 dBm η οποία αναφέρεται για το κανάλι 975 χαρακτηρίζει την κάλυψη ως ικανοποιητική για το συγκεκριμένο κανάλι. Παρακάτω ακολουθεί η μέτρηση Scan View για τη δεύτερη συσκευή η οποία φέρει κάρτα SIM της εταιρείας Vodafone και σαρώνει τα κανάλια που ανήκουν στην συγκεκριμένη εταιρεία για την υπηρεσία GSM 900. Από τη μέτρηση η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 3.24, παρατηρεί κανείς ότι η εταιρεία Vodafone διαθέτει κάλυψη η οποία χαρακτηρίζεται ως μέτρια αλλά αποδεκτή για τα κανάλια των οποίων οι τιμές για το RxLev κυμαίνονται έως τα -95 dBm, ενώ σε κανάλια με τιμές RxLev κάτω από τα -95 dBm, όπως είναι το κανάλι 51 με τιμή λαμβανόμενης ισχύος ίση με -106 dBm, η κάλυψη θεωρείται κακή.



Εικόνα 3.24:GSM Scan View-Vodafone

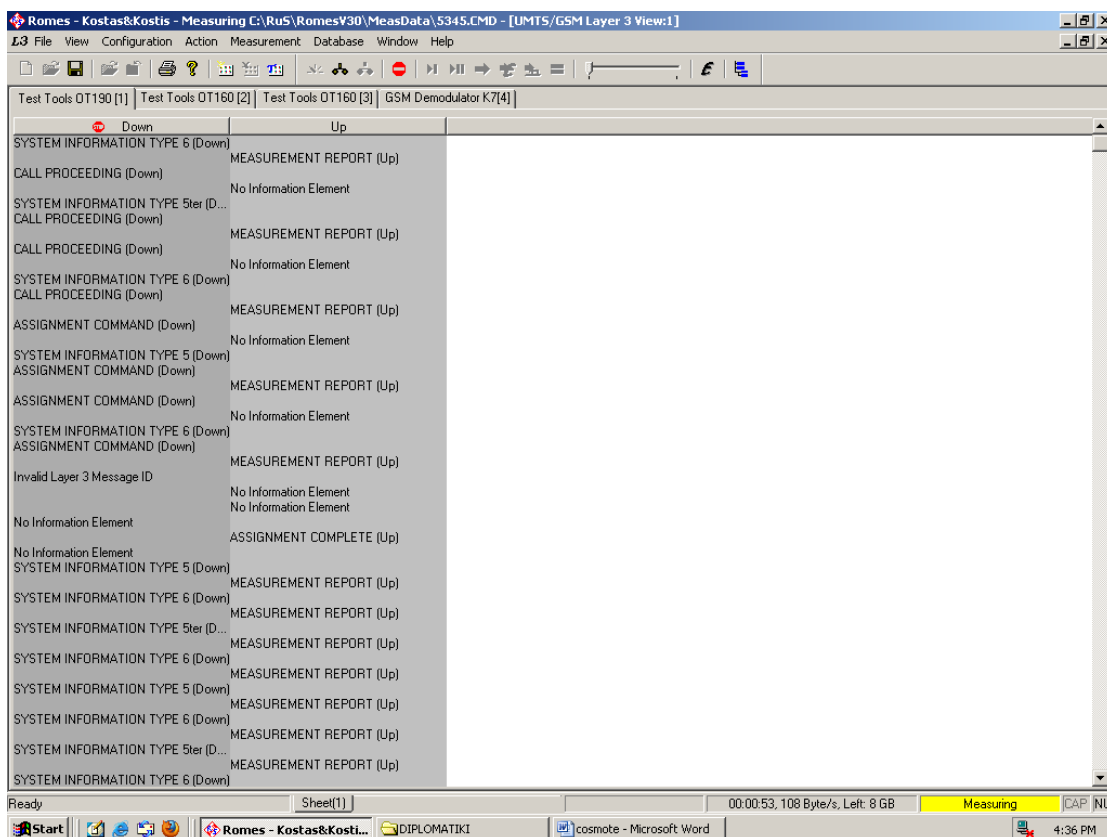
Συμπερασματικά, για το χώρο που διεξάγονται οι μετρήσεις την καλύτερη κάλυψη την προσφέρει το δίκτυο της Cosmote και αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με προηγούμενες μετρήσεις, όπου διατυπώθηκε η εικασία ότι μάλλον βρισκόμαστε σχετικά κοντά σε σταθμό βάσης της Cosmote.

Στη συνέχεια ακολουθεί η μέτρηση που ονομάζεται **UMTS/GSM Layer 3 View** και περιλαμβάνει τα μηνύματα που ανταλλάσσονται στο επίπεδο 3 της διεπαφής Um. Απαραίτητη προϋπόθεση για να εμφανιστούν τα μηνύματα αυτά στο παράθυρο UMTS/GSM Layer 3 View, είναι η εναλλαγή της λειτουργίας των κινητών τηλεφώνων από Scan σε Normal έτσι ώστε να έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιούν κλήσεις. Ακολούθως, παρατίθεται η μέτρηση αυτή για ένα από τα τρία κινητά που διαθέτει την κάρτα SIM της εταιρείας Cosmote. Αντίστοιχες είναι οι μετρήσεις UMTS/GSM Layer 3View και για τα άλλα δύο κινητά τηλέφωνα, οι οποίες βρίσκονται στο παράρτημα Γ.



Εικόνα 3.25:UMTS/GSM Layer 3 View-Cosmote(1/3)

Ξεκινώντας με την εικόνα 3.25, παρατηρούμε ότι στο πάνω μέρος του παραθύρου υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της κινητής συσκευής της οποίας τα δεδομένα θέλουμε να προβληθούν, επίσης το κάτω πλαίσιο χωρίζεται σε δύο κατευθύνσεις, downlink και uplink. Οι ενδείξεις Start of Dialing και Start of Call δηλώνουν το σημείο όπου πληκτρολογείτε ο αριθμός και το κινητό ξεκινά να καλεί. Το μήνυμα IMMEDIATE ASSIGNMENT(Down) στέλνεται μέσω του καναλιού AGCH από το δίκτυο προκειμένου να αποδώσει στο κινητό ένα κανάλι σηματοδοσίας SDCCH. Στη συνέχεια μέσω του αποδιδόμενου καναλιού SDCCH διαβιβάζεται το CM SERVICE REQUEST(Ur) προκειμένου το κινητό να περιγράψει την αιτούμενη υπηρεσία. Το δίκτυο από την μεριά του απαντά στο αίτημα του κινητού, συνήθως με ένα αντίστοιχο μήνυμα CM SERVICE ACCEPT ή CM SERVICE REJECT που σημαίνει ότι το αίτημα που έγινε αποδεκτό ή απορρίφθηκε αντίστοιχα. Έπειτα το κινητό με το μήνυμα CLASSMARK CHANGE(Ur) που στέλνει στο δίκτυο μέσω του καναλιού SDCCH δηλώνει ότι υπάρχει αλλαγή στην σηματοδοσία. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικό είναι το μήνυμα CIPHERING MODE COMMAND(Down) που στέλνει το δίκτυο στο κινητό μέσω του καναλιού DCCH και το ενημερώνει ότι έχει ξεκινήσει η διαδικασία κρυπτογράφησης των δεδομένων και πως πρέπει και το κινητό να κρυπτογραφεί και να αποκρυπτογραφεί τα δεδομένα που πρόκειται να μεταφερθούν. Το κινητό επιβεβαιώνει τη συμμόρφωση προς τις οδηγίες κρυπτογράφησης με το μήνυμα CIPHERING MODE COMPLETE(Ur).

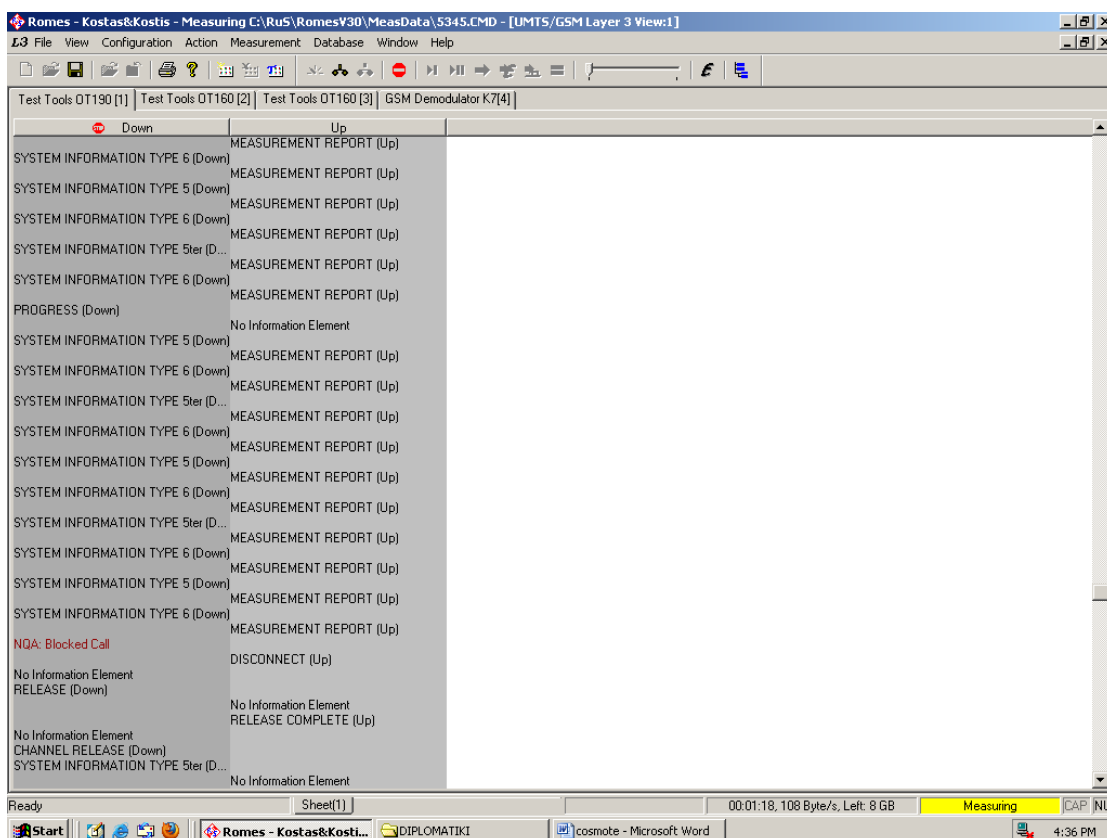


Εικόνα 3.26:UMTS/GSM Layer 3 View-Cosmote(2/3)

Με το μήνυμα MEASUREMENT REPORT(Ur) το οποίο στέλνει το κινητό προς το δίκτυο μέσω του καναλιού SACCH, στέλνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διενεργεί επί του καναλιού σηματοδοσίας. Το επόμενο μήνυμα που στέλνεται είναι από το κινητό προς το δίκτυο και έχει την ένδειξη SETUP(Ur). Το μήνυμα αυτό περιέχει όλη την αναγκαία πληροφορία για την αποκατάσταση της κλήσης, π.χ. καλούμενος αριθμός. Η διαδικασία συνεχίζεται με τις εικόνες 3.26 και 3.27. Στην εικόνα 3.26 που αποτελεί συνέχεια των μηνυμάτων που βρίσκονται στην εικόνα

3.25, βρίσκεται το μήνυμα CALL PROCEEDING(Down) όπου στέλνει από το δίκτυο στο κινητό για να το ενημερώνει πως έχει λάβει το μήνυμα SETUP και για την πρόοδο της κλήσης. Με το μήνυμα MEASUREMENT REPORT(Ur) το κινητό συνεχίζει να στέλνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο δίκτυο. Εν συνεχεία, το δίκτυο στέλνει ένα μήνυμα στο κινητό, το οποίο ονομάζεται ASSIGNMENT COMMAND(Down), το οποίο συνήθως σχετίζεται με την απόδοση καναλιού φωνής TCH. Το ASSIGNMENT COMPLETE(Ur) δηλώνει ότι ολοκληρώθηκε επιτυχώς η ανάθεση καναλιού.

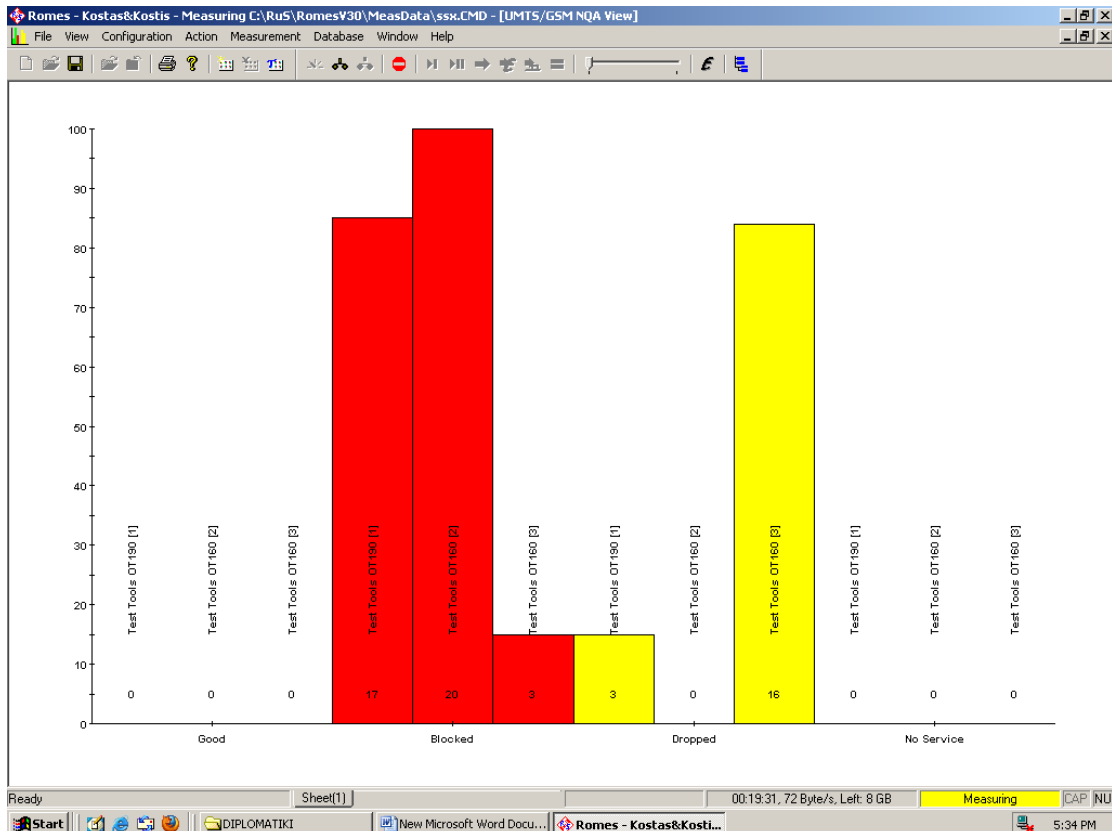
Στην εικόνα 3.27, φαίνεται η ολοκλήρωση της διαδικασίας με την απόλυση της κλήσης από την πλευρά του κινητού. Αυτό συμβαίνει με την αποστολή του μηνύματος DISCONNECT(UP) που ενημερώνει το δίκτυο για την έναρξη της απόλυσης της κλήσης. Το δίκτυο, στέλνει το μήνυμα RELEASE(Down) προς το κινητό, δηλώνοντας του ότι έλαβε το προηγούμενο μήνυμα του, και είναι έτοιμο να απελευθερώσει το συγκεκριμένο κανάλι που χρησιμοποιούσε το κινητό, αφού λάβει την αντίστοιχη επιβεβαίωση από το κινητό. Έτσι έρχεται η απάντηση από το κινητό προς το δίκτυο με το μήνυμα RELEASE COMPLETE(Ur) προκειμένου να αποδεσμευτεί το κανάλι. Τέλος ακολουθεί το μήνυμα CHANNEL RELEASE(Down) από το δίκτυο προς το κινητό το οποίο σημαίνει ότι το κανάλι έχει αποδεσμευτεί και πλέον δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το κινητό.



Εικόνα 3.27:UMTS/GSM Layer 3 View-Cosmote(3/3)

Η επόμενη μέτρηση που ακολουθεί ονομάζεται **UMTS/GSM NQA View** (εικόνα 3.28) και ουσιαστικά αυτό που κάνει είναι να καταγράφει και να εμφανίζει τα αποτελέσματα των κλήσεων σε γραφική μορφή. Οι κλήσεις καταγράφονται για κάθε κινητό ξεχωριστά, ενώ επίσης κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το αποτέλεσμα τους. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι μπάρες οι οποίες στο εσωτερικό μέρος τους αναγράφουν το κινητό από το οποίο έχει γίνει η κλήση. Για παράδειγμα, αναφέρονται τα κινητά Test Tools OT190(1), Test Tools OT160(2), Test Tools OT160(3), όπως επίσης βλέπουμε και τον αριθμό των κλήσεων που έχουν γίνει από κάθε κινητό στο κάτω μέρος των μπαρών.

Οι κλήσεις οι οποίες έχουν γίνει ταξινομούνται ανάλογα με το αποτέλεσμα τους σε Good, Blocked, Dropped και No Service. Στην κατηγορία Good (πράσινο χρώμα) ανήκουν οι κλήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν επιτυχώς. Ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι οι κλήσεις σε αυτό το τεστ δεν ολοκληρώνονται, διότι δεν απαντά ο καλούμενος χρήστης, οι περισσότερες κλήσεις εμφανίζονται στην κατηγορία Dropped. Στην κατηγορία Dropped (κίτρινο χρώμα) ανήκουν οι κλήσεις, οι οποίες απορρίπτονται για κάποιο λόγο π.χ στην περίπτωση μας δεν απαντά ο καλούμενος συνδρομητή. Στην κατηγορία Blocked (κόκκινο χρώμα) καταγράφονται οι ανεπιτυχείς κλήσεις. Τέλος στην κατηγορία No Service θα καταγράφονταν από το σύστημα οι κλήσεις, οι οποίες είχαν προγραμματιστεί για να γίνουν αλλά το κινητό που θα πραγματοποιούσε την κλήση δεν διέθετε την απαιτούμενη ισχύ σήματος.



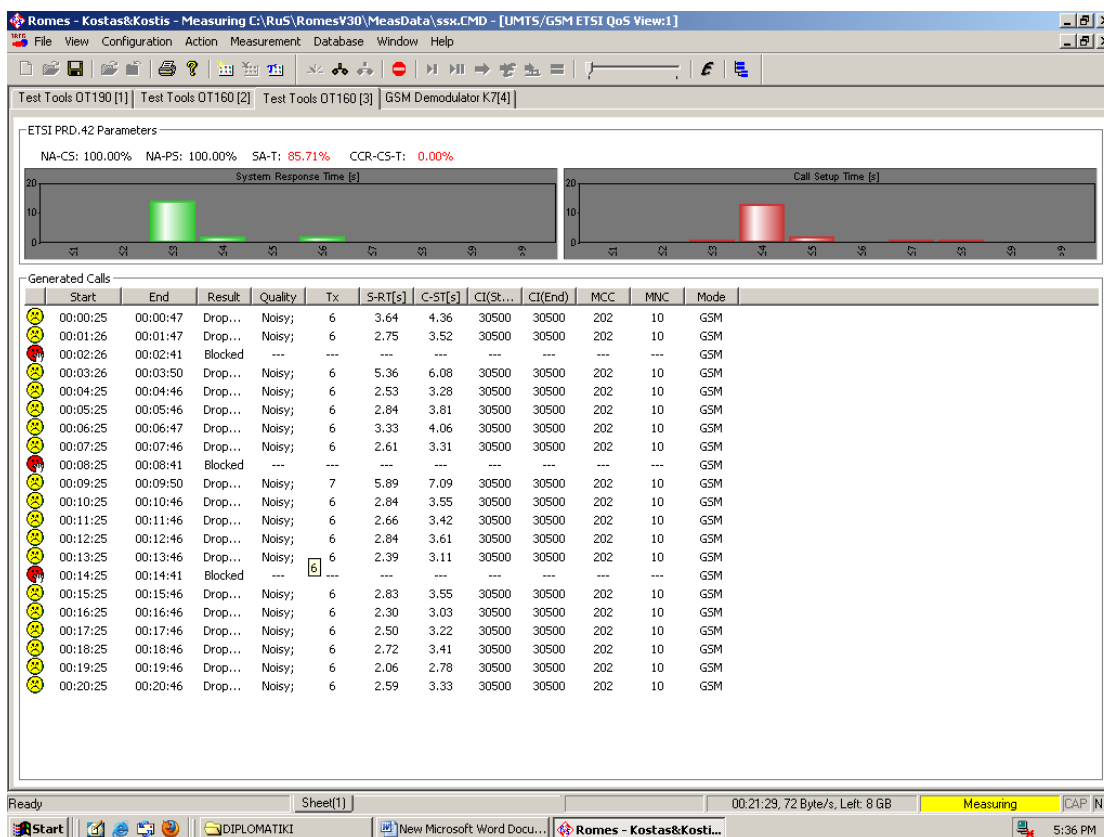
Εικόνα 3.28:UMTS/GSM NQA View

Η επόμενη κατά σειρά μέτρηση ονομάζεται **UMTS/GSM ETSI QoS View** (εικόνα 3.29) και περιλαμβάνει τις τιμές παραμέτρων, οι οποίες καταγράφηκαν μεταξύ των κλήσεων των κινητών τηλεφώνων. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.29 οι κλήσεις καταγράφονται ξεχωριστά για κάθε κινητό τηλέφωνο και από το πάνω μέρος του παραθύρου μπορούμε να επιλέξουμε την σχετική καρτέλα για να δούμε τις μετρήσεις του συγκεκριμένου τηλεφώνου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατίθεται η μέτρηση που αφορά τις κλήσεις που έγιναν από το κινητό που διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Wind. Οι μετρήσεις των άλλων δύο εταιρειών βρίσκονται στο παράρτημα Γ.

Το παράθυρο της μέτρησης χωρίζεται σε δύο πλαίσια, με το πάνω πλαίσιο να περιλαμβάνει κάποια στατιστικά μεγέθη, τα οποία έχουν υπολογιστεί για το σύνολο των κλήσεων και εκφράζονται σε ποσοστό επί τοις εκατό, ενώ το κάτω παρουσιάζει τις τιμές των παραμέτρων που έχουν καταγραφεί για κάθε κλήση. Πιο συγκεκριμένα, η παράμετρος NA-CS υπολογίζεται ως ο λόγος των επιτυχημένων προσπαθειών σύνδεσης στο δίκτυο GSM προς τον συνολικό αριθμό των προσπαθειών σύνδεσης στο δίκτυο. Η ποσότητα NA-PS εκφράζεται ως ο λόγος των επιτυχημένων προσπαθειών σύνδεσης στο δίκτυο GPRS προς τον συνολικό αριθμό των προσπαθειών σύνδεσης

στο δίκτυο. Η ποσότητα SA-T υπολογίζεται ως ο λόγος των επιτυχημένων προσπαθειών κλήσης αφού έχει ήδη προηγηθεί επιτυχής σύνδεση στο δίκτυο προς τον συνολικό αριθμό των προσπαθειών κλήσης. Στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο της εικόνας 3.29 είναι ο λόγος των κλήσεων που έγιναν Drop προς τον συνολικό αριθμό των προσπαθειών κλήσης. Τέλος, η παράμετρος CCR-CS-T ορίζεται ως ο λόγος των κλήσεων που τερματίστηκαν εσκεμμένα προς τον αριθμό των επιτυχημένων κλήσεων. Πριν από την διεξαγωγή της μέτρησης στις ρυθμίσεις που γίνονται τοποθετούνται κάποια αποδεκτά όρια σε αυτές τις τέσσερις παραμέτρους, και όποια τιμή αποκλίνει σημειώνεται με κόκκινο χρώμα. Ακριβώς από κάτω υπάρχουν δύο διαγράμματα μπαρών με ονομασίες System Response Time και Call Setup Time. Το διάγραμμα System Response Time

εκφράζει τον χρόνο μεταξύ του χρονικού σημείου που ξεκινά η προσπάθεια για κλήση και του χρονικού σημείου όπου υπάρχει επιτυχής πρόσβαση στο δίκτυο, ενώ το διάγραμμα Call Setup Time αποτυπώνει το διάστημα μεταξύ της χρονικής στιγμής όπου ξεκινά η εγκατάσταση της κλήσης αφού έχει υπάρξει προηγουμένως επιτυχημένη πρόσβαση στο δίκτυο μέχρι το σημείο που το κινητό ειδοποιείται από το δίκτυο ότι η παραπάνω διαδικασία ήταν πετυχημένη.



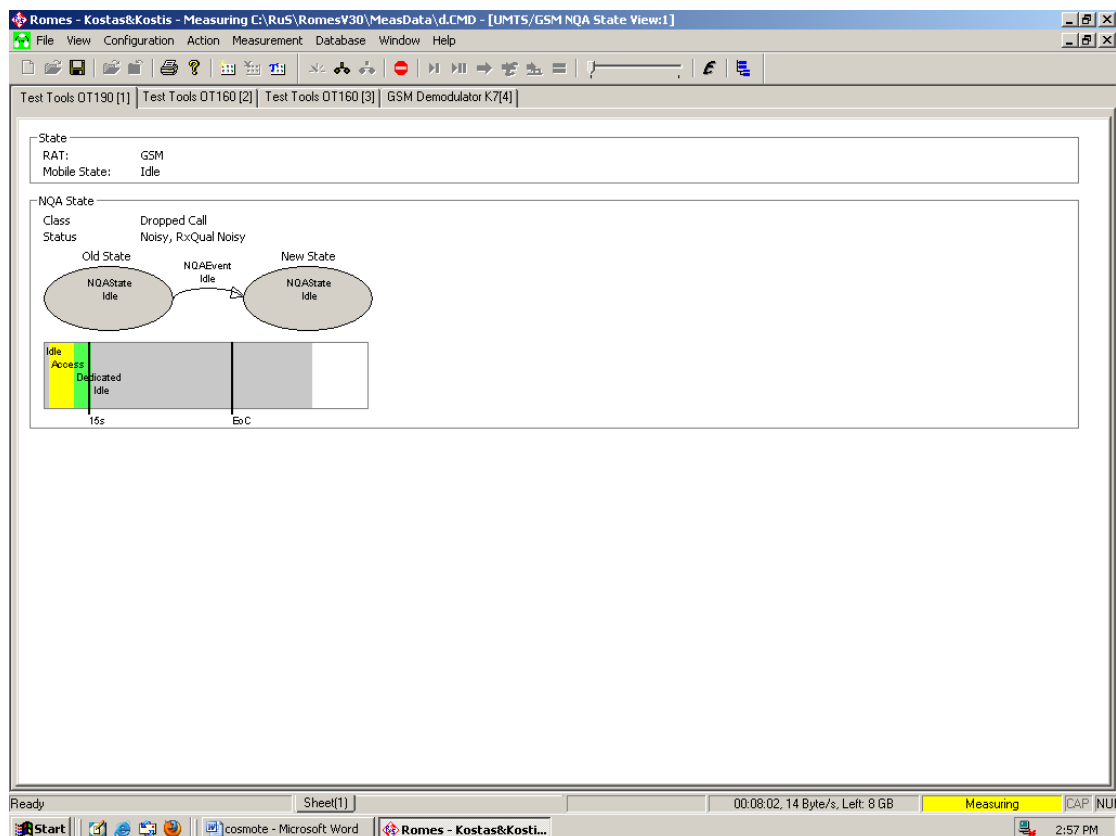
Εικόνα 3.29:UMTS/GSM ETSI QoS View-Wind

Στο κάτω πλαίσιο του παραθύρου της Εικόνας 3.29 βρίσκεται μία λίστα από τις κλήσεις που πραγματοποίησε το συγκεκριμένο κινητό και οι παράμετροι που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια της κλήσης. Αρχικά στο αριστερό μέρος βρίσκεται ένα χρωματικό σύμβολο το οποίο δηλώνει το αποτέλεσμα της κλήσης. Δίπλα από αυτό υπάρχει η στήλη Start η οποία αναφέρει τον χρόνο που ξεκίνησε η κλήση και έπειτα η στήλη End η οποία περιέχει τον χρόνο που τελείωσε η κλήση. Η στήλη Result καταγράφει το αποτέλεσμα της κλήσης και ταξινομεί τις κλήσεις σύμφωνα με τους χαρακτηρισμούς: Good, Dropped, Blocked και No Service. Ακριβώς από δίπλα βρίσκεται η στήλη Quality η οποία εκφράζει την ποιότητα της κλήσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση βλέπουμε ότι οι

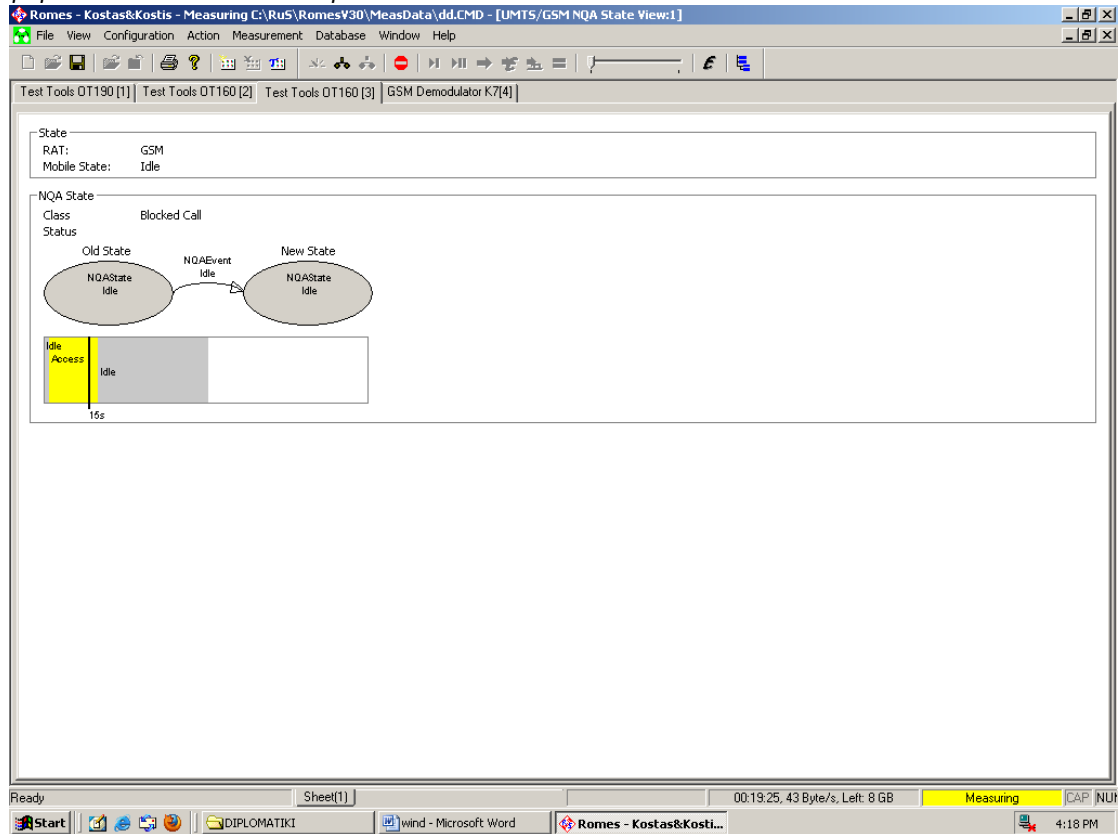
περισσότερες κλήσεις έχουν την ένδειξη Noisy, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει αρκετός θόρυβος. Έπειτα στην στήλη Tx βρίσκεται ένας αριθμός ο οποίος δηλώνει την μέγιστη ισχύ που μεταδίδει το κινητό κατά την διάρκεια της κλήσης, ενώ ακολουθούν οι στήλες S-RT και C-ST οι οποίες περιλαμβάνουν τους χρόνους System Response Time και Call Setup Time αντίστοιχα. Οι έννοιες αυτές είναι ταυτόσημες με εκείνες των διαγραμμάτων που βρίσκονται παραπάνω, μόνο που τώρα εκφράζονται με αριθμητική τιμή και μετρούνται σε δευτερόλεπτα.

Η παράμετρος CI-Cell Identity δηλώνει τον αριθμό του κελιού στο οποίο βρισκόμαστε, με την ένδειξη Start αναφέρεται το κελί το οποίο χρησιμοποιούμε στην αρχή της κλήσης, ενώ με την ένδειξη End δηλώνεται το κελί στο οποίο βρισκόμαστε στο τέλος της κλήσης. Στην εικόνα 3.29 παρατηρούμε πως δεν έχει γίνει αλλαγή κελιού κατά την διάρκεια της κλήσης, με τον αριθμό του κελιού να παραμένει ίδιος. Επιπλέον εμφανίζονται πληροφορίες όπως είναι οι κωδικοί MCC,MNC καθώς επίσης και η υπηρεσία που χρησιμοποιείται(GSM/UMTS) στην στήλη Mode.

Τέλος ακολουθεί η μέτρηση **UMTS/GSM NQA State View** όπου μας δείχνει γραφικά την αλλαγές των καταστάσεων του κινητού σε μια κλήση και σε πραγματικό χρόνο όταν αυτή γίνεται.



Εικόνα 3.30:UMTS/GSM NQA State View (1/2)



Εικόνα 3.31:UMTS/GSM NQA State View (2/2)

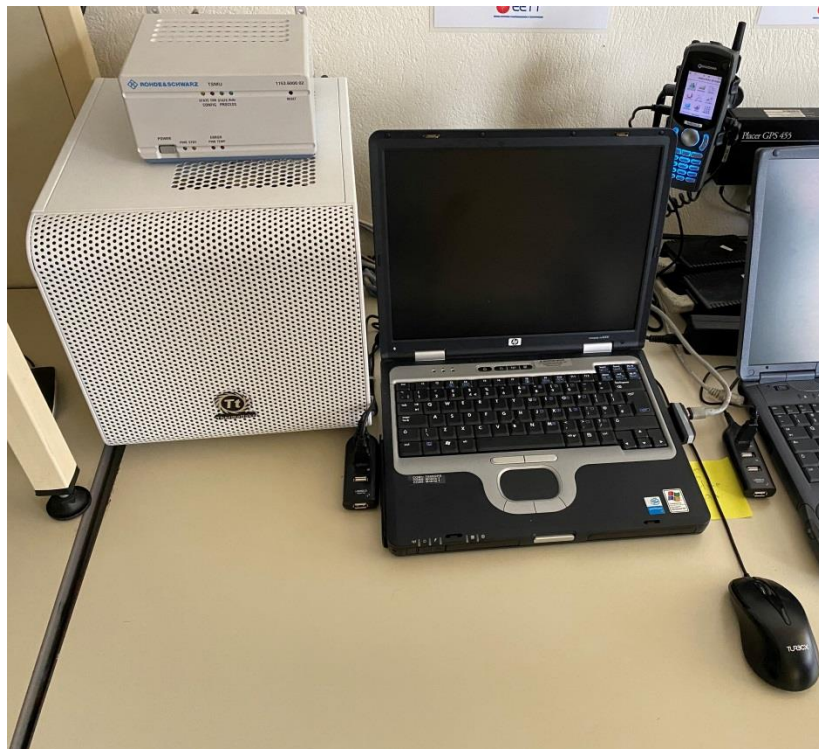
Οι εικόνες 3.30 και 3.31 προέρχονται από αυτή την μέτρηση. Παρατηρούμε ότι στο πάνω μέρος του παραθύρου υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του κινητού, το οποίο θέλουμε να εξετάσουμε μέσω της επιλογής της αντίστοιχης καρτέλας. Στην εικόνα 3.30 βλέπουμε το παράθυρο της μέτρησης όπου χωρίζεται σε δυο πλαίσια, με το πάνω πλαίσιο να αναφέρει κάποιες βασικές πληροφορίες σχετικά με την ασύρματη τεχνολογία που χρησιμοποιείται (RAT-Radio Access Technology) π.χ. το GSM, αλλά και για την κατάσταση του κινητού (Mobile State), η οποία είναι αδρανής (Idle) διότι την συγκεκριμένη χρονική στιγμή δεν καλεί.

Στο κάτω πλαίσιο του παραθύρου καταγράφονται πληροφορίες σχετικά με την κλήση που γίνεται. Η συγκεκριμένη κλήση απαντάται από τον συνδρομητή που λαμβάνει την κλήση και μετά από ένα χρονικό διάστημα απορρίπτεται από τον ίδιο. Στο πεδίο Class η κλήση κατηγοριοποιείται ως Dropped, ενώ θα έπρεπε να εισαχθεί στην κατηγορία Good. Επίσης, στο πεδίο Status το σύστημα μας πληροφορεί ότι η κλήση εμπειριέχε θόρυβο, καθώς έχει την ένδειξη Noisy. Παρακάτω υπάρχει μία μπάρα στα αριστερά της οποίας βλέπουμε την ένδειξη Idle με γκρι χρώμα όπου συμβολίζει την χρονική στιγμή κατά την οποία δεν υπάρχει σύνδεση του κινητού με το δίκτυο, στην συνέχεια με κίτρινο χρώμα και την ένδειξη Access είναι το σημείο που το κινητό αποκτά πρόσβαση στο δίκτυο και μετέπειτα με πράσινο χρώμα και τον συμβολισμό Dedicated αποτυπώνεται το διάστημα όπου γίνεται η κλήση. Τα ίδια ισχύουν και για την εικόνα 3.31 με την διαφορά ότι η κλήση που παρουσιάζεται σε εκείνη την εικόνα δεν απαντάται από τον παραλήπτη και εμφανίζεται με κατάσταση κλήσης (Class) ως Blocked, ενώ θα έπρεπε να συγκαταλέγεται στις κλήσεις με την ένδειξη Good. Οι αντίστοιχες μετρήσεις για τις υπόλοιπες συσκευές βρίσκονται στο παράρτημα Γ της εργασίας.

3.2 UMTS

3.2.1 Παρουσίαση εξοπλισμού UMTS

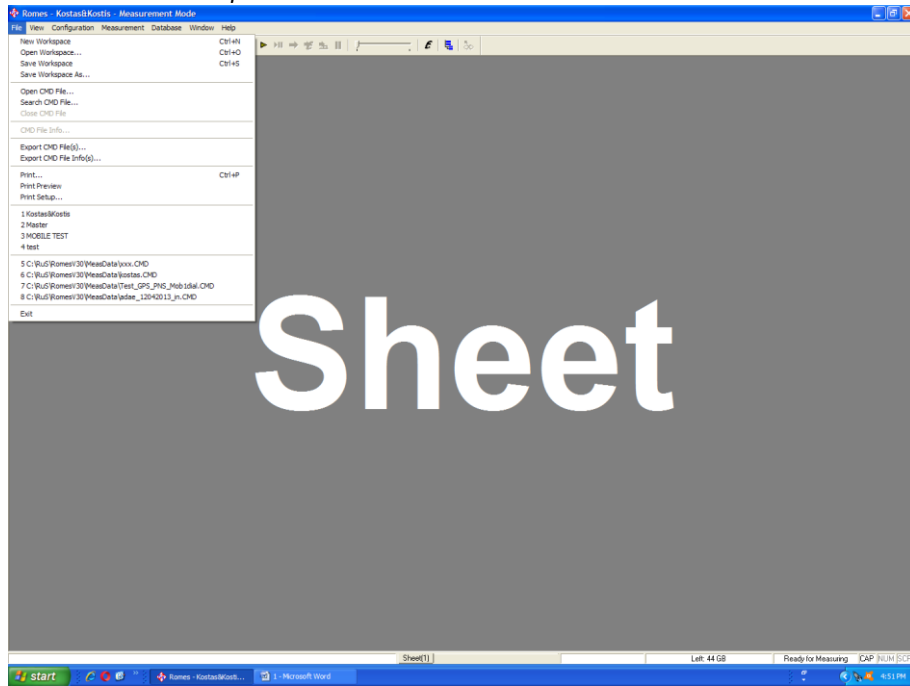
Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις του UMTS δικτύου αποτελείται από το μετρητικό σύστημα ROGER 3G της εταιρείας Rohde&Schwarz το οποίο περιλαμβάνει την μονάδα του υπολογιστή, τον σαρωτή TSMU επίσης της εταιρείας Rohde&Schwarz, και μία κινητή συσκευή της εταιρείας Qualcomm, η οποία διαθέτει κάρτα SIM της εταιρείας Vodafone. Η διάταξη που περιγράφεται παρουσιάζεται στην εικόνα 3.32.



Εικόνα 3.32:Μετρητική διάταξη UMTS

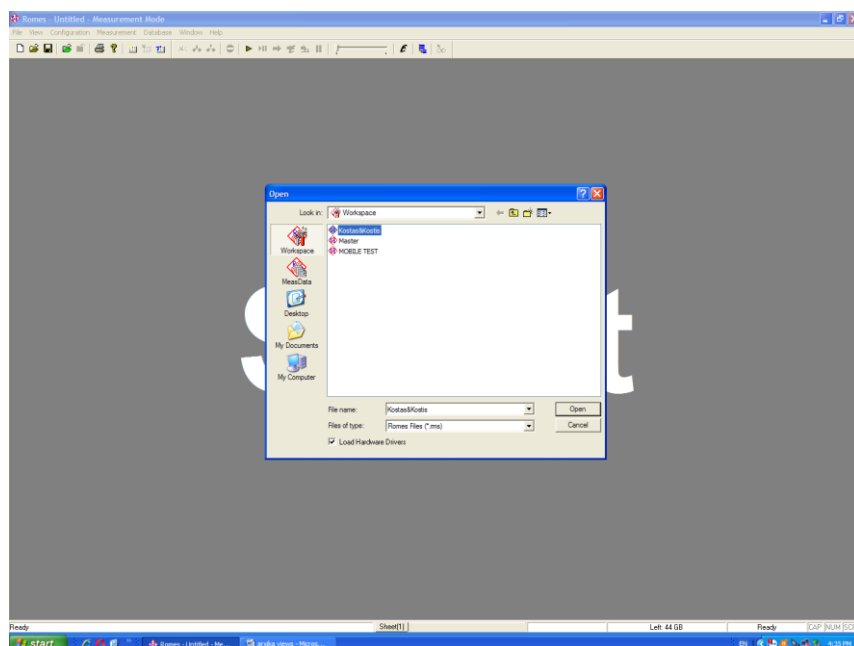
3.2.2 Έναρξη προγράμματος-Δημιουργία Workspace-Configuration

Για την διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 3.5 του λογισμικού ROMES της εταιρείας Rohde&Schwarz και η διαδικασία που ακολουθείται σε αυτό το στάδιο είναι αντίστοιχη εκείνης που παρουσιάστηκε στο GSM. Αρχικά πρέπει να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον εργασίας(workspace) και αυτό γίνεται από το menu File και στην συνέχεια με την επιλογή New Workspace όπως φαίνεται στην εικόνα 3.33. Έπειτα μας ζητείται να εισάγουμε ένα όνομα για το workspace προκειμένου να αποθηκευτεί και να είναι εύκολη η αναζήτηση του. Όπως και στην περίπτωση του GSM χρειάζεται να γίνουν μία σειρά από ρυθμίσεις (configuration) στο workspace προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων. Ωστόσο οι ρυθμίσεις αυτές αποθηκεύονται στο συγκεκριμένο workspace, και έτσι κάθε φορά που θέλουμε να εκτελέσουμε μετρήσεις, απλώς ανοίγουμε το συγκεκριμένο workspace με την επιλογή Open Workspace από το menu File(εικόνα 3.33), το επιλέγουμε και πατώντας την επιλογή Open (εικόνα 3.34) εργαζόμαστε σε αυτό χωρίς να χρειάζεται να γίνουν ξανά οι ρυθμίσεις.

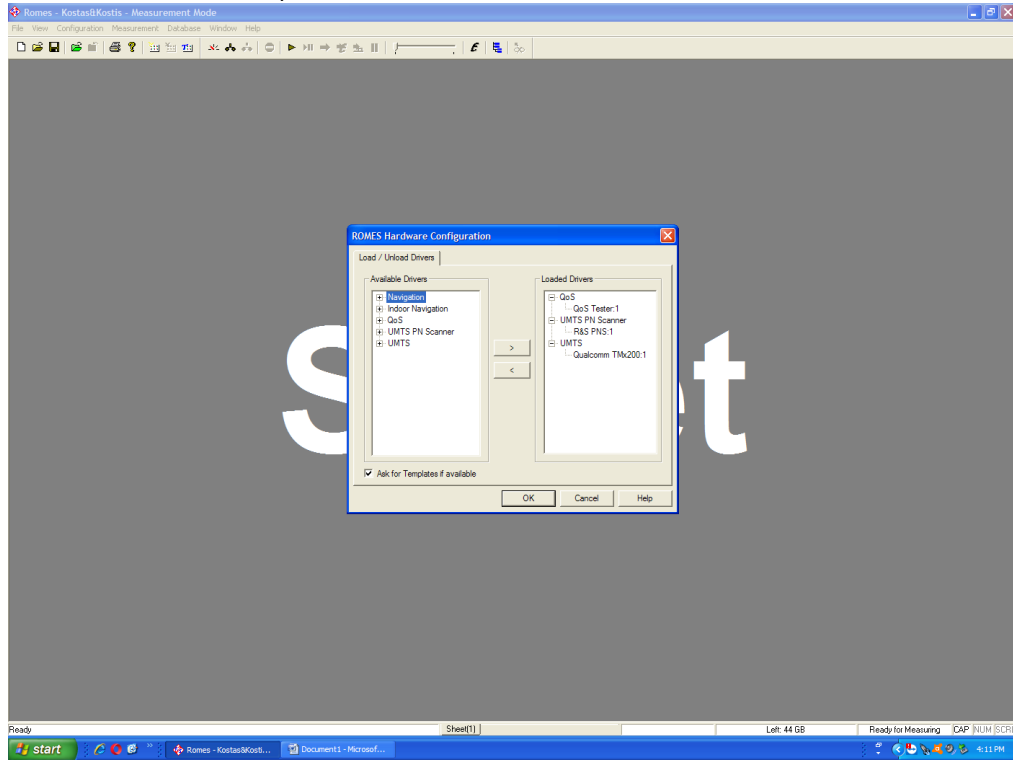


Εικόνα 3.33: Δημιουργία workspace

Στη συνέχεια αφού έχει δημιουργηθεί το workspace το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι η φόρτωση των προγραμμάτων οδήγησης των συσκευών. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην εικόνα 3.35. Μέσα από την επιλογή Hardware του menu Configuration εμφανίζεται το παράθυρο που βρίσκεται στην εικόνα 3.35. Στα αριστερά του παραθύρου βρίσκονται εκείνα τα προγράμματα, τα οποία θέλουμε να εισάγουμε στο σύστημα και στη συνέχεια με το δεξί βέλος τα τοποθετούμε στο δεξί μέρος του παραθύρου. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για την υπηρεσία QoS Tester με μετρήσεις που αξιολογούν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών που αναφέρονται σε δεδομένα (data). Εδώ να σημειώσω ότι το σύστημα ROGER 3G της εταιρείας Rohde&Schwarz έχει την δυνατότητα να εκτελεί και μετρήσεις που σχετίζονται με υπηρεσίες δεδομένων, παρόλα αυτά η κινητή συσκευή της εταιρείας Qualcomm που χρησιμοποιήθηκε δεν διαθέτει την απαραίτητη άδεια για υπηρεσίες δεδομένων. Για αυτό τον λόγο εκτελέστηκαν μόνο μετρήσεις φωνής, δηλαδή τηλεφωνικές κλήσεις.



Εικόνα 3.34: Επιλογή workspace



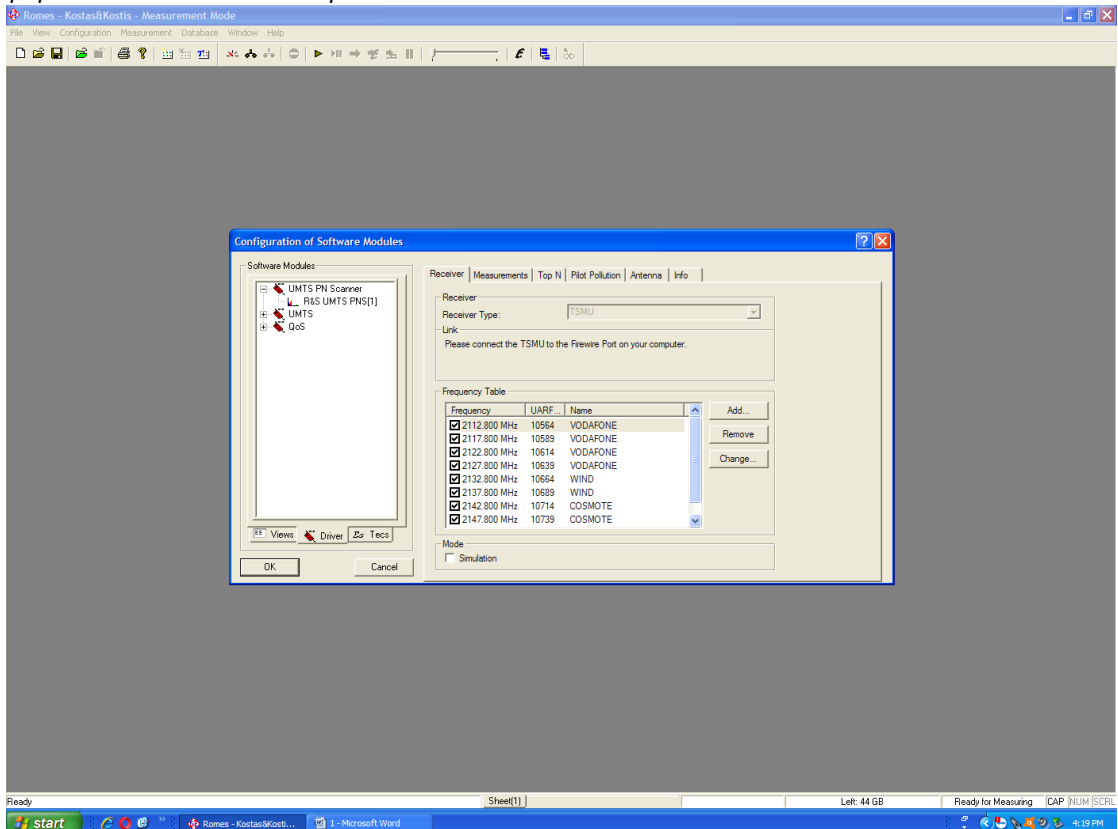
Εικόνα 3.35:Φόρτωση προγραμμάτων οδήγησης συσκευών

Αυτό σημαίνει ότι τα παράθυρα των μετρήσεων που αναφέρονται στην υπηρεσία QoS δεν θα εμφανίζουν QoS μετρήσεις για δεδομένα. Επίσης, προσθέτουμε τα προγράμματα οδήγησης συσκευών για τον σαρωτή (R&S PNS:1) και για το κινητό (Qualcomm TMx200:1). Συνεχίζουμε με τις ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν, ξεκινώντας από τον σαρωτή. Συγκεκριμένα, γίνεται η εισαγωγή των καναλιών UMTS που είναι διαθέσιμα από τους τρεις παρόχους κινητής τηλεφωνίας Cosmote, Vodafone, Wind. Οι τρεις αυτές εταιρείες για την παροχή της υπηρεσίας UMTS στην Ελλάδα χρησιμοποιούν δύο ζώνες συχνοτήτων: τη UMTS 900 και UMTS 2100. Ειδικότερα, τα κανάλια που χρησιμοποιεί η κάθε εταιρεία για το UMTS βρίσκονται στον πίνακα 3.4.

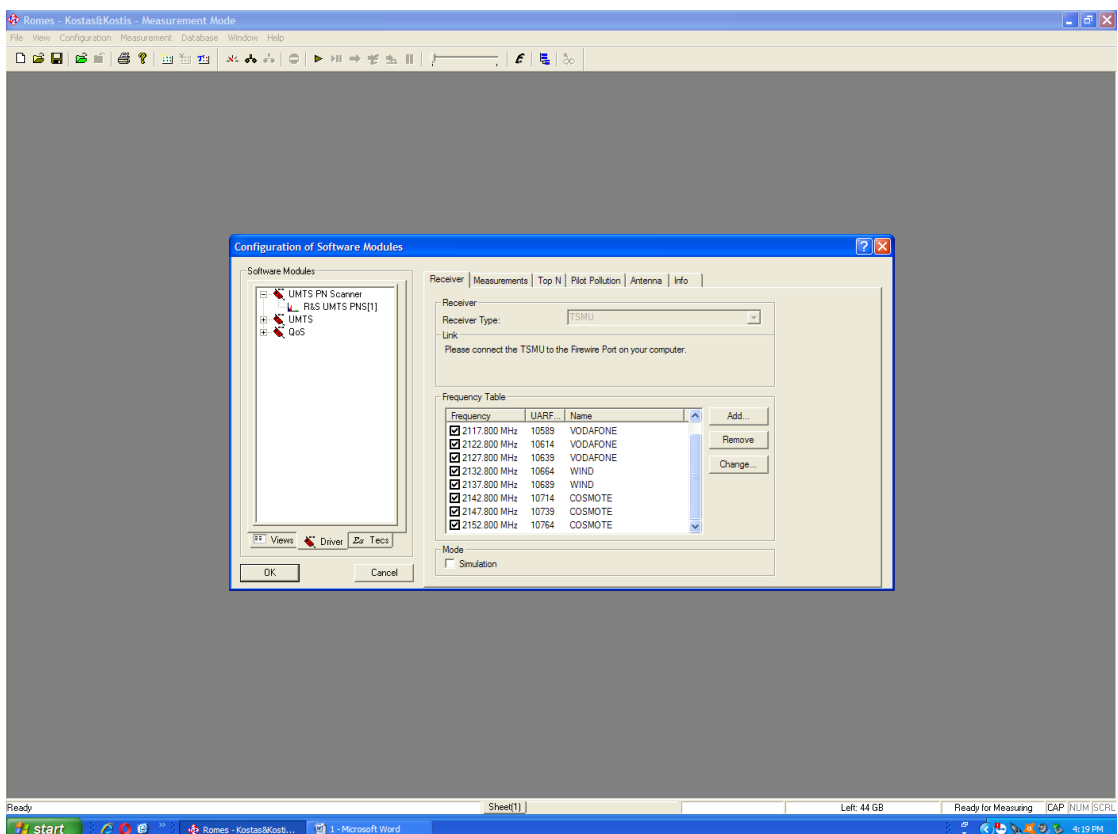
	Cosmote	Vodafone	Wind
UMTS 2100	10714,10739,10764	10564,10589,10614,10639	10664,10689
UMTS 900	2938	3062	

Πίνακας 3.4:Κανάλια UMTS ανά δίκτυο

Ακολουθώντας την διαδρομή από το menu Configuration και στην συνέχεια την επιλογή Settings, επιλέγουμε τον σαρωτή που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου και εισάγουμε τα κανάλια UMTS για την ζώνη συχνοτήτων 2100 MHz, και για τους τρεις παρόχους όπως φαίνεται στις εικόνες 3.36 και 3.37.



Εικόνα 3.36:Εισαγωγή καναλιών UMTS(1/2)

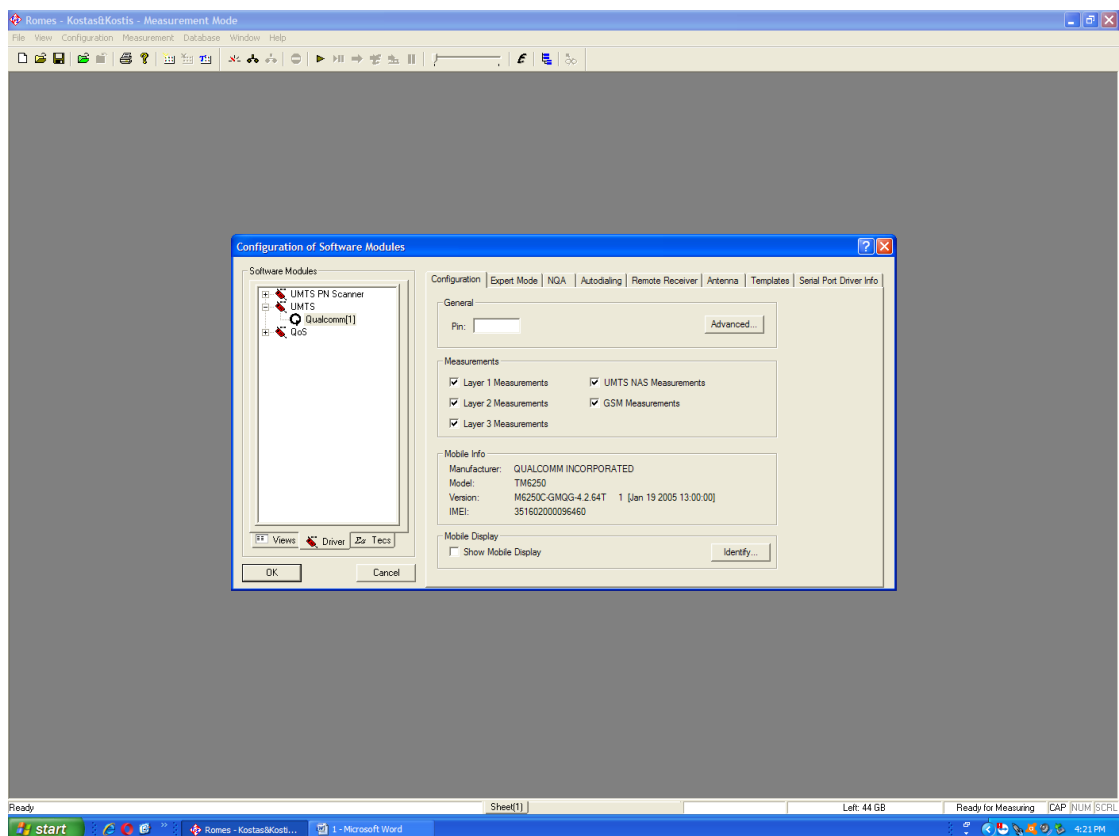


Εικόνα 3.37:Εισαγωγή καναλιών UMTS(2/2)

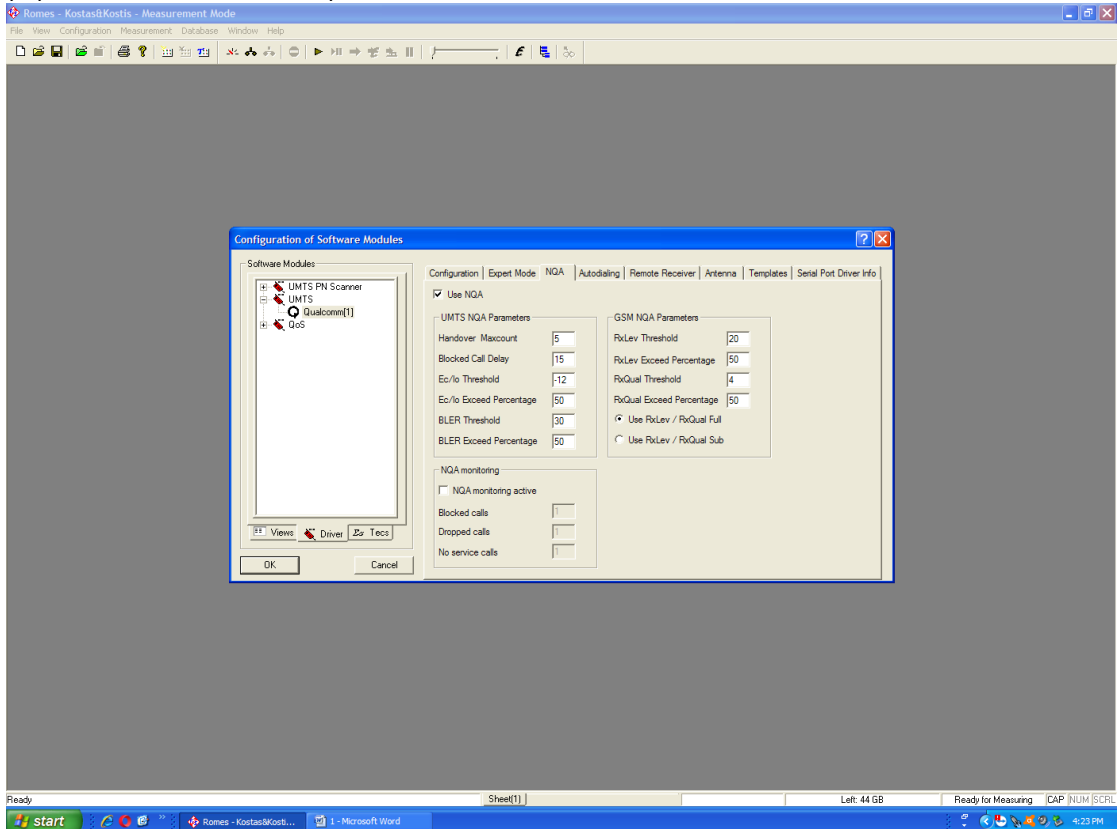
Στη συνέχεια, ακολουθούν οι ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν και αφορούν το κινητό τηλέφωνο. Από το menu Configuration και την επιλογή Settings, αυτή τη φορά κάνουμε κλικ πάνω στο κινητό τηλέφωνο και εμφανίζονται οι αντίστοιχες παράμετροι προς ρύθμιση. Στην καρτέλα Configuration

(εικόνα 3.38) και στο πλαίσιο Measurements επιλέγουμε τα δεδομένα τα οποία θέλουμε να περιλαμβάνονται στις μετρήσεις, ανάλογα με το επίπεδο(layer) στο οποίο ανήκουν.

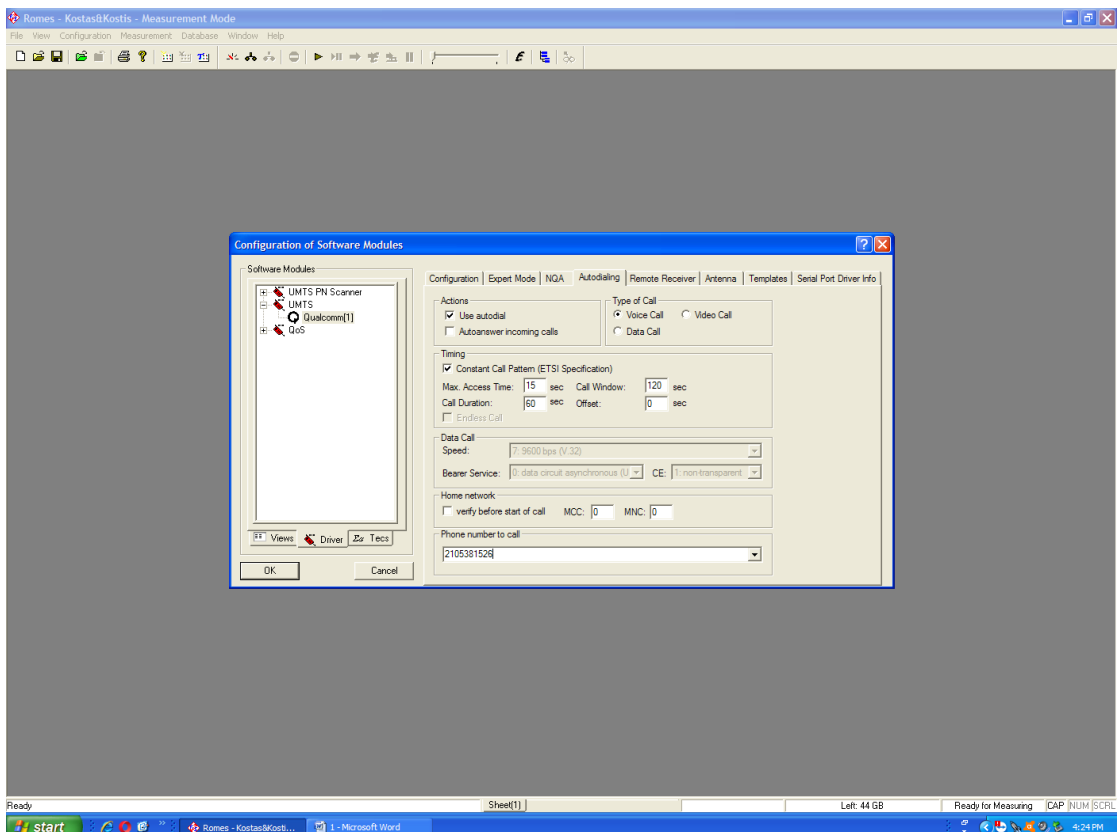
Στην εικόνα 3.39 βλέπουμε την καρτέλα NQA όπου βρίσκονται οι παράμετροι, οι οποίες σχετίζονται με τις μετρήσεις όπου καταγράφουν στατιστικά στοιχεία για κάθε κλήση, με σκοπό να ταξινομήσουν τις κλήσεις σε κάποιες συγκεκριμένες κατηγορίες ανάλογα με την έκβαση τους. Αυτές είναι οι μετρήσεις NQA (Network Quality Analysis). Η ανάλυση που γίνεται για τις συγκεκριμένες μετρήσεις είναι ίδια με εκείνη που γίνεται στις αντίστοιχες NQA GSM μετρήσεις. Σε αυτή την καρτέλα εισάγονται τιμές κατωφλίου στις παραμέτρους πριν ξεκινήσει η μέτρηση, με στόχο τα αποτελέσματα της μέτρησης να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια, αφού ταξινομούνται σύμφωνα με τα όρια που έχουν τεθεί. Αρχικά επιλέγεται το κουτί που έχει την ένδειξη Use NQA ώστε να ενεργοποιηθεί η λειτουργία NQA. Η παράμετρος Handover Maxcount περιέχει μία τιμή, η οποία εκφράζει τον μέγιστο αριθμό των διαδικασιών handover που μπορούν να γίνουν κατά την διάρκεια μιας κλήσης και μπορεί να πάρει τιμές από μηδέν έως πέντε.



Εικόνα 3.38:Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(1/3)



Εικόνα 3.39:Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(2/3)



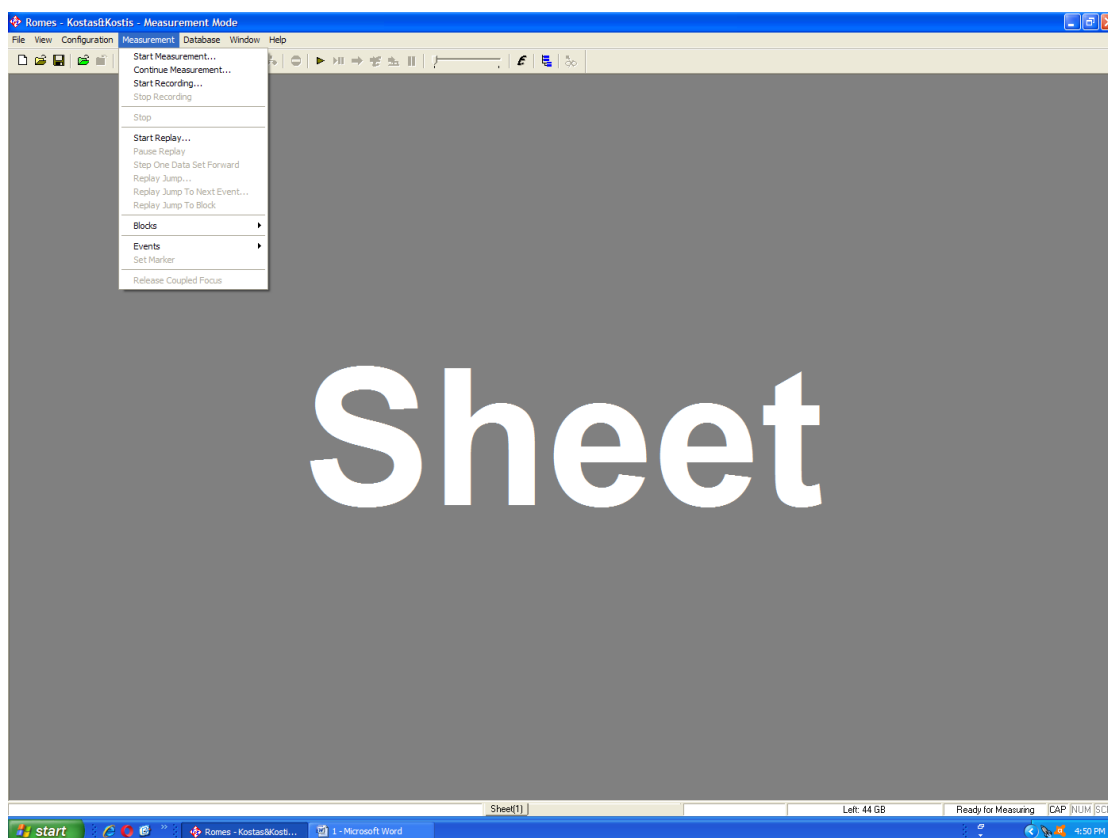
Εικόνα 3.40:Ρυθμίσεις κινητού τηλεφώνου(3/3)

Στη συγκεκριμένη περίπτωση η παράμετρος Handover Maxcount έχει την τιμή πέντε και αν στη μέτρηση προκύψει μεγαλύτερη τιμή από αυτή τότε θα αναφερθεί ότι στην κλήση υπήρχε υπερβολικός αριθμός διαδικασιών handover. Συνεχίζοντας με την εικόνα 3.39, εάν για παράδειγμα

η παράμετρος Ec/Io Threshold που εκφράζει τον λόγο του σήματος προς θόρυβο σε dB έχει τιμή μικρότερη από την τιμή κατωφλίου που ορίζεται, και είναι τα -12dB, τότε η κλήση χαρακτηρίζεται από θόρυβο. Είναι σημαντικό να τονιστεί εδώ ότι οι τιμές αυτές παρέχονται από το σύστημα και για τις μετρήσεις που ακολουθούν δεν έχουν παραμετροποιηθεί. Το επόμενο παράθυρο ρυθμίσεων του κινητού τηλεφώνου είναι ίσως το σημαντικότερο, καθώς εκεί ορίζονται οι βασικές παράμετροι της κλήσης. Πατώντας πάνω στην καρτέλα Autodialing ανοίγει το menu του προγράμματος όπως φαίνεται στην εικόνα 3.40.

Αρχικά στο πλαίσιο Actions επιλέγουμε την λειτουργία Use autodial καθώς θέλουμε η κινητή συσκευή να καλεί περιοδικά τον αριθμό που θα ορίσουμε, ενώ στο διπλανό πλαίσιο Type of Call διαλέγουμε την επιλογή Voice Call αφού θα πραγματοποιήσουμε μόνο κλήσεις φωνής. Έπειτα στο πλαίσιο Timing ορίζουμε κάποιες τιμές για την προτυποποίηση των κλήσεων, όπως είναι η παράμετρος Call Duration όπου δηλώνει την διάρκεια της κλήσης και η παράμετρος Call Window όπου δηλώνει τον χρόνο αναμονής μέχρι την επόμενη κλήση. Τέλος στο πεδίο Phone number to call εισάγεται ένας έγκυρος τηλεφωνικός αριθμός τον οποίο θα καλεί το κινητό.

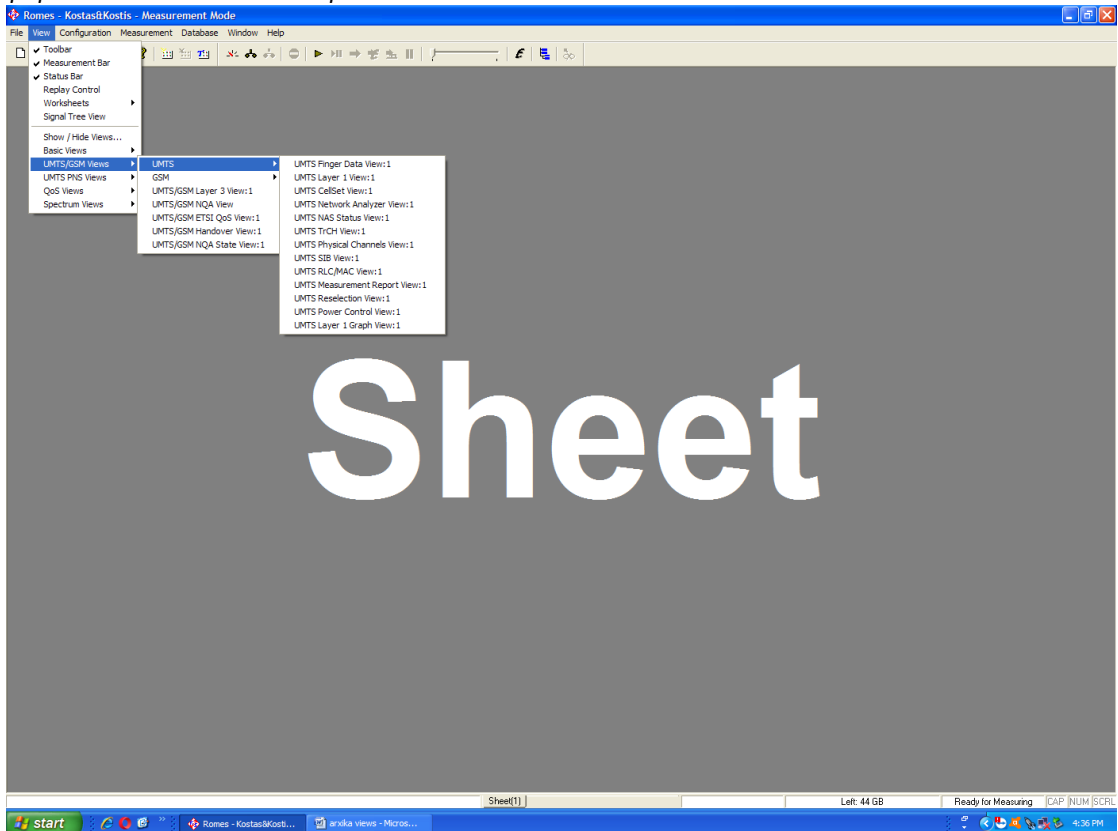
Αφού έχουν γίνει όλα τα παραπάνω, από το menu Measurement διαλέγουμε την επιλογή Start Measurement όπως φαίνεται στην εικόνα 3.41 και ξεκινά η διαδικασία των μετρήσεων.



Εικόνα 3.41: Έναρξη μετρήσεων

3.2.3 Μετρήσεις κινητού τηλεφώνου-UMTS

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν οι μετρήσεις, οι οποίες ελήφθησαν από τις τηλεφωνικές κλήσεις που έκανε το κινητό Qualcomm. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.42, πατώντας πάνω στην επιλογή View που βρίσκεται στο πάνω μέρος του παραθύρου του προγράμματος ROMES, εμφανίζονται στο κάτω μέρος του πτυσσόμενου μενού, οι μετρήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν.



Εικόνα 3.42:Μενού και υπομενού UMTS/GSM μετρήσεων

SC	Offset	Status	Div	OVSF	Ec/Io[dB]
38	140707	LTDP	No STTD	0	-4.9
38	140732	LTD	No STTD	0	-25.3
38	140688		No STTD	0	-27.4

Εικόνα 3.43:UMTS Finger Data View

Η πρώτη μέτρηση η οποία θα παρουσιαστεί βρίσκεται στην εικόνα 3.43 και ονομάζεται UMTS Finger Data View. Η συγκεκριμένη μέτρηση εμφανίζει κάποιες παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τα διαφορετικά σήματα WCDMA που λαμβάνονται από τον δέκτη Rake του κινητού. Κάθε γραμμή σε

αυτόν τον πίνακα προσδιορίζει ένα διαφορετικό σήμα, τα σήματα ταξινομούνται με βάση την παράμετρο E_c/I_0 η οποία θα αναλυθεί παρακάτω και το πιο ισχυρό σήμα εμφανίζεται στην κορυφή. Επίσης οι ισχύς των σημάτων απεικονίζονται με οριζόντιες χρωματιστές μπάρες όπου το μήκος της κάθε μπάρας δείχνει κατά αναλογία την ισχύ του σήματος.

Η πρώτη παράμετρος με την ονομασία SC-Scrambling Code χρησιμοποιείται για να αναγνωρίζει ο UE τον Node B στην κατεύθυνση Downlink, αλλά και το αντίστροφο δηλαδή να αναγνωρίζει ο Node B τον UE στην κατεύθυνση Uplink. Κάθε σταθμός βάσης διαθέτει τον δικό του SC, οπότε το κινητό όταν λαμβάνει τα σήματα από διάφορους σταθμούς βάσης με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διακρίνει και να επιλέξει εκείνον με τον οποίο θα επικοινωνήσει.

Η παράμετρος Offset υποδηλώνει μία διαφορά στο χρόνο άφιξης των σημάτων στο Rake δέκτη, ο οποίος τα αναγνωρίζει ως διαφορετικές συνιστώσες πολυδιαδρομικής διάδοσης. Επομένως, ίδιες τιμές για τις παραμέτρους SC και OVSF αλλά διαφορετικές τιμές στις παραμέτρους Offset και E_c/I_0 σημαίνει ότι τα σήματα προέρχονται από την ίδια πηγή εκπομπής αλλά ακολουθούν διαφορετική διαδρομή.

Στη συνέχεια για να μπορέσει να γίνει κατανοητή η ανάλυση των υπόλοιπων παραμέτρων είναι απαραίτητο σε αυτό το σημείο να παρουσιαστούν κάποιες βασικές έννοιες που σχετίζονται με τη λειτουργία του UMTS. Αρχικά θα εξηγηθεί το μέγεθος RSSI-Received Signal Strength Indicator, το οποίο εκφράζει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dBm. Το RSSI υπολογίζεται από την σχέση

$$\text{RSSI (dBm)} = \text{RSCP (dBm)} - E_c/I_0(\text{dB}) \quad (3.4)$$

Στον Πίνακα 3.5 που ακολουθεί αποτυπώνεται μια ταξινόμηση και αξιολόγηση των σημάτων με βάση την τιμή του RSSI.

RSSI(dBm)	Ισχύς Σήματος	Ερμηνεία
$\text{RSSI} \geq -70$	Εξαιρετική	Ισχυρό σήμα με τις μέγιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
$-85 \leq \text{RSSI} \leq -71$	Καλή	Δυνατό σήμα με καλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
$-100 \leq \text{RSSI} \leq -86$	Μέτρια	Μέτριο σήμα με ικανοποιητικές ταχύτητες αλλά και πιθανότητα απώλειας δεδομένων
$\text{RSSI} < -100$	Κακή	Πολύ μειωμένη απόδοση σήματος
$\text{RSSI} = -110$	Δεν υπάρχει σήμα	Δεν υπάρχει σήμα

Πίνακας 3.5: Ταξινόμηση σημάτων με βάση το RSSI

Ακολουθεί η παράμετρος RSCP-Received Signal Code Power, η οποία εκφράζει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος. Στον πίνακα 3.6 ταξινομούνται τα σήματα με βάση την τιμή του RSCP.

RSCP(dBm)	Ισχύς Σήματος	Ερμηνεία
$-60 \leq \text{RSCP} \leq 0$	Εξαιρετική	Ισχυρό σήμα με τις μέγιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
$-75 \leq \text{RSCP} \leq -61$	Καλή	Δυνατό σήμα με καλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
$-85 \leq \text{RSCP} \leq -76$	Μέτρια	Είναι δυνατόν να επιτευχθούν αξιόπιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
$-95 \leq \text{RSCP} \leq -86$	Κακή	Υπάρχει πιθανότητα απώλειας δεδομένων
$-124 \leq \text{RSCP} \leq -96$	Πολύ κακή	Πάρα πολύ κακή απόδοση

Πίνακας 3.6: Ταξινόμηση σημάτων με βάση το RSCP

Στη στήλη Status της μέτρησης UMTS Finger Data View βρίσκονται κάποιοι χαρακτήρες οι οποίοι εμφανίζονται, εφόσον ικανοποιούνται οι αντίστοιχες συνθήκες. Συγκεκριμένα, η ένδειξη L εμφανίζεται, εφόσον η τιμή του RSSI που μετράμε είναι μεγαλύτερη από την τιμή που έχει εισαχθεί στις ρυθμίσεις του συστήματος και αναπαριστά το πάνω όριο. Η ένδειξη T εμφανίζεται, εάν το RSSI που μετράμε είναι μεγαλύτερο από το πάνω όριο που έχει οριστεί και η λειτουργία time tracking lock είναι ενεργοποιημένη. Επιπλέον η ένδειξη D εμφανίζεται όταν η λειτουργία data combining lock είναι ενεργοποιημένη και η τιμή του RSSI είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή κατωφλίου που έχει οριστεί. Η ένδειξη P με την σειρά της αποτυπώνεται στο παράθυρο της μέτρησης όταν η λειτουργία data combining lock είναι ενεργοποιημένη και η τιμή του RSSI είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ισχύος.

Η επόμενη στήλη με την συντομογραφία Div. στην μέτρηση Finger Data αναφέρεται στον όρο Diversity ή αλλιώς στη διαφορική εκπομπή, δηλαδή στην τεχνική εκείνη στην οποία χρησιμοποιούνται πολλαπλές κεραίες εκπομπής και μία ή πολλαπλές κεραίες λήψης. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο της εξασθένισης του σήματος. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να υλοποιηθεί αυτή η τεχνική και στην συγκεκριμένη στήλη αναφέρεται η μέθοδος που χρησιμοποιείται. Με την ένδειξη STTD-Space Time Transmit Diversity αναφέρεται η τεχνική της διαφορικής εκπομπής στον χώρο και στον χρόνο σύμφωνα με την οποία το σήμα εκπέμπεται από πολλές κεραίες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, ώστε να προκύψουν πολλαπλές εκπομπές αυτού του σήματος που θα ληφθούν από την κεραία λήψης. Έτσι εάν το ένα σήμα έχει υποστεί αλλοιώσεις είναι λιγότερο πιθανό να έχει υποστεί και το δεύτερο, άρα είναι πιο εύκολη η διόρθωση και η ανάκτηση πληροφορίας από τον δέκτη. Η τεχνική STTD είναι προαιρετική για την διεπαφή αέρα UTRAN αλλά υποχρεωτική για τις τερματικές συσκευές του UE-User Equipment. Επίσης υπάρχει και η επιλογή TSTD –Time

Switched Transmit Diversity, δηλ. η διαφορική εκπομπή με χρονική μεταγωγή, η οποία χρησιμοποιείται στα κανάλια συγχρονισμού και λειτουργεί σύμφωνα με την εξής λογική: χωρίζεται η πληροφορία μετάδοσης ανάλογα με την αρίθμηση των timeslots και για εκείνα τα timeslots που έχουν άρτια αρίθμηση χρησιμοποιείται η μία κεραία εκπομπής, ενώ για εκείνα που έχουν περιττή αρίθμηση η άλλη. Τέλος η επιλογή SSDF –Site Selection Diversity Transmit λειτουργεί με την τεχνική της διαφορικής εκπομπής με επιλογή σταθμού βάσης. Αναλυτικότερα το σήμα που πρόκειται να μεταδοθεί εκπέμπεται από δύο ή και παραπάνω σταθμούς βάσης, με την προϋπόθεση ότι οι δύο αυτοί σταθμοί βάσης να έχουν μια συγκεκριμένη απόσταση προκειμένου τα σήματα αυτά να είναι ορθογωνικά, δηλαδή να μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ τους. Έτσι όταν τα σήματα φτάσουν στον κινητό σταθμό(UE) συνδυάζει τα σήματα για να δημιουργήσει ένα ισχυρότερο σήμα.

Επιστρέφοντας στην εικόνα 3.43 και στην μέτρηση Finger Data View παρατηρούμε ότι στην στήλη Div. αναφέρεται ότι και στα τρία σήματα που έχουν καταγραφεί δεν χρησιμοποιείται η τεχνική STTD χωρίς να δίνεται κάποια περαιτέρω πληροφορία. Έπειτα ακολουθεί η στήλη OVFSF η οποία περιλαμβάνει τον κωδικό OVFSF του κάθε σήματος. Η τιμή OVFSF=0 αντιστοιχεί σε Spreading Factor=256 και είναι η τυπική τιμή spreading για το CPICH που μετράμε.

Η τελευταία στήλη της μέτρησης Finger Data View αναφέρεται στην παράμετρο Ec/Io η οποία εκφράζει το λόγο της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit κώδικα(chip) προς τις παρεμβολές. Η ποσότητα Ec/Io παίρνει αρνητικές τιμές σε dB και όσο πιο κοντά στο μηδέν είναι η τιμή του, τόσο πιο ισχυρό είναι το σήμα και κατά συνέπεια τόσο καλύτερη και η ποιότητα του. Στην τελευταία στήλη της εικόνας 3.43 βρίσκεται η τιμή του Ec/Io για κάθε σήμα που λαμβάνεται και απεικονίζεται και γραφικά με την αντίστοιχη χρωματιστή οριζόντια μπάρα. Από τα δεδομένα που υπάρχουν γίνεται αντιληπτό ότι το πρώτο σήμα είναι εκείνο το οποίο είναι πιο ισχυρό και έχει καλύτερη ποιότητα με τιμή Ec/Io ίση με -4.9dB, ενώ τα υπόλοιπα δύο έχουν πολύ κακή ποιότητα σήματος.

Γενικά αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι σταθμοί βάσης(Node B) που εκπέμπουν αυτά τα σήματα απέχουν αρκετά από τον κινητό σταθμό(UE). Εναλλακτικά και στην περίπτωση που τα σήματα εκπέμπονται από τον ίδιο σταθμό βάσης η εξήγηση είναι ότι οι διαφορετικές διαδρομές προκαλούν διαφορετικές απώλειες. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης μέτρησης ισχύει η δεύτερη περίπτωση καθώς και τα τρία σήματα διαθέτουν τον ίδιο Scrambling Code και αυτό σημαίνει ότι προέρχονται από τον ίδιο σταθμό βάσης.

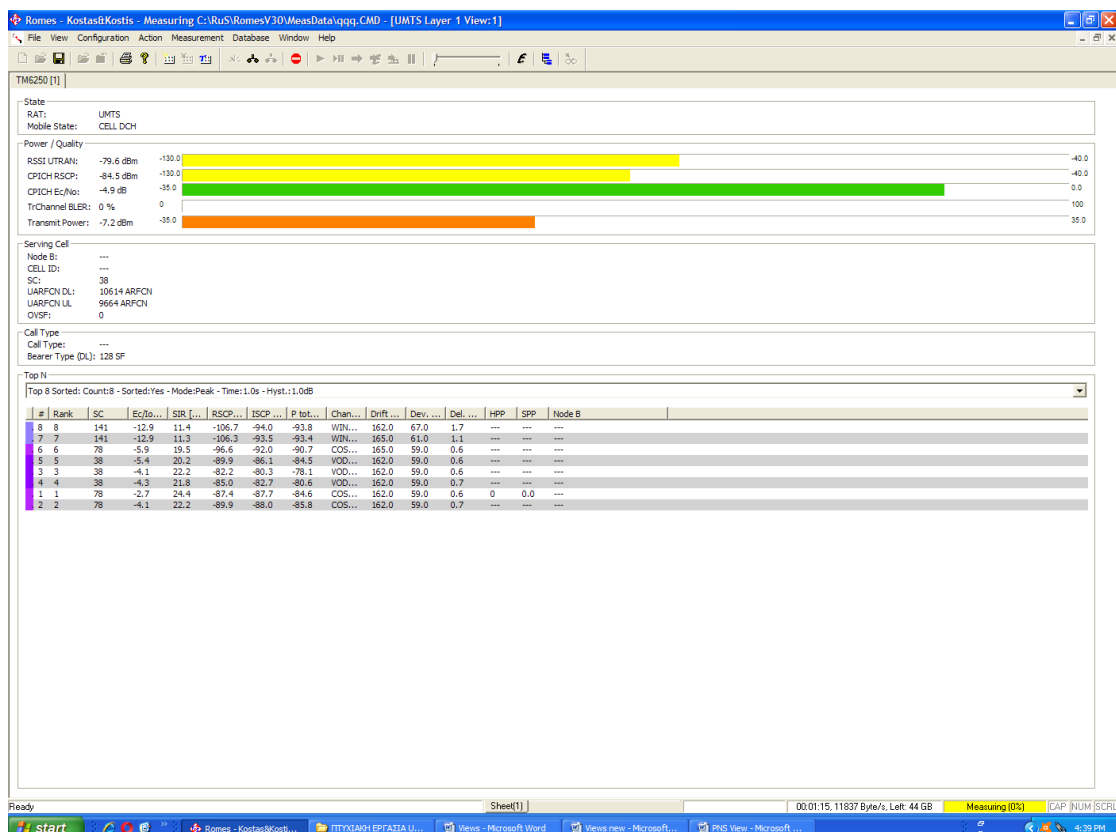
Ο πίνακας 3. 7 καταγράφει την ποιότητα των λαμβανόμενων σημάτων σύμφωνα με την τιμή της παραμέτρου Ec/Io.

Ec/Io(dB)	Ποιότητα σήματος	Ερμηνεία
0 έως -6	Εξαιρετική	Ισχυρό σήμα με τις μέγιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
-7 έως -10	Καλή	Ισχυρό σήμα με καλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων
		Αξιόπιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων

-11 έως -20	Μέτρια έως κακή	αλλά με πιθανότητα απώλειας δεδομένων, ειδικά όταν τιμή η τιμή βρεθεί κοντά στο -20 υπάρχει αρκετά μειωμένη απόδοση
-------------	-----------------	---

Πίνακας 3.7: Ταξινόμηση των σημάτων με βάση την τιμή του Ec/Io

Η μέτρηση που ακολουθεί ονομάζεται **UMTS Layer 1 View** και καταγράφει παραμέτρους του πρώτου επιπέδου (φυσικό επίπεδο). Οι τιμές που καταγράφονται αλλάζουν συνεχώς κατά την διάρκεια της κλήσης. Ακολουθεί το στιγμιότυπο της εικόνας 3.44 το οποίο έχει ληφθεί κατά την διάρκεια της κλήσης.



Εικόνα 3.44: UMTS Layer 1 View

Οι μετρήσεις της εικόνας 3.44 εμφανίζονται ανά κινητό σε περίπτωση που τα κινητά είναι περισσότερα από ένα αλλά στην συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχει μία μόνο συσκευή. Αρχικά στο πλαίσιο State και στο πεδίο RAT-Radio Access Technology αναφέρεται το όνομα ασύρματης τεχνολογίας πρόσβασης, δηλαδή το UMTS. Στο πλαίσιο Power/Quality εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με την ισχύ και την ποιότητα του σήματος που καταγράφεται από το κινητό, τόσο με αριθμητικές τιμές όσο και με γραφικό τρόπο με την χρήση οριζόντιων ράβδων.

Η πρώτη παράμετρος που εμφανίζεται σε αυτό το πλαίσιο είναι η RSSI UTRAN, η οποία έχει την ίδια ακριβώς έννοια με την παράμετρο RSSI όπως αναλύθηκε προηγουμένως. Η τιμή που έχει η συγκεκριμένη παράμετρος είναι -79.6dBm και σύμφωνα με τον Πίνακα 3.5 εξάγεται το συμπέρασμα ότι το σήμα που λαμβάνεται είναι ισχυρό και υπάρχει η δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων με αρκετά υψηλές ταχύτητες.

Η επόμενη παράμετρος CPICH RSCP εκφράζει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος που μετράτε στο κανάλι CPICH και σύμφωνα με τον πίνακα 3.6, η τιμή -84.5dBm που καταγράφηκε δηλώνει ότι μπορούν να επιτευχθούν αξιόπιστες ταχύτητες δεδομένων.

Ακολουθεί η παράμετρος CPICH Ec/No όπου ορίζεται ως ο λόγος της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit(chip) προς την πυκνότητα θορύβου και μετράτε στο CPICH κανάλι. Εναλλακτικά μπορεί να οριστεί ως το πηλίκο RSCP προς RSSI. Στη μέτρηση της εικόνας 3.44 έχει αριθμητική τιμή ίση με -4.9dB το οποίο σύμφωνα με τον πίνακα 7 που ταξινομεί τα σήματα ανάλογα με την τιμή της ποσότητας Ec/Io. Αυτό σημαίνει ότι η ποιότητα του σήματος είναι πάρα πολύ καλή.

Με την παράμετρο TrChannel BLER υπολογίζεται με την μορφή ποσοστού, η ποσότητα BLER-Block Error Rate μέσω της μεθόδου CRC-Cyclic Redundancy Check. Η παράμετρος BLER εκφράζει τον λόγο των block που βρέθηκαν λανθασμένα προς τον συνολικό αριθμό των block που αποστέλλονται. Στη συγκεκριμένη μέτρηση (εικόνα 3.44) το ποσοστό της μεταβλητής TrChannel BLER είναι 0% άρα δεν εντοπίστηκαν λανθασμένα block.

Τέλος, η παράμετρος Transmit Power που υπάρχει σε αυτό το πλαίσιο δηλώνει την συνολική ισχύ που εκπέμπεται από το κινητό. Έπειτα ακολουθεί το πλαίσιο Serving Cell το οποίο περιέχει πληροφορίες σχετικά με το κελί υπηρεσίας ή αλλιώς το κελί το οποίο χρησιμοποιείται. Η παράμετρος Node B έχει το όνομα του σταθμού βάσης εφόσον αυτό είναι διαθέσιμο, και στο πεδίο CELL ID βρίσκεται ο αριθμός του κελιού όπως και στο GSM. Στη συνέχεια υπάρχει ο κώδικας Scrambling Code-SC και επιπλέον υπάρχουν οι κωδικοί UARFCN-UTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number στις δύο κατευθύνσεις downlink και uplink. Από τους κωδικούς αυτούς μπορούν να υπολογιστούν οι συχνότητες downlink και uplink που χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων. Ο πίνακας 3.8 παρουσιάζει τις δύο ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα για την υπηρεσία UMTS, με περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τις τιμές των UARFCN και των συχνοτήτων στις δύο κατευθύνσεις UL και DL, εξάγεται το ακόλουθο συμπέρασμα. Στη μέτρηση εμφανίζεται η τιμή 10614 στην παράμετρο UARFCN DL και η τιμή 9664 στην παράμετρο UARFCN UL. Επομένως, η ζώνη συχνοτήτων η οποία χρησιμοποιείται είναι η UMTS 2100 ή αλλιώς IMT. Οι ακριβείς συχνότητες του καναλιού και για τις δύο κατευθύνσεις που καθορίζονται με βάση την τιμή του UARFCN, βρίσκονται πολλαπλασιάζοντας την κάθε μία τιμή, UARFCN DL και UARFCN UL επί 0.2. Έτσι προκύπτουν $f(\text{DL}) = 10614 * 0.2 = 2122.8\text{MHz}$ και $f(\text{UL}) = 9664 * 0.2 = 1932.8\text{MHz}$.

UTRA band	f(MHz)	Ονομασία	UARFCN UL	UARFCN DL	Συχνότητες UL(MHz)	Συχνότητες DL(MHz)
1	2100	IMT	9612-9888	10562-10838	1920-1980	2110-2170
8	900	E-GSM	2712-2863	2937-3088	880-915	925-960

Πίνακας 3.8: Ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στο UMTS

Ένας ιδιαίτερα χρήσιμος πίνακας είναι ο πίνακας B.2 ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα Β της εργασίας και παρουσιάζει τα κανάλια που χρησιμοποιούν οι εταιρείες Cosmote, Vodafone και Wind με βάση τους κωδικούς UARFCN (uplink και downlink) για τις ζώνες συχνοτήτων UMTS 900 και UMTS 2100. Επίσης αναγράφεται η ακριβής συχνότητα που χρησιμοποιεί κάθε κανάλι τόσο στην κατεύθυνση uplink όσο και στην downlink. Τέλος σε ότι αφορά τη μέτρηση, σε αυτό το πλαίσιο

υπάρχει και η παράμετρος OVSF που περιέχει όπως και στην μέτρηση Finger Data View τον κωδικό OVSF.

Στο κάτω μέρος του παραθύρου της μέτρησης UMTS Layer 1 View βρίσκεται ένας πίνακας ο οποίος περιέχει τα οκτώ καλύτερα κανάλια. Για την ακρίβεια περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα οκτώ καλύτερα σήματα που εκπέμπουν οι σταθμοί βάσης(Node Bs) που λαμβάνει ο κινητός σταθμός UE. Ξεκινώντας με την πρώτη στήλη στα αριστερά του πίνακα, υπάρχει η ένδειξη # και κάτω από αυτήν δίνεται μία αριθμητική τιμή σε κάθε σήμα που προέρχεται από ένα σταθμό βάσης. Η τιμή αυτή δεν είναι πολύ σημαντική καθώς εκφράζει απλά την στιγμή που προστέθηκε στη λίστα ο συγκεκριμένος σταθμός βάσης. Αντίθετα η στήλη Rank είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς ταξινομεί τα σήματα αυτά ανάλογα με την ποιότητα τους με βάση την τιμή της παραμέτρου E_c/I_o , η οποία στην συγκεκριμένη μέτρηση είναι η μέση τιμή και όχι η μέγιστη. Για την ποσότητα E_c/I_o γνωρίζουμε σύμφωνα και με τον πίνακα 7 πως οι καλύτερες τιμές είναι εκείνες που βρίσκονται κοντά στο μηδέν, οπότε το σήμα #1 έχει την καλύτερη τιμή η οποία ισούται με -2.7dB και έτσι στην στήλη Rank παίρνει τον αριθμό 1, αντίθετα το σήμα #8 έχει την χειρότερη τιμή E_c/I_o η οποία είναι -12.9dB και κατατάσσεται στην θέση 8 της στήλης Rank. Η διπλανή στήλη περιλαμβάνει τον Scrambling Code (SC) του κάθε σταθμού βάσης, ενώ ακολουθεί η στήλη με την παράμετρο E_c/I_o η οποία εκφράζει τον λόγο της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit(chip) κώδικα προς τις παρεμβολές με τη σημασία που του δίνει ο Πίνακας 3.7. Η επόμενη στήλη αναφέρεται στην μεταβλητή SIR-Signal to Interference Ratio, η οποία ορίζεται ως το πηλίκο του λαμβανόμενου σήματος προς τις παρεμβολές. Επίσης, από το μετρητικό σύστημα δίνεται η πληροφορία ότι η ποσότητα SIR υπολογίζεται ως RSCP/ISCP επί 256, όπου το 256 είναι η τιμή του παράγοντα διασποράς(SF) στο CPICH κανάλι. Ο λόγος SIR με βάση την εκάστοτε τιμή που έχει συχνά χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει την ισχύ του σήματος, στον πίνακα B.3, ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα B της εργασίας και χαρακτηρίζει την ποιότητα της σύνδεσης με βάση τις τιμές του SIR. Εν συνεχεία ακολουθεί η στήλη που περιλαμβάνει τις τιμές της παραμέτρου RSCP-Received Signal Code Power, ενώ η επόμενη στήλη περιλαμβάνει την παράμετρο ISCP-Interference Signal Code Power, η οποία εκφράζει τις παρεμβολές στον κώδικα του λαμβανόμενου σήματος. Ακολουθεί η στήλη με την παράμετρο P_{total} η οποία δηλώνει την συνολική λαμβανόμενη ισχύ που μετράτε στο κανάλι P-CPICH. Μέσω του συστήματος για τον υπολογισμό του μεγέθους P_{total} δίνεται η σχέση $P_{total} + E_c/I_o = RSCP$. Η επόμενη στήλη με το όνομα Channel περιλαμβάνει την συχνότητα του κάθε καναλιού αλλά και το όνομα του παρόχου στον οποίο ανήκει. Τέλος στην τελευταία στήλη του πίνακα εμφανίζονται τα ονόματα των σταθμών βάσης εφόσον αυτά είναι διαθέσιμα.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της Εικόνας 3.44 το δίκτυο της Cosmote εμφανίζει τις καλύτερες επιδόσεις με ελαφριά υπεροχή έναντι του δικτύου της Vodafone. Αντίθετα, το δίκτυο της Wind εμφανίζει σημαντικά χαμηλότερες επιδόσεις.

Η επόμενη μέτρηση ονομάζεται **UMTS CellSet View** και περιλαμβάνει ένα σύνολο παραμέτρων, οι οποίες αφορούν τόσο το λεγόμενο CellSet (Active Set), όσο και τα γειτονικά κελιά τα οποία βρίσκονται στο κάτω μέρος του παραθύρου(Neighbour Set).

The screenshot shows the UMTS CellSet View interface. The 'Active Set' table at the top contains one entry:

#	Serving	UARFCN	Ec/Io...	RSCP...	SC	TPC	Diver...	Sec. SC	O	Position	Node B
1	Yes	10614	-5.7	-77.8	38	0	No	not in use	0	140758	---

The 'Neighbour Set' table below it lists 29 neighboring cells:

#	UARFCN	Ec/Io...	RSCP...	SC	Diver...	Offset	State	Node B
29	10614	---	---	252	No	---	---	---
28	10614	---	---	422	No	---	---	---
27	10614	---	---	35	No	---	---	---
26	10614	---	---	494	No	---	---	---
25	10614	---	---	493	No	---	---	---
24	10614	---	---	490	No	---	---	---
23	10614	---	---	320	No	---	---	---
22	10614	---	---	20	No	---	---	---
21	10614	---	---	265	No	---	---	---
20	10614	---	---	141	No	---	---	---
19	10614	---	---	34	No	---	---	---
18	10614	---	---	339	No	---	---	---
17	10614	---	---	397	No	---	---	---
16	10614	---	---	400	No	---	---	---
15	10614	---	---	39	No	---	---	---
14	10614	---	---	308	No	---	---	---
13	10614	---	---	300	No	---	---	---
12	10614	---	---	209	No	---	---	---
11	10614	---	---	228	No	---	---	---
10	10614	---	---	227	No	---	---	---
9	10614	---	---	132	No	---	---	---
8	10614	---	---	130	No	---	---	---
7	10614	---	---	379	No	---	---	---
6	10614	---	---	248	No	---	---	---
5	10614	---	---	487	No	---	---	---
4	10614	---	---	280	No	---	---	---
3	10614	---	---	282	No	---	---	---
2	10614	---	---	173	No	---	---	---
1	10614	---	---	229	No	96467	---	---
1	10614	---	---	281	No	287906	---	---

Εικόνα 3.45:UMTS CellSet View

Στη μέτρηση UMTS CellSet View κάθε γραμμή του πίνακα είτε στο πάνω μέρος είτε στο κάτω αναπαριστά ένα κελί. Στο πλαίσιο Active Set όπου βρίσκεται η γραμμή που αφορά το κελί υπηρεσίας υπάρχει στο αριστερό τμήμα της γραμμής ένα χρωματικό σύμβολο το οποίο ορίζει τον χρωματικό κώδικα για αυτό το κελί. Ακολουθεί η στήλη με τον συμβολισμό # και την αριθμητική τιμή 1, η στήλη αυτή δηλώνει ουσιαστικά το πότε ανιχνεύθηκε το κελί υπηρεσίας και το κινητό συνδέθηκε με αυτό, αλλά και για τα υπόλοιπα γειτονικά κελιά η στήλη αυτή έχει χρονική σημασία καθώς λαμβάνουν μια αριθμητική τιμή στην στήλη # η οποία τα ταξινομεί με χρονολογική σειρά, ανάλογα με το πότε ανιχνεύθηκαν, ξεκινώντας με την τιμή 1. Η επόμενη στήλη με την ένδειξη Serving και την τιμή Yes δηλώνει ότι το συγκεκριμένο κελί είναι το κελί υπηρεσίας, η ένδειξη αυτή μπορεί να λάβει μόνο τις τιμές Yes και No, ανάλογα με το εάν το συγκεκριμένο κελί είναι ή όχι το κελί υπηρεσίας. Στη συνέχεια ακολουθεί η στήλη UARFCN, η οποία περιλαμβάνει την τιμή UARFCN για την κατεύθυνση downlink. Αν και δεν αναφέρεται η κατεύθυνση μπορεί να γίνει αντιληπτό ότι πρόκειται για downlink από το γεγονός ότι στην μέτρηση UMTS CellSet καταγράφονται τα σήματα που φτάνουν στον κινητό σταθμό (UE) από τους σταθμούς βάσης(Node Bs). Επίσης, από τον κωδικό UARFCN μπορεί να υπολογιστεί ακριβώς και η συχνότητα η οποία χρησιμοποιείται στην downlink κατεύθυνση.

Η επόμενη στήλη περιλαμβάνει την παράμετρο Ec/Io . Η τιμή της παραμέτρου Ec/Io για το κελί υπηρεσίας είναι -5.7dB , το οποίο σύμφωνα με τον πίνακα 3.7 σημαίνει ότι η ποιότητα του σήματος είναι εξαιρετική.

Ακολουθεί η στήλη με την παράμετρο RSCP όπου καταγράφεται η τιμή -77.8dBm . Με χρήση του πίνακα 3.6 συμπεραίνουμε ότι υπάρχει η δυνατότητα επίτευξης αξιόλογων ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων.

Μία ακόμη παράμετρος, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί και αναλυθεί στις προηγούμενες μετρήσεις, είναι ο κώδικας περίπλεξης (SC), ο οποίος στη συγκεκριμένη μέτρηση όπου εξετάζεται η downlink κατεύθυνση χρησιμεύει ώστε να μπορεί ο κινητός σταθμός(UE) να αναγνωρίζει από ποιον σταθμό βάσης(Node B) προήλθε το σήμα το οποίο έλαβε.

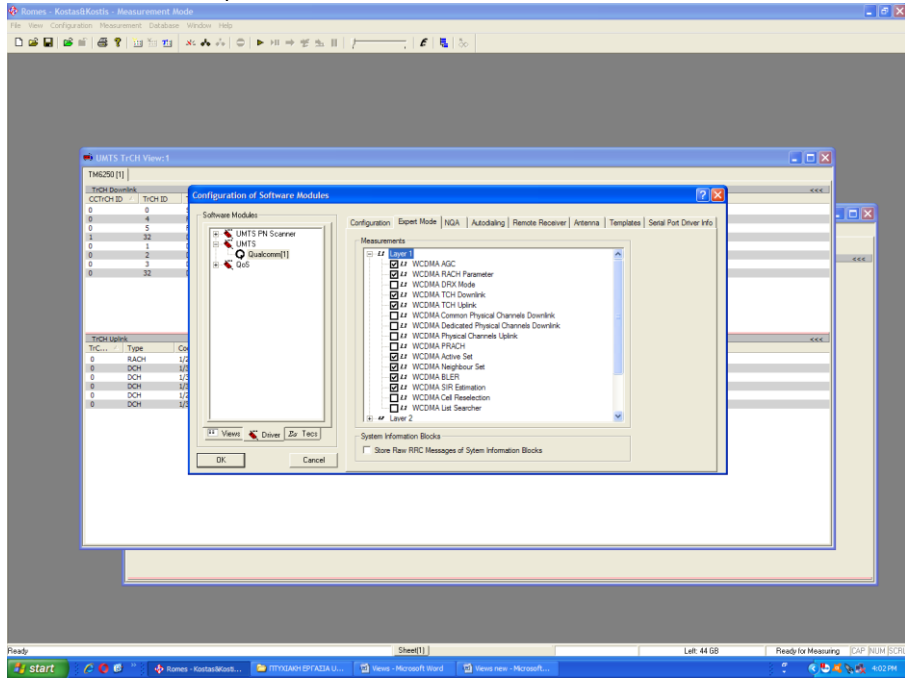
Η επόμενη στήλη με την ονομασία TPC αναφέρεται στη λειτουργία Transmit Power Control, όπου πρόκειται για μία λειτουργία του κινητού σταθμού να ρυθμίζει την ισχύ που εκπέμπει ώστε να διατηρείται ένα συγκεκριμένο επίπεδο στο λόγο σήματος προς παρεμβολή(SIR). Αυτό επιτυγχάνεται με τον εξής τρόπο: το κελί υπηρεσίας υπολογίζει τον λόγο SIR με βάση την ισχύ που εκπέμπει και γνωστοποιεί ο κινητός σταθμός στην κατεύθυνση uplink και στην συνέχεια συγκρίνει αυτή την τιμή με την επιθυμητή τιμή του λόγου SIR. Εάν αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή τότε μεταδίδεται στον κινητό σταθμό για την μεταβλητή TPC η τιμή μηδέν, με το οποίο ο κινητός σταθμός αντιλαμβάνεται ότι πρέπει να μειώσει την ισχύ που εκπέμπει, ενώ με την τιμή ένα στην μεταβλητή TPC ο UE αντιλαμβάνεται ότι πρέπει να αυξήσει την ισχύ εκπομπής του.

Ακολουθεί η στήλη με την ένδειξη Diversity όπου όπως και στην μέτρηση Finger Data αναφέρεται στην διαφορική εκπομπή. Στη γραμμή που αφορά κελί υπηρεσίας υπάρχει η τιμή No στη συγκεκριμένη στήλη, οπότε γίνεται σαφές ότι δεν χρησιμοποιείται κανενός είδους διαφορική εκπομπή.

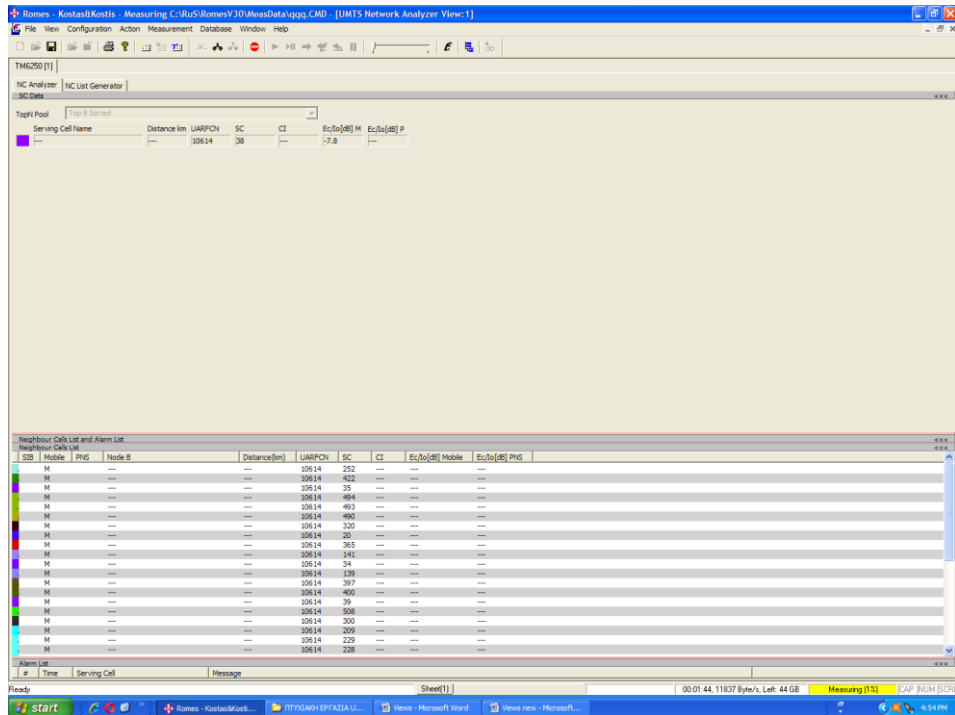
Έπειτα, η στήλη με την ένδειξη Sec.SC δηλώνει εάν το κελί χρησιμοποιεί και δεύτερο κωδικό περίπλεξης(SC), στη συγκεκριμένη περίπτωση αναγράφεται η φράση not in use που σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιεί. Στην επόμενη στήλη ακολουθεί ο κωδικός OVSF του σήματος. Τέλος, στην στήλη Node B εμφανίζεται εφόσον είναι διαθέσιμο, το όνομα του σταθμού βάσης από τον οποίο προέρχεται το σήμα. Στο κάτω μέρος της μέτρησης UMTS CellSet View και συγκεκριμένα στο πλαίσιο Neighbour Set εμφανίζονται οι ίδιες ακριβώς παράμετροι που αναλύθηκαν παραπάνω για το κελί υπηρεσίας, αλλά αυτή τη φορά αναφέρονται στα γειτονικά κελιά. Οι επιπλέον στήλες που υπάρχουν σε αυτό το πλαίσιο είναι εκείνες με τις ενδείξεις Offset και State. Στην στήλη State αναφέρεται η κατάσταση του γειτονικού κελιού με τιμές όπως Detected, Monitored, οι οποίες δηλώνουν ότι το κελί αυτό ανιχνεύθηκε ή καταγράφηκε αντίστοιχα, καθώς και το αντίθετο με τις επιλογές Not Detected και Not Monitored.

Σύμφωνα με αυτήν τη μέτρηση στο Active Set υπάρχει μόνο ένας Node B και ως εκ τούτου στη συγκεκριμένη σύνδεση δεν γίνεται χρήση της διαδικασίας του Soft Handover.

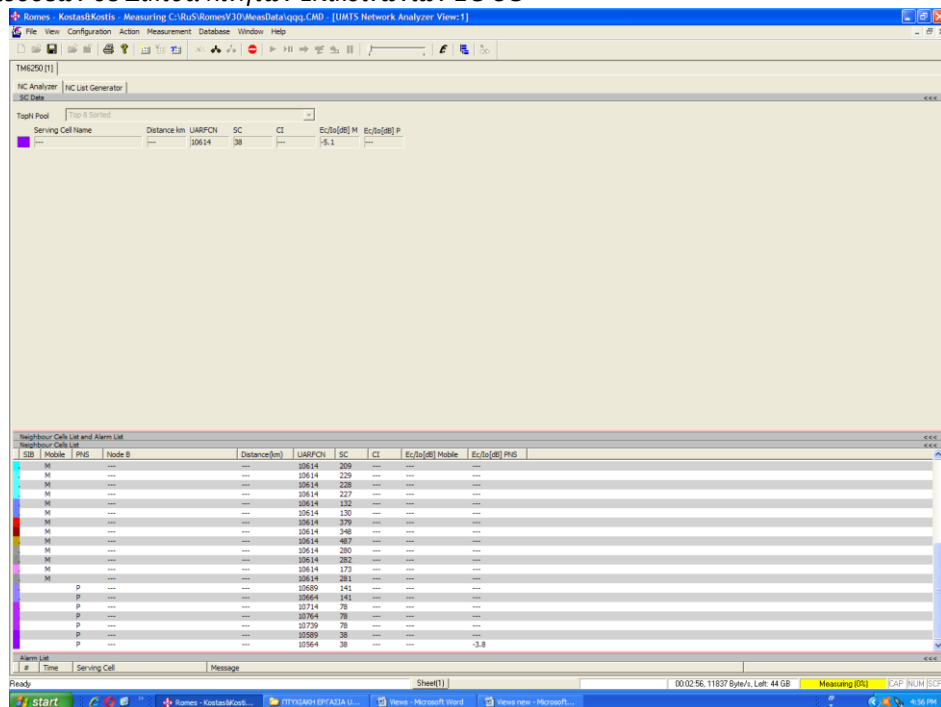
Η επόμενη μέτρηση που θα παρουσιαστεί ονομάζεται UMTS Network Analyzer View και περιλαμβάνει τις παραμέτρους που αφορούν το φυσικό στρώμα, τόσο για το κελί υπηρεσίας όσο και για τα γειτονικά κελιά. Επιπλέον σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση, υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού κάποιων εκ των παραμέτρων μέσω του σαρωτή (PNS-Pseudo Noise Scanner), επιπλέον των μετρήσεων που λαμβάνονται μέσω του κινητού. Για να εμφανιστούν όλες οι μετρήσεις στην οθόνη του υπολογιστή, μέσω του προγράμματος ROMES πρέπει να γίνουν μερικές ρυθμίσεις. Ακολουθώντας την διαδρομή από την καρτέλα Configuration, επιλέγεται αρχικά το υπομενού Settings και στην συνέχεια το κινητό Qualcomm, όπου εκεί επιλέγεται η καρτέλα Expert Mode και οι λειτουργίες που φαίνονται στην εικόνα 3.46.



Εικόνα 3.46: Ρυθμίσεις που αφορούν την μέτρηση Network Analyzer View



Εικόνα 3.47: UMTS Network Analyzer View (1/2)



Εικόνα 3.48:UMTS Network Analyzer View (2/2)

Έτσι μετά την διαμόρφωση που προηγήθηκε είναι πλέον δυνατή η εμφάνιση των δεδομένων στο παράθυρο της μέτρησης UMTS Network Analyzer View. Η μέτρηση αυτή απεικονίζεται στις εικόνες 3.47 και 3.48. Η εικόνα 3.48 να αποτελεί συνέχεια της εικόνας 3.47 σε ότι αφορά το πλαίσιο Neighbour Cells List.

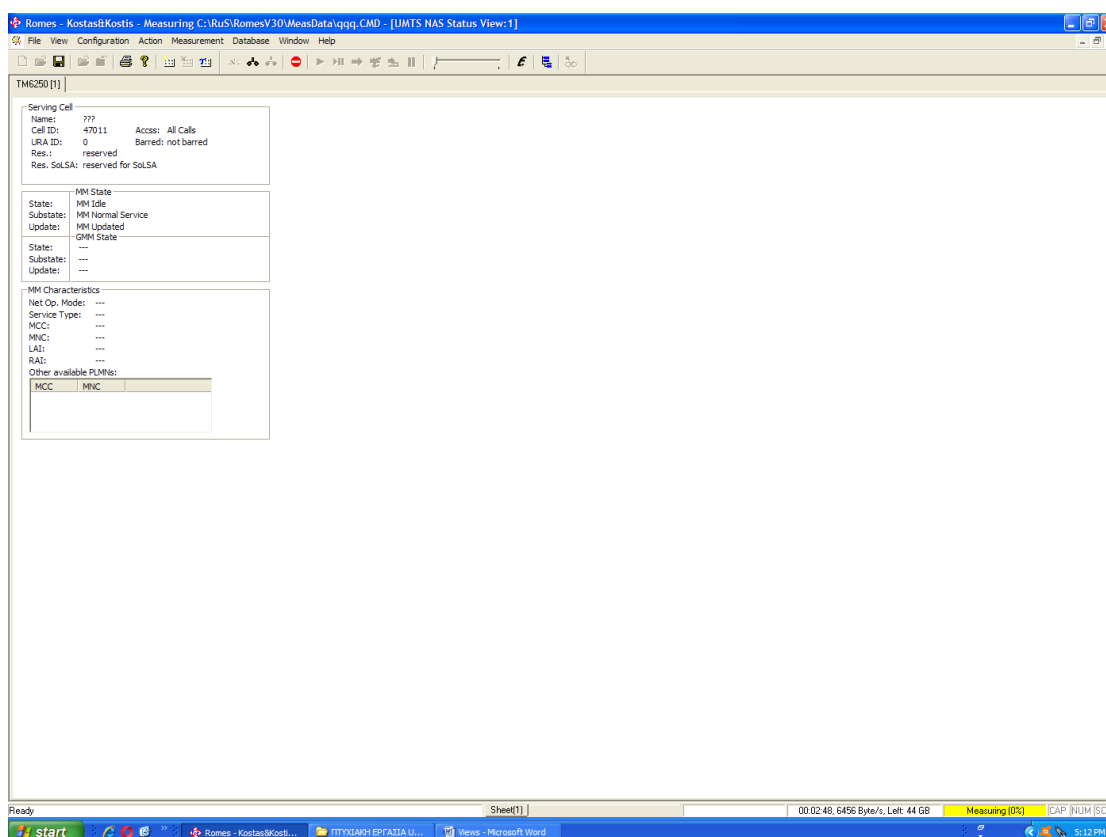
Όπως και στην προηγούμενη μέτρηση, έτσι και εδώ στην μέτρηση UMTS Network Analyzer View και πιο συγκεκριμένα στην καρτέλα NC Analyzer, το περιβάλλον του προγράμματος χωρίζεται σε διαφορετικά πλαίσια, όπου βρίσκονται ξεχωριστά οι παράμετροι που αφορούν το κελί υπηρεσίας και ξεχωριστά οι παράμετροι που αναφέρονται στα γειτονικά κελιά.

Στην εικόνα 3.47 και στο πλαίσιο SC Data, το οποίο βρίσκεται στο πάνω μέρος του παραθύρου αποτυπώνονται τα στοιχεία που αφορούν το κελί υπηρεσίας(Serving Cell). Αρχικά παρατηρεί κανείς ότι δεν έχουν αποτυπωθεί όλες οι παράμετροι, καθώς για να μπορέσουν να μετρηθούν κάποιες παράμετροι, όπως είναι το όνομα του κελιού υπηρεσίας(Serving Cell Name), η απόσταση ανάμεσα στο σημείο που βρίσκεται ο κινητός σταθμός και στο σημείο που βρίσκεται ο σταθμός βάσης(Distance) και ο κωδικός ταυτότητας του κελιού υπηρεσίας(CI-Cell Identity) είναι απαραίτητη προϋπόθεση η ύπαρξη μιας βάσης δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει τους σταθμούς βάσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει για αυτό δεν εμφανίζονται τα συγκεκριμένα δεδομένα. Από την άλλη οι παράμετροι που ακολουθούν μπορούν να μετρηθούν ανεξάρτητα από τον εάν υπάρχει διαθέσιμη αυτή η βάση δεδομένων. Ξεκινώντας με τον κωδικό UARFCN στην κατεύθυνση downlink, μέσω του οποίου μπορεί να υπολογιστεί ακριβώς η συχνότητα που χρησιμοποιείται στην κατεύθυνση αυτή, αλλά και να βρεθεί η ζώνη συχνοτήτων στην οποία ανήκει αυτή η συχνότητα. Επιπλέον εμφανίζεται ο κώδικας περίπλεξης του κελιού (SC), ενώ υπολογίζεται και η παράμετρος Ec/Io. Υπάρχουν δύο ποσότητες Ec/Io, με τις ενδείξεις M και P, αντίστοιχα, όπου αναφέρονται και οι δύο στον λόγο Ec/Io με την διαφορά ότι εκείνη με την ένδειξη M μετριέται από το κινητό τηλέφωνο, ενώ εκείνη με την ένδειξη P μετριέται από τον σαρωτή.

Η παράμετρος Ec/Io η οποία μετριέται από το κινητό τηλέφωνο(M) έχει την τιμή -7.8 dB που σημαίνει ότι η ποιότητα του σήματος είναι αρκετά καλή.

Στο κάτω μέρος του παραθύρου της μέτρησης UMTS Network Analyzer View και στο πλαίσιο Neighbour Cells List υπάρχει ένας πίνακας όπου βρίσκονται οι παράμετροι που επεξηγήθηκαν παραπάνω για το κελί υπηρεσίας, αλλά αυτή την φορά αναφέρονται στα γειτονικά κελιά. Ξεκινώντας από τα αριστερά προς τα δεξιά, για κάθε γειτονικό κελί υπάρχει η αντίστοιχη χρωματική ένδειξη που αναφέρεται στο συγκεκριμένο κελί, ενώ ακολουθούν οι ενδείξεις M και P στις στήλες Mobile και PNS αντίστοιχα, οι οποίες δηλώνουν την προέλευση του σήματος. Εάν το σήμα προέρχεται από το κινητό τότε εμφανίζεται η ένδειξη M στην στήλη Mobile, ενώ εάν προέρχεται από τον σαρωτή εμφανίζεται η ένδειξη P στο αντίστοιχο κελί της στήλης PNS όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.48. Επίσης στην στήλη Node B καταγράφεται το όνομα του σταθμού βάσης από τον οποίο προέρχεται το σήμα. Στη συγκεκριμένη μέτρηση δεν εμφανίζεται εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν είναι διαθέσιμη η βάση δεδομένων η οποία περιέχει τους σταθμούς βάσης, όπως συνέβη και για αντίστοιχες παραμέτρους στο πάνω πλαίσιο που αφορούσαν το κελί υπηρεσίας. Το ίδιο βέβαια ισχύει και για τις παραμέτρους Distance και CI. Τέλος, ταυτόσημες με εκείνες που αναφέρονται στο κελί υπηρεσίας είναι και οι έννοιες των παραμέτρων που ακολουθούν, δηλαδή ο κωδικός UARFCN, ο κώδικας περίπλεξης (SC) αλλά και η ποσότητα Ec/Io η οποία μετριέται και από το κινητό (Mobile) και από τον σαρωτή (PNS).

Η επόμενη μέτρηση που θα παρουσιαστεί ονομάζεται **UMTS NAS Status View** και αναφέρεται σε παραμέτρους που αφορούν το κελί υπηρεσίας, αλλά και τη σύνδεση μεταξύ του κινητού τηλεφώνου και του δικτύου κορμού γενικότερα. Το NAS είναι ένα επίπεδο, το οποίο περιλαμβάνει πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την εγκαθίδρυση σύνδεσης αλλά και τη συνεχή επικοινωνία μεταξύ του κινητού σταθμού που συνεχώς κινείται του δικτύου κορμού του UMTS. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται διαχείριση κινητικότητας (MM).



Εικόνα 3.49:UMTS NAS Status

Στο πλαίσιο Serving Cell της μέτρησης UMTS NAS Status View βρίσκονται οι πιο σημαντικές παράμετροι του κελιού υπηρεσίας, όπως είναι το όνομα του κελιού υπηρεσίας (Name), το οποίο ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος

στην συγκεκριμένη μέτρηση δεν είναι διαθέσιμο λόγω της μη ύπαρξης της βάσης δεδομένων των σταθμών βάσης, αλλά και ο κωδικός ταυτότητας του κελιού που χρησιμοποιείται(Cell ID). Στο UMTS υπάρχει μία περιοχή η οποία ονομάζεται URA-UTRAN Registration Area και στην οποία είναι δυνατόν να υπάρχει ένα σύνολο κελιών τα οποία μπορεί να εναλλάσσει το κινητό τηλέφωνο, ενώ κινείται. Με τον συμβολισμό URA ID αναφέρεται ο κωδικός της περιοχής URA, στην οποία βρίσκεται το κελί υπηρεσίας. Η παράμετρος Res. έχει την ‘τιμή’ reserved η οποία σημαίνει ότι το κελί αυτό είναι δεσμευμένο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί, ενώ και η παράμετρος Res. SoLSA με την ‘τιμή’ reserved for SoLSA-Support of Localized Service Area δηλώνει ότι το κελί είναι δεσμευμένο για την υποστήριξη της επικοινωνίας. Τέλος η παράμετρος Access με την ένδειξη All Calls επισημαίνει ότι υπάρχει η δυνατότητα να εκτελεστούν κανονικά όλες οι κλήσεις. Εναλλακτικά θα μπορούσε να έχει την ένδειξη Emergency Calls Only όπου θα σήμαινε ότι εκτελούνται μόνο κλήσεις έκτακτης ανάγκης. Παρόμοια σημασία έχει και η ένδειξη Barred: not barred, η οποία δηλώνει ότι το κελί δεν έχει κάποιου είδους απαγόρευση κλήσεων.

Ακολουθεί η μέτρηση **UMTS TrCH View**, στην οποία καταγράφονται διάφορες παράμετροι που αφορούν την κωδικοποίηση καναλιού τόσο για την downlink κατεύθυνση όσο και για την uplink.

TrCH Downlink							
CCTrCH ID	TrCH ID	Type	Code Rate	CRC Bits	TTI Format	RM	BLER
0	0	SBCH	1/2 Convolutional	16	20ms	1	0
0	4	FACH	1/2 Convolutional	16	10ms	220	74
0	5	FACH	1/3 Turbo	16	10ms	130	
1	32	DCH	1/3 Convolutional	16	10ms	180	0
0	1	DCH	1/3 Convolutional	12	20ms	137	0
0	2	DCH	1/3 Convolutional	0	20ms	130	
0	3	DCH	1/2 Convolutional	0	20ms	161	0
0	32	DCH	1/3 Convolutional	16	40ms	180	0
1	1	DCH	1/3 Convolutional	12	20ms	137	0
1	2	DCH	1/3 Convolutional	0	20ms	130	
1	3	DCH	1/2 Convolutional	0	20ms	161	
1	32	DCH	1/3 Convolutional	16	40ms	180	

TrCH Uplink					
TrCH ID	Type	Code Rate	CRC Bits	TTI For...	RM
0	RACH	1/2 Convolutional	16	20ms	1
0	DCH	1/3 Convolutional	16	10ms	180
0	DCH	1/3 Convolutional	12	20ms	137
0	DCH	1/3 Convolutional	0	20ms	130
0	DCH	1/2 Convolutional	0	20ms	161
0	DCH	1/3 Convolutional	16	40ms	180
0	DCH	1/3 Convolutional	12	20ms	137
0	DCH	1/3 Convolutional	0	20ms	130
0	DCH	1/2 Convolutional	0	20ms	161
0	DCH	1/3 Convolutional	16	40ms	180

Εικόνα 3.50:UMTS TrCH View

Το παράθυρο της μέτρησης χωρίζεται οριζόντια σε δύο πλαίσια, με το πλαίσιο TrCH Downlink να περιλαμβάνει τις παραμέτρους που αφορούν την κωδικοποίηση των καναλιών μεταφοράς που λαμβάνονται από το κινητό, ενώ στο πλαίσιο TrCH Uplink υπάρχουν οι παράμετροι κωδικοποίησης των καναλιών μεταφοράς τα οποία μεταδίδονται από το κινητό. Κάθε μία γραμμή του πίνακα να αναπαριστά ένα κανάλι μεταφοράς(TrCH). Στο UMTS υπάρχει η δυνατότητα της κωδικοποίησης και πολυπλεξίας δύο ή περισσότερων καναλιών μεταφοράς, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός καναλιού που ονομάζεται Coded Composite Transport Channel(CCTrCH). Στην στήλη CCTrCH ID του πλαισίου TrCH Downlink υπάρχει ένας κωδικός για το κανάλι αυτό, ο οποίος μπορεί να πάρει τις τιμές 0-15.Στη διπλανή στήλη με την ονομασία TrCH ID βρίσκεται ένας ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος

κωδικός για κάθε κανάλι μεταφοράς. Με βάση την αύξουσα σειρά των κωδικών αυτών γίνεται η πολυπλεξία των καναλιών μεταφοράς προκειμένου να δημιουργηθεί το κανάλι CCTrCH, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Η στήλη Type αναγράφει τον τύπο του κάθε καναλιού μεταφοράς για κάθε κανάλι το οποίο αναπαρίσταται σε μία οριζόντια γραμμή στον πίνακα. Η στήλη Code Rate περιέχει πληροφορίες για τη μέθοδο αλλά και το ρυθμό κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται σε κάθε κανάλι. Οι διάφορες τεχνικές κωδικοποίησης που χρησιμοποιούνται στα κανάλια έχουν ως στόχο την διόρθωση σφαλμάτων που είναι πιθανό να προκύψουν κατά την μετάδοση. Στο WCDMA UMTS υπάρχουν οι εξής επιλογές κωδικοποίησης:

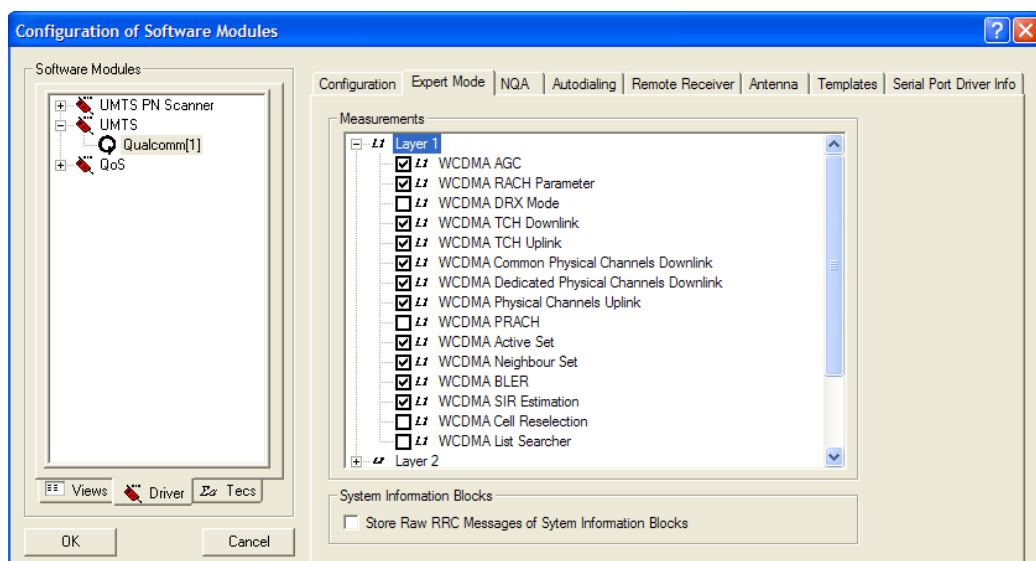
- καθόλου κωδικοποίηση δηλαδή δεν χρησιμοποιείται κάποια τεχνική κωδικοποίησης,
- συνελκτική κωδικοποίηση(convolucional coding) με την τεχνική αυτή να χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα μεταδίδονται με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης,
- turbo κωδικοποίηση όταν τα δεδομένα μεταδίδονται με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

Στο σημείο αυτό είναι αναγκαίο να επισημανθεί πως δεν υποστηρίζονται όλα τα είδη και οι ρυθμοί κωδικοποίησης από όλα τα κανάλια μεταφοράς. Στο παράρτημα Β της εργασίας βρίσκεται ο πίνακας Β.4 στον οποίο παρουσιάζονται οι τεχνικές και οι ρυθμοί κωδικοποίησης που υποστηρίζει κάθε κανάλι μεταφοράς. Επιπλέον αναγράφονται και τα bits της τεχνικής CRC που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση. Οι ρυθμοί αυτοί αφορούν την συνελκτική κωδικοποίηση, γιατί στην turbo κωδικοποίηση ο ρυθμός κωδικοποίησης είναι σταθερός και ίσος με 1/3. Οι τεχνικές συνελκτικής και turbo κωδικοποίησης ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία της τεχνικής FEC-Forward Error Correction, οι οποίες στέλνουν περισσότερα bits, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση και η διόρθωση λαθών μετάδοσης. Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των επιπλέον αυτών bit καθορίζεται από τον ρυθμό μετάδοσης: ρυθμός μετάδοσης 1/2 σημαίνει για κάθε ένα bit πληροφορίας που εισέρχεται στον κωδικοποιητή εξέρχονται δύο bit, αντίστοιχα για ρυθμό μετάδοσης ίσο με 1/3 για κάθε ένα bit το οποίο εισέρχεται στον κωδικοποιητή εξέρχονται τρία bit. Ένα βασικό στοιχείο στους συνελκτικούς κώδικες είναι ότι υπάρχει μνήμη στον κωδικοποιητή, δηλαδή η έξοδος του κωδικοποιητή δεν εξαρτάται μόνο από την τιμή της εισόδου την συγκεκριμένη χρονική στιγμή αλλά και από αντίστοιχες τιμές εισόδου σε προηγούμενο χρονικό διάστημα. Η συνελκτική κωδικοποίηση υλοποιείται με χρήση ενός γραμμικού καταχωρητή ολίσθησης, όπου η ακολουθία των δεδομένων περνά μέσα από αυτόν. Στην turbo κωδικοποίηση χρησιμοποιούνται συνήθως δύο κωδικοποιητές συνδεδεμένοι παράλληλα, ενώ μπορούν για συγκεκριμένες εφαρμογές να χρησιμοποιηθούν και παραπάνω από δύο πετυχαίνοντας έτσι ισχυρότερους turbo κώδικες. Στην πιο συνηθισμένη περίπτωση όπου χρησιμοποιούνται δύο κωδικοποιητές, ο πρώτος κωδικοποιητής δέχεται ως είσοδο την ακολουθία πληροφορίας, ενώ ο δεύτερος δέχεται ως είσοδο την ίδια ακολουθία αλλά αφού αυτή πρώτα διέλθει μέσα από μία συσκευή η οποία αναδιατάσσει την ακολουθία των bit. Αυτή η συσκευή ονομάζεται interleaver και αυτό που κάνει είναι να δέχεται ως είσοδο την ακολουθία πληροφορίας και ως έξοδο να παράγει την ακολουθία αυτή αλλά με διαφορετική σειρά.

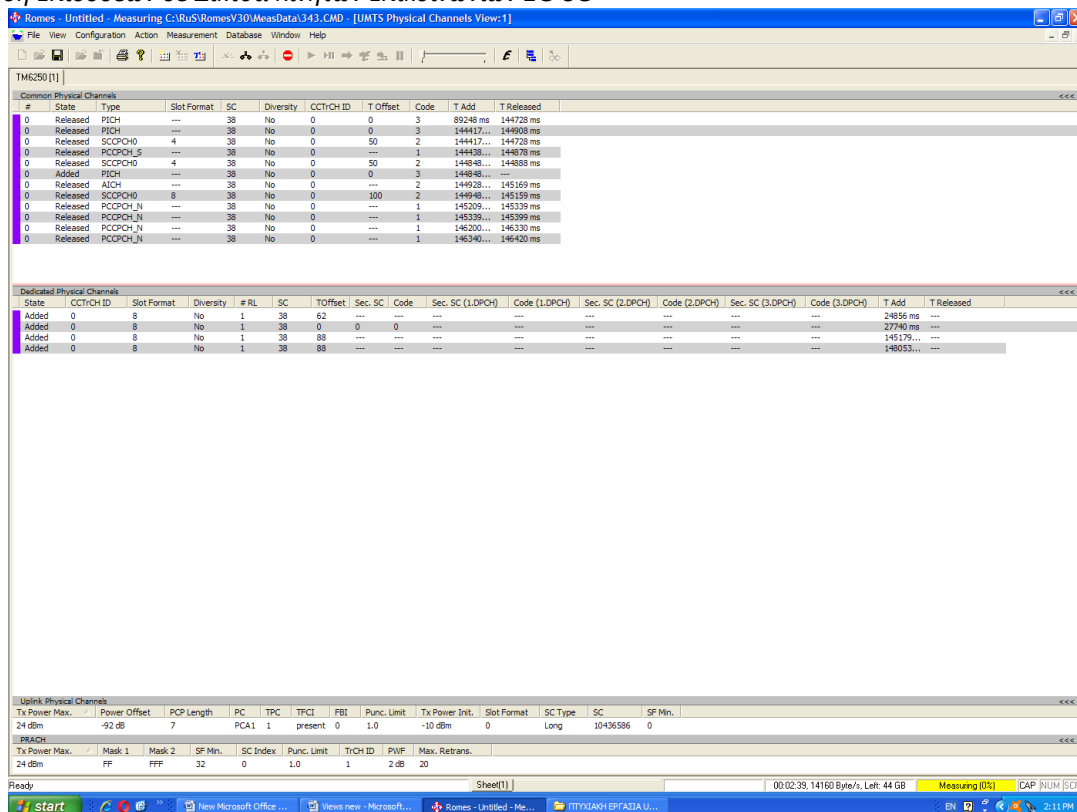
Συνεχίζοντας με την μέτρηση UMTS TrCH View, η επόμενη στήλη που βρίσκεται στον πίνακα ονομάζεται CRC Bits και περιλαμβάνει τα bit που χρησιμοποιούνται από την τεχνική ανίχνευσης λαθών CRC σε κάθε κανάλι μεταφοράς. Επίσης στον πίνακα Β.4 του παραρτήματος Β, και συγκεκριμένα στην στήλη CRC bits βρίσκονται οι διαθέσιμες επιλογές που υποστηρίζει κάθε κανάλι σχετικά με τα bit που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την τεχνική CRC.

Συνεχίζοντας με την μέτρηση η στήλη TTI Format-Transmission Time Interval Format περιέχει έναν αριθμό ο οποίος μετριέται σε ms και αποτελεί το χρονικό διάστημα μετάδοσης της πληροφορίας για κάθε κανάλι. Το χρονικό διάστημα μετάδοσης της πληροφορίας(TTI Format) μπορεί να πάρει τις τιμές 10,20,40 ή 80ms. Επίσης παρατηρεί κανείς ότι το κάθε κανάλι μπορεί να έχει το δικό του χρόνο TTI. Στο UMTS υπάρχει η δυνατότητα παροχής ταυτόχρονων υπηρεσιών προς τον χρήστη με συνδυασμό υπηρεσιών όπου χρησιμοποιούνται πολλαπλά κανάλια μεταφοράς με το κάθε ένα να έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, π.χ. ρυθμός, τεχνική κωδικοποίησης αλλά και τα CRC bit. Για να μπορούν να παρέχονται ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες υπηρεσίες σημαντική είναι η συνεισφορά της διαδικασίας rate matching. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται και δηλώνει τον αριθμό των bit των οποίων πρέπει να επαναληφθεί η μετάδοση τους, ή τον αριθμό των bit τα οποία είναι περιττά. Αυτό γίνεται προκειμένου να επιτευχθεί ο απαραίτητος έλεγχος ισχύος μεταξύ της μέγιστης ισχύος μετάδοσης και της ισχύος όπου χρειάζεται η κάθε υπηρεσία. Η επόμενη στήλη με την ένδειξη RM-Rate Matching μεταφράζεται στα ελληνικά όχι με μεγάλη ακρίβεια ως ρυθμός αντιστοίχισης και εκφράζει τον αριθμό των bit τα οποία πρέπει να εκπεμφθούν ξανά ή τον αριθμό των bit τα οποία είναι περιττά και πρέπει να ‘καταστραφούν’ όπως ήδη συζητηθηκε. Τέλος στην στήλη BLER-Block Error Rate αναφέρεται σε ποσοστιαία μορφή ο λόγος των block που μεταδόθηκαν και ανιχνεύθηκε σφάλμα μέσω της τεχνικής CRC προς τον συνολικό αριθμό των block που μεταδόθηκαν. Συνεχίζοντας με το πλαίσιο TrCH Uplink, οι παράμετροι που καταγράφονται έχουν καταγραφεί και αναλυθεί στην downlink κατεύθυνση: η πρώτη στήλη περιγράφει τον κωδικό TrCH ID κάθε καναλιού μεταφοράς ενώ η στήλη Type περιέχει τον τύπο κάθε καναλιού μεταφοράς. Έπειτα στην στήλη Code Rate αναφέρεται το είδος και ο ρυθμός κωδικοποίησης που χρησιμοποιούνται και στην στήλη CRC Bits γίνονται γνωστά τα bit που διατίθενται από κάθε κανάλι για την τεχνική CRC. Με τον ίδιο τρόπο οι στήλες TTI Format και RM έχουν την ίδια σημασία με εκείνη που προηγήθηκε παραπάνω για το downlink.

Η επόμενη μέτρηση ονομάζεται **UMTS Physical Channels View** περιλαμβάνει παραμέτρους που έχουν καταγραφεί και σχετίζονται με τα φυσικά κανάλια, τόσο για την άνω ζεύξη όσο και για την κάτω. Για να μπορέσουν να εμφανιστούν στο περιβάλλον του προγράμματος οι μετρήσεις είναι απαραίτητο να γίνουν οι ρυθμίσεις οι οποίες φαίνονται στη εικόνα 3.51. Συγκεκριμένα επιλέγονται τα κουτιά WCDMA Common Physical Channels Downlink, WCDMA Dedicated Physical Channels Downlink και WCDMA Physical Channels Uplink.



Εικόνα 3.51:Ρυθμίσεις μέτρησης UMTS Physical Channels View



Εικόνα 3.52:UMTS Physical Channels View

Η προβολή της μέτρησης χωρίζεται σε τέσσερα διαφορετικά πλαίσια όπου το κάθε ένα περιέχει έναν πίνακα με παραμέτρους, οι οποίες αναφέρονται σε συγκεκριμένες κατηγορίες καναλιών. Αρχικά στο πλαίσιο Common Physical Channels συμμετέχουν τα κοινά φυσικά κανάλια της κάτω ζεύξης(downlink). Στο αριστερότερο τμήμα του πίνακα βρίσκεται ο χρωματικός κώδικας του κάθε καναλιού, ενώ κάθε κανάλι αναπαρίσταται από μία ξεχωριστή γραμμή στον πίνακα. Η στήλη με την ένδειξη # περιλαμβάνει τον αριθμό ακολουθίας(sequence number) για κάθε κανάλι.

Η επόμενη στήλη με την ονομασία State περιγράφει την κατάσταση του κάθε καναλιού τη δεδομένη χρονική στιγμή. Στην στήλη αυτή μπορούν να βρεθούν μόνο οι ‘τιμές’ Added και Released. Η τιμή Added δηλώνει ότι το συγκεκριμένο κανάλι χρησιμοποιείται για μετάδοση πληροφοριών-δεδομένων και έχει προστεθεί στην λίστα που υπάρχει στη μέτρηση UMTS Physical Channels View. Αντίθετα, η ένδειξη Released δηλώνει ότι το κανάλι αυτό δεν χρησιμοποιείται για μετάδοση πληροφοριών-δεδομένων, παρόλα αυτά θα αφαιρεθεί από την λίστα σε χρόνο που δεν σχετίζεται με τον χρόνο όπου διακόπηκε η μετάδοση αλλά καθορίζεται στο menu configuration της συγκεκριμένης μέτρησης.

Στη στήλη Type αναγράφεται ο τύπος του καναλιού, ο οποίος πρέπει να ανήκει στα κοινά φυσικά κανάλια της κάτω ζεύξης. π.χ. το Paging Indication Channel(PICH), το Secondary Common Control Physical Channel(SCCPCH), το Primary Common Control Physical Channel(PCCPCH) καθώς επίσης και το Acquisition Indication Channel (AICH). Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα κανάλια βρίσκονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο της θεωρίας.

Η επόμενη στήλη ονομάζεται Slot Format και αναφέρεται μόνο στο κανάλι SCCPCH. Στη στήλη αυτή δηλώνεται ο αριθμός των timeslots που χρησιμοποιούνται από το κανάλι αυτό. Οι τιμές που μπορεί να πάρει ο αριθμός αυτός είναι μεταξύ 0 και 17.

Στη στήλη SC καταγράφεται ο πρωτεύων κώδικας περίπλεξης(Scrambling Code) του κάθε σήματος. Συγκεκριμένα για την μέτρηση της εικόνας 3.52 παρατηρεί κανείς ότι τα σήματα έχουν τον ίδιο SC κάτι το οποίο σημαίνει ότι προέρχονται από τον ίδιο σταθμό βάσης.

Η διπλανή στήλη η οποία έχει την ένδειξη Diversity αναφέρεται στη διαφορική εκπομπή και με την 'τιμή' No γνωστοποιεί πως δεν χρησιμοποιείται κανενός είδους διαφορική εκπομπή.

Στη στήλη CCTrCH ID-Composite Coded Transport Channel ID βρίσκεται ο κωδικός του καναλιού CCTrCH που δημιουργείται από την κωδικοποίηση και την πολυπλεξία δύο ή περισσότερων καναλιών μεταφοράς, όπως επεξηγήθηκε στην μέτρηση UMTS TrCH View. Στη στήλη με την ένδειξη Code βρίσκονται οι κώδικες διαυλοποίησης (Channelization codes) των καναλιών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την διάκριση των καναλιών που βρίσκονται μέσα στο ίδιο κελί.

Τέλος, στις στήλες T Add και T Released περιλαμβάνονται οι χρόνοι όπου τα κανάλια ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών-δεδομένων(Added) όπως επίσης και οι χρόνοι όπου τα κανάλια σταμάτησαν να χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών-δεδομένων και απελευθερώθηκαν(Released), αντίστοιχα.

Ο επόμενος πίνακας της μέτρησης UMTS Physical Channels View αναφέρεται στα αποκλειστικά φυσικά κανάλια(Dedicated Physical Channels) της κάτω ζεύξης. Στην κατηγορία αυτή ανήκει μόνο το κανάλι Dedicated Physical Channel(DPCH). Όπως και στον προηγούμενο πίνακα έτσι και εδώ στο αριστερότερο μέρος του πίνακα βρίσκεται ο χρωματικός κώδικας του καναλιού και η στήλη State όπου περιγράφει την κατάσταση του καναλιού με βάση τις 'τιμές' Added και Released που μπορεί να λάβει. Στη συγκεκριμένη μέτρηση τα κανάλια έχουν την 'τιμή' Added γεγονός που σημαίνει ότι χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών-δεδομένων τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Η επόμενη στήλη με την ένδειξη CCTrCH ID εμπεριέχει τον κωδικό του καναλιού CCTrCH το οποίο δημιουργείται έπειτα από κωδικοποίηση και πολυπλεξία δύο ή περισσότερων καναλιών μεταφοράς, ο κωδικός αυτός μπορεί να πάρει τιμές μεταξύ 0 και 15. Έπειτα στη στήλη Slot Format γίνεται γνωστός ο αριθμός των timeslots που χρησιμοποιεί το κανάλι DPCH, ενώ από την στήλη Diversity που περιέχει τις 'τιμές' No συμπεραίνει κανείς ότι δεν χρησιμοποιείται διαφορική εκπομπή. Η στήλη με την ένδειξη #RL εκφράζει τον αριθμό ακολουθίας της σύνδεσης του κινητού με το δίκτυο και η επόμενη στήλη που φέρει την ένδειξη SC περιλαμβάνει τον πρωτεύοντα κώδικα περίπλεξης κάθε σήματος. Κάθε σταθμός βάσης(Node B) έχει έναν πρωτεύοντα κώδικα περίπλεξης, τον οποίο χρησιμοποιούν οι κινητοί σταθμοί(UE) προκειμένου να αντιληφθούν από ποιον σταθμό βάσης προέρχεται το σήμα που λαμβάνουν. Επίσης κάθε πρωτεύων κώδικας περίπλεξης διαθέτει 16 δευτερεύοντες κώδικες περίπλεξης. Επομένως στην στήλη Sec.SC καταγράφεται ο δευτερεύων κώδικας περίπλεξης, εφόσον και εάν χρησιμοποιείται. Στη μέτρηση της εικόνας 3.52 δεν χρησιμοποιείται και αυτό γίνεται αντιληπτό από τις ενδείξεις '---' και '0'. Και σε αυτόν τον πίνακα όπως και σε εκείνον που βρίσκεται στο πλαίσιο Common Physical Channels η στήλη Code αναφέρεται στους κώδικες διαυλοποίησης. Τέλος η στήλη T Add περιλαμβάνει τους χρόνους όπου τα κανάλια ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών-δεδομένων και επειδή ακόμα χρησιμοποιούνται και δεν έχουν απελευθερωθεί η στήλη T Released δεν περιέχει τιμές.

Ο επόμενος κατά σειρά πίνακας φέρει την ονομασία Uplink Physical Channels και περιλαμβάνει παραμέτρους που έχουν καταγραφεί και αφορούν τα φυσικά αποκλειστικά κανάλια της άνω ζεύξης, δηλαδή το Dedicated Physical Data Channel (DPDCH) και το Dedicated Physical Control

Channel(DPCCH). Η πρώτη στήλη του πίνακα περιέχει την μέγιστη ισχύ που μεταδίδει το κινητό προς το δίκτυο (Tx Power Max) η οποία είναι ίση με 24 dBm. Η πληροφορία αυτή μπορεί να διατυπωθεί με διαφορετικό τρόπο λέγοντας ότι το κινητό ανήκει στην κατηγορία power class 3 όπως προκύπτει έπειτα από αντιστοίχιση της μέγιστης τιμής ισχύος που μεταδίδει το κινητό(dBm) με τα επίπεδα της κατηγορίας power class. Η επόμενη στήλη έχει την ονομασία Power Offset, με την παράμετρο Power Offset να μεταφράζεται ως αντιστάθμιση ισχύος. Η παράμετρος αυτή σχετίζεται με τον έλεγχο ισχύος στο κανάλι DPCCH και συνδέεται μέσω μίας μαθηματικής σχέσης με την αρχική ισχύ του καναλιού DPCCH. Η μαθηματική σχέση είναι η εξής:

$$P_{DPCCH} = \text{Power Offset} - CPICH_RSCP$$

όπου P_{DPCCH} είναι η αρχική ισχύς του καναλιού DPCCH και $CPICH_RSCP$ η ισχύς του κώδικα του καναλιού που λαμβάνεται μέσω μέτρησης από το κινητό. Η παράμετρος Power Offset μπορεί να πάρει τιμές στο διάστημα -164 έως -6 dB.

Η στήλη που ακολουθεί περιλαμβάνει την παράμετρο PCP Length-Power Control Preamble Length η τιμή της οποίας ορίζεται από το δίκτυο και μπορεί να βρίσκεται μεταξύ 0 και 15 slots. Η μετάδοση του DPCCH στην κατεύθυνση uplink πρέπει να γίνεται μέσα στο διάστημα power control preamble, ενώ η μετάδοση του DPDCH πάλι για την uplink κατεύθυνση γίνεται μετά από αυτό το διάστημα.

Η διπλανή στήλη η οποία έχει την ένδειξη PC ή όπως αναφέρεται διαφορετικά σε άλλα λογισμικά ως PCA-Power Control Algorithm, δηλώνει τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται από το κινητό προκειμένου να ερμηνεύσει τις TCP εντολές που λαμβάνει και να επιτευχθεί ο απαραίτητος έλεγχος ισχύος στον κινητό σταθμό(UE) καθώς πρέπει να διατηρείται ένα συγκεκριμένο επίπεδο στον λόγο σήματος προς παρεμβολή(SIR). Ο κινητός σταθμός διαθέτει τη δυνατότητα να ρυθμίζει την ισχύ εξόδου του σύμφωνα με τις εντολές TPC(Transmit Power Command) που λαμβάνει στην ζεύξη downlink. Αυτό μπορεί να γίνει με χρήση μόνο ενός από τους δύο διαφορετικούς αλγόριθμους που διατίθενται για τη συγκεκριμένη διεργασία. Αρχικά σύμφωνα με τον αλγόριθμο 1(PCA1) ο κινητός σταθμός τροποποιεί την ισχύ εξόδου του όταν λάβει μία μόνο εντολή TPC: εάν αυτή η εντολή TPC είναι '0' τότε η ισχύς που εκπέμπει το κινητό ελαττώνεται κατά 1 dB, ενώ εάν είναι '1' αυξάνεται κατά 1 dB. Αντίθετα στον αλγόριθμο 2(PCA2), η εκπεμπόμενη ισχύς του κινητού μεταβάλλεται εάν πέντε διαδοχικές εντολές TPC έχουν την ίδια τιμή: εάν πέντε διαδοχικές εντολές TPC έχουν την τιμή '0', τότε η ισχύς εκπομπής μειώνεται κατά 1 dB, ενώ εάν πέντε διαδοχικές εντολές TPC έχουν την τιμή '1', τότε η ισχύς εκπομπής του κινητού αυξάνεται κατά 1 dB. Στη συγκεκριμένη μέτρηση όπως φαίνεται και στον αντίστοιχο πίνακα χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος 1(PCA1). Στη διπλανή στήλη η οποία φέρει την ονομασία TPC δηλώνεται το βήμα μεταβολής της εκπεμπόμενης ισχύος του κινητού το οποίο είναι το 1 dB.

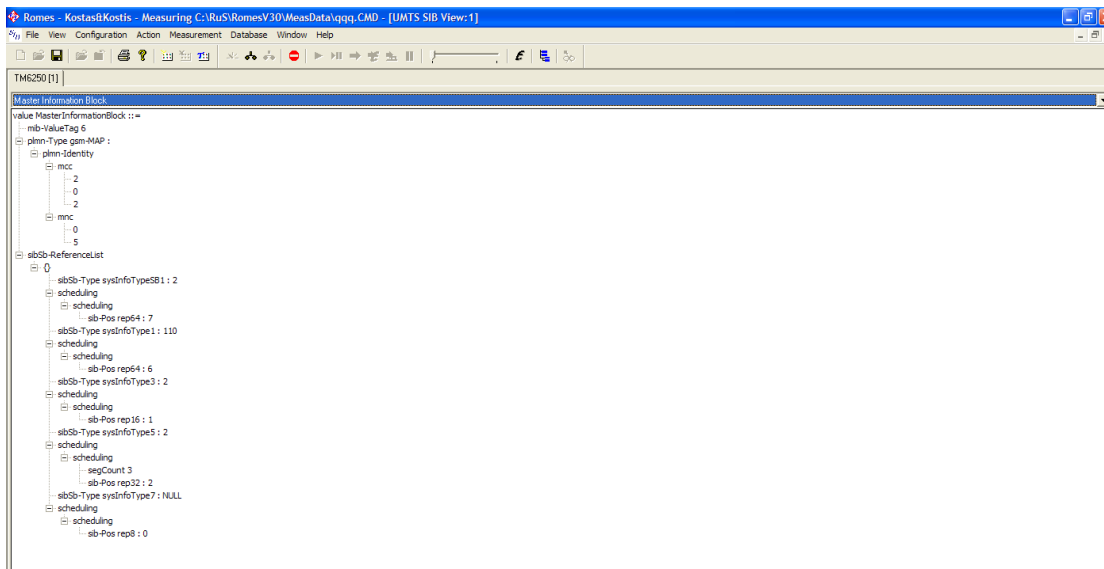
Ακολουθεί η στήλη με την παράμετρο TFCI-Transport Format Combination Indicator. Η παράμετρος αυτή αποτελεί ουσιαστικά έναν δείκτη του καναλιού CCTrCH που δημιουργείται από την κωδικοποίηση και την πολυπλεξία δύο καναλιών μεταφοράς. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για να μεταφέρει πληροφορίες σχετικά με την αποκωδικοποίηση και την αποπολυπλεξία των δεδομένων που μεταφέρονται μέσω αυτού του καναλιού. Με την ένδειξη present εξάγεται το συμπέρασμα ότι αυτός ο δείκτης χρησιμοποιείται. Η μεταβλητή FBI-Feedback Information Bits αναφέρεται στα bit ανατροφοδότησης, τα οποία μπορούν να είναι από 0 έως και 2, και παρέχουν στο σταθμό βάσης τεχνικές λεπτομέρειες για το πλάτος και την φάση των κεραιών. Η παράμετρος Punc.Limit περιγράφει το όριο που υπάρχει στα bit που μπορούν να καταστραφούν εάν χρειαστεί,

προκειμένου να υπάρχει έλεγχος ισχύος στην άνω ζεύξη, ενώ η παράμετρος Tx Power Init εκφράζει την αρχική ισχύ εκπομπής του κινητού.

Οι κώδικες περίπλεξης(SC) διακρίνονται σε δύο κατηγορίες short και long. Στη συνέχεια γίνεται γνωστό ότι ο κώδικας περίπλεξης που χρησιμοποιείται είναι τύπου long. Στην κατεύθυνση uplink χρησιμοποιείται long τύπου scrambling code όταν χρησιμοποιείται ο RAKE δέκτης. Επιπλέον αναφέρεται ο αριθμός του κώδικα περίπλεξης στην στήλη SC και η μικρότερη αποδεκτή τιμή για τον παράγοντα διασποράς στην στήλη SF Min. Τέλος, ο πίνακας που βρίσκεται στο πλαίσιο PRACH περιλαμβάνει παραμέτρους που σχετίζονται με το κανάλι PRACH το οποίο ανήκει στα φυσικά κοινά κανάλια της άνω ζεύξης. Διαφορετικά κανάλια PRACH μπορούν να βρίσκονται στο ίδιο κελί. Ο διαχωρισμός τους εφόσον αυτά χρησιμοποιούν τον ίδιο κώδικα περίπλεξης μπορεί να γίνει μέσω των υπογραφών και τον υποκαναλιών που χρησιμοποιούνται. Αρχικά στην στήλη Tx Power Max καταγράφεται η μέγιστη ισχύς που μεταδίδει το κινητό και στην στήλη Mask 1 ένας αναγνωριστικός κωδικός ή αλλιώς μία υπογραφή όπως αυτή λέγεται. Ο αριθμός αυτός δίνεται μέσω μιας μάσκας η οποία αποτελείται από 16 bits και για κάθε ένα bit που έχει την τιμή '1' σημαίνει ότι η αντίστοιχη υπογραφή είναι διαθέσιμη για χρήση από τον κινητό σταθμό. Για παράδειγμα στην ακολουθία 0011100011001000 είναι διαθέσιμες οι υπογραφές 3,6,7,11,12,13. Στην περίπτωση της μέτρησης και στη στήλη Mask 1 βρίσκεται η τιμή FF στο δεκαεξαδικό σύστημα, η οποία στο δυαδικό σύστημα αναπαρίσταται ως 0000000011111111. Επομένως, δηλώνεται ότι είναι διαθέσιμες οι υπογραφές 0,1,2,3,4,5,6,7. Η παράμετρος Mask 2 αναφέρεται στα υποκανάλια που είναι διαθέσιμα, αυτά είναι 12 και η αρίθμηση τους ξεκινά από το μηδέν. Μπορούν να αναπαρασταθούν με 12 bit και για κάθε ένα bit το οποίο έχει την τιμή '1' να σημαίνει αυτόματα ότι το συγκεκριμένο υποκανάλι είναι διαθέσιμο. Στη συγκεκριμένη μέτρηση στη στήλη Mask 2 αναγράφεται η τιμή FFF η οποία στο δυαδικό σύστημα προκύπτει η τιμή 111111111111 που σημαίνει ότι και τα 12 υποκανάλια είναι διαθέσιμα. Έπειτα στην στήλη SF Min υπάρχει μία αριθμητική τιμή, η οποία δηλώνει την ελάχιστη αποδεκτή τιμή για τον παράγοντα διασποράς(SF). Στην στήλη Punc.Limit όπως και στον προηγούμενο πίνακα αναφέρεται το όριο των bit, τα οποία μπορούν να καταστραφούν, εφόσον χρειαστεί, προκειμένου να υπάρξει ο απαιτούμενος έλεγχος ισχύος.

Εν συνεχεία, στη στήλη TrCH ID αναφέρεται ο αριθμός του καναλιού μεταφοράς, ενώ η στήλη με την παράμετρο PWF σχετίζεται με μία διαδικασία κατά την οποία ο κινητός σταθμός(UE) επιλέγει μία από τις διαθέσιμες υπογραφές και αφού επιλέξει τυχαία ένα από τα διαθέσιμα υποκανάλια μεταδίδει τα δεδομένα μεταδίδει με μία αρχική ισχύ προς το δίκτυο μέσω του καναλιού PRACH(uplink), το οποίο χρησιμοποιείται για την τυχαία πρόσβαση των κινητών σταθμών στο δίκτυο και τη μικρή σε όγκο αποστολή δεδομένων. Έπειτα το κινητό περιμένει να λάβει από το δίκτυο την κατάλληλη ένδειξη πρόσβασης μέσω του καναλιού AICH (downlink) το οποίο μεταφέρει τις κατάλληλες ενδείξεις για επιτυχή τυχαία πρόσβαση στο δίκτυο. Εάν το κινητό δεν λάβει ποτέ αυτό το μήνυμα επιβεβαίωσης από το δίκτυο, τότε θεωρεί ότι το δίκτυο δεν έλαβε το μήνυμα που του είχε στείλει αρχικά. Εφόσον δεν έχει ξεπεραστεί ο μέγιστος αριθμός των μηνυμάτων που μπορούν να σταλούν μέσω του καναλιού PRACH, τότε το κινητό ξαναστέλνει το μήνυμα του αυξάνοντας κατά μία συγκεκριμένη τιμή την ισχύ εκπομπής του. Αυτή η τιμή προσδιορίζεται από την παράμετρο PWF, όπου στην συγκεκριμένη μέτρηση είναι ίση με 2 dB. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός των μηνυμάτων που μπορούν να σταλούν μέσω του καναλιού PRACH από το κινητό προς το δίκτυο καθορίζεται από την τιμή της παραμέτρου Max.Retrans. όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει την τιμή 20.

Η επόμενη μέτρηση ουσιαστικά θα μπορούσε να αποτελεί και μία ανεξάρτητη ενότητα αφού περιλαμβάνει τα System Information Blocks(SIBs) τα οποία ουσιαστικά είναι μηνύματα ομαδοποιημένα, με το κάθε μήνυμα να περιλαμβάνει τις δικές του πληροφορίες. Τα μηνύματα αυτά μεταδίδονται από το δίκτυο στο κινητό με σκοπό την επιτυχή επικοινωνία του κινητού με το δίκτυο. Στα SIBs περιλαμβάνονται το Master Information Block, δύο scheduling blocks και αρκετά ακόμα SIBs. Ακολουθεί το στιγμιότυπο για το Master Information Block στην εικόνα 3.53.

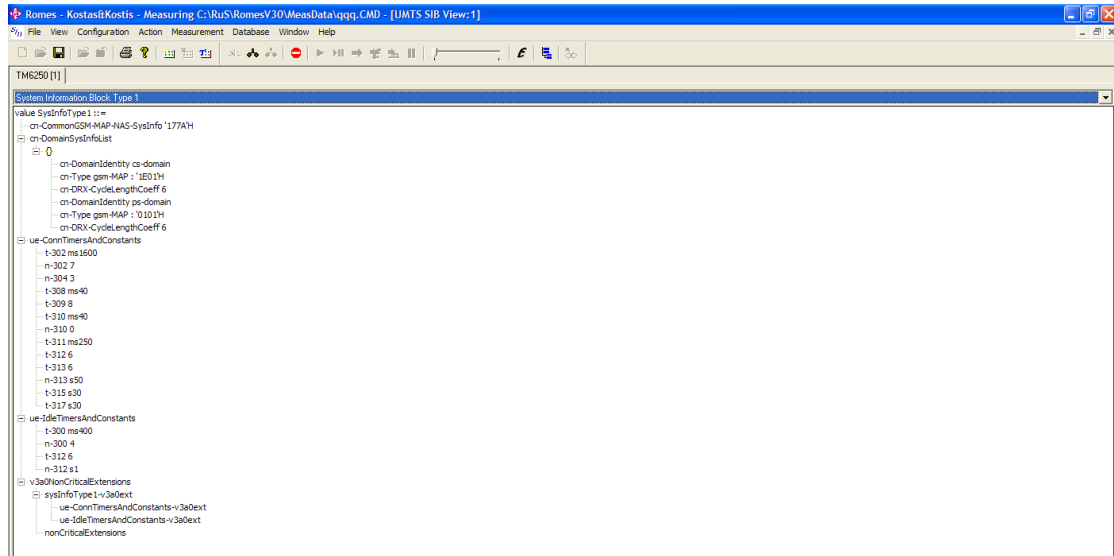


Εικόνα 3.53:UMTS SIB View-Master Information Block

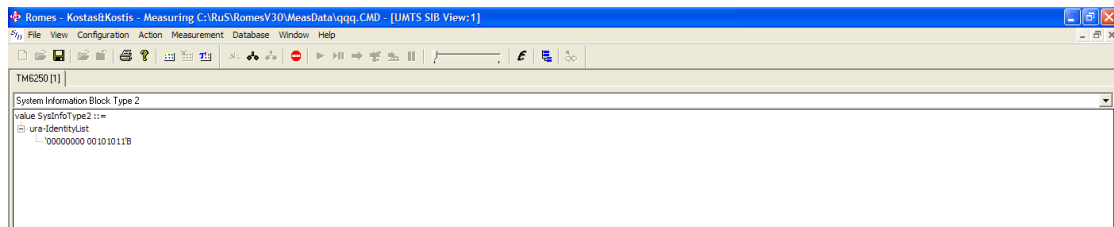
Το Master Information Block(MIB) δεν περιλαμβάνει πολλές λεπτομέρειες για το δίκτυο, διότι αυτές κατανέμονται στα επιμέρους SIB. Ουσιαστικά, εμπεριέχει απλώς τις πιο βασικές παραμέτρους που μεταδίδονται προκειμένου να ενημερωθεί ο κινητός σταθμός(UE) για το κελί που θα χρησιμοποιηθεί. Το MIB μεταδίδεται μέσω του καναλιού BCH-Broadcast Channel σε αντίθεση με τα υπόλοιπα SIBs που μεταδίδονται μέσω του καναλιού DSCH-Downlink Shared Channel. Ουσιαστικά το Master Information Block προγραμματίζει τα SIBs που πρόκειται να μεταδοθούν και πιο συγκεκριμένα περιέχει πληροφορίες σχετικά με το πότε αυτά πρόκειται να εκπεμφθούν. Επιπλέον μεταφέρει και τους κωδικούς MCC και MNC, με τον κωδικό MCC να έχει την τιμή 202 επειδή αυτός ο αριθμός αντιστοιχεί στην Ελλάδα και τον κωδικό MNC να έχει την τιμή 5, διότι το κανάλι που χρησιμοποιείται ανήκει στο δίκτυο της εταιρείας Vodafone. Ακολουθεί το System Information Block Type 1 το οποίο περιλαμβάνει κυρίως πληροφορίες σχετικά με τους χρόνους κλήσης και αναμονής όπου το κινητό πρέπει να γνωρίζει πριν την διαδικασία της κλήσης.

Το κινητό έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί την τεχνική Discontinuous Reception(DRX) με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας στην τερματική συσκευή (UE). Η τεχνική αυτή λειτουργεί ως εξής: το κινητό ουσιαστικά όταν χρησιμοποιείται η λειτουργία DRX είναι σε κατάσταση ύπνου (sleeping mode) την περισσότερη ώρα, δεν υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο εφόσον δεν μεταδίδονται δεδομένα προκειμένου να εξοικονομηθεί ενέργεια και περιοδικά τίθεται σε κανονική λειτουργία προκειμένου να λάβει ή να στείλει δεδομένα. Το χρονικό διάστημα στο οποίο το κινητό μένει σε λειτουργία ύπνου καθορίζεται από την παράμετρο DRX-CycleLengthCoeff, η οποία μεταδίδεται με το SIB 1. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί το System Information Block Type 2 το οποίο δεν μεταφέρει τίποτα άλλο παρά τον κωδικό ταυτότητας της περιοχής URA(URA ID), με στόχο να ενημερώσει τον κινητό σταθμό(UE) για την περιοχή URA στην οποία βρίσκεται το κελί που χρησιμοποιείται. Το κινητό λαμβάνει και αποθηκεύει αυτή τη τιμή, αντικαθιστώντας, εάν υπάρχει, την προηγούμενη τιμή. Η περιοχή URA είναι μία περιοχή η οποία αποτελείται από ένα σύνολο

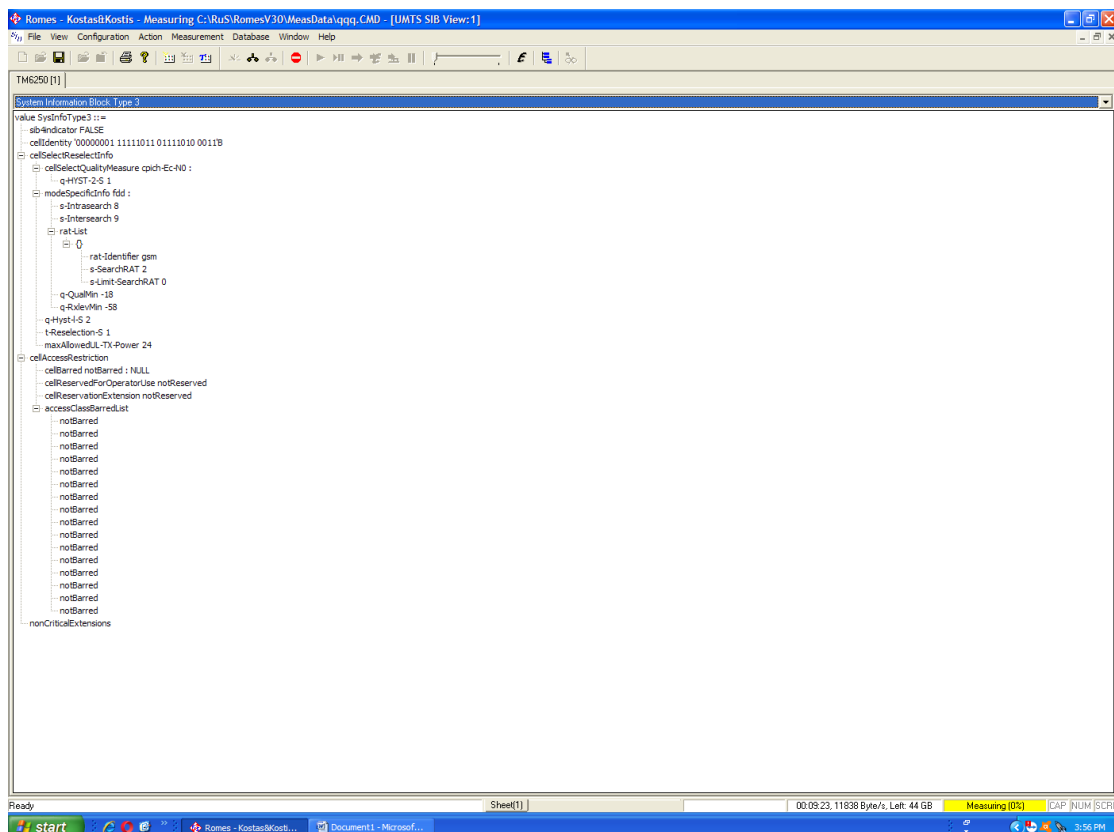
κελιών, το στιγμιότυπο του μηνύματος System Information Block Type 2 απεικονίζεται στην εικόνα 3.55.



Εικόνα 3.54:UMTS SIB View-System Information Block Type 1



Εικόνα 3.55:UMTS SIB View-System Information Block Type 2



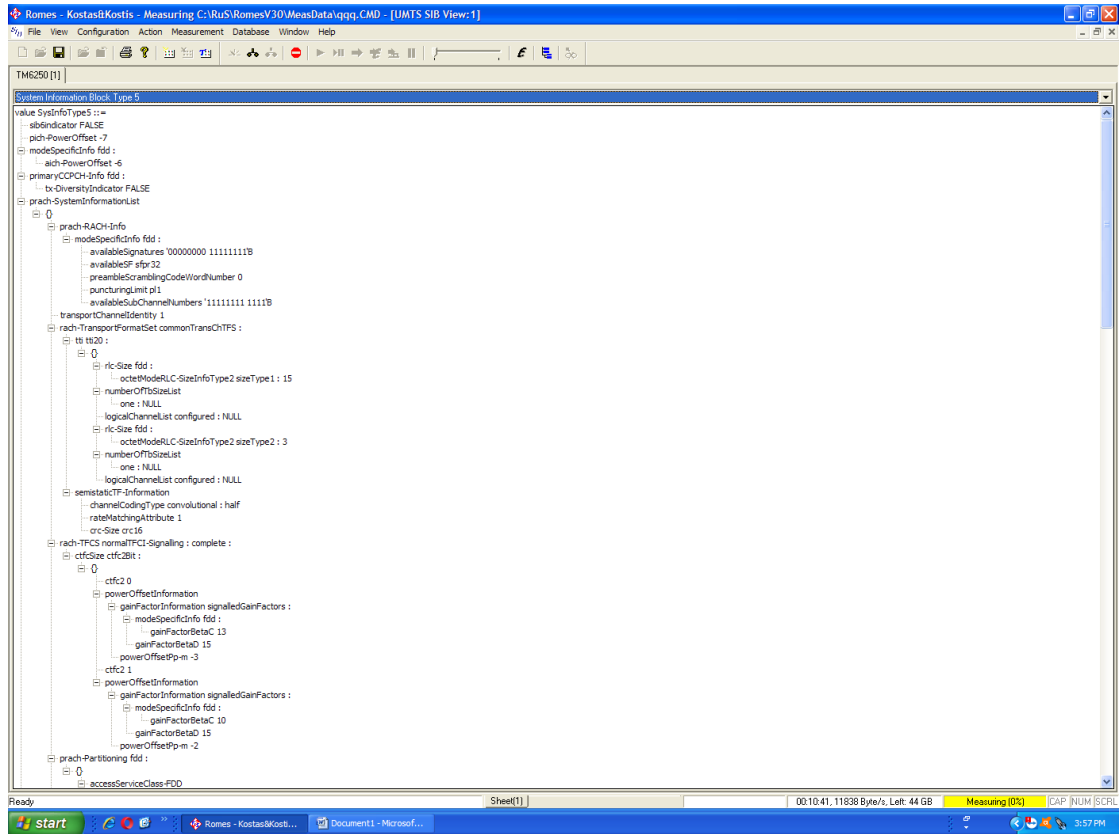
Εικόνα 3.56:UMTS SIB View-System Information Block Type 3

Το επόμενο block το οποίο εμφανίζει το μετρητικό σύστημα είναι το System Information Block Type 3, στο οποίο περιέχονται οι παράμετροι που αφορούν την επιλογή και επανεπιλογή κελιού.

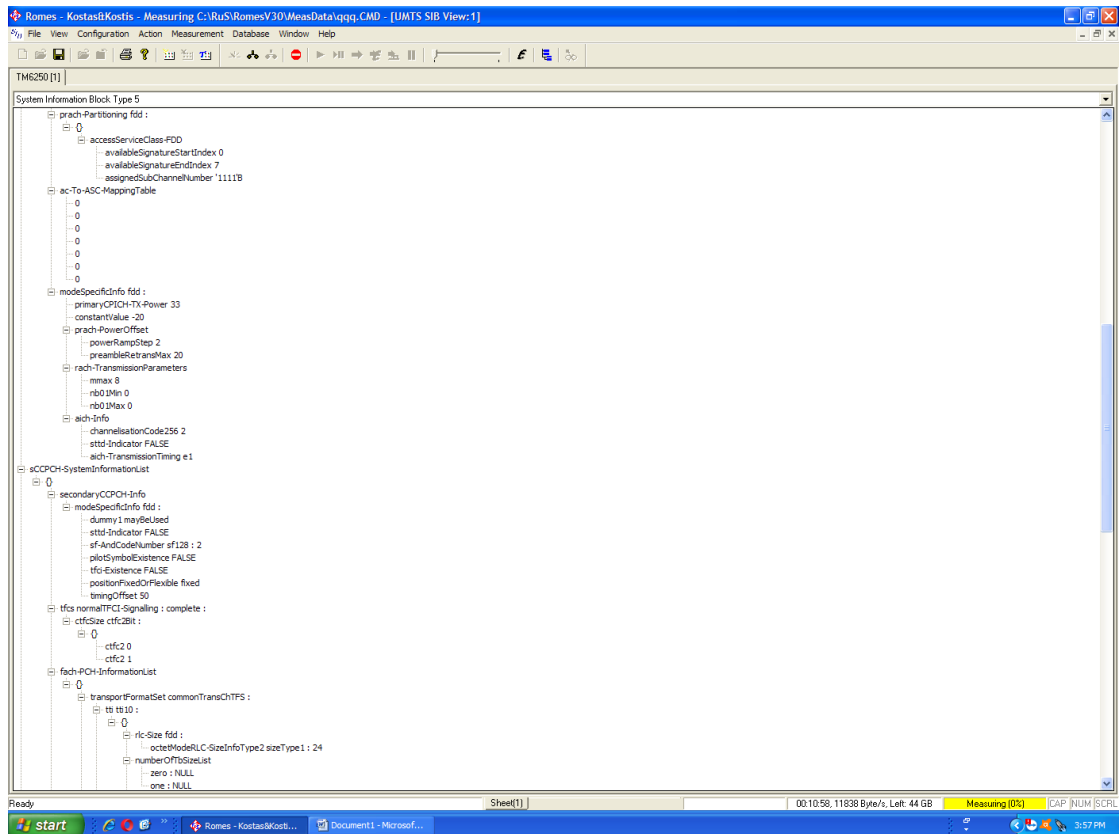
Αρχικά στο πάνω μέρος του μηνύματος βρίσκεται η ένδειξη sib4indicator, η οποία μπορεί να πάρει τις τιμές TRUE ή FALSE, με τις τιμές αυτές να σημαίνουν ότι μεταδίδεται ή όχι αντίστοιχα, το System Information Block Type 4 το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση πράγματι δεν μεταδίδεται. Με την παράμετρο cellIdentity δηλώνεται και μεταφέρεται ο αριθμός του κελιού το οποίο χρησιμοποιείται, ενώ στο πλαίσιο cellSelectReselectInfo γίνεται γνωστό ότι με χρήση της παραμέτρου q-HYST-2 το κινητό θα αξιολογήσει την ποιότητα της κλήσης με βάση την τιμή της παραμέτρου Ec/No που μετριέται στο κανάλι CPICH. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η παράμετρος q-HYST-1 η οποία θα σήμαινε ότι η αξιολόγηση αυτή θα γίνει με βάση την τιμή της παραμέτρου RSCP. Ακολουθούν οι παράμετροι s-Intrasearch και s-Intersearch οι οποίες έχουν προκαθορισμένες αριθμητικές τιμές που αποτελούν τιμές κατωφλίου. Συγκεκριμένα, εφόσον καταγραφούν τιμές που είναι μεγαλύτερες από εκείνες θα γίνει επανεπιλογή κελιού είτε σε κελί το οποίο βρίσκεται στην ίδια συχνότητα (intra-frequency) με το κελί που χρησιμοποιείται, είτε σε κελί το οποίο βρίσκεται σε διαφορετική συχνότητα (inter-frequency). Επίσης ορίζεται η ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα του σήματος (q-QualMin) και η ελάχιστη απαιτούμενη λαμβανόμενη ισχύς του σήματος (q-RxlevMin) στο κελί υπηρεσίας. Η αξιολόγηση της ποιότητας του σήματος γίνεται όπως έχει οριστεί στην συγκεκριμένη μέτρηση με βάση την ποσότητα Ec/No στο κανάλι CPICH. Έτσι το κινητό συγκρίνει την τιμή αυτή με την τιμή q-QualMin για να αποφασίσει εάν χρειάζεται να γίνει επανεπιλογή κελιού. Επιπλέον καθορίζεται και ο χρόνος t-Reselection, δηλ. το κινητό εφόσον πρέπει να αλλάξει το κελί που χρησιμοποιεί πρέπει να το κάνει μέσα στο χρονικό διάστημα που ορίζεται από το t-Reselection. Μεταφέρεται επίσης μέσω της παραμέτρου maxAllowedUL-TX-Power η τιμή της μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος εκπομπής του κινητού στην κατεύθυνση uplink. Τέλος, στο κάτω μέρος του block δίνεται η πληροφορία πως τα κελιά δεν έχουν κανενός είδους φραγή. Εάν το κελί που χρησιμοποιεί το κινητό την συγκεκριμένη χρονική στιγμή δεχθεί φραγή τότε αυτόματα θα ξεκινήσει η διαδικασία επανεπιλογής κελιού. Το επόμενο block που μεταδίδεται είναι το System Information Block Type 5 και περιλαμβάνει παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση των κοινών φυσικών καναλιών στο κελί.

Με τον δείκτη sib6indicator στην αρχή του block να έχει την τιμή FALSE συμπεραίνει κανείς ότι δεν μεταδίδεται το SIB6. Επίσης, μεταφέρεται η ισχύς μετάδοσης στο κανάλι PICH μέσω της παραμέτρου rich-PowerOffset, ενώ το ίδιο συμβαίνει και για το κανάλια AICH με την αντίστοιχη παράμετρο. Μεταξύ άλλων στο SIB5 δηλώνεται εάν χρησιμοποιείται κάποια τεχνική διαφορικής εκπομπής. Στη συγκεκριμένη μέτρηση δεν χρησιμοποιείται καθώς ο αντίστοιχος δείκτης(tx-DiversityIndicator) έχει την τιμή FALSE. Ακόμα, στο SIB5 εμπεριέχονται όλες πληροφορίες για το κανάλι PRACH όπως εμφανίζονται και στον αντίστοιχο πίνακα της μέτρησης UMTS Physical Channels View(διαθέσιμες υπογραφές που υπάρχουν, την τιμή του παράγοντα διασποράς που υποστηρίζεται, το όριο στα bit που μπορούν να καταστραφούν(runc.limit), τον κώδικα περίπλεξης και τέλος τα διαθέσιμα υποκανάλια). Αναφέρεται επίσης στο συγκεκριμένο block η κωδικοποίηση ,η οποία χρησιμοποιείται στο κανάλι PRACH, αλλά και παράμετροι όπως το Rate Matching και ο αριθμός των bit που χρησιμοποιούνται για την τεχνική διόρθωσης σφαλμάτων(CRC bits). Επίσης για το κανάλι PRACH αναφέρεται το όριο των αναμεταδόσεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν από το κινητό, εφόσον το κινητό στέλνει μέσω του καναλιού PRACH(uplink) το αίτημα για τυχαία πρόσβαση στο δίκτυο και δεν λαμβάνει την αντίστοιχη επιβεβαίωση από το δίκτυο μέσω του καναλιού AICH(downlink). Επίσης, στο συγκεκριμένο block καθορίζεται και ο αριθμός σύμφωνα

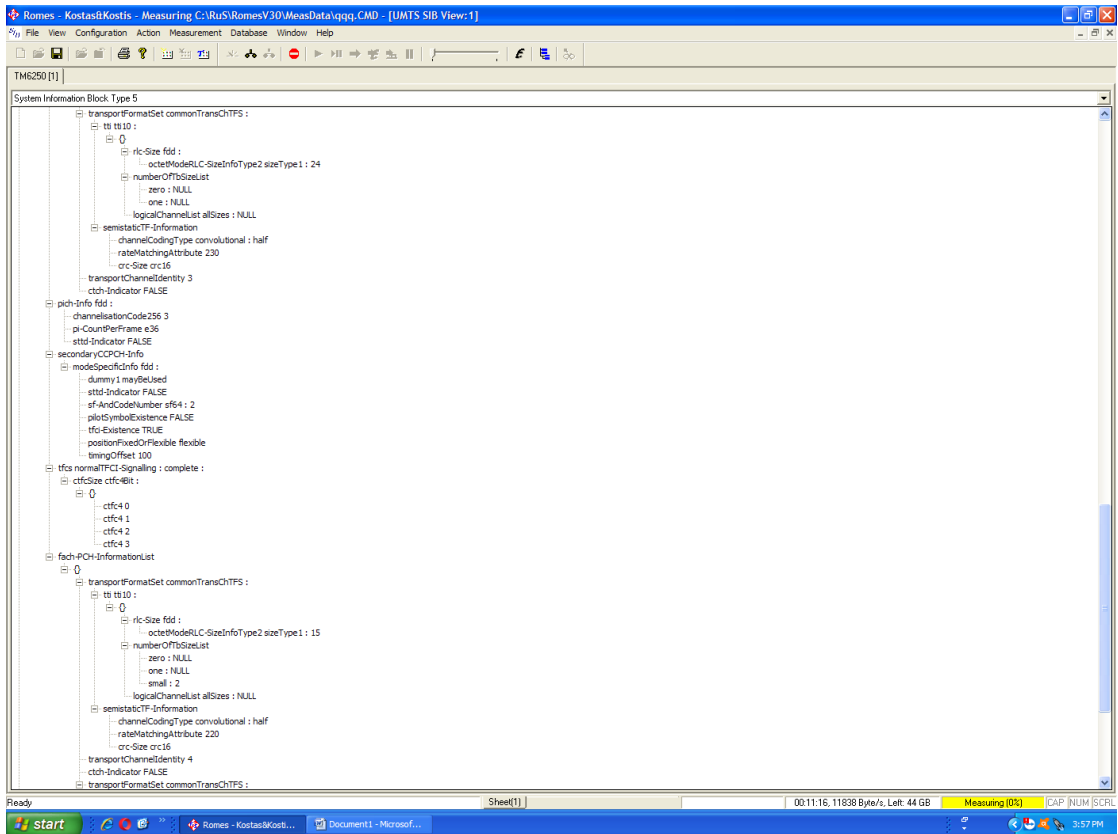
με τον οποίο θα αυξηθεί η ισχύς του εκπεμπόμενου σήματος από το κινητό σε περίπτωση επανεκπομπής.



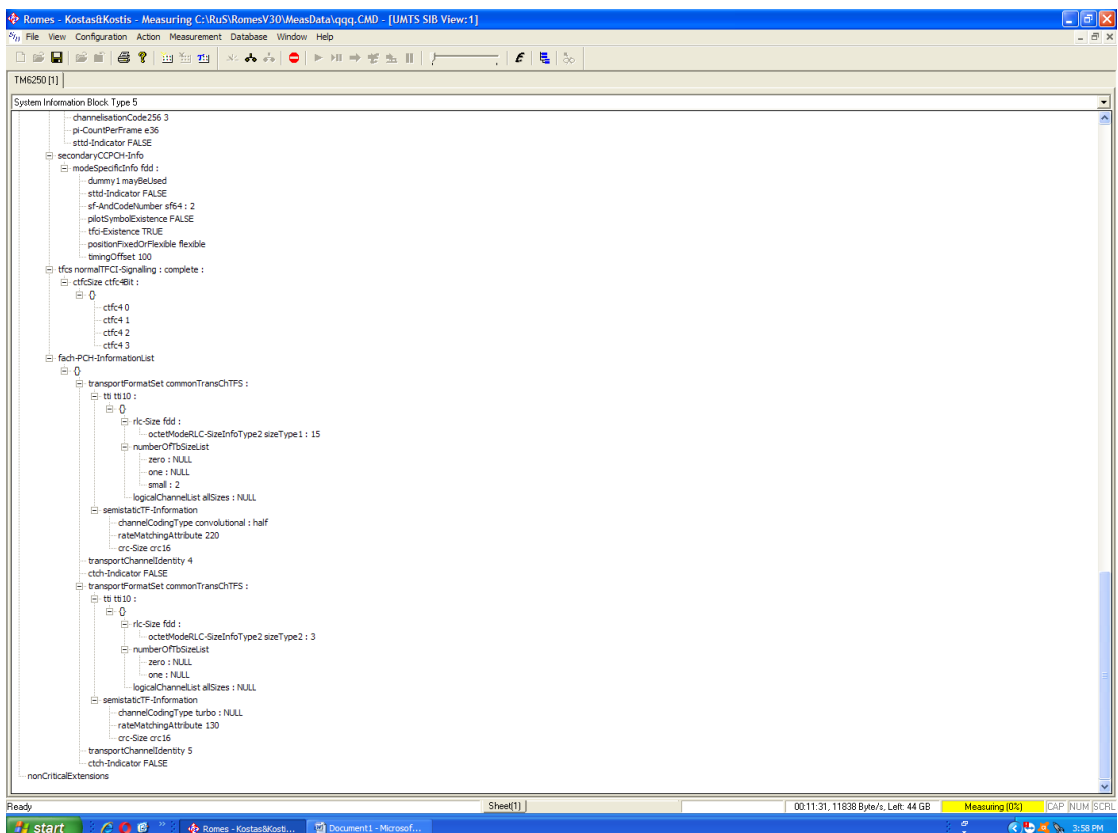
Εικόνα 3.57:UMTS SIB View-System Information Block Type 5(1/4)



Εικόνα 3.58:UMTS SIB View-System Information Block Type 5(2/4)

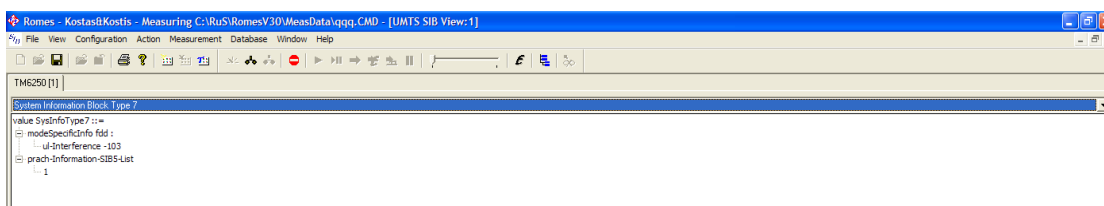


Εικόνα 3.59:UMTS SIB View-System Information Block Type 5(3/4)



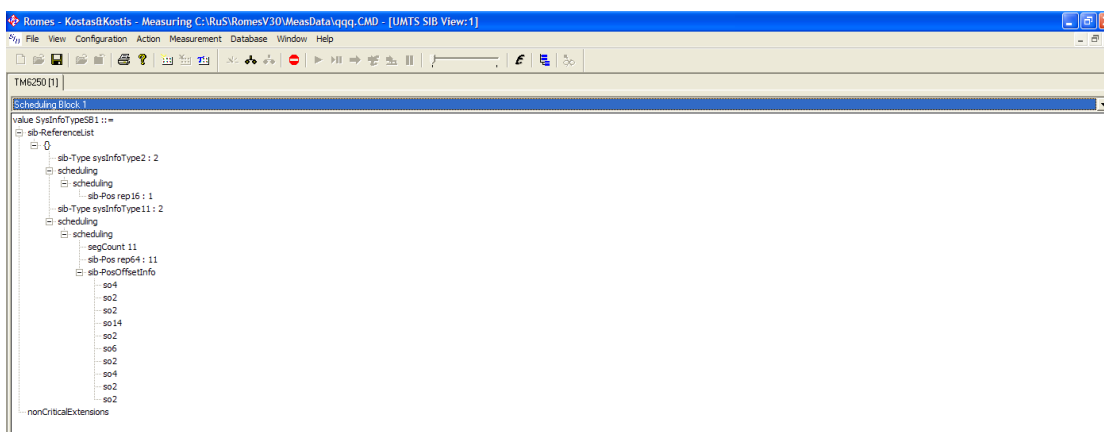
Εικόνα 3.60:UMTS SIB View-System Information Block Type 5(4/4)

Το επόμενο block που μεταδίδεται είναι το System Information Block Type 7 με το οποίο το δίκτυο ενημερώνει το κινητό για τα επίπεδα παρεμβολών στην κατεύθυνση uplink, μέσω της παραμέτρου ul-Interference που στην συγκεκριμένη μέτρηση έχει την τιμή -103.



Εικόνα 3.61:UMTS SIB View-System Information Block Type 7

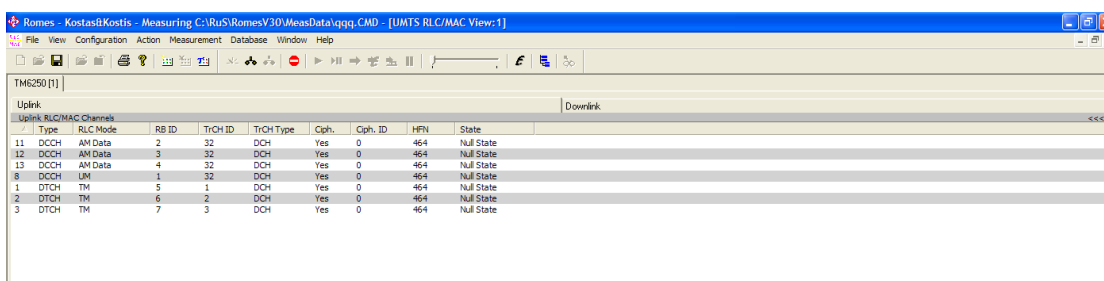
Τέλος το τελευταίο block που εμφανίζει το μετρητικό σύστημα με το οποίο εκτελούνται οι μετρήσεις, είναι το Scheduling Block 1.



Εικόνα 3.62:UMTS SIB View-Scheduling Block 1

Η επεξήγηση του Scheduling Block 1 ουσιαστικά είναι ίδια με εκείνη του Master Information Block, υπό την έννοια ότι και το Scheduling Block 1 με τα δεδομένα που μεταφέρει γνωστοποιεί στο κινητό λεπτομέρειες σχετικά με τον προγραμματισμό των υπόλοιπων SIBs, όπως είναι ο χρόνος στον οποίο αυτά θα εκπεμφθούν. Επομένως, δεν μεταφέρει κάποια ουσιαστική πληροφορία η οποία δεν υπάρχει στα υπόλοιπα SIBs.

Η επόμενη μέτρηση που θα αναλυθεί ονομάζεται **UMTS RLC/MAC View** και αφορά τα λογικά κανάλια τα οποία στην συγκεκριμένη μέτρηση παρουσιάζονται ξεχωριστά για τις δύο κατευθύνσεις uplink και downlink.

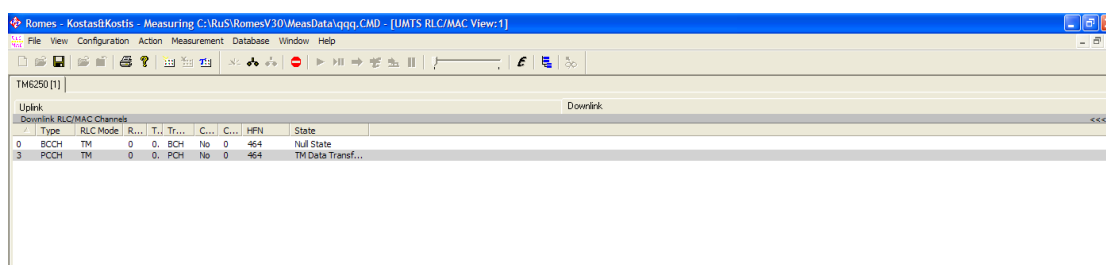


Εικόνα 3.63:UMTS RLC/MAC View-Uplink

Αρχικά στην πρώτη στήλη που φέρει την ένδειξη Type αναγράφεται ο τύπος του λογικού καναλιού. Στη μέτρηση αυτή καταγράφονται τα κανάλια DCCH και DTCH. Όπως είναι γνωστό και από το θεωρητικό μέρος της εργασίας, τα λογικά κανάλια χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, οι οποίες

είναι τα κανάλια ελέγχου (control channels) και τα κανάλια κίνησης(traffic channels). Τα κανάλια ελέγχου μεταφέρουν πληροφορίες που σχετίζονται τον έλεγχο των λειτουργιών του δικτύου, ενώ τα κανάλια κίνησης μεταφέρουν πληροφορίες που αφορούν τον χρήστη. Το κανάλι DCCH-Dedicated Control Channel ανήκει στα λογικά κανάλια ελέγχου και μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου και στις δύο κατευθύνσεις(uplink και downlink), ενώ το κανάλι DTCH-Dedicated Traffic Channel ανήκει στα λογικά κανάλια κίνησης και μεταφέρει πληροφορίες συνήθως για κάποια υπηρεσία που αφορά τον χρήστη. Και τα δύο κανάλια χρησιμοποιούνται και στις δύο κατευθύνσεις, παρόλα αυτά στη συγκεκριμένη μέτρηση εξετάζεται η λειτουργία τους στην κατεύθυνση uplink.

Η επόμενη στήλη ονομάζεται RLC Mode και περιγράφει την τεχνική που έχει επιλεγεί για να μεταδοθούν τα δεδομένα με αφετηρία το κινητό και προορισμό το δίκτυο με κριτήριο την ασφάλεια των μεταδιδόμενων δεδομένων. Το RLC-Radio Link Control είναι το πρωτόκολλο με το οποίο μεταδίδονται τα δεδομένα και σύμφωνα με αυτό επιλέγεται ο τρόπος μετάδοσης, με τις διαθέσιμες επιλογές να είναι οι τεχνικές AM, UM και TM. Με τον όρο AM-Acknowledge Mode αναφέρεται η τεχνική σύμφωνα με την οποία ο αποστολέας περιμένει από τον παραλήπτη μήνυμα επιβεβαίωσης ότι τα έχει λάβει. Στη συγκεκριμένη περίπτωση που πρόκειται για την uplink κατεύθυνση το δίκτυο στέλνει επιβεβαίωση στο κινητό. Αντίθετα, στην τεχνική Unacknowledged Mode(UM) δεν απαιτείται η αποστολή μηνύματος επιβεβαίωσης ότι έχουν ληφθεί τα δεδομένα από τον παραλήπτη στον αποστολέα. Τέλος, ούτε στην τεχνική Transparent Mode(TM) υποστηρίζεται η λειτουργία της αποστολής μηνύματος επιβεβαίωσης. Θα μπορούσε να πει κάποιος ότι η τεχνική Transparent Mode είναι όμοια με την τεχνική Unacknowledged Mode αλλά αυτό δεν ισχύει. Δεν ισχύει καθώς στην τεχνική Transparent Mode δεν πραγματοποιούνται πολλές διεργασίες που αντίθετα στην τεχνική Unacknowledged Mode πραγματοποιούνται, όπως είναι ο διαχωρισμός του εκπεμπόμενου μηνύματος σε επιμέρους μηνύματα και η προσθήκη επιπλέον bit προστασίας, έτσι ώστε να είναι πιο εύκολος ο εντοπισμός αλλά και η διόρθωση λαθών στον δέκτη. Με την τεχνική Transparent Mode τα δεδομένα δεν υφίστανται κάποια επεξεργασία πριν την αποστολή τους και απλώς αποστέλλονται. Στη στήλη RB ID αναφέρεται ένας αύξων αριθμός για κάθε γραμμή, η οποία αποτελεί και μία σύνδεση για αποστολή δεδομένων μεταξύ του κινητού και του δικτύου. Έπειτα στην στήλη Ciph δηλώνεται το αν χρησιμοποιείται ή όχι κρυπτογράφηση στα δεδομένα που μεταδίδονται. Επίσης στην στήλη Ciph.ID υπάρχει ένας αριθμός που αφορά την κρυπτογράφηση και τον γνωρίζουν μόνο το κινητό και το δίκτυο. Ακολουθεί η στήλη HFN-Hyper Frame Number, όπου ο αριθμός που βρίσκεται σε αυτή την στήλη χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό της επικοινωνίας μεταξύ του κινητού και του σταθμού βάσης καθώς και για την διαδικασία της κρυπτογράφησης. Τέλος στην στήλη State καταγράφεται η κατάσταση της κάθε σύνδεσης μεταξύ του κινητού και του δικτύου. Η ένδειξη Null State δηλώνει ότι δεν είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων, ενώ η ένδειξη Transparent Mode(TM) Data Transfer Ready State, η οποία αναφέρεται στην κατεύθυνση downlink, εκφράζει ότι είναι δυνατή η ανταλλαγή δεδομένων εφαρμόζοντας την τεχνική Transparent Mode. Οι ίδιες ακριβώς παράμετροι καταγράφονται και στην κατεύθυνση downlink, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.64.



ID	Type	RLC Mode	R...	T...	Tr...	C...	C...	HFN	State
0	BCH	TM	0	0	BCH	No	0	464	Null State
3	PCCH	TM	0	0	PCH	No	0	464	TM Data Transf...

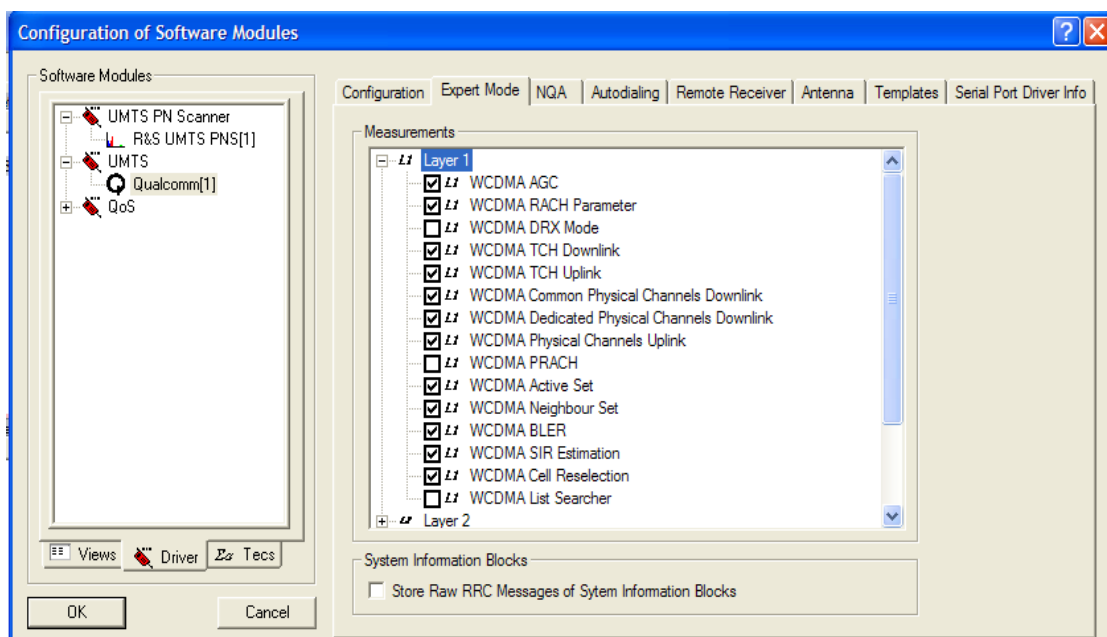
Εικόνα 3.64:UMTS RLC/MAC View-Downlink

Αντίστοιχα στη στήλη Type του πίνακα που αφορά την κατεύθυνση downlink αναφέρεται ο τύπος του λογικού καναλιού που χρησιμοποιείται. Διακρίνονται τα κανάλια BCCH και PCCH, τα οποία είναι και τα δύο λογικά κανάλια ελέγχου και χρησιμοποιούνται και τα δύο αποκλειστικά στην κατεύθυνση downlink. Το κανάλι BCCH-Broadcast Control Channel χρησιμοποιείται για μεταφορά πληροφορίας ελέγχου. Ουσιαστικά μεταφέρει τα χαρακτηριστικά του κελιού από το δίκτυο προς το κινητό, ενώ από την άλλη το κανάλι PCCH-Paging Control Channel χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφοριών ειδοποίησης προς το κινητό. Στη συνέχεια ακολουθεί η μέτρηση **UMTS Measurement Report View** στην οποία καταγράφονται μετρήσεις για τα φυσικά κανάλια από το κινητό οι οποίες αποστέλλονται στο δίκτυο.

#	SC	Ec/Io	RSCP	PL	C	OFF	Tra	SPK-CRN
3	281	-19.0	-91	---	---	---	---	---
2	229	-13.5	-86	---	---	---	---	---
1	38	-6.0	-78	---	---	---	---	---

Εικόνα 3.65:UMTS Measurement Report View

Κάθε γραμμή του πίνακα αναπαριστά και ένα φυσικό κανάλι. Οι πρώτες δύο στήλες του πίνακα περιλαμβάνουν ένα χρωματικό σύμβολο και έναν αριθμό ακολουθίας (#) για κάθε κανάλι, προκειμένου να διαχωρίζονται κανάλια με διαφορετικούς κωδικούς περίπλεξης (scrambling codes). Ο πρωτεύον κωδικός περίπλεξης κάθε σήματος βρίσκεται στη στήλη SC, ενώ ακολουθούν τα μεγέθη Ec/Io και RSCP όπως έχουν οριστεί στις προηγούμενες μετρήσεις. Η παράμετρος Ec/Io μετριέται εκφράζει την ποιότητα του σήματος, ενώ η παράμετρος RSCP εκφράζει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος και μετριέται σε dBm. Η επόμενη μέτρηση σχετίζεται με την διαδικασία της επανεπιλογής κελιού και ονομάζεται **UMTS Reselection View**. Για να μπορέσουν να εμφανιστούν στο περιβάλλον της μέτρησης τα δεδομένα πρέπει να επιλεγθούν οι λειτουργίες όπως φαίνονται στην εικόνα 3.66.



Εικόνα 3.66:Απαραίτητες ρυθμίσεις για την μέτρηση UMTS Reselection View

The screenshot shows a software window titled 'UMTS Reselection View:1'. It contains a table with the following data:

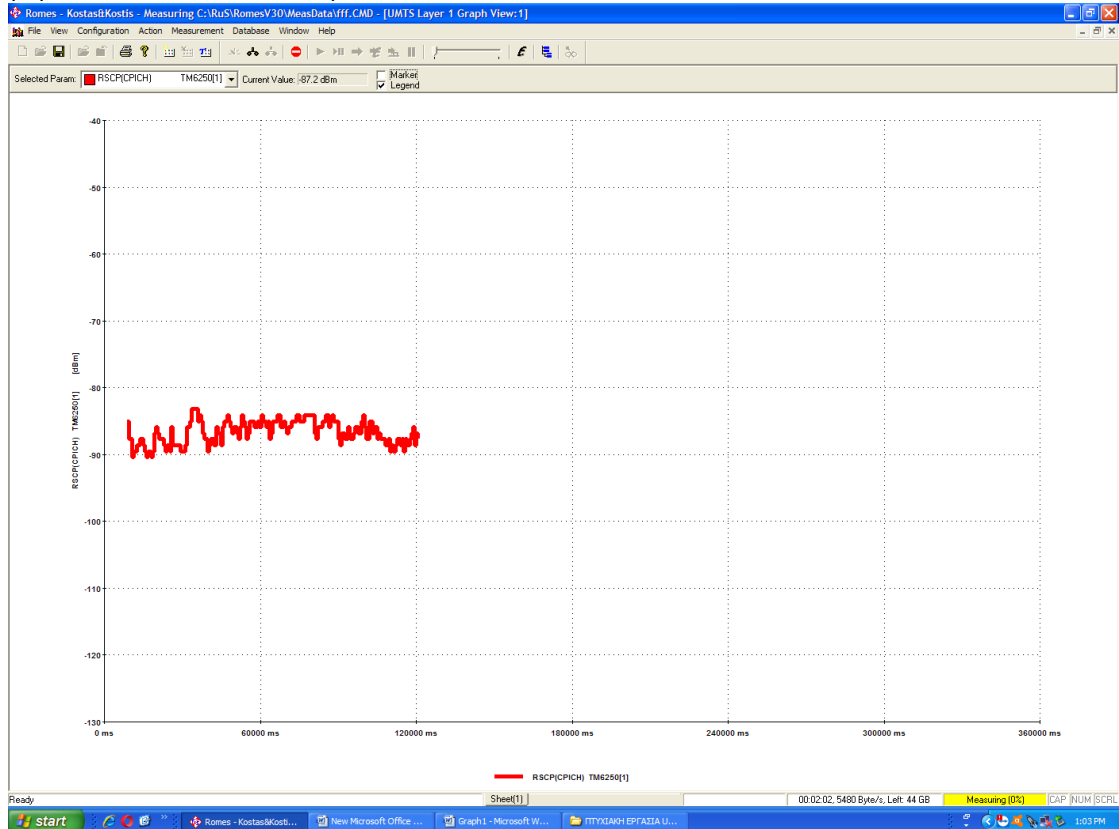
#	UARFCN	SC	RSCP [dBm]	Rank RSCP	Ec/Io [dB]	Rank Ec/Io	Node B
1	10614	408	-66	-83	-15	-83	
2	10614	8128	-78	-99	---	---	

Εικόνα 3.67:UMTS Reselection View

Στην εικόνα 3.67 εμφανίζονται τα αποτελέσματα της μέτρησης UMTS Reselection View, όπου έχουν καταγραφεί δύο κελιά τα οποία αποκτούν από ένα χρωματικό σύμβολο και έναν αριθμό ακολουθίας(#) για να διαχωρίζονται. Στη διπλανή στήλη καταγράφεται ο αριθμός UARFCN του κελιού, ο οποίος μεταφράζεται σε μία συγκεκριμένη συχνότητα. Τα δύο κελιά έχουν την ίδια τιμή UARFCN κάτι το οποίο σημαίνει ότι χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα (intra-frequency). Επιπλέον καταγράφεται ο κώδικας περίπλεξης του κάθε κελιού, όπως επίσης και τα μεγέθη Ec/Io και RSCP για τα αντίστοιχα σήματα. Ο λόγος της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit(chip) κώδικα προς τις παρεμβολές(Ec/Io) εκφράζει την ποιότητα του σήματος, ενώ το μέγεθος RSCP δηλώνει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος. Τα κελιά κατατάσσονται με βάση τις τιμές των Ec/Io και RSCP στις στήλες Rank Ec/Io και Rank RSCP αντίστοιχα. Το κελί που έχει τις καλύτερες τιμές για την ποιότητα και την ισχύ του σήματος είναι στην πρώτη γραμμή (#1) και αποτελεί το κελί υπηρεσίας. Η διαδικασία επανεπιλογής κελιού γίνεται με κριτήριο την παράμετρο Ec/Io ή την

παράμετρο RSCP αναλόγως με το ποια από τις δύο έχει οριστεί για αυτό το σκοπό στις ρυθμίσεις που έχουν γίνει. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής, όταν είτε η τιμή της παραμέτρου Ec/Io του κελιού υπηρεσίας εφόσον χρησιμοποιείται αυτή η παράμετρος, είτε η παράμετρος RSCP που αφορά το κελί υπηρεσίας, εάν χρησιμοποιείται εκείνη, λάβει μία συγκεκριμένη τιμή κατωφλίου ή πέσει κάτω από αυτήν, τότε το κινητό ξεκινά να μετρά και επαληθεύει τις τιμές των παραμέτρων Ec/Io και RSCP για τα κελιά που δεν χρησιμοποιούνται. Οι τιμές κατωφλίου και για τα δύο μεγέθη βρίσκονται στις στήλες με την ένδειξη Rank. Εν συνεχεία εάν το κινητό εντοπίσει καλύτερη τιμή Ec/Io ή RSCP σε ένα άλλο κανάλι και η τιμή αυτή παραμένει καλύτερη για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (Treslection), τότε γίνεται επανεπιλογή κελιού και επιλέγεται το κελί με τις καλύτερες τιμές.

Τελευταία σε αυτό το σύνολο μετρήσεων είναι η μέτρηση **UMTS Layer 1 Graph View**, στην οποία ουσιαστικά αναπαρίστανται τα βασικότερα μεγέθη του φυσικού επιπέδου του UMTS σε γραφική μορφή.



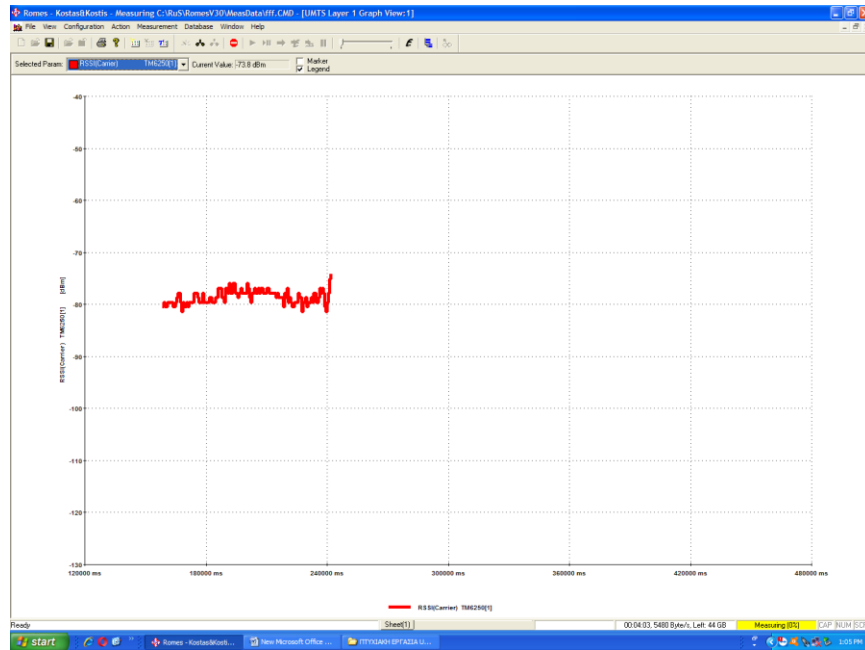
Εικόνα 3.68:UMTS Layer 1 Graph View-RSCP

Στο πάνω μέρος της μέτρησης UMTS Layer 1 Graph View υπάρχει ένα πτυσσόμενο menu από το οποίο επιλέγεται το μέγεθος για το οποίο θα εμφανιστεί παρακάτω η γραφική παράσταση. Οι γραφικές παραστάσεις για όλα τα μεγέθη αποτυπώνονται σε πραγματικό χρόνο την ώρα που πραγματοποιούνται οι κλήσεις. Η πρώτη επιλογή που υπάρχει στο πτυσσόμενο menu είναι το μέγεθος RSCP και η γραφική αποτύπωση του βρίσκεται στην εικόνα 3.68. Η παράμετρος RSCP όπως έχει εκφραστεί και παραπάνω δηλώνει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος. Με την τεχνική CDMA κάθε φυσικό κανάλι αντιστοιχίζεται με έναν κωδικό διασποράς, η ισχύς του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος μετρείται στο κανάλι CPICH. Στο πλαίσιο της γραφικής παράστασης, στον κάθετο άξονα εμφανίζεται μία κλίμακα η οποία είναι βαθμονομημένη με τις τιμές -40 έως -130 dBm και αναφέρεται στις τιμές που παίρνει η παράμετρος RSCP, ενώ ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει τον χρόνο σε ms. Παρατηρεί κανείς με βάση τον οριζόντιο άξονα το χρονικό διάστημα, το οποίο προηγείται της κλήσης, το διάστημα όπου πραγματοποιείται η κλήση και υπάρχει αποτύπωση της γραφικής παράστασης και αντίστοιχα το τέλος της κλήσης.

Σύμφωνα με την γραφικά παράσταση, οι τιμές που λαμβάνει η παράμετρος RSCP κατά την διάρκεια της κλήσης κυμαίνονται από -83 έως -90 dBm. Η τιμή η οποία είχε η παράμετρος RSCP όταν αποθηκεύτηκε το συγκεκριμένο στιγμιότυπο αναφέρεται στο πεδίο Current Value και ήταν -87.2 dBm.

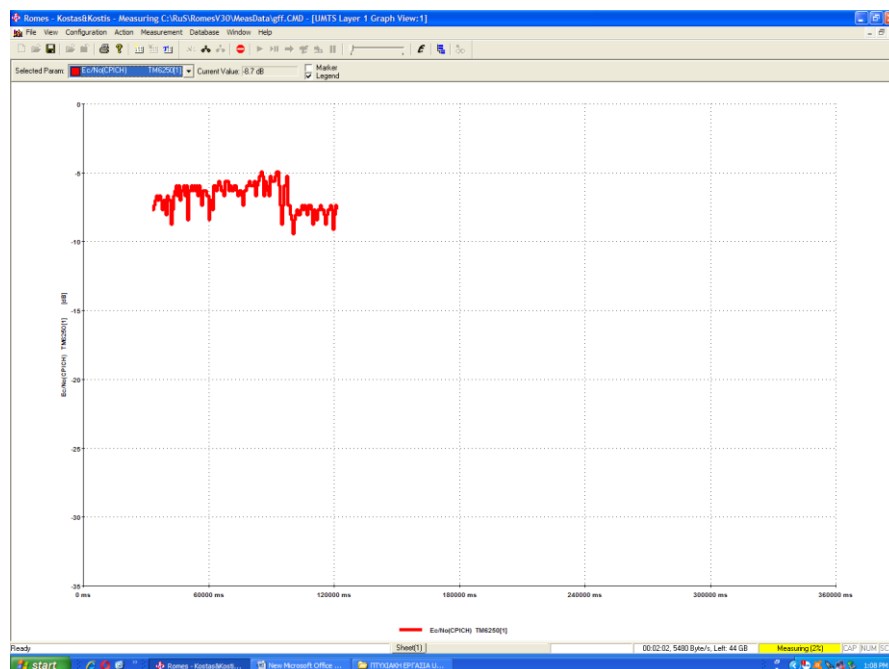
Οι τιμές -83 έως -90 dBm τις οποίες λαμβάνει η παράμετρος RSCP δηλώνουν σύμφωνα με τον πίνακα 3.6 ότι η ισχύς του σήματος χαρακτηρίζεται από μέτρια ως κακή. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται προκειμένου να αποτυπωθούν με γραφική αναπαράσταση έχουν ληφθεί από το κινητό τηλέφωνο.

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G
Ακολουθεί η γραφική αναπαράσταση της παραμέτρου RSSI.



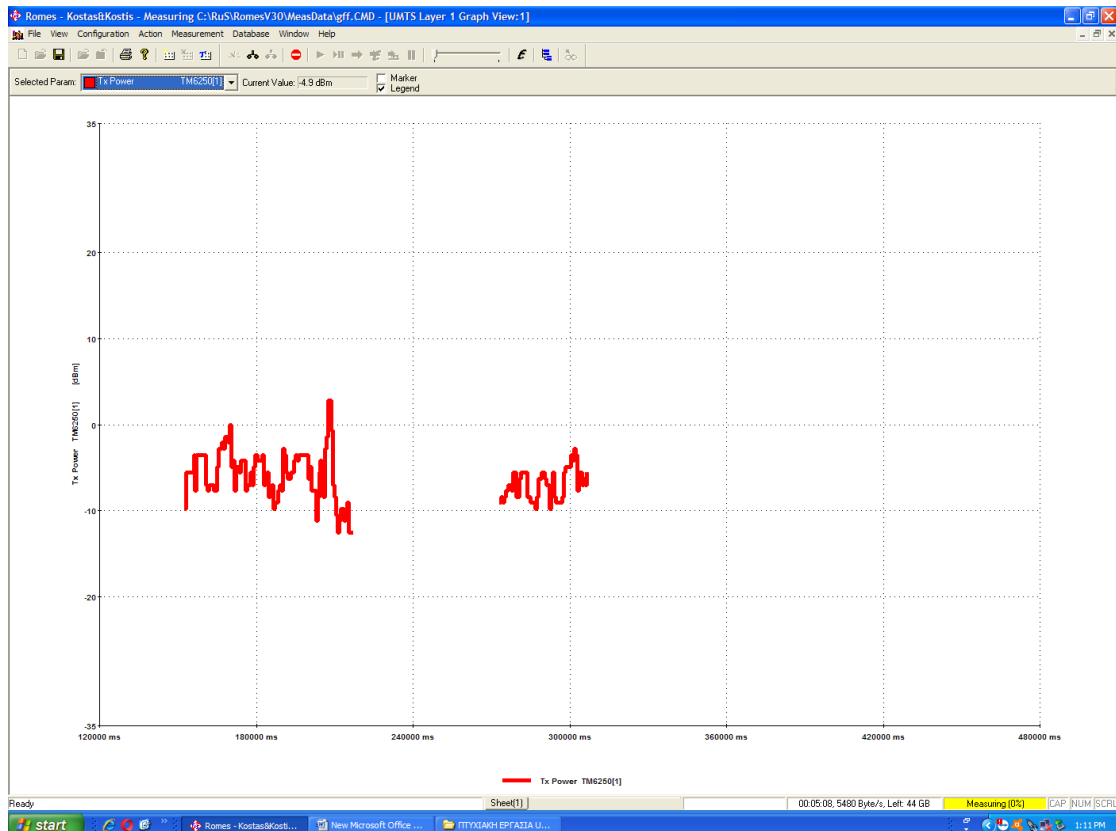
Εικόνα 3.69:UMTS Layer 1 Graph View-RSSI

Όπως έχει επισημανθεί και σε προηγούμενες μετρήσεις το RSSI εκφράζει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος την οποία και καταγράφει το κινητό σε dBm. Στον κατακόρυφο άξονα καταγράφονται οι τιμές του RSSI, ενώ στον οριζόντιο απεικονίζεται ο χρόνος σε ms. Στη συγκεκριμένη κλήση φαίνεται από το διάγραμμα ότι το RSSI λαμβάνει τιμές από -73.8 έως -82 dBm, όπου σύμφωνα με τον πίνακα 3.5, η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος κρίνεται ως πολύ καλή και μπορούν να επιτευχθούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων. Επιπλέον στο πεδίο Current Value καταγράφεται η τιμή που είχε το RSSI την στιγμή που παρελήφθη το στιγμιότυπο της μέτρησης, η οποία είναι και η τελευταία τιμή που εμφανίζεται στο διάγραμμα. Το επόμενο διάγραμμα αφορά την παράμετρο Ec/No η οποία μετρείται μέσω του καναλιού CPICH.



Εικόνα 3.70:UMTS Layer 1 Graph View-Ec/No

Η παράμετρος Ec/No ορίζεται ως ο λόγος της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit(chip) κώδικα προς την πυκνότητα θορύβου και χρησιμοποιείται για να χαρακτηριστεί η ποιότητα του σήματος. Στον κατακόρυφο άξονα καταγράφονται οι τιμές που μπορεί να πάρει η ποσότητα Ec/No σε μία κλίμακα η οποία είναι βαθμονομημένη από 0 έως -35 dB, ενώ στον οριζόντιο άξονα αναπαρίσταται ο χρόνος σε ms. Κατά την διάρκεια της κλήσης οι τιμές που λαμβάνει ο λόγος Ec/No κυμαίνονται από -5 έως -9 dB, το οποίο σημαίνει ότι η ποιότητα του σήματος είναι από πολύ καλή έως εξαιρετική. Όσο πιο κοντά στα 0 dB είναι η τιμή του Ec/No τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του σήματος. Επιπλέον όπως και στις προηγούμενες γραφικές παραστάσεις στο πεδίο Current Value αναγράφεται η τιμή που είχε η μέτρηση όταν αποθηκεύτηκε το συγκεκριμένο στιγμιότυπο. Το επόμενο διάγραμμα αφορά την παράμετρο Tx Power, η οποία εκφράζει την ισχύ που εκπέμπει το κινητό.

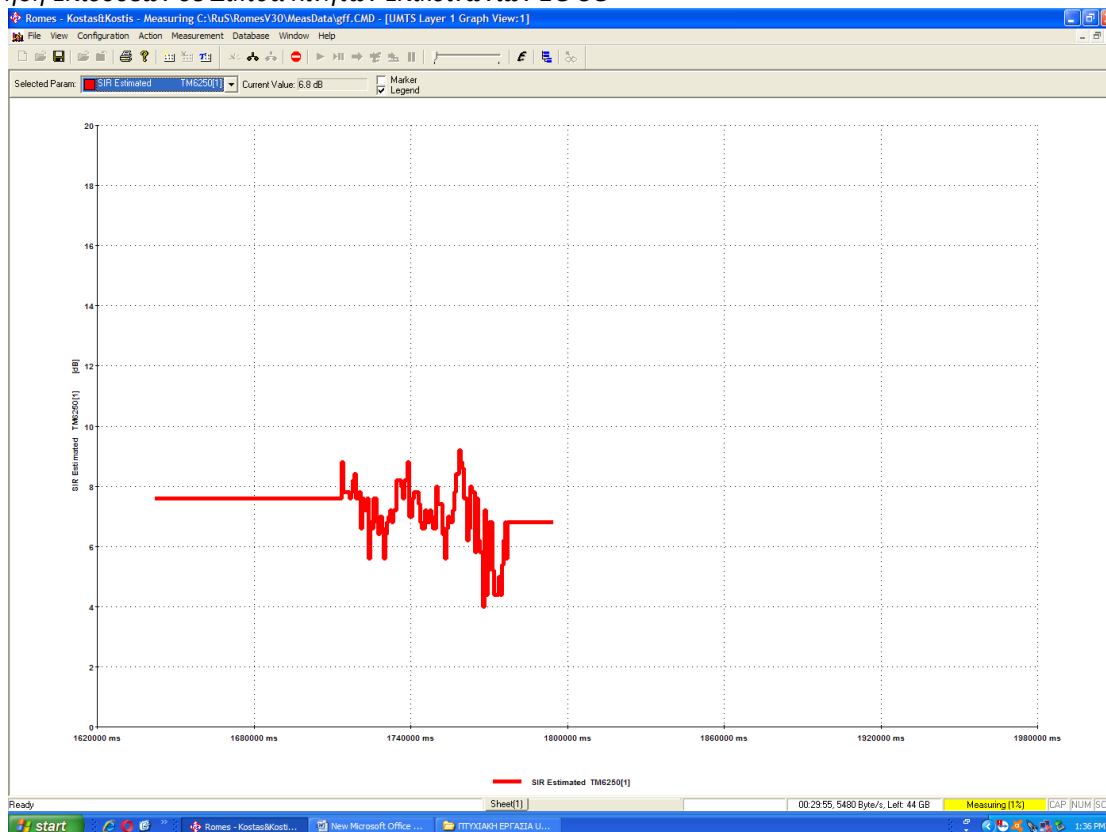


Εικόνα 3.71:UMTS Layer 1 Graph View-Tx Power

Στον κατακόρυφο άξονα βρίσκεται μία κλίμακα βαθμονομημένη από 35 έως -35 dBm και αφορά τις τιμές που μπορεί να πάρει η ισχύς που εκπέμπει το κινητό, ενώ στον οριζόντιο άξονα τοποθετείται ο χρόνος προκειμένου να μπορέσει να αναπαρασταθεί η ισχύς που εκπέμπει το κινητό στην διάρκεια μίας κλήσης. Στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο διακρίνονται δύο κλήσεις, με μόνο την πρώτη κλήση να είναι ολοκληρωμένη. Οι τιμές που λαμβάνει η παράμετρος Tx Power κατά την διάρκεια της πρώτης κλήσης είναι από -13 έως +3 dBm, ενώ στο SIB 3 μεταφέρεται η τιμή που έχει οριστεί για την μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ που εκπέμπει το κινητό και αυτή είναι τα +24 dBm.

Η ισχύς εκπομπής, η οποία κινείται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα. Το γεγονός αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένα θετικό αποτέλεσμα, διότι αυτό συνεισφέρει στη συγκράτηση του επιπέδου των παρεμβολών.

Η επόμενη γραφική παράσταση αναφέρεται στον λόγο του λαμβανόμενου σήματος, ή πιο σωστά στον λόγο της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος, προς τις παρεμβολές (Signal to Interference Ratio-SIR).



Εικόνα 3.72:UMTS Layer 1 Graph View-SIR

Στο διάγραμμα της εικόνας 3.72 αναπαρίστανται γραφικά οι τιμές που λαμβάνει το μέγεθος SIR. Στον κατακόρυφο άξονα βρίσκεται μία κλίμακα με τις τιμές που μπορεί να πάρει το SIR, η οποία είναι βαθμονομημένη από τα 0 έως τα 20 dB, ενώ στον οριζόντιο άξονα βρίσκεται ο χρόνος. Η διαδικασία της κλήσης στο διάγραμμα αποτυπώνεται από το σημείο όπου σταματά η συνεχόμενη ευθεία γραμμή στα αριστερά της εικόνας έως το σημείο όπου εμφανίζεται ξανά μία σταθερή ευθεία γραμμή στα δεξιά της εικόνας. Όσο διαρκεί η κλήση η παράμετρος SIR λαμβάνει τιμές από 4 έως 9 περίπου dB, το οποίο σημαίνει ότι με βάση το SIR και τον πίνακα B.3 η ισχύς του σήματος κρίνεται από κακή ως μέτρια. Όσο πιο κοντά στα 20 dB είναι η τιμή του SIR τόσο καλύτερη είναι η ισχύς του σήματος. Όπως και σε όλα τα διαγράμματα στο πεδίο Current Value αναγράφεται η τιμή που είχε καταγραφεί την στιγμή που ελήφθη το συγκεκριμένο στιγμιότυπο.

Η επόμενη γραφική παράσταση ανήκει στην παράμετρο Srxlev, η οποία υπολογίζεται από το κινητό, με την εξής μαθηματική σχέση:

$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - Q_{rxlevmin} - P_{compensation}$$

όπου $Q_{rxlevmeas}$ είναι η μετρούμενη τιμή ισχύος στο κελί υπηρεσίας, η οποία μπορεί να γίνει γνωστή από την τιμή της παραμέτρου RSCP την οποία μετρά το κινητό. Η παράμετρος $Q_{rxlevmin}$ μεταφέρεται μέσω του SIB3 και έχει μία προκαθορισμένη τιμή, η οποία δεν αλλάζει κατά την διάρκεια της κλήσης. Η τιμή αυτή εκφράζει την ελάχιστη απαιτούμενη λαμβανόμενη ισχύ του σήματος στο κελί το οποίο χρησιμοποιείται. Επίσης, η παράμετρος $P_{compensation}$ ορίζεται από την σχέση:

$$P_{compensation} : \max(UE_TXPWR_MAX_RACH-P_MAX, 0)$$

όπου $UE_TXPWR_MAX_RACH$ είναι η μέγιστη ισχύς που μεταδίδει το κινητό όταν χρησιμοποιεί το κανάλι RACH-Random Access Channel, ενώ P_MAX είναι η μέγιστη ισχύς που εκπέμπει το κινητό. Η τιμή αυτή είναι προκαθορισμένη και μεταδίδεται μέσω του SIB3. Στην συγκεκριμένη μέτρηση διακρίνεται από το SIB3 ότι αυτή η τιμή είναι ίση με 24 dBm.

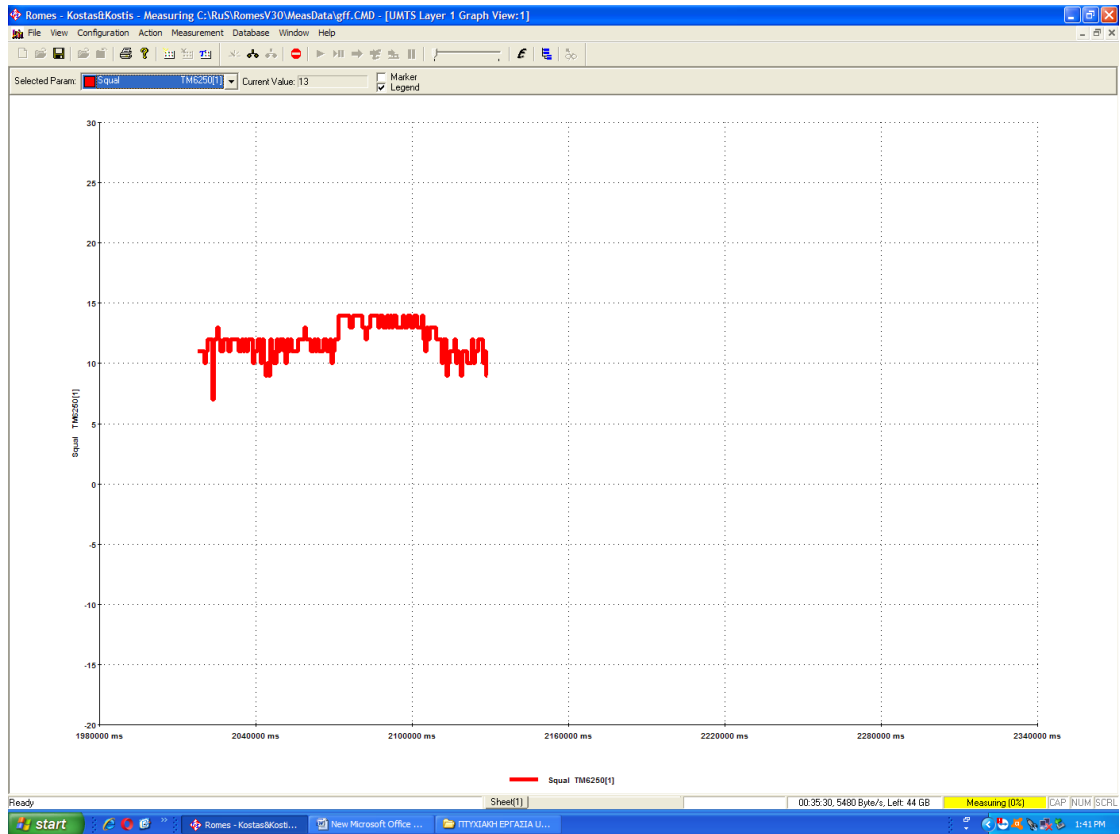


Εικόνα 3.73:UMTS Layer 1 Graph View-Srxlev

Στο σχετικό διάγραμμα για την παράμετρο Srxlev, απεικονίζονται οι τιμές που μπορεί να πάρει η συγκεκριμένη παράμετρος κατά τον υπολογισμό της από το κινητό. Οι τιμές της μεταβάλλονται καθώς στον υπολογισμό της παραμέτρου Srxlev εμπεριέχεται και η παράμετρος RSCP, η οποία λαμβάνει διαφορετικές τιμές κατά την διάρκεια της κλήσης. Ο κατακόρυφος άξονας αναφέρεται στις τιμές που μπορεί να πάρει η παράμετρος Srxlev, ενώ ο οριζόντιος άξονας εκφράζει τον χρόνο. Το τελευταίο διάγραμμα αφορά την παράμετρο Squal η οποία υπολογίζεται από την μαθηματική σχέση:

$$S_{qual} = Q_{qualmeas} - Q_{qualmin} ,$$

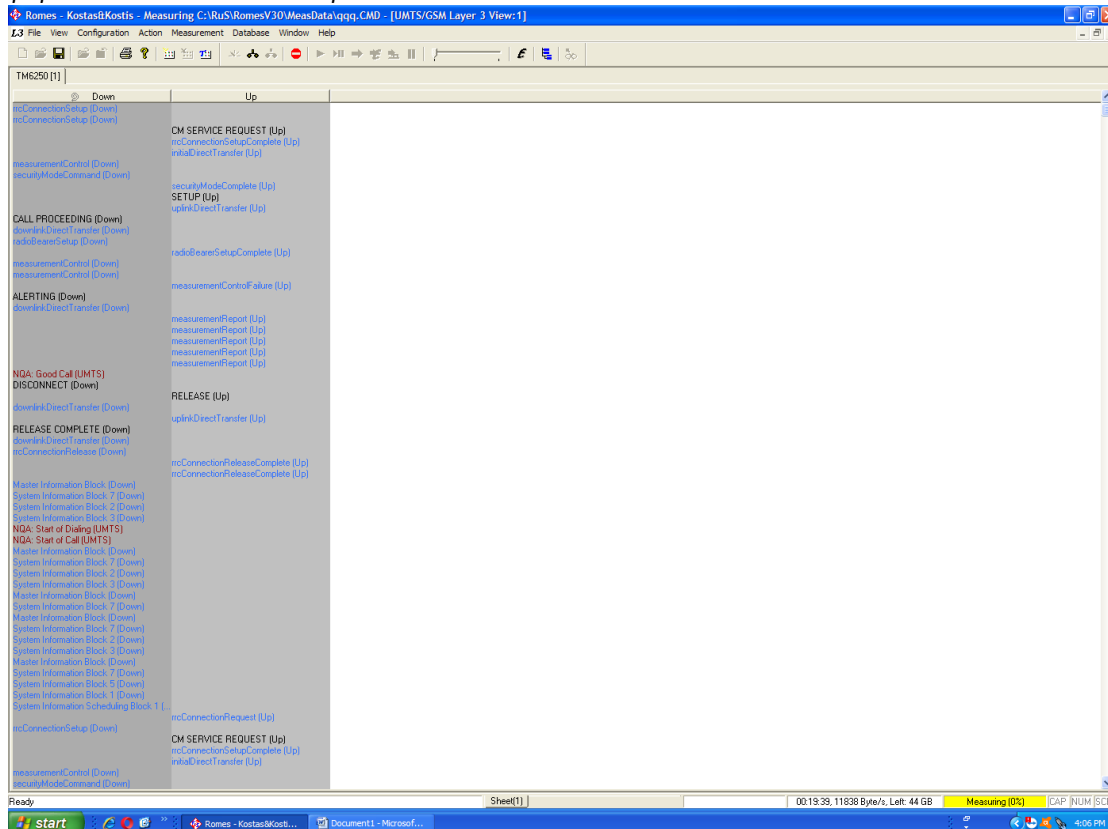
όπου $Q_{qualmeas}$ είναι η μετρούμενη ένδειξη ποιότητας του σήματος που καταγράφεται στο κελί. Ουσιαστικά πρόκειται για το μέγεθος E_c/N_0 το οποίο μετρά το κινητό και χρησιμοποιείται προκειμένου να εκφραστεί η ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος. Η παράμετρος $Q_{qualmin}$ έχει μία προκαθορισμένη τιμή, η οποία μεταφέρεται στο κινητό μέσω του SIB3, και δηλώνει την ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος στο κελί υπηρεσίας. Άρα οι τιμές της παραμέτρου Squal μεταβάλλονται καθώς στον υπολογισμό της παραμέτρου αυτής εμπλέκεται και η παράμετρος E_c/N_0 , η οποία λαμβάνει διαφορετικές τιμές κατά την διάρκεια της μέτρησης.



Εικόνα 3.74:UMTS Layer 1 Graph View-Squal

Οι τιμές που λαμβάνει η παράμετρος Squal διακρίνονται στο διάγραμμα της εικόνας 3.74, με τον κατακόρυφο άξονα να εκφράζει τις τιμές που μπορεί να πάρει η παράμετρος Squal και τον οριζόντιο άξονα να δηλώνει τον χρόνο.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις οι οποίες είναι κοινές και για το GSM και για το UMTS, ωστόσο στην συγκεκριμένη περίπτωση αναφέρονται στο UMTS. Η πρώτη μέτρηση που ανήκει σε αυτή την κατηγορία ονομάζεται **UMTS/GSM Layer 3 View** και περιγράφει τα μηνύματα που ανταλλάσσονται στο επίπεδο 3, από το κινητό προς το δίκτυο(Uplink) αλλά και από το δίκτυο προς το κινητό(Downlink).



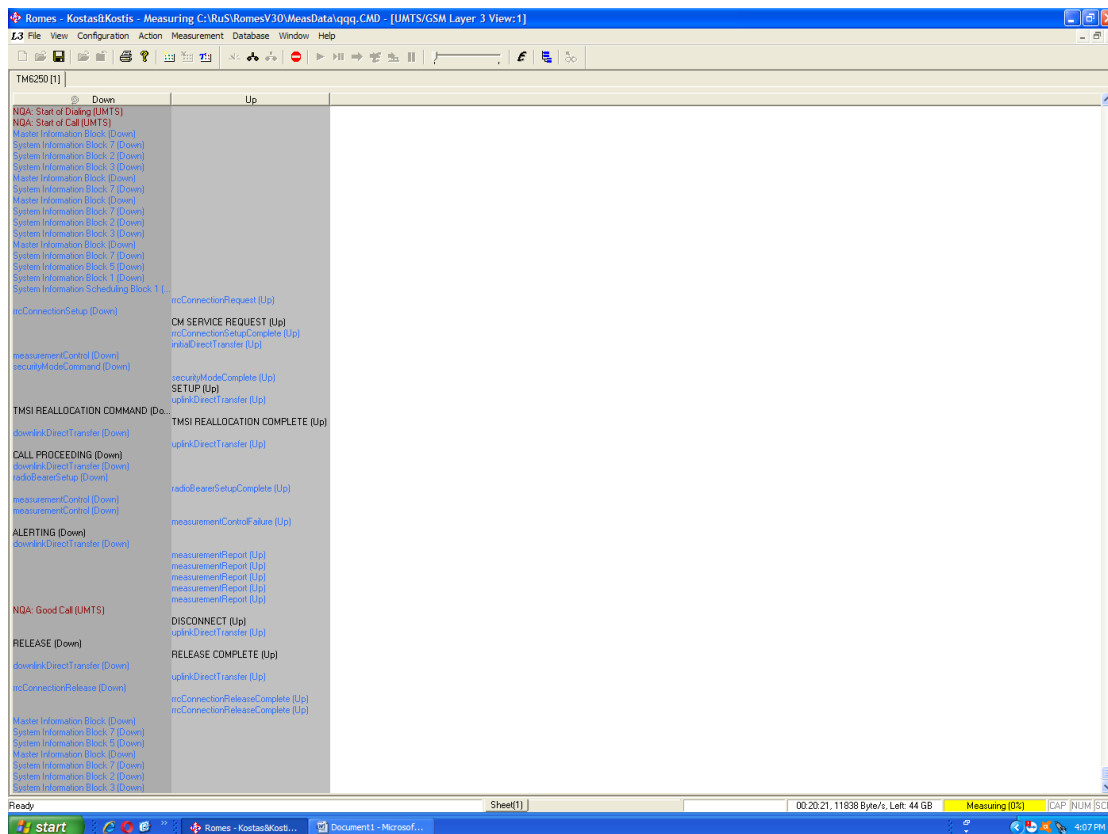
Εικόνα 3.75:UMTS/GSM Layer 3View (1/2)

Η μέτρηση UMTS/GSM Layer 3View αποτελείται από τις εικόνες 3.75 και 3.76. Η εικόνα 3.76 περιλαμβάνει την συνέχεια των μηνυμάτων που εμφανίζονται στην εικόνα 3.75. Όπως θα αναλυθεί και παρακάτω πρόκειται για δύο κλήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από το κινητό τηλέφωνο. Στο στιγμιότυπο της εικόνας 3.75 το πρώτο μήνυμα το οποίο φαίνεται να ανταλλάσσεται μεταξύ του δικτύου και του κινητού είναι το μήνυμα `rrcConnectionSetup(Down)`, το οποίο στέλνει το δίκτυο προς το κινητό. Ωστόσο για να στείλει το δίκτυο το συγκεκριμένο μήνυμα σημαίνει ότι έχει προηγηθεί ένα μήνυμα, το οποίο έχει στείλει το κινητό προς το δίκτυο αλλά δεν έχει καταγραφεί στο συγκεκριμένο σημείο του στιγμιότυπου. Έχει όμως καταγραφεί παρακάτω στην επόμενη κλήση. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για το μήνυμα `rrcConnectionRequest(Up)`, το οποίο στέλνει το κινητό προς το δίκτυο, μέσω του καναλιού CCCH, και ζητά την έναρξη της επικοινωνίας-σύνδεσης με το δίκτυο. Στο μήνυμα αυτό το κινητό στέλνει προς το δίκτυο κάποιες βασικές πληροφορίες, όπως είναι ο κωδικός MCC-Mobile Country Code, ο οποίος όπως και στο GSM υποδεικνύει την χώρα από την οποία γίνεται η κλήση, ο κωδικός MNC-Mobile Network Code που επίσης όπως και στο GSM δηλώνει τον πάροχο στον οποίο ανήκει ο χρήστης. Ουσιαστικά, σε αυτό το μήνυμα δηλώνει σε ποια εταιρεία ανήκει η κάρτα SIM που φέρει το κινητό. Επίσης το κινητό τηλέφωνο μεταφέρει σε αυτό το μήνυμα την ποσότητα Ec/No, η οποία έχει μετρηθεί στο κανάλι CPICH, τον λόγο για τον οποίο επιθυμεί αυτή την έναρξη της επικοινωνίας με το δίκτυο αλλά και τον κωδικό Location Area Code, ο οποίος δηλώνει την περιοχή όπου βρίσκεται ο κινητός σταθμός, όπως επίσης και τον κωδικό TMSI-Temporary Mobile Subscriber Identity, ο οποίος αποτελεί έναν προσωρινό κωδικό του χρήστη. Στη συνέχεια, ακολουθεί το μήνυμα `rrcConnectionSetup(Down)`, το οποίο στέλνει το δίκτυο στο κινητό ως απάντηση στο προηγούμενο μήνυμα μέσω του καναλιού CCCH. Το μήνυμα αυτό περιλαμβάνει πληροφορίες για την μετάδοση δεδομένων, σχετικά με την κωδικοποίηση που θα χρησιμοποιηθεί, τα bit που θα χρειαστούν για τη χρήση της τεχνικής

ανίχνευσης λαθών CRC, λεπτομέρειες για τον έλεγχο ισχύος, όπως επίσης και για τους κωδικούς περίπλεξης(SC) των καναλιών. Το επόμενο κατά σειρά μήνυμα που καταγράφεται και απεικονίζεται στην εικόνα 3.75 είναι το CM SERVICE REQUEST(Ur), το οποίο αποστέλλει το κινητό προς το δίκτυο και ουσιαστικά κάνει αίτημα προκειμένου να του δοθεί κανάλι για να ξεκινήσει η μετάδοση των δεδομένων του. Στο μήνυμα αυτό εμπεριέχεται ο τύπος της υπηρεσίας που θα χρησιμοποιηθεί, π.χ. στη συγκεκριμένη περίπτωση πρόκειται για κλήση φωνής, ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης που υποστηρίζεται από το κινητό, καθώς επίσης και οι δυνατότητες εκπομπής του κινητού. Έπειτα ακολουθεί το μήνυμα rrcConnectionSetupComplete(Ur) που στέλνει το κινητό στο δίκτυο. Το συγκεκριμένο μήνυμα αποτελεί μία επιβεβαίωση του κινητού ότι έλαβε το προηγούμενο μήνυμα του δικτύου σχετικά με την μετάδοση δεδομένων και την έναρξη της επικοινωνίας. Το επόμενο μήνυμα ονομάζεται initialDirectTransfer(Ur), και στέλνεται από το κινητό προς το δίκτυο μέσω του καναλιού DCCH με επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση της σύνδεσης, αλλά και τις απαιτήσεις που υπάρχουν από την πλευρά του κινητού προκειμένου η επικοινωνία με το δίκτυο να μην έχει προβλήματα. Στη συνέχεια το κινητό λαμβάνει από το δίκτυο το μήνυμα measurementControl(Down), με το οποίο πληροφορείται ότι μπορεί να ξεκινήσει να στέλνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων του. Το μήνυμα measurementControl(Down) στο περιεχόμενο του μπορεί να διαθέτει μία από τις ακόλουθες τρεις ενδείξεις setup, modify, ή release. Η ένδειξη setup δηλώνει ότι το κινητό πρέπει να στείλει τις μετρήσεις του και εκείνες να αποθηκευτούν κατάλληλα. Η ένδειξη modify σημαίνει να τροποποιηθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ενώ η ένδειξη release να τερματιστεί η διαδικασία των μετρήσεων. Επόμενο μήνυμα που αποστέλλεται από το δίκτυο προς το κινητό είναι το securityModeCommand(Down), το οποίο πληροφορεί το κινητό ότι ξεκινά η διαδικασία της κρυπτογράφησης, ενώ με την σειρά του το κινητό στέλνει στο δίκτυο το μήνυμα securityModeComplete(Ur), με το οποίο επιβεβαιώνει ότι έλαβε το μήνυμα για την έναρξη της διαδικασίας κρυπτογράφησης. Αφού ολοκληρωθεί η συνεννόηση για την κρυπτογράφηση, το κινητό στέλνει στο δίκτυο το μήνυμα SETUP(Ur), με το οποίο δηλώνει ότι ξεκινά η διαδικασία της κλήσης. Ακολουθεί το μήνυμα uplinkDirectTransfer(Ur) με το οποίο το κινητό μεταφέρει προς το δίκτυο τις παραμέτρους του επιπέδου NAS που καταγράφονται από εκείνο. Το επόμενο μήνυμα στέλνεται από το δίκτυο προς το κινητό και έχει την ονομασία CALL PROCEEDING(Down). Το μήνυμα αυτό έρχεται ως απάντηση στο μήνυμα SETUP, το οποίο έστειλε το κινητό προς το δίκτυο, και ο σκοπός του μηνύματος αυτού είναι να ενημερώσει το κινητό ότι έλαβε το μήνυμα SETUP και το επεξεργάζεται. Έπειτα το δίκτυο στέλνει στο κινητό το μήνυμα downlinkDirectTransfer(Down), όπου όπως και το μήνυμα uplinkDirectTransfer στην αντίθετη κατεύθυνση, μεταφέρει πληροφορίες για τις παραμέτρους του επιπέδου NAS. Ακολουθεί το μήνυμα radioBearerSetup(Down), το οποίο στέλνει το δίκτυο και έχει ως σκοπό να μεταφέρει στο κινητό πληροφορίες για τα κανάλια που θα χρησιμοποιηθούν για την επικοινωνία. Συγκεκριμένα, τροποποιεί τις ήδη υπάρχουσες πληροφορίες σχετικά με τα κανάλια μεταφοράς και τα φυσικά κανάλια. Επιπλέον κάνει το ίδιο και για τις παραμέτρους που αφορούν τον έλεγχο ισχύος αλλά και τους κωδικούς περίπλεξης(SC). Το μήνυμα radioBearerSetupComplete(Ur) αποτελεί την επιβεβαίωση ότι το κινητό έλαβε το μήνυμα που του έστειλε το δίκτυο. Το επόμενο μήνυμα το στέλνει το δίκτυο προς το κινητό και είναι το measurementControl(Down) προκειμένου το κινητό να ξεκινήσει να στέλνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων του. Ωστόσο στη συγκεκριμένη μέτρηση, το κινητό απαντά προς το δίκτυο με το μήνυμα measurementControlFailure(Ur), όπου πληροφορεί το δίκτυο για το γεγονός ότι δεν μπορεί να ξεκινήσει τις μετρήσεις με βάση τις πληροφορίες που του έχουν δοθεί από αυτό. Αρκετά σημαντικό είναι το επόμενο κατά σειρά μήνυμα, το οποίο στέλνει το δίκτυο στο κινητό Έχει την ένδειξη ALERTING(Down) και το ειδοποιεί πως το καλούμενο κινητό λαμβάνει ειδοποίηση κωδωνισμού (ringing). Στη συνέχεια το κινητό στέλνει στο δίκτυο τα μηνύματα

measurementReport(Up), με τα οποία μεταφέρει τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έκανε. Τα μηνύματα αυτά περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, τα καλύτερα γειτονικά κελιά με τους αντίστοιχους κωδικούς SC, καθώς και τα μεγέθη RSCP και Ec/No που αφορούν τα σήματα τα οποία προέρχονται από αυτά τα κελιά. Από την ένδειξη NQA:Good Call εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ποιότητα της κλήσης ήταν καλή, ενώ ακολουθεί το μήνυμα DISCONNECT(Down), το οποίο στέλνει το δίκτυο στο κινητό και το ενημερώνει για την αποσύνδεση-τερματισμό της κλήσης. Τότε το κινητό στέλνει το μήνυμα RELEASE(Up) με το οποίο ζητά από το δίκτυο την απελευθέρωση της σύνδεσης τους ή πιο σωστά την απελευθέρωση της ζεύξης. Το δίκτυο απαντά σε αυτό το αίτημα του κινητού με το μήνυμα RELEASE COMPLETE(Down), όπου δηλώνει πως απελευθερώθηκε η μεταξύ τους ζεύξη. Την ίδια σημασία έχει και το μήνυμα rrcConnectionRelease(Down) που στέλνει το δίκτυο στο κινητό και το ενημερώνει ότι απελευθερώνεται η μεταξύ τους σύνδεση με το κινητό να απαντά αντίστοιχα με το μήνυμα rrcConnectionReleaseComplete(Up).

Στη συνέχεια, τα υπόλοιπα μηνύματα τα οποία ανταλλάσσονται και στις δύο κατευθύνσεις αφορούν μία νέα κλήση. Αρχικά το μήνυμα Master Information Block(Down) το οποίο στέλνει το δίκτυο προς το κινητό περιέχει πληροφορίες σχετικά με όλα τα μηνύματα SIB-System Information Block, τα οποία έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενες μετρήσεις.

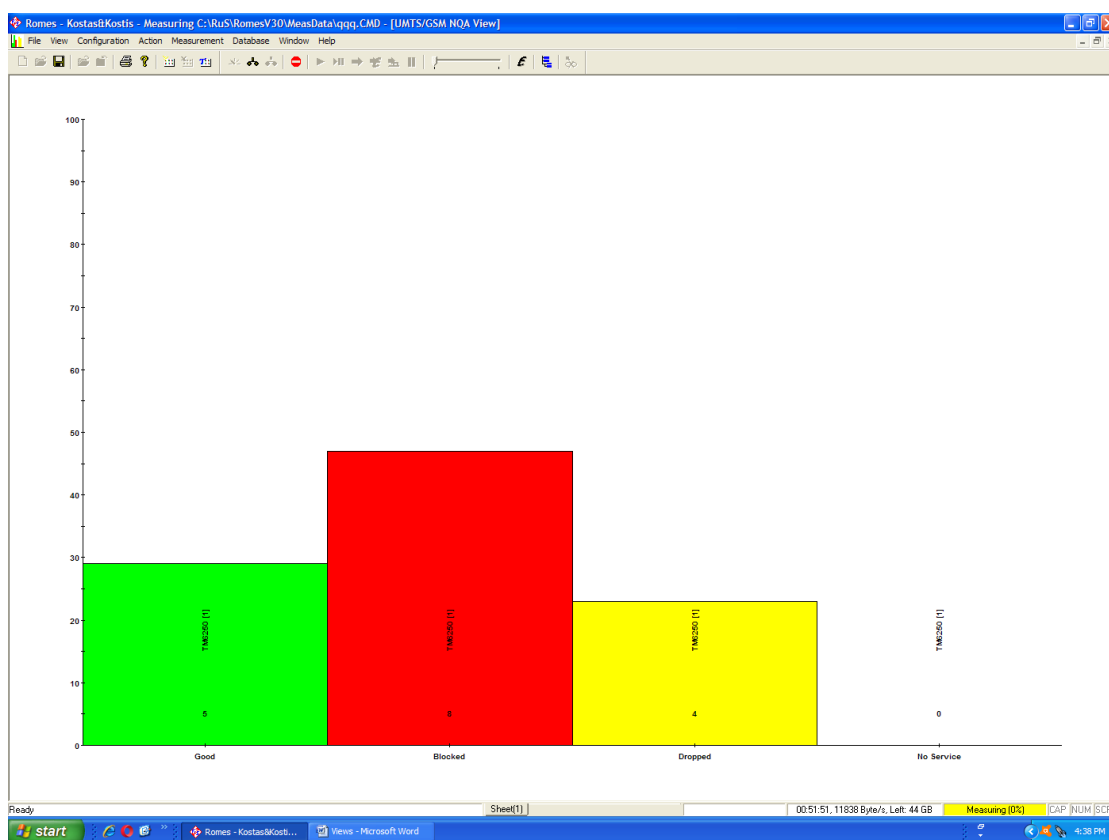


Εικόνα 3.76:UMTS/GSM Layer 3View (2/2)

Στην εικόνα 3.76 αποτυπώνεται η διενέργεια μίας νέας κλήσης, τα μηνύματα που περιγράφουν την διαδικασία της κλήσης είναι όμοια με αυτά που έχουν ήδη αναλυθεί, παρακάτω θα επεξηγηθούν τα μηνύματα τα οποία δεν υπήρχαν στην προηγούμενη κλήση. Με την ένδειξη NQA:Start of Dialing(UMTS) αναφέρεται το σημείο όπου πληκτρολογείτε ο αριθμός, ο οποίος θα λάβει την κλήση και το κινητό ξεκινά να καλεί στο σημείο NQA:Start of Call(UMTS). Έπειτα όπως και

παραπάνω ακολουθεί η διαδικασία εγκατάστασης της σύνδεσης μεταξύ του δικτύου και του κινητού, με το αίτημα του κινητού να του δοθεί κανάλι προκειμένου να μεταφέρει τα δεδομένα του. Εν συνεχεία, το δίκτυο στέλνει προς το κινητό το μήνυμα TMSI REALLOCATION COMMAND(Down) με το οποίο του ζητά να αλλάξει τον κωδικό TMSI που χρησιμοποιεί. Το μήνυμα αυτό μεταφέρει μεταξύ άλλων τους κωδικούς LAC,TMSI,MCC και MNC. Το κινητό με την σειρά του απαντά στο δίκτυο με το μήνυμα TMSI REALLOCATION COMPLETE(Upr). Το μήνυμα αυτό αποτελεί την επιβεβαίωση πως το κινητό έλαβε το μήνυμα του δικτύου και άλλαξε τον κωδικό TMSI επιτυχώς. Η διαδικασία της κλήσης εξελίσσεται και έπειτα ολοκληρώνεται με τον τερματισμό της κλήσης και την απελευθέρωση της ζεύξης μεταξύ κινητού και δικτύου με τον ίδιο τρόπο που έγινε και στην προηγούμενη κλήση.

Ακολουθεί η μέτρηση **UMTS/GSM NQA View** στην οποία καταγράφονται και απεικονίζονται, όπως και στην αντίστοιχη μέτρηση για την υπηρεσία GSM, τα αποτελέσματα των κλήσεων που εκτελέστηκαν από το κινητό τηλέφωνο σε γραφική μορφή.

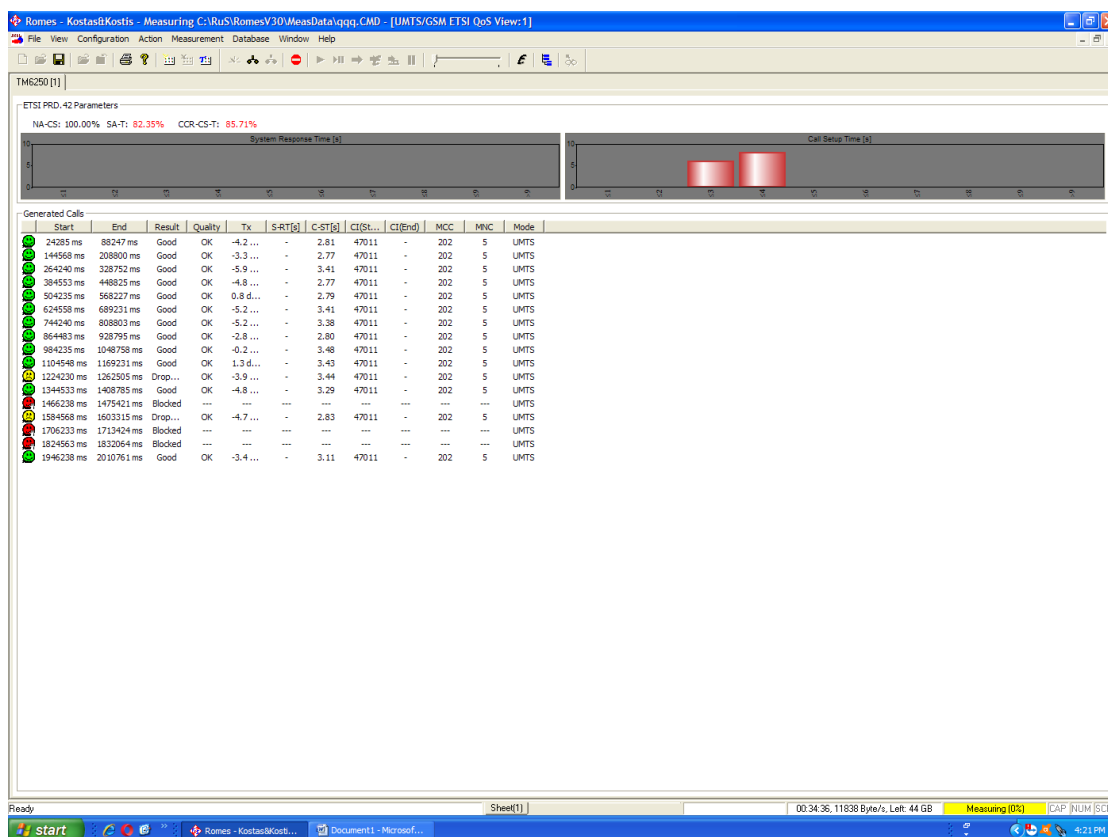


Εικόνα 3.77:UMTS/GSM NQAView

Οι κλήσεις κατατάσσονται όπως ειπώθηκε ανάλογα με την έκβαση τους στις τέσσερις κατηγορίες οι οποίες φαίνονται στην εικόνα 3.77. Κάθε κατηγορία αντιπροσωπεύεται και από ένα συγκεκριμένο χρώμα ώστε να είναι κατανοητή η ανάγνωση του διαγράμματος. Επίσης στο εσωτερικό μέρος της κάθε μπάρας αναγράφεται το κινητό από το οποίο εκτελέστηκαν οι κλήσεις (TM6250), ενώ στο κάτω μέρος της κάθε μπάρας υπάρχει ο αριθμός των κλήσεων που έγιναν και ταξινομήθηκαν στην συγκεκριμένη κατηγορία. Στην κατηγορία Good η οποία αναπαρίσταται με πράσινο χρώμα στο διάγραμμα τοποθετούνται οι κλήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν με επιτυχία, δηλαδή είτε απαντήθηκαν από τον παραλήπτη, είτε έμειναν αναπάντητες χωρίς όμως να υπάρξει απόρριψη της κλήσης από κάποιον από τους δύο συνδρομητές. Στην κατηγορία Dropped, η οποία στο διάγραμμα αναπαρίσταται με κίτρινο χρώμα, υπάγονται οι κλήσεις εκείνες στις οποίες είτε ο ένας συνδρομητής είτε ο άλλος απορρίπτει την κλήση, ενώ στην κατηγορία Blocked που ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος

παρουσιάζεται με κόκκινο χρώμα τοποθετούνται οι ανεπιτυχείς κλήσεις. Στην τελευταία κατηγορία η οποία έχει την ονομασία No Service θα καταγράφονταν οι κλήσεις στις οποίες έγινε προσπάθεια για να εκτελεστούν, αλλά δεν πραγματοποιήθηκαν γιατί το κινητό το οποίο θα έκανε την κλήση δεν είχε την απαιτούμενη ισχύ σήματος.

Η επόμενη κατά σειρά μέτρηση που θα αναλυθεί ονομάζεται **UMTS/GSM ETSI QoS View** και περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία τα οποία αφορούν το σύνολο των κλήσεων που εκτελέστηκαν. Επιπλέον εμπεριέχει ένα σύνολο παραμέτρων και τις τιμές αυτών οι οποίες έχουν καταγραφεί για κάθε κλήση ξεχωριστά, ενώ υπάρχει επίσης και η ταξινόμηση των κλήσεων ανάλογα με την κατάληξή τους.

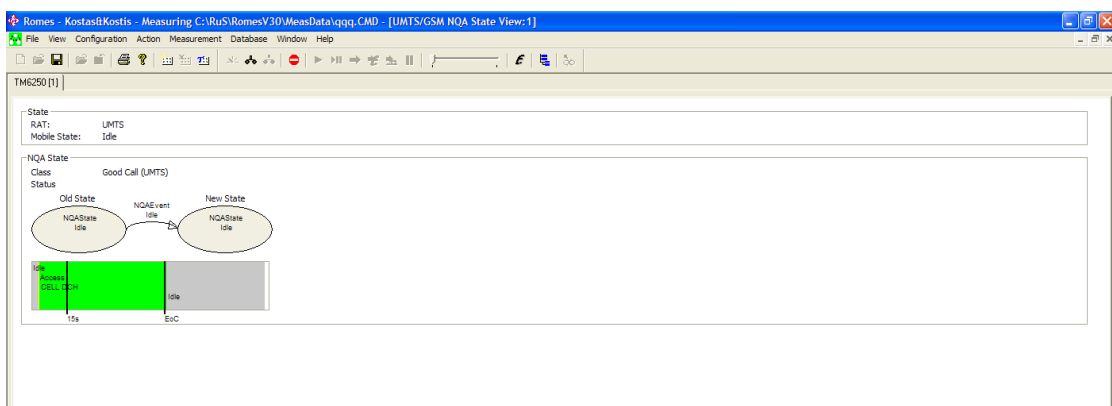


Εικόνα 3.78:UMTS/GSM ETSI QoS View

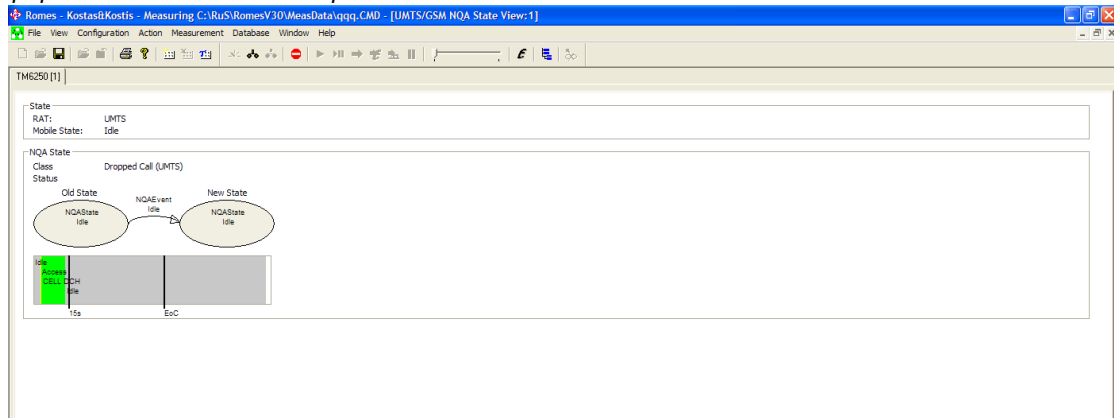
Το παράθυρο της μέτρησης UMTS/GSM ETSI QoS View που παρουσιάζεται στην εικόνα 3.78 περιλαμβάνει δύο κύρια πλαίσια. Το πλαίσιο το οποίο βρίσκεται στο πάνω μέρος περιέχει μερικά στατιστικά μεγέθη τα οποία έχουν υπολογιστεί για το σύνολο των κλήσεων, ενώ στο κάτω πλαίσιο παρουσιάζονται οι παράμετροι που έχουν μετρηθεί για κάθε κλήση ξεχωριστά σε μορφή πίνακα. Στο πλαίσιο ETSI PRD.42 Parameters υπάρχουν οι παράμετροι που έχουν υπολογιστεί για το σύνολο των κλήσεων σε μορφή ποσοστού. Εσωτερικά στο πρόγραμμα έχουν οριστεί κάποια όρια και εάν η τιμή που θα προκύψει από τον υπολογισμό βρεθεί εκτός ορίων, τότε αυτή η τιμή εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα. Πιο συγκεκριμένα η ποσότητα NA-CS ορίζεται ως ο λόγος των επιτυχημένων προσπαθειών σύνδεσης στο δίκτυο προς τον συνολικό αριθμό προσπαθειών σύνδεσης. Η ποσότητα SA-T εκφράζεται ως ο λόγος των επιτυχημένων προσπαθειών κλήσης (κλήσεις οι οποίες ανήκουν στις κατηγορίες Good και Dropped) προς τον συνολικό αριθμό των προσπαθειών για κλήση. Τέλος η παράμετρος CCR-CS-T υπολογίζεται ως ο λόγος των κλήσεων που τερματίστηκαν εσκεμμένα προς τον αριθμό των επιτυχημένων κλήσεων. Από κάτω υπάρχουν δύο διαγράμματα, με το

διάγραμμα που αφορά το μέγεθος System Response Time να μην εμφανίζεται. Παρόλα αυτά το μέγεθος System Response Time εκφράζει το χρονικό διάστημα μεταξύ του σημείου, όπου ξεκινά η προσπάθεια για κλήση και του σημείου όπου υπάρχει επιτυχής πρόσβαση στο δίκτυο. Από την άλλη στο διάγραμμα Call Setup Time απεικονίζεται το χρονικό διάστημα μεταξύ του σημείου όπου ξεκινά η εγκατάσταση της κλήσης αφού έχει προηγηθεί επιτυχημένη πρόσβαση στο δίκτυο από το κινητό, και του σημείου όπου το κινητό λαμβάνει το μήνυμα από το δίκτυο ότι αυτή η διαδικασία ολοκληρώθηκε επιτυχώς. Ακολουθεί το πλαίσιο Generated Calls όπου υπάρχει ένας πίνακας με τις παραμέτρους που καταγράφονται κατά την διάρκεια των κλήσεων και παρουσιάζονται για κάθε κλήση ξεχωριστά. Στο αριστερότερο μέρος του πίνακα υπάρχει ένα χρωματικό σύμβολο για κάθε κλήση το οποίο εκφράζει το αποτέλεσμα της κλήσης και συνεπώς την κατηγορία στην οποία ανήκει. Δίπλα από αυτό το σύμβολο στις στήλες Start και End καταγράφονται οι χρόνοι στους οποίους ξεκίνησαν και τελείωσαν οι κλήσεις, αντίστοιχα. Στη στήλη Result αναγράφεται το αποτέλεσμα κάθε κλήσης με ταξινόμηση στις κατηγορίες: Good, Dropped, Blocked ή No Service. Επίσης, στην στήλη Quality δίνονται πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της κάθε κλήσης και παρατηρεί κανείς ότι στην πλειοψηφία των κλήσεων η ποιότητα ήταν ικανοποιητική(OK). Στη στήλη Tx υπάρχει ένας αριθμός για κάθε κλήση ο οποίος δηλώνει τη μέγιστη ισχύ που μεταδίδει το κινητό κατά την διάρκεια της κλήσης. Οι επόμενες δύο στήλες με τις ενδείξεις S-RT και C-ST αναφέρονται στα μεγέθη System Response Time και Call Setup Time αντίστοιχα, τα οποία είναι ταυτόσημα με εκείνα τα οποία αναλύθηκαν παραπάνω στα σχετικά διαγράμματα μόνο που εδώ διαθέτουν αριθμητική τιμή και μετρούνονται σε δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια ακολουθεί η στήλη CI(Start) με το CI να σημαίνει Cell Id, και την παράμετρο CI(Start) να δηλώνει τον αριθμό του κελιού στο οποίο βρισκόμαστε στην αρχή της κλήσης, ενώ η παράμετρος CI(End) δηλώνει τον αριθμό του κελιού που χρησιμοποιείται στο τέλος της κλήσης. Τέλος στις δύο επόμενες στήλες βρίσκονται οι κωδικοί Mobile Country Code(MCC) και Mobile Network Code(MNC), ενώ στην τελευταία στήλη η οποία έχει την ένδειξη Mode αναφέρεται η υπηρεσία η οποία χρησιμοποιείται, π.χ. στη συγκεκριμένη περίπτωση το UMTS.

Η επόμενη μέτρηση που ακολουθεί ονομάζεται **UMTS/GSM NQA State View** και αυτό που κάνει είναι να αναπαριστά γραφικά την εξέλιξη μίας κλήσης όταν αυτή εκτελείται.



Εικόνα 3.79:UMTS/GSM NQA State View (1/2)



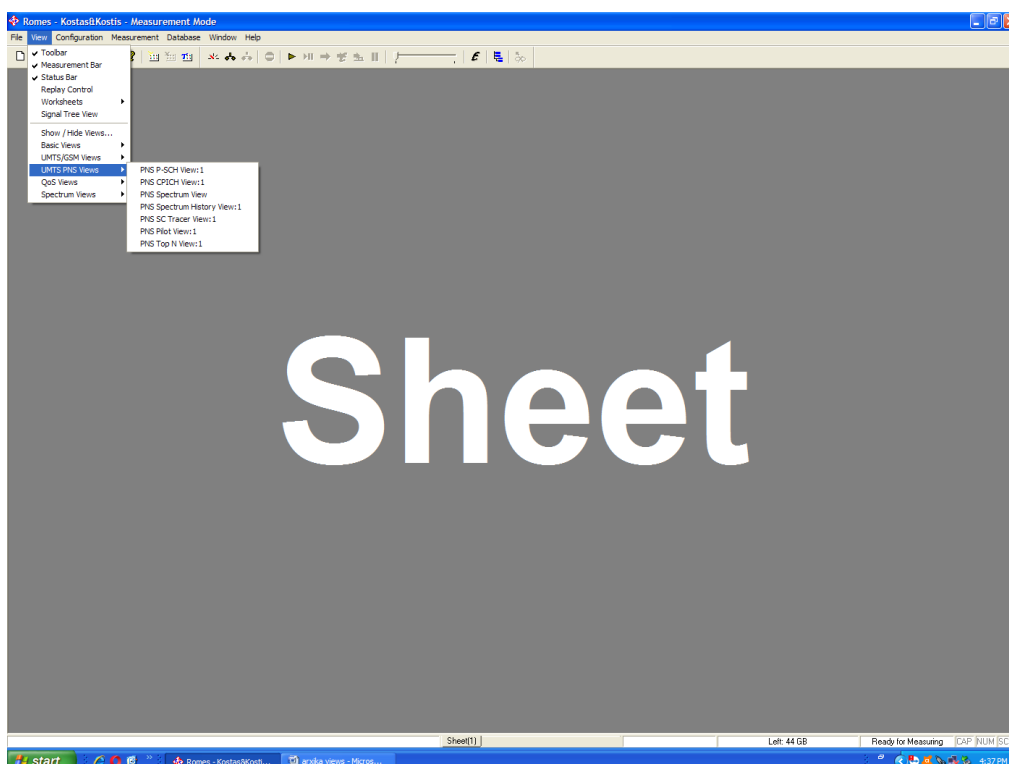
Εικόνα 3.80:UMTS/GSM NQA State View (2/2)

Οι εικόνες 3.79 και 3.80 ανήκουν και οι δύο στην μέτρηση UMTS/GSM NQA State View με μόνη διαφορά ότι στην εικόνα 3.79 αναπαρίσταται μία κλήση η οποία δεν απαντήθηκε από τον παραλήπτη. Δεν υπήρξε παρόλα αυτά απόρριψη από κάποιον από τους δύο συνδρομητές και απλώς το κινητό έπαψε να καλεί όταν πέρασε το απαιτούμενο διάστημα. Αντίθετα, η κλήση η οποία απεικονίζεται στην εικόνα 3.80 περιγράφει μία κλήση στην οποία το κινητό καλούσε για ένα μικρό διάστημα και ο παραλήπτης της κλήσης απέρριψε την κλήση.

Η μέτρηση χωρίζεται σε δύο βασικά πλαίσια, με το πλαίσιο που βρίσκεται στο πάνω μέρος της μέτρησης και ονομάζεται State να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ασύρματη τεχνολογία πρόσβασης που χρησιμοποιείται (RAT-Radio Access Technology) η οποία είναι το UMTS. Επίσης, υπάρχουν και πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του κινητού μέσω της παραμέτρου Mobile State όπου έχει την 'τιμή' Idle και σημαίνει ότι το κινητό βρίσκεται σε αδράνεια αφού τη στιγμή αυτή δεν πραγματοποιεί κάποια κλήση. Στη συνέχεια, σχετικά με το πλαίσιο NQA State, ξεκινώντας με την εικόνα 3.79, η παράμετρος Class αναγράφει την ένδειξη Good Call το οποίο σημαίνει ότι η κλήση που έγινε θα ταξινομηθεί στην κατηγορία Good. Όπως ειπώθηκε και προηγουμένως πρόκειται για μία κλήση η οποία να μεν δεν απαντήθηκε από τον παραλήπτη, ωστόσο δεν απορρίφθηκε από κανέναν από τους δυο συνδρομητές. Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα το οποίο δείχνει την πορεία της κλήσης, αρχικά η ένδειξη Idle στα αριστερά του διαγράμματος αναφέρεται στην χρονική στιγμή, όπου το κινητό δεν έχει πρόσβαση στο δίκτυο, ενώ ακολουθεί με την πράσινη μπάρα το σημείο όπου το κινητό αποκτά πρόσβαση στο δίκτυο. Το γεγονός αυτό αναφέρεται με την ένδειξη Access στο διάγραμμα. Επίσης μετά το σημείο όπου βρίσκεται η πρώτη κάθετη γραμμή, απεικονίζεται με πράσινο χρώμα πάλι το στάδιο όπου το κινητό πλέον καλεί. Τέλος, ακολουθεί το διάστημα μετά την δεύτερη κάθετη γραμμή όπου εμφανίζεται με γκρι χρώμα και σηματοδοτεί το διάστημα στο οποίο έχει τερματιστεί πλέον η κλήση και το κινητό ετοιμάζεται να καλέσει ξανά όταν παρέλθει συγκεκριμένος χρόνος, ο οποίος έχει οριστεί στις αρχικές ρυθμίσεις του κινητού στο menu Autodialing. Αντίθετα για την εικόνα 3.80, παρατηρώντας το πλαίσιο NQA State συμπεραίνει κανείς ότι στην παράμετρο Class υπάρχει πλέον η ένδειξη Dropped Call γιατί η συγκεκριμένη κλήση, στην οποία αναφέρεται η μέτρηση, απορρίφθηκε από τον παραλήπτη. Επιπλέον, για το διάγραμμα που βρίσκεται ακριβώς από κάτω η εξήγηση είναι παρόμοια με εκείνη που προηγήθηκε στο διάγραμμα της εικόνας 3.79. Στα αριστερά του διαγράμματος με την ένδειξη Idle σημαίνεται το διάστημα στο οποίο το κινητό δεν έχει κάποια επικοινωνία με το δίκτυο. Ακολούθως, με πράσινο χρώμα στην περιοχή που φέρει την ένδειξη Access είναι το διάστημα στο οποίο το κινητό αποκτά πρόσβαση στο δίκτυο. Εν συνεχεία, απεικονίζεται με γκρι χρώμα το διάστημα στο οποίο το κινητό καλεί για συγκεκριμένη ώρα αλλά ο παραλήπτης απορρίπτει την κλήση.

3.2.4 Μετρήσεις Scanner-UMTS

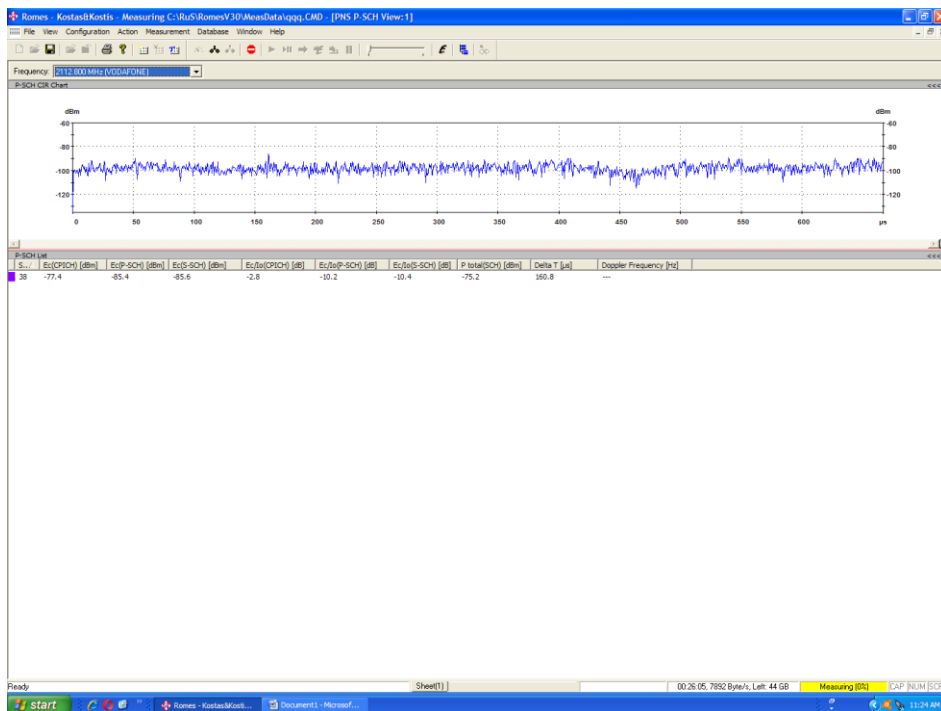
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν και θα εξηγηθούν οι μετρήσεις οι οποίες καταγράφονται με την βοήθεια του σαρωτή (PNS-Pseudo Noise Scanner), αφού έχει προηγηθεί η κατάλληλη διαμόρφωση του όπως αναφέρεται στην ενότητα configuration. Στη διαμόρφωση του σαρωτή έγινε εισαγωγή των καναλιών UMTS που χρησιμοποιούν οι πάροχοι Cosmote, Vodafone και Wind στην Ελλάδα για την ζώνη συχνοτήτων UMTS 2100. Αναλυτικότερα τα κανάλια για την ζώνη συχνοτήτων UMTS 2100, αλλά και UMTS 900, όπως και οι συχνότητες στις οποίες αντιστοιχούν καταγράφονται στον πίνακα Β.2 του παραρτήματος Β της εργασίας. Οι διαφορετικές μετρήσεις οι οποίες μπορούν να εκτελεστούν και αφορούν τον σαρωτή βρίσκονται στο menu View, ακολουθώντας την διαδρομή View-UMTS PNS Views και στη συνέχεια επιλέγοντας από το πτυσσόμενο menu την μέτρηση, η οποία θα εμφανιστεί, όπως ακριβώς φαίνεται στην εικόνα 3.81.



Εικόνα 3.81:Εμφάνιση των διαθέσιμων μετρήσεων που αφορούν τον σαρωτή

Η πρώτη μέτρηση που ανήκει σε αυτή την κατηγορία ονομάζεται PNS P-SCH View. Η μέτρηση αυτή αναφέρεται στο κανάλι Primary Synchronization Channel(P-SCH), το οποίο μεταφέρει πληροφορίες συγχρονισμού και χρησιμοποιείται για αναζήτηση κελιού. Η συγκεκριμένη μέτρηση, όπως και μερικές από τις επόμενες, διατίθεται ξεχωριστά για κάθε ένα από τα εννέα κανάλια που έχουν εισαχθεί στην διαμόρφωση του σαρωτή και αφορούν το UMTS 2100, για εννέα δηλαδή διαφορετικούς κωδικούς UARFCN οι οποίοι αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένες συχνότητες. Παρόλα αυτά στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί το καλύτερο κανάλι για κάθε μία από τις τρεις εταιρείες Cosmote, Vodafone και Wind, ενώ οι μετρήσεις που αναφέρονται στα υπόλοιπα κανάλια βρίσκονται στο παράρτημα Γ της εργασίας. Τα εννέα κανάλια που διαθέτουν συνολικά και οι τρεις πάροχοι κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα για την ζώνη συχνοτήτων UMTS 2100 αποτυπώνονται με ακρίβεια στον πίνακα Β.2 του παραρτήματος Β της εργασίας. Από αυτά τα οκτώ καλύτερα τοποθετούνται και ταξινομούνται στην μέτρηση PNS Top N View, η οποία παρουσιάζεται τελευταία κατά σειρά στο σύνολο των μετρήσεων που αφορούν τον σαρωτή. Από την μέτρηση

PNS Top N View εύκολα με βάση τις τιμές των παραμέτρων Ec/Io και SIR, μπορεί να γίνει διάκριση του καλύτερου καναλιού κάθε εταιρείας προκειμένου να παρουσιαστεί το ανάλογο στιγμιότυπο στην μέτρηση PNS P-SCH View. Για την εταιρεία Vodafone το καλύτερο κανάλι είναι εκείνο με κωδικό UARFCN downlink 10564 που αντιστοιχεί σε συχνότητα downlink 2112.8 MHz. Για την Cosmote το κανάλι με UARFCN downlink 10739 με συχνότητα 2147.8 MHz είναι το καλύτερο. Τέλος, το καλύτερο κανάλι της εταιρείας Wind έχει κωδικό UARFCN downlink 10689 που αντιστοιχεί σε συχνότητα downlink ίση με 2137.8 MHz. Οπότε επιστρέφοντας στην μέτρηση PNS P-SCH View παρουσιάζονται τα παρακάτω στιγμιότυπα που αφορούν την μέτρηση αυτή για τα τρία καλύτερα κανάλια, ένα από κάθε εταιρεία.



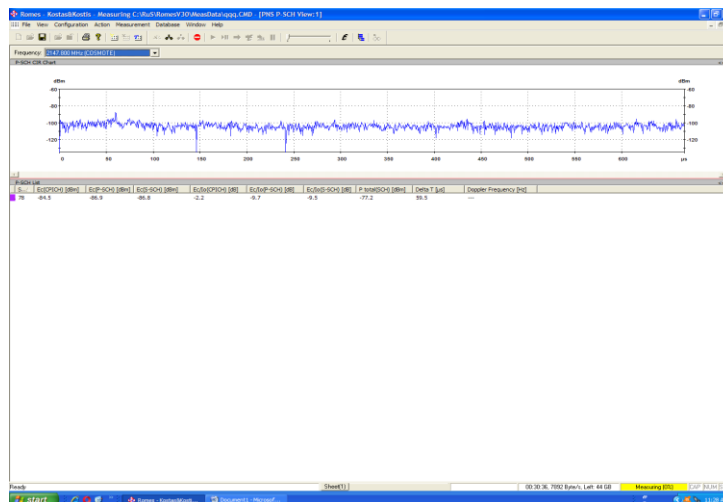
Εικόνα 3.82:PNS P-SCH View-Vodafone Best

Αρχικά η μέτρηση της εικόνας 3.82 αναφέρεται στο κανάλι με συχνότητα downlink 2112.8 MHz, το οποίο ανήκει στην εταιρεία Vodafone και έχει την καλύτερη κάλυψη από τα υπόλοιπα της συγκεκριμένης εταιρείας όπως εξηγήθηκε και παραπάνω. Στο πάνω πλαίσιο της μέτρησης αναγράφεται στο πεδίο Frequency η συγκεκριμένη συχνότητα. Από το βέλος που υπάρχει ακριβώς δεξιά εναλλάσσονται οι συχνότητες. Η μέτρηση χωρίζεται σε δύο μέρη, με το ένα μέρος να περιλαμβάνει το διάγραμμα P-SCH CIR Chart, στο οποίο αποτυπώνεται η ισχύς των λαμβανόμενων σημάτων που καταγράφονται στην κατεύθυνση downlink σε σχέση με τον χρόνο. Στον κάθετο άξονα ο οποίος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ισχύος η κλίμακα αναφέρεται σε dBm, ενώ ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμονομημένος σε ms καθώς εκφράζει τον χρόνο. Οι κορυφές του διαγράμματος αντιστοιχίζονται στην τιμή της παραμέτρου Ec(P-SCH) που βρίσκεται στον από κάτω πίνακα, συγκεκριμένα είναι η τιμή -85.4dBm. Το επόμενο μέρος της μέτρησης περιλαμβάνει έναν πίνακα ο οποίος παρέχει επιπλέον πληροφορίες για το συγκεκριμένο σήμα, όπως είναι ο κωδικός περίπλεξης (SC,Scrambling Code), ο οποίος βρίσκεται στην πρώτη στήλη και ουσιαστικά δηλώνει το Node B. Στις επόμενες τρεις στήλες καταγράφεται η μέση τιμή της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit κώδικα(chip) για τα κανάλια CPICH,P-SCH και S-SCH. Ουσιαστικά πρόκειται για την μέση τιμή της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit κώδικα(chip), η οποία μετριέται σε dBm και συμβολίζεται ως Ec(CPICH),Ec(P-SCH) και Ec(S-SCH) αναφερόμενη σε κάθε ένα από τα κανάλια αυτά αντίστοιχα. *Κρίνοντας με βάση τις τιμές που εμφανίζονται στις*

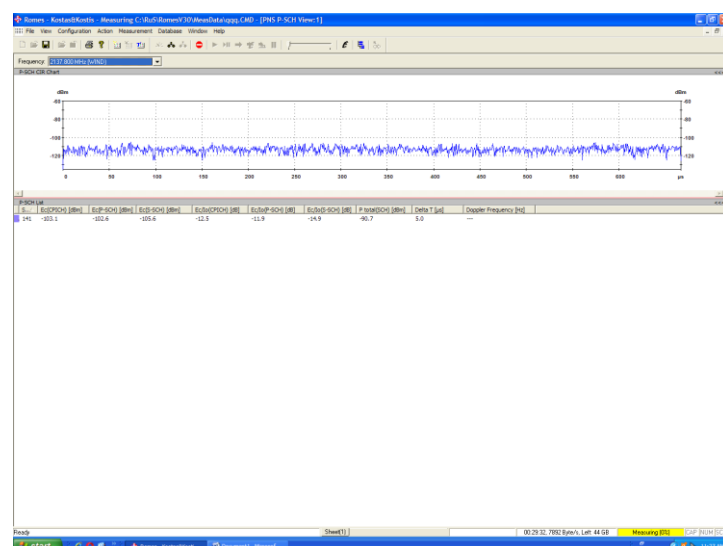
συγκεκριμένες στήλες της μέτρησης και κυρίως με την παράμετρο $E_c(P-SCH)$ που αναφέρεται στο κανάλι το οποίο γίνεται η μέτρηση και έχει την τιμή $-85.4dBm$ η ισχύς του σήματος κρίνεται ως καλή.

Ακολουθεί η παράμετρος E_c/I_o η οποία όπως και η παράμετρος E_c μετριέται για τα τρία διαφορετικά κανάλια CPICH,P-SCH,S-SCH και η τιμή της τοποθετείται στον πίνακα. Η παράμετρος E_c/I_o βάσει για όσο κυμαίνεται από τα 0 έως και τα $-6 dB$ η ποιότητα του σήματος χαρακτηρίζεται ως εξαιρετική, ενώ από τα -7 έως και τα $-10 dB$ κρίνεται ως καλή.

Εν συνεχεία στην επόμενη στήλη του πίνακα καταγράφεται το μέγεθος $P_{total}(SCH)$ το οποίο ορίζεται ως η συνολική μέση λαμβανόμενη ισχύς σήματος σε όλη την διάρκεια εκπομπής του καναλιού συγχρονισμού(SCH). Η παράμετρος $P_{total}(SCH)$ έχει πάντα μεγαλύτερη τιμή από τις ποσότητες $E_c(P-SCH)$ και $E_c(S-SCH)$, μαθηματικά υπολογίζεται από δύο εναλλακτικές σχέσεις: $P_{total} + \frac{E_c}{I_o}(P-SCH) = E_c(P-SCH)$ ή $P_{total} + \frac{E_c}{I_o}(S-SCH) = E_c(S-SCH)$, κάτι που αποδεικνύεται και από τις μετρήσεις που υπάρχουν στην εικόνα 3.82. Τέλος η παράμετρος Delta T δηλώνει τον χρόνο που απαιτείται για τον συγχρονισμό του συστήματος με το GPS. Ακολουθούν τα στιγμιότυπα της ίδιας μέτρησης που αφορούν τα καλύτερα κανάλια των εταιρειών Cosmote και Wind. Οι μετρήσεις για τα υπόλοιπα κανάλια και των τριών εταιρειών όπως έχει προαναφερθεί βρίσκονται στο παράρτημα Γ της εργασίας.

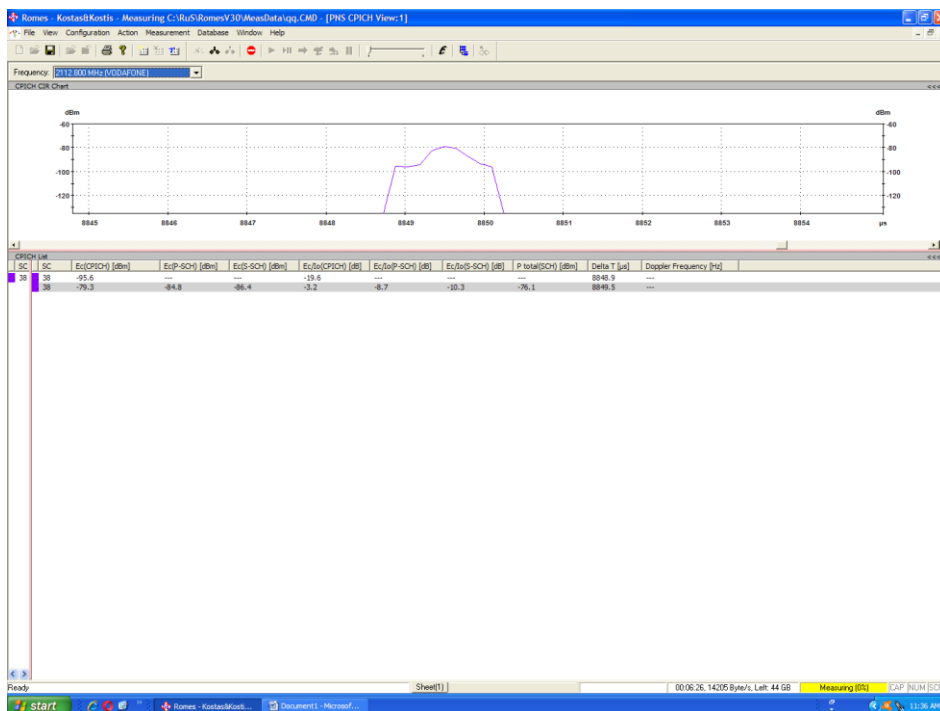


Εικόνα 3.83:PNS P-SCH View-Cosmote Best



Εικόνα 3.84:PNS P-SCH View-Wind Best

Η ανάλυση για τις μετρήσεις των εικόνων 3.83 και 3.84 είναι ακριβώς ίδια με εκείνη της εικόνας 3.82 αφού η μέτρηση που διενεργείται είναι η ίδια με την διαφορά ότι πρόκειται για διαφορετικά κανάλια. Τέλος, εάν συγκρίνει κανείς τις μετρήσεις PNS P-SCH View μεταξύ των τριών καναλιών που παρουσιάστηκαν παραπάνω συμπεραίνει ότι οι εταιρείες Cosmote και Vodafone παρέχουν καλή κάλυψη ενώ αντίθετα η εταιρεία Wind κακή. Επόμενη μέτρηση είναι η μέτρηση PNS CPICH View η οποία αποτυπώνεται για κάθε κανάλι ξεχωριστά συνεπώς θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις για το καλύτερο κανάλι της κάθε εταιρείας όπως εκείνα έχουν αξιολογηθεί από την μέτρηση PNS TOP N View και οι υπόλοιπες μετρήσεις θα βρίσκονται στο παράρτημα Γ της εργασίας.

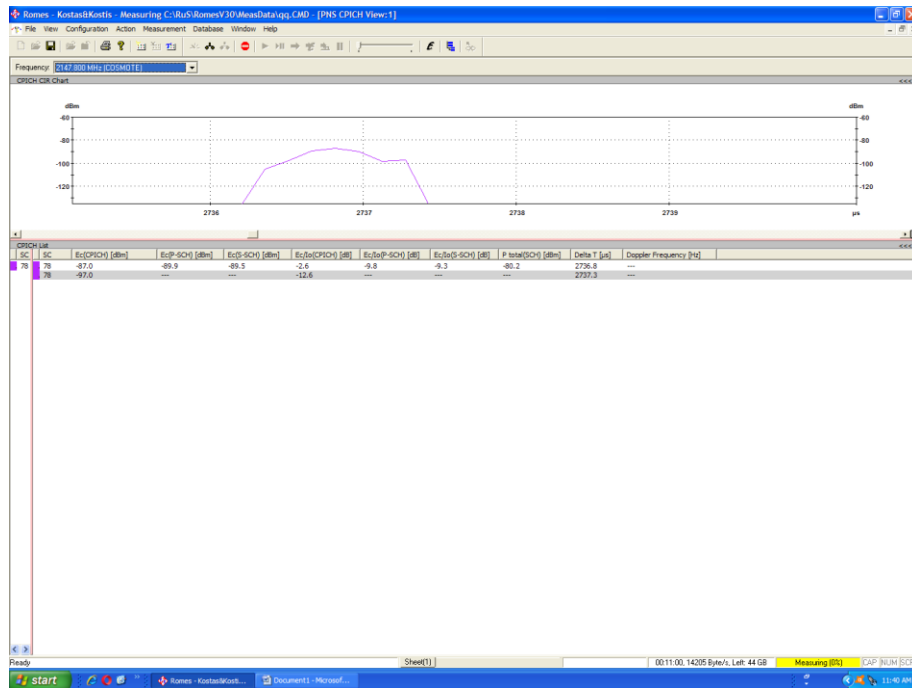


Εικόνα 3.85:PNS CPICH View-Vodafone Best

Η μέτρηση αυτή παρουσιάζει τη μέση ισχύ των λαμβανόμενων σημάτων που μεταδίδονται από το κανάλι CPICH καθώς και μερικές παραμέτρους των downlink αυτών σημάτων που καταγράφονται από τον scanner. Διαφορετικά σήματα τα οποία καταγράφονται από τον σαρωτή, τα σήματα που προέρχονται από διαφορετικό σταθμό βάσης(Node B) διαχωρίζονται μεταξύ τους εξαιτίας του διαφορετικού SC, κώδικα περίπλεξης που έχουν. Στη μέτρηση της εικόνας 3.85 δεν υπάρχουν σήματα που προέρχονται από διαφορετικούς σταθμούς βάσης, αντίθετα αν παρατηρήσει κανείς πλέον σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση καταγράφονται δύο διαφορετικά σήματα αντί για ένα, στο αριστερό μέρος του πίνακα της εικόνας 3.85 υπάρχει μία κόκκινη γραμμή αριστερά της οποίας υπάρχει SC με τιμή 38, ενώ στα δεξιά της γραμμής καταγράφονται δύο διαφορετικά σήματα με τον ίδιο αριθμό SC πράγμα το οποίο σημαίνει ότι τα δύο αυτά σήματα προέρχονται από τον ίδιο σταθμό βάσης(Node B) αλλά καταλήγουν μέσα από διαφορετικές διευθύνσεις. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό ώστε να επισημανθεί το πόσο σημαντικό ρόλο έχουν οι ανακλάσεις αλλά και οι πιθανές παρεμβολές που υπάρχουν κατά την διάδοση των σημάτων. Το διάγραμμα της μέτρησης αναπαριστά την μέση ισχύ των σημάτων που καταγράφονται στην μονάδα του χρόνου, για αυτό στον κατακόρυφο άξονα ο οποίος είναι βαθμονομημένος σε dBm δηλώνεται το μέγεθος Ec(CPICH) του κάθε σήματος δηλαδή η μέση τιμή της ενέργειας αυτού, η οποία και εντοπίζεται στον αντίστοιχο χρόνο Delta T του κάθε σήματος. Οι υπόλοιπες παράμετροι του πίνακα έχουν την ίδια ακριβώς σημασία με εκείνη που είχαν στην μέτρηση PNS P-SCH View, αξίζει να σημειωθεί πως από τα δύο σήματα τα οποία καταγράφονται και προέρχονται από τον ίδιο σταθμό βάσης,

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

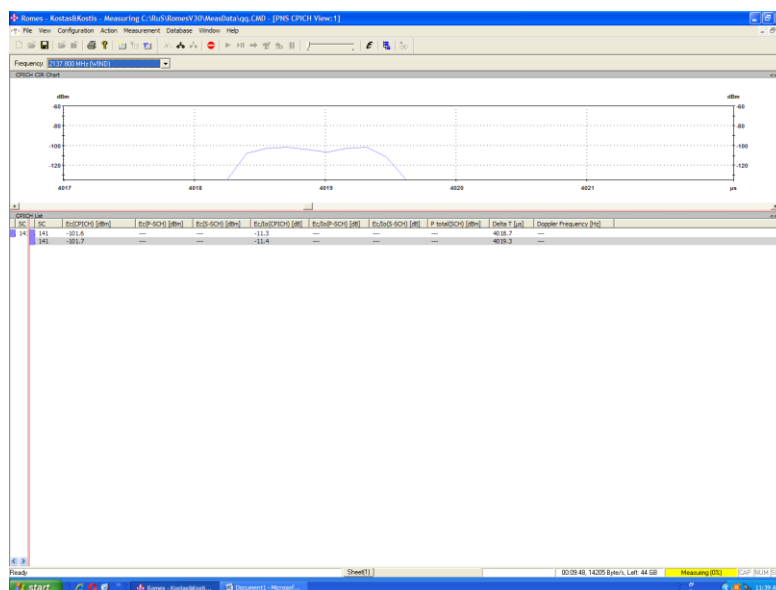
καλύτερη ισχύ και ποιότητα διαθέτει το δεύτερο κατά σειρά σήμα με βάση τις τιμές των παραμέτρων $E_c(\text{CPICH})$ και $E_c/I_o(\text{CPICH})$. Ακολουθούν οι αντίστοιχες μετρήσεις για τα καλύτερα κανάλια των εταιρειών Cosmote και Wind.



Εικόνα 3.86:PNS CPICH View-Cosmote Best

Και στην μέτρηση PNS CPICH View στο κανάλι με συχνότητα 2147.8 MHz που ανήκει στην εταιρεία Cosmote παρατηρείται ότι καταγράφονται δύο διαφορετικά σήματα τα οποία προέρχονται από τον ίδιο σταθμό βάσης(Node B) λόγω του ίδιου SC. Στη συγκεκριμένη μέτρηση διακρίνεται πως το πρώτο κατά σειρά σήμα με $E_c(\text{CPICH}) = -87.0 \text{ dBm}$ και $\frac{E_c}{I_o}(\text{CPICH}) = -2.6 \text{ dB}$ έχει καλύτερη ποιότητα και ισχύ από το σήμα που ακολουθεί χρονικά.

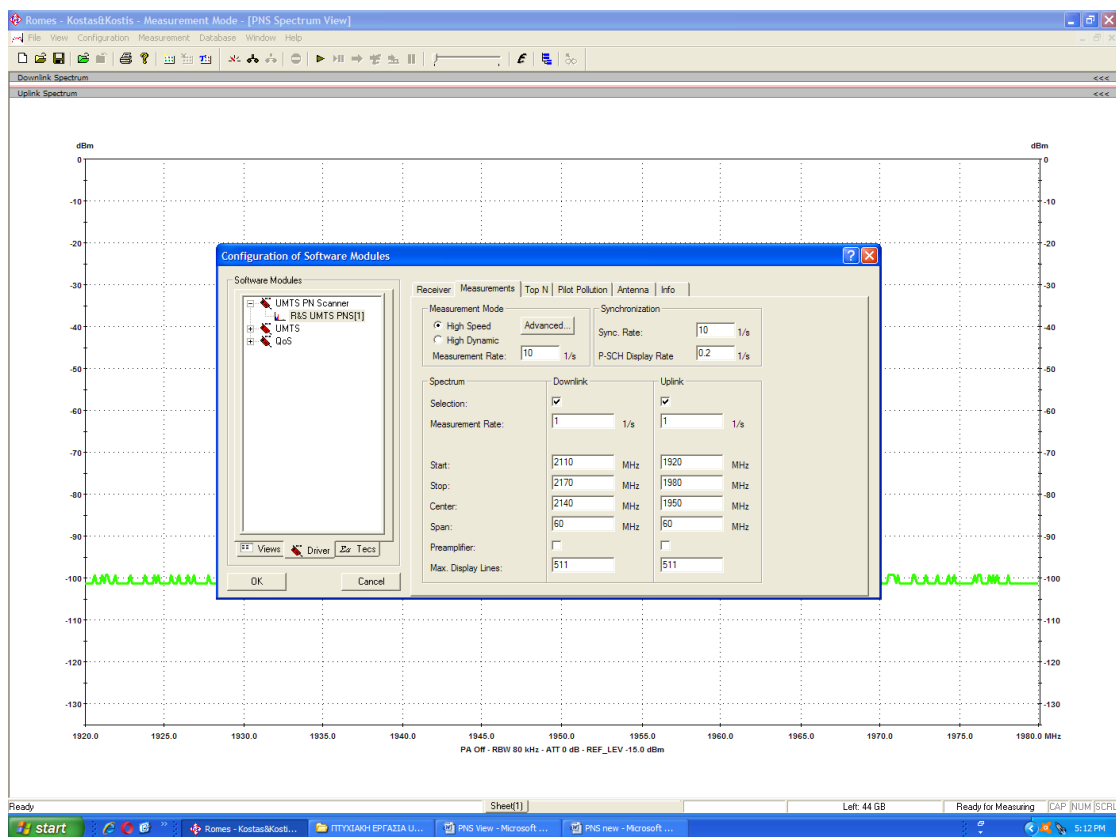
Έπειτα ακολουθεί η μέτρηση PNS CPICH View στο κανάλι με συχνότητα 2137.8 MHz το οποίο ανήκει στην εταιρεία Wind.



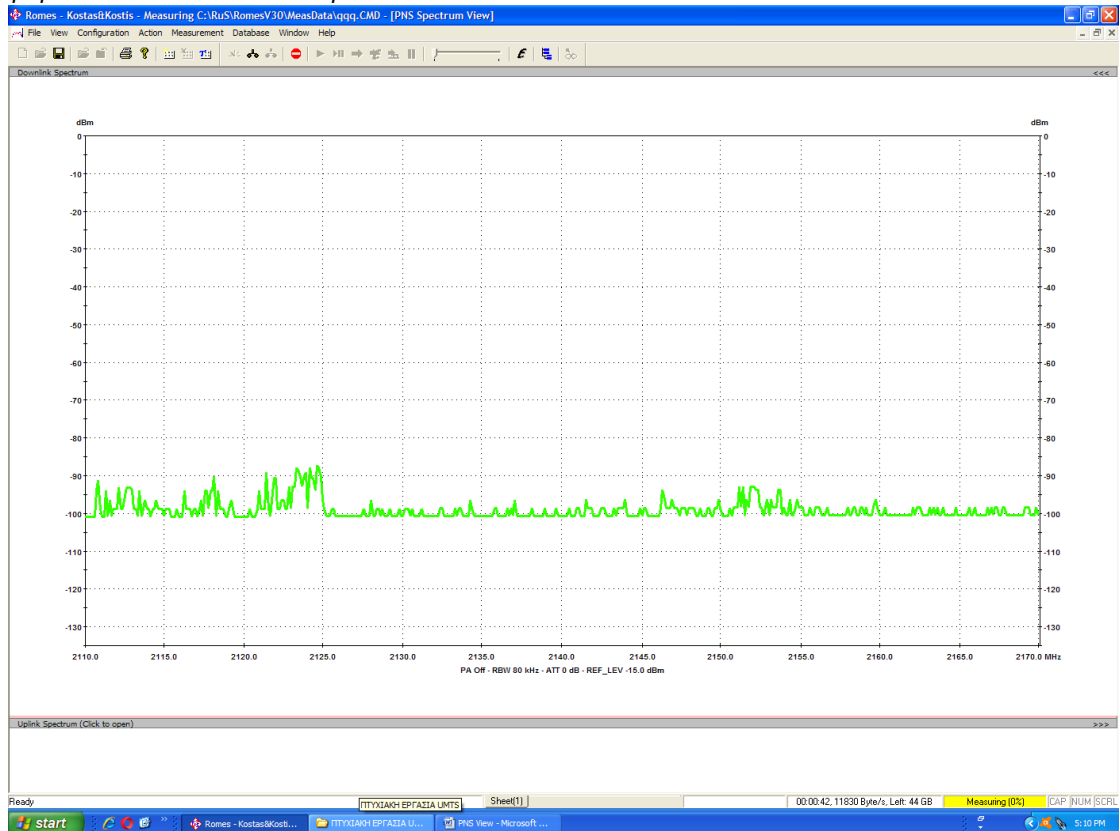
Εικόνα 3.87:PNS CPICH View-Wind Best

Και στη μέτρηση PNS CPICH View του καναλιού με συχνότητα 2137.8 MHz καταγράφονται από τον σαρωτή δύο σήματα τα οποία προέρχονται από τον ίδιο σταθμό βάσης. Όπως φαίνεται από τις τιμές που έχουν ληφθεί και τα δύο σήματα έχουν πολύ κακή κάλυψη, με χαμηλή ισχύ και ποιότητα.

Η επόμενη μέτρηση που θα αναλυθεί ονομάζεται PNS Spectrum View και ουσιαστικά παρουσιάζει το συνολικό φάσμα των καναλιών δηλαδή και όλων των συχνοτήτων που έχουν εισαχθεί για το UMTS 2100. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα αναπαράστασης όλων των καναλιών μαζί στην ίδια μέτρηση, αλλά και εκείνο της ταυτόχρονης αναπαράστασης την ίδια στιγμή και των δύο κατευθύνσεων downlink και uplink. Η εικόνα που ακολουθεί αφορά τις ρυθμίσεις που είναι απαραίτητο να γίνουν προκειμένου να εκτελεστεί σωστά η μέτρηση PNS Spectrum View. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.88 επιλέγεται τόσο η downlink όσο και η uplink κατεύθυνση αλλά και τοποθετούνται οι αριθμητικές τιμές στα πεδία των συχνοτήτων, οι οποίες καλύπτουν όλο το εύρος του UMTS 2100, συχνότητες downlink από 2110-2170 MHz και uplink 1920-1980 MHz, όπως αναγράφονται και στον πίνακα 8.



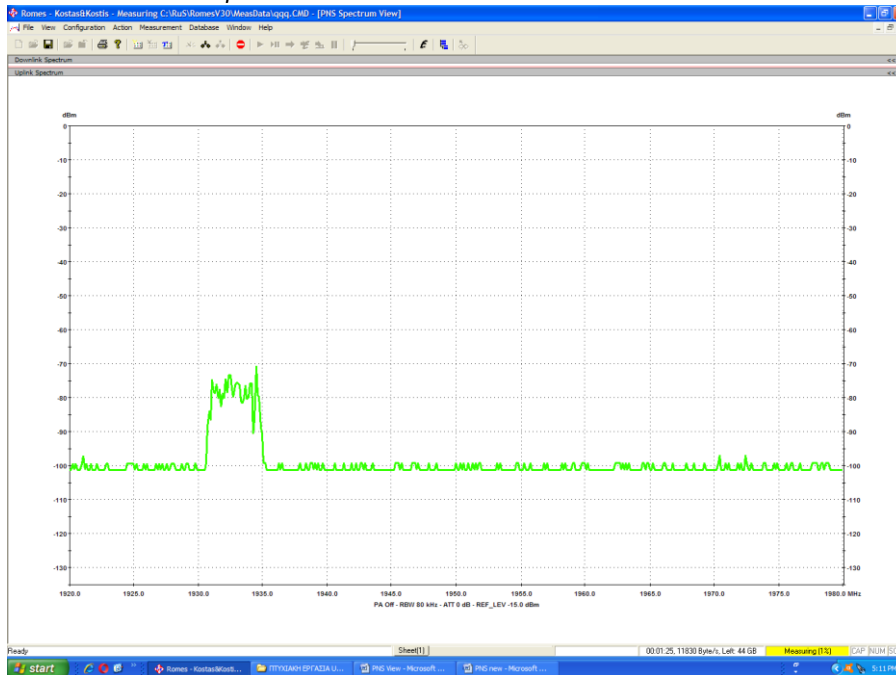
Εικόνα 3.88:Ρυθμίσεις PNS Spectrum View



Εικόνα 3.89:PNS Spectrum View- Downlink

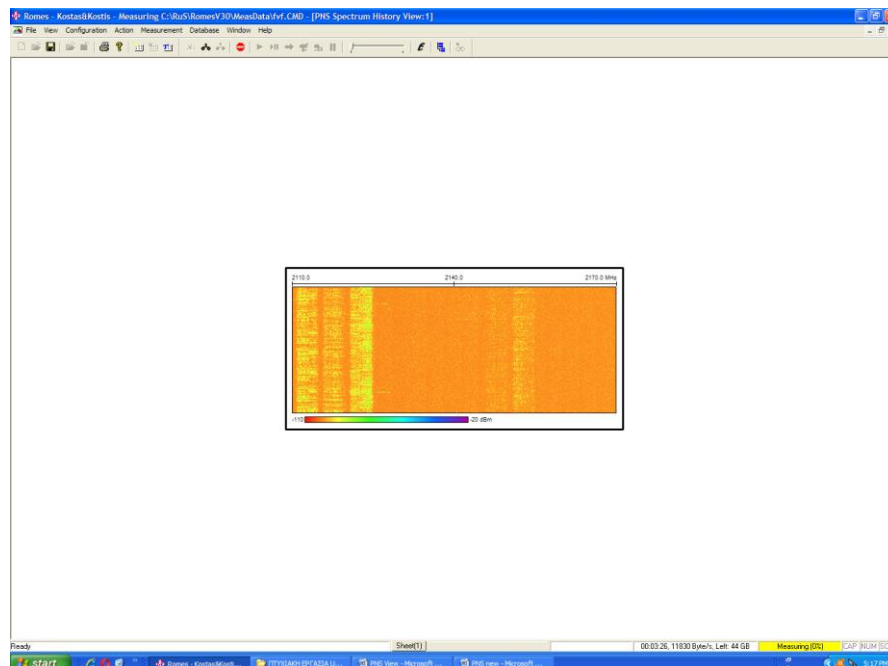
Στην εικόνα 3.89 αποτυπώνεται η μέτρηση PNS Spectrum View για την κατεύθυνση downlink. Αυτό επιβεβαιώνεται κιόλας και από τον οριζόντιο άξονα ο οποίος περιλαμβάνει τις συχνότητες 2110-2170 MHz οι οποίες αναλογούν στην κατεύθυνση downlink του UMTS 2100 σύμφωνα με

τον πίνακα 8. Στον κατακόρυφο άξονα η κλίμακα που υπάρχει αναφέρεται σε dBm και καταγράφεται η ισχύς του κάθε καναλιού, τα εννέα κανάλια των εταιρειών Cosmote, Vodafone και Wind βρίσκονται μέσα σε αυτό το φάσμα των συχνοτήτων με τις ακριβείς τους συχνότητες να φαίνονται στον πίνακα Β.2 ο οποίος βρίσκεται στο παράρτημα Β της εργασίας. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι καλύτερη ισχύ έχει το κανάλι με συχνότητα downlink ίση με 2122.8 MHz που αντιστοιχεί σε κωδικό UARFCN DL 10614 και ανήκει στην εταιρεία Vodafone. Επίσης επειδή το UMTS χρησιμοποιεί την τεχνική WCDMA το εύρος ζώνης κάθε καναλιού είναι 5 MHz. Ακολουθεί η μέτρηση PNS Spectrum View για την κατεύθυνση uplink.



Εικόνα 3.90:PNS Spectrum View-Uplink

Αντίστοιχα και στην κατεύθυνση uplink ο οριζόντιος άξονας περιλαμβάνει όλο το εύρος των συχνοτήτων(UL) για το UMTS 2100, οι οποίες είναι 1920-1980 MHz όπως καταγράφονται στον πίνακα 8. Ο κατακόρυφος άξονας μετρά την ισχύ των καναλιών σε όλο το φάσμα. Το σημείο όπου παρατηρείται να υπάρχει καλύτερη ισχύς σήματος αφορά ουσιαστικά το ίδιο κανάλι με πριν όπου έχει συχνότητα uplink ίση με 1932.8 MHz,UARFCN UL 9664 και ανήκει στην Vodafone. Το κανάλι με UARFCN DL 10614 και UARFCN UL 9664 έχει καλύτερη ισχύ διότι αυτό είναι το κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται για την μετάδοση όταν καλεί η συσκευή, την πληροφορία αυτή την παρέχει η μέτρηση UMTS Layer 1 View της εικόνας 3.44 στο πλαίσιο Serving Cell.

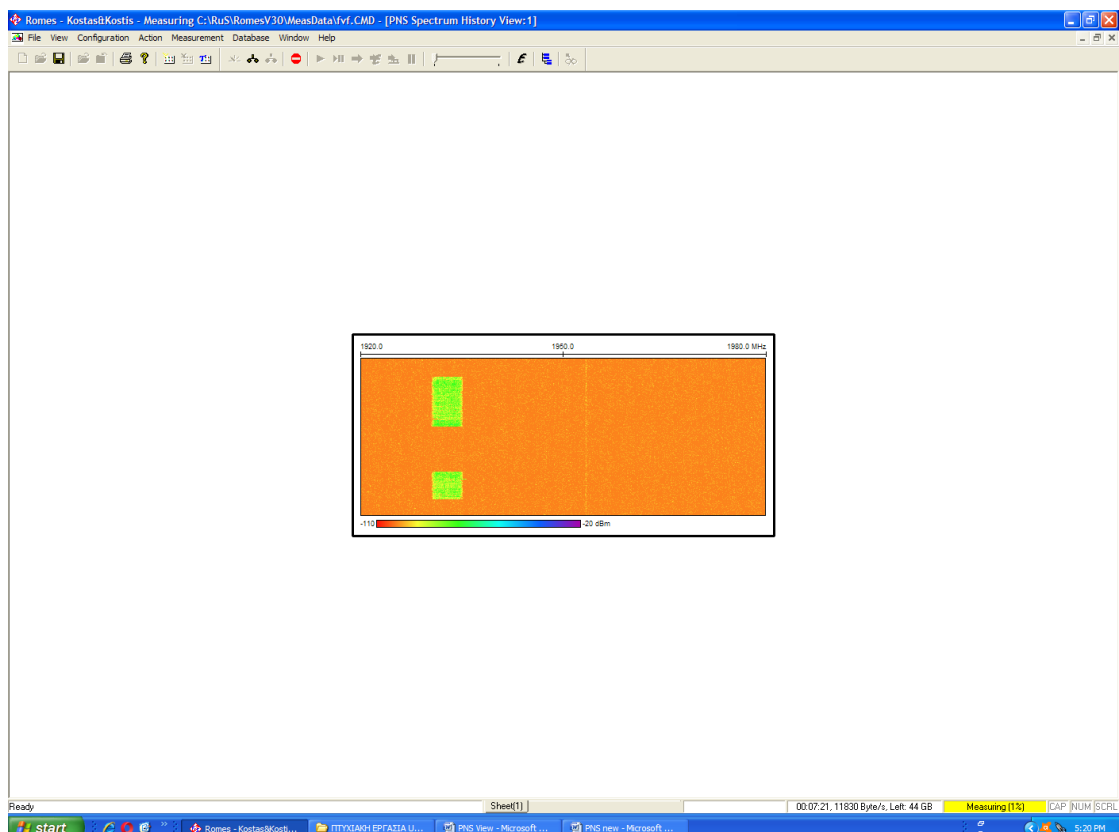


Εικόνα 3.91:PNS Spectrum History View-Downlink

Η επόμενη μέτρηση που θα αναλυθεί ονομάζεται PNS Spectrum History View και καταγράφεται τόσο για την downlink κατεύθυνση όσο και για την uplink. Η μέτρηση αυτή προβάλλει την συνολική

ισχύ των σημάτων σε όλο το φάσμα του UMTS 2100 σε συνάρτηση με τον χρόνο. Μπορεί να γίνει ανάλυση πολλαπλών διαφορετικών καναλιών και στην downlink κατεύθυνση και στην uplink την ίδια στιγμή.

Τα διαγράμματα τα οποία εμφανίζονται σε αυτές τις μετρήσεις ονομάζονται διαγράμματα Waterfall, στο πάνω μέρος του διαγράμματος ξεκινώντας από αριστερά προς τα δεξιά είναι τοποθετημένες όλες οι συχνότητες downlink για το UMTS 2100, 2110-2170 MHz. Σε ένα διάγραμμα με δύο άξονες η αναπαράσταση των συχνοτήτων αυτών αντίστοιχα θα βρισκόταν στον οριζόντιο άξονα, ενώ στον κατακόρυφο άξονα θα ήταν ο χρόνος. Ο χρόνος στο διάγραμμα Waterfall ορίζεται από το πάνω μέρος του διαγράμματος προς το κάτω, κάθε φαρδιά, οριζόντια χρωματιστή γραμμή αντιστοιχεί σε ένα κανάλι, το χρώμα της γραμμής αντιστοιχεί στην ισχύ την οποία έχει με βάση την χρωματική επεξήγηση που υπάρχει κάτω από το διάγραμμα. Κατά την διάρκεια της εκπομπής μέσα από ένα κανάλι είναι πιθανό να υπάρχουν διαλείψεις και παρεμβολές οι οποίες στο διάγραμμα Waterfall απεικονίζονται με λιγότερο έντονο χρώμα. Η έναρξη της εκπομπής κάθε καναλιού στο διάγραμμα Waterfall χρονικά τοποθετείται στο πάνω μέρος του διαγράμματος και ολοκληρώνεται στο κατώτερο σημείο αυτού. Η πιο έντονη κίτρινη γραμμή περιλαμβάνει το κανάλι με συχνότητα DL 2122.8 MHz, το οποίο όπως ειπώθηκε και παραπάνω είναι αυτό το κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται για την μετάδοση δεδομένων. Συνεπώς εμφανίζεται πιο έντονα από τα υπόλοιπα καθώς το στιγμιότυπο έχει ληφθεί κατά την διάρκεια μιας κλήσης, όπου και γίνεται μετάδοση δεδομένων. Ακολουθεί η ίδια μέτρηση αλλά για την κατεύθυνση Uplink.

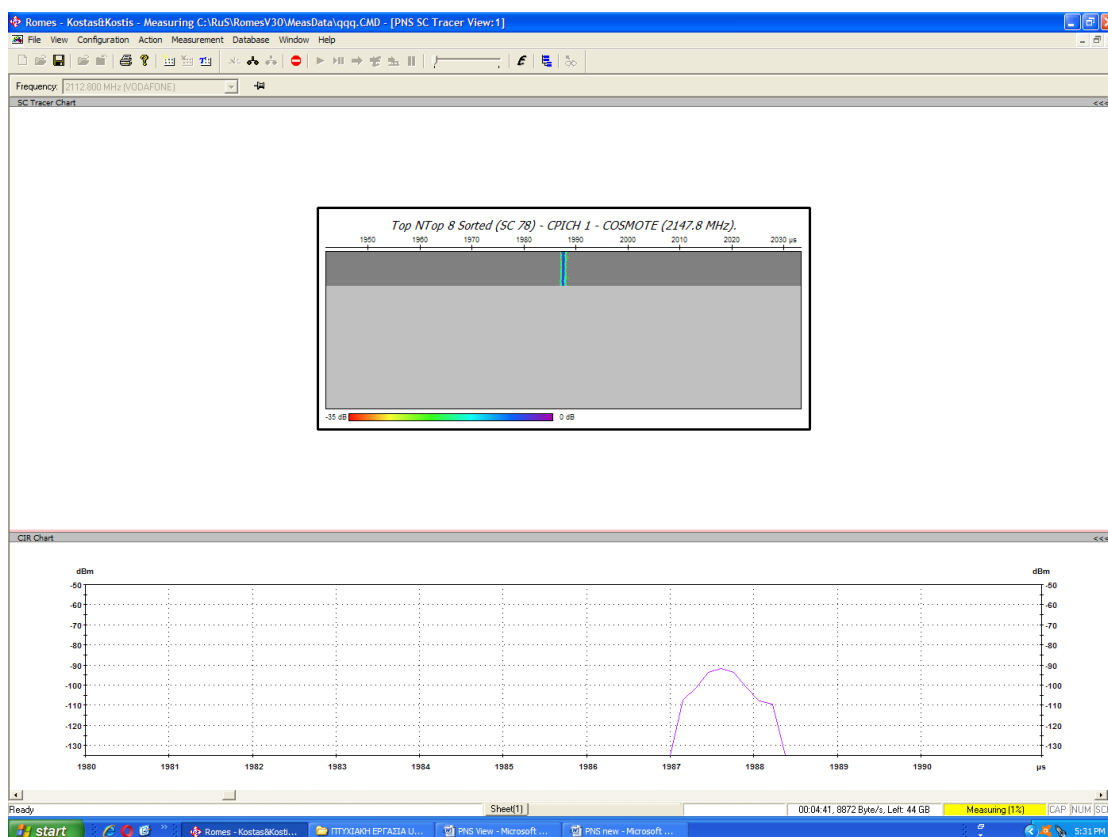


Εικόνα 3.92:PNS Spectrum History View-Uplink

Στο διάγραμμα Waterfall που αφορά την κατεύθυνση uplink αντίστοιχα βρίσκονται στο πάνω μέρος οι συχνότητες που καλύπτουν όλο το φάσμα του UMTS 2100. Συχνότητες από 1920 έως 1980 MHz (UL), μέσα σε αυτό το εύρος βρίσκονται και τα εννέα συνολικά κανάλια που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα από τις εταιρείες Cosmote, Vodafone και Wind, τα κανάλια αυτά ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος

βρίσκονται στον πίνακα Β.2. Ο ένας άξονας(οριζόντιος) και σε αυτή την περίπτωση εκφράζει την συχνότητα ενώ είναι σε συνάρτηση με τον κατακόρυφο άξονα ο οποίος εκφράζει τον χρόνο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται ευκολότερα κατανοητή η έννοια του χρόνου καθώς στο συγκεκριμένο διάγραμμα αναπαρίστανται δύο ξεχωριστές τηλεφωνικές κλήσεις. Στο πρώτο σημείο όπου ξεκινά ο πράσινος χρωματισμός στο διάγραμμα σημαίνει ότι ξεκινά η κλήση όσο συνεχίζεται διαρκεί η κλήση, ενώ όταν τελειώνει το πράσινο κομμάτι και υπάρχει ένα κενό μέχρι το επόμενο δεν υπάρχει κλήση έχει ολοκληρωθεί. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα δεύτερο πράσινο κομμάτι το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει μία δεύτερη κλήση. Το πράσινο χρώμα δηλώνει την ισχύ του σήματος η οποία σύμφωνα και με την υπόδειξη που υπάρχει κάτω από το διάγραμμα είναι αρκετά καλή, με βάση την μέτρηση PNS Spectrum View προσεγγίζει τα -70 dBm. Όπως επεξηγήθηκε και στην μέτρηση που προηγήθηκε το κανάλι το οποίο αναπαρίσταται με πράσινο χρώμα στο διάγραμμα περιλαμβάνει τη συχνότητα 1932.8 MHz(UL), γιατί το κανάλι με αυτή τη συχνότητα και UARFCN(UL) 9664 είναι το κανάλι το οποίο σύμφωνα με την μέτρηση UMTS Layer 1 View και το πεδίο Serving Cell χρησιμοποιείται για την κλήση, άρα και για την εκπομπή-μεταφορά δεδομένων.

Η επόμενη κατά σειρά μέτρηση ονομάζεται PNS SC Tracer View,στην μέτρηση αυτή θα παρουσιαστούν τρία στιγμιότυπα, ουσιαστικά ένα κανάλι από κάθε εταιρεία, Cosmote,Vodafone και Wind.

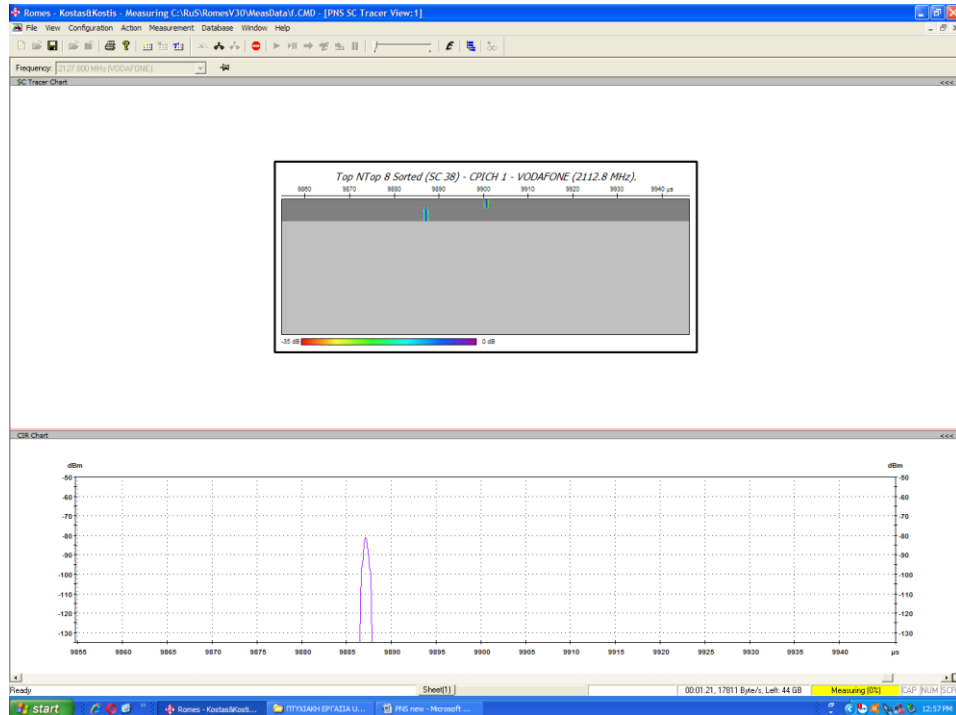


Εικόνα 3.93:PNS SC Tracer View-Cosmote

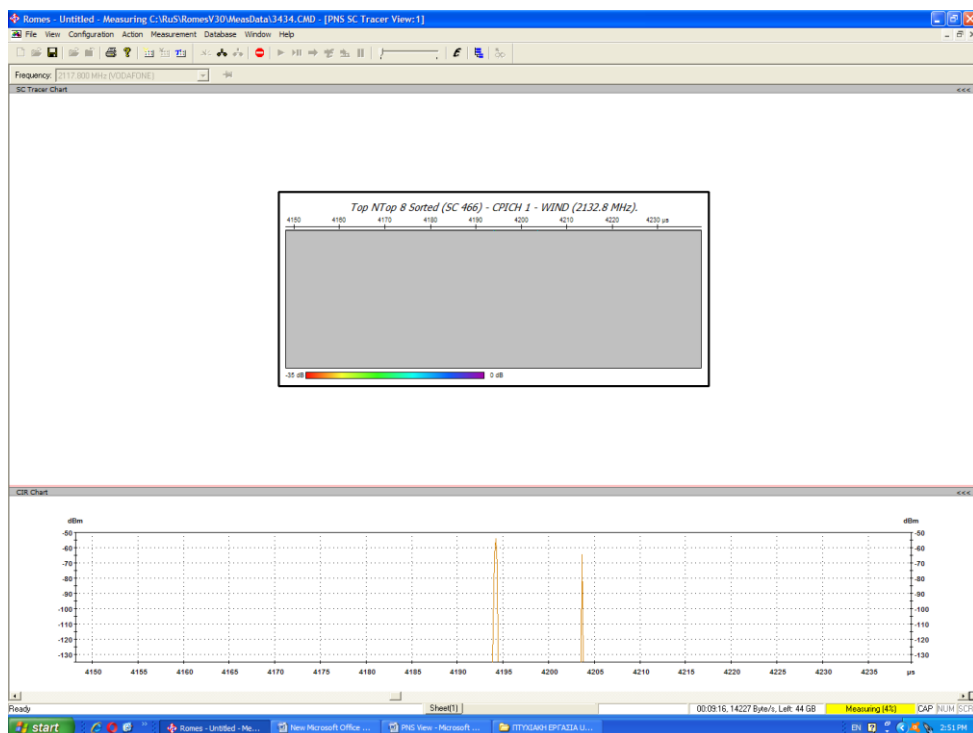
Η μέτρηση χωρίζεται σε δύο μέρη τα οποία περιλαμβάνουν το καθένα από ένα διάγραμμα. Σε αυτή τη μέτρηση τα σήματα τα οποία αναλύονται αφορούν έναν συγκεκριμένο κωδικό περίπλεξης (SC), σε ένα συγκεκριμένο κανάλι. Αυτό σημαίνει ότι τα σήματα προέρχονται από ένα συγκεκριμένο και τον ίδιο σταθμό βάσης. Στο πρώτο διάγραμμα αποτυπώνονται οι ισχύς των σημάτων που

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

μεταδίδονται από το κανάλι CPICH, σε συνάρτηση με τον χρόνο. Στο πάνω μέρος του διαγράμματος σε οριζόντια διάταξη υπάρχουν κάποιες αριθμητικές τιμές οι οποίες αναφέρονται στο χρόνο, στο διάγραμμα αποτυπώνεται η μεταβολή που έχει η ισχύς του καναλιού, δηλαδή το μέγεθος $E_c(\text{CPICH})$ στον χρόνο, με βάση την χρωματική επεξήγηση που υπάρχει κάτω από το διάγραμμα. Επίσης το διάγραμμα που βρίσκεται από κάτω(CIR Chart) εκφράζει την μέση ισχύ των σημάτων που διαδίδονται μέσω του καναλιού CPICH σε συνάρτηση με τον χρόνο. Ακολουθούν οι μετρήσεις PNS SC Tracer View και για τις εταιρείες Vodafone και Wind. Η επεξήγηση των δύο αυτών μετρήσεων είναι ίδια με εκείνη που έγινε στην μέτρηση της Cosmote(εικόνα 3.93).

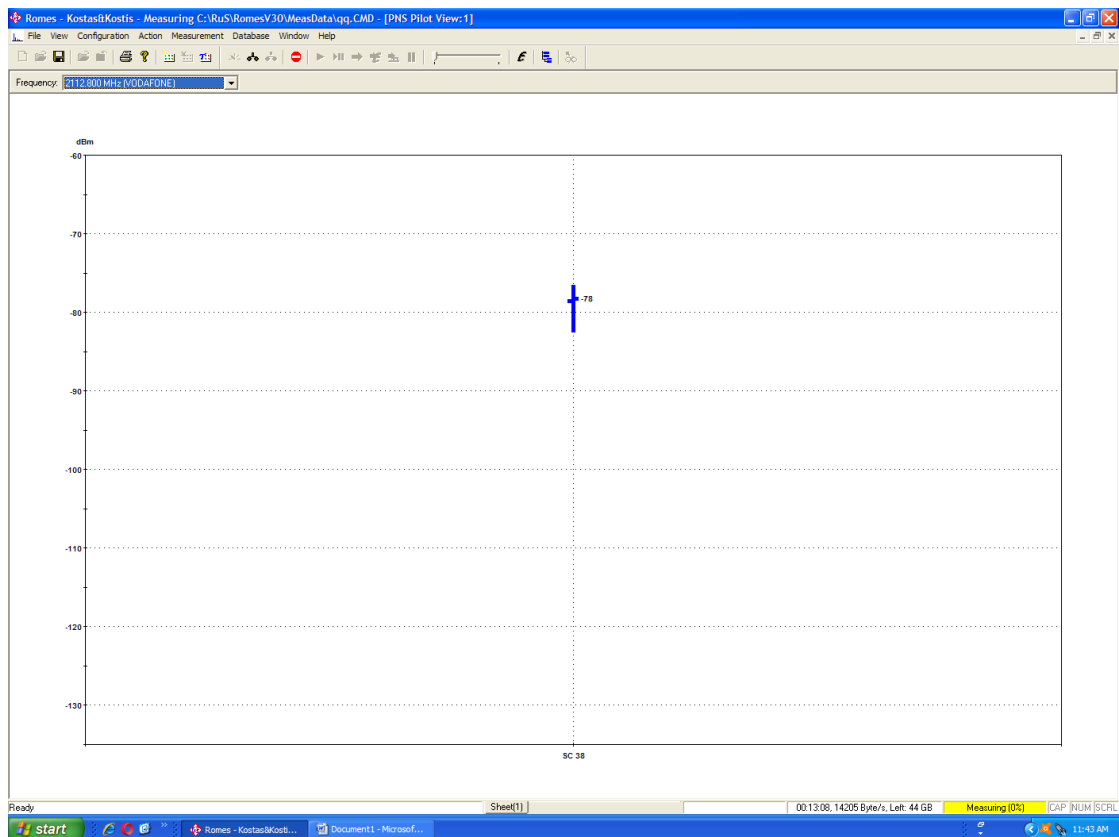


Εικόνα 3.94:PNS SC Tracer View-Vodafone



Εικόνα 3.95:PNS SC Tracer View-Wind

Ακολουθεί η μέτρηση PNS Pilot View για την οποία θα παρουσιαστούν τα τρία καλύτερα κανάλια από τους τρεις παρόχους Vodafone, Cosmote και Wind, όπως έχουν επιλεγεί και στις προηγούμενες μετρήσεις, ενώ τα υπόλοιπα θα βρίσκονται στο παράρτημα Γ της εργασίας. Υπενθυμίζεται ότι τα κανάλια αυτά τα οποία με βάση την μέτρηση PNS Top N View διαθέτουν το καλύτερο σήμα έχουν τις εξής συχνότητες(DL):2112.8 MHz(Vodafone),2147.8 MHz(Cosmote),2137.8 MHz(Wind).

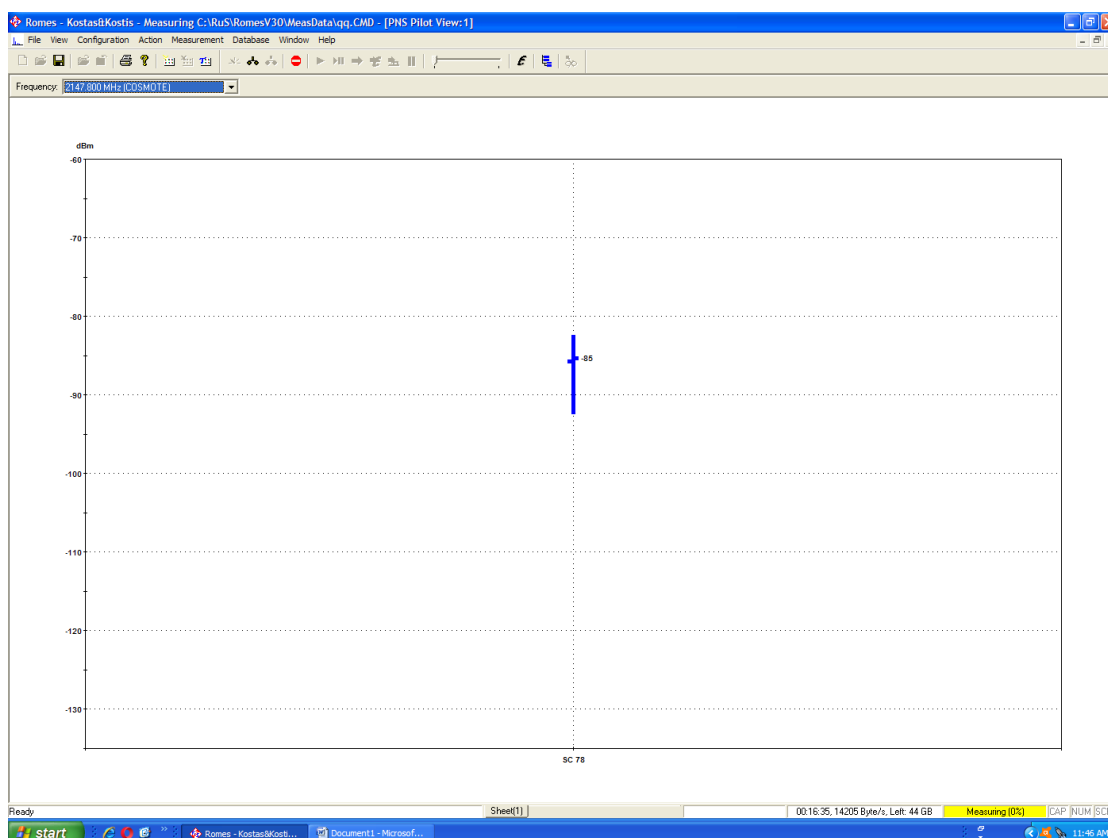


Εικόνα 3.96:PNS Pilot View-Vodafone

Η μέτρηση PNS Pilot View απεικονίζει το μέγεθος RSCP του καναλιού CPICH σε σχέση με τους κωδικούς περίπλεξης(SC). Το μέγεθος RSCP όπως έχει επεξηγηθεί και σε προηγούμενες μετρήσεις εκφράζει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος, στη συγκεκριμένη μέτρηση το RSCP αφορά το κανάλι CPICH σε σχέση με τους αντίστοιχους SC, ουσιαστικά τους αντίστοιχους σταθμούς βάσης(Node Bs) από όπου προέρχονται τα σήματα, αφού κάθε σταθμός βάσης χαρακτηρίζεται από έναν δικό του SC. Στο πάνω μέρος του παραθύρου της μέτρησης στο πεδίο συχνότητα βρίσκεται ένα πτυσσόμενο μενού από όπου και επιλέγεται η συχνότητα του καναλιού που θα εμφανιστεί. Στο διάγραμμα αποτυπώνεται η τιμή RSCP για την μέτρηση της οποίας υπάρχει μία κατακόρυφη κλίμακα στα αριστερά, για κάθε σήμα που προέρχεται από τον αντίστοιχο σταθμό βάσης του οποίου ο SC αναγράφεται στον οριζόντιο άξονα. Αναλυτικότερα το λαμβανόμενο σήμα αναπαρίσταται με μία κατακόρυφη μπλε γραμμή όπως φαίνεται στο διάγραμμα, έπειτα παρέχεται πληροφορία για την τιμή που έχει η παράμετρος RSCP(CPICH), για την ακρίβεια για τέσσερις τιμές της ποσότητας RSCP. Τα δύο άκρα της μπλε κατακόρυφης γραμμής δηλώνουν τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή της παραμέτρου RSCP που καταγράφηκαν αντίστοιχα από την αρχή της μέτρησης, επιπλέον οι δύο μικρές οριζόντιες γραμμές που έχει η κατακόρυφη μπλε γραμμή, μία στα

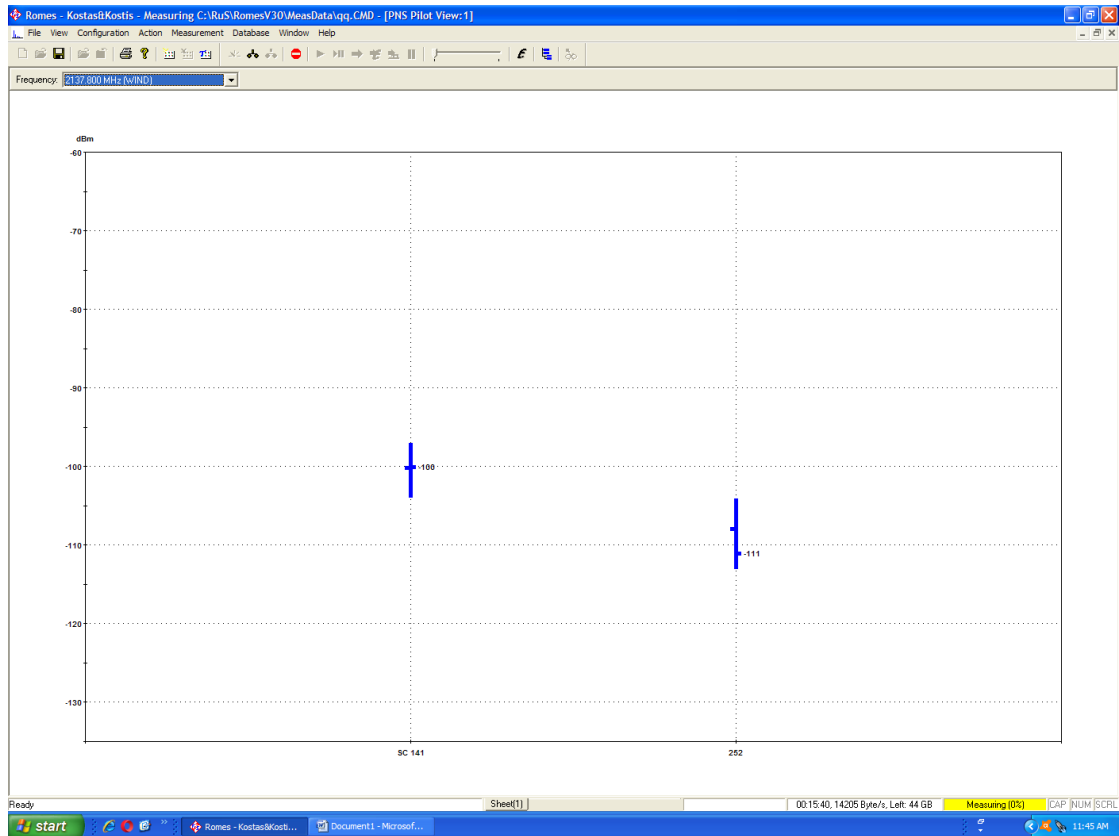
αριστερά και μία στα δεξιά δηλώνουν τα εξής: η αριστερή μικρή οριζόντια γραμμή εκφράζει την μέση τιμή της παραμέτρου RSCP η οποία καταγράφηκε από την αρχή της μέτρησης, ενώ η δεξιά μικρή οριζόντια γραμμή η οποία διαθέτει αριθμητική τιμή δηλώνει την τρέχουσα τιμή της ποσότητας RSCP, δηλαδή την τιμή που έχει η παράμετρος RSCP τη στιγμή που γίνεται η μέτρηση και λαμβάνεται το στιγμιότυπο. Στην κάθετη ευθεία από την μπλε γραμμή η οποία καταλήγει στον οριζόντιο άξονα αναγράφεται ο SC του σταθμού βάσης από τον οποίο προέρχεται το σήμα. Οι τέσσερις αυτές τιμές συνεχώς εναλλάσσονται κατά την διάρκεια της μέτρησης. Στη μέτρηση της εικόνας 3.96 η τιμή που έχει εκείνη την στιγμή η παράμετρος RSCP είναι -78 dBm και το σήμα αυτό προέρχεται από τον σταθμό βάσης με SC 38. Με βάση τον πίνακα 6 ο οποίος ταξινομεί τα σήματα με βάση την παράμετρο RSCP η ισχύς αυτού του σήματος κρίνεται ως μέτρια.

Παρακάτω βρίσκεται η μέτρηση PNS Pilot View για το κανάλι με συχνότητα 2147.8 MHz(Cosmote).



Εικόνα 3.97:PNS Pilot View-Cosmote

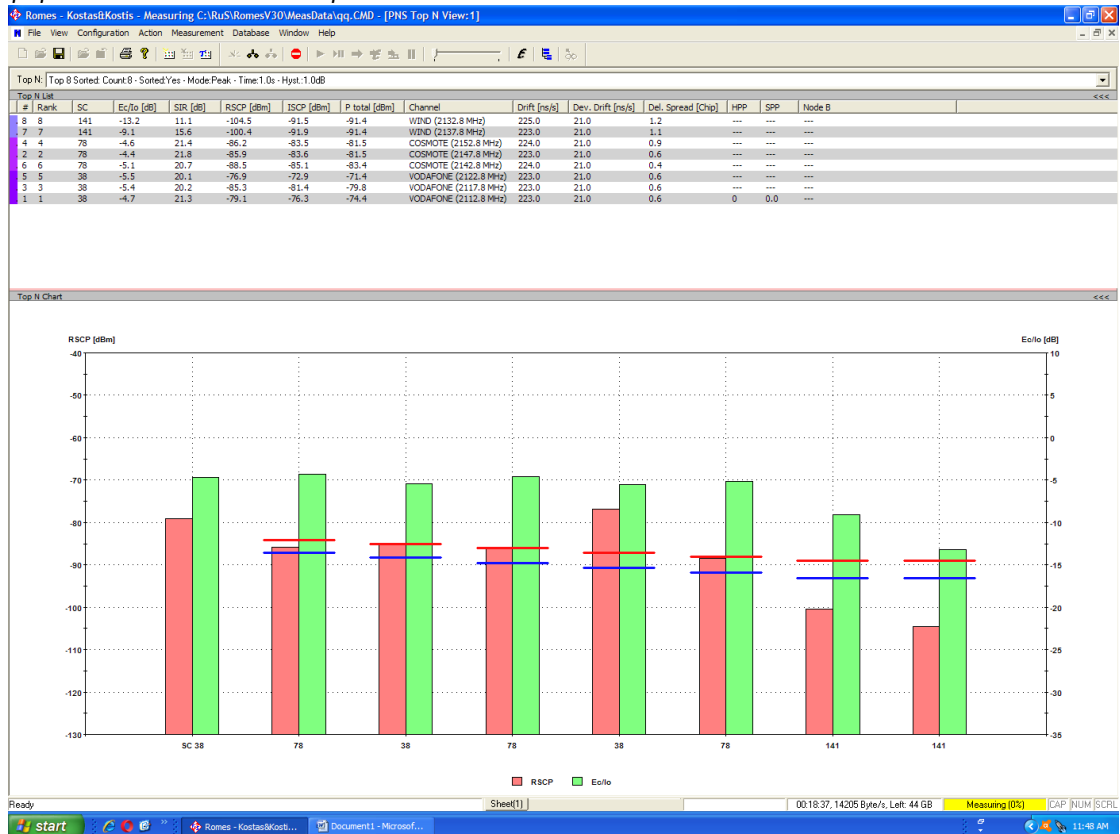
Ισχύουν ακριβώς τα ίδια με την προηγούμενη ανάλυση η οποία έγινε για την εικόνα 3.96 και για την εικόνα 3.97 με τις ακόλουθες διαφορές. Στη μέτρηση του καναλιού με συχνότητα 2147.8 MHz η τιμή που έχει η παράμετρος RSCP την στιγμή της μέτρησης είναι -85 dBm το οποίο σύμφωνα με τον πίνακα 6 σημαίνει ότι η ισχύς του σήματος είναι μέτρια. Το σήμα αυτό προέρχεται από τον σταθμό βάσης με SC 78. Τέλος η μέτρηση ολοκληρώνεται με το κανάλι που έχει συχνότητα 2137.8 MHz και ανήκει στην Wind.



Εικόνα 3.98:PNS Pilot View-Wind

Στη μέτρηση της εικόνας 3.98 καταγράφονται δύο σήματα από δύο διαφορετικούς σταθμούς βάσης αφού έχουν διαφορετικό SC(141,252). Στο σήμα το οποίο προέρχεται από τον σταθμό βάσης με SC 141 καταγράφεται την ώρα της μέτρησης τιμή -100 dBm για την παράμετρο RSCP, ενώ σε εκείνο το σήμα το οποίο προέρχεται από τον σταθμό βάσης με SC 252 την ώρα της μέτρησης η ποσότητα RSCP είχε τιμή -111 dBm. Συμπερασματικά και με βάση τον πίνακα 6 και τα δύο σήματα έχουν πάρα πολύ χαμηλή ισχύ και σίγουρα υπάρχουν προβλήματα και απώλειες στην συγκεκριμένη επικοινωνία.

Η τελευταία μέτρηση που μένει να παρουσιαστεί από το μενού του σαρωτή ονομάζεται PNS Top N View. Η μέτρηση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς παρουσιάζονται συγκεντρωμένες πληροφορίες για τα οκτώ καλύτερα κανάλια.



Εικόνα 3.99:PNS Top N View

Η μέτρηση αυτή όπως ειπώθηκε είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και χωρίζεται οριζόντια σε δύο μέρη, στο πάνω μέρος βρίσκεται ένας πίνακας ο οποίος δίνει πολλές πληροφορίες σχετικά με τα οκτώ αυτά λαμβανόμενα σήματα τα οποία και ταξινομούνται, ενώ στο κάτω μέρος υπάρχει ένα διάγραμμα που αφορά τις παραμέτρους RSCP και Ec/Io για τα σήματα αυτά. Ξεκινώντας την ανάλυση όπως φαίνεται στο πάνω μέρος της μέτρησης στο πεδίο Top N, τα καλύτερα κανάλια τα οποία θα παρουσιαστούν είναι 8, από τα εννέα που διαθέτουν συνολικά οι τρεις πάροχοι για την υπηρεσία UMTS 2100. Ο πίνακας αυτός λοιπόν περιέχει τα οκτώ καλύτερα κανάλια ή πιο σωστά περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα οκτώ καλύτερα σήματα που εκπέμπουν οι σταθμοί βάσης(Node Bs) και λαμβάνει ο κινητός σταθμός(UE). Η πρώτη στήλη στα αριστερά του πίνακα η οποία έχει την ένδειξη # δίνει και από έναν αριθμό σε κάθε σταθμό βάσης ή διαφορετικά έναν αριθμό σε κάθε σήμα που προέρχεται από έναν συγκεκριμένο σταθμό βάσης. Η τιμή αυτή δεν έχει μεγάλη σημασία καθώς δηλώνει απλά σε αύξουσα σειρά την χρονική στιγμή όπου ο κάθε σταθμός βάσης προστέθηκε στην λίστα. Η επόμενη στήλη Rank είναι σημαντική διότι ταξινομεί τα σήματα ανάλογα με την ποιότητα τους με βάση την τιμή της παραμέτρου Ec/Io, η παράμετρος Ec/Io δίνει πληροφορίες για την ποιότητα του σήματος, με βάση τον πίνακα 7 όσο πιο κοντά στο μηδέν είναι η τιμή της παραμέτρου Ec/Io τόσο καλύτερη ποιότητα έχει το συγκεκριμένο σήμα. Το σήμα με την καλύτερη τιμή Ec/Io παίρνει την τιμή 1 στην στήλη Rank, ακολουθούν τα υπόλοιπα κατά αύξουσα σειρά με το σήμα που έχει την τιμή 8 να έχει την χειρότερη ποιότητα σήματος. Αν παρατηρήσει κανείς υπάρχουν δύο σήματα τα οποία έχουν καλύτερη τιμή Ec/Io από το σήμα το οποίο έχει την τιμή 1 στην στήλη Rank, το βιβλίο λειτουργίας του μετρητικού συστήματος αναφέρει ξεκάθαρα πως το κριτήριο ταξινόμησης των σημάτων είναι η παράμετρος Ec/Io παρόλα αυτά ενδέχεται να θεωρεί 'καλύτερο' το σήμα με τιμή Ec/Io ίση με -4.7 dB επειδή έχει καλύτερη τιμή στην παράμετρο RSCP από τα σήματα που έχουν τιμές Ec/Io -4.4 dB και -4.6 dB. Σύμφωνα με τον

πίνακα 7 όλα τα σήματα τα οποία έχουν τιμές E_c/I_0 από 0 έως και -6 dB θεωρείται ότι έχουν εξαιρετική ποιότητα. Η στήλη που ακολουθεί περιλαμβάνει τον κωδικό περίπλεξης(SC) τον οποίο έχει κάθε σταθμός βάσης, ενώ η αμέσως επόμενη στήλη καταγράφει τον λόγο E_c/I_0 κάθε σήματος στον οποίο έγινε αναφορά προηγουμένως και ορίζεται ως ο λόγος της λαμβανόμενης ενέργειας ανά bit κώδικα(chip) προς τις παρεμβολές. Ακολουθεί η στήλη SIR, Signal to Interference Ratio, η παράμετρος SIR ορίζεται ως το πηλίκο του λαμβανόμενου σήματος προς τις παρεμβολές, όσο λιγότερες παρεμβολές υπάρχουν τόσο το καλύτερο για την ποιότητα του σήματος. Επομένως όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του SIR τόσο καλύτερη είναι η ισχύς του σήματος, σύμφωνα και με τον πίνακα B.3 του παραρτήματος στον οποίο ερμηνεύεται η ισχύς του σήματος με βάση την τιμή του SIR. Έπειτα υπάρχει η στήλη RSCP η οποία αναφέρεται στην παράμετρο RSCP, όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω η παράμετρος RSCP εκφράζει την ισχύ του κώδικα του λαμβανόμενου σήματος, στον πίνακα 6 χαρακτηρίζεται η ισχύς του κάθε σήματος σύμφωνα με την τιμή που έχει η παράμετρος RSCP. Η παράμετρος ISCP έχει αναλυθεί και εκείνη παραπάνω όπως οι προηγούμενες και εκφράζει τις παρεμβολές που υπάρχουν στον κώδικα του λαμβανόμενου σήματος. Ακολουθεί η στήλη με την παράμετρο P_{total} η οποία δηλώνει την συνολική λαμβανόμενη ισχύ που μετράτε στο κανάλι P-CPICH, ενώ για τον υπολογισμό του μεγέθους P_{total} δίνεται η σχέση $P_{total} + E_c/I_0 = RSCP$. Η επόμενη στήλη με το όνομα Channel περιλαμβάνει την συχνότητα του κάθε καναλιού αλλά και το όνομα του παρόχου στον οποίο ανήκει. Τέλος στην τελευταία στήλη του πίνακα εμφανίζονται τα ονόματα των σταθμών βάσης εφόσον αυτά είναι διαθέσιμα κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην συγκεκριμένη μέτρηση. Στο επόμενο μέρος της μέτρησης βρίσκεται ένα διάγραμμα το οποίο απεικονίζει τον λόγο E_c/I_0 και την παράμετρο RSCP για όλα τα σήματα τα οποία έχουν καταγραφεί στον πίνακα της μέτρησης. Τα σήματα τα οποία προέρχονται από διαφορετικό σταθμό βάσης διαχωρίζονται από τον SC ο οποίος αναγράφεται στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος, ενώ στις δύο άκρες του διαγράμματος υπάρχουν δύο κατακόρυφοι άξονες ένας στα αριστερά για την παράμετρο RSCP και ένας στα δεξιά ο οποίος αναφέρεται στην παράμετρο E_c/I_0 .

4 Κεφάλαιο 4^ο :Συμπεράσματα – Μελλοντικές Προεκτάσεις

4.1 Συμπεράσματα

4.1.1 Μετρήσεις 2G GSM: Συμπεράσματα

KPI Κάλυψη: Σε ότι αφορά το ζήτημα της κάλυψης οι μετρήσεις υποδεικνύουν ότι στο χώρο του εργαστηρίου το ένα από τα τρία δίκτυα προσφέρει καλύτερη κάλυψη, ενώ τα υπόλοιπα δίκτυα κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Σε κάθε περίπτωση τα επίπεδα κάλυψης είναι ικανοποιητικά ακόμη και για τα δίκτυα, τα οποία επιτυγχάνουν συγκριτικά χαμηλότερα επίπεδα κάλυψης.

Η υπόθεση εργασίας για τη διαφοροποίηση των επιπέδων κάλυψης είναι μάλλον το εύλογο γεγονός της διαφορετικής απόστασης μεταξύ του σημείου μέτρησης από τους σταθμούς βάσης των δικτύων. Στην περίπτωση του δικτύου που εμφανίζει τα υψηλότερα επίπεδα Rx_Lev, ο σταθμός βάσης μάλλον βρίσκεται πιο κοντά στο χώρο μέτρησης.

KPI Ποιότητα (BER): Η διεξαγωγή κλήσης φωνής για τη μέτρησης της ποιότητας επικοινωνίας (Rx_Qual) καταγράφει εξαιρετικές επιδόσεις και για τα τρία δίκτυα. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις Rx_Qual λαμβάνουν τη μέγιστη δυνατή τιμή Rx_Qual =7. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την εκτίμηση στο “KPI Κάλυψη” για τα ικανοποιητικά επίπεδα κάλυψης παρά τις όποιες διαφοροποιήσεις ανά δίκτυο.

KPI Συνδεσιμότητα: Το ζήτημα της συνδεσιμότητας άπτεται πολλών διαφορετικών μετρήσεων. Καταρχάς, οι μετρήσεις υποδεικνύουν ότι ο ένας από τους τρεις παρόχους επιλέγει τη χαμηλότερη δυνατή στάθμη RX_LEV_ACCESS_MIN, ενώ οι υπόλοιποι δύο κινούνται σε ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα. Η επιλογή της χαμηλότερης τιμής επεκτείνει την κάλυψη αλλά θα μπορούσε να εισάγει ζητήματα υποβάθμισης της ποιότητας. Η τελική διαπίστωση για αυτό το ζήτημα προϋποθέτει εκτεταμένες μετρήσεις για να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν και σε τί έκταση σημεία στο χώρο που η κάλυψη γίνεται οριακή. Σε κάθε περίπτωση, εάν υπάρχει τέτοια φύσης πρόβλημα, η επιλογή ενός inter-system handover (από το GSM στο 3G UMTS) θα μπορούσε να αποτελέσει μία αντιμετώπιση.

Η συνδεσιμότητα, πέραν του φυσικού επιπέδου και των επιδόσεων κάλυψης, σχετίζεται και με ζητήματα όπως η ορθή λειτουργία των Um πρωτοκόλλων σε επίπεδο L2-L3. Η καταγραφή της σηματοδοσίας κατά τη διάρκεια τεστ κλήσεων καταδεικνύει μία ικανοποιητική λειτουργία των τριών δικτύων. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της ανταλλαγής μηνυμάτων δεν διαπιστώθηκε κάποιο ζήτημα μη συμμόρφωσης, δεδομένου ότι οι ακολουθίες των μηνυμάτων ήταν φυσιολογικές. Υπέρ αυτής της διαπίστωσης συνηγορεί η στατιστική αποτίμηση των επιτυχών προσπαθειών σύνδεσης οι οποίες κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα και για τα τρία δίκτυα. Επίσης, ικανοποιητικός είναι ο χρόνος απόκρισης του συστήματος στη φάση της σύνδεσης. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία αίτησης καναλιού σηματοδοσίας, ως πρώτη και κρίσιμη φάση της σύνδεσης, δεν παρουσιάζει πρόβλημα.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι εάν παρατηρούσαμε μεγάλους χρόνους απόκρισης του συστήματος για την εγκατάσταση καναλιών σηματοδοσίας, τότε θα έπρεπε να μας απασχολήσει από την άποψη της διαστασιοποίησης του δικτύου. Για παράδειγμα θα μπορούσε να σημαίνει υπερφόρτωση του δικτύου σηματοδοσίας. Ένας λόγος για αυτό θα μπορούσε να είναι η διόγκωση των διαδικασιών ενημέρωσης θέσης σε περίπτωση κακής οργάνωσης των περιοχών θέσης (Location Area) σε σχέση με την κινητικότητα των χρηστών. Ένας άλλος λόγος θα μπορούσε να σχετίζεται με τον όγκο της κίνησης και τον αριθμό των χρηστών. Σε αυτήν την περίπτωση θα έπρεπε να εξεταστεί το ενδεχόμενο διαίρεσης των κελιών (cell split) προκειμένου να αυξηθεί η χωρητικότητα του δικτύου.

Τέλος, η συνδεσιμότητα εξαρτάται εν μέρει και από το ζήτημα της κινητικότητας και της επιλογής κελιών από το MS. Αυτό το ζήτημα θα εξετασθεί ως ξεχωριστό KPI (Κινητικότητα & Συνδεσιμότητα).

KPI Κλήσεις: Η διενέργεια τεστ κλήσεων καταδεικνύει ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο ως προς το ποσοστό των επιτυχημένων κλήσεων, όσο και ως προς το χρόνο απόκρισης του δικτύου για την αποκατάσταση κλήσης. Η επίδοση στο χρόνο απόκρισης αντανακλά τις επιδόσεις τόσο του ασύρματου υποσυστήματος όσο και του δικτύου κορμού. Στην περίπτωση των μετρήσεων μας δεν υπάρχει πρόβλημα οπότε θα μπορούσαμε να εξάγουμε ένα συμπέρασμα για την ικανοποιητική διαστασιοποίηση του δικτύου ως προς τα κανάλια σηματοδότησης (SDCCH) και τα κανάλια φωνής (TCH). Ανάλογο συμπέρασμα προκύπτει και για το δίκτυο κορμού.

KPI Κινητικότητα & Συνδεσιμότητα: Το ζήτημα της κινητικότητας έχει δύο πτυχές. Η μια από αυτές αφορά το ζήτημα του handover αλλά στην περίπτωση των μετρήσεων μας δεν ήταν δυνατό να εξετασθεί δεδομένου ότι οι συσκευές είναι στατικές. Η δεύτερη πτυχή του ζητήματος αφορά τη διαδικασία επιλογής και επανεπιλογής των κελιών (Cell Selection-Cell Reselection).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων ο αλγόριθμος επιλογής-επανεπιλογής κελιού φαίνεται να λειτουργεί αποτελεσματικά και στα τρία δίκτυα, διότι τουλάχιστον με κριτήριο το RxLev οι κινητές συσκευές έχουν συνδεθεί στο κελί με την καλύτερη κάλυψη. Εν τούτοις, οι ρυθμίσεις που ανακοινώνονται από τα τρία δίκτυα για τους υπολογισμούς των προαναφερόμενων αλγόριθμων καταδεικνύουν ότι το ένα από τα τρία δίκτυα εμφανίζεται ως πιο ενθαρρυντικό για μετακινήσεις των MS σε νέο κελί. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα πλεονέκτημα υπό την έννοια της αύξησης της πιθανότητας να συνδέεται ο χρήστης στο καλύτερο δυνατό κελί και ως εκ τούτου να αισθάνεται ένα υψηλό επίπεδο υπηρεσιών. Όμως το πλεονέκτημα αυτό μπορεί υπό συνθήκες να εισάγει ορισμένα μειονεκτήματα. Η συχνή αλλαγή κελιών ενδέχεται να οδηγήσει σε συχνή αλλαγή περιοχής θέσης (Location Area). Με τη σειρά του, το γεγονός αυτό επιβάλλει συχνές ενημερώσεις θέσης (Location Update Type Normal) με τις εξής προεκτάσεις: α) αύξηση του όγκου σηματοδότησης με επιπτώσεις ως προς τη διαχείριση των κλήσεων λόγω χωρητικότητας του SDCCH, β) αποτυχία κλήσεων λόγω μη έγκαιρης ενημέρωσης για την αλλαγή θέσης.

Συνοψίζοντας τα προαναφερόμενα σχόλια επισημαίνεται ότι οι επιδόσεις των τριών δικτύων είναι ικανοποιητικές παρά τις μικρές επιμέρους διαφορές που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο, διότι αναφερόμαστε σε ένα τύπο δικτύου που λειτουργεί στην Ελλάδα επί περίπου τρεις δεκαετίες και ως εκ τούτου μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει μία υψηλή σχεδιαστική ωριμότητα και εμπειρία.

4.1.2 Μετρήσεις 3G WCDMA-UMTS: Συμπεράσματα

Οι μετρήσεις 3G-UMTS παρουσιάζουν ένα περιορισμό συγκριτικά τουλάχιστον με τις μετρήσεις του GSM. Οι συγκριτικές μετρήσεις μεταξύ των δικτύων περιορίζονται διότι υπήρχε μόνο μία διαθέσιμη SIM κάρτα, οπότε τα KPI Συνδεσιμότητας, Ποιότητας, Κλήσεων και Κινητικότητας & Συνδεσιμότητας αφορούν αναγκαστικά ένα δίκτυο. Στα υπόλοιπα KPIs υπάρχει η δυνατότητα συγκριτικής αξιολόγησης μέσω της μέτρησης broadcast καναλιών ελέγχου, όπως το CPICH.

KPI Κάλυψη: Σε ότι αφορά το ζήτημα κάλυψης οι μετρήσεις του CPICH καταδεικνύουν υψηλά επίπεδα κάλυψης με μικρές διαφοροποιήσεις για τα δύο από τα τρία δίκτυα. Το τρίτο δίκτυο, τουλάχιστο στο χώρο που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, κινείται σε επίπεδα κάλυψης περίπου κατά 10 dB χαμηλότερα έναντι των υπόλοιπων δύο δικτύων. Αξίζει να επισημανθεί ότι το χαμηλό

επίπεδο λήψης συνεπάγεται ένα κακό λόγο σήματος προς παρεμβολή (SIR). Στην περίπτωση των δικτύων 3G UMTS αυτό με τη σειρά του συνεπάγεται χαμηλές επιδόσεις ως προς την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και ως εκ τούτου ένα χειρότερο δείκτη ποιότητα υπηρεσίας. Επίσης, το χαμηλό SIR συνεπάγεται μικρότερη χωρητικότητα δεδομένου ότι η χωρητικότητα των 3G UMTS δικτύων οριοθετείται από το επίπεδο των παρεμβολών.

KPI Παρεμβολές: Οι μετρήσεις των παρεμβολών, κυρίως μέσω του CPICH, υποδεικνύουν ότι τα δύο δίκτυα τα οποία έχουν τα καλύτερα επίπεδα κάλυψης παρουσιάζουν και τους καλύτερους δείκτες σήματος προς παρεμβολή. Μάλιστα, η αξιολογική κατάταξη τους αντιστρέφεται: το πρώτο σε κάλυψη δίκτυο επιτυγχάνει την δεύτερη καλύτερη επίδοση σε ότι αφορά το SIR. Αυτή η αντιστροφή της κατάταξης σημαίνει ότι το ένα δίκτυο επιτυγχάνει χαμηλότερα επίπεδα παρεμβολών έναντι του άλλου. Η διαφορά θα μπορούσε να αποδοθεί σε κακό σχεδιασμό αλλά η συνδυασμένη αποτίμηση των μετρήσεων μάλλον υποδεικνύει ότι ισχύει μία πιο απλή εξήγηση: κυρίως οι μετρήσεις waterfall υποδεικνύουν μεγαλύτερη δραστηριότητα στο δίκτυο το οποίο φαίνεται να έχει ελαφρώς υψηλότερο επίπεδο παρεμβολών. Ευλόγως, ένα δίκτυο που έχει περισσότερους χρήστες θα καταγράφει μεγαλύτερο επίπεδο παρεμβολών.

Σε κάθε περίπτωση και τα δύο δίκτυα επιτυγχάνουν ικανοποιητικά χαμηλά επίπεδα παρεμβολών και δεν αναμένεται υποβάθμιση των υπηρεσιών τους. Σε ότι αφορά το τρίτο δίκτυο η χαμηλή κάλυψη που προσφέρει στο χώρο των μετρήσεων αναντίρρητα το καθιστά ευάλωτο ως προς τις επιδόσεις και τη χωρητικότητα. Τέλος,, αξίζει να σχολιασθεί ότι η πιο εντατική χρήση του 3G UMTS στο ένα από τα τρία δίκτυα ενδεχομένως να υποδεικνύει έναν συμπληρωματικό ρόλο ως προς τα 2G και 4G δίκτυα της ίδιας εταιρείας.

KPI Ποιότητα (BER): Στην περίπτωση αυτού του KPI, οι μετρήσεις περιορίζονται σε ένα δίκτυο διότι υπάρχει μόνο μία τερματική συσκευή. Η διεξαγωγή των τεστ κλήσεων αποτυπώνει μία ικανοποιητική κατάσταση και συμφωνεί με τα σχετιζόμενα KPIs που ήδη έχουν σχολιασθεί. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η μέτρηση πραγματοποιήθηκε μέσω τεστ κλήσεων φωνής. Όμως, οι καλές επιδόσεις του δικτύου σε ότι αφορά την κάλυψη και το SIR μέσω των μετρήσεων του CPICH δείχνει ότι τα ικανοποιητικά αποτελέσματα μπορούν να επεκταθούν και σε υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες

KPI Συνδεσιμότητα: Το συγκεκριμένο KPI όπως και στην προηγούμενη περίπτωση περιορίζεται στην αξιολόγηση ενός από τα τρία δίκτυα. Σύμφωνα με τις μετρήσεις των τεστ κλήσεων επιτυγχάνεται ένα ποσοστό 100% σύνδεσης στο δίκτυο.

KPI Κλήσεις: Πέραν των καλών επιδόσεων στην αρχική φάση σύνδεσης των κλήσεων, όπως αξιολογείται στο KPI Συνδεσιμότητα, οι μετέπειτα διαχείριση της αποκατάστασης κλήσης κυμαίνεται επίσης σε πολύ υψηλά επίπεδα. Το ποσοστό των επιτυχημένων κλήσεων είναι υψηλό, ενώ επίσης και η χρονική ανταπόκριση του δικτύου κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα (χρόνος αποκατάστασης κλήσης < 3 sec). Όπως ήδη έχει επισημανθεί και στην περίπτωση του GSM οι καλές επιδόσεις σε αυτό το KPI υποδηλώνουν και μία καλή λειτουργία του δικτύου κορμού.

KPI Κινητικότητα & Συνδεσιμότητα: Σε αυτό το KPI η αξιολόγηση αφορά την πτυχή handover όπως μπορεί να αξιολογηθεί για το ένα από τα τρία δίκτυα. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις για το Active Set δείχνει ότι στο χώρο μέτρησης το Active Set περιλαμβάνει μόνο ένα κελί. Επομένως, στην περίπτωση της συγκεκριμένης μέτρησης, de facto δεν είναι ενεργή η λειτουργία του soft-handover. Αξίζει να επισημανθεί ότι το soft handover μπορεί να λειτουργήσει ως ένας μηχανισμός καταπίεσης των παρεμβολών που εισάγουν χρήστες που κινούνται στην περιφέρεια των κελιών. Υπενθυμίζεται ότι αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός σχήματος διαφορικής λήψης από πολλά Node B. Βεβαίως, εάν κρίνουμε από τη στάθμη λήψης μάλλον ο χώρος μέτρησης δεν τοποθετείται στο

σύννορο του κελιού και ως εκ τούτου δεν πληρούνται οι όροι για να επικοινωνήσει ο χρήστης με περισσότερα του ενός Node B.

4.2 Μελλοντικές Προεκτάσεις

Ορισμένες ενδεικτικές προεκτάσεις της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι ακόλουθες:

- Επέκταση των μετρήσεων με μετακίνηση σε διαφορετικές θέσεις, ώστε να εξεταστούν δειγματοληπτικά σημεία σε διαφορετικές θέσεις εντός των κελιών και ως εκ τούτου να υπάρξει μία αντιπροσωπευτική εικόνα των επιδόσεων.
- Επέκταση των μετρήσεων σε δίκτυα 4G/5G προκειμένου να αναδειχθούν οι ομοιότητες και οι διαφορές με τις μετρήσεις της διπλωματικής εργασίας
- Επέκταση των μετρήσεων σε διαφορετικούς τύπους χώρων, π.χ. εσωτερικοί-εξωτερικοί χώροι, αστικοί-προαστιακοί, mall, δρόμοι υψηλής ταχύτητας, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για την επίπτωση της κατηγορίας του χώρου στις επιδόσεις του δικτύου καθώς και στις διαφορές που αυτό συνεπάγεται στις ρυθμίσεις του.

Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

- [1] A. R. Mishra, *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G... Evolution to 4G*, Wiley, 2004.
- [2] A. R. Mishra, *Fundamentals of Network Planning and Optimisation 2G/3G/4G: Evolution to 5G*, Wiley, 2018.
- [3] J. Lempiäinen, M. Manninen, *UMTS Radio Network Planning, Optimization and QoS Management: For Practical Engineering Tasks*,
- [4] S. M. Redl, M. K. Weber, M. W. Oliphant, *An Introduction to GSM*, Artech House, 1995
- [5] H. Holma, A. Toskala, *WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications*
- [6] H. Kaaranen, A. Ahtiainen, L. Laitinen, S. Naghian, V. Niemi, *UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services*, Wiley, 2001.
- [7] C. Cox, *An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications*, Wiley, 2012.
- [8] H. Kim, *Design and Optimization for 5G Wireless Communications*, Wiley-IEEE Press, 2020.
- [9] Rohde & Schwarz, Radio Network Analyzer, R&S TSMU/TSMU-H, R&S Test and Measurement Division, Munich 2003.
- [10] Rohde & Schwarz, ROMES, R&S Coverage Measurement System, version 3.23 & 3.25, R&S Test and Measurement Division, Munich 2003
- [11] Rohde & Schwarz, TS9955 Standard System, service manual, R&S Test and Measurement Division, Munich 2003
- [12] Rohde & Schwarz, GSM, R&S Test and Measurement Division-Training Center, Munich 2003
- [13] Rohde & Schwarz, ROGER – Key Personnel Training, National Telecommunication and Post Commission, Athens 2003
- [14] Rohde & Schwarz, ROGER – Training, National Telecommunication and Post Commission, Athens 2004.
- [15] Rohde & Schwarz, ROMES – Training, National Telecommunication and Post Commission, Athens 2005.

- [16] Γ. Μητόπουλος, «Ετερογενή Συστήματα Κινητής Τηλεφωνίας GSM – UMTS», Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, 2009.
- [17] N. Faruk, M. I. Gumel, “3G Networks Initial Pilot Coverage Design”, Lambert Academic Publishing, 2011.
- [18] “Radio and Core Network Protocols in UMTS,” www.slideshare.net, 2016, <https://www.slideshare.net/naveenjakhari2/umts-protocols-66308012> (Πρόσβαση 10/10/2021)
- [19] “Received Signal Strength”, comtech.vsb.cz, <https://comtech.vsb.cz/qualmob/rxlev.html> (Πρόσβαση 10/10/2021)

Παράρτημα Α «Επεξηγηματικές εικόνες»

Code	RxLev range in dBm	Code	RxLev range in dBm	Code	RxLev range in dBm
0	<-110	22	-89 to -88	44	-67 to -66
1	-110 to -109	23	-88 to -87	45	-66 to -65
2	-109 to -108	24	-87 to -86	46	-65 to -64
3	-108 to -107	25	-86 to -85	47	-64 to -63
4	-107 to -106	26	-85 to -84	48	-63 to -62
5	-106 to -105	27	-84 to -83	49	-62 to -61
6	-105 to -104	28	-83 to -82	50	-61 to -60
7	-104 to -103	29	-82 to -81	51	-60 to -59
8	-103 to -102	30	-81 to -80	52	-59 to -58
9	-102 to -101	31	-80 to -79	53	-58 to -57
10	-101 to -100	32	-79 to -78	54	-57 to -56
11	-100 to -99	33	-78 to -77	55	-56 to -55
12	-99 to -98	34	-77 to -76	56	-55 to -54
13	-98 to -97	35	-76 to -75	57	-54 to -53
14	-97 to -96	36	-75 to -74	58	-53 to -52
15	-96 to -95	37	-74 to -73	59	-52 to -51
16	-95 to -94	38	-73 to -72	60	-51 to -50
17	-94 to -93	39	-72 to -71	61	-50 to -49
18	-93 to -92	40	-71 to -70	62	-49 to -48
19	-92 to -91	41	-70 to -69	63	>-48
20	-91 to -90	42	-69 to -68		
21	-90 to -89	43	-68 to -67		

Εικόνα Α.1: Αντιστοίχιση τιμών της λαμβανόμενης ισχύος RxLeV από dBm σε κωδικούς [19]

	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]	n Range
GSM 900	$890 + 0.2 * n$	$935 + 0.2 * n$	$1 \leq n \leq 124$
E-GSM	$880.2 + 0.2 * (n - 975)$	$925.2 + 0.2 * (n - 975)$	$975 \leq n \leq 1023$
R-GSM	$876.2 + 0.2 * (n - 955)$	$921.2 + 0.2 * (n - 955)$	$955 \leq n \leq 974$
DCS1800	$1710.2 + 0.2 * (n - 512)$	$1805.2 + 0.2 * (n - 512)$	$512 \leq n \leq 885$
PCS1900	$1850.2 + 0.2 * (n - 512)$	$1930.2 + 0.2 * (n - 512)$	$512 \leq n \leq 810$

Εικόνα Α.2: Υπολογισμός συχνοτήτων Uplink/Downlink με βάση το ARFCN [10]

	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]
GSM 900	890...915	935...960
E-GSM	880...890	925...935
R-GSM	876...980	921...925
DCS1800	1710...1785	1805...1880
PCS1900	1850...1910	1930...1990

Εικόνα Α.3:Όρια συχνοτήτων Uplink/Downlink ανά σύστημα [10]

Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]
1	935.2	41	943.2	81	951.2	121	959.2
2	935.4	42	943.4	82	951.4	122	959.4
3	935.6	43	943.6	83	951.6	123	959.6
4	935.8	44	943.8	84	951.8	124	959.8
5	936	45	944	85	952		
6	936.2	46	944.2	86	952.2		
7	936.4	47	944.4	87	952.4		
8	936.6	48	944.6	88	952.6		
9	936.8	49	944.8	89	952.8		
10	937	50	945	90	953		
11	937.2	51	945.2	91	953.2		
12	937.4	52	945.4	92	953.4		
13	937.6	53	945.6	93	953.6		
14	937.8	54	945.8	94	953.8		
15	938	55	946	95	954		
16	938.2	56	946.2	96	954.2		
17	938.4	57	946.4	97	954.4		
18	938.6	58	946.6	98	954.6		
19	938.8	59	946.8	99	954.8		
20	939	60	947	100	955		
21	939.2	61	947.2	101	955.2		
22	939.4	62	947.4	102	955.4		
23	939.6	63	947.6	103	955.6		
24	939.8	64	947.8	104	955.8		
25	940	65	948	105	956		
26	940.2	66	948.2	106	956.2		
27	940.4	67	948.4	107	956.4		
28	940.6	68	948.6	108	956.6		
29	940.8	69	948.8	109	956.8		
30	941	70	949	110	957		
31	941.2	71	949.2	111	957.2		
32	941.4	72	949.4	112	957.4		
33	941.6	73	949.6	113	957.6		
34	941.8	74	949.8	114	957.8		
35	942	75	950	115	958		
36	942.2	76	950.2	116	958.2		
37	942.4	77	950.4	117	958.4		
38	942.6	78	950.6	118	958.6		
39	942.8	79	950.8	119	958.8		
40	943	80	951	120	959		

Εικόνα Α.4:Downlink συχότητες για το GSM 900 [10]

Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]
955	921.2	995	929.2
956	921.4	996	929.4
957	921.6	997	929.6
958	921.8	998	929.8
959	922	999	930
960	922.2	1000	930.2
961	922.4	1001	930.4
962	922.6	1002	930.6
963	922.8	1003	930.8
964	923	1004	931
965	923.2	1005	931.2
966	923.4	1006	931.4
967	923.6	1007	931.6
968	923.8	1008	931.8
969	924	1009	932
970	924.2	1010	932.2
971	924.4	1011	932.4
972	924.6	1012	932.6
973	924.8	1013	932.8
-974	925	1014	933
975	925.2	1015	933.2
976	925.4	1016	933.4
977	925.6	1017	933.6
978	925.8	1018	933.8
979	926	1019	934
980	926.2	1020	934.2
981	926.4	1021	934.4
982	926.6	1022	934.6
983	926.8	1023	934.8
984	927		
985	927.2		
986	927.4		
987	927.6		
988	927.8		
989	928		
990	928.2		
991	928.4		
992	928.6		
993	928.8		
994	929		

Εικόνα Α.5: Downlink συχνότητες για το GSM 900(E-GSM,R-GSM) [10]

Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]
		551	1813	591	1821	631	1829
512	1805.2	552	1813.2	592	1821.2	632	1829.2
513	1805.4	553	1813.4	593	1821.4	633	1829.4
514	1805.6	554	1813.6	594	1821.6	634	1829.6
515	1805.8	555	1813.8	595	1821.8	635	1829.8
516	1806	556	1814	596	1822	636	1830
517	1806.2	557	1814.2	597	1822.2	637	1830.2
518	1806.4	558	1814.4	598	1822.4	638	1830.4
519	1806.6	559	1814.6	599	1822.6	639	1830.6
520	1806.8	560	1814.8	600	1822.8	640	1830.8
521	1807	561	1815	601	1823	641	1831
522	1807.2	562	1815.2	602	1823.2	642	1831.2
523	1807.4	563	1815.4	603	1823.4	643	1831.4
524	1807.6	564	1815.6	604	1823.6	644	1831.6
525	1807.8	565	1815.8	605	1823.8	645	1831.8
526	1808	566	1816	606	1824	646	1832
527	1808.2	567	1816.2	607	1824.2	647	1832.2
528	1808.4	568	1816.4	608	1824.4	648	1832.4
529	1808.6	569	1816.6	609	1824.6	649	1832.6
530	1808.8	570	1816.8	610	1824.8	650	1832.8
531	1809	571	1817	611	1825	651	1833
532	1809.2	572	1817.2	612	1825.2	652	1833.2
533	1809.4	573	1817.4	613	1825.4	653	1833.4
534	1809.6	574	1817.6	614	1825.6	654	1833.6
535	1809.8	575	1817.8	615	1825.8	655	1833.8
536	1810	576	1818	616	1826	656	1834
537	1810.2	577	1818.2	617	1826.2	657	1834.2
538	1810.4	578	1818.4	618	1826.4	658	1834.4
539	1810.6	579	1818.6	619	1826.6	659	1834.6
540	1810.8	580	1818.8	620	1826.8	660	1834.8
541	1811	581	1819	621	1827	661	1835
542	1811.2	582	1819.2	622	1827.2	662	1835.2
543	1811.4	583	1819.4	623	1827.4	663	1835.4
544	1811.6	584	1819.6	624	1827.6	664	1835.6
545	1811.8	585	1819.8	625	1827.8	665	1835.8
546	1812	586	1820	626	1828	666	1836
547	1812.2	587	1820.2	627	1828.2	667	1836.2
548	1812.4	588	1820.4	628	1828.4	668	1836.4
549	1812.6	589	1820.6	629	1828.6	669	1836.6
550	1812.8	590	1820.8	630	1828.8	670	1836.8

Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]
671	1837	711	1845	751	1853	791	1861
672	1837.2	712	1845.2	752	1853.2	792	1861.2
673	1837.4	713	1845.4	753	1853.4	793	1861.4
674	1837.6	714	1845.6	754	1853.6	794	1861.6
675	1837.8	715	1845.8	755	1853.8	795	1861.8
676	1838	716	1846	756	1854	796	1862
677	1838.2	717	1846.2	757	1854.2	797	1862.2
678	1838.4	718	1846.4	758	1854.4	798	1862.4
679	1838.6	719	1846.6	759	1854.6	799	1862.6
680	1838.8	720	1846.8	760	1854.8	800	1862.8
681	1839	721	1847	761	1855	801	1863
682	1839.2	722	1847.2	762	1855.2	802	1863.2
683	1839.4	723	1847.4	763	1855.4	803	1863.4
684	1839.6	724	1847.6	764	1855.6	804	1863.6
685	1839.8	725	1847.8	765	1855.8	805	1863.8
686	1840	726	1848	766	1856	806	1864
687	1840.2	727	1848.2	767	1856.2	807	1864.2
688	1840.4	728	1848.4	768	1856.4	808	1864.4
689	1840.6	729	1848.6	769	1856.6	809	1864.6
690	1840.8	730	1848.8	770	1856.8	810	1864.8
691	1841	731	1849	771	1857	811	1865
692	1841.2	732	1849.2	772	1857.2	812	1865.2
693	1841.4	733	1849.4	773	1857.4	813	1865.4
694	1841.6	734	1849.6	774	1857.6	814	1865.6
695	1841.8	735	1849.8	775	1857.8	815	1865.8
696	1842	736	1850	776	1858	816	1866
697	1842.2	737	1850.2	777	1858.2	817	1866.2
698	1842.4	738	1850.4	778	1858.4	818	1866.4
699	1842.6	739	1850.6	779	1858.6	819	1866.6
700	1842.8	740	1850.8	780	1858.8	820	1866.8
701	1843	741	1851	781	1859	821	1867
702	1843.2	742	1851.2	782	1859.2	822	1867.2
703	1843.4	743	1851.4	783	1859.4	823	1867.4
704	1843.6	744	1851.6	784	1859.6	824	1867.6
705	1843.8	745	1851.8	785	1859.8	825	1867.8
706	1844	746	1852	786	1860	826	1868
707	1844.2	747	1852.2	787	1860.2	827	1868.2
708	1844.4	748	1852.4	788	1860.4	828	1868.4
709	1844.6	749	1852.6	789	1860.6	829	1868.6
710	1844.8	750	1852.8	790	1860.8	830	1868.8

Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]
831	1869	871	1877
832	1869.2	872	1877.2
833	1869.4	873	1877.4
834	1869.6	874	1877.6
835	1869.8	875	1877.8
836	1870	876	1878
837	1870.2	877	1878.2
838	1870.4	878	1878.4
839	1870.6	879	1878.6
840	1870.8	880	1878.8
841	1871	881	1879
842	1871.2	882	1879.2
843	1871.4	883	1879.4
844	1871.6	884	1879.6
845	1871.8	885	1879.8
846	1872		
847	1872.2		
848	1872.4		
849	1872.6		
850	1872.8		
851	1873		
852	1873.2		
853	1873.4		
854	1873.6		
855	1873.8		
856	1874		
857	1874.2		
858	1874.4		
859	1874.6		
860	1874.8		
861	1875		
862	1875.2		
863	1875.4		
864	1875.6		
865	1875.8		
866	1876		
867	1876.2		
868	1876.4		
869	1876.6		
870	1876.8		

Εικόνα Α.6: Downlink συχνότητες για το GSM 1800 [10]

Παράρτημα Β Επεξηγηματικοί πίνακες»

RxQual	Bit Error Rate(%)
0	0 έως 0.2
1	0.2 έως 0.4
2	0.4 έως 0.8
3	0.8 έως 1.6
4	1.6 έως 3.2
5	3.2 έως 6.4
6	6.4 έως 12.8
7	12.8 έως 100

Πίνακας Β.1:Συσχέτιση RxQual και BER

UARFCN DL	UARFCN UL	F-DL(MHz)	F-UL(MHz)	ΖΩΝΗ	ΕΤΑΙΡΕΙΑ
2938	2713	927.6	882.6	UMTS 900	Cosmote
3062	2837	952.4	907.4	UMTS 900	Vodafone
10564	9614	2112.8	1922.8	UMTS 2100	Vodafone
10589	9636	2117.8	1927.8	UMTS 2100	Vodafone
10614	9664	2122.8	1932.8	UMTS 2100	Vodafone
10639	9689	2127.8	1937.8	UMTS 2100	Vodafone
10664	9714	2132.8	1942.8	UMTS 2100	Wind
10689	9739	2137.8	1947.8	UMTS 2100	Wind
10714	9764	2142.8	1952.8	UMTS 2100	Cosmote
10739	9789	2147.8	1957.8	UMTS 2100	Cosmote
10764	9814	2152.8	1962.8	UMTS 2100	Cosmote

Πίνακας Β.2:Αντιστοίχιση καναλιών UMTS σε συχνότητες

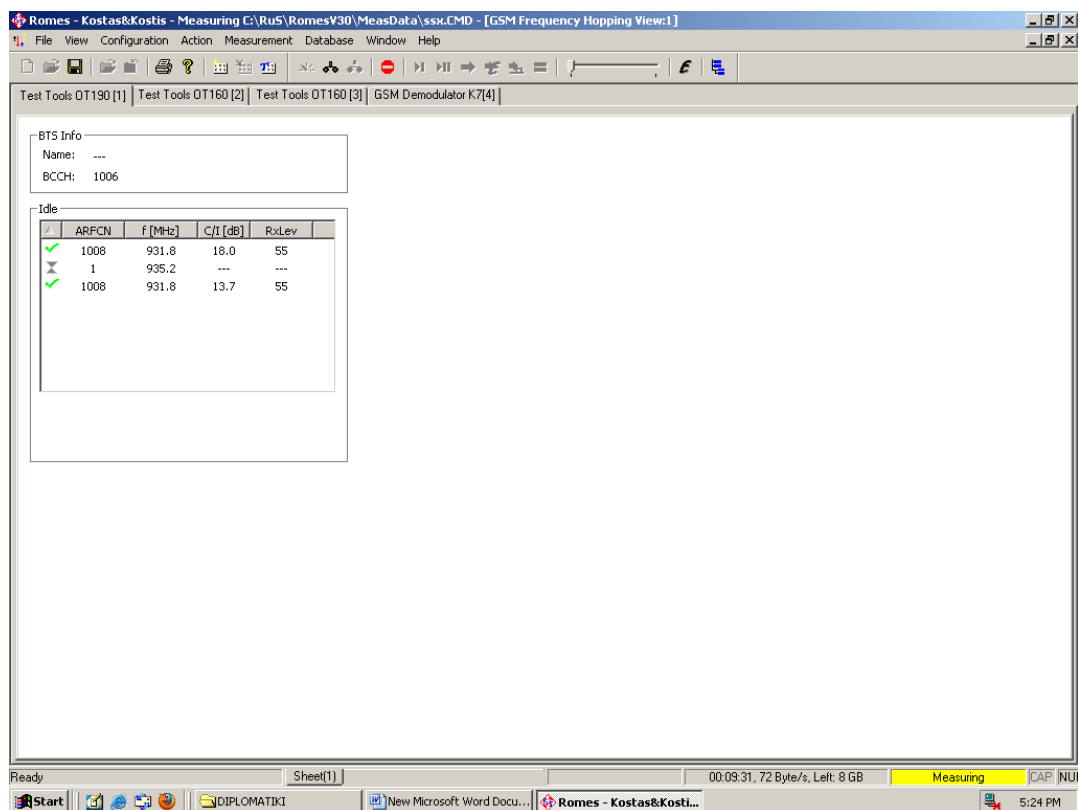
SIR(dB)	Ισχύς σήματος	Ερμηνεία
≥ 20	Εξαιρετική	Ισχυρό σήμα με δυνατότητα μετάδοσης στις μέγιστες ταχύτητες
13 – 20	Καλή	Ισχυρό σήμα με δυνατότητα μετάδοσης σε υψηλές ταχύτητες
0 – 13	Μέτρια έως κακή	Αξιόπιστες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, αλλά με αυξημένη πιθανότητα απώλειας δεδομένων,όταν η τιμή πλησιάσει το 0 η απόδοση γίνεται πολύ κακή
≤ 0	Πολύ κακή	Δεν υπάρχει σύνδεση

Πίνακας Β.3:Χαρακτηρισμός ισχύος σήματος με βάση την τιμή του SIR

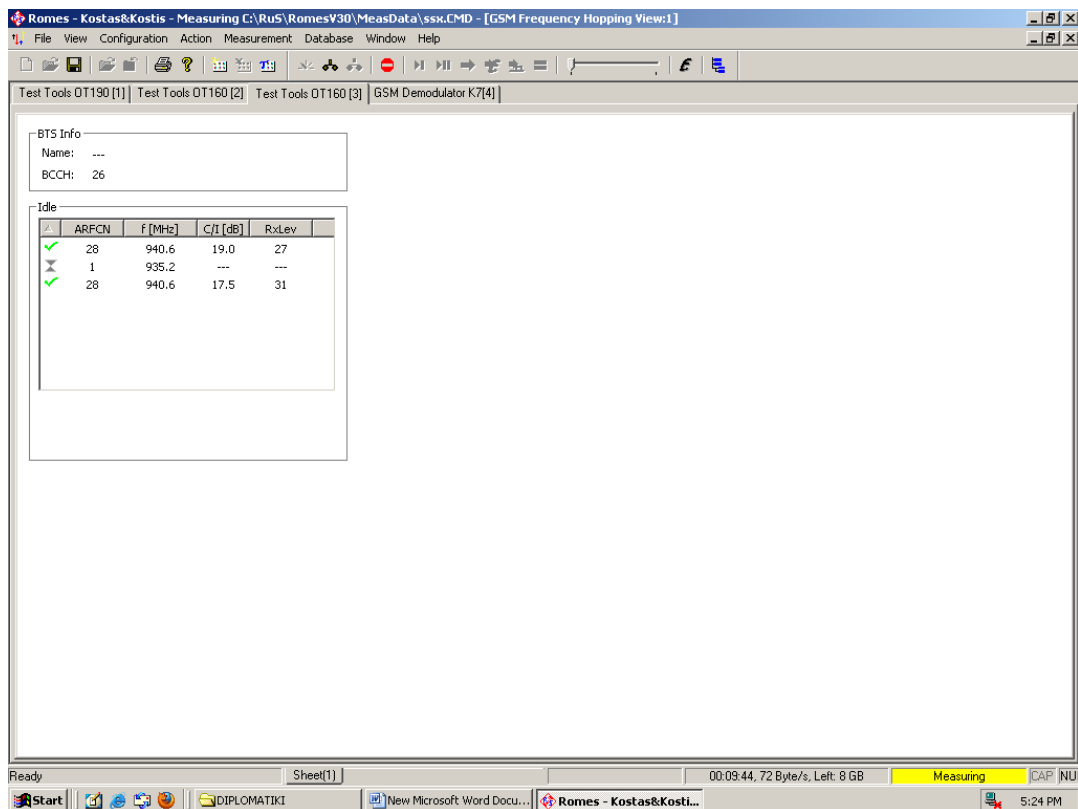
Κανάλι Μεταφοράς	Τεχνική Κωδικοποίησης	Ρυθμός Κωδικοποίησης	CRC bits
BCH	Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2	16
RCH	Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2	0,8,12,16,24
FACH	Καμία κωδικοποίηση Turbo κωδικοποίηση Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2,1/3	0,8,12,16,24
RACH	Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2	0,8,12,16,24
CPCH	Καμία κωδικοποίηση Turbo κωδικοποίηση Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2,1/3	
DCH	Καμία κωδικοποίηση Turbo κωδικοποίηση Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2,1/3	0,8,12,16,24
DSCH	Καμία κωδικοποίηση Turbo κωδικοποίηση Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2,1/3	0,8,12,16,24
USCH	Καμία κωδικοποίηση Turbo κωδικοποίηση Συνελικτική κωδικοποίηση	1/2,1/3	0,8,12,16,24

Πίνακας Β.4: Τεχνικές και ρυθμοί κωδικοποίησης που υποστηρίζονται από τα κανάλια μεταφοράς

Παράρτημα Γ Επιπρόσθετες μετρήσεις»

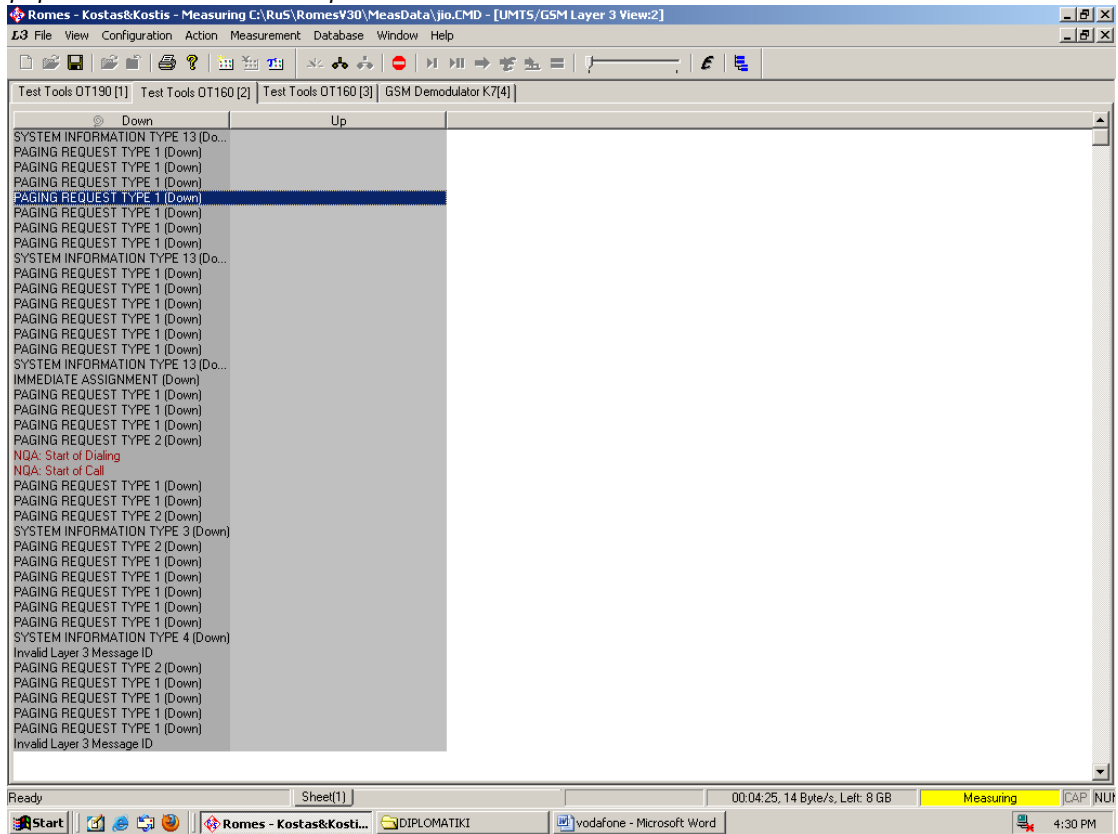


Εικόνα Γ.1:GSM Frequency Hopping-Cosmote

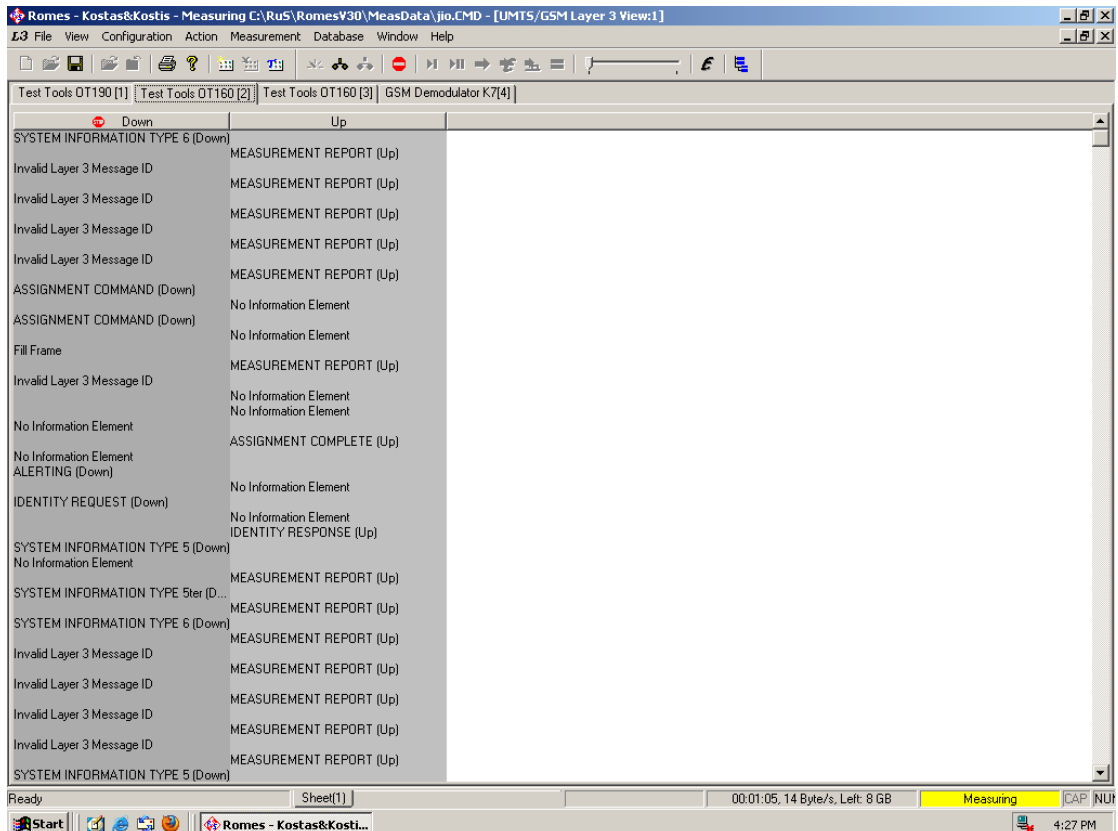


Εικόνα Γ.2:GSM Frequency Hopping-Wind

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

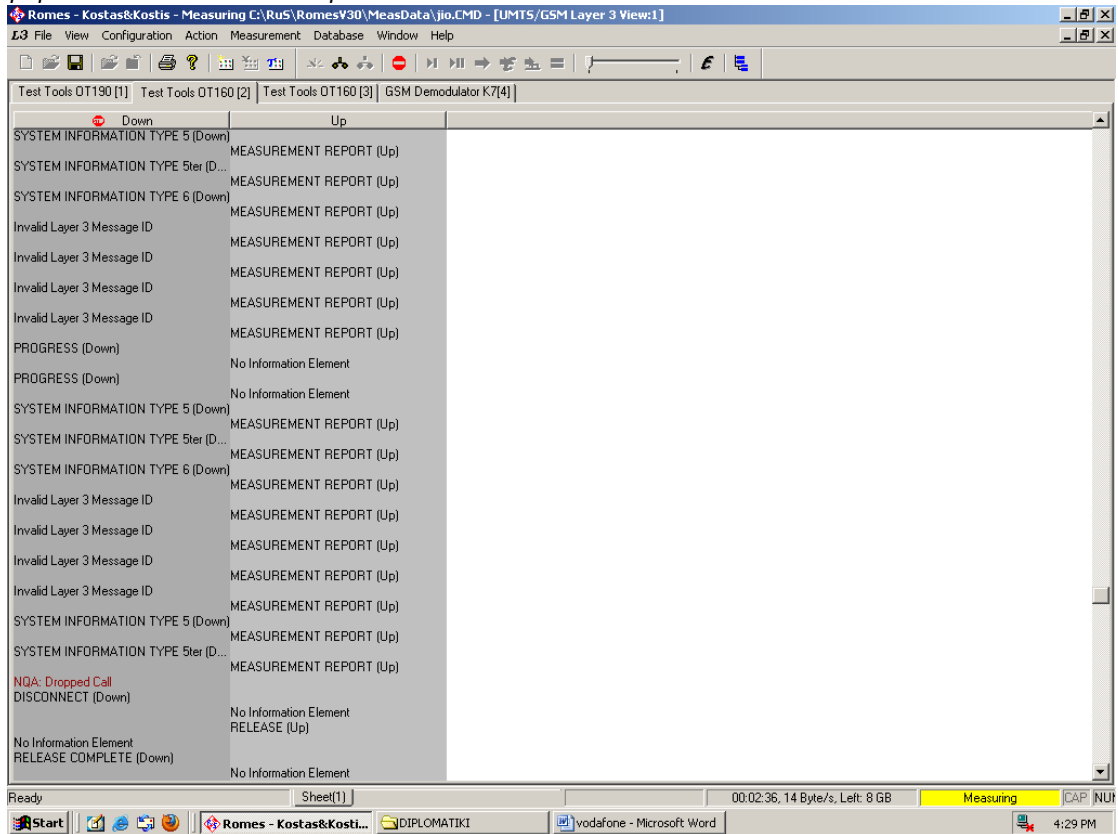


Εικόνα Γ.3:UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(1/4)

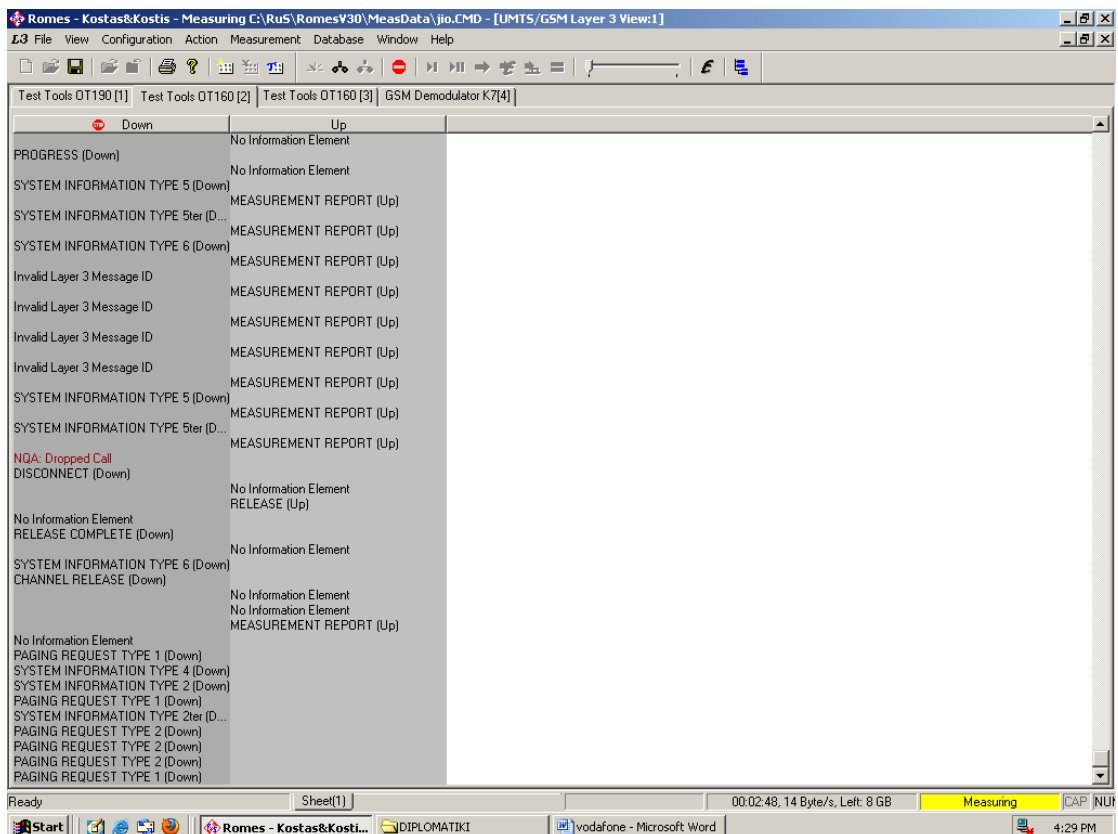


Εικόνα Γ.4:UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(2/4)

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

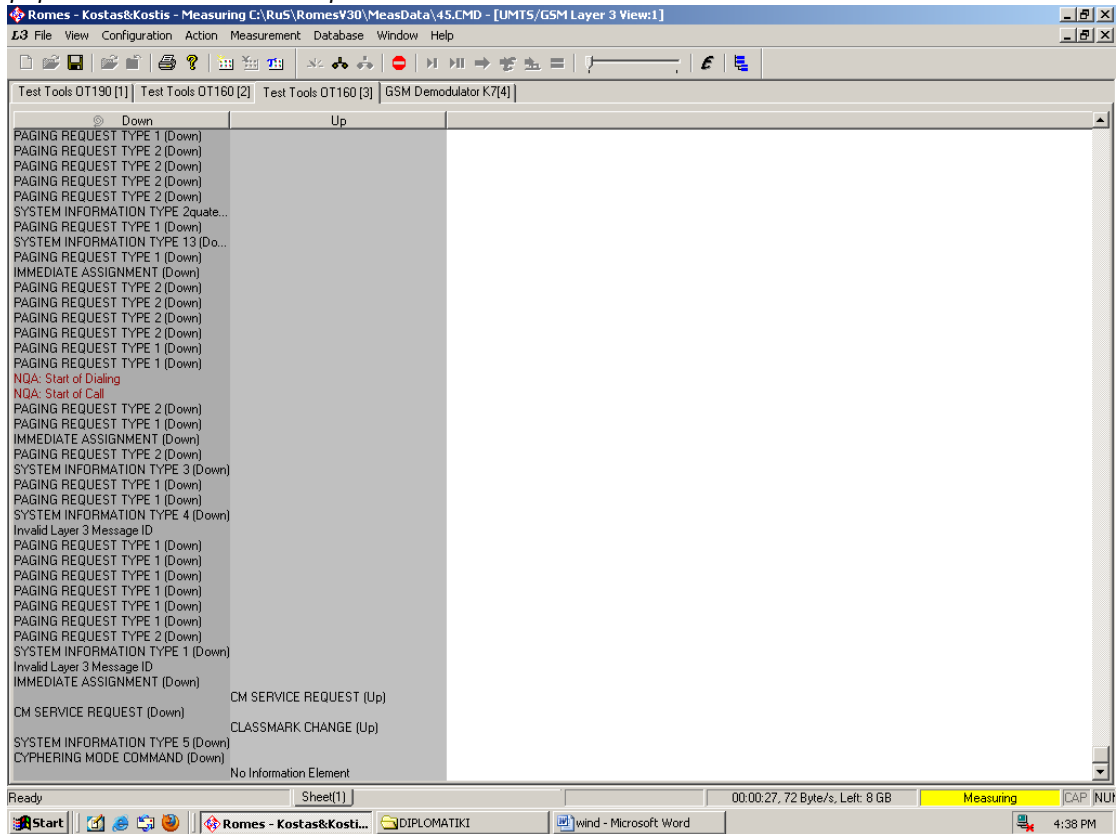


Εικόνα Γ.5:UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(3/4)

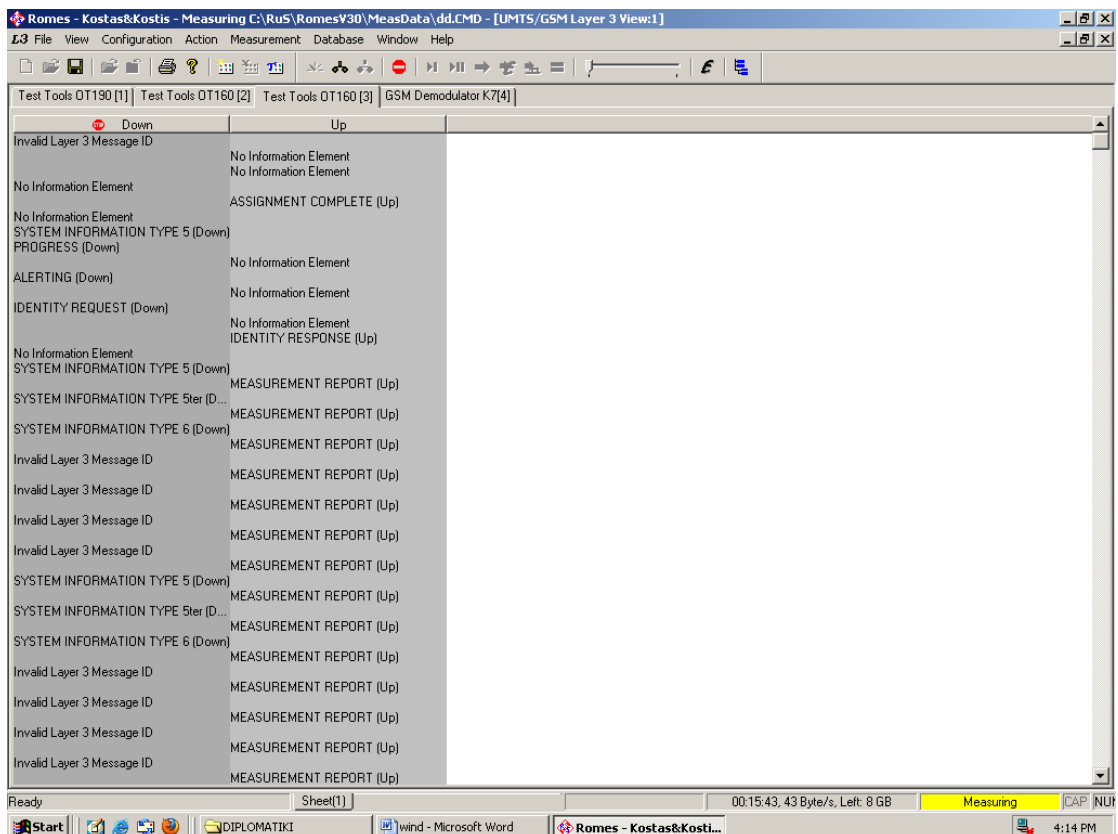


Εικόνα Γ.6:UMTS/GSM Layer 3 View-Vodafone(4/4)

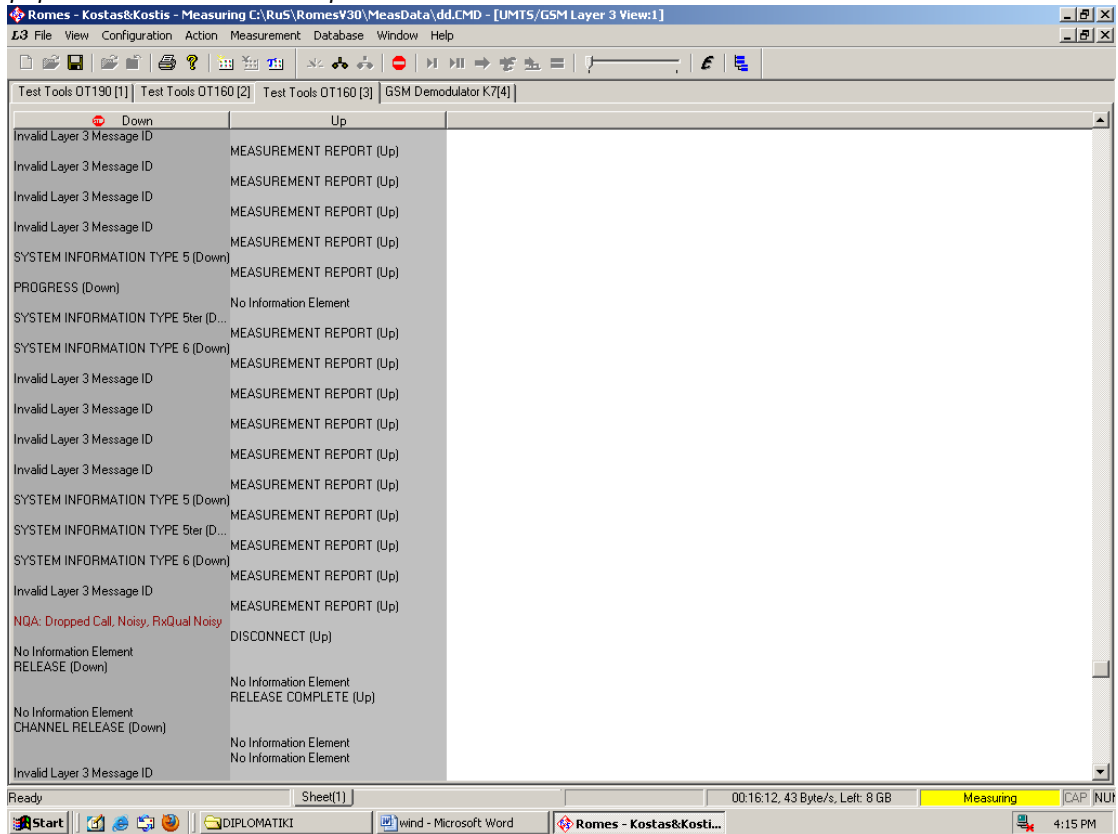
Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G



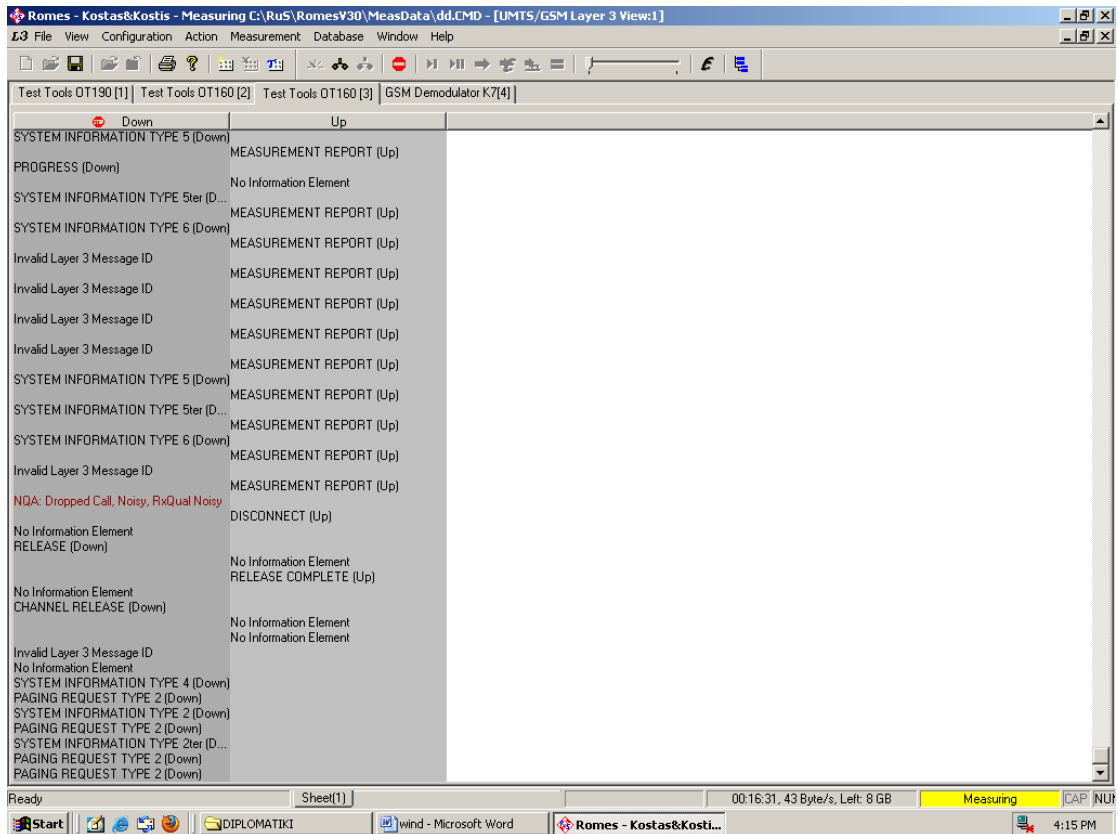
Εικόνα Γ.7:UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(1/4)



Εικόνα Γ.8:UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(2/4)

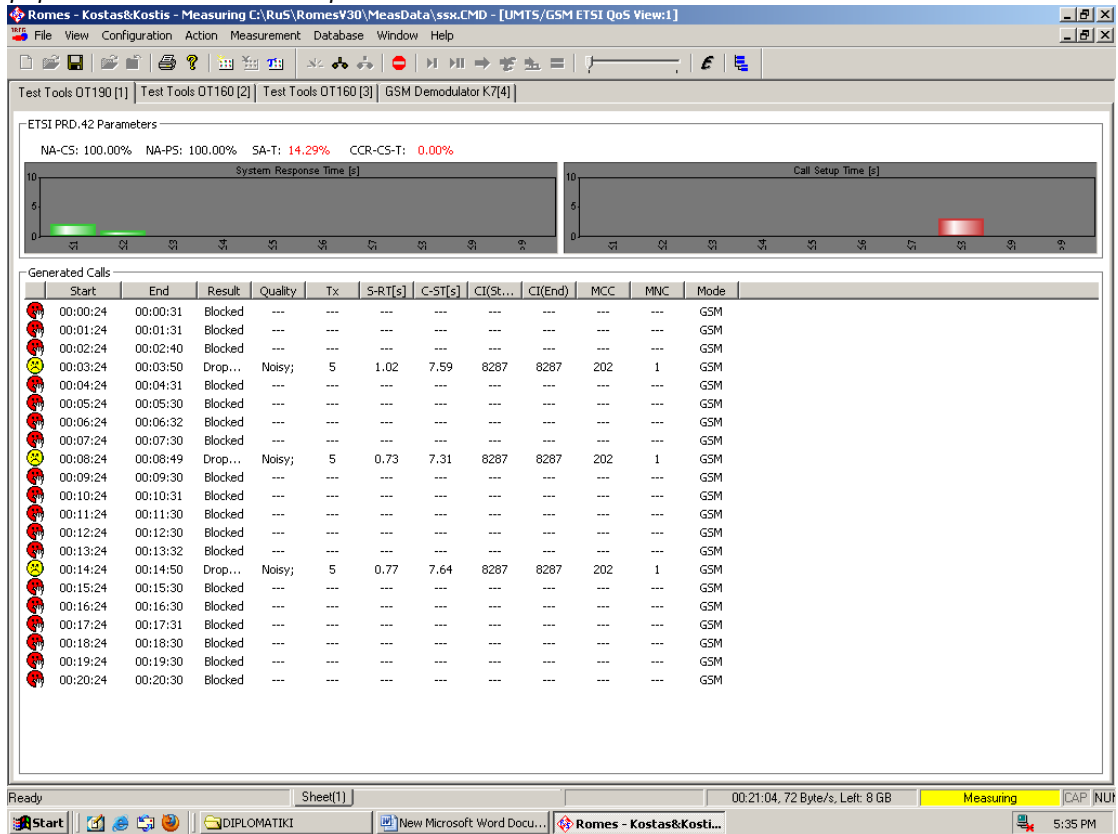


Εικόνα Γ.9:UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(3/4)

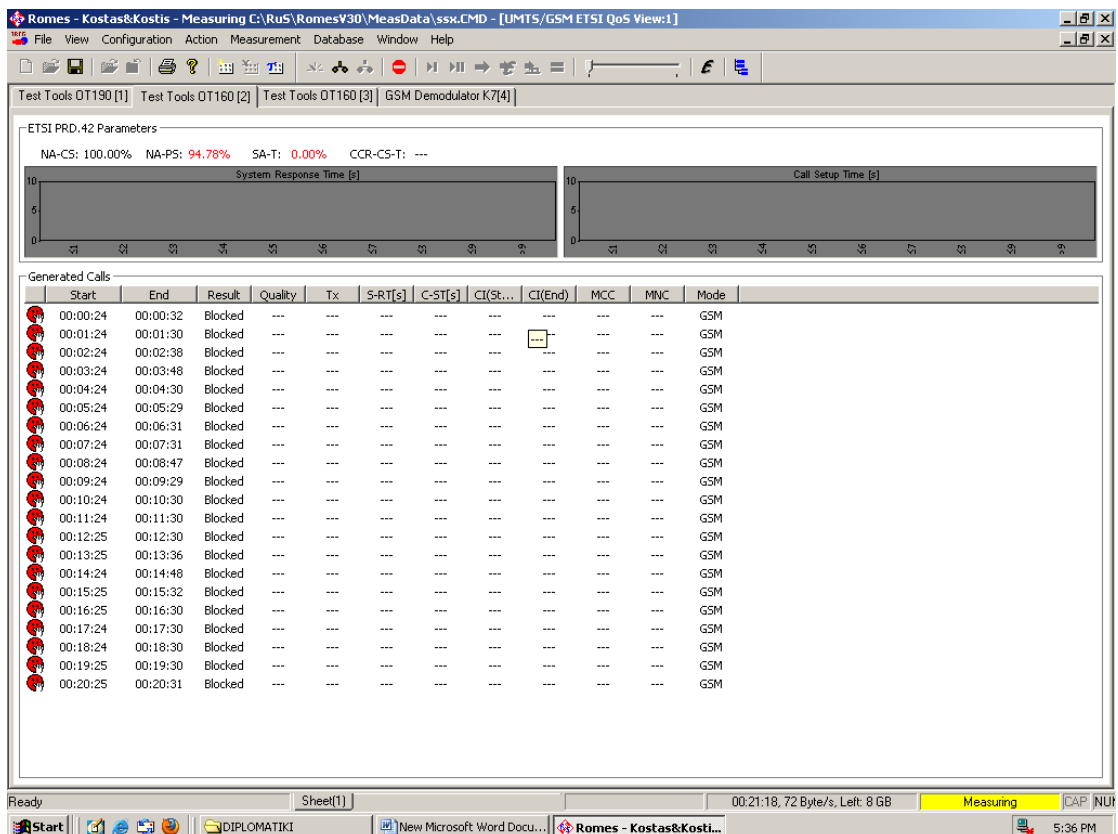


Εικόνα Γ.10:UMTS/GSM Layer 3 View-Wind(4/4)

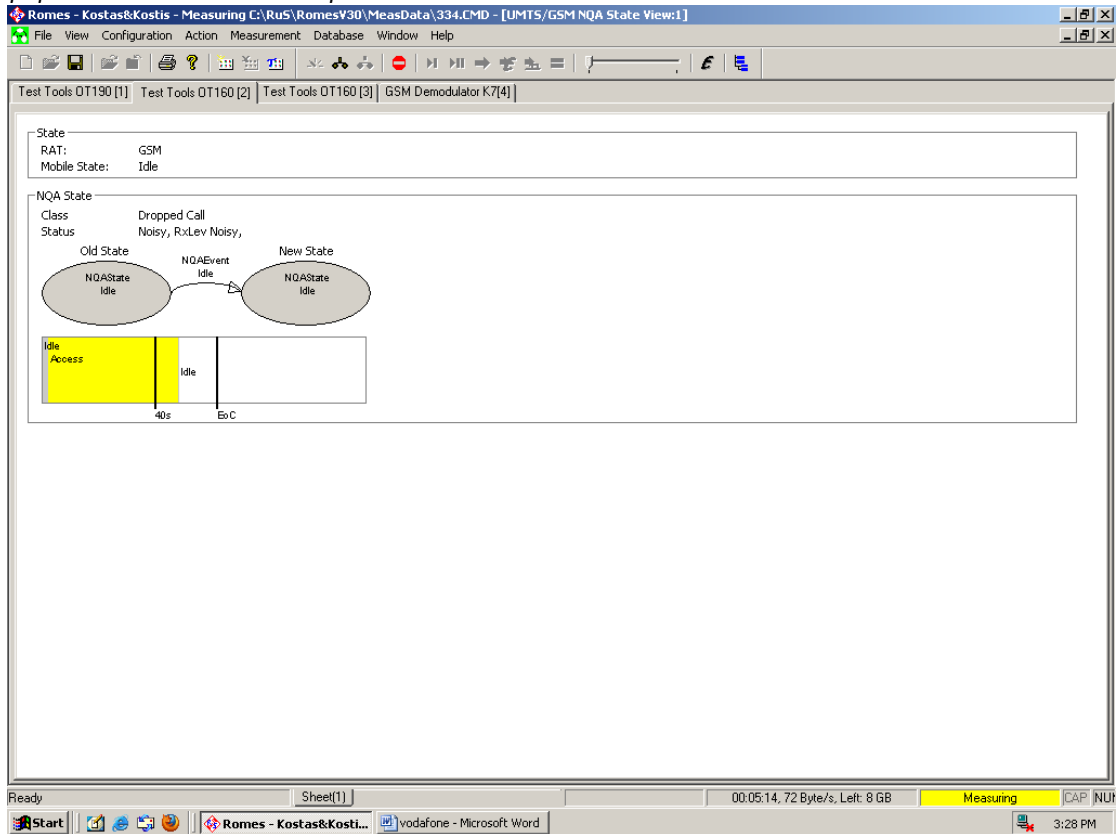
Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G



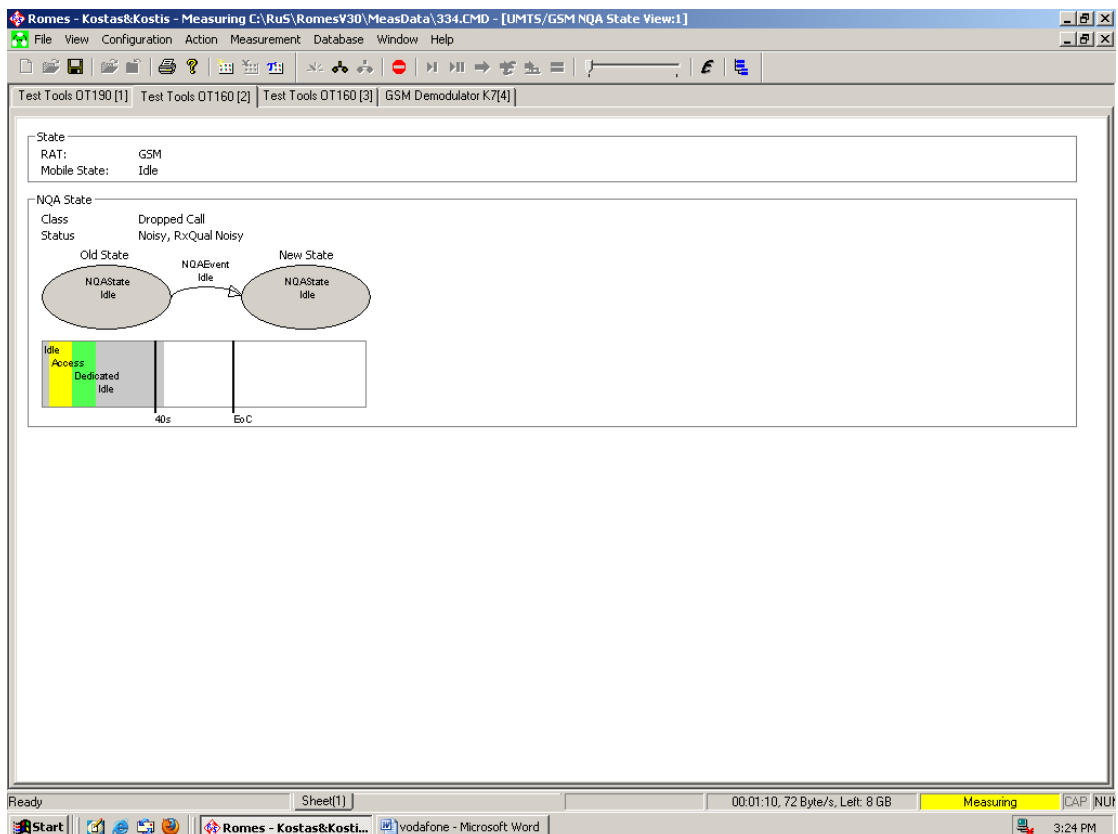
Εικόνα Γ.11:UMTS/GSM ETSI QoS View-Cosmote



Εικόνα Γ.12:UMTS/GSM ETSI QoS View-Vodafone

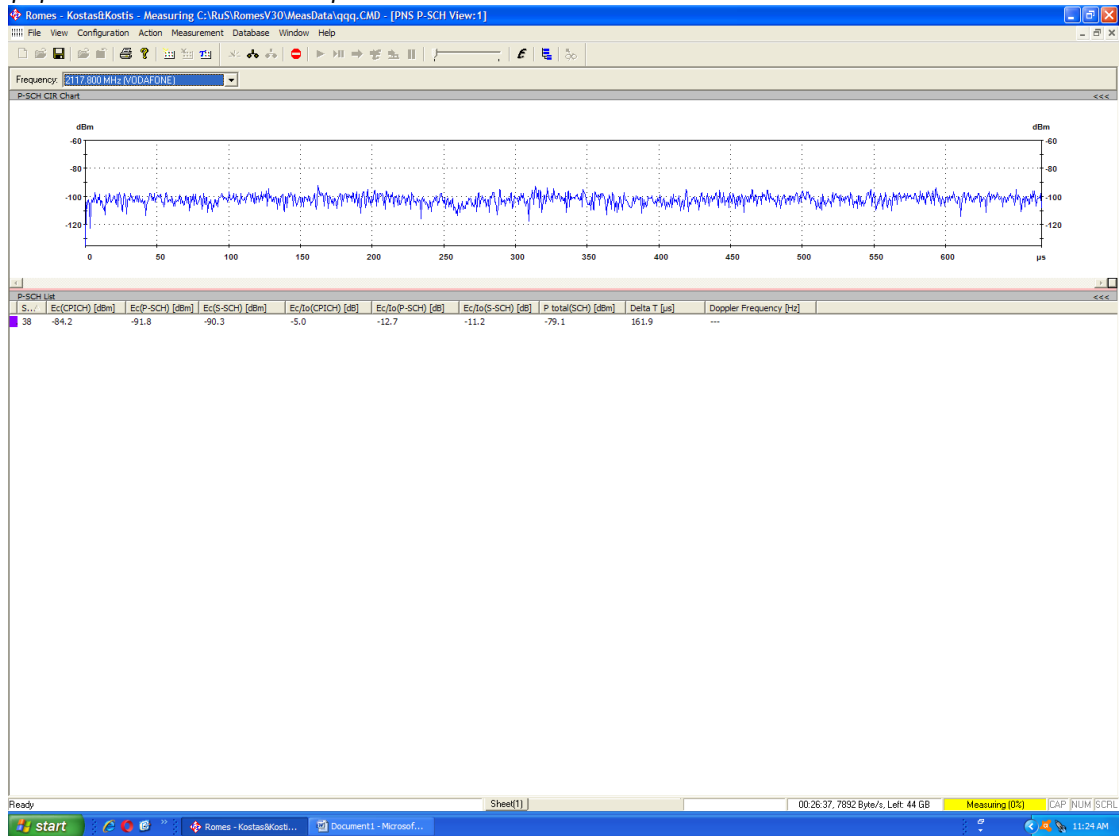


Εικόνα Γ.13:UMTS/GSM NQA State View-extra 1

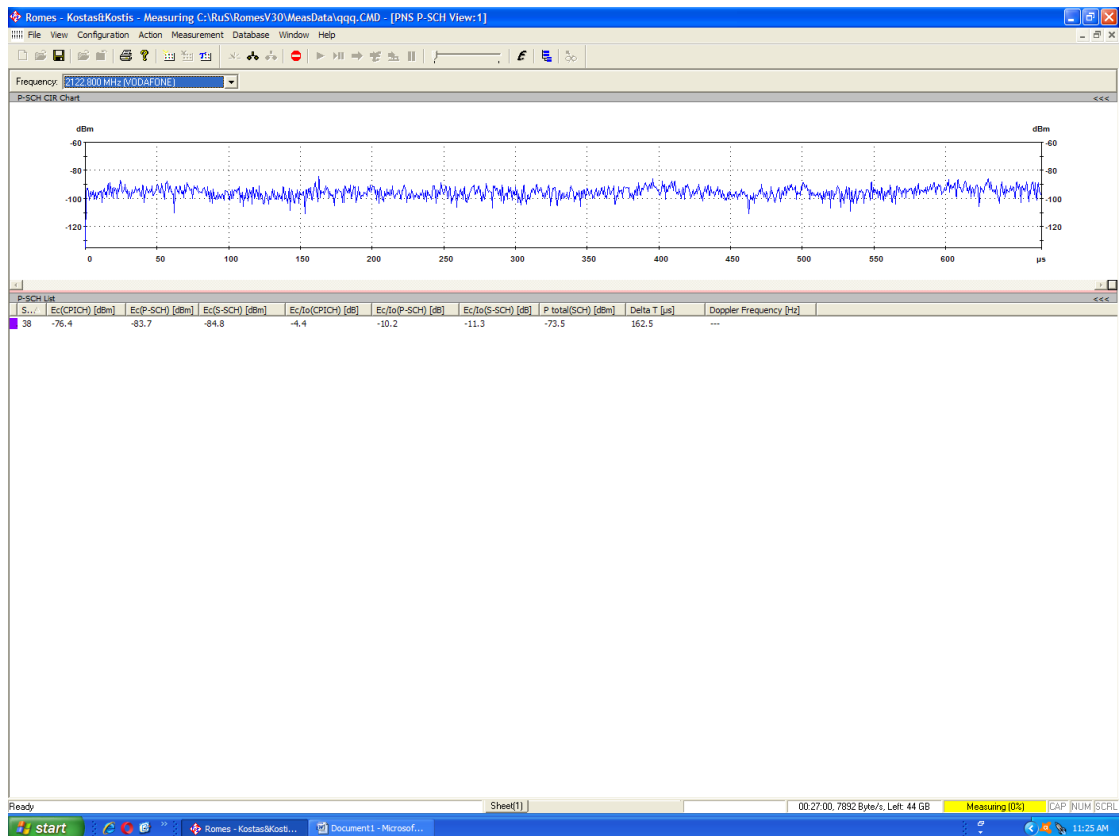


Εικόνα Γ.14:UMTS/GSM NQA State View-extra 2

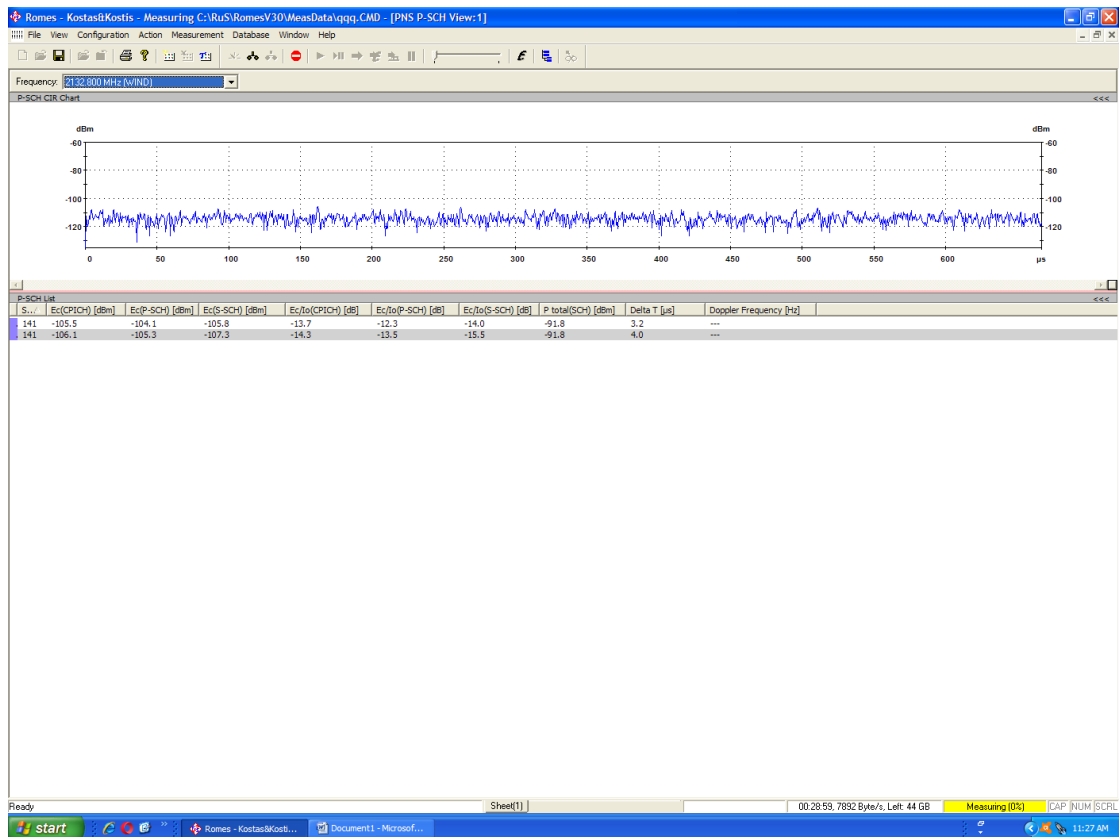
Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G



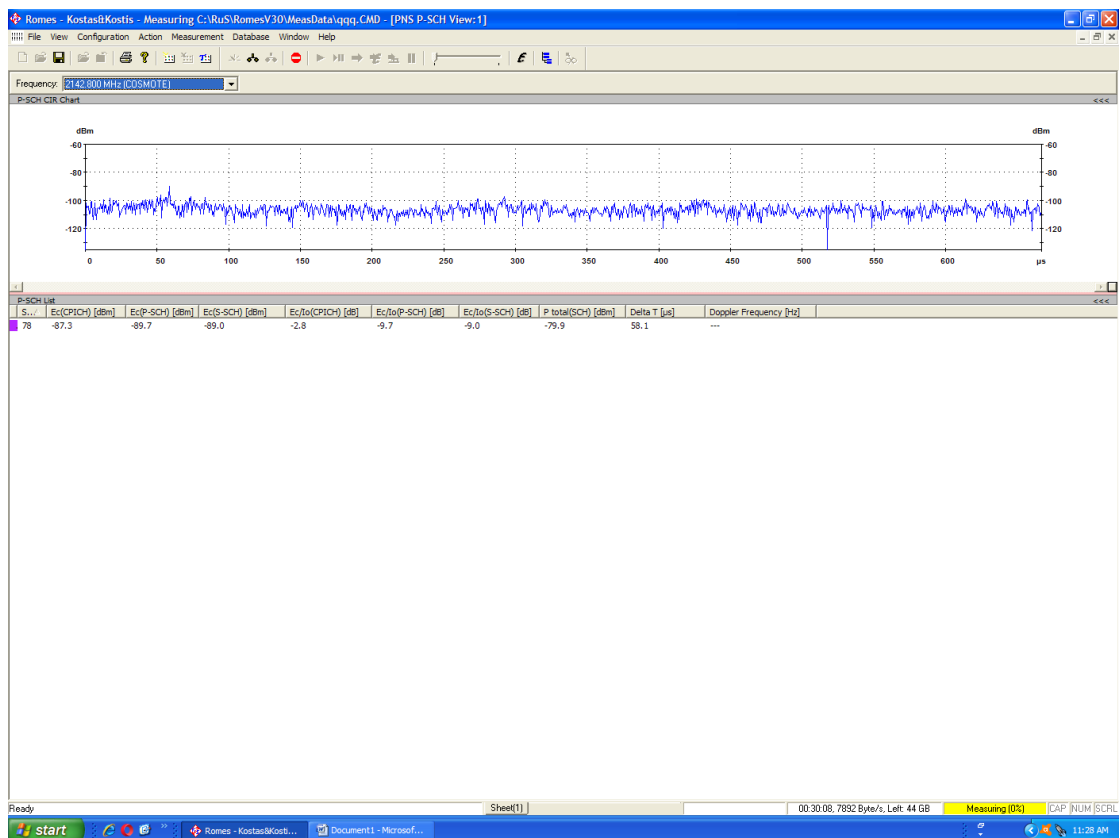
Εικόνα Γ.15:PNS P-SCH View-extra 1



Εικόνα Γ.16:PNS P-SCH View-extra 2



Εικόνα Γ.17:PNS P-SCH View-extra 3

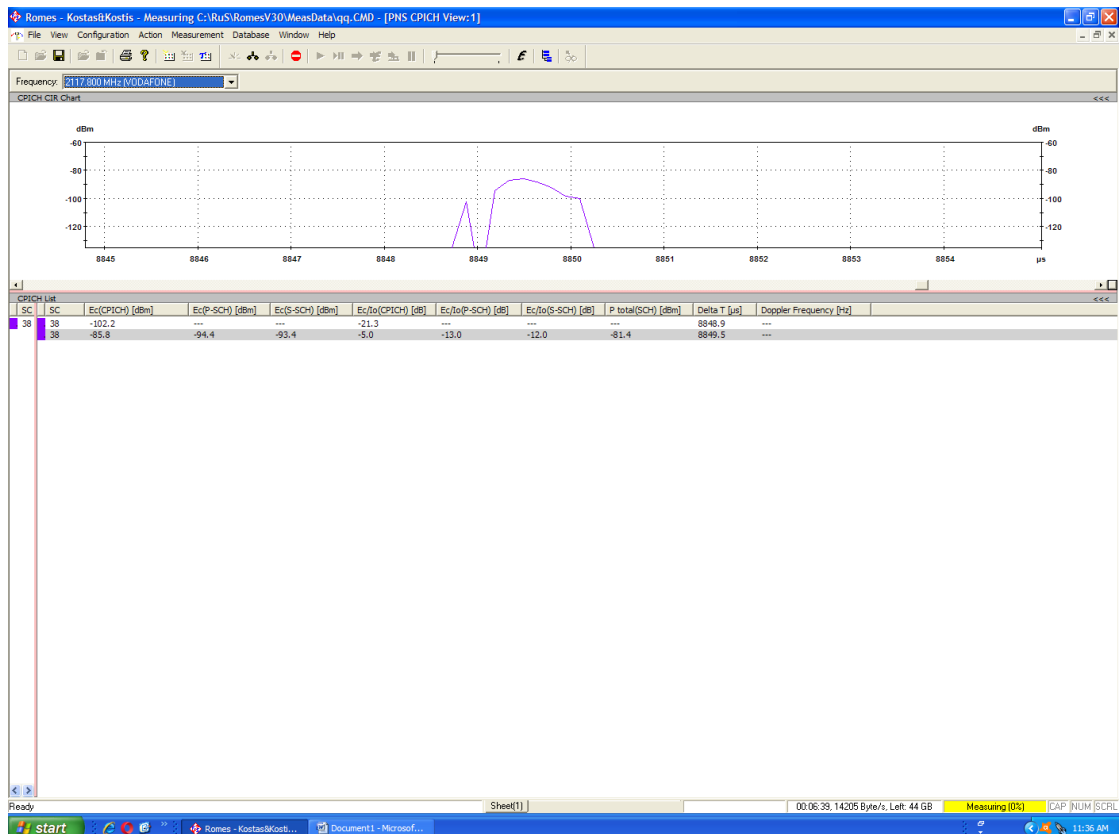


Εικόνα Γ.18:PNS P-SCH View-extra 4

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

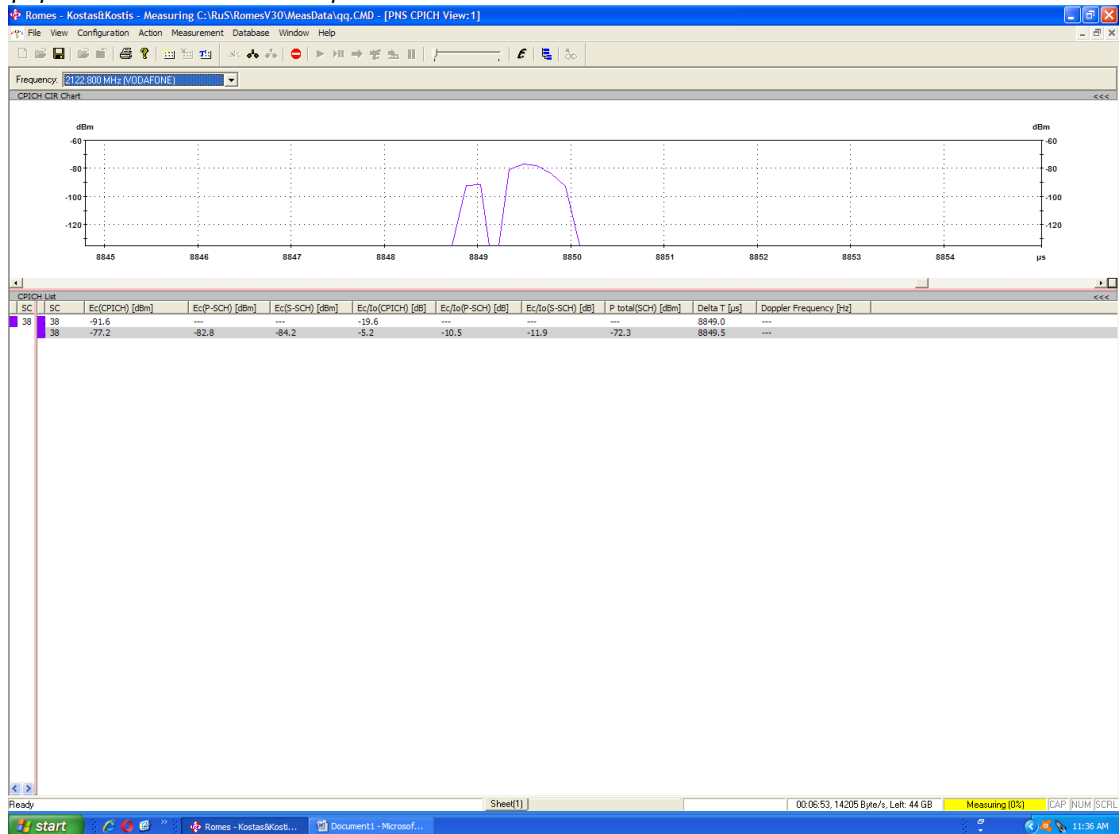


Εικόνα Γ.19:PNS P-SCH View-extra 5

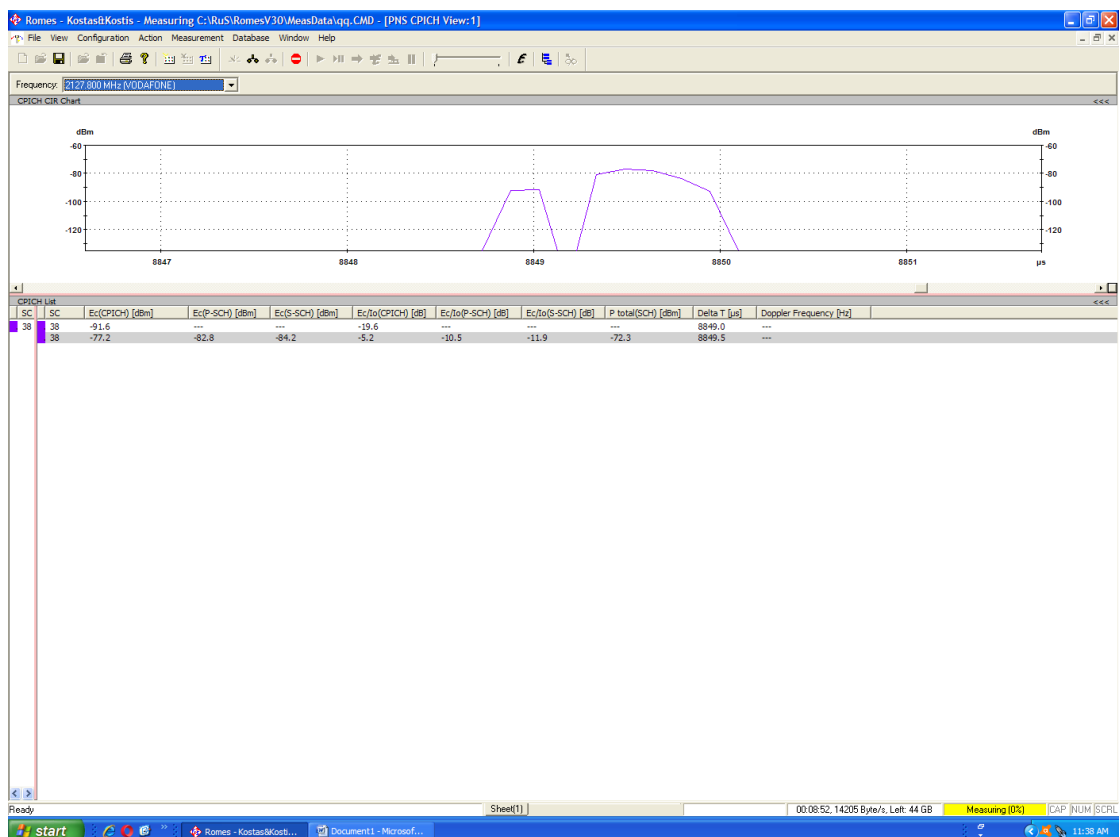


Εικόνα Γ.20:PNS CPICH View-extra 1

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

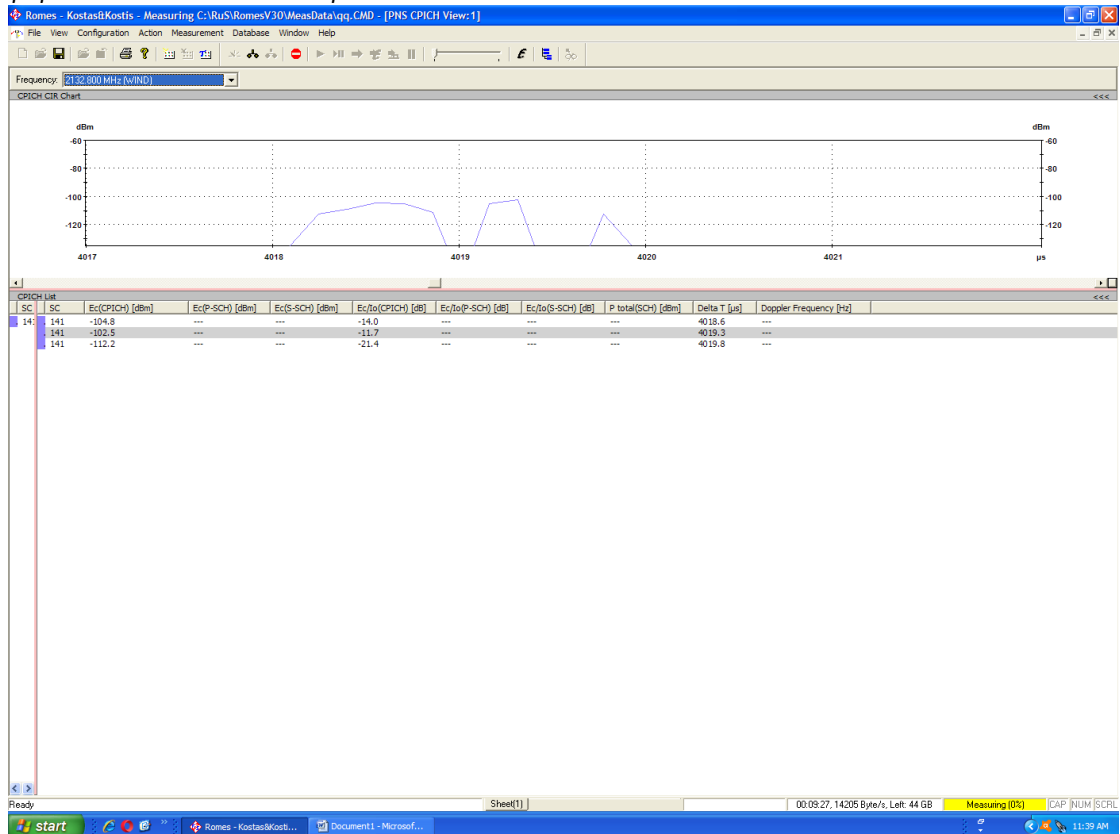


Εικόνα Γ.21:PNS CPICH View-extra 2

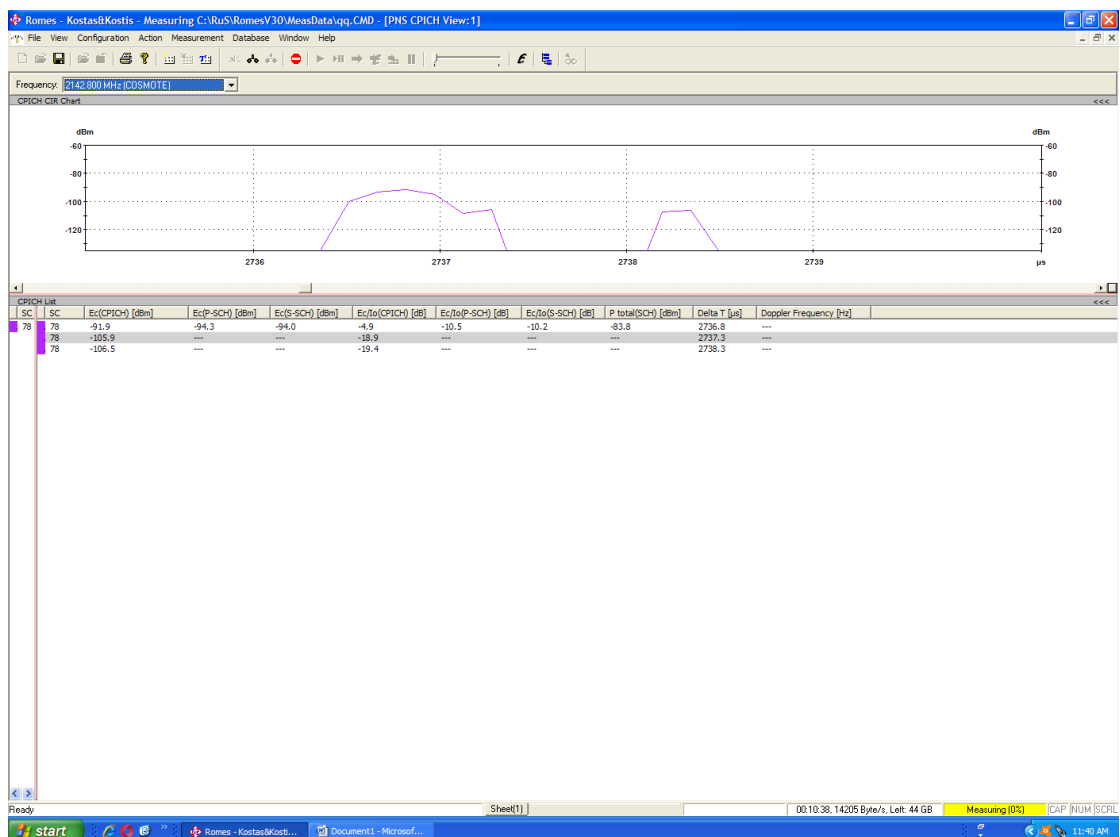


Εικόνα Γ.22:PNS CPICH View-extra 3

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

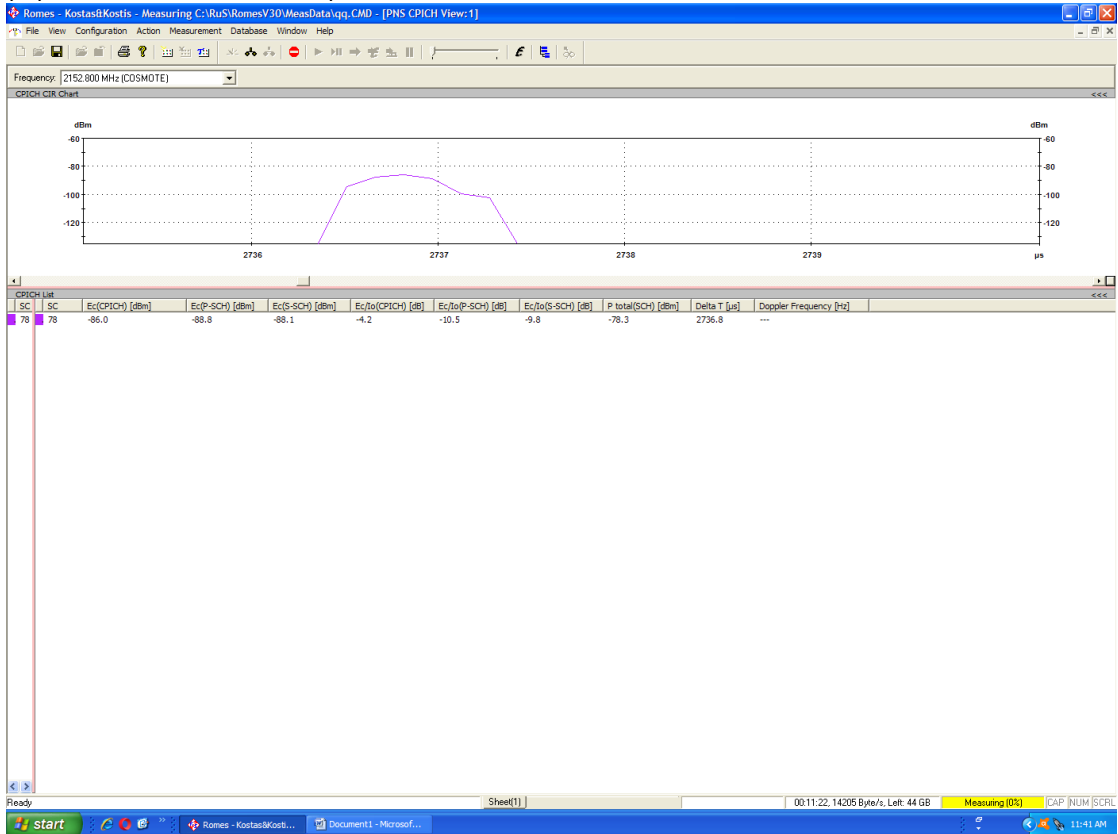


Εικόνα Γ.23:PNS CPICH View-extra 4

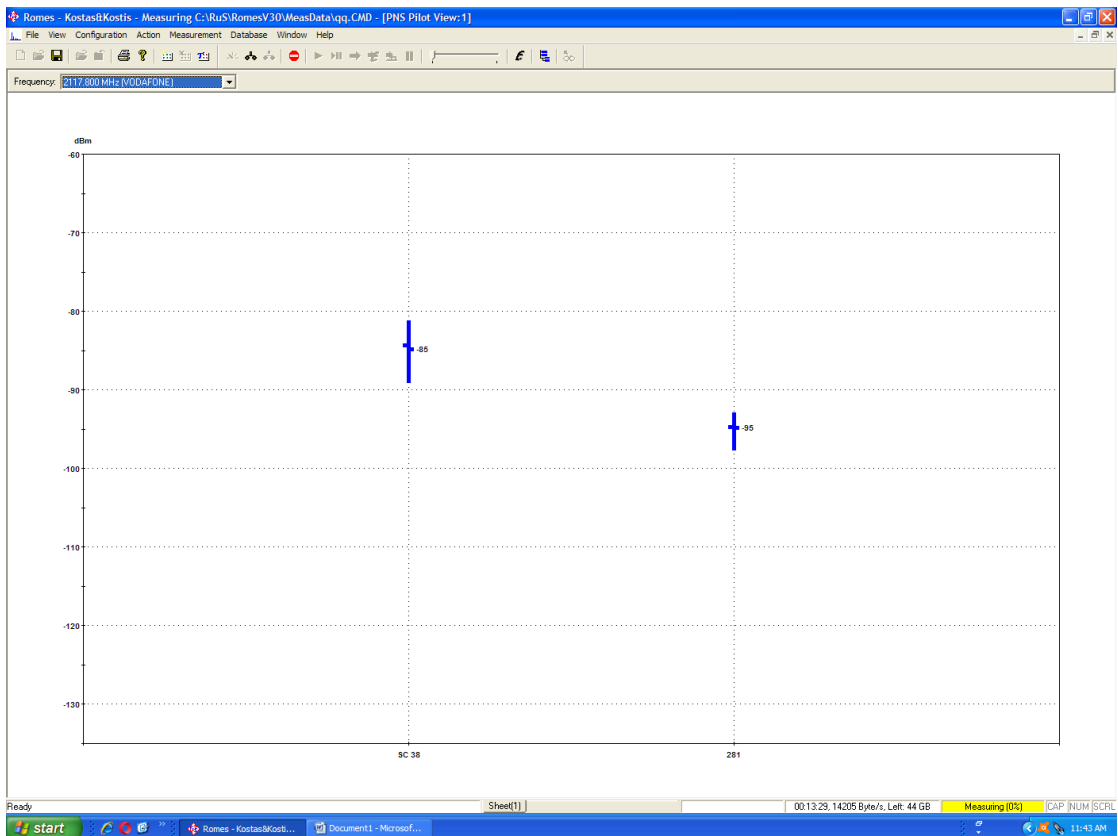


Εικόνα Γ.24:PNS CPICH View-extra 5

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

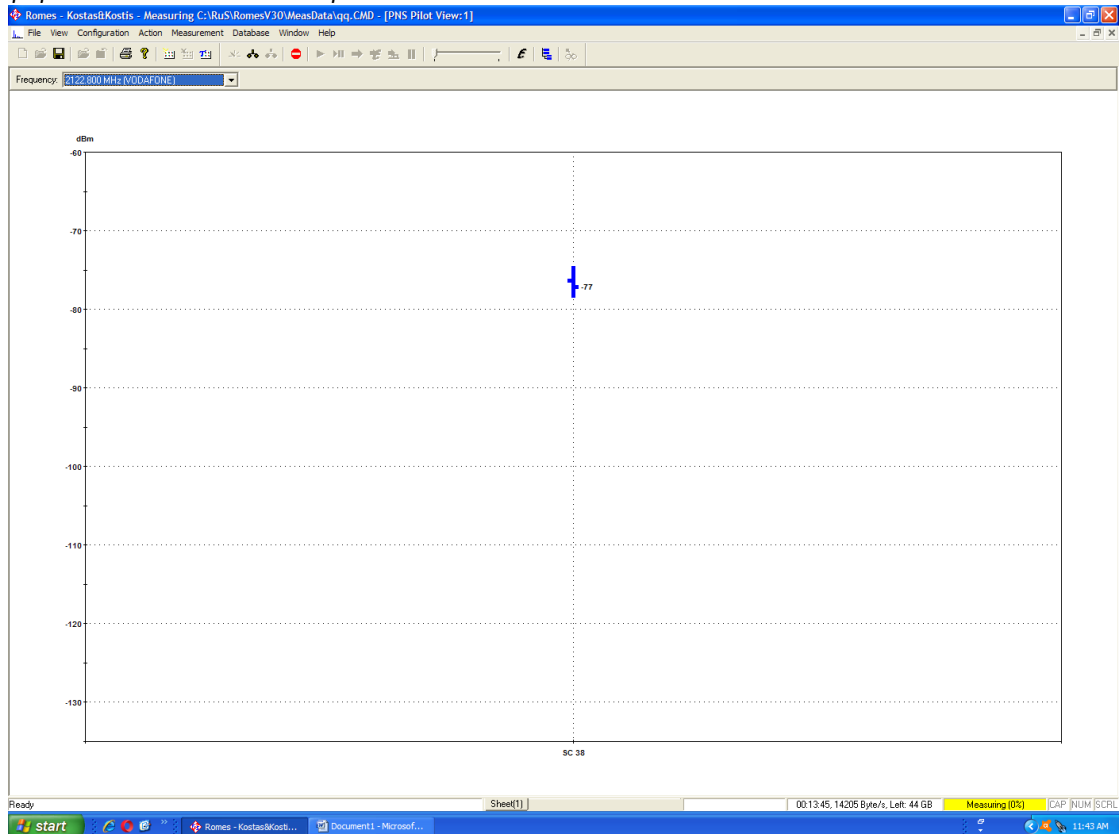


Εικόνα Γ.25:PNS CPICH View-extra 6



Εικόνα Γ.26:PNS Pilot View-extra 1

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

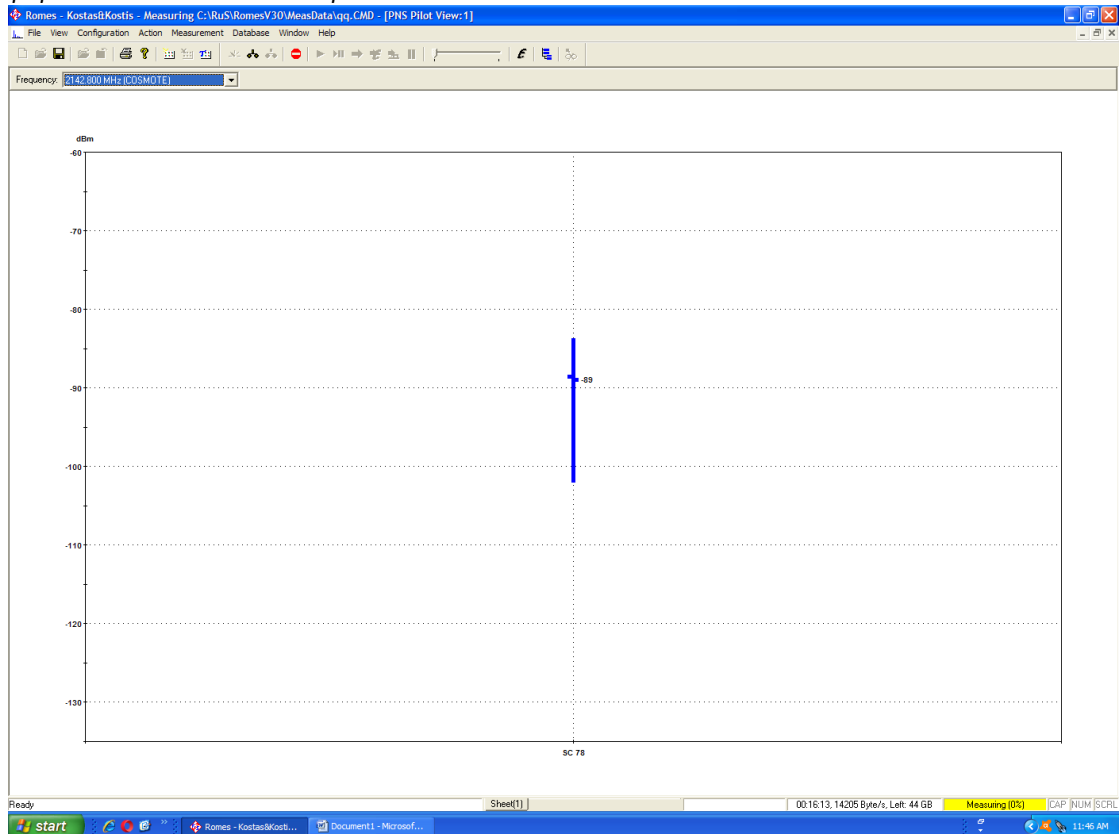


Εικόνα Γ.27:PNS Pilot View-extra 2

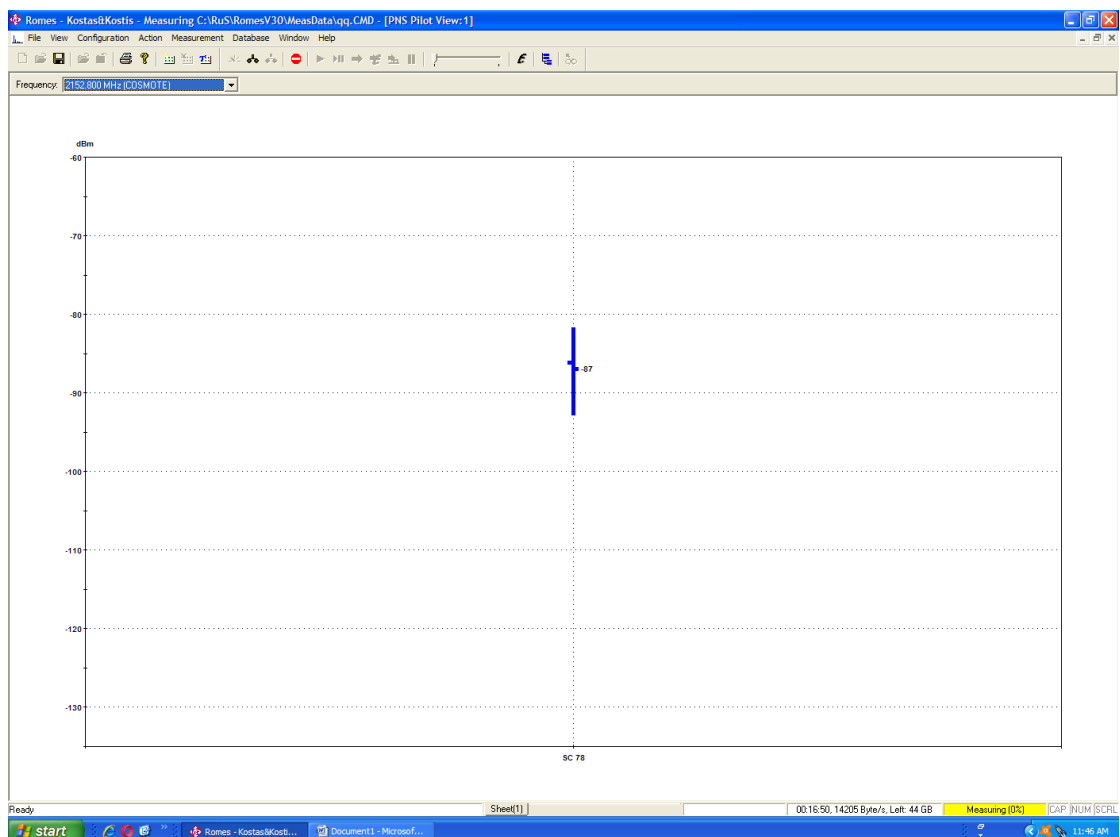


Εικόνα Γ.28:PNS Pilot View-extra 3

Αξιολόγηση Επιδόσεων σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G



Εικόνα Γ.29:PNS Pilot View-extra 4



Εικόνα Γ.30:PNS Pilot View-extra 5