



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G



Φοιτητής: Καλανδρόπουλος Κωνσταντίνος

ΑΜ: 50344882

Επιβλέπων Καθηγητής

Σαββαΐδης Στυλιανός

Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, Μάρτιος 2022



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

Diploma Thesis

Measurements in Mobile Commutation Networks 2G-3G



Student: Kalandropoulos Konstantinos
Registration Number: 50344882

Supervisor

Savaidis Stylianos
Professor

ATHENS-EGALEO, March 2022

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

Στυλιανός Σαββαΐδης, Καθηγητής	Νικόλαος Σταθόπουλος, Καθηγητής	Κωνσταντίνος Βουδούρης, Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ και Κωνσταντίνος Καλανδρόπουλος,
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

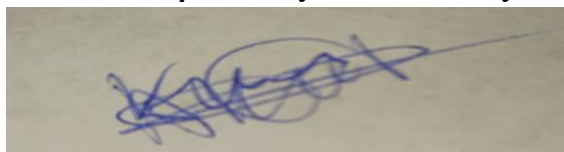
Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένο **Κωνσταντίνος Καλανδρόπουλος** του **Γεωργίου**, με αριθμό μητρώου **50344882** φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

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
Ονοματεπώνυμο φοιτητή
Καλανδρόπουλος Κωνσταντίνος



Υπογραφή φοιτητή

Περίληψη

Τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών αποτελούν ίσως τον πλέον ραγδαία εξελισσόμενο κλάδο επικοινωνιών στις ημέρες μας. Η διασφάλιση της ορθής λειτουργίας του δικτύου και η επίτευξη υψηλών επιδόσεων προϋποθέτει την επιτήρησή του μέσω μετρήσεων. Οι μετρήσεις στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών προϋποθέτουν τη χρήση εξειδικευμένου βιομηχανικού εξοπλισμού. Τυπικά, οι δυνατότητες αυτού του τύπου του εξοπλισμού είναι διευρυμένες, γεγονός το οποίο αντανακλά στο πλήθος των μετρήσεων που μπορούν να καταγράψουν και κυρίως στην πολυπλοκότητα της ερμηνείας τους.

Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να διεξάγει μετρήσεις στα τρία δίκτυα παροχής κινητών επικοινωνιών της Ελλάδας, ώστε να διερευνήσει: α) τις δυνατότητες ως προς τη διεξαγωγή μετρήσεων σε δίκτυα 2G GSM-3G WCDMA UMTS, β) τις ερμηνευτικές δυνατότητες ως προς τα αποτελέσματα των μετρήσεων, γ) τις δυνατότητες βελτιστοποίησης της λειτουργίας των υπό μέτρηση δικτύων βάσει της καταγραφής των υφιστάμενων επιδόσεων τους και τέλος δ) τις διαφορές και τις ομοιότητες ανάμεσα στα τρία δίκτυα σε ότι αφορά τη διαχείριση της λειτουργίας τους και τις επιδόσεις, τις οποίες επιτυγχάνουν.

Λέξεις – κλειδιά

Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών, GSM, UMTS, WCDMA, Ραδιοκάλυψη, Ποιότητα Υπηρεσιών.

Abstract

Mobile communication networks and the relevant technologies are among the most rapidly growing sector of telecommunications. Proper and high-performance operation of such networks prerequisites its periodical monitoring through extensive measurement campaigns. Mobile communication networks' measurements prerequisite the employment of custom industrial measurement systems. Typically, such measurement systems can conduct a diverse range of measurements and conclude with a huge volume of measured figures, which set a challenge with respect to their interpretation.

In this context, the key objectives of the present thesis project is to conduct a pilot measurement campaign for the three 2G GSM-3G WCDMA UMTS mobile communications networks operating in Greece aiming to investigate: α) the measurement capabilities regarding the key performance figures of such networks, β) the analysis and interpretation schemes of measurement data, γ) the network optimization strategies enabled through the analysis of the measurement results and finally δ) the comparative assessment of the three Greek mobile communication networks with respect to their operation framework and performance figures.

Keywords

Mobile Communication Networks, GSM, UMTS, WCDMA, Radio-coverage, Quality of Service.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Πινάκων.....	9
Κατάλογος Εικόνων	10
Αλφαβητικό Ευρετήριο.....	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	25
Αντικείμενο-Σκοπός-Στόχοι της διπλωματικής εργασίας	25
Μεθοδολογία.....	26
Καινοτομία	26
Δομή	26
1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Θεωρητικό Υπόβαθρο GSM.....	27
1.1 Αρχές Λειτουργίας GSM Δικτύων.....	27
1.1.1 Εισαγωγή στο GSM	27
1.1.2 Συχνότητες και Κανάλια GSM.....	27
1.1.3 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM.....	30
1.1.4 Λογικά Κανάλια GSM.....	36
1.1.5 Frequency Hopping.....	38
1.1.6 Διαδικασία Μεταπομπής GSM.....	39
1.1.7 Στρώματα και Πρωτόκολλα	39
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Θεωρητικό Υπόβαθρο UMTS.....	42
2.1 Αρχές Λειτουργίας UMTS	42
2.1.1 Εισαγωγή στο UMTS	42
2.1.2 Συχνότητες και Υπηρεσίες UMTS.....	43
2.1.3 Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS.....	46
2.1.4 Περιοχές Δικτύου UMTS.....	51
2.1.5 Στρώματα και Πρωτόκολλα	51
2.1.6 Διαδικασία Μεταπομπής UMTS.....	52
2.1.7 UMTS Κανάλια	53
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Εργαστηριακές Μετρήσεις GSM-UMTS.....	58
3.1 GSM Εισαγωγή.....	58
3.2 GSM Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός.....	58
3.3 GSM Μετρήσεις	59
3.4 GSM C/I Μετρήσεις.....	63
3.4.1 GSM K6 TS View:1.....	63
3.4.2 GSM K6 Trigger View	64
3.4.3 GSM K7 Transmitter Scan	65
3.5 GSM Views.....	67
3.5.1 GSM Layer 1 View	67
3.5.2 GSM Layer 2 View	69
3.5.3 3GSM Measurement Report View	70
3.5.4 GSM System Information Μηνύματα	72
3.5.5 GSM Frequency Hopping Μετρήσεις.....	73
3.5.6 GSM Μετρήσεις Scan.....	74
3.5.7 GSM Layer 3 View	79
3.5.8 GSM NQA View	82
3.5.9 GSM ETSI QoS View	83
3.5.10 GSM NQA State View.....	85
3.6 UMTS Εισαγωγή.....	86
3.7 UMTS Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός.....	86
3.8 UMTS Configuration	86

3.9	UMTS Views	94
3.9.1	UMTS Finger Data View	94
3.9.2	UMTS Layer 1 View	96
3.9.3	UMTS CellSet View.....	98
3.9.4	UMTS Network Analyzer View.....	100
3.9.5	UMTS NAS Status View	101
3.9.6	UMTS TrCH View	102
3.9.7	UMTS Physical Channels View	104
3.9.8	UMTS SIB View.....	107
3.9.9	UMTS RLC/MAC View	113
3.9.10	UMTS Measurement Report View.....	115
3.9.11	UMTS Reselection View	116
3.9.12	UMTS Layer 3 View	117
3.9.13	UMTS NQA View	118
3.9.14	UMTS ETSI QoS View.....	119
3.9.15	UMTS NQA State View.....	120
3.10	UMTS PNS Views	121
3.10.1	UMTS PNS P-SCH View.....	121
3.10.2	UMTS PNS CPICH View.....	123
3.10.3	UMTS PNS Spectrum View.....	125
3.10.4	UMTS PNS Spectrum History View	128
3.10.5	UMTS PNS SC Tracer View	129
3.10.6	UMTS PNS Pilot View	130
3.10.7	UMTS PNS Top N View.....	132
3.11	UMTS Layer 1 Graph	133
3.11.1	UMTS Layer 1 RSCP Graph	133
3.11.2	UMTS Layer 1 RSSI Graph	133
3.11.3	UMTS Layer 1 Ec/Io Graph.....	134
3.11.4	UMTS Layer 1 Tx Power Graph	134
3.11.5	UMTS Layer 1 SIR Graph	135
3.11.6	UMTS Layer 1 Signal Quality Graph	135
3.11.7	UMTS Layer 1 Signal Received Level.....	136
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ	137
4.1	Συμπεράσματα	137
4.1.1	Μετρήσεις GSM	137
4.1.2	Μετρήσεις WCDMA UMTS	138
4.1.3	Μελλοντικές Προεκτάσεις	139
	Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές	140
	Παράρτημα Α	143
	Παράρτημα Β	166

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 GSM Ζώνες Συχνοτήτων (Romes R&S Coverage Measurement System).....	[30]
Πίνακας 1.2 GSM Ζώνες Συχνοτήτων (Romes R&S Coverage Measurement System).....	[30]
Πίνακας 1.3 Κλάσεις ισχύος Mobile Stations (Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Κανατάς Αθανάσιος, Γεώργιος Πάντος).....	[32]
Πίνακας 2.1 Συχνότητες και UARFCN καναλιών UMTS-2100 στην Ελλάδα (Romes R&S Coverage Measurement System).....	[46]
Πίνακας 2.2 Συχνότητες και UARFCN καναλιών UMTS-900 στην Ελλάδα (Romes R&S Coverage Measurement System).....	[46]
Πίνακας 3.1 BSIC.....	[67]
Πίνακας 3.2 Maximum Power Class / Transmit Power (Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Κανατάς Αθανάσιος, Γεώργιος Πάντος).....	[109]
Πίνακας 3.3 Vodafone Channels Downlink.....	[127]
Πίνακας 3.4 Wind Channels Downlink.....	[127]
Πίνακας 3.5 Cosmote Channels Downlink.....	[127]
Πίνακας 3.6 Vodafone Channels Uplink.....	[128]
Πίνακας 3.7 WindChannels Uplink.....	[128]
Πίνακας 3.8 Cosmote Channels Uplink.....	[128]
Πίνακας 1 RxLev https://comtech.vsb.cz/qualmob/rxlev.html	[159]
Πίνακας 2 RxLev Signal Strength https://wiki.teltonika-networks.com/view/Mobile_Signal_Strength_Recommendations	[160]
Πίνακας 3 RxQuality Romes R&S Coverage Measurement System.....	[160]
Πίνακας 4 Εμβέλεια συχνοτήτων Romes R&S Coverage Measurement System.....	[160]
Πίνακας 5 Αριθμοί καναλιών, ARFCN (n : αριθμός καναλιού) Romes R&S Coverage Measurement System.....	[161]
Πίνακας 6 Mobile Country Codes & Mobile Network Code Romes R&S Coverage Measurement System.....	[161]
Πίνακας 7 Συχνότητες και Πάροχοι GSM Downlink Romes R&S Coverage Measurement System.....	[162]
Πίνακας 8 GSM 900 P-GSM Downlink Channels (Romes R&S Coverage Measurement System).....	[163]

Πίνακας 9 GSM 900 E-GSM, R-GSM Downlink Channels (Romes R&S Coverage Measurement System).....[164]

Πίνακας 10 DCS1800 Downlink Channels 512-670 Romes R&S Coverage Measurement System.....[165]

Πίνακας 11 RSSI https://wiki.teltonika-networks.com/view/Mobile_Signal_Strength_Recommendations.....[174]

Πίνακας 12 RSCP https://wiki.teltonika-networks.com/view/Mobile_Signal_Strength_Recommendations.....[174]

Πίνακας 13 Ec/Io https://wiki.teltonika-networks.com/view/Mobile_Signal_Strength_Recommendations.....[174]

Πίνακας 14 SIR https://wiki.teltonika-networks.com/view/Mobile_Signal_Strength_Recommendations.....[174]

Πίνακας 15 UMTS UARFCN Downlink Uplink Romes R&S Coverage Measurement System.....[175]

Πίνακας 16 Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Cosmote (Romes R&S Coverage Measurement System).....[175]

Πίνακας 17 Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Vodafone (Romes R&S Coverage Measurement System).....[175]

Πίνακας 18 Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Wind (Romes R&S Coverage Measurement System).....[175]

Πίνακας 19 Συχνότητες UMTS 900 Downlink και Uplink για Cosmote (Romes R&S Coverage Measurement System).....[175]

Πίνακας 20 Συχνότητες UMTS 900 Downlink και Uplink για Wind (Romes R&S Coverage Measurement System).....[175]

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 TDMA Πλαίσιο (Frame) Uplink/Downlink <https://i.imgur.com/JQ9v504.jpg>
<https://www.ques10.com/p/48271/time-division-multiple-access-tdma-2/>

Εικόνα 1.2 Δομή Ριπών GSM (https://www.researchgate.net/figure/Burst-structure-in-GSM_fig5_290748959)

Εικόνα 1.3 Κόμβοι δικτύου GSM (MS, BSS, NSS, OSS) jpg <https://www.intelisecure.com/what-is-2g-3g-4g/>

Εικόνα 1.4 BSS αρχιτεκτονική και Um, A-bis, A-διεπαφές
(<https://gsmcrazy.wordpress.com/2010/06/28/gsm-architecture-2/>)

Εικόνα 1.5 OSS, NSS, BSS Architecture https://www.researchgate.net/figure/GSM-Architecture-and-Entities-Involved-in-Authentication_fig4_2388978

Εικόνα 1.6 NSS Διεπαφές <https://sites.google.com/site/gsmtheory/home/4-2-bearer-independent-circuit-switched-core-network-umts-release-4-/3-base-station-subsystem-bss-/4-gsm-interfaces>

Εικόνα 1.7 Περιοχές Δικτύου GSM <https://www.slideshare.net/mkatara143/gsm-overview-23932074>

Εικόνα 1.8 Λογικά Κανάλια GSM https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-GSM-logical-channels_fig6_269705860

Εικόνα 1.9 Στρώματα και Πρωτόκολλα GSM <https://www.rfwireless-world.com/Articles/gsm-protocol-stack-Layer3.html>

Εικόνα 2.1 Αρχιτεκτονική δικτύου UMTS <https://telecom-knowledge.blogspot.com/2014/11/umts-interface-protocol.html>

Εικόνα 2.2 Δομικά στοιχεία Core Network και UTRAN https://lh3.googleusercontent.com/proxy/NY5dGMw2eEAyZKaG_gEO8UOUiUYPiNUU8VHU_Y__7BJ1Q_ulfXuwoIxnubaybI80PguQb6OqmcsSE_j__3g1tgnQYCOwuMZZ1Qw40t9zpBafwgh_bs9QaxsqWF6PKo

Εικόνα 2.3 Περιοχές Δικτύου UMTS https://www.researchgate.net/figure/Relation-between-Location-Area-LA-Routing-Area-RA-UTRAN-Registration-Area-URA-and_fig2_288180548

Εικόνα 2.4 Στρώματα και Πρωτόκολλα <https://www.slideshare.net/sujeet4you/wcdma-air-interface-34371348>

Εικόνα 2.5 Λογικά Κανάλια, Κανάλια Μεταφοράς και Φυσικά Κανάλια UMTS <https://teltechinsight.blogspot.com/2018/11/channels-and-protocol-stack-of-umts.html>

Εικόνα 2.6 Δομή χρονοπλαισίου WCDMA <https://www.slideshare.net/gprsiva/03-umts-radio-path-and-transmissionnew>

Εικόνα 3.1 GSM Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός

Εικόνα 3.2 GSM C/I Analyzer Views Menu

Εικόνα 3.3 GSM Views Menu

Εικόνα 3.4 Δημιουργία νέου ή άνοιγμα υπάρχοντος Workspace

Εικόνα 3.5 Ρύθμιση Hardware

Εικόνα 3.6 Ρυθμίσεις C/I Measurement Selection

Εικόνα 3.7 Ρυθμίσεις C/I Driver Measurement Specification

Εικόνα 3.8 General Settings για εξερχόμενη αυτόματη κλήση κινητού

Εικόνα 3.9 Ρυθμίσεις Autodialing για εξερχόμενη αυτόματη κλήση κινητού

Εικόνα 3.10 GSM K6 TS View:1

Εικόνα 3.11 GSM K6 Trigger View

Εικόνα 3.12 GSM K7 Transmitter Scan

Πίνακας 3.1 BSIC

Εικόνα 3.13 GSM Layer 1 View

Εικόνα 3.14 GSM Layer 1 View

Εικόνα 3.15 GSM Layer 2 View

Εικόνα 3.16 GSM Measurement Report View

Εικόνα 3.17 GSM System Information View

Εικόνα 3.18 GSM System Information View

Εικόνα 3.19 GSM Vodafone Frequency Hopping View

Εικόνα 3.20 GSM Scan Mode Cosmote Channels GSM-E ARFCN 975-1023

Εικόνα 3.21 GSM Scan Mode Vodafone Channels GSM-P ARFCN 51-124

Εικόνα 3.22 GSM Scan Mode Wind Channels GSM-P ARFCN 1-50

Εικόνα 3.23 GSM Scan Mode Cosmote Channels DCS 1800 ARFCN 811-885

Εικόνα 3.24 GSM Scan Mode Vodafone Channels DCS 1800 ARFCN 637-710

Εικόνα 3.25 GSM Scan Mode Wind Channels DCS 1800 ARFCN 512-585

Εικόνα 3.26 GSM Cosmote Layer 3 View

Εικόνα 3.27 GSM Cosmote Layer 3 View

Εικόνα 3.28 GSM Cosmote Layer 3 View

Εικόνα 3.29 GSM Cosmote Layer 3 View

Εικόνα 3.30 GSM NQA View

Εικόνα 3.31 GSM Wind ETSI QoS View

Εικόνα 3.32 GSM Cosmote NQA State View

Εικόνα 3.33 GSM Cosmote NQA State View

Εικόνα 3.34 UMTS Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός

Εικόνα 3.35 UMTS Views Menu

Εικόνα 3.36 UMTS PNS Views Menu

Εικόνα 3.37 Δημιουργία νέου ή άνοιγμα υπάρχοντος Workspace

Εικόνα 3.38 Configuration General

Εικόνα 3.39 Configuration Available Signals

Εικόνα 3.40 Configuration Available Events

Εικόνα 3.41 Configuration Technologies

Εικόνα 3.42 Hardware Configuration

Εικόνα 3.43 UMTS Channels

Εικόνα 3.44 UMTS Channels

Εικόνα 3.45 UMTS Qualcomm Configuration

Εικόνα 3.46 UMTS Qualcomm NQA

Εικόνα 3.47 UMTS Qualcomm Autodialing

Εικόνα 3.48 UMTS Qualcomm Antenna

Εικόνα 3.49 Rome's Εικόνα 3.50 Παράμετροι για UMTS Finger Data View

Start Measurement

Εικόνα 3.51 UMTS Finger Data View

Εικόνα 3.52 Παράμετροι για UMTS Layer 1 View

Εικόνα 3.53 UMTS Layer 1 View

Εικόνα 3.54 Παράμετροι για UMTS Layer 1 View

Εικόνα 3.55 UMTS CellSet View

Εικόνα 3.56 Παράμετροι για UMTS Network Analyzer View

Εικόνα 3.57 UMTS Network Analyzer View

Εικόνα 3.58 UMTS Network Analyzer View

Εικόνα 3.59 UMTS NAS Status View

Εικόνα 3.60 Παράμετροι για UMTS TrCH View

Εικόνα 3.61 UMTS TrCH View

Εικόνα 3.62 Παράμετροι για UMTS Physical Channels View

Εικόνα 3.63 UMTS Physical Channels View

Εικόνα 3.64 UMTS Ph Εικόνα 3.65 UMTS SIB View Mater Information Block

ysical Channels View

Εικόνα 3.66 UMTS SIB View Sy Εικόνα 3.67 UMTS SIB View System Information Block Type1

Εικόνα 3.67 UMTS SIB View System Information Block Type 2

Εικόνα 3.68 UMTS SIB View System Information Block Type 3

Εικόνα 3.69 UMTS SIB View System Information Block Type 5

Εικόνα 3.70 UMTS SIB View System Information Block Type 5

Εικόνα 3.71 UMTS SIB View Sy Εικόνα 3.72 UMTS SIB View System Information Block Type 5

Εικόνα 3.72 UMTS SIB View System Information Block Type 5

Εικόνα 3.73 UMTS SIB View System Information Block Type 7

Εικόνα 3.74 UMTS SIB View Scheduling Block 1

Εικόνα 3.75 UMTS R Εικόνα 3.76 UMTS RLC/MAC Downlink Channels

Εικόνα 3.76 UMTS RLC/MAC Downlink Channels

Εικόνα 3.77 UMTS Measurement Report View

Εικόνα 3.78 Παράμετροι για UMTS Reselection View

Εικόνα 3.79 UMTS Reselection View

Εικόνα 3.80 UMTS Layer 3 View

Εικόνα 3.81 UMTS Layer 3 View

Εικόνα 3.82 UMTS NQA View

Εικόνα 3.83 UMTS ETSI QoS View

Εικόνα 3.84 UMTS NQA State View

Εικόνα 3.85 UMTS NQA State View

Εικόνα 3.86 UMTS PNS P-SCH View Vodafone Channel 1

Εικόνα 3.87 UMTS PNS P-SCH View Wind Channel 2

Εικόνα 3.88 UMTS PNS P-SCH View Cosmote Channel 2

Εικόνα 3.89 UMTS PNS CPICH View Vodafone Channel 1

Εικόνα 3.90 UMTS PNS CPICH View Wind Channel 2

Εικόνα 3.91 UMTS PNS CPICH View Cosmote Channel 2

Εικόνα 3.92 Παράμετροι για UMTS PNS Spectrum View

Εικόνα 3.93 UMTS PNS Spectrum Downlink View

Εικόνα 3.94 UMTS PNS Spectrum Uplink View

Εικόνα 3.95 UMTS PNS Spectrum View Downlink

Εικόνα 3.96 UMTS PNS Spectrum View Uplink

Εικόνα 3.97 UMTS PNS SC Tracer View Vodafone Channel 1

Εικόνα 3.98 UMTS PNS SC Tracer View Wind Channel 1

Εικόνα 3.99 UMTS PNS SC Tracer View Cosmote Channel 2

Εικόνα 3.100 UMTS PNS Pilot View Vodafone Channel 1

Εικόνα 3.101 UMTS PNS Pilot View Wind Channel 2

Εικόνα 3.102 UMTS PNS Pilot View Cosmote Channel 2

Εικόνα 3.103 UMTS PNS Top N View

Εικόνα 3.104 UMTS Layer 1 RSCP Graph

Εικόνα 3.105 UMTS Layer 1 RSSI Graph

Εικόνα 3.106 UMTS Layer 1 Ec/Io Graph

Εικόνα 3.107 UMTS Layer 1 Tx Power Graph

Εικόνα 3.108 UMTS Layer 1 SIR Graph

Εικόνα 3.109 UMTS Layer 1 Signal Quality Graph

Εικόνα 3.110 UMTS Layer 1 Signal Received Level Graph

Εικόνα Π1.1 GSM Cosmote Normal Mode

Εικόνα Π1.2 GSM Cosmote Autodialing

Εικόνα Π1.3 GSM Vodafone Normal Mode

Εικόνα Π1.4 GSM Vodafone Autodialing

Εικόνα Π1.5 GSM Wind Normal Mode

Εικόνα Π1.6 GSM Wind Autodialing

Εικόνα Π1.7 GSM Cosmote Scan Mode E-GSM 900

Εικόνα Π1.8 GSM Vodafone Scan Mode P-GSM 900

Εικόνα Π1.9 GSM Wind Scan Mode P-GSM 900

Εικόνα Π1.10 GSM Configuration Scan Mode GSM 900 Channels

Εικόνα Π1.11 GSM Cosmote Scan Mode DCS 1800 Channels

Εικόνα Π1.12 GSM Vodafone Scan Mode DCS 1800 Channels

Εικόνα Π1.13 GSM Wind Scan Mode DCS 1800 Channels

Εικόνα Π1.14 GSM Configuration Scan Mode DCS 1800 Channels

Εικόνα Π1.15 GSM K7 Transmitter Scan

Εικόνα Π1.16 GSM Measurement Report View

Εικόνα Π1.17 GSM Cosmote Frequency Hopping View

Εικόνα Π1.18 GSM Wind Frequency Hopping View

Εικόνα Π1.19 GSM Vodafone Layer 3 View

Εικόνα Π1.20 GSM Vodafone Layer 3 View

Εικόνα Π1.21 GSM Vodafone Layer 3 View

Εικόνα Π1.22 GSM Vodafone Layer 3 View

Εικόνα Π1.23 GSM Wind Layer 3 View

Εικόνα Π1.24 GSM Wind Layer 3 View

Εικόνα Π1.25 GSM Wind Layer 3 View

Εικόνα Π1.26 GSM Wind Layer 3 View

Εικόνα Π1.27 GSM Cosmote ETSI QoS View

Εικόνα Π1.28 GSM Vodafone ETSI QoS View

Εικόνα Π1.29 GSM Vodafone NQA State View

Εικόνα Π1.30 GSM Vodafone NQA State View

Εικόνα Π1.31 GSM Vodafone NQA State View

Εικόνα Π1.32 GSM Wind NQA State View

Εικόνα Π1.33 GSM Wind NQA State View

Εικόνα Π2.1 UMTS Layer 1 View

Εικόνα Π2.2 UMTS NQA State View

Εικόνα Π2.3 UMTS PNS P-SCH View Vodafone Channel 2

Εικόνα Π2.4 UMTS PNS P-SCH View Vodafone Channel 3

Εικόνα Π2.5 UMTS PNS P-SCH View Vodafone Channel 4

Εικόνα Π2.6 UMTS PNS P-SCH View Wind Channel 1

Εικόνα Π2.7 UMTS PNS P-SCH View Cosmote Channel 1

Εικόνα Π2.8 UMTS PNS P-SCH View Cosmote Channel 3

Εικόνα Π2.9 UMTS PNS CPICH View Vodafone Channel 2

Εικόνα Π2.10 UMTS PNS CPICH View Vodafone Channel 3

Εικόνα Π2.11 UMTS PNS CPICH View Vodafone Channel 4

Εικόνα Π2.12 UMTS PNS CPICH View Wind Channel 1

Εικόνα Π2.13 UMTS PNS CPICH View Cosmote Channel 1

Εικόνα Π2.14 UMTS PNS CPICH View Cosmote Channel 3

Εικόνα Π2.15 UMTS PNS Pilot View Vodafone Channel 2

Εικόνα Π2.16 UMTS PNS Pilot View Vodafone Channel 3

Εικόνα Π2.17 UMTS PNS Pilot View Vodafone Channel 4

Εικόνα Π2.18 UMTS PNS Pilot View Wind Channel 1

Εικόνα Π2.19 UMTS PNS Pilot View Cosmote Channel 1

Εικόνα Π2.20 UMTS PNS Pilot View Cosmote Channel

Αλφαβητικό Ευρετήριο

2G (Second Generation)

3G (Third Generation)

3GPP (3rd Generation Partnership Project)

3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2)

ABC (Administration and Billing Centre)

AGHC Access Grant Channel

AICH Acquisition Indication Channel

AMC (Adaptive Modulation and Coding)

ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number)

AS Access Slots

AS Access Stratum

ATM Asynchronous Transfer Mode

AUC (Authentication Center)

BCC (Base Station Code)

BCCH Broadcast Control Channel

BCH Broadcast Channel

BER (Bit Error Rate)

BLER (Block Error Rate)

Bm Bearer Mobile Channel

BMC (Broadcast/Multicast Control)

BSIC (Base Station Identity)

BSC (Base Station Controller)

(Base Station Subsystem) (BSS)

BSSMAP (Base Station Subsystem Management Part)

BTS (Base Transceiver Station)

CAMEL Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic

CBCH Cell Broadcast Channel

CC Country Code

CC Call Control

CCCH Common Control Channel

CCH Control Channel

CCTrCH Coded Composite Transport Channel

CD/CA-ICH Collision-Detection/Channel Assignment Indicator Channel

CDMA (Code Division Multiple Access)

CEPT (Conference of European Postal and Telecommunications)

C/I (Carrier to Interference)

CM Connection Management

(CN) (Core Network)

CNBS Core Network Bearer Service

CPCH Common Packet Channel

CPICH Common Pilot Channel

CRNC Controlling Radio Network Controller

CSCF Call Session Control Function

CSI Combination of Circuit and Packet Switched

CSICH Common Pilot Status Indication Channel

CTCH Common Traffic Channel

DB HSDPA Dual Band High Speed Downlink Packet Access

DCCH Dedicated Control Channel

DCH Dedicated Channel

DC HSDPA Dual Carrier High Speed Downlink Packet Access

DCS 1800 (Digital Communication Service)

DRNS Drift RNS

DRM Digital Rights Management

DPCCH Dedicated Physical Control Channel

DPCH Dedicated Physical Channel

DPDCH Dedicated Physical Data Channel

DRX Discontinuous Reception

DSCH Downlink Shared Channel

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

DTCH Dedicated Traffic Channel

DTAP (Direct Transfer Application Part)

(E-DCH) Enhanced Dedicated Channel

E-GSM 900 (Extended GSM 900)

EIR (Equipment Identity Register)

EPC Evolved Packet Core

ETSI (European Telecommunication Standards Institute)

E-UTRA Evolved UMTS Terrestrial Radio Access

FAC (Final Assembly Code)

FACCH Fast Associated Control Channel

FACH Forward Access Channel

FCCH Frequency Correction Channel

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

FDD (Full Division Duplex)

FEC Forward Error Correction (FEC)

FER (Frame Error Rate).

FFH Fast Frequency Hopping (FFH)

FPLMTS (Future Public Land Mobile Telephone System)

GGSN (Gateway GPRS Support Mode)

GMM (GPRS Mobility Management)

GMSC (Gateway Mobile Switching Center)

GSM (Global System for Mobile)

GTT Global Text Telephony

GUP Generic User Profile

HARQ (Hybrid Automatic Retransmission Query)

HLR (Home Location Register)

HON (Handover Number)

HSDPA High Speed Downlink Packet Access

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

HSPA (High Speed Packet Access)

HSN Hopping Sequence Number

IMEI (International Mobile Equipment Identity)

IMS IP Multimedia Subsystem

IMSI (International Mobile Subscriber Identity)

IMT-2000 (International Mobile Telecommunications – 2000)

IN Intelligent Network

IP (Internet Protocol)

ITU (International Telecommunication Union)

ITU-R (International Telecommunications Union Radiocommunications Sector)

ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunications Standardization Sector)

L1 Layer 1

L2 Layer 2

L3 Layer 3

LA Location Area

LAC (Location Area Code)

LAPDm (Link Access Protocol in the D Channel)

LTE (Long Term Evolution)

MAC (Medium Access Control)

MAIO (Mobile Allocation Index Offset)

MAP (Mobile Application Part)

MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service)

MCC (Mobile Country Code)

MGCF Media Gateway Control Function

MGW Media GateWay

MM Mobility Management

MNC (Mobile Network Code)

MAHO Mobile Assisted Hand Over

MIMO (Multiple Input Multiple Output).

MM (Mobility Management)

MMS (Multimedia Messaging Service)

MRF Media Resource Function

MS (Mobile Station)

MSC (Mobile Switching Center)

MSIN (Mobile Station Identification Code)

MSIDN (Mobile Station ISDN Number)

MTP (Message Transfer Part)

NCC (National Color Code)

NDC National Destination Code

NMC (Network Management Centre)

NAS Non Access Stratum

NRT Non Real Time

(Network Switching Subsystem) (NSS)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

OMC (Operation & Maintenance Centre)

Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G
OMS (Operation and Maintenance Subsystem)

OSA Open Service Architecture

(OSS) (Operation Subsystem)

OSVF Orthogonal Variable Spreading Factor Codes

P-CCPCH Primary Common Control Physical Channel

PCPCH Physical Common Packet Channel

PDCP (Packet Data Convergence Protocol)

PDP Packet Data Protocol

PDSCH Physical Downlink Shared Channel

PCCH Paging Control Channel

PCH Paging Channel

PCS (Personalization Centre for SIM Cards)

PCM (Pulse Code Modulation)

PDU (Protocol Data Unit)

P-GSM 900 (Primary GSM)

PHY Physical Layer

PUSCH Physical Uplink Shared Channel

PICH Paging Indication Channel

PLMN (Public Land Mobile Network)

PRACH Physical Random Access Channel

P-SCH Primary Synchronization Channel

PSTN (Public Switched Telephone Network)

QoS (Quality of Service)

RA Routing Area

RAB Radio Access Bearer

RACH Random Access Channel

RAN Radio Access Network

R-GSM 900 (Railways GSM 900)

RLC (Radio Link Control)

RNC (Radio Network Controller)

RNS Radio Network Subsystems

RRC (Radio Resource Control)

RRM (Radio Resource Management)

RSCP (Received Signal Code Power) (dBm)

RSSI (Received Signal Strength Indicator)

SACCH Slow Associated Control Channel

SAE System Architecture Evolution

SC Scrambling Code

S-CCPCH Secondary Common Control Physical Channel

SCH Synchronization Channel

SCCP (Signaling Connection Control Part)

SDCCH Stand Alone Dedicated Control Channel

SDU (Service Data Unit)

SFN System Frame Number

S-GW Serving Gateway

SHCCH Shared Channel Control Channel

SIP Session Initiated Protocol

SM (Session Management)

SF (Spreading Factor)

SFH Slow Frequency Hopping

SGSN (Serving GPRS Support Mode)

SIM (Subscriber Identity Module)

SIR (Signal to Interference Ratio)

SN (Serial Number)

SRNS Serving RNS

SS Supplementary Services

S-SCH Secondary Synchronization Channel

Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G
TA (Time Advance)

TAC (Type Approval Code)

TC (Transcoder)

TCAP (Transaction Capabilities Application Part)

TDD (Time Division Duplex)

(TCH/EFR) Traffic Channel Enhanced Full Rate

(TCH/FDS) Traffic Channel Full Rate Speech

(TCH/FS) Traffic Channel Full Rate Speech

(TCH/HS) Traffic Channel Half Rate Speech

TFCI Transport Format Combination Identifier

TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)

TDMA (Time Division Multiple Access)

TDM (Time Division Multiplexing)

ΤΨΗ Traffic Channels

(TRXs) (Transceivers)

(Tx) Transmit Power

UARFCN (UMTS Absolute RF Channel Number)

UE (Users Equipment)

UHF (Ultra High Frequencies)

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

USCH Uplink Shared Channel

UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)

UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

VNO Virtual Network Operator

VHE (Virtual Home Environment)

VLR (Visitor Location Register)

WCDMA (Wide Code Division Multiple Access)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών αποτελούν ίσως τον πλέον ραγδαία εξελισσόμενο κλάδο επικοινωνιών στις ημέρες μας. Ιστορικά η εξελικτική πορεία των δικτύων κινητών επικοινωνιών έχει ως αφετηρία τα αναλογικά δίκτυα 1^{ης} γενιάς, τα οποία αναπτύχθηκαν μεταπολεμικά σε διάφορες χώρες. Η επόμενη τομή στην εξέλιξη τους εντοπίζεται στις δεκαετίες του '80 και του '90 με την ανάπτυξη προτύπων και αντίστοιχων βιομηχανικών συστημάτων 2^{ης} γενιάς. Ουσιαστικά, τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών 2^{ης} γενιάς είναι δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και το πλέον εμβληματικό παράδειγμα αυτών είναι το δίκτυο GSM (Global System for Mobile) [1]-[2]. Στην πορεία του χρόνου η στρατηγική κατεύθυνση εξέλιξης των δικτύων κινητών επικοινωνιών προσανατολίστηκε στην ανάπτυξη ενός δικτύου, το οποίο θα μπορούσε να υποστηρίξει μία ευρεία γκάμα υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών δεδομένων στις διάφορες εκδοχές τους, όπως web browsing, video streaming, mail κ.ο.κ.

Στο πλαίσιο αυτού του στρατηγικού στόχου πραγματοποιήθηκε η μετάβαση στα δίκτυα 3^{ης} γενιάς UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), τα οποία είχαν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν τις διαφοροποιημένες απαιτήσεις ετερογενών υπηρεσιών, όπως είναι αυτές της φωνής και των υπηρεσιών δεδομένων [3]-[6]. Στην αρχική εκδοχή (Release 99) του 3G WCDMA (Wideband CDMA) UMTS δικτύου κινητών επικοινωνιών προστέθηκαν σταδιακά επόμενες εκδοχές, οι οποίες οδήγησαν στα συστήματα επόμενης γενιάς 4G LTE (Long Term Evolution) [7]. Οι αλλαγές που εισάγονται στα δίκτυα 4G αφορούν τόσο το τμήμα της ασύρματης πρόσβασης, όσο και αυτό το εσωτερικού του δικτύου, το λεγόμενο Core Network (CN). Σε ότι αφορά την ασύρματη πρόσβαση, η εισαγωγή τεχνολογιών, όπως το OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) και το MIMO (Multiple Input-Multiple Output), αναβάθμισαν σημαντικά τις ταχύτητες μετάδοσης και την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS, Quality of Service). Με κορμό την επέκταση των προαναφερόμενων τεχνολογιών (OFDM/MIMO) η εξέλιξη των δικτύων κινητών επικοινωνιών έχει οδηγήσει στις ημέρες μας στην ανάπτυξη και τη λειτουργία των δικτύων 5^{ης} γενιάς.

Αντικείμενο-Σκοπός-Στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Η στοχαστική φύση της απόκρισης του ασύρματου καναλιού πρόσβασης [8]-[10] σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά ρευστότητας της συνδρομητικής βάσης λόγω της κινητικότητας των χρηστών (user mobility) διαμορφώνουν ένα απαιτητικό πρόβλημα προς επίλυση/διαχείριση για τους τηλεπικοινωνιακούς μηχανικούς. Μάλιστα, αρκετά από τα προβλήματα που ανακύπτουν κατά τη σχεδίαση-λειτουργία-υποστήριξη ενός δικτύου κινητών επικοινωνιών έχουν παρεμφερή χαρακτηριστικά σε όλες τις γενιές δικτύων. Για παράδειγμα, το ζήτημα της κάλυψης, των παρεμβολών, του χωροταξικού εντοπισμού των κινητών χρηστών και των χρονικά εξελισσόμενων αναγκών του δικτύου παραμένουν σε μεγάλο βαθμό αναλλοίωτα προβλήματα και αντιμετωπίζονται με την ίδια βασική φιλοσοφία σε παραλλαγές που οφείλονται στο διαφορετικό τρόπο λειτουργίας του εκάστοτε τύπου δικτύου.

Ένας κοινός τύπος διαχείρισης για όλα τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών αφορά την αναγκαιότητα να επιτηρείται μέσω μετρήσεων καταρχάς η λειτουργία του δικτύου και στη συνέχεια, μέσω της επεξεργασίας των μετρήσεων, να εξάγονται συμπεράσματα για παρεμβάσεις βελτιστοποίησης των επιδόσεών του. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να χρησιμοποιήσει το

διαθέσιμο μετρητικό εξοπλισμό του εργαστηρίου των δικτύων κινητών επικοινωνιών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών [11]-[17], ώστε να επιδείξει:

α) τις δυνατότητες ως προς τη διεξαγωγή μετρήσεων σε δίκτυα 2G GSM-3G WCDMA UMTS και κυρίως,

β) τις ερμηνευτικές δυνατότητες ως προς τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και

γ) τις δυνατότητες βελτιστοποίησης της λειτουργίας των υπό μέτρηση δικτύων βάσει της καταγραφής των υφιστάμενων επιδόσεων τους.

Ο διαθέσιμος για τη διπλωματική εργασία εξοπλισμός έχει παραχωρηθεί με τη μορφή δωρεάς από την **Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων** και έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει μετρήσεις και στους τρεις παρόχους κινητών επικοινωνιών της Ελλάδος. Η δυνατότητα αυτή του μετρητικού συστήματος επιτρέπει:

Δ) την καταγραφή των διαφορών και των ομοιοτήτων ανάμεσα στα τρία δίκτυα σε ότι αφορά τη διαχείριση της λειτουργίας τους και τις επιδόσεις, τις οποίες επιτυγχάνουν.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία υλοποίησης των στόχων της παρούσας διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει τους ακόλουθους δραστηριότητες:

α) μελέτη της βιβλιογραφίας, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών ETSI ETSI (European Telecommunications Standard Institute) και 3GPP2 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2) προδιαγραφών, προκειμένου να κατανοηθεί ο τρόπος λειτουργίας των υπό μέτρηση δικτύων και κυρίως η σημασία των μετρούμενων μεγεθών.

β) χρήση του μετρητικού συστήματος ROMES του οίκου Rohde & Schwarz προκειμένου να πραγματοποιηθούν μετρήσεις και στα τρία δίκτυα 2G GSM – 3G WCDMA UMTS κινητών επικοινωνιών, τα οποία λειτουργούν στην Ελλάδα,

γ) Επεξεργασία των μετρήσεων προκειμένου να ερμηνευτούν οι μετρήσεις και να αξιολογηθούν οι επιδόσεις και οι διαχειριστικές ομοιότητες - διαφορές ανάμεσα στα τρία δίκτυα.

Καινοτομία

Η διεξαγωγή συγκριτικών μετρήσεων σε τρία εν λειτουργία δίκτυα και η επίδειξη ενός σχήματος ερμηνείας και αξιολόγησης των μετρήσεων κρίνεται ως η κύρια καινοτομία της παρούσας εργασίας.

Δομή

Η Δομή της διπλωματικής εργασίας έχει ως εξής: Τα Κεφάλαια 1 και 2 παρουσιάζουν συνοπτικά τις αρχές λειτουργίας των δικτύων κινητών επικοινωνιών 2G GSM και 3G WCDMA UMTS, αντίστοιχα. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται και αναλύονται οι μετρήσεις τόσο ως προς τον τρόπο χειρισμού του μετρητικού συστήματος όσο και ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τέλος, στο Κεφάλαιο 4 συνοψίζονται τα συμπεράσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων και προτείνονται μελλοντικές προεκτάσεις με αφετηρία αυτά τα αποτελέσματα.

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Θεωρητικό Υπόβαθρο GSM

1.1 Αρχές Λειτουργίας GSM Δικτύων

1.1.1 Εισαγωγή στο GSM

Το 1982 το **GSM (Global System for Mobile)** αποτέλεσε το ψηφιακό δίκτυο κινητών επικοινωνιών **δεύτερης γενιάς (2G, Second Generation)**. Το GSM σε σχέση με το προηγούμενο αναλογικό δίκτυο **πρώτης γενιάς (1G, First Generation)** πρόσφερε ψηφιακές υπηρεσίες φωνής και μεταφοράς δεδομένων αλλά με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Το GSM δημιουργήθηκε από τον οργανισμό **CEPT (Conference of European Postal and Telecommunications)** και η δομή του είναι κυψελωτή. Κάθε κυψέλη ή αλλιώς κελί περιλαμβάνει σταθμό βάσης και κεραία, η οποία καλύπτει μια έκταση. Το **κινητό ή MS (Mobile Station)** συνδέεται ασύρματα με τον σταθμό βάσης και ενσύρματα με το κέντρο μεταγωγής. Η μετατροπή του σήματος φωνής σε ψηφιακό σήμα στη ζώνη συχνοτήτων **UHF (Ultra High Frequencies)** γίνεται γύρω από τα 900MHz με κανάλια εύρους ζώνης 200kHz. Κάθε χρήστης έχει το δικαίωμα στην επανεπιλογή κελιού αν αυτό είναι αναγκαίο ώστε να υπάρχει διαρκής επικοινωνία. Τα πλεονεκτήματα που έχει το GSM σε σχέση με τα προηγούμενα δίκτυα είναι καλύτερη ποιότητα φωνής, η συμβατότητα με δίκτυα πολλών χωρών και η καλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος που σημαίνει μεγαλύτερη χωρητικότητα σε κάθε κελί. Το 1991 έγινε μια σημαντική προσθήκη η οποία ονομάζεται **DCS 1800 (Digital Communication Service)**, η οποία σχεδιάστηκε από το **ETSI (European Telecommunication Standards Institute)** και οι προδιαγραφές του βασίζονται στο GSM, διότι έχει παρόμοια αρχιτεκτονική και λειτουργία. Οι τομείς στους οποίους διαφοροποιείται είναι ότι λειτουργεί σε περιοχή συχνοτήτων των 1800MHz και απαιτείται λιγότερη στάθμη εκπομπής. Οι υπόλοιπες επεκτάσεις GSM και οι συχνοτήτες τους δεν χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη.

1.1.2 Συχνότητες και Κανάλια GSM

Το 1990 έγινε η έναρξη χρήσης των δικτύων GSM 900 στα 900MHz με εύρος ζώνης 200kHz. Το κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται από κάποιο MS κάθε φορά ορίζεται από τον σταθμό βάσης. Ο σταθμός βάσης διαχειρίζεται μεγάλο αριθμό καναλιών ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας την τεχνική **TDMA (Time Division Multiple Access)**. Σε κάθε κανάλι υπάρχει η δυνατότητα για οκτώ ενεργές κλήσεις χάρις την τεχνική TDMA (Time Division Multiple Access), διότι το MS δεν εκπέμπει συνεχώς αλλά μόνο κάθε 4.615 mS ή 217 φορές το δευτερόλεπτο. Οι παρακάτω Uplink και Downlink συχνότητες που περιγράφονται παραχωρήθηκαν από την **ITU (International Telecommunication Union)**. Η πρώτη έκδοση του **P-GSM 900 (Time GSM)** χρησιμοποιεί το εύρος συχνοτήτων 935MHz έως 960MHz για την Downlink κατεύθυνση, δηλαδή για την επικοινωνία σταθμού βάσης (δικτύου) προς το MS. Οι Uplink συχνότητες του GSM 900 είναι 890MHz έως 915MHz και χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία MS προς το δίκτυο. Στη συνέχεια ακολούθησε επέκταση του GSM 900 στο **E-GSM 900 (Extended GSM 900)** και στο **R-GSM 900 (Railways GSM 900)**. Τα κανάλια Downlink του E-GM 900 έχουν εύρος συχνοτήτων: 925MHz έως 960MHz και Uplink 890MHz έως 915MHz. Το R-GSM χρησιμοποιεί το εύρος συχνοτήτων: 900 Downlink 921MHz έως 960MHz και Uplink 876MHz έως 915MHz.

Στην Ελλάδα στο E-GSM 900 η Cosmote χρησιμοποιεί τα κανάλια 0, 975 έως 1023, η Vodafone στο P-GSM 900 τα κανάλια 51 έως 124 και η Wind στο P-GSM 900 τα κανάλια 1 έως 50.

Στο GSM 900 το Carrier Spacing είναι 200kHz και η απόσταση αμφίδρομης επικοινωνίας (Frequency Duplex) Uplink/Downlink είναι 45kHz. Το μήκος κύματος στο GSM 900 είναι 33cm. Στα GSM E και R το Bandwidth είναι 35MHz ενώ στο P-GSM είναι 25MHz. Επίσης στο P-GSM έχουμε 124 κανάλια, στο E-GSM 173 κανάλια ενώ στο R-GSM 193 κανάλια. Στη συνέχεια για το DCS 1800 το οποίο αποτέλεσε επέκταση του GSM 900, οι συχνότητες Downlink έχουν εύρος 1805MHz έως 1880MHz ενώ οι Uplink συχνότητες 1710MHz έως 1785MHz. Τριπλασιάζεται το εύρος ζώνης το οποίο σημαίνει ότι τριπλασιάζονται και τα κανάλια σε σχέση με το GSM. Η τεχνική TDMA η οποία χρησιμοποιείται και στο DCS 1800 έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα για οκτώ ζεύξεις στο ίδιο κανάλι. Άρα σε σχέση με το GSM η χωρητικότητα ανά κελί είναι τριπλάσια στο DCS 1800. Η υψηλή συχνότητα εκπομπής η οποία προκαλεί υψηλή απόσβεση στα σήματα και η χαμηλή ισχύς εκπομπής σε σχέση με το GSM έχουν ως αποτέλεσμα πιο μικρή εμβέλεια δηλαδή μικρότερο μέγεθος ανά κελί. Η μέγιστη απόσταση κάλυψης στο GSM είναι 35 χιλιόμετρα ενώ στο DCS 1800 είναι 8 χιλιόμετρα. Το DCS 1800 όμως λόγω μικρότερων κυψελών και υψηλότερης συχνότητας προσφέρει καλύτερη απόδοση και πιο μικρά κενά στην κάλυψη με αποτέλεσμα να είναι πιο χρήσιμο για πυκνοκατοικημένες περιοχές.

Στην Ελλάδα το DCS 1800 χρησιμοποιείται από τους παρόχους Cosmote, Vodafone και Wind. Η Cosmote στο DCS 1800 χρησιμοποιεί τα κανάλια 811 έως 885 με συχνότητες 1865MHz έως 1879.8MHz, η Vodafone χρησιμοποιεί τα κανάλια 637-710 με συχνότητες 1830.2MHz έως 1844.8MHz ενώ η Wind τα κανάλια 512 έως 585 με συχνότητες 1805.2MHz έως 1819.8MHz.

Στο DCS 1800 το Carrier Spacing είναι 200kHz και η απόσταση αμφίδρομης επικοινωνίας (Frequency Duplex) Uplink/Downlink είναι 95kHz. Το Bandwidth είναι 75kHz και το μήκος κύματος 17cm.

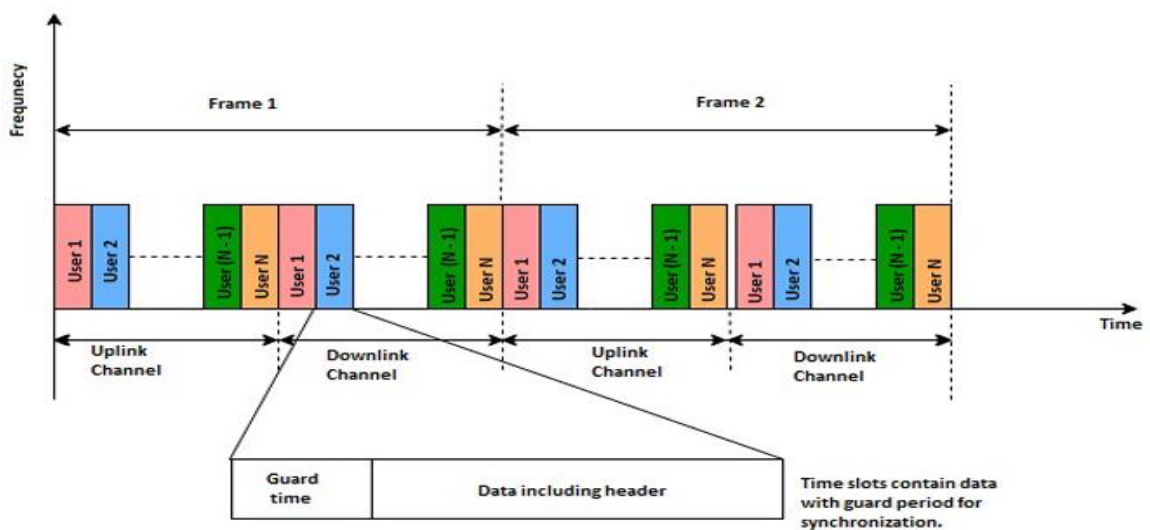
Ο αριθμός με τον οποίο ταυτοποιείται το κάθε κανάλι στο GSM 900 και στο DCS 1800 ονομάζεται **ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number)**. Η συνδυασμένη χρήση τεχνικών πολλαπλής πρόσβασης **FDMA (Frequency Division Multiple Access)** και **TDMA** στις προαναφερόμενες ζώνες συχνοτήτων του συστήματος καθιστά διαθέσιμα προς χρήση τα εξής ζεύγη φερουσών συχνοτήτων: στο P-GSM 900 υπάρχουν 124 ζεύγη φερουσών συχνοτήτων ενώ στο DCS 1800 υπάρχουν 374 διαθέσιμα ζεύγη φερουσών. Οι φέρουσες συχνότητες μεταφέρουν 8 φυσικά κανάλια GSM με τη χρήση TDMA πολυπλεξίας χρόνου. Η μετάδοση των δεδομένων στα κανάλια GSM γίνεται με Ριπές (Bursts) σε χρονοθυρίδες (timeslots) και ο συνολικός ρυθμός μετάδοσης είναι 270 kbps. Έτσι το MS μεταδίδει πληροφορία (δείγματα φωνής) ανά τακτά χρονικά διαστήματα και όχι συνεχόμενα. Ένα σύνολο 8 χρονοσχισμών αποτελεί ένα **Πλαίσιο (Frame)** με διάρκεια 4.615ms ικανότητα μετάδοσης 1250 bits. Κάθε κανάλι χρησιμοποιεί μια χρονοθυρίδα που έχει μήκος 0.577ms με ικανότητα μετάδοσης 156.25 bits. Η διαφορά χρόνου εκπομπής και λήψης είναι 3 χρονοθυρίδες, ενώ η περιοδική επανεκπομπή γίνεται κάθε 8 χρονοθυρίδες, δηλαδή ένα Frame για κάθε κανάλι Uplink και Downlink. Τα κυριότερα μεγέθη τα οποία έχουν αναφερθεί έως αυτό το σημείο καταγράφονται στους Πινάκες 1.1 και 1.2. Ο Πίνακας 1.1 συνοψίζει τις πληροφορίες σχετικά με τη φασματική κατανομή των ζωνών λειτουργίας των διάφορων εκδοχών του GSM, ενώ ο Πίνακας 1.2 καταγράφει την κατανομή των διαθέσιμων καναλιών ARFCN ανάμεσα στους τρεις παρόχους που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα. Τέλος, στην Εικόνα 1.1 φαίνεται η δομή του TDMA πλαισίου.

	P-GSM	E-GSM	R-GSM	DCS 1800
Uplink Frequencies	890-915 MHz	880-915 MHz	876-915 MHz	1710-1785 MHz
Downlink Frequencies	935-960 MHz	925-960MHz	921-960MHz	1805-1880 MHz
Duplex Frequency	45 MHz	45 MHz	45 MHz	95 MHz
Channels	124	173	193	374
Wavelength	~33 cm	~33 cm	~33 cm	~17 cm
Bandwidth	25 MHz	35 MHz	35 MHz	75 MHz
Carrier Spacing	200 kHz	200 kHz	200 kHz	200 kHz
Transmission Rate	270 kbits/s	270 kbits/s	270 kbits/s	270 kbits/s

Πίνακας 1.1 GSM Ζώνες Συχνοτήτων [12]

	Cosmote	Vodafone	Wind
GSM900	0, 975-1023	51-124	1-50
DCS1800	811-885	637-710	512-585

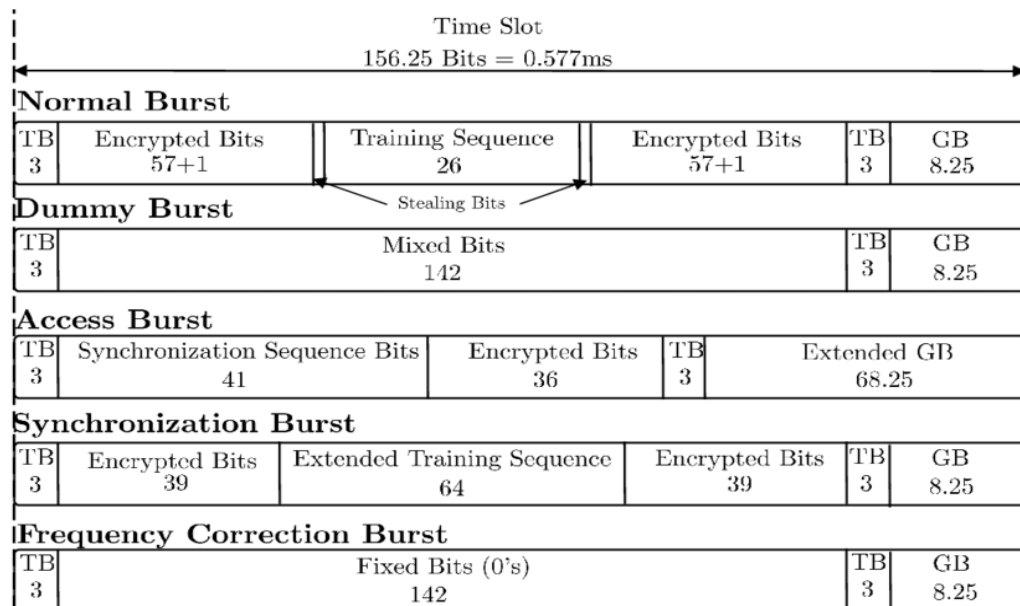
Πίνακας 1.2 Αριθμοί καναλιών GSM 900 και DCS 1800 [12]



Εικόνα 1.1 TDMA Πλαίσιο (Frame) Uplink/Downlink [18]

Οι τύποι **ριπών** στο GSM, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στην Εικόνα 1.1, είναι οι ακόλουθοι:

- 1) **Κανονική ριπή (Normal Burst):** είναι ο συνηθέστερος τύπος ριπής στο GSM εκπεμπόμενος σε μία χρονοθυρίδα από το MS ή από το BSS.
- 2) **Ριπή τυχαίας προσπέλασης (Random Access Burst):** χρησιμοποιείται όταν το MS εκπέμπει σε τυχαίες χρονικές στιγμές ώστε να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο.
- 3) **Ριπή διόρθωσης συχνότητας (Frequency Correction Burst):** χρησιμοποιείται για το συντονισμό του MS με την κύρια συχνότητα του συστήματος.
- 4) **Ριπή Συγχρονισμού (Synchronization Burst):** περιέχει δεδομένα τα οποία είναι **BSIC (Base Station Identity)**, **BCC (Base Station Code)**, **NCC (National Color Code)** και χρησιμοποιείται για την διαφοροποίηση των δικτύων σε δύο γειτονικές χώρες αν χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα (Beacon Frequency) για πρόσβαση των MS στο δίκτυο. Τέλος, τα δεδομένα τα οποία κωδικοποιούνται φέρουν την πληροφορία που δείχνει το αριθμό πλαισίου TDMA προσφέροντας και υπηρεσίες συγχρονισμού προς το MS .
- 5) **Εικονική Ριπή (Dummy Burst):** όταν κάποια χρονοθυρίδα δεν χρησιμοποιείται προσωρινά μεταδίδεται αυτή η ριπή, η οποία δεν περιέχει πληροφορίες.

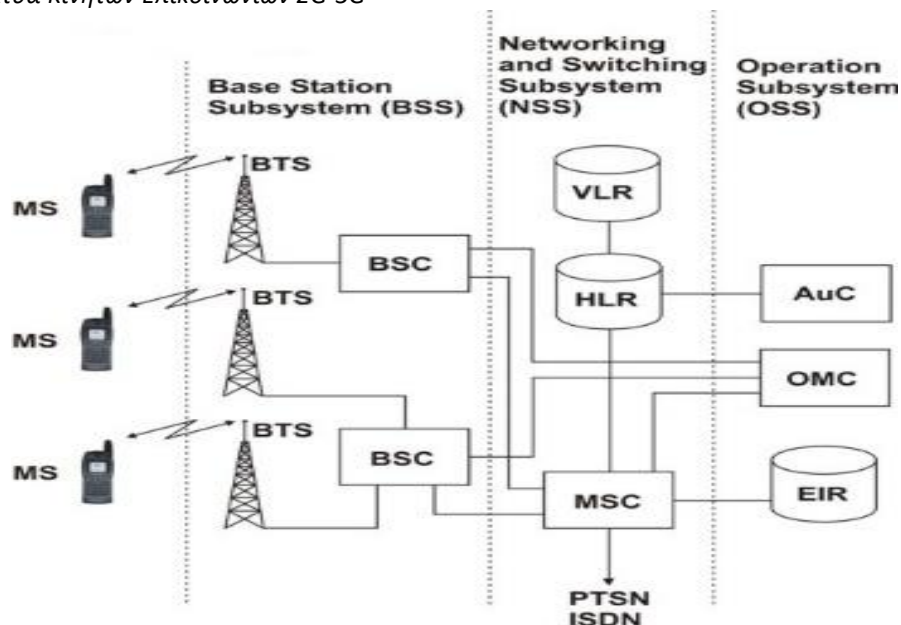


Εικόνα 1.2 Δομή Ριπών GSM [19]

1.1.3 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM

Ένα δίκτυο GSM αποτελείται από κόμβους και υποσυστήματα τα οποία υλοποιούν συγκεκριμένες λειτουργίες και υπό αυτήν την έννοια συνθέτουν ένα καταμερισμό εργασίας, ο οποίος στο σύνολο του εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο παρέχονται οι υπηρεσίες του δικτύου. Συγκεκριμένα, η αρχιτεκτονική του δικτύου, η οποία απεικονίζεται στην Εικόνα 1.3, περιλαμβάνει τα εξής:

- 1) Κινητός σταθμός (Mobile Station, MS)
- 2) Υποσύστημα σταθμού βάσης (Base Station Subsystem, BSS) ή Υποσύστημα πρόσβασης
- 3) Υποσύστημα δικτύου και μεταγωγής (Network Switching Subsystem, NSS) ή δίκτυο κορμού (Core Network, CN)
- 4) Υποσύστημα συντήρησης και λειτουργίας (Operation and Maintenance Subsystem, OMS) ή αλλιώς Υποσύστημα λειτουργίας και υποστήριξης (Operation Subsystem, OSS)



Εικόνα 1.3 Κόμβοι δικτύου GSM (MS, BSS, NSS, OSS) [20]

1.1.3.1 Mobile Station

Το **Mobile Station (MS)** είναι ο εξοπλισμός του κάθε χρήστη ώστε να έχει πρόσβαση στο δίκτυο και περιλαμβάνει τη συσκευή και την κάρτα SIM (Subscriber Identity Module) . Κάθε συσκευή ταξινομείται σε κλάση με βάση την ισχύ εκπομπής όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.3.

	GSM 900	DCS 1800
Κλάση	Ονομαστική μέγιστη ισχύς εξόδου	Ονομαστική μέγιστη ισχύς εξόδου
1		1W (30dBm)
2	8W (39dBm)	0.25W (24dBm)
3	5W (37dBm)	4W (36dBm)
4	2W (33dBm)	
5	0.8W (29dBm)	

Πίνακας 1.3 Κλάσεις ισχύος Mobile Stations [21]

Η αναγνώριση του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί ο κάθε χρήστης γίνεται μέσω του **IMEI (International Mobile Equipment Identity)**, το οποίο αποτελείται από 15 ψηφία στα οποία περιέχονται το **TAC (Type Approval Code)**, το **FAC (Final Assembly Code)**, το **SN (Serial Number)** και ένα ψηφίο το οποίο περισσεύει και αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων **EIR (Equipment Identity Register)**. Το TAC αναγνωρίζεται από το πρώτα 6 ψηφία του IMEI και υποδεικνύει τη χώρα και τον αριθμό έγκρισης του MS. Τα πρώτα 2 ψηφία του TAC αναπαριστούν τη χώρα έγκρισης. Τα επόμενα 2 ψηφία δείχνουν το FAC το οποίο αναπαριστά τον κατασκευαστή.

Τα τελευταία έξι ψηφία αντιπροσωπεύουν το SN το οποίο ταυτοποιεί μοναδικά κάθε MS σε συνδυασμό με το TAC και το FAC.

Εκτός από το IMEI το οποίο αναγνωρίζει το MS ως συσκευή υπάρχει και το **IMSI (International Mobile Subscriber Identity)** το οποίο αναγνωρίζει το MS ως συνδρομητή στο δίκτυο. Αποτελείται από το **MCC (Mobile Country Code)**, το **MNC (Mobile Network Code)** και το **MSIN (Mobile Station Identification Code)**. Το MCC αποτελείται από 3 ψηφία και αναγνωρίζει τη χώρα, ενώ το MNC αποτελείται επίσης από 3 ψηφία και αναγνωρίζει το δίκτυο στην εκάστοτε χώρα. Το MSIN αποτελείται από 10 ψηφία και ταυτοποιεί μοναδικά ένα MS σε συνδυασμό με το MCC και το MNC. Το IMSI περιέχεται στην κάρτα **Subscriber Identity Module (SIM)**, η οποία συνιστά ένα είδος εγγραφής στο δίκτυο, διότι περιέχει αριθμούς που ταυτοποιούν τον χρήστη που δίνουν τη δυνατότητα εισόδου του στο δίκτυο.

Για να αυξηθεί η ασφάλεια σε μια κλήση χρησιμοποιείται ένας περιστασιακός κωδικός **TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)**, ο οποίος αποδίδεται στο MS όταν καταγραφεί στη βάση δεδομένων **VLR (Visitor Location Register)** και εναλλάσσεται τακτικά ώστε να μειωθεί η πιθανότητα κακόβουλης καταγραφής του IMSI.

Επίσης, στο MS αποδίδεται ο αριθμός **MSIDN (Mobile Station ISDN Number)** που αναγνωρίζει το MS στο **PSTN (Public Switched Telephone Network)** δίκτυο ως καλούμενο αριθμό. Το MSIDN περιέχει τα **Country Code (CC)**, το **National Destination Code (NDC)** και το **Subscriber Number (SN)**, τα οποία καθορίζουν τον πάροχο και τον αριθμό κλήσης. Τέλος, η επικοινωνία του MS με το BSS γίνεται μέσω της διεπαφής Um.

1.1.3.2 Υποσύστημα Σταθμού Βάσης (BSS)

Το **υποσύστημα σταθμού βάσης (BSS)** αναλαμβάνει τη διαχείριση ραδιοπόρων (**Radio Resource Management (RRM)**) και παρέχει την απαιτούμενη ραδιοκάλυψη. Το BSS, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.4, αποτελείται από τα ακόλουθα:

1) Πομποδέκτης σταθμού βάσης (Base Transceiver Station, BTS)

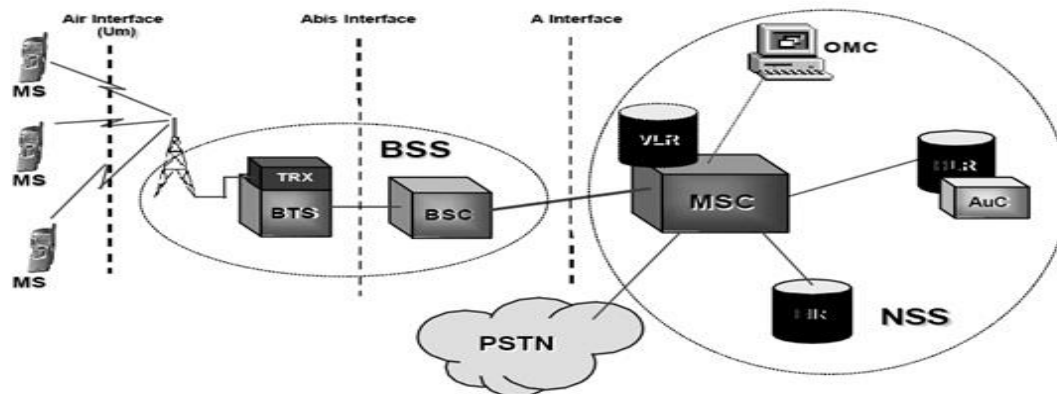
2) Ελεγκτής σταθμού βάσης (Base Station Controller, BSC)

Ο **πομποδέκτης σταθμού βάσης (BTS)** περιλαμβάνει 1 έως 16 πομποδέκτες (**Transceivers (TRXs)**) από τους οποίους κάθε ένας υποστηρίζει διαφορετικό κανάλι RF και υπό αυτήν την έννοια υλοποιεί τη τεχνική FDMA. Κάθε TRX έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με οκτώ διαφορετικά MS, μέσω 8 διαφορετικών χρονοθυρίδων, οι οποίες υλοποιούν την τεχνική TDMA. Ο πομποδέκτης σταθμού βάσης υποστηρίζει ένα ή περισσότερα κελιά και έχει ευθύνες όπως η προστασία, η διόρθωση σφαλμάτων, η κρυπτογράφηση, η πολυπλεξία, η διαμόρφωση και ο έλεγχος ποιότητας των σημάτων. Το μέγεθος του κελιού καθορίζεται από την ισχύ εκπομπής του BTS.

Ο **ελεγκτής σταθμού βάσης (BSC)** έχει υπό τον έλεγχό του τον σταθμό βάσης BTS και ο ρόλος του είναι η διαχείριση των συχνοτήτων, τι οποίες αποδίδει στα TRX, ώστε να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία. Άλλες σημαντικές λειτουργίες είναι το Handover, η αποσύνδεση ζεύξης όταν τερματιστεί μια κλήση, ο έλεγχος ισχύος για μείωση παρεμβολών και αύξηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας του MS.

Η επικοινωνία εντός του BSS καθώς και με τις συνεργαζόμενες τηλεπικοινωνιακές οντότητες γίνεται μέσω των διεπαφών **A-bis, Um (ή Air Radio Interface), A-ter και A** (Εικόνα 1.4). Η διεπαφή **Um** χρησιμοποιείται για την επικοινωνία MS και BTS και προσφέρει υπηρεσίες μεταφοράς πακέτων και κυκλωμάτων προς το MS σε μια ραδιοζεύξη. Η διεπαφή **A-bis**

χρησιμοποιείται για την επικοινωνία BSC και BTS. Η σηματοδότηση μεταξύ BSC και BTS, η οποία σχετίζεται με τα TRXs, μεταδίδεται με ρυθμό 16, 32 και 64kbps, όπου ο ρυθμός καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Η διεπαφή A χρησιμοποιείται για την επικοινωνία BSS και MSC (**Mobile Switching Center**). Η διεπαφή αυτή υποστηρίζει μετάδοση 64kbps και μεταφέρει πληροφορίες σηματοδότησης και δεδομένα χρήστη. Τα πρωτεύοντα πρωτόκολλα του A-Interface είναι τα **DTAP (Direct Transfer Application Part)** και **BSSMAP (Base Station Subsystem Management Part)**.



Εικόνα 1.4 BSS αρχιτεκτονική και Um, A-bis, A-διεπαφές [22]

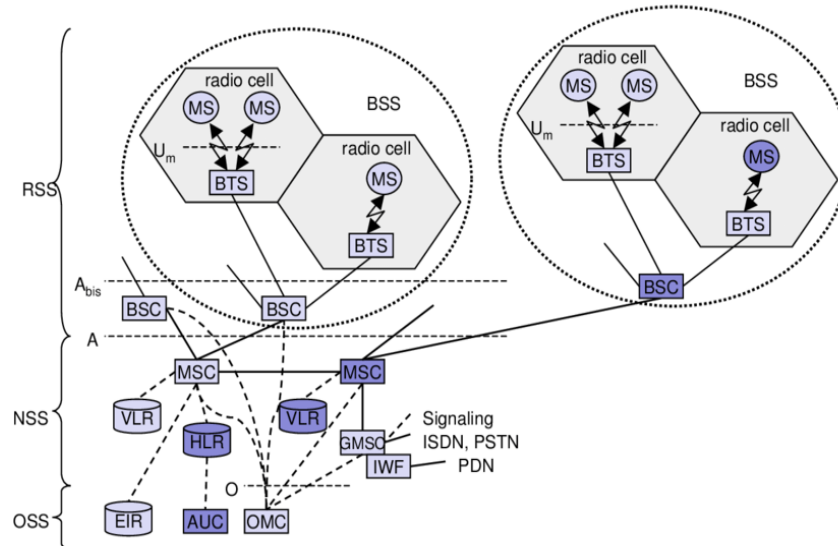
1.1.3.3 Υποσύστημα Δικτύου και Μεταγωγής (NSS)

Το υποσύστημα δικτύου και διαμεταγωγής (NSS) είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία MS και του PSTN δικτύου. Σύμφωνα με την Εικόνα 1.5, το NSS αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- 1) Κέντρο μεταγωγής (Mobile Switching Center) (MSC)
- 2) Διαβιβαστικό κέντρο μεταγωγής (Gateway MSC, GMSC (Gateway Mobile Switching Center))
- 3) Καταχωρητές
 - 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 την αρμοδιότητα της μεταγωγής κυκλωμάτων για την εξυπηρέτηση των MS σε μια περιοχή την οποία εξυπηρετεί (**MSC Service Area**). Οι λειτουργίες του MSC σχετίζονται με την ασφάλεια δεδομένων, τη διαχείριση της κινητικότητας (**Mobility Management, MM**) του χρήστη, τη σύνδεση με το BSS μέσω της διεπαφής A, τον έλεγχο των υπαγόμενων σε αυτό BSS, την προώθηση και τον έλεγχο των κλήσεων, τη σύνδεση με άλλα MSC ή **PLMN (Public Land Mobile Networks)**, τη συλλογή δεδομένων κλήσεων, την προώθηση μηνυμάτων σηματοδότησης στους καταχωρητές και στο **Billing Center** (Κέντρο χρέωσης).

Το διαβιβαστικό κέντρο μεταγωγής (GMSC) έχει τον ρόλο διεπαφής GSM με το δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας (**Public Switched Telephony Network/ Integrated Services Digital Network, PSTN/ISDN**). Στο πλαίσιο αυτό, δρομολογεί κλήσεις στο σταθερό δίκτυο τηλεφωνίας, παρέχει πληροφορίες για τα MS, εξασφαλίζει μεγαλύτερη χωρητικότητα αν χρειάζεται, διότι μπορεί να λειτουργήσει ως MSC, και μπορεί να αλληλοεπιδρά με το HLR.



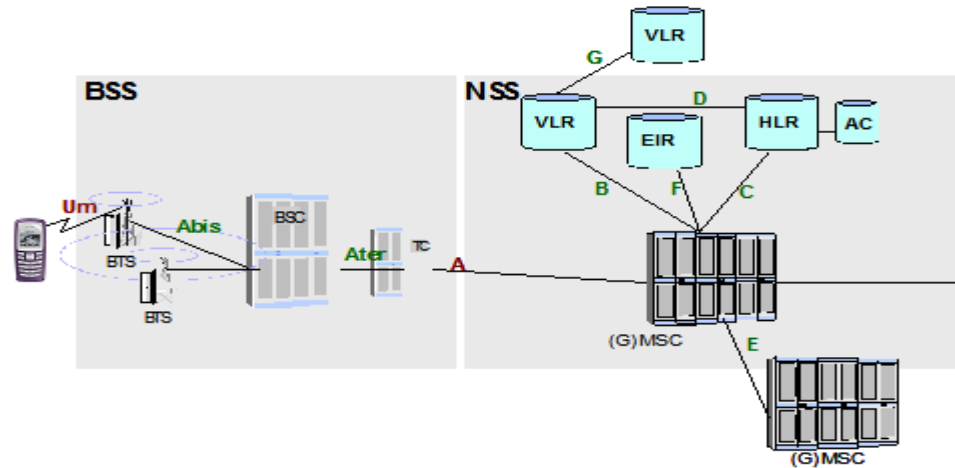
Εικόνα 1.5 OSS, NSS, BSS Architecture [23]

Ο **καταχωρητής οικείας θέσης (HLR)** είναι μια βάση δεδομένων, στην οποία παρέχονται πληροφορίες δρομολόγησης (Routing) για τις εισερχόμενες κλήσεις και SMS, ενώ είναι υπεύθυνος για την διατήρηση των πληροφοριών των συνδρομητών. Ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου μπορεί να υπάρχουν δύο καταχωρητές HLR. Τα δεδομένα της HLR διακρίνονται σε στατικά και δυναμικά. Τα στατικά δεδομένα σχετίζονται με δεδομένα όπως ο IMSI, ο αριθμό τηλεφώνου χρήστη και το κλειδί πιστοποίησης (Authentication Key). Τα δυναμικά δεδομένα είναι ο αριθμός εξερχόμενης κλήσης, οι πληροφορίες πιστοποίησης (**Authentication**) και κρυπτογράφηση (**Ciphering**) καθώς και οι πληροφορίες θέσης του MS, ώστε να γίνεται σωστά η δρομολόγηση κλήσης.

Ο **καταχωρητής θέσης επισκεπτών (VLR)** περιέχει όλα τα δεδομένα των συνδρομητών τα οποία χρειάζονται ώστε να γίνει διαχείριση των κλήσεων και της κινητικότητας των χρηστών, οι οποίοι βρίσκονται την δεδομένη στιγμή στην περιοχή η οποία ελέγχεται από το VLR.

Ο **καταχωρητής ταυτότητας εξοπλισμού (EIR)** είναι μια βάση δεδομένων η οποία παρέχει ασφάλεια στο δίκτυο GSM. Καταχωρούνται μέσω του IMEI οι σειριακοί αριθμοί (Serial Numbers) των MS, τα οποία έχουν κλαπεί ή λόγω προβλήματος δεν χρησιμοποιούνται. Το IMEI όπως ήδη έχει αναφερθεί περιγράφει τον κατασκευαστή, τη χώρα και τον τύπο συσκευής, έτσι ώστε π.χ. να ελέγχεται η ταυτότητα της συσκευής και εφόσον ταυτοποιηθεί ως κλεμμένη να μην έχει δικαίωμα πρόσβασης στο δίκτυο.

Η διαδικασία ταυτοποίησης γίνεται μέσω του MSC. Το **κέντρο πιστοποίησης (AUC)** είναι μια βάση δεδομένων, η οποία παρέχει ασφάλεια και περιέχει αντίγραφο αλγορίθμου πιστοποίησης κάθε χρήστη, ο οποίος υπάρχει επίσης στις SIM και χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση των συνδρομητών και την κρυπτογράφηση των δεδομένων που ανταλλάσσουν στον αέρα.



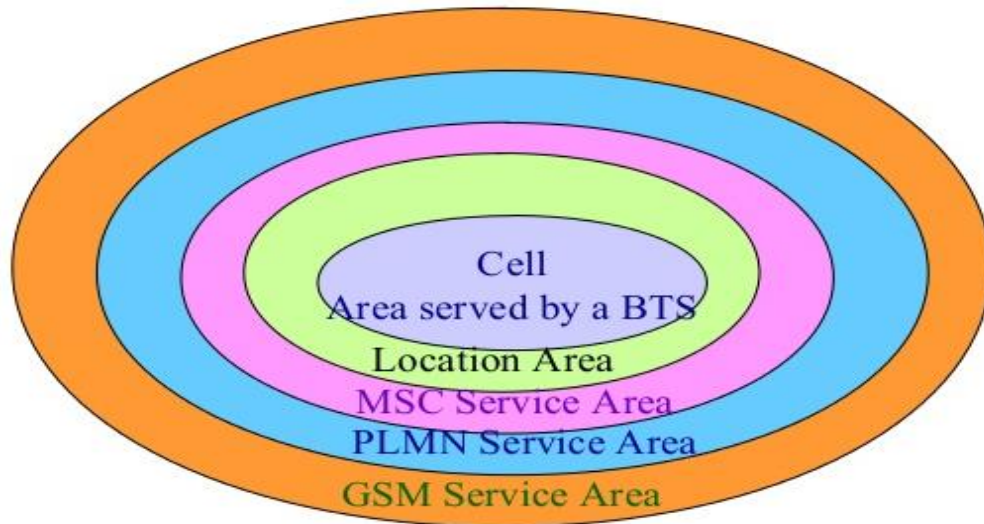
Εικόνα 1.6 NSS Διεπαφές [24]

Στην **Εικόνα 1.6** περιγράφονται οι διεπαφές, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην σύνδεση των καταχωρητών με το MSC. Εξαιρώντας τις διεπαφές οι οποίες περιγράφηκαν στην παράγραφο **1.3** οι διεπαφές **B, C, D, F, G** έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά δηλαδή μεταφέρουν μηνύματα σηματοδοσίας SS7, ενώ η διεπαφή **E** χρησιμοποιείται για μεταφορά δεδομένων χρήστη και σηματοδοσία SS7. Οι διεπαφές αυτές συνδέουν τις οντότητες του NSS. Τα μηνύματα σηματοδοσίας εντός του CN, δηλ. ανάμεσα στα MSC/GMSC, αφορούν το σύστημα σηματοδοσίας **SS7 (Signalling System 7)**.

1.1.3.4 Υποσύστημα Συντήρησης και Λειτουργίας (OMS)

Η λειτουργία του GSM βασίζεται στον ορισμό (γεωγραφικών) περιοχών με διαφορετικές λειτουργίες όπως χαρακτηριστικά αναπαριστάται στην Εικόνα 1.7. Για παράδειγμα, μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες του δικτύου GSM είναι το **Location Update**, δηλαδή η ενημέρωση του MSC από το MS για την τρέχουσα θέση (περιοχή) του, ώστε να γίνονται σωστά οι προωθήσεις κλήσεων. Στο πλαίσιο αυτό, οι περιοχές στις οποίες χωρίζεται το δίκτυο GSM είναι οι εξής:

- 1)**GSM Service Area:** η περιοχή στην οποία υπάρχουν υπηρεσίες δικτύου GSM.
- 2)**PLMN Service Area (Public Land Mobile Network):** όλα τα GSM δίκτυα τα οποία υπάρχουν σε μια χώρα.
- 3)**MSC Service Area:** η περιοχή του δικτύου, η οποία ελέγχεται από ένα MSC και το MS έχει δικαίωμα πρόσβασης αν έχει καταχωρηθεί στο VLR.
- 4)**LA (Location Area):** η περιοχή με κελιά στην οποία βρίσκεται ένας χρήστης και στην οποία μεταδίδονται paging μηνύματα για τον εντοπισμό του κάθε συνδρομητή σε περίπτωση εισερχόμενων κλήσεων.
- 5)**Κυψέλη ή κελί (Cell) :** το κελί αναπαριστά μια γεωγραφική περιοχή στην οποία συνδέεται ένα MS.



Εικόνα 1.7 Περιοχές Δικτύου GSM [25]

1.1.4 Λογικά Κανάλια GSM

Τα φυσικά κανάλια είναι οι χρονοθυρίδες του πλαισίου TDMA στα οποία διακινούνται μεταξύ MS και BSS διαφορετικοί τύποι πληροφοριών. Κάθε λογικό κανάλι εξυπηρετείται από ένα φυσικό κανάλι και καθορίζεται από τον τύπο πληροφοριών τις οποίες μεταφέρει. Τα λογικά κανάλια έχουν ρυθμούς μετάδοσης έως 22.8kbps και χωρίζονται στις δύο ακόλουθες κατηγορίες :

- 1) **Traffic Channels (TCH):** Μεταφέρουν δεδομένα φωνής του χρήστη.
- 2) **Control Channels (CCH):** Μεταφέρουν μηνύματα σηματοδότησης και συγχρονισμού μεταξύ MS και BSS.

Τα **Traffic Channels** έχουν την αρμοδιότητα μεταφοράς κωδικοποιημένης φωνής και δεδομένων χρήστη σε Uplink και Downlink κατεύθυνση. Τα δεδομένα μεταδίδονται με ρυθμούς 9.6, 4.8 και 2.4kbps ανάλογα με τις δυνατότητες της συσκευής ή/και τις επιλογές του δικτύου. Οι τύποι των καναλιών traffic είναι οι εξής:

- 1) **Traffic Channel Full Rate Speech (TCH/FS):** είναι κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται για τη μετάδοση φωνής με ρυθμό 22.8kbps. Ονομάζεται και **Bearer Mobile Channel (Bm)**
- 2) **Traffic Channel Half Rate Speech (TCH/HS):** Είναι κανάλι το οποίο χρησιμοποιείται για τη μετάδοση φωνής με ρυθμό 11.4kbps. Λειτουργεί συμπιέζοντας τα δεδομένα χωρίς μείωση της ποιότητας φωνής με σκοπό να διπλασιαστεί η χωρητικότητα του δικτύου. Ονομάζεται και **Low Mobile Channel (Lm)**
- 3) **Traffic Channel Full Rate 9.6/4.8/2.4:** Κανάλι το οποίο μεταδίδει δεδομένα με ρυθμούς 9.6/4.8/2.4kbps ανάλογα με τις δυνατότητες του MS.
- 4) **Traffic Channel Half Rate 4.8/2.4:** Χρησιμοποιείται για μετάδοση δεδομένων σε ένα κανάλι Half Rate με ρυθμούς 4.8/2.4kbps ανάλογα τις δυνατότητες του MS.
- 5) **Traffic Channel Enhanced Full Rate (TCH/EFR):** Η κωδικοποίηση EFR προσφέρει καλύτερη ποιότητα φωνής με ίδιο ρυθμό μετάδοσης.
- 6) **Traffic Channel Full Rate Speech (TCH/FDS):** Υποστηρίζει υπηρεσίες όπως Voice group calls και είναι πάντα Downlink.

Με τη σειρά τους τα **Control Channels** χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

- 1) **Broadcast Channels (BCH):** Χρησιμοποιούνται για να εκπέμψουν από το BTS απευθύνοντας πληροφορίες προς όλους τους χρήστες, π.χ. παρέχουν στο MS πληροφορίες τοποθεσίας συγχρονισμού και εισόδου στο δίκτυο.

2) Common Control Channels (CCCH): Υποστηρίζει διαδικασίες για την εγκατάσταση ζεύξης με το δίκτυο.

3) Dedicated Control Channels (DCCH): Χρησιμοποιείται για σηματοδότηση μεταξύ MS και δικτύου.

Τα **Broadcast Control Channels** με τη σειρά τους χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

1) Frequency Correction Channel (FCCH): εκπέμπει ριπή διόρθωσης συχνότητας προκειμένου να συντονιστεί το MS με την φέρουσα Broadcast συχνότητα του κελιού.

2) Synchronization Channel (SCH): Μεταφέρει πληροφορίες συγχρονισμού με το TDMA πλαίσιο καθώς και ανάκτηση του BSIC.

3) Broadcast Control Channel (BCCH): Παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας του δικτύου καθώς και λειτουργικές πληροφορίες όπως οι Broadcast συχνότητες των γειτονικών κελιών, κριτήρια για την επιλογή και επανεπιλογή κελιού καθώς και πληροφορίες LAC (Location Area Code).

4) Cell Broadcast Channel (CBCH): Υποστηρίζει κομμάτι της υπηρεσίας SMS και είναι μόνο Downlink κανάλι.

Τα **Common Control Channel** αποτελούνται από τα ακόλουθα υποκανάλια :

1) Paging Channel (PCH): Αναζητά το MS σε περίπτωση εισερχόμενης κλήσης και είναι Downlink κανάλι.

2) Random Access Channel (RACH): Χρησιμοποιείται για την αρχική είσοδο στο σύστημα και είναι Uplink κανάλι.

3) Access Grant Channel (AGCH): Χρησιμοποιείται για την ανάθεση πόρων στο MS που αιτείται πρόσβαση στο δίκτυο και είναι Downlink κανάλι.

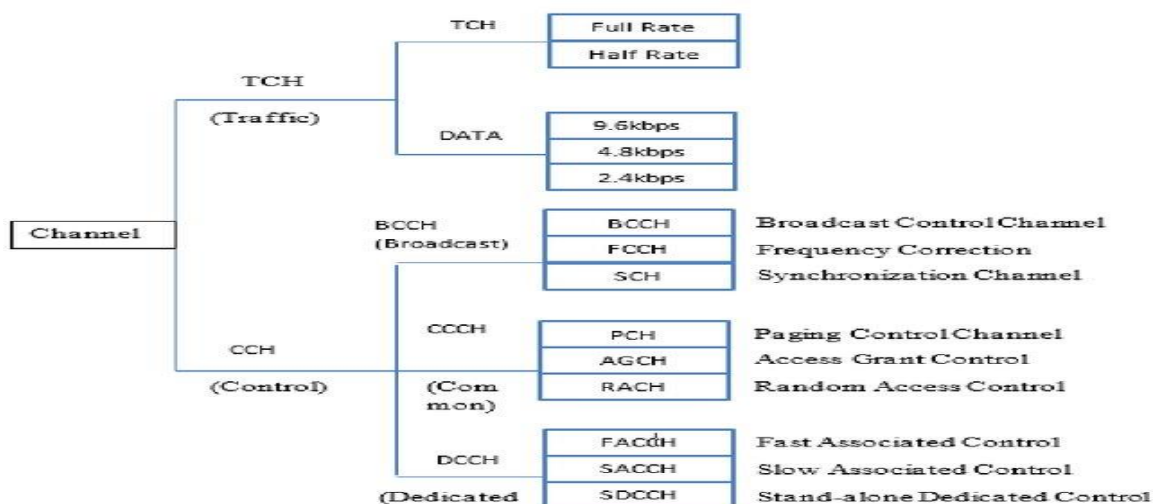
Τέλος τα **Dedicated Control Channels** κατηγοριοποιούνται ως εξής :

1) Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH): υποστηρίζουν την ανταλλαγή σηματοδότησης και SMS μηνυμάτων μεταξύ MS και δικτύου.

2) Slow Associated Control Channel (SACCH): μεταφέρει αναφορές μετρήσεων από το τρέχον και τα γειτονικά κελιά καθώς και εντολές ρύθμισης ισχύος σήματος. Επίσης παρέχει σύνδεση για σηματοδότηση και μπορεί να μεταφέρει SMS αν συσχετιστεί με κανάλι traffic.

3) Fast Associated Control Channel (FACCH): Μεταφέρει μεγάλα μηνύματα σηματοδότησης και λειτουργεί στο πεδίο stealing flag της ριπής Normal Burst. Συνήθως χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του Handover.

Η Εικόνα 1.8 συνοψίζει την αρχιτεκτονική των λογικών καναλιών GSM.



Εικόνα 1.8 Λογικά Κανάλια GSM [26]

1.1.5 Frequency Hopping

Για την αποφυγή των παρεμβολών και των διαλείψεων σε μια ζεύξη MS και BSS χρησιμοποιείται το **Frequency Hopping**, δηλαδή η αλλαγή φέρουσας συχνότητας κατά τη διάρκεια επικοινωνίας σε μια ζεύξη.

Οι διαλείψεις σε μια ζεύξη προκύπτουν λόγω διαφορετικών συνθηκών μετάδοσης σε κάθε συχνότητα, ενώ οι παρεμβολές προκύπτουν από σήματα σε άλλα κελιά. Με την τεχνική **Slow Frequency Hopping (SFH)**, η φέρουσα συχνότητα αλλάζει χρησιμοποιώντας προκαθορισμένο μοτίβο μεταδίδοντας πολλαπλά σύμβολα σε μία μεταπήδηση (Hop). Ο χαρακτηρισμός SFH σημαίνει ότι ο ρυθμός μεταπήδησης είναι πιο αργός από τον ρυθμό μετάδοσης των συμβόλων πληροφορίας. Η τεχνική **Fast Frequency Hopping (FFH)** απαιτεί πολλαπλές μεταπηδήσεις ώστε να μεταδοθεί ένα σύμβολο. Ένα ή περισσότερα σύμβολα μεταδίδονται κατά την ίδια φέρουσα συχνότητα. Ένα σύμβολο μεταδίδεται σε πολλαπλές φέρουσες σε διαφορετικές μεταπηδήσεις. Στην περίπτωση του GSM κρίθηκε επαρκής η χρήση του SFH.

Ο MS μεταδίδει στην χρονοθυρίδα που του έχει αποδοθεί και σε συχνότητες οι οποίες έχουν αποδοθεί βάσει αλγορίθμου. Η αλλαγή συχνότητας γίνεται κατά τη διάρκεια των χρονοθυρίδων εκείνων των οποίων δεν έχουν αποδοθεί στο συγκεκριμένο MS. Άρα η αλλαγή συχνότητας γίνεται πριν την επόμενη χρονοθυρίδα, η οποία αντιστοιχεί στο TDMA πλαίσιο, για μετάδοση. Με αυτόν τον τρόπο, οι πολυδιαδρομικές διαλείψεις (**multipath fading**) σήματος γίνονται χρονικά ασυσχέτιστες και αυτό συνεπάγεται βελτίωση του **C/I (Carrier to Interference)** μέσω του **διαφορικού κέρδους συχνότητας (Frequency Diversity Gain)**. Αξίζει να σημειωθεί ότι το προαναφερόμενο πλεονέκτημα του Frequency Hopping απομειώνεται εάν το MS κινείται με μεγάλη ταχύτητα, διότι τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα διαλείψεων τύπου Rayleigh. Ένα ακόμα πλεονέκτημα του Frequency Hopping είναι το **διαφορικό κέρδος παρεμβολών (Interference Diversity Gain)**, το οποίο προκύπτει λόγω του ότι το C/I από την επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων μπορεί να βελτιωθεί, εφόσον η πιθανότητα ταυτόχρονης εκπομπής από δύο διαφορετικά κελιά μειώνεται. Οπότε η κεντρική ιδέα είναι ότι κατά την μεταπήδηση συχνότητας ο ελάχιστος απαιτούμενος λόγος C/I να είναι σε ένα επίπεδο μικρότερο, π.χ. >7dB, συγκριτικά με την περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται frequency hopping. Οι αλγόριθμοι μεταπήδησης οι οποίοι χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθοι:

- 1) **Κυκλική μεταπήδηση (Cyclic Hopping)** : με αυτό τον τρόπο γίνεται διαδοχική μεταπήδηση σε όλες τις αποδιδόμενες συχνότητες. Όταν το MS φτάσει στην τελευταία αποδιδόμενη συχνότητα συνεχίζει στην πρώτη κ.ο.κ.
- 2) **Ψευδό-τυχαία μεταπήδηση (Pseudo Random Hopping)** : με αυτό τον τρόπο γίνεται τυχαία μεταπήδηση στις αποδιδόμενες συχνότητες. Υπάρχουν 63 διαφορετικοί τρόποι ψευδό-τυχαίας μεταπήδησης.
- 3) **Μεταπήδηση βασικής ζώνης (Baseband Hopping)** : χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν στο BSS πολλαπλοί πομποδέκτες καθένας από τους οποίους λειτουργεί σε διαφορετική καθορισμένη συχνότητα σε συγκεκριμένη χρονοθυρίδα στο πλαίσιο TDMA. Η πληροφορία που μεταδίδεται προορίζεται για διαφορετικά MS.
- 4) **Σύνθετη μεταπήδηση (Synthesized Hopping)** : όταν χρησιμοποιείται SFH και οι σταθμοί βάσης διαθέτουν 1 ή 2 πομποδέκτες, τότε οι μεταπηδήσεις γίνονται στον πομποδέκτη RF.

Η χρησιμοποίηση τρόπων μεταπήδησης απαιτεί το MS να γνωρίζει τις συχνότητες που χρησιμοποιούνται καθώς και τον αλγόριθμο μεταπήδησης. Η ενημέρωση αυτή γίνεται μέσω του **Hopping Sequence Number (HSN)** και του **MAIO (Mobile Allocation Index Offset)**. Ο αριθμός HSN περιγράφει την ακολουθία μεταπήδησης και τις συχνότητες. Μια ομάδα n συχνοτήτων επιτρέπει $64 * n$ διαφορετικές ακολουθίες συχνότητας. Ο αριθμός MAIO παίρνει τιμές, όσο ο ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Κωνσταντίνος Καλανδρόπουλος

αριθμός συχνοτήτων στην ομάδα και το HSN λαμβάνει 64 τιμές. Άρα δύο κανάλια με ίδιο HSN και διαφορετικό MAIO δεν χρησιμοποιούν ίδια συχνότητα στην ίδια χρονοθυρίδα, ενώ δύο κανάλια με ίδιο MAIO και διαφορετικό HSN παρεμβάλλουν κατά $1/n$ των χρονοθυρίδων. Παρόλα αυτά χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες οπότε δεν παρεμβάλλουν ιδιαίτερα.

1.1.6 Διαδικασία Μεταπομπής GSM

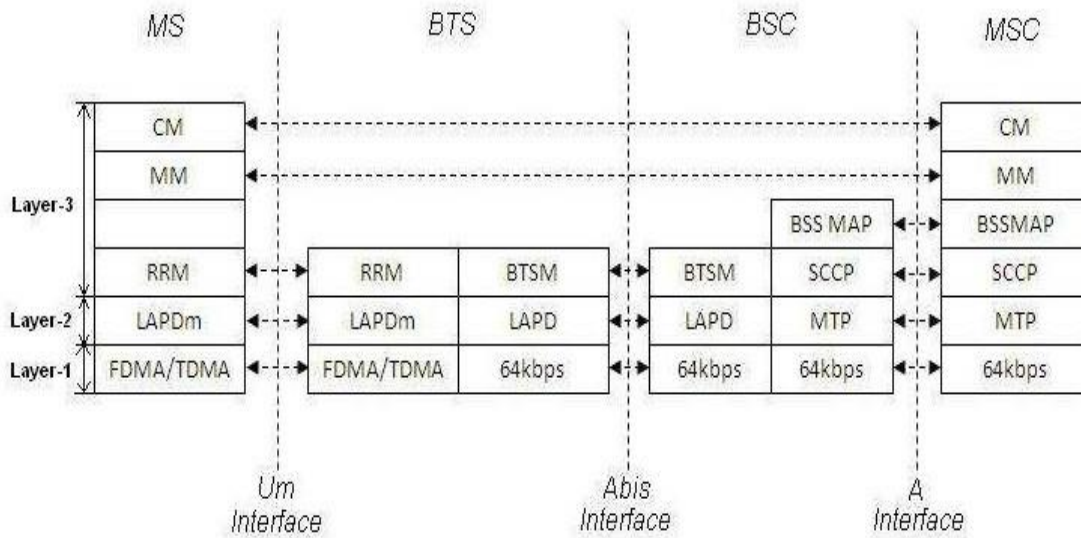
Η διαδικασία μεταπομπής ή αλλιώς **Handover** είναι μια διαδικασία με την οποία το MS περνάει από ένα κελί σε ένα άλλο με αποτέλεσμα να διατηρείται η σύνδεση με το δίκτυο παρόλο που υπάρχει αλλαγή ραδιοκαναλιού. Οι μεταβλητές που καθορίζουν ένα Handover εξαρτώνται από τον τύπο του κυψελωτού συστήματος. Στα CDMA (Code Division Multiple Access) συστήματα ο κύριος παράγοντας που καθορίζει το handover είναι οι παρεμβολές. Στα συστήματα FDMA (Frequency Division Multiple Access) και TDMA (Time Division Multiple Access) όπως το GSM ο βασικός παράγοντας για το Handover είναι η ποιότητα σήματος προς το MS. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν το **TA (Time Advance)**, τη χαμηλή λαμβανόμενη ισχύ σήματος, την έλλειψη πόρων λόγω κίνησης στο δίκτυο. Όταν πραγματοποιείται η διαδικασία handover το MS αλλάζει BSS και κανάλι TCH. Η απόφαση για τη διεξαγωγή του handover βασίζεται στις μετρήσεις ισχύος και ποιότητας σήματος, οι οποίες στέλνονται από το MS στο BSS. Μετά από την ανάλυση των μετρητικών δεδομένων στο BSC πραγματοποιείται μεταπομπή αν είναι απαραίτητο. Τέλος, δεδομένου ότι το MS συμμετέχει ενεργά στην διαδικασία ο τύπος μεταπομπής ονομάζεται **Mobile Assisted Hand Over (MAHO)**.

- 1) **Intra Cell – Intra BSC Handover:** αυτή η διαδικασία συμβαίνει εντός ενός κελιού αναδιανέμοντας τους ραδιοπόρους με τον έλεγχο του BSC.
- 2) **Inter Cell – Intra BSC Handover :** ένα BSC ελέγχει αυτή την διαδικασία κατά την οποία το MS αλλάζει κελί, διότι και τα δύο εμπλεκόμενα κελιά ελέγχονται από το ίδιο BSC. Το MS αλλάζει κανάλι TCH και συχνότητα. Αν το MS παραμείνει στο ίδιο LA τότε δεν πραγματοποιείται άλλη ενέργεια, αν όμως αλλάξει LA τότε γίνεται ενημέρωση της νέας περιοχής.
- 3) **Inter Cell – Inter BSC Handover:** η διαδικασία αυτή συμβαίνει όταν το MS κινείται σε κυψέλες που ελέγχονται από διαφορετικά BSC, οπότε η μεταπομπή γίνεται μέσω του MSC. Η τελική απόφαση μεταπομπής γίνεται από το BSC ζητώντας το από το VLR. Όταν επιτευχθεί η μεταπομπή αλλάζει το κανάλι TCH, η συχνότητα και το BSC.
- 4) **Inter MSC Handover:** Η μεταπομπή εδώ συμβαίνει όταν το MS κινείται σε κυψέλες που ελέγχονται από διαφορετικά VLR. Το VLR επικοινωνεί με το VLR το οποίο θα γίνει η μεταπομπή. Το νέο MSC ταυτοποιείται από τον αριθμό μεταπομπής (Handover Number) (HON) και πραγματοποιείται η Inter MSC μεταπομπή. Στη συνέχεια γίνεται αίτηση μεταπομπής από το VLR στο MSC. Τέλος το MSC απαντά παράγοντας αριθμό HON στέλνοντάς τον στο VLR προορισμού για να ολοκληρωθεί η διαδικασία.

1.1.7 Στρώματα και Πρωτόκολλα

Η Εικόνα 1.9 περιγράφει την αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων στις κύριες τηλεπικοινωνιακές οντότητες του δικτύου GSM. Τα στρώματα πρωτοκόλλων, τα οποία χρησιμοποιεί το GSM στην αρχιτεκτονική του είναι τα ακόλουθα:

- 1) **Layer 1: Physical Layer (Φυσικό στρώμα)**
- 2) **Layer 2: Data Link Layer (Στρώμα ζεύξης δεδομένων)**
- 3) **Layer 3: Signaling Layer (Στρώμα σηματοδότησης)**



Εικόνα 1.9 Στρώματα και Πρωτόκολλα GSM [27]

Το **Layer 1** στη διεπαφή Um είναι υπεύθυνο για την μετάδοση της πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή χρησιμοποιώντας τα φυσικά και λογικά κανάλια τα οποία ήδη έχουν συζητηθεί. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι ακόλουθες τεχνικές μετάδοση :

- 1) **Source Encoding (Κωδικοποίηση πηγής)**
- 2) **Forward Error Correction (FEC) (Προώθηση κωδικοποίησης διόρθωσης σφαλμάτων)**
- 3) **Interleaving (Διεμπλοκή)**
- 4) **Ciphering (Κρυπτογράφηση)**
- 5) **Burst Information (Σχηματισμός ριπής)**
- 6) **Differential Encoding and Modulation (Διαφορική κωδικοποίηση και διαμόρφωση)**
- 7) **RF transmitter (RF πομπός)**

Η **κωδικοποίηση πηγής** έχει τη σημασία ψηφιοποίησης της πληροφορίας (φωνή, δεδομένα, σηματοδοσία) πριν αυτή μεταδοθεί. Η τεχνική **FEC** προσθέτει πληροφορίες μαζί με τα δεδομένα του χρήστη στον δέκτη. Κάθε αλλοίωση στα δεδομένα του χρήστη επιδιορθώνεται χρησιμοποιώντας τις πρόσθετες πληροφορίες, οι οποίες στάλθηκαν με FEC κώδικες, όπως είναι οι συνελκτικοί κώδικες (Convolutional Codes). Στην πλευρά του δέκτη χρησιμοποιείται Trellis Viterbi για να ελεγχθούν και να διορθωθούν τα δεδομένα που λαμβάνονται. Μετά την διόρθωση των σφαλμάτων γίνεται έλεγχος για το αν έχουν διορθωθεί τα σφάλματα. Το **Interleaving** είναι διαδικασία κατά την οποία μια ροή bit ή συμβόλων από το PDU (Protocol Data Unit) ή το SDU (Service Data Unit) μπορεί να αναδιαταχθούν ως προς τη σειρά με την οποία εκπέμπονται. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται συχνά για την μείωση της πιθανότητας εντοπιστούν πολλά σφάλματα σε μια ομάδα από bit. Η διαδικασία της κρυπτογράφησης (**Ciphering**) γίνεται με σκοπό την προστασία δεδομένων σηματοδοσίας του χρήστη. Αυτή η διαδικασία γίνεται στα κανάλια σηματοδοσίας και δεδομένων αφού γίνει κωδικοποίηση λογικών καναλιών εφαρμόζοντας τη συνάρτηση XOR στα δεδομένα που έχουν κωδικοποιηθεί από ένα κλειδί. Μετά στον δέκτη εφαρμόζεται πάλι η συνάρτηση XOR με το ίδιο κλειδί και έτσι παράγονται τα αρχικά δεδομένα. Τα δεδομένα στέλνονται με τυχαία σειρά και μόνο με το κατάλληλο κλειδί μπορούν να αποκωδικοποιηθούν. Το Ciphering Key **Kc** είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται στο GSM και στο GPRS στην διαδικασία της κρυπτογράφησης και εφαρμόζεται σε αλγόριθμους κρυπτογράφησης με σκοπό να παραχθεί η ροή κρυπτογράφησης. Ο αλγόριθμος A8 χρησιμοποιείται συνδυάζοντας το κλειδί κρυπτογράφησης **Ki**, το κλειδί πιστοποίησης και τον τυχαίο αριθμό (Random Number) για να παραχθεί το κλειδί Kc. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται για να

κρυπτογραφηθεί η ροή δεδομένων μεταξύ MS και δικτύου GSM. Στη συνέχεια το **Burst Information** αναφέρεται στον σχηματισμό των ριπών δηλαδή το είδος ριπής και την δομή που περιγράφηκε παραπάνω. Στη συνέχεια τα κωδικοποιημένα δεδομένα διαβιβάζονται μέσω του **διαφορικού κωδικοποιητή και διαμόρφωσης**. Τέλος ο **πομπός RF** ενισχύει και μεταδίδει τις πληροφορίες στην κατάλληλη φέρουσα συχνότητα.

Στο **Layer 2** της Um διεπαφής ένα πρωτόκολλο, το οποίο ονομάζεται **LAPDm (Link Access Protocol in the D Channel)**, υλοποιεί το **Data Link** πρωτόκολλο. Είναι κατάλληλο για την μετάδοση μέσω της διεπαφής και στο GSM έχει τη χρήση της μεταφοράς πληροφοριών μεταξύ MS και δικτύου.

Το **Layer 3** της Um διεπαφής χωρίζεται στα ακόλουθα υποστρώματα:

- 1)Radio Resource Management (RRM) (Υπόστρωμα διαχείρισης ραδιοπόρων):** πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για απόλυση των κυκλωμάτων εκπομπής, την εγκατάσταση κλήσης, τη διαχείριση καναλιού και των μετρήσεων μεταξύ MS και BSC.
- 2)Mobility Management (MM) (Υπόστρωμα διαχείρισης κινητικότητας):** πρωτόκολλο μεταξύ MS και δικτύου το οποίο υποστηρίζει διαδικασίες όπως η ενημέρωση θέσης, ο έλεγχος εισόδου στο δίκτυο, η κινητικότητα του χρήστη, ο έλεγχος αυθεντικότητας, ταυτοποίησης και σύνδεσης του MS με το δίκτυο.
- 3)Connection Management (CM) (Υπόστρωμα διαχείρισης σύνδεσης):** παρέχει έλεγχο και συντήρηση σε υπηρεσίες του δικτύου όπως οι κλήσεις, τα SMS, τηλεϋπηρεσίες και υπηρεσίες που σχετίζονται με τη θέση.

Στη συνέχεια το πρωτόκολλο **MTP (Message Transfer Part)** βρίσκεται κατά μήκος της διεπαφής A και έχει την αρμοδιότητα μεταφοράς μηνυμάτων σηματοδοσίας SS7. Το πρωτόκολλο **MAP (Mobile Application Part)** βρίσκεται κατά μήκος της διεπαφής A και μεταφέρει πληροφορίες θέσης μεταξύ των οντοτήτων του NSS, VLR και HLR. Το πρωτόκολλο **TCAP (Transaction Capabilities Application Part)** έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει την εγκατάσταση της «επικοινωνίας» μεταξύ των οντοτήτων σηματοδοσίας. Τέλος το πρωτόκολλο **SCCP (Signaling Connection Control Part)** λύνει το πρόβλημα ανταλλαγής μηνυμάτων σηματοδοσίας όταν δύο δίκτυα που ανταλλάσσουν μηνύματα και αλληλοεπικαλύπτονται οι κωδικοί τους. Επίσης λειτουργεί και χωρίς να υπάρχει σύνδεση με αξιόπιστη παράδοση μηνυμάτων.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Θεωρητικό Υπόβαθρο UMTS

2.1 Αρχές Λειτουργίας UMTS

2.1.1 Εισαγωγή στο UMTS

Το 1985 ξεκίνησε η σχεδίαση συστήματος κινητής επικοινωνίας 3^{ης} γενιάς από την **ITU (International Telecommunications Union)** μέσω του **3GPP (3rd Generation Partnership Project)**. Αρχικά ονομάστηκε **FPLMTS (Future Public Land Mobile Telephone System)**, ενώ στη συνέχεια ονομάστηκε **IMT-2000 (International Mobile Telecommunications – 2000)**. Αργότερα στην Ευρώπη το 1990 έγινε μια αντίστοιχη προσπάθεια ανάπτυξης συστήματος κινητών επικοινωνιών 3^{ης} γενιάς και ονομάστηκε **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**.

Τα χαρακτηριστικά τα οποία διαφοροποιούν το 3G είναι η παροχή ενοποιημένων υπηρεσιών σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη από μια συσκευή παγκόσμιας χρήσης με την εισαγωγή καινοτόμων και υψηλών επιδόσεων τεχνικών:

- μετάδοσης φωνής και δεδομένων με ρυθμούς έως 2048kbps, ρυθμούς μεγάλης κινητικότητας 384kbps και ρυθμούς μικρής κινητικότητας 144kbps.
- επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων για μεγαλύτερη φασματική απόδοση
- υποστήριξη συστημάτων 2^{ης} γενιάς και της μεταπομπή μεταξύ της 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς
- μετάδοση πακέτων με την τεχνική **Best Effort**
- υποστήριξη τεχνικών αμφίδρομης επικοινωνίας τόσο **FDD (Full Division Duplex)** όσο και **TDD (Time Division Duplex)**.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν οι προτάσεις **WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)** για την ραδιοεπαφή στο UMTS και το **CDMA2000** ή **Multicarrier-CDMA**. Οι τεχνολογίες αυτές δεν έχουν σχέση μεταξύ τους αν και βασίζονται στην τεχνική διασποράς φάσματος και προορίζονται για ευρυζωνικά συστήματα. Στη συνέχεια η 3GPP με βάση το WCDMA ή **UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access)** ανέπτυξε τεχνικές για τα UMTS δίκτυα έχοντας αναλάβει τον ρόλο της **ETSI (European Telecommunications Standard Institute)**. Ο οργανισμός **3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2)** αναπτύσσει τεχνικές για τα UMTS δίκτυα βάσει του CDMA2000 καθώς και του δικτύου κορμού 2^{ης} γενιάς IS95 το οποίο λειτουργεί σε ΗΠΑ, Κορέα και Ιαπωνία.

Η κύρια τεχνική στην οποία βασίζεται το UMTS είναι το CDMA, και η διασπορά φάσματος **DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)**. Το WCDMA έχει δύο εκδόσεις την FDD και την TDD με εύρος 5MHz και με απευθείας διασπορά ρυθμού 3.84Mcps. Το φέρον διαιρείται σε χρονοπλαίσιο των 10mS και έχει 15 χρονοθυρίδες. Στα CDMA συστήματα ο αριθμός των Chip που χρησιμοποιούνται για την διασπορά ενός συμβόλου ονομάζεται **παράγοντας διασποράς (Spreading Factor) (SF)**. Το **chip** είναι παλμός ο οποίος πολλαπλασιάζεται με μια ακολουθία δεδομένων και ένα φέρον ώστε να παράξει το σήμα που θα εκπέμψει. Όσο μικρότερο είναι το SF τόσο μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων έχουμε. Στο UTRA οι τιμές του SF κυμαίνεται σε ένα εύρος από 4 έως 512. Οι εκπομπές διακρίνονται μεταξύ τους με την απόδοση διαφορετικών κωδικών, οι οποίοι ονομάζονται **Channellization Codes**. Χρησιμοποιούνται για την διασπορά φάσματος και μεταβάλλονται σε μήκος. Είναι ορθογωνικοί που σημαίνει ότι δεν συσχετίζονται

μεταξύ τους άρα δεν υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ χρηστών. Αν κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης αλλάξει ο ρυθμός μετάδοσης τότε αλλάζει το SF και ο κώδικας. Στα FDD συστήματα υπάρχουν 512 κώδικες στο Downlink και 256 στο Uplink, ενώ στα TDD συστήματα χρησιμοποιούνται 16 κώδικες στο Downlink και το Uplink. Όταν έχουμε μεγάλο ρυθμό μετάδοσης τότε το μήκος του κώδικα είναι μικρό. Στα FDD συστήματα το Spreading Factor παίρνει τιμές 4 έως 256 στο Uplink και 1 έως 16 στο Downlink ενώ στα TDD από 1 έως 16. Το μήκος και η συμπεριφορά αυτών των κωδίκων καθορίζεται από το Spreading Factor και ονομάζονται **National Serial Spreading Factor Codes (OSVF)**. Το A και B στο Downlink και στο Uplink αναγνωρίζεται από τον κώδικα **Scrambling Code (SC)** προκειμένου να είναι εφικτός ο διαχωρισμός των λαμβανόμενων σημάτων.

2.1.2 Συχνότητες και Υπηρεσίες UMTS

Στα μέσα του 1980 εισήχθη η έννοια **International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000)** από την ITU ως σύστημα επικοινωνιών 3^{ης} γενιάς. Μετά το έτος 2000 πάρθηκε η απόφαση για την αποδοχή του IMT-2000. Το IMT-2000 είναι αποτέλεσμα σύμπραξης των φορέων **ITU-R (International Telecommunications Union Radiocommunications Sector)**, **ITU-T**, **3GPP**, **3GPP2**. Ο κύριος σκοπός του IMT-2000 ήταν η δυνατότητα να προσφερθούν αξιόπιστες υπηρεσίες και εφαρμογές με ταχύτητες οι οποίες είναι έως 2Mbit/S για στατικούς ή κινούμενους χρήστες και 348kbit/S για κινούμενο όχημα σε αντίθεση με τα συστήματα δεύτερης γενιάς που παρέχουν ταχύτητες 9.6kbit/s έως 28.8kbit/s. Τα χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να αποδοθούν στην ανάπτυξη των δικτύων 3^{ης} γενιάς είναι τα ακόλουθα :

- 1) **Ευέλικτο** : Το IMT-2000 είναι ικανό να υποστηρίζει ένα ευρύ αριθμό υπηρεσιών και υπηρεσιών. Επίσης περιλαμβάνει πέντε ραδιοεπαφές οι οποίες βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες πρόσβασης (TDMA, FDMA και CDMA).
- 2) **Προσιτό** : Υπήρξε συμφωνία μεταξύ των εταιρειών ώστε τα συστήματα 3^{ης} γενιάς να είναι προσιτά ώστε να χρησιμοποιηθούν από πολλούς χρήστες.
- 3) **Συμβατό με υπάρχοντα συστήματα** : Οι υπηρεσίες του IMT-2000 έπρεπε να είναι συμβατές με τα όλα τα υπάρχοντα συστήματα, όπως τα συστήματα 2^{ης} γενιάς, ώστε να συνεχιστεί για κάποιο διάστημα ακόμα η χρήση του GSM και να γίνει ομαλά η μετάβαση στο UMTS
- 4) **Σχεδιασμός** : Το όραμα για το IMT-2000 ήταν να υποστηρίζει μελλοντικές αναβαθμίσεις και προσθήκες όπως οι περιοχές κάλυψης και νέες υπηρεσίες.

Οι υπηρεσίες του UMTS οργανώνονται στις τρεις ακόλουθες υπηρεσίες :

- 1) **Teleservices**: υπηρεσίες όπως SMS, MMS, Voice Mail, κλήσεις φωνής και FAX
- 2) **Bearer Services**: υπηρεσίες υποστήριξης του δικτύου μεταγωγής πακέτων και κυκλώματος.
- 3) **Supplementary and Value Added Services**: Εξαρτώνται από τον πάροχο όπως η προώθηση κλήσεων και η φραγή κλήσεων.

Οι υπηρεσίες που υποστηρίζονται στο UMTS είναι **Real Time (RT) (Πραγματικού χρόνου)** και **Non Real Time (NRT) (Μη πραγματικού χρόνου)**. Στις RT υπηρεσίες χρησιμοποιείται σύνδεση μεταγωγής κυκλώματος για να εξασφαλιστεί σταθερός τρόπος μετάδοσης δεδομένων και σωστή σειρά άφιξης πακέτων. Στις NRT υπηρεσίες η μετάδοση δεδομένων γίνεται με διακοπές και η σειρά μετάδοσης των δεδομένων δεν έχει σημασία. Παράδειγμα υπηρεσίας NRT είναι το Ίντερνετ που χαρακτηρίζεται ως **Best Effort υπηρεσία**. Μια ακόμα προσθήκη είναι η υπηρεσία **VHE (Virtual Home Environment)** με την οποία παρέχεται η πρόσβαση σε υπηρεσίες για τον χρήστη ανεξάρτητα από την θέση του. Οι υπηρεσίες πλέον δεν συνδέονται με το φυσικό δίκτυο, δηλαδή υπάρχουν τα **Virtual Network Operator (VNO)**, ώστε να παρέχονται υπηρεσίες εκτός του δικού τους φυσικού δικτύου. Η τεχνική αυτή ονομάζεται **Open Service Architecture (OSA)**. Πλέον το

MS έχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνει διαφοροποιημένο **QoS (Quality of Service)** δηλαδή να παραμετροποιεί κάθε υπηρεσία για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Οι υπηρεσίες χωρίζονται σε τέσσερις κλάσεις οι οποίες είναι :

- 1)**Conversational Real Time Class:** Η κλάση αυτή κατά την μετάδοση των πακέτων απαιτεί να μην υπάρχει καθυστέρηση. Παράδειγμα υπηρεσιών είναι το Video Call και οι κλήσεις φωνής.
- 2)**Streaming Class:** Αφορά εφαρμογές video και audio και δεν υπάρχει απαίτηση για μη καθυστέρηση πακέτων.
- 3)**Interactive Class:** Περιλαμβάνει υπηρεσίες όπως το Web Browsing κατά το οποίο δεν απαιτείται να μην υπάρχει καθυστέρηση στην μεταφορά πακέτων αφού χαρακτηρίζεται και ως Best Effort.
- 4)**Background Class:** Αφορά υπηρεσίες όπως το e-mail και το SMS που δεν υπάρχουν περιορισμοί στην μετάδοση πακέτων.

Όλα τα κανάλια UMTS έχουν εύρος 5MHz και χρησιμοποιούν τεχνική **WCDMA** είτε FDD είτε TDD. Το **UARFCN (UMTS Absolute RF Channel Number)** χρησιμοποιείται για το αναγνωριστικό του κάθε καναλιού. Οι συχνότητες οι οποίες χρησιμοποιούνται για το Uplink στο IMT-2000 έχουν εύρος 1920MHz έως 1980MHz και UARFCN Uplink, δηλαδή αριθμό καναλιού UMTS 9612 έως 9888. Η Cosmote χρησιμοποιεί τα κανάλια με συχνότητες Uplink 1962.8MHz, 1957.8MHz, 1952.8MHz και αντίστοιχα στο καθένα UARFCN Uplink 9814, 9789 και 9764. Η Vodafone στο Uplink χρησιμοποιεί τα κανάλια που έχουν συχνότητες 1922.8MHz, 1927.8MHz, 1932.8MHz και 1937.8 MHz με UARFCN Uplink 9614, 9639, 9664 και 9689 αντίστοιχα. Τέλος, η Wind στο Uplink χρησιμοποιεί τις συχνότητες 1942.8MHz και 1947.8MHz με αντίστοιχα UARFCN Uplink 9714 και 9739. Οι Downlink συχνότητες οι οποίες χρησιμοποιεί η Cosmote είναι 2152.8MHz, 2147.8MHz και 2142.8MHz με αντίστοιχα UARFCN Downlink 10764, 10739 και 10714. Στη Vodafone οι συχνότητες Downlink είναι 2112.8MHz, 2117.8MHz, 2122.8MHz και 2127.8MHz με UARFCN Downlink 10564, 10589, 10614 και 10639. Τέλος, η Wind στο Downlink χρησιμοποιεί τις συχνότητες 2132.8MHz και 2137.8MHz με UARFCN 10664 και 10689. Συνολικά χρησιμοποιούνται εννιά κανάλια από τα οποία τέσσερα είναι της Vodafone, τρία της Cosmote και δύο της Wind. Επιπλέον υπάρχουν συχνότητες WCDMA TDD με συχνότητες Uplink 1900MHz έως 1920MHz και Downlink 2020MHz έως 2025MHz τα οποία όμως χρησιμοποιούνται μόνο με άδεια. Επίσης χρησιμοποιούνται και συχνότητες στο UMTS 900 από τους παρόχους Cosmote και Vodafone. Η συχνότητα Downlink για την Cosmote είναι 927.6MHz με UARFCN Downlink 2938 και Uplink συχνότητα 882.6MHz με UARFCN Uplink 2713. Η Vodafone χρησιμοποιεί τη συχνότητα Downlink 952.4MHz με UARFCN Downlink 3062 και συχνότητα Uplink 907.4MHz με UARFCN Uplink 2837. Συνολικά χρησιμοποιούνται δύο κανάλια ένα για Cosmote και ένα για Vodafone. Στους Πίνακες 2.4 και 2.5 καταγράφονται συγκεντρωτικά οι συχνότητες και οι αριθμοί καναλιών των παρόχων για το UMTS-2100 και το UMTS 900 στην Ελλάδα.

UARFCN Downlink	Downlink Frequency	Uplink Frequency	UARFCN Uplink	Πάροχος
10564	2112.8 MHz	1922.8 MHz	9614	Vodafone
10589	2117.8 MHz	1927.8 MHz	9639	Vodafone
10614	2122.8 MHz	1932.8 MHz	9664	Vodafone

10639	2127.8 MHz	1937.8 MHz	9689	Vodafone
10664	2132.8 MHz	1942.8 MHz	9714	Wind
10689	2137.8 MHz	1947.8 MHz	9739	Wind
10714	2142.8 MHz	1952.8 MHz	9764	Cosmote
10739	2147.8 MHz	1957.8 MHz	9789	Cosmote
10764	2152.8 MHz	1962.8 MHz	9814	Cosmote

Πίνακας 2.1 Συχνότητες και UARFCN καναλιών UMTS-2100 στην Ελλάδα [21]

UARFCN Downlink	Downlink Frequency	Uplink Frequency	UARFCN Uplink	Πάροχος
2938	927.6 MHz	882.6 MHz	2713	Cosmote
3062	952.4 MHz	907.4 MHz	2837	Vodafone

Πίνακας 2.2 Συχνότητες και UARFCN καναλιών UMTS-900 στην Ελλάδα [21]

Στο WCDMA οι χρήστες χρησιμοποιούν τον ίδιο διάυλο αλλά με σχεδόν ορθογωνική κωδικοποίηση, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι κάθε χρήστης δημιουργεί παρεμβολές στους υπόλοιπους χρήστες. Αν η ισχύς που εκπέμπουν τα MS των χρηστών είναι ανεξέλεγκτη τότε οι παρεμβολές θα είναι αρκετά αυξημένες. Για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου προβλήματος υπάρχει η λειτουργία **Power Control (Έλεγχος Ισχύος)**, η οποία διαχειρίζεται την ισχύ των MS, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα παρεμβολών από γειτονικά κελιά ή από την χρήση σχεδόν ορθογωνικών κωδίκων από τα ίδια κελιά. Οι τύποι ελέγχου ισχύος είναι οι εξής:

- 1) Έλεγχος ισχύος ανοικτού βρόχου (Open Loop Power Control):** Σε αυτή την περίπτωση το Node B μεταδίδει ένα broadcast μήνυμα που περιέχει την ισχύ εκπομπής του MS, ώστε να εισέλθει στο δίκτυο. Στα συστήματα TDD που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα στο Downlink και Uplink η τεχνική αυτή αποδίδει επειδή οι διαλείψεις συσχετίζονται. Στα FDD συστήματα οι διαλείψεις δεν συσχετίζονται άρα η εκτίμηση ισχύος εκπομπής δεν είναι ακριβής και για τις δύο ζεύξεις.
- 2) Έλεγχος ισχύος κλειστού βρόχου (Closed Loop Power Control):** Το Node B αναλαμβάνει τον έλεγχο ισχύος αφού υπάρξει ζεύξη. Με βάση το **SIR (Signal to Interference Ratio)** το MS ενημερώνεται με εντολές ελέγχου ισχύος από το Node B κάθε 0.667mS, δηλαδή όσο διαρκεί χρονικά μια χρονοθυρίδα πλαισίου.
- 3) Έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου (Outer Loop Power Control):** Με αυτό τον τύπου ελέγχου ισχύος το RNC προσαρμόζει την τιμή του **SIR (dB)** ώστε να φτάσει σε επίπεδο **SIR_{TARGET}** για να παραμείνει σταθερή η ποιότητα με δεδομένο **BER (Bit Error Rate)** ή **FER (Frame Error Rate)**. Αν αυξηθεί η τιμή του SIR τότε το MS αυξάνει την ισχύ εκπομπής ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό SIR.

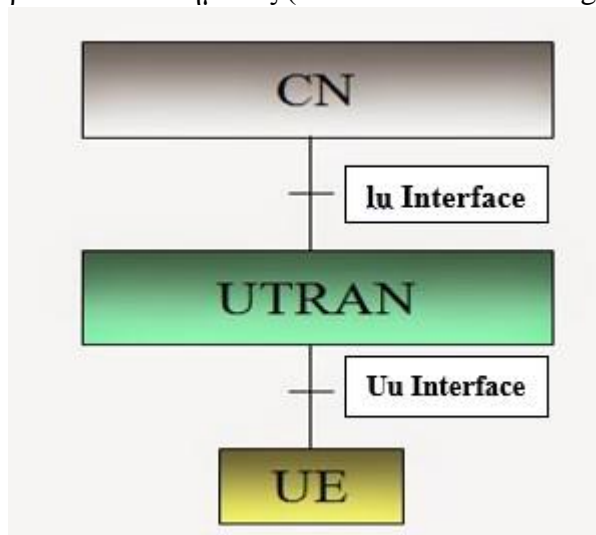
Στην περίπτωση που οι διαδικασίες ελέγχου ισχύος δεν αποδώσουν τότε μπορεί να εμφανιστεί το φαινόμενο **Breathing Cells**. Αυτό το φαινόμενο προκύπτει λόγω παρεμβολών με αποτέλεσμα οι πιο απομακρυσμένοι χρήστες να χάσουν την ζεύξη με το κελί. Σταδιακά, η ακτίνα εξυπηρέτησης

του κελιού μειώνεται με αποτέλεσμα περισσότεροι χρήστες να χάνουν την ζεύξη με το κελί, όμως με αυτό τον τρόπο οι παρεμβολές μειώνονται και οι χρήστες μπορούν πάλι να εισέλθουν στο κελί αφού η ακτίνα εξυπηρέτησης αυξάνεται. Επιπλέον σημαντικές μετρήσεις στο UMTS είναι το **RSCP (Received Signal Code Power) (dBm)** (Λαμβανόμενη ισχύος κώδικά), το **RSSI (Received Signal Strength Indicator) (dBm)** (Λαμβανόμενη ισχύς σήματος), ο λόγος $\frac{E_c}{N_0}$ (dB) δηλαδή η ενέργεια του chip, η **ισχύς εκπομπής (Tx) (Transmit Power) (dBm)** και το **BLER (Block Error Rate)** το οποίο είναι το **ποσοστό** λανθασμένων block κατά την μετάδοση.

2.1.3 Αρχιτεκτονική Δικτύου UMTS

Το δίκτυο UMTS αποτελείται από δύο υποσυστήματα (Εικόνα 2.1), τα οποία υλοποιούν διαφορετικές λειτουργίες.

- 1) **Δίκτυο Κορμού (Core Network) (CN)** το οποίο έχει την ευθύνη για τις συνδέσεις στο δίκτυο UMTS και συνδέεται με το UTRAN μέσω της **διεπαφής Iu**.
- 2) **Δίκτυο Ραδιοπρόσβασης (UMTS Terrestrial Radio Access Network) (UTRAN)** συνδέει το MS (UE) (User Equipment) με το δίκτυο μέσω της **διεπαφής Uu** και υποστηρίζει τη διαχείριση ραδιοπόρων του συστήματος (Radio Resource Management, RRM).



Εικόνα 2.1 Αρχιτεκτονική δικτύου UMTS [28]

Το Δίκτυο Κορμού (Core Network) (CN) χωρίζεται στους ακόλουθους τομείς

- 1) Τομέας μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switched Domain)
- 2) Τομέας εγγραφής (Register Domain)
- 3) Τομέας υπηρεσιών (Service Domain)
- 4) Τομέας μεταγωγής πακέτων (Packet Switched Domain)

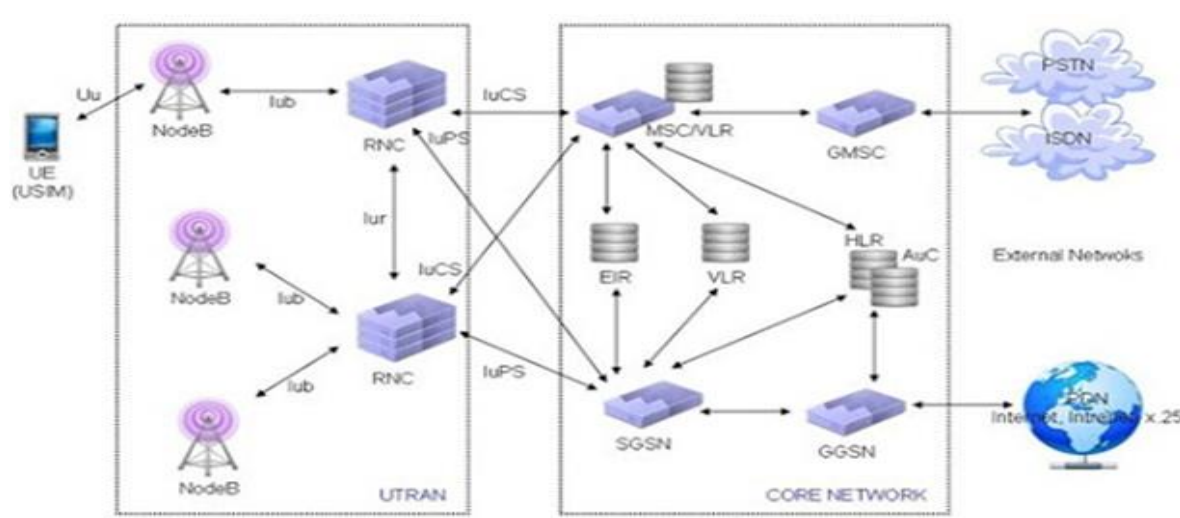
Η αλλαγή στο δίκτυο κορμού στα δίκτυα 3G ήταν ότι πλέον σε σχέση με τα δίκτυα 2G υποστηρίζουν τεχνολογία μεταγωγής πακέτων. Η πρώτη έκδοση ονομάστηκε **R99** και είχε σε μεγάλο βαθμό κοινά στοιχεία με το GSM. Στη συνέχεια η δεύτερη έκδοση ονομάστηκε **R00** ή **R3** ενώ σύντομα προέκυψαν δύο νέες εκδόσεις η **R4** και η **R5**. Στις εκδόσεις αυτές (R4, R5) επικράτησε η τάση για την μεταγωγή πακέτων δηλαδή το **All IP Network**.

Το Δίκτυο ραδιοπρόσβασης (UMTS Terrestrial Radio Access Network) (UTRAN) στην έκδοση R99 αποτελείται από

- 1) πολλαπλά **Radio Network Subsystems (RNS)**
- 2) ένα **Radio Network Controller (RNC)**
- 3) ένα ή περισσότερα **Node B**

Τα **Radio Network Subsystems** διαχειρίζονται τους ραδιοπόρους των συνδέσεων και συνδέονται με το δίκτυο κορμού δηλαδή με το MSC ή το SGSN μέσω της διεπαφής Iu Interface. Το **Radio Network Controller** έχει παρόμοια λειτουργία με το BSC στο GSM και συνδέεται με το Node B μέσω της διεπαφής Iub Interface, η οποία είναι αντίστοιχη με την διεπαφή A-bis Interface στο GSM. Μια σημαντική λειτουργία του RNC είναι το **Admission Control** δηλαδή την αποδοχή και απόρριψη χρηστών και ζεύξεων, το οποίο συμβάλλει στο να μην υπερφορτωθεί το δίκτυο καθώς και στην διαχείριση του QoS. Σε περίπτωση υπερφόρτωσης ενός κελιού η λειτουργία **Congestion Control**, δηλαδή έλεγχος συμφόρησης, εξαναγκάζει την μεταπομπή σε άλλο κελί και άλλα μέτρα αντιμετώπισης των παρεμβολών. Το **Node B** έχει παρόμοια λειτουργία με τον σταθμό βάσης BSS του GSM. Κάθε Node B το οποίο ελέγχεται από το Radio Network Controller ονομάζεται **Controlling Radio Network Controller (CRNC)** και έχει την αρμοδιότητα επίλυσης προβλημάτων υπερφόρτωσης κυψελών καθώς και ελέγχου σύνδεσης και απόδοσης κωδικού εισόδου στο δίκτυο. Κάθε MS το οποίο είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο κορμού εξυπηρετείται από ένα RNS το οποίο καλείται **Serving RNS (SRNS)**, αν όμως υπάρχει η ανάγκη για περισσότερους ραδιοπόρους τότε το MS μπορεί να συνδεθεί και με άλλα RNS τα οποία σε αυτή την περίπτωση ονομάζονται **Drift RNS (DRNS)** και η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω της διεπαφής Iur Interface. Λόγω του ότι οι διεπαφές Iub, Iur και Iu απαιτούν μεγάλες χωρητικότητες η μετάδοση δεδομένων γίνεται με το πρωτόκολλο **Asynchronous Transfer Mode (ATM)**. Το Node B έχει την αρμοδιότητα της επεξεργασίας στο φυσικό στρώμα της διεπαφής δηλαδή ρυθμίζει λειτουργίες όπως η διασπορά φάσματος, η προσαρμογή ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, η κωδικοποίηση διαύλου επικοινωνίας και ο έλεγχος ισχύος στον κλειστό βρόχο.

Η Εικόνα 2.2 καταγράφει την αρχιτεκτονική του δικτύου στην έκδοση R99.



Εικόνα 2.2 Δομικά στοιχεία Core Network και UTRAN [29]

Στην έκδοση R99 καθορίστηκαν παράμετροι για τις υπηρεσίες φωνής, της μεταγωγής κυκλώματος καθώς και των τερματικών. Μια σημαντική προσθήκη είναι η υπηρεσία **MMS (Multimedia**

Messaging Service) καθώς και ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του QoS (Quality of Service). Ο **τομέας μεταγωγής κυκλώματος** έχει παρόμοια λειτουργία με το NSS του GSM. Οι υποτομείς από τους οποίους αποτελείται είναι το Visitor Location Register (VLR) και το Mobile Switching Center (MSC) και συνδέονται μεταξύ τους φυσικά. Το VLR καταχωρεί στοιχεία των MS που υπάρχουν στην περιοχή και τα ελέγχει το αντίστοιχο MSC. Επίσης, ο τομέας μεταγωγής κυκλώματος ορίζει τρεις καταστάσεις για το MS, οι οποίες έχουν ως εξής:

- 1) **Αποσυνδεδεμένο (Detached)** : Το MS είναι κλειστό οπότε το δίκτυο δεν μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την τοποθεσία του.
- 2) **Σε αδράνεια (Idle)** : Το MS δεν είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο αλλά συνδέεται αν πραγματοποιηθεί κλήση ή αποστολή μηνύματος. Το δίκτυο γνωρίζει καθ' όλη την διάρκεια την τοποθεσία του MS αν απαιτηθεί.
- 3) **Σε σύνδεση (Connected)** : Η σύνδεση MS και δικτύου είναι ενεργή και έτσι γίνεται διαρκής ενημέρωση τοποθεσίας στον τομέα εγγραφής δηλαδή στο HLR και VLR. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Location Update. Σε περίπτωση αλλαγής θέσης ενώ υπάρχει ενεργή σύνδεση τότε γίνεται μεταπομπή για να υπάρχει εξασφάλιση σύνδεσης μεταξύ δικτύου και MS. Τέλος, η διαδικασία της μεταπομπής σχετίζεται με την διαχείριση ραδιοπόρων (Radio Resource Management) για την καλύτερη ποιότητα της υπηρεσίας.

Ο **τομέας εγγραφής** αποτελείται από τα Authentication Center (AUC), το Home Location Register (HLR) και το Equipment Identity Register (EIR). Ο **τομέας υπηρεσιών** αποτελείται από το **Intelligent Network (IN)** το οποίο χαρακτηρίζεται ως PSTN/ISDN και έχει την αρμοδιότητα παροχής προσωποποιημένων και ασφαλών υπηρεσιών. Για αυτό τον λόγο η μεταφορά πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών δικτύων γίνεται με διαφορετική έκδοση του IN η οποία ονομάζεται **Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic (CAMEL)**. Ο **τομέας μεταγωγής πακέτων** εισήχθη στην έκδοση **R5** μέσω της τεχνολογίας **HSPA (High Speed Packet Access)**. Ο τομέας μεταγωγής πακέτων περιέχει τους κόμβους **SGSN (Serving GPRS Support Mode)** και **GGSN (Gateway GPRS Support Mode)** και στηρίζεται στην αρχιτεκτονική GPRS. Το SGSN καταχωρεί δεδομένα τα οποία σχετίζονται με την τοποθεσία και την αναγνώριση χρήστη, διευκολύνει την σύνδεση μεταξύ UTRAN και GSSN. Το GGSN λειτουργεί ως δρομολογητής, συνδέει Firewall και λειτουργία φιλτραρίσματος με το GPRS και τέλος τα SGSN και GGSN συνδέονται με τη λειτουργία χρέωσης. Αντίστοιχα, όπως στον τομέα μεταγωγής κυκλώματος έτσι και στον τομέα μεταγωγής πακέτων αναγνωρίζονται τρεις καταστάσεις για το MS οι οποίες είναι οι εξής:

- 1) **Σε αδράνεια (Idle)** : Σε αυτή την κατάσταση το MS δεν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο.
- 2) **Σε ετοιμότητα (Ready)** : Το MS είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο οπότε μπορεί να γίνει αποστολή και λήψη δεδομένων και γίνεται ενημέρωση τοποθεσίας.
- 3) **Σε αναμονή (Standby)** : Εκτελούνται ενημερώσεις μόνο στις περιοχές δρομολόγησης αλλά εάν γίνει λήψη ή αποστολή δεδομένων το MS μεταβαίνει σε κατάσταση ετοιμότητας και με το τέλος της μεταφοράς δεδομένων περνάει σε κατάσταση αδράνειας.

Για την απεξάρτηση των διεπαφών από τις λειτουργίες κινητικότητας και συνδέσεων δημιουργήθηκε το **Access Stratum (AS)** και το **Non Access Stratum (NAS)**. Το AS περιέχει τα πρωτόκολλα τα οποία βρίσκονται μεταξύ MS και δικτύου, ενώ το NAS περιέχει τα πρωτόκολλα που βρίσκονται μεταξύ MS και δικτύου κορμού. Το δίκτυο κορμού περιλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργίες διαχείρισης:

- 1) **Διαχείριση σύνδεσης (Connection Management, CM)**
- 2) **Διαχείριση συνόδου (Session Management, SM)**
- 3) **Διαχείριση κινητικότητας (Mobility Management, MM)**

Η λειτουργία διαχείρισης σύνδεσης μέσω του **Bearer Management (Bearers)** υποστηρίζει κάθε τύπο μεταφοράς δεδομένων. Οι υπηρεσίες, οι οποίες υποστηρίζονται μπορεί να είναι Real Time (RT), δηλαδή με σταθερό ρυθμό μετάδοσης και καθυστέρηση, ή Non Real Time (NRT), δηλαδή με μεταβαλλόμενη καθυστέρηση. Η σύνδεση μεταξύ MS και δικτύου κορμού ονομάζεται **Radio Access Bearer (RAB)**, ενώ η σύνδεση μεταξύ κόμβων και δικτύου κορμού ονομάζεται **Core Network Bearer Service (CNBS)**. Μέσω του πρωτοκόλλου **Call Control (CC)** γίνεται η παρακολούθηση και η εγκατάσταση κλήσης, ενώ με το πρωτόκολλο **Supplementary Services (SS)** παρέχονται συμπληρωματικές υπηρεσίες όπως είναι το SMS, τηλεφωνητής και η προώθηση κλήσης.

Η λειτουργία διαχείρισης συνόδου έχει δύο καταστάσεις ενεργή και ανενεργή κατάσταση. Κατά τη διάρκεια της ανενεργής κατάστασης δεν είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων και η δρομολόγηση πακέτων. Στην ενεργή κατάσταση χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο **Packet Data Protocol (PDP)** για την μεταφορά δεδομένων. Επομένως, ένα PDP Context περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με το QoS (Quality Of Service) και τις πληροφορίες δρομολόγησης πακέτων. Το MS γίνεται προσβάσιμο όταν το PDP είναι ενεργό και τότε αποδίδεται διεύθυνση IP για μεταφορά πακέτων με συνεχή ενημέρωση θέσης με διαφορετικούς παραμέτρους για κάθε υπηρεσία που παρέχεται.

Η λειτουργία διαχείρισης κινητικότητας αφορά τον εντοπισμό του MS, ώστε να πραγματοποιηθεί μια κλήση και η περιαγωγή του χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται έχοντας γνώση της τοποθεσίας και της θέσης του MS. Η τοποθεσία είναι ο εντοπισμός του MS μέσα στο δίκτυο, δηλαδή το κελί που χρησιμοποιείται για την προώθηση υπηρεσιών στο δίκτυο. Η θέση αφορά το γεωγραφικό σημείο το οποίο καθορίζεται με συντεταγμένες και χρησιμοποιείται για την προώθηση ειδικών υπηρεσιών και την διαδικασία μεταπομπής εσωτερικά στο δίκτυο.

Αργότερα στη νεότερη έκδοση **R4** έγινε μια σημαντική αλλαγή η οποία αφορά τον τομέα μεταγωγής κυκλώματος. Έγινε αποσύνδεση του ελέγχου και μεταφοράς από την μεταγωγή κυκλώματος με αποτέλεσμα να επιτευχθεί μεγαλύτερη ταχύτητα στον τομέα μεταγωγής πακέτων. Μια ακόμα σημαντική προσθήκη είναι ο **επαναλήπτης (Repeater)** στο UTRA FDD, ο οποίος λαμβάνει συχνότητες RF τις υποβιβάζει σε IF και στη συνέχεια τις μετατρέπει σε RF αφού τις ενισχύσει για τις εκπέμπει. Στο Δικτύου Κορμού (Core Network) έγινε διάσπαση του MSC και VLR σε **MSC Server** και σε **Media GateWay (MGW)**, ώστε να διαχωριστεί το τμήμα ελέγχου και το τμήμα υπηρεσίας. Στον τομέα μεταγωγής κυκλώματος τα MGW είναι υπεύθυνα για την ροή δεδομένων του χρήστη, τη συνέχιση και την μεταγωγή σύνδεσης αν είναι απαραίτητο. Για υπηρεσίες, όπως το VoIP υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής της κλήσης φωνής από μεταγωγή κυκλώματος σε μεταγωγή πακέτου. Τον έλεγχο της διαδικασίας αυτής αναλαμβάνει ο MSC Server. Η υποστήριξη της υπηρεσίας VoIP γίνεται από την πλατφόρμα **IP Multimedia Subsystem (IMS)** προσφέροντας Real Time και Non Real Time δυνατότητες. Οι βασικές λειτουργίες του IMS είναι :

- 1) **Media Gateway Control Function (MGCF)**: Διαχείριση μετατροπής πρωτοκόλλων
- 2) **Call Session Control Function (CSCF)**: Πρώτο σημείο επαφής IMS με το τερματικό
- 3) **Media Resource Function (MRF)**: Διαχείριση πόρων πολυμέσων και ανάμιξη διαφορετικών ροών.

Η έκδοση **R5** αποτέλεσε επίσης μία πολύ σημαντική εξέλιξη του δικτύου αφού εισήχθησαν οι τεχνικές IP σε αντικατάσταση του **ATM** το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις προηγούμενες εκδόσεις. Επίσης έγιναν σημαντικές βελτιώσεις στην ραδιοεπαφή, δηλ. στο **δίκτυο ραδιοπρόσβασης (Radio Access Network) (RAN)** και στην διαχείριση ραδιοπόρων (**Radio Resource Management**)

(RRM): υποστήριξη τεχνικής **διαμόρφωσης του λοβού ακτινοβολίας (Beamforming)** και της τεχνικής **διαφορισμού στην εκπομπή με επιλογή σταθμού βάσης (Site Selection Diversity Transmission)**. Μία ακόμα σημαντική προσθήκη είναι το **IP Multimedia Subsystem**, το οποίο διαχειρίζεται μηνύματα σηματοδότησης, ροές στις υπηρεσίες πολυμέσων και VoIP. Το πρωτόκολλο ελέγχου των κλήσεων πολυμέσων VoIP είναι το **Session Initiated Protocol (SIP)**. Εισάγεται η υπηρεσία **Global Text Telephony (GTT)** κατά την οποία οι χρήστες έχουν την δυνατότητα αποστολής γραπτού μηνύματος σε **Real Time (RT)**. Έγιναν καθορισμοί παραμέτρων στο QoS αφού πλέον υπήρχαν περισσότερες υπηρεσίες και αποδόθηκαν νέες ζώνες συχνοτήτων στο IMT-2000, στις οποίες υπάρχει μετάδοση πακέτων σε υψηλές ταχύτητες **HSPA (High Speed Packet Access)**. Συγκεκριμένα, εισάγεται ο νέος τρόπος μετάδοσης **High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)** μέσω του καναλιού μεταφοράς **DSC (Downlink Shared Channel)** και των τεχνικών **AMC (Adaptive Modulation and Coding)** και **HARQ (Hybrid Automatic Retransmission Query)**.

Στην έκδοση **R6** εισήχθη και η λειτουργία **HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)** με ρυθμούς έως **47Mbps** μέσω του καναλιού **Enhanced Dedicated Channel (E-DCH)**. Επίσης έγινε προσθήκη της υπηρεσίας **MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service)**, η οποία συμβάλλει στην μεταφορά δεδομένων σε συγκεκριμένους χρήστες σε μια περιοχή. Μία ακόμα προσθήκη είναι η υπηρεσία **Presence Information** με την οποία παρέχεται η πληροφορία διαθεσιμότητας και παρουσίας ενός χρήστη, και έτσι εισάγεται η έννοια **Generic User Profile (γενικό προφίλ χρήστη) (GUP)**, το οποίο παρέχει πληροφορίες για τον χρήστη, οι οποίες προέρχονται από διαφορετικούς κόμβους και τομείς του συστήματος. Με την έλευση της προηγούμενης προδιαγραφής εισήχθη πλέον η έννοια διαχείρισης πνευματικών δικαιωμάτων **Digital Rights Management (DRM)** και η έννοια καταγραφής και επίλυσης προβλημάτων στο δίκτυο **Network Sharing**.

Η έκδοση **R7** επικεντρώνεται κυρίως στις υπηρεσίες δεδομένων σε RT, στην αύξηση χωρητικότητας δικτύου και στην αύξηση της ταχύτητας μέσω της τεχνολογίας **MIMO (Multiple Input Multiple Output)**. Μια σημαντική καινοτομία είναι το **Combination of Circuit and Packet Switched (CSI)**, ώστε να συνδυαστεί μια κλήση τηλεφώνου (Circuit Switched) με IP Based πολυμέσα. Εισάγεται η απευθείας σύνδεση (**Direct Tunneling**) του χρήστη με το **RNC (Radio Network Controller)** και το GGSN προσπερνώντας τον κόμβο SGSN. Έτσι τα RNC ενσωματώνονται στο σταθμό βάσης. Τα νέα Node B πλέον ονομάζονται **eNodeB** και διαχειρίζονται όλα τα πρωτόκολλα ραδιοεπαφής, την κινητικότητα, τη συμπίεση επικεφαλίδων και τη μετάδοση πακέτων. Επίσης περιλαμβάνονται όλοι οι αλγόριθμοι οι οποίοι διαχειρίζονται το RNC στην έκδοση R6.

Μεταγενέστερα στην έκδοση **R8** έγιναν σημαντικές προσθήκες. Οι σημαντικότερες προσθήκες είναι η πρώτη έκδοση του **LTE (Long Term Evolution)** και οι νέες τεχνολογίες HSDPA, HSUPA οι οποίες πλέον ονομάζονται HSUPA+ και HSDPA+. Με το HSUPA+ και HSDPA+ δίνεται η δυνατότητα για διαμόρφωση 64QAM από 16QAM και ως εκ τούτου η δυνατότητα επίτευξης υψηλότερων ταχυτήτων μετάδοσης. Η νέα ραδιοεπαφή ονομάζεται **Evolved UTRA (E-UTRA)** και πλέον υποστηρίζει μετάδοση **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)** στο σταθμό βάσης **eNodeB**. Επιπλέον, με την τεχνολογία **Dual Carrier High Speed Downlink Packet Access (DC HSDPA)** υπάρχει η δυνατότητα ρυθμού στα 42Mbps με τη χρήση 2 φερόντων στα 5MHz χωρίς τη χρήση MIMO. Μία άλλη λειτουργία είναι η **Discontinuous Reception (DRX)** με την οποία γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας της μπαταρίας. Έγινε εισαγωγή στη αρχιτεκτονική δικτύου η προδιαγραφή **System Architecture Evolution (SAE)** με την οποία απλοποιείται η τοπολογία του δικτύου. Με αυτή την καινοτομία το δίκτυο κορμού πλέον καλείται **Evolved Packet**

Core (EPC) και υποστηρίζει τα δίκτυα 4^{ης} γενιάς λόγω του ότι είναι δίκτυο **all-IP**. Επίσης, οι λειτουργίες του GGSN πλέον υποστηρίζονται από το **Serving Gateway (S-GW)** και οι λειτουργίες του SGSN από το **Mobility Management Entity (MME)**.

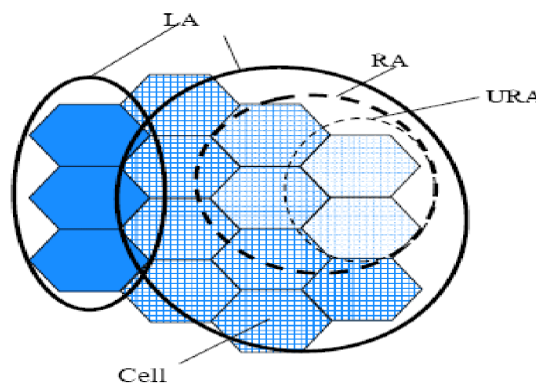
Στη συνέχεια, στην έκδοση **R9** βελτιώθηκε η λειτουργία HSDPA και της δόθηκε η ονομασία **Dual Band High Speed Downlink Packet Access (DB HSDPA)**. Επίσης, με τον συνδυασμό MIMO και HSDPA επιτυγχάνεται ρυθμός μετάδοσης έως 84Mbps. Επιπλέον δόθηκε η δυνατότητα για διαμόρφωση του λοβού ακτινοβολίας από τον σταθμό βάσης για την μεταφορά δεδομένων σε MS τα οποία δεν υποστηρίζουν πάνω από μία ροές δεδομένων και ονομάζεται **Single Stream MIMO**.

Με την έκδοση **R10** έγινε βελτίωση της λειτουργίας HSDPA+ στην οποία δίνεται η δυνατότητα για 4 φέροντα στα 5MHz και μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 168Mbps με εφαρμογή της τεχνικής MIMO. Στην έκδοση **R11** υποστηρίζονται ρυθμοί έως 337Mbps. Οι εκδόσεις R9, R10 και R11 κυρίως αφορούν αναβαθμίσεις και προσθήκες στο LTE.

2.1.4 Περιοχές Δικτύου UMTS

Ο εντοπισμός του MS γίνεται σε τέσσερις περιοχές στο δίκτυο (Εικόνα 2.3), οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

- 1) **Περιοχή εντοπισμού (Location Area, LA):** σχετίζεται με τον τομέα μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switched Domain) και σε αυτή την περιοχή γίνεται ο εντοπισμός του χρήστη ενημερώνοντας το VLR.
- 2) **Περιοχή δρομολόγησης (Routing Area, RA):** σχετίζεται με τον τομέα μεταγωγής πακέτων (Packet Switched Domain) και είναι υποσύνολο του LA.
- 3) **Περιοχή εγγραφής (UTRAN Registration Area, URA) :** μια περιοχή, η οποία αποτελείται από πολλά κελιά, διαμορφώνεται από το UTRAN και μεταδίδεται στα σχετικά κελιά
- 4) **Κυψέλη ή Κελί (Cell) :** η γεωγραφική περιοχή ασύρματης κάλυψης.



Εικόνα 2.3 Περιοχές Δικτύου UMTS [30]

2.1.5 Στρώματα και Πρωτόκολλα

Τα πρωτόκολλα της ραδιοεπαφής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες σε αυτά που ανήκουν στο Access Stratum και σε αυτά που ανήκουν στο Non Access Stratum.

Στο **Access Stratum** περιλαμβάνονται τα στρώματα :

- 1) **Φυσικό στρώμα (Physical Layer) (PHY) (Layer 1) (L1)**

2) Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer) (Layer 2 (L2))

3) Στρώμα Δικτύου (Network Layer) (Layer 3) (L3)

Το **Layer 1** περιλαμβάνει όλους τους μηχανισμούς CDMA μετάδοσης, οι οποίοι περιγράφηκαν προηγουμένως.

Το **Layer 2** αποτελείται από τα υποστρώματα:

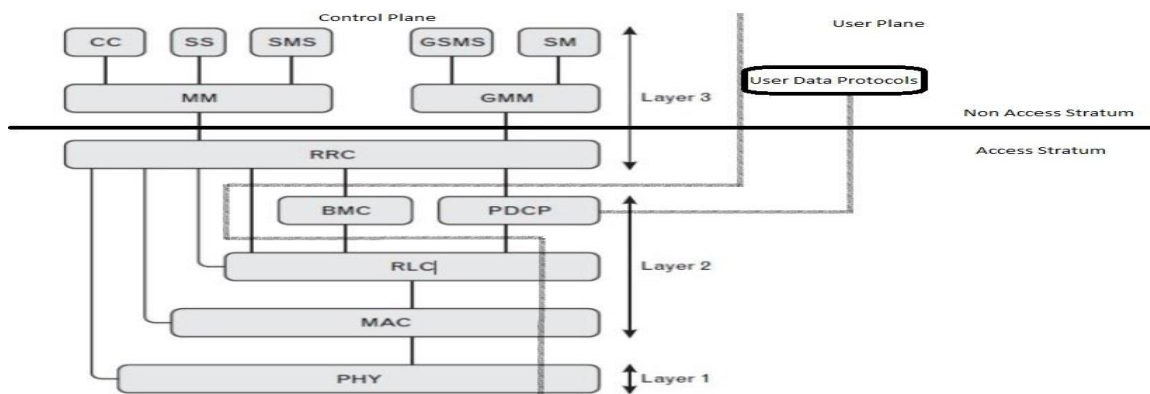
- 1) **MAC (Medium Access Control):** Πρωτόκολλο το οποίο υποστηρίζει τη σωστή πολυπλεξία και αποπολυπλεξία σήματος στα κανάλια μεταφοράς του Air Interface
- 2) **RLC (Radio Link Control):** Παρέχει λειτουργίες τμηματοποίησης και επανασύνδεσης δεδομένων σε μεγαλύτερα Layer όπως τα σήματα RRC (Radio Resource Control) ή δεδομένα χρήστη. Έτσι διασφαλίζεται ότι τα δεδομένα είναι στο σωστό μέγεθος ώστε να γίνει μετάδοση μέσω του ασύρματου καναλιού.
- 3) **BMC (Broadcast/Multicast Control):** Προσαρμόζει τις υπηρεσίες εκπομπής και πολλαπλής εκπομπής στην ραδιοεπαφή.
- 4) **PDPC (Packet Data Convergence Protocol):** Μετατρέπει τα δεδομένα σε κατάλληλη δομή ώστε να γίνει μεταφορά μέσω της διεπαφής Air Interface.

Το **Layer 3** αποτελείται από τα υποστρώματα:

- 1) **RRC (Radio Resource Control):** Παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς στο Non Access Stratum, διαμορφώνει την ασύρματη διεπαφή, διαχειρίζεται την κινητικότητα και την ασφάλεια.
- 2) **GMM (GPRS Mobility Management):** Υποστηρίζει την κινητικότητα του MS και παρέχει πληροφορίες τοποθεσίας. Παρέχει πιστοποίηση χρήστη, έλεγχο ταυτότητας και κρυπτογράφηση δεδομένων.
- 3) **MM (Mobility Management):** Έχει αντίστοιχη λειτουργία με το GSM δηλαδή παρέχει πληροφορίες τοποθεσίας, έλεγχο πρόσβασης, κρυπτογράφηση, και πιστοποίηση.

Στο **Non Access Stratum** ανήκουν τα υποστρώματα του Layer 3 Mobility Management και GPRS Mobility Management.

Η συνολική δομή της αρχιτεκτονικής πρωτοκόλλων παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.4 Στρώματα και Πρωτόκολλα [31]

2.1.6 Διαδικασία Μεταπομπής UMTS

Στο UMTS οι βασικότεροι τρόποι μεταπομπής διακρίνονται στους ακόλουθους δύο τύπους:

1) Soft Handover και Softer Handover

2) Hard Handover (Inter Frequency ή Inter System Handover)

Κατά την διαδικασία του **Soft Handover** το MS είναι συνδεδεμένο σε δύο ή περισσότερα κελιά, τα οποία έχουν την ίδια συχνότητα. Τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από το Uplink επεξεργάζονται

στο RNC. Στο Downlink τα δεδομένα συνδυάζονται από τον δέκτη του UE, ώστε να βελτιωθεί η λήψη. Η λήψη πραγματοποιείται με τη χρήση της συνδυαστικής μεθόδου **Maximal Ratio Combination (MRC)**, η οποία επιτυγχάνει καλύτερη ποιότητα μετάδοσης. Ο συνδυασμός γίνεται στον δέκτη **RAKE**, ο οποίος αντιμετωπίζει τα διαφορετικά σήματα από τα διαφορετικά NodeB ως όρους πολυδιδρομικής διάδοσης (multipath propagation). Κάθε σήμα έχει διαφορετικό Spreading Factor, ο οποίος αντιστοιχεί σε διαφορετικό Node B. Η διαδικασία επιλογής γειτονικών κελιών ονομάζεται **Διαφορισμός Σταθμών Βάσης (Macrodiversity)**. Το MS αναζητεί κοντινά κελιά αποθηκεύοντας τους κώδικές τους στο τρέχον Node B. Στη συνέχεια λαμβάνονται μετρήσεις του RSSI για αυτά τα κελιά. Με βάση την ποιότητα και την ισχύ σήματος το RNC ειδοποιεί το MS να αλλάξει **ενεργή ομάδα (Active Set)** με την εισαγωγή ή την απόρριψη NodeB. Η ενεργή ομάδα περιέχει όλα εκείνα τα κελιά στα οποία είναι συνδεδεμένο το MS. Στο **Softer Handover** η διαδικασία είναι ίδια με το Soft Handover με τις διαφορές ότι χρησιμοποιείται μόνο ένας βρόχος ελέγχου ισχύος και η διαδικασία αναφέρεται σε τομείς και όχι σε κελί.

Το **Hard Handover** πραγματοποιείται μεταξύ κελιών τα οποία έχουν διαφορετική συχνότητα ή στο ίδιο Node B. Χρησιμοποιείται ένας τύπος συμπιεσμένης μετάδοσης κατά τον οποίο δημιουργούνται κενά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της μετάδοσης χωρίς απώλειες δεδομένων. Με το πέρας της διαδικασίας το MS συνδέεται σε νέο κελί διακόπτοντας την επικοινωνία με το προηγούμενο.

2.1.7 UMTS Κανάλια

Το είδος ενός **λογικού καναλιού** προσδιορίζεται από το είδος των δεδομένων των οποίων μεταφέρει. Στην περίπτωση του UMTS τα λογικά κανάλια διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1) Λογικά κανάλια ελέγχου

- a) **Broadcast Control Channel (BCCH):** κανάλι Downlink που χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφοριών ελέγχου των κελιών και του συστήματος.
- b) **Paging Control Channel (PCCH):** Downlink κανάλι, το οποίο μεταφέρει πληροφορίες ειδοποίησης.
- c) **Dedicated Control Channel (DCCH):** Uplink και Downlink κανάλι (αμφίδρομο) το οποίο μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου.
- d) **Common Control Channel (CCCH):** αμφίδρομο κανάλι το οποίο μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου σε χρήστες.
- e) **Shared Channel Control Channel (SHCCH):** Αμφίδρομο κανάλι το οποίο μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου για τα Shared Channels.

2) Λογικά κανάλια κίνησης

- a) **Dedicated Traffic Channel (DTCH):** Αμφίδρομο κανάλι που μεταφέρει δεδομένα για τον χρήστη
- b) **Common Traffic Channel (CTCH):** Είναι στην κάτω ζεύξη και μεταφέρει δεδομένα που είναι κοινά για κάποιους χρήστες.

Τα **κανάλια μεταφοράς** καθορίζουν τον τύπο και τον τρόπο των χαρακτηριστικών που μεταδίδονται τα δεδομένα στο Physical Layer. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: άνω και κάτω ζεύξης. Το κανάλι **Dedicated Channel (DCH)** είναι Downlink ή Uplink, αποδίδεται σε ένα MS μόνο, χρησιμοποιεί έλεγχο ισχύος κλειστού βρόχου και μπορεί να αλλάξει ρυθμό μετάδοσης κάθε 10ms.

1) Κανάλια μεταφοράς άνω ζεύξης

- a) **Random Access Channel (RACH):** Χρησιμεύει για την αρχική εισαγωγή στο διαδίκτυο ή για μεταφορά δεδομένων σε Non Real Time.
- b) **Common Packet Channel (CPCH):** Χρησιμοποιείται μόνο σε FDD για μεταφορά δεδομένων σε γρήγορο ρυθμό.
- c) **Uplink Shared Channel (USCH):** Χρησιμοποιείται μόνο σε TDD συστήματα και μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου ή δεδομένα χρήστη.

2)Κανάλια κάτω ζεύξης

- a) **Forward Access Channel (FACH):** Downlink κανάλι το οποίο μεταφέρει δεδομένα χρήστη.
- b) **Downlink Shared Channel (DSCH):** Κανάλι το οποίο προσφέρεται από τον πάροχο, συσχετίζεται με ένα κανάλι DCH και μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου και δεδομένα χρήστη.
- c) **Broadcast Channel (BCH):** Μεταφέρει πληροφορίες κελιών και του συστήματος.
- d) **Paging Channel (PCH):** Μεταφέρει πληροφορίες ειδοποίησης και αναζήτησης.

Τα φυσικά κανάλια δρουν ανάμεσα στον Node B και τον MS, προσδιορίζονται ως μέσο μεταφοράς πληροφοριών και στηρίζονται στην τεχνική **FDD**. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες **Dedicated Channels** και **Common Channels**. Τα **Dedicated Channels** αποδίδονται σε ένα μόνο MS και είναι τα ακόλουθα :

- 1) **Dedicated Physical Data Channel (DPDCH):** Είναι Uplink κανάλι χρησιμοποιείται για να μεταφέρει το DCH κανάλι μεταφοράς και την πληροφορία από το Layer 2. Μπορεί σε μια ζεύξη να υπάρχουν μηδέν, ένα ή μερικά DPDCH κανάλια.
- 2) **Dedicated Physical Control Channel (DPCCH):** Είναι Uplink κανάλι, μεταφέρει το DCH και μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου οι οποίες πηγάζουν από το Layer 1.

Τα **Common Channels** τα οποία ανήκουν στην άνω ζεύξη είναι :

- 1)**Physical Common Packet Channel (PCPCH):** Αποστέλλει πακέτα από το MS προς το δίκτυο σε περίπτωση που η χωρητικότητα του RACH έχει εξαντληθεί.
- 2)**Physical Random Access Channel (PRACH):** Χρησιμεύει στην τυχαία πρόσβαση MS στο δίκτυο και στην αποστολή μικρού αριθμού πακέτων δεδομένων στην άνω ζεύξη.

Τα **Shared Channels** εισήχθησαν για πρώτη φορά στο UMTS, ώστε να υπάρχει αποδοτικότητα στη χρήση ραδιοπόρων και χρησιμοποιούνται διαφορετικά από κάθε χρήστη ανάλογα με τις ανάγκες του καθένα. Τα **Common Channels** τα οποία ανήκουν στην κάτω ζεύξη είναι :

- 1)**Physical Downlink Shared Channel (PDSCH):** Ενεργοποιείται μόνο αν το κανάλι DSCH είναι ενεργοποιημένο από τον πάροχο και μεταφέρει επιπρόσθετες πληροφορίες για τον χρήστη.
- 2)**Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH):** Είναι κανάλι το οποίο αναμεταδίδει σε όλα τα MS και μεταφέρει πληροφορίες για το κανάλι BCH.
- 3)**Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH):** Μεταδίδει πληροφορίες από τα κανάλια μεταφοράς PCH και FACH. Μπορεί να έχουμε σε ένα κελί περισσότερα από ένα S-CCPCH αν τα κανάλια PCH και FACH χρησιμοποιούν διαφορετικά S-CCPCH.
- 4)**Primary Synchronization Channel (P-SCH):** Μεταφέρει πληροφορίες συγχρονισμού σε επίπεδο χρονοθυρίδας
- 5)**Secondary Synchronization Channel (S-SCH):** Μεταφέρει πληροφορίες συγχρονισμού σε επίπεδο πλαισίου.
- 6)**Acquisition Indication Channel (AICH):** Μεταφέρει δείκτες ώστε η πρόσβαση του MS στο δίκτυο να είναι επιτυχής.
- 7)**Paging Indication Channel (PICH):** Μεταφέρει δείκτες σε περίπτωση που υπάρχουν μηνύματα αναζήτησης.

- 8) **Common Pilot Channel (CPICH)**: Μεταφέρει αναφορές για φυσικά κανάλια προς την κάτω ζεύξη.
- 9) **Common Pilot Status Indication Channel (CSICH)**: Μεταφέρει πληροφορίες για την κατάσταση του CPICH.
- 10) **Collision-Detection/Channel Assignment Indicator Channel (CD/CA-ICH)**: Όταν το CA είναι ανενεργό μεταφέρεται τον δείκτη CD ο οποίος ανιχνεύει την σύγκρουση ενώ όταν το CA είναι ενεργό μεταφέρονται οι δείκτες CA και CD.

Στην περίπτωση των TDD συστημάτων τα φυσικά κανάλια είναι :

- 1) **Dedicated Physical Channel (DPCH)**: Μεταφέρει το DCH.
- 2) **Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)**: Μεταδίδει την πληροφορία του BCH.
- 3) **Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)**: Μεταδίδει πληροφορίες από τα κανάλια μεταφοράς PCH και FACH.
- 4) **Physical Random Access Channel (PRACH)**: Χρησιμεύει στην τυχαία πρόσβαση MS στο δίκτυο.
- 5) **Physical Uplink Shared Channel (PUSCH)**: Συσχετίζεται με ένα κανάλι DCH ή FACH.
- 6) **Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)**: Ομοίως με το PUSCH συσχετίζεται με ένα κανάλι DCH ή FACH.
- 7) **Paging Indication Channel (PICH)**: Μεταφέρει δείκτες σε περίπτωση που υπάρχουν μηνύματα αναζήτησης.

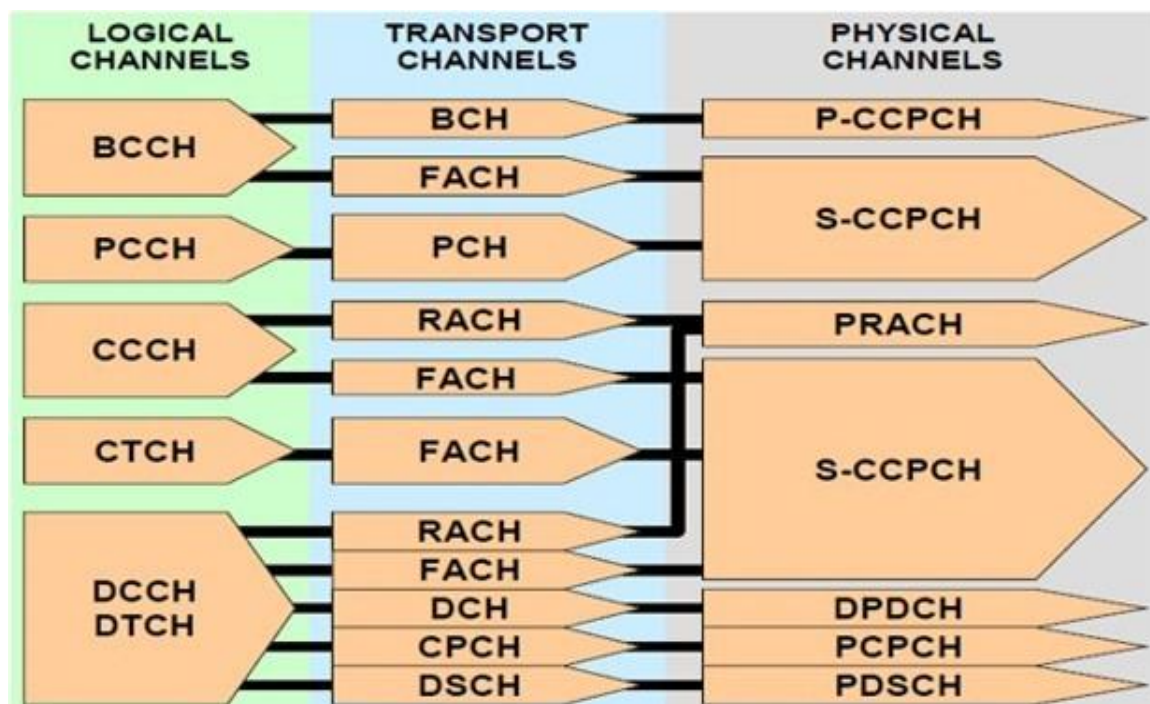
8) **Synchronization Channel (SCH)**: Παρέχει την πληροφορία της ομάδας κωδικών του κελιού. Η πολυπλεξία πολλών Transport καναλιών σε ένα φυσικό κανάλι δημιουργούν ένα κανάλι το οποίο ονομάζεται **Coded Composite Transport Channel (CCTrCH)**. Το περιεχόμενο από τη σκοπιά των καναλιών μεταφοράς ονομάζονται **Transport Format Combination** , και αναγνωρίζεται από το **Transport Format Combination Identifier (TFCI)**. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να αλλάξει σε κάθε πλαίσιο των 10mS και το σύνολό τους ονομάζεται **Transport Format Combination Set**.

Στα FDD και TDD συστήματα κάθε πλαίσιο έχει διάρκεια 10mS, αποτελείται από 38400 chips και 15 χρονοθυρίδες, δηλαδή 2560 chips και **0.667mS** ανά θυρίδα. Ο αριθμός κάθε πλαισίου ονομάζεται **System Frame Number (SFN)**. Στα FDD συστήματα οι χρονοσχισμές χρησιμεύουν στη οργάνωση και τον συγχρονισμό της σηματοδότησης. Στα TDD χωρίζεται σε δύο υποπλαίσια που χρησιμοποιούνται για να διαφοροποιηθεί η Downlink και η Uplink εκπομπή. Επίσης, στα TDD συστήματα μπορούν να υποστηριχθούν έως και 15 χρήστες σε ένα πλαίσιο ταυτόχρονα και να δοθούν περισσότερες από μία χρονοθυρίδες σε ένα χρήστη. Το πρωτόκολλο MAC το παραλαμβάνει από το RRC και αποφασίζεται ποιος συνδυασμός θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε πλαίσιο. Άρα το MAC διαχειρίζεται τους ραδιοπόρους με την μεταβολή του ρυθμού μετάδοσης σε κάθε πλαίσιο. Κάθε δύο πλαίσια περιέχονται 15 slots τα οποία ονομάζονται **Access Slots (AS)** και πραγματοποιούν τυχαία πρόσβαση ενός MS στο δίκτυο. Η απόσταση μεταξύ των AS είναι 5.120 chips. Τα slots τα οποία χρησιμοποιούνται από το MS καθορίζονται από το υποκανάλι RACH από τα οποία υπάρχουν δώδεκα διαφορετικά. Το MS ξέρει τα υποκανάλια RACH που είναι διαθέσιμα σε ένα κελί, τους κωδικές scrambling και τις **υπογραφές τους (Signatures)**. Το MS αρχικά μεταδίδει ένα **Preamble (Επικεφαλίδα)** που αποτελείται από 4.096 chips. Το σύνολο των preamble είναι 16 και παράγονται από την διασπορά της υπογραφής με SF=256, δηλαδή μπορεί να δοθεί πρόσβαση σε 16 MS. Αν η πρόσβαση είναι επιτυχής εκπέμπει μήνυμα το οποίο διαρκεί 10ms ή 20ms. Για να είναι επιτυχής η πρόσβαση το κανάλι BCH πρέπει να στείλει τις ακόλουθες πληροφορίες.

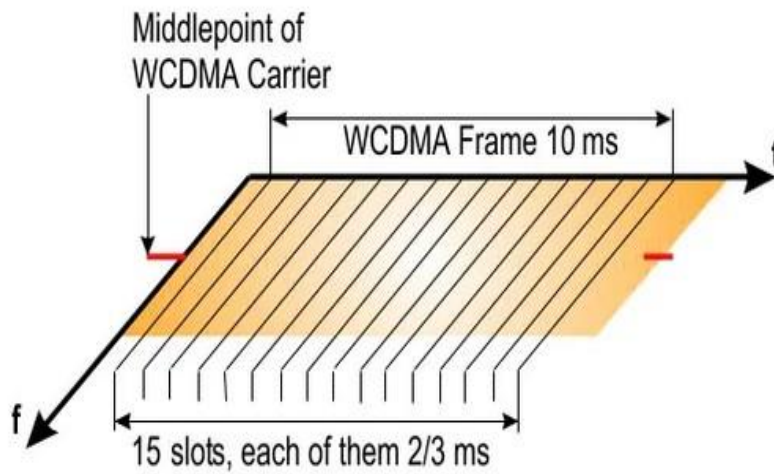
1) Κώδικας scrambling επικεφαλίδας

- 2) Μήκος μηνύματος
- 3) Διαθέσιμες υπογραφές για παραγωγή επικεφαλίδας
- 4) Διαθέσιμα RACH
- 5) Ισχύς εκπομπής για μήνυμα και επικεφαλίδα
- 6) Παράμετροι οι οποίες καθορίζουν ισχύ εκπομπής

Αρχικά το κανάλι RACH καθορίζει τα διαθέσιμα AS στο πλαίσιο, μετά επιλέγεται μια υπογραφή, παράγεται μια επικεφαλίδα και γίνεται εκπομπή στο AS που δόθηκε με συγκεκριμένη ισχύ. Αφού γίνει η εκπομπή το κανάλι AICH στέλνει επιβεβαίωση, ενώ αν δεν ληφθεί επιβεβαίωση τότε η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται αλλά με υψηλότερη ισχύ. Αν οι ανεπιτυχείς προσπάθειες είναι πολλές τότε ενημερώνονται τα ανώτερα στρώματα. Αν γίνει επιτυχής πρόσβαση γίνεται εκπομπή μηνύματος με καθυστέρηση 3 ή 4 χρονοθυρ'ιδων και γίνεται ενημέρωση των ανώτερων στρωμάτων για την επιτυχία της πρόσβασης. Στις εικόνες 2.5 και 2.6 απεικονίζονται τα κανάλια και η δομή του πλαισίου.



Εικόνα 2.5 Λογικά Κανάλια, Κανάλια Μεταφοράς και Φυσικά Κανάλια UMTS [32]



Εικόνα 2.6 Δομή χρονοπλαισίου WCDMA [32]

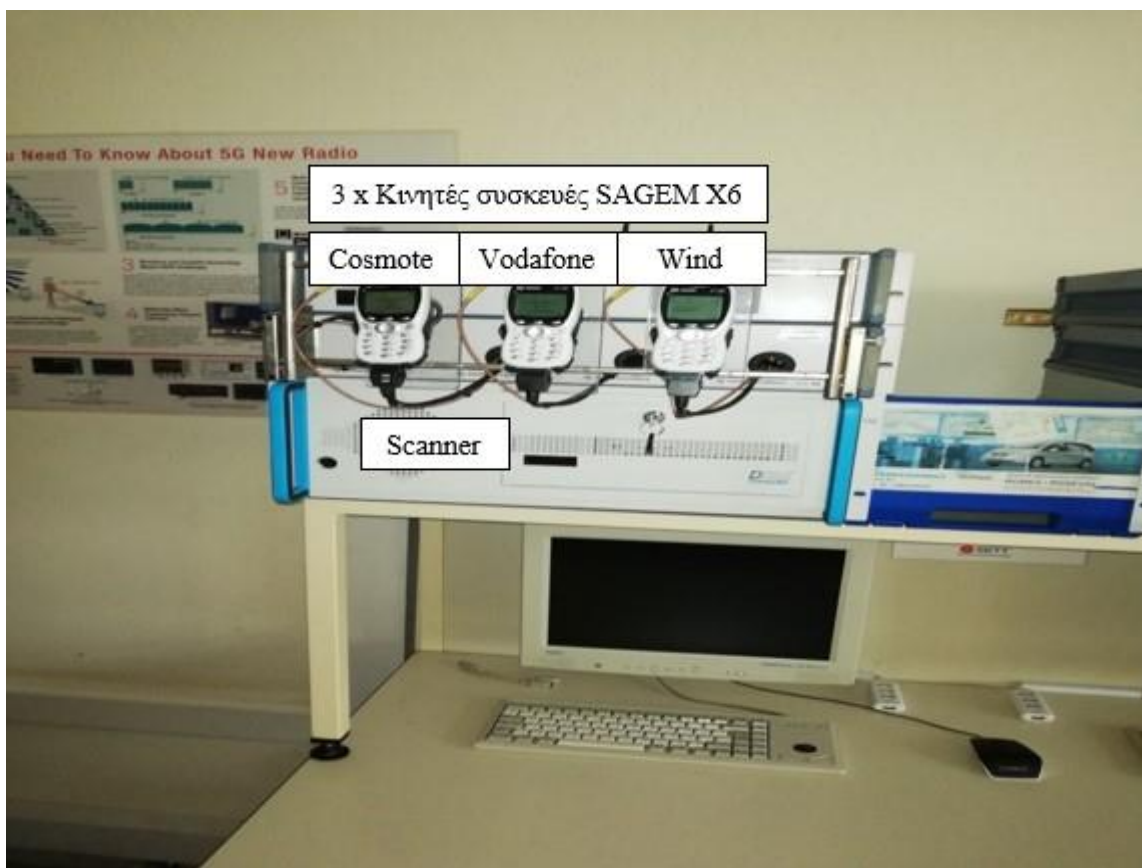
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Εργαστηριακές Μετρήσεις GSM-UMTS

3.1 GSM Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν οι μετρήσεις **GSM** οι οποίες έγιναν με το μετρητικό σύστημα **Rome's R&S Coverage Measurement System Version 3.25** της **Rhode & Schwarz** [11]-[17]. Η διαδικασία των μετρήσεων περιλαμβάνει τη χρήση τριών τερματικών συσκευών με σύνδεση κινητά με παρόχους **Cosmote**, **Vodafone** και **Wind** στο καθένα. Οι μετρήσεις οι οποίες καταγράφονται σχετίζονται με σήμα προς θόρυβο, μετρήσεις καναλιών, Layer 1, 2, 3 καθώς και ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ δικτύου και κινητού.

3.2 GSM Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστεί ο μετρητικός εξοπλισμός και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να ληφθούν οι μετρήσεις.



Εικόνα 3.1 GSM Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός

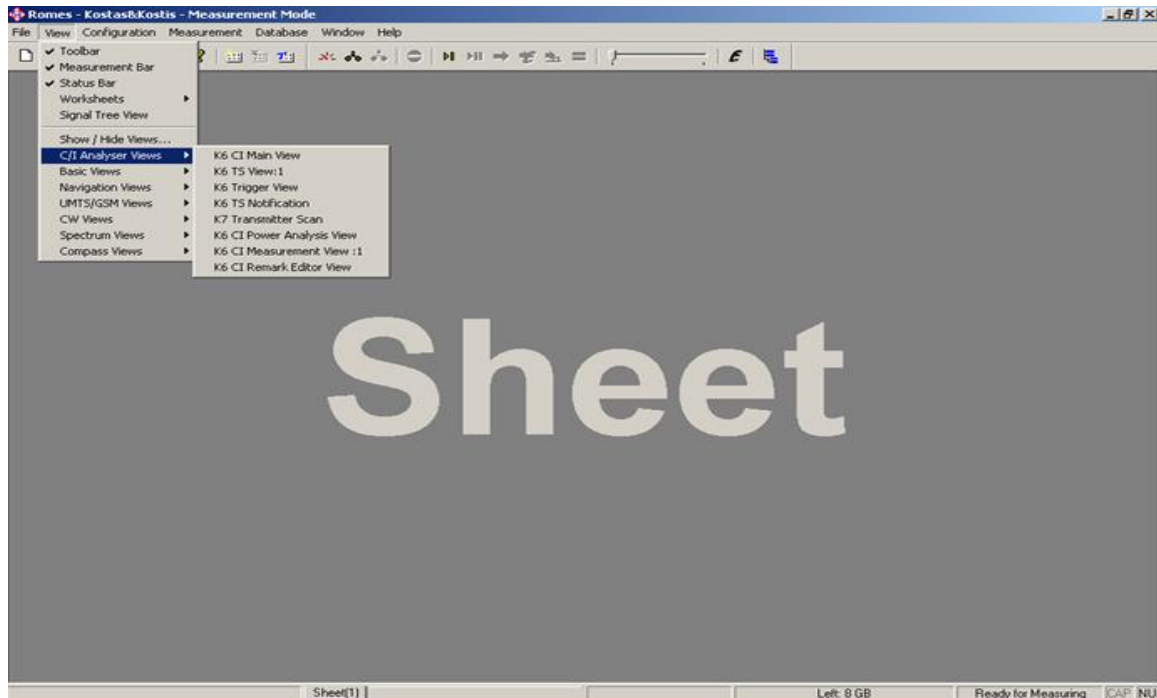
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1 για την λήψη μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το μετρητικό σύστημα της **Rhode & Schwarz** το οποίο συνδυάζεται με το λογισμικό **Rome's** της ίδιας εταιρείας. Η μετρητική διάταξη αποτελείται από: α) μία μονάδα ελέγχου, η οποία ουσιαστικά είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, β) ένα σαρωτή, ο οποίος λειτουργεί ως ένας δέκτης σάρωσης συχνοτήτων και γ) τρεις τερματικές συσκευές (κινητά **SAGEM X6**) με διαφορετικό πάροχο στο καθένα.

Ο σαρωτής έχει τη δυνατότητα να ελέγχει το φάσμα καναλιών GSM σε όλες τις συχνότητες του. Τα κινητά χρησιμοποιούνται για τη λήψη μετρήσεων με την διεξαγωγή κλήσεων (**Normal Mode**) ή σε ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Κωνσταντίνος Καλανδρόπουλος

λειτουργία σάρωσης (**Scan Mode**). Οι δύο αυτές λειτουργίες χρησιμοποιούνται για την λήψη διαφορετικών μετρήσεων και θα παρουσιαστούν στις ενότητες που ακολουθούν.

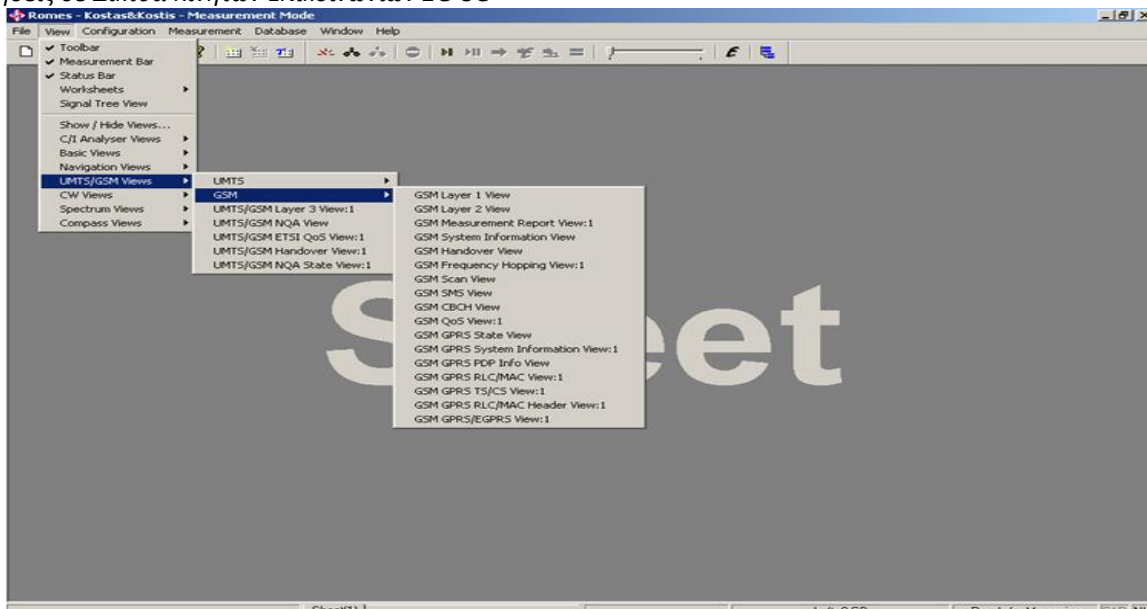
3.3 GSM Μετρήσεις

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστούν οι βασικές ρυθμίσεις για την έναρξη μετρήσεων του μετρητικού συστήματος Rome's. Στις **Εικόνες 3.2** και **3.3** παρουσιάζονται τα παράθυρα των μετρήσεων τα οποία απεικονίζουν το μενού των επιλογών μέτρησης.



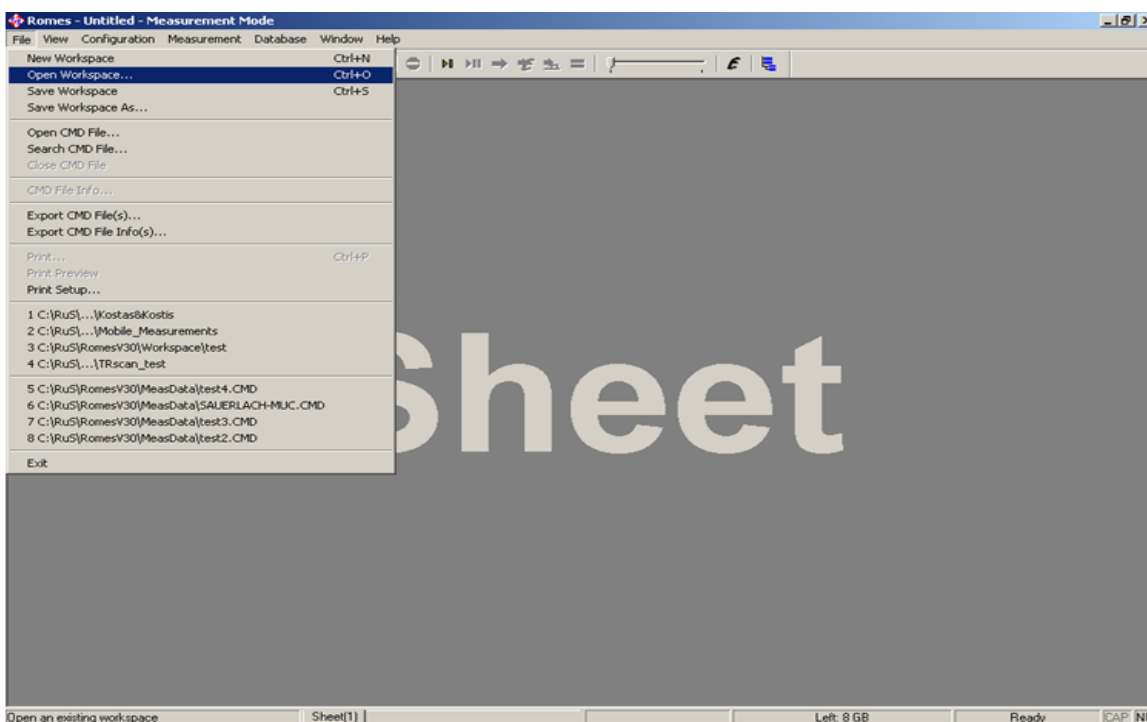
Εικόνα 3.2 GSM C/I Analyzer Views Menu

Στην **Εικόνα 3.2** παρουσιάζονται όλες οι επιλογές οι οποίες σχετίζονται με τις μετρήσεις και την ανάλυση των καναλιών και των παρεμβολών που αυτά υφίστανται σε ένα GSM δίκτυο. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις είναι πολύ σημαντικές για την εύρυθμη λειτουργία ενός GSM δικτύου, διότι η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων εισάγει το ζήτημα των παρεμβολών ως ένα σημαντικό μηχανισμό υποβάθμισης της ποιότητας επικοινωνίας και της κάλυψης του δικτύου.



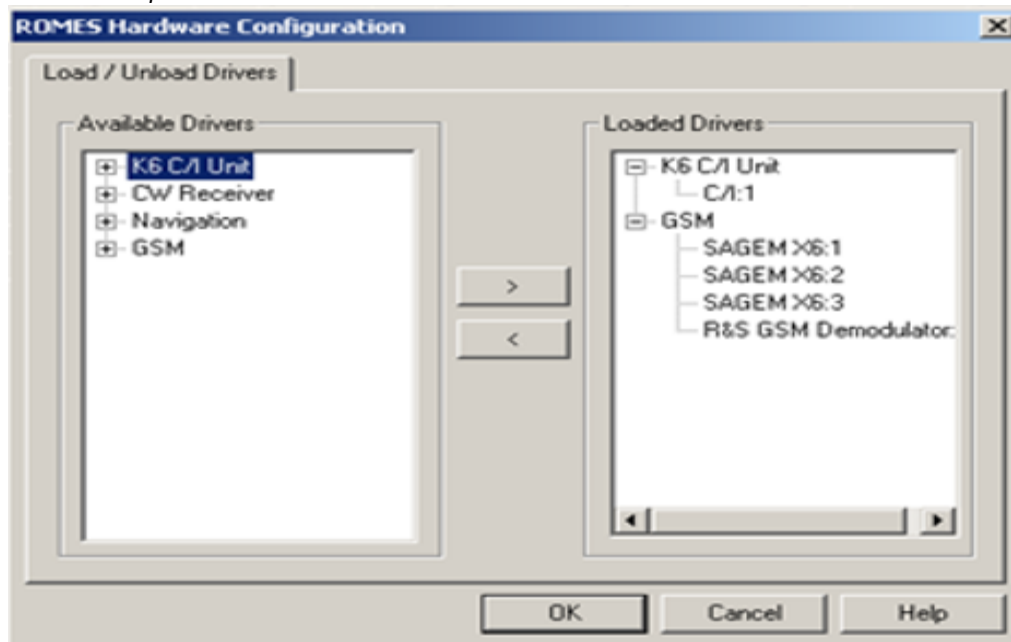
Εικόνα 3.3 GSM Views Menu

Στην **εικόνα 3.3** παρουσιάζονται οι μετρήσεις που μπορούν να γίνουν σε αντιστοιχία με τα τρία στρώματα της αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων της διεπαφής Um (Layer 1, 2 και 3) με δυνατότητες καταγραφής της ανταλλαγής μηνυμάτων L3 μεταξύ δικτύου και κινητού.



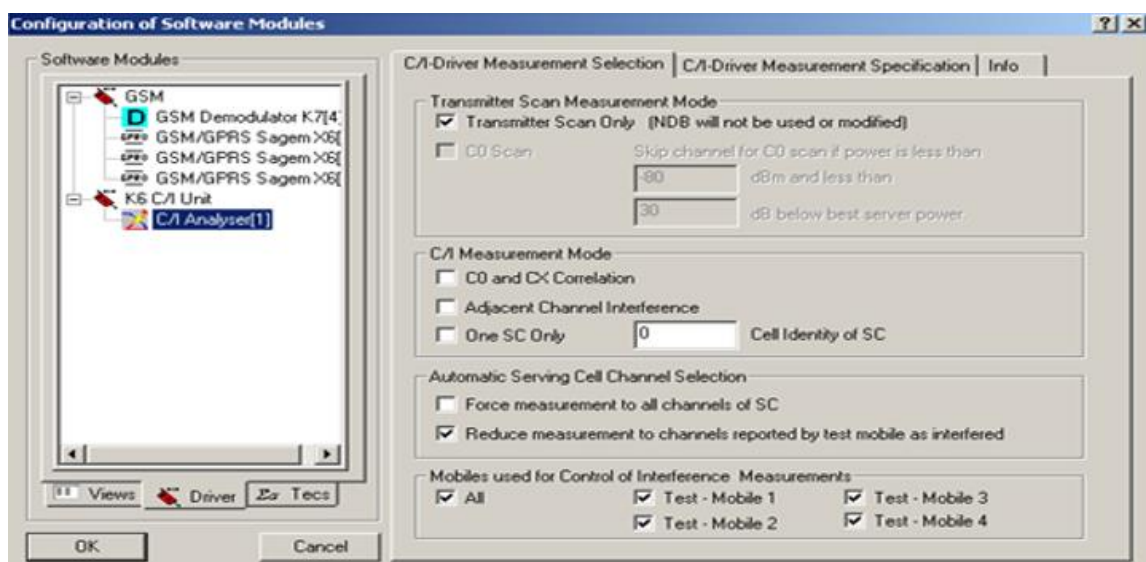
Εικόνα 3.4 Δημιουργία νέου ή άνοιγμα υπάρχοντος Workspace

Διαδικαστικά οι διεξαγωγή μετρήσεων εκκινεί με τη δημιουργία ενός νέου Workspace (Εικόνα 3.4), στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα διαμόρφωσης και αποθήκευσης των μετρητικών ρυθμίσεων, ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

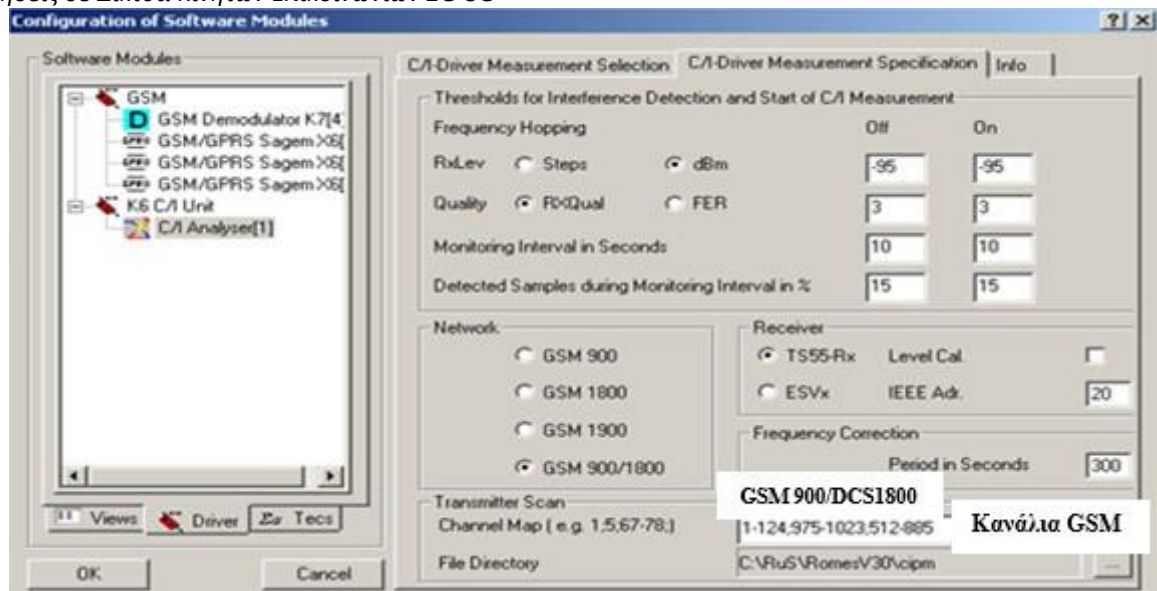


Εικόνα 3.5 Ρύθμιση Hardware

Όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.4** και **3.5** αρχικά δημιουργούμε ένα νέο **Workspace** και στη συνέχεια προσθέτουμε τις συσκευές που θα χρειαστούν για την λήψη των μετρήσεων. Η προσθήκη των συσκευών γίνεται από το **Toolbar** με την επιλογή της διαδρομής **Configuration→Hardware→Drivers**. Προσθέτουμε το **K6 C/I Unit** χωρίς να επιλέξουμε κάποια θύρα και στη συνέχεια στο **GSM** επιλέγουμε τα **τρία** κινητά **Sagem X6** λαμβάνοντας υπόψη ότι βρίσκονται στις θύρες **com5**, **com6** και **com9**, αντίστοιχα. Τέλος, επιλέγουμε το **R&S GSM Demodulator** και επιβεβαιώνουμε τη ρύθμιση με την επιλογή του **OK**.

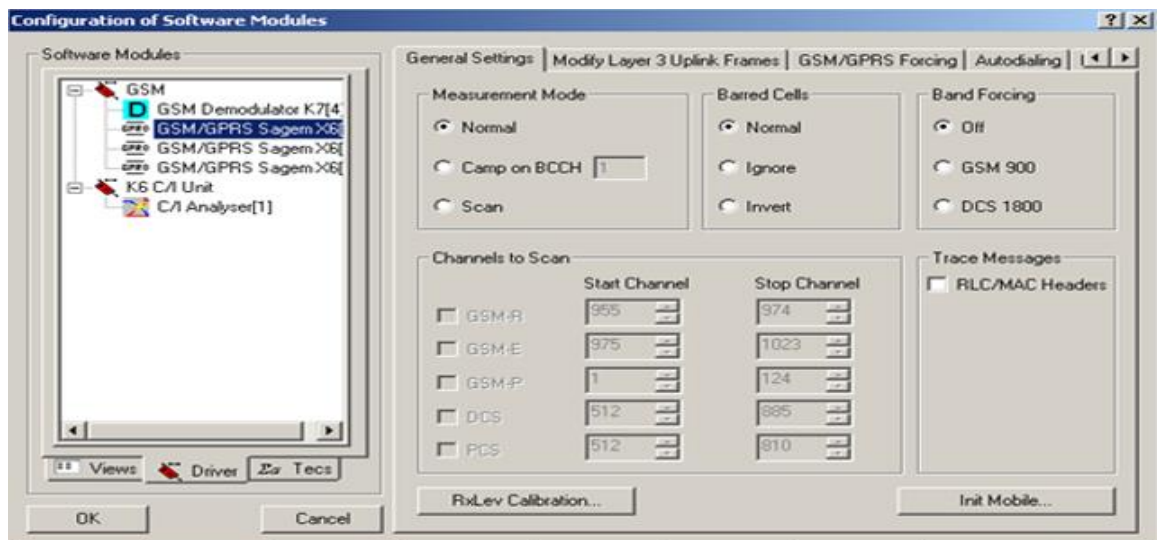


Εικόνα 3.6 Ρυθμίσεις C/I Measurement Selection

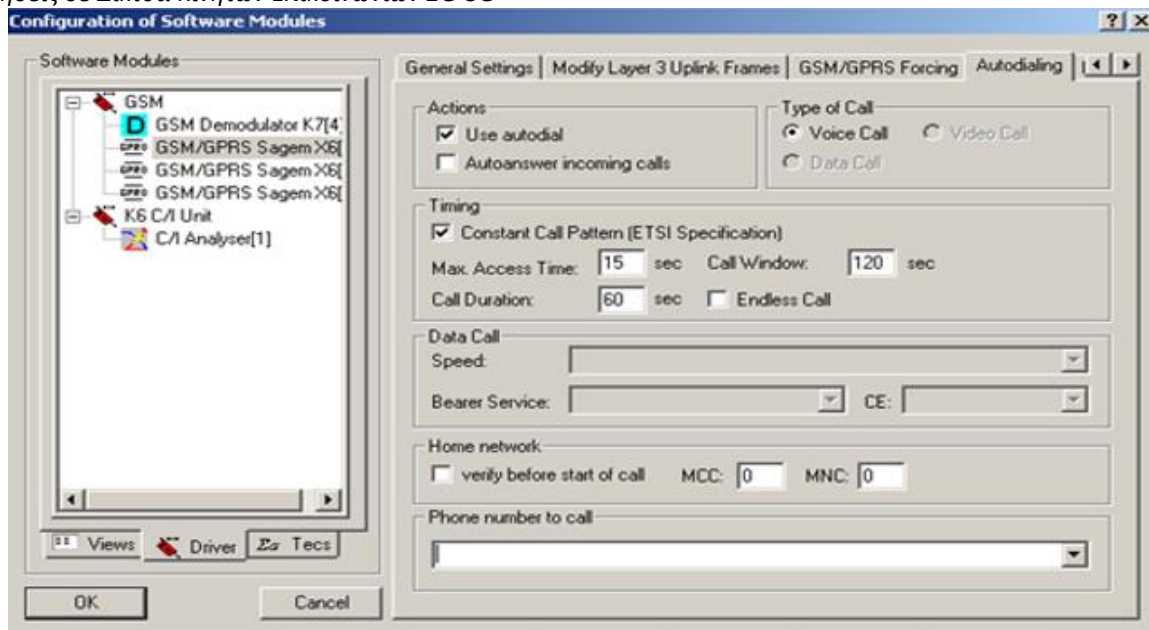


Εικόνα 3.7 Ρυθμίσεις C/I Driver Measurement Specification

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.6 στο πεδίο **Transmitter Scan**→**Channel Map** πρέπει να σημειώσουμε τα κανάλια GSM στα οποία θα γίνουν οι μετρήσεις πληκτρολογώντας την ARFCN ταυτότητά τους. Τα κανάλια τα οποία σημειώνονται αναφέρονται στα κανάλια που χρησιμοποιούν οι πάροχοι Cosmote, Vodafone και Wind στις συχνότητες των **GSM900** και **DCS1800**. Δεν εισάγουμε συχνότητες του PCS1900, διότι στην Ελλάδα δεν χρησιμοποιούν τα αντίστοιχα κανάλια. Οπότε εισάγουμε τα ακόλουθα ARFCN κανάλια: **1-124;975-1023;512-885**



Εικόνα 3.8 General Settings για εξερχόμενη αυτόματη κλήση κινητού



Εικόνα 3.9 Ρυθμίσεις Autodialing για εξερχόμενη αυτόματη κλήση κινητού

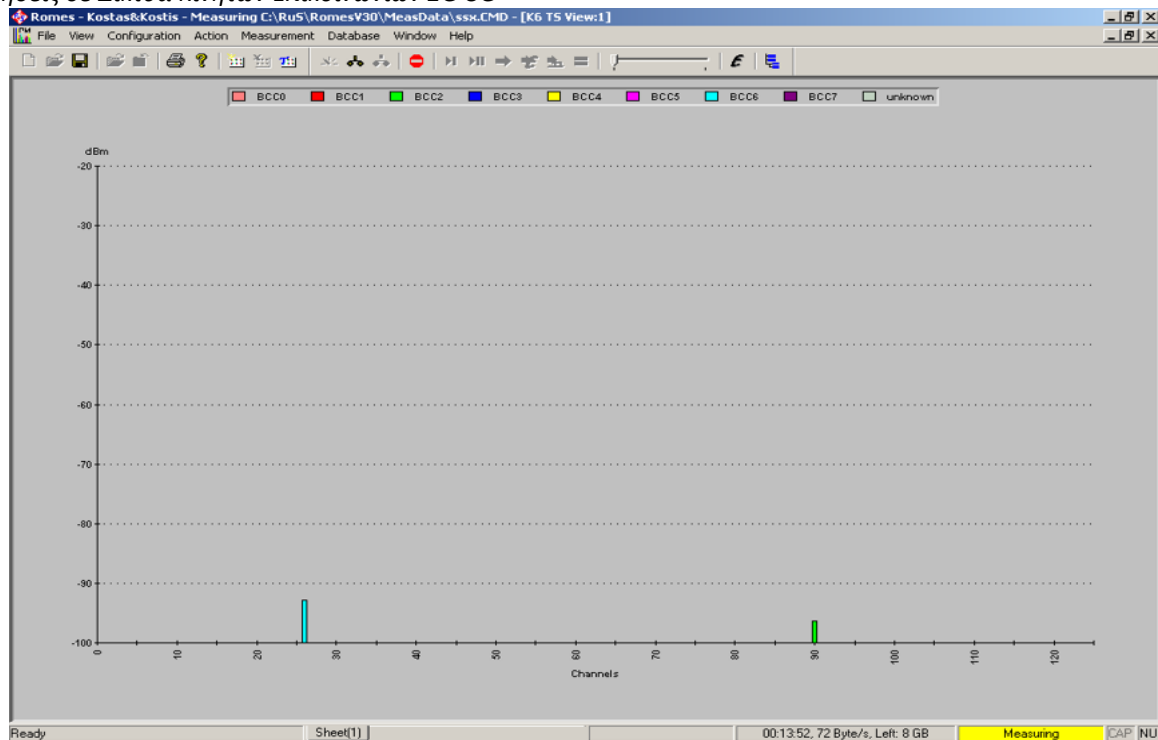
Χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις **Autodialing** επιτυγχάνεται η αυτόματη κλήση του κινητού προς κάποιο άλλο κινητό ώστε να πραγματοποιηθούν μετρήσεις μέσω τέστ κλήσεων. Επιλέγοντας στο πεδίο **General Settings** → **Measurement Mode** → **Normal** και στο πεδίο **Autodialing** → **Actions** → **Use Autodial** θέτουμε το κινητό σε επιλογή κλήσης. Στο πεδίο **Timing** → **Call Duration** επιλεγούμε τα δευτερόλεπτα διάρκειας κλήσης, ενώ στο πεδίο **Timing** → **Max. Access Time** ρυθμίζεται ο χρόνος από το τέλος μια κλήσης μέχρι την επόμενη. Τέλος στο πεδίο **Phone number to call** πληκτρολογούμε τον αριθμό που θέλουμε να γίνεται η κλήση. Αφού πραγματοποιηθούν όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις το μετρητικό σύστημα είναι έτοιμο για την έναρξη καταγραφής μετρήσεων **Measurement** → **Start Measurement (Εικόνα 3.45)**. Οι ρυθμίσεις αυτές γίνονται και στα τρία κινητά. Οι ρυθμίσεις των τριών κινητών περιγράφονται στο **Παράρτημα Α, παράγραφος Normal Mode**.

3.4 GSM C/I Μετρήσεις

Σε αυτή την ενότητα καταγράφονται οι μετρήσεις σημάτων σε περιβάλλον παρεμβολών καθώς και οι μετρήσεις καναλιών. Οι μετρήσεις, οι οποίες καταγράφηκαν, περιλαμβάνουν τους παρόχους Cosmote, Vodafone και Wind για όλα τα παράθυρα στο Menu **C/I Analyzer**. Το **C/I (Carrier to Interference)** χρησιμοποιείται για να αναλυθούν οι παρεμβολές οι οποίες προκαλούνται από τους σταθμούς βάσης που είναι σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους και χρησιμοποιούν τα ίδια κανάλια (Εικόνα 3.2).

3.4.1 GSM K6 TS View:1

Σε αυτό το παράθυρο καταγράφονται μετρήσεις οι οποίες σχετίζονται με το επίπεδο των σημάτων σταθμών βάσης τα οποία καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια καταγραφής του **K7 Transmitter Scan** στους σταθμούς βάσης.



Εικόνα 3.10 GSM K6 TS View:1

Στο συγκεκριμένο παράθυρο μετρήσεων καταγράφονται τα επίπεδα ισχύος του σήματος κατά την διάρκεια σάρωσης καναλιών με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα υποσύνολα τους μετά από διαδοχική κυκλική σάρωση. Τα διαφορετικά χρώματα αναπαριστούν το κάθε σταθμό βάσης. Το **BCC (Base Station Color Code)** στο GSM έχει τη χρήση της χρωματικής διάκρισης μεταξύ σταθμών βάσης. Στο GSM γίνεται μετάδοση στη **Ριπή Συγχρονισμού (Synchronization Burst)** με την οποία το κινητό συγχρονίζεται με το δίκτυο ανιχνεύοντας τη συχνότητα του καναλιού. Στη συνέχεια το BCC ενημερώνει το κινητό για το κλειδί που θα χρησιμοποιηθεί για την αποδιαμόρφωση και αποκωδικοποίηση των πληροφοριών οι οποίες λαμβάνονται. Άρα παρατηρούμε ότι ο σταθμός βάσης **BCC6** (γαλάζιο χρώμα) έχει ισχύ **-92dBm** ενώ ο σταθμός βάσης **BCC2** (πράσινο χρώμα) έχει ισχύ **-95dBm**. Οι τιμές των δύο σταθμών βάσης BCC είναι ικανοποιητικές αφού κυμαίνονται σε ένα εύρος **-86dBm** έως **-100dBm**, το οποίο θεωρείται ικανοποιητικό (**Παράρτημα Α, Πίνακας 2**).

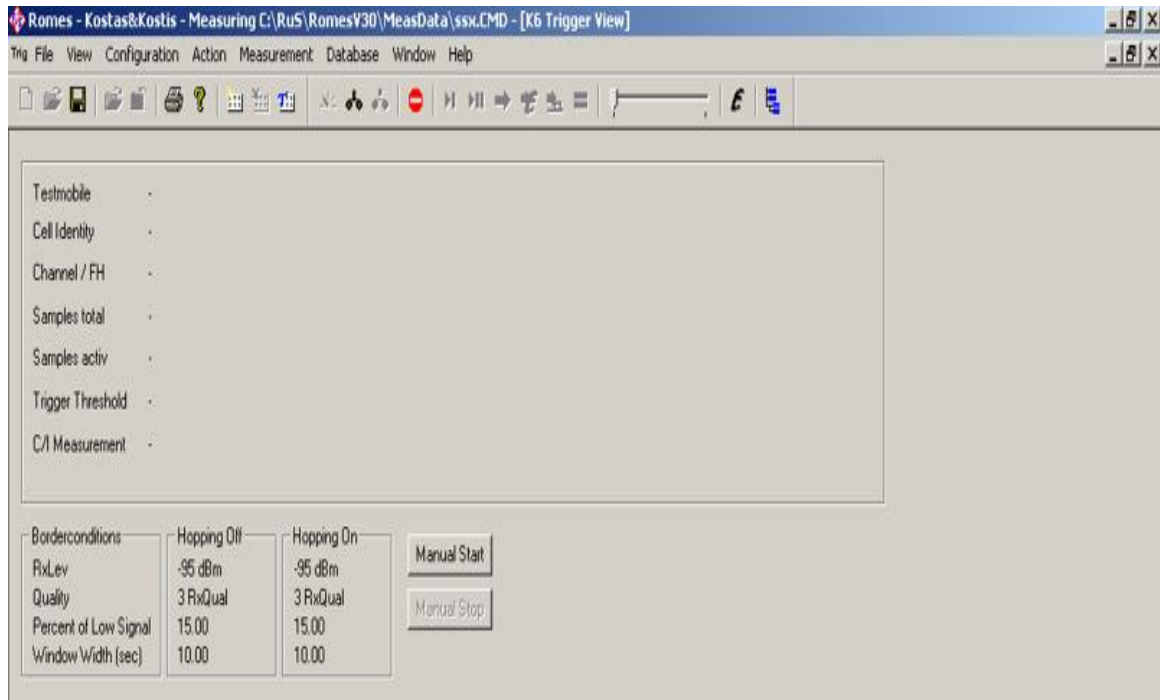
3.4.2 GSM K6 Trigger View

Σύμφωνα με την Εικόνα 3.11, το **RxLev** είναι η ελάχιστη ισχύς που απαιτείται σε περιβάλλον παρεμβολών, ώστε η επικοινωνία να θεωρείται ικανοποιητική. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η τιμή **-95dB** θεωρείται αρκετά καλή για επικοινωνία (**Παράρτημα Α, Πίνακας 1**).

Το **Quality** αναφέρεται στην ποιότητα της κλήσης δηλαδή η τιμή του **RxQual** δηλώνει το πόσο καλή είναι η ποιότητα της φωνής σε μια κλήση. Η τιμή **3** του **RxQual** σημαίνει ότι έχουμε **0.8%-1.6% Bit Error Rate (BER)** (**Παράρτημα Α, Πίνακας 3**). Οι πιθανές τιμές του RxQual είναι **0** έως **7** με το **0** να είναι η καλύτερη τιμή ενώ το **7** η χειρότερη, άρα στην περίπτωση μας έχουμε μια αρκετά ικανοποιητική ποιότητα φωνής στην κλήση.

Το **Percent of Low Signal** αναφέρεται στο ποσοστό κακού σήματος στο οποίο διάστημα μπορεί να αλλοιώνεται η φωνή δηλαδή **15%** το οποίο είναι αρκετά ικανοποιητικό.

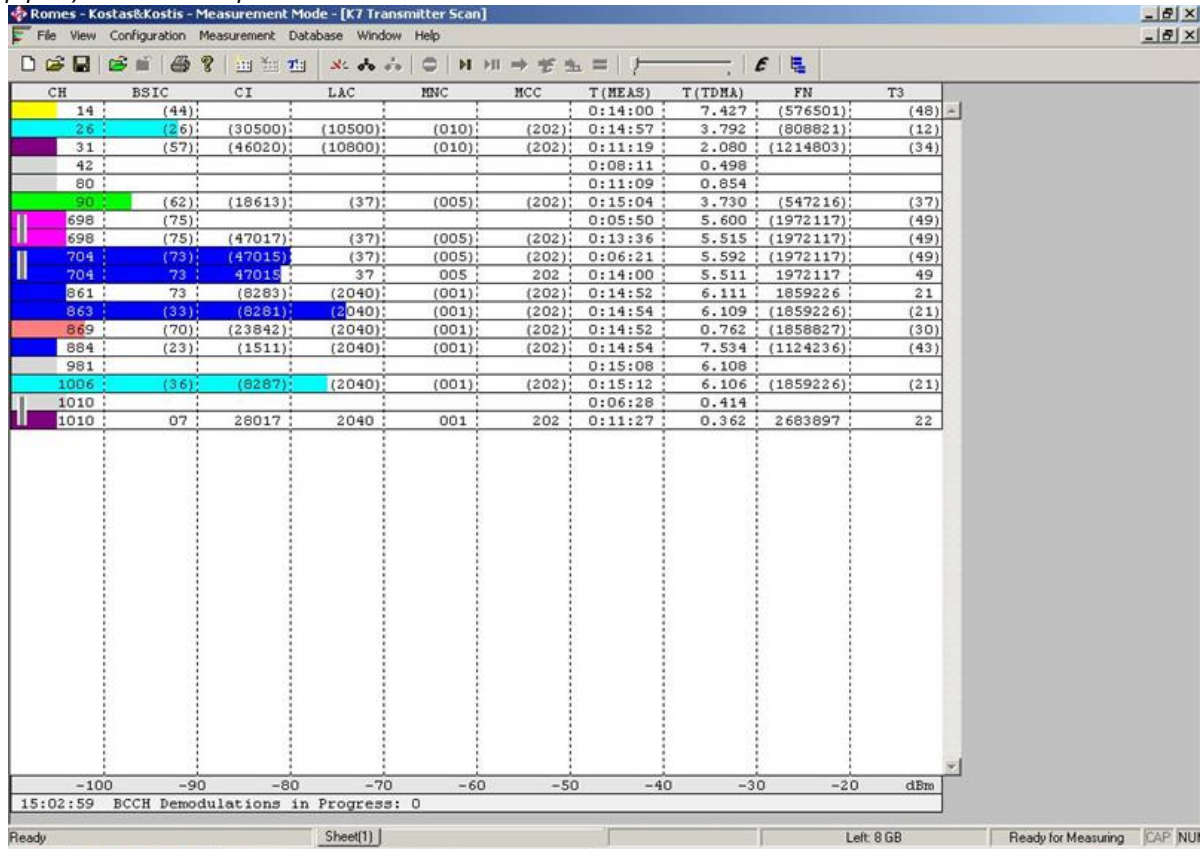
Τέλος, το **Window Width** δείχνει πόσα δευτερόλεπτα διαρκεί η μέτρηση και ρυθμίζεται από τον χρήστη. Οι υπόλοιπες μετρήσεις δεν καταγράφονται λόγω του ότι δεν χρησιμοποιείται συσκευή **Trigger**.



Εικόνα 3.11 GSM K6 Trigger View

3.4.3 GSM K7 Transmitter Scan

Στην **εικόνα 3.12** καταγράφονται πληροφορίες κατά τη διάρκεια της σάρωσης του πομπού οι οποίες στη συνέχεια αποδιαμορφώνονται από το **R&S Demodulator**. Επίσης περιέχονται πληροφορίες που έχουν μεταδοθεί στο κανάλι συγχρονισμού και πληροφορίες System Information Type 3 που μεταδίδονται από το κανάλι ελέγχου μετάδοσης **BCCH (Broadcast Control Channel)**, το οποίο αβνακοινώνει πληροφορίες όπως της ταυτότητας περιοχής στην οποία ανήκει το κελί.



Εικόνα 3.12 GSM K7 Transmitter Scan

Το πεδίο **CH** δηλώνει τον αριθμό του καναλιού το οποίο μετράται. Η κάθετη μπάρα στα αριστερά των καναλιών με αριθμό 698, 704 και 1010 σημαίνει ότι οι μετρήσεις γίνονται για το ίδιο κανάλι. Τα διαφορετικά χρώματα σε κάθε κανάλι δηλώνουν τον διαφορετικό σταθμό βάσης από τον οποίο λαμβάνεται το κάθε σήμα. Το **BSIC (Base Station Identity Code)** είναι κωδικός ο οποίος μεταδίδεται στο **SCH (Synchronization Channel)** ταυτοποιώντας το **NCC (National Color Code)** και το **BCC (Base Station Code)**, τα οποία αναπαρίστανται με τους αριθμούς που αναγράφονται στην κάθε γραμμή. Για παράδειγμα, στο κανάλι 90 στην στήλη BSIC ο αριθμός 6 αναπαριστά το NCC ενώ το 2 το BCC.

Channel	BSIC	NCC	BCC
90	62	6 (110)	3 (010)

Πίνακας 3.1 BSIC

Το **CI** είναι ο μοναδικός αριθμός ο οποίος ταυτοποιεί το BTS ή κομμάτι του σε μια περιοχή (Location Area). Το αναγνωριστικό του κελιού είναι 16 bit και όταν συνδυάζεται με το LAI (Location Area Identity) ή το RAI (Routing Area Identity) δίνεται το CGI (Cell Global Identity). Το **Cell Identity** και το **LAC (Local Area Code)** είναι σε δεκαδική μορφή και δηλώνει την περιοχή στην οποία βρισκόμαστε. Τα **MNC (Mobile Network Code)** και το **MCC (Mobile Country Code)** αναπαρίστανται σε δυαδική και δεκαδική μορφή συμπληρώνοντας τη θέση του κινητού με αναφορά στη χώρα και τον πάροχο. Ουσιαστικά, τα τέσσερα αυτά στοιχεία (CI, MCC, MNC και LAC) ταυτοποιούν το **BTS (Base Transceiver Station)** σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ειδικότερα, το **NCC** είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την διάκριση των δικτύων σε περιπτώσεις συνόρων μεταξύ χωρών που εμπλέκονται σήματα διαφορετικών παρόχων, οι οποίοι χρησιμοποιούν

τις ίδιες συχνότητες. Τα **NMC** και **MCC** δίνουν πληροφορίες σχετικά με το γεωγραφικό σημείο, την χώρα καθώς και τον πάροχο. Η τιμή **202** η οποία καταγράφεται σε όλα τα **MCC** δηλώνει ότι βρισκόμαστε **Ευρώπη** λόγω του αριθμού **2** που βρίσκεται στην αρχή και συγκεκριμένα στην **Ελλάδα** λόγω των ψηφίων **02**.

Από το **NMC** μπορούμε να αντιληφθούμε τον κάθε πάροχο. Για παράδειγμα το κανάλι **1006** με **NMC 001** δηλώνει ότι είναι κανάλι **Cosmote** λόγω του **01**. Το κανάλι **90** με **NMC 005** ταυτοποιεί τον πάροχο **Vodafone** λόγω του **05**, ενώ το κανάλι **31** με **NMC 010** είναι του παρόχου **Wind** λόγω του **10**.

Το **T (MEAS)** του οποίου η μορφή είναι σε **ώρες:λεπτά:δευτερόλεπτα** δείχνει την τελευταία ενημέρωση των μετρήσεων στο κάθε κανάλι. Το **T (TDMA)** έχει μήκος όσο ένα **Time Slot** άρα η εμβέλεια του είναι **0** έως **8**. Το **FN (Frame Number)** παίρνει τιμές **0** έως **FN_MAX=(26*51*2048)-1=2715647** και αφορά την αρίθμηση του TDMA frame. Το **T3** προκύπτει από το **FN mod 51**, και είναι παράμετρος χρόνου, η οποία παίρνει τιμή από 0 έως 50 (6 bits). Το **BCCH Demodulations** δείχνει τον αριθμό των αποδιαμορφώσεων οι οποίες είναι σε εξέλιξη.

Τέλος, η μπάρα χρώματος σε κάθε κανάλι αναπαριστά την ισχύ σήματος **RSSI (Received Signal Strength Indicator)** σε κάθε κανάλι η οποία μετράται σε **dBm** μέσω της οριζόντιας μπάρας. Το κανάλι με το ισχυρότερο σήμα είναι το 863 με **RSSI=-75dBm** το οποίο είναι **Cosmote** λόγω του 001 στο **NMC**. (**Παράρτημα Α, Πίνακας 6**).

3.5 GSM Views

Σε αυτή την παράγραφο θα αναλυθούν οι μετρήσεις που καταγράφηκαν για τα στρώματα (Layers) 1, 2 και 3 των τριών παρόχων **Cosmote, Vodafone, Wind** (**Εικόνα 3.3**).

3.5.1 GSM Layer 1 View

Στην παρούσα ενότητα καταγράφονται οι παράμετροι του Layer 1 δηλαδή οι παράμετροι του δικτύου οι οποίοι σχετίζονται με το Physical Layer. Για τη λήψη των ακολούθων μετρήσεων θα πρέπει τα κινητά να είναι σε **Normal Measurement Mode (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode)** και να ακολουθηθούν οι ρυθμίσεις για αυτόματη εξερχόμενη κλήση.

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
BCCH	1006	977	863	981	1010	994	975	BCCH	90	76	82	81	87	78	88
BSIC	36	77	33	55	7	12	60	BSIC	62	--	34	21	22	--	22
RxLev	58	32	32	27	23	20	18	RxLev	19	15	15	11	8	7	6
C1	58	32	33	27	23	20	17	C1	14	--	11	6	4	--	--
C2	50	24	33	19	19	20	17	C2	14	--	11	6	4	--	--
RX_LEV_ACCES...	0	0	0	0	0	0	0	RX_LEV_ACCES...	4	--	4	4	4	--	--
MS_TXPWR_MAX...	5	5	0	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. Offset	8 dB	8 dB	--	8 dB	4 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	--	--
Penalty Time	no ...	no ...	--	no ...	no ...	--	--	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	--	--
RA Colour	0	0	0	0	0	0	0	RA Colour	1	--	1	1	1	--	--
Frame Number	--	0	0	0	82...	23...	558	Frame Number	--	--	12...	12...	0	--	21...
HBN	--	0	0	0	1380	1044	1880	HBN	--	--	140	2160	0	--	2384

Εικόνα 3.13 GSM Layer 1 View

Test Tools OT1...	SC	NC 1	NC 2	NC 3	NC 4	NC 5	NC 6
BCCH	26	14	40	37	42	2	29
BSIC	26	44	50	47	65	37	--
RxLev	33	21	20	19	18	14	14
C1	29	17	16	15	14	10	--
C2	29	17	16	15	14	10	--
RX_LEV_ACCES...	4	4	4	4	4	4	--
MS_TXPWR_MAX...	5	5	5	5	5	5	--
Cell Res. Hyst.	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB	--
Cell Res. Offset	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	--
Temp. Offset	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	--
Penalty Time	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	20 s	--
GPRS avail.	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	--
RA Colour	1	1	1	1	1	1	--
Frame Number	--	24...	27...	27...	27...	0	--
HBN	--	2268	1108	3992	2900	0	--

Εικόνα 3.14 GSM Layer 1 View

Οι παράμετροι του **Layer 1 View** μετρούνται συνεχώς και μεταφέρονται στο **BS (Base Station)** όσο το **MS (Mobile Station)** λειτουργεί στο δίκτυο. Το **SC (Serving Cell)** χρησιμοποιείται για να ταυτοποιηθεί το κελί το οποίο. Τα **NC (Neighbor Cell)** δηλώνουν τα γειτονικά κελιά του κάθε Serving Cell. Η αναφορά στο κελί μέτρησης καθώς και στα γειτονικά του γίνεται με συσχέτιση τους με τις αντίστοιχες τιμές ARFNC των BCCH καναλιών καθώς και της ταυτότητα των BSIC των σταθμών βάσης.

Το **RxLev** καταγράφεται με τη χρήση συμβολικών τιμών, οι οποίες αντιστοιχούνται σε ισχύ σήματος σε dBm (**Παράρτημα Α, Πίνακας 1, 2**). Για παράδειγμα, η τιμή 12 του NC6 μεταφράζεται σε **-99dBm** έως **-98dBm**. Συμπερασματικά παρατηρώντας τα **RxLev** των τριών παρόχων στα Serving Cells παρατηρείται ότι η Cosmote με ισχύ σήματος **-53dBm** έως **-52dBm** έχει καλύτερη τιμή από τις Wind (**-78dBm** έως **-77dBm**) και Vodafone (**92dBm** έως **-91dBm**).

Τα **C1** και **C2** είναι παράμετροι οι οποίες σχετίζονται με την επιλογή κελιού από το κινητό. Το **C1** είναι η τιμή την οποία υπολογίζει το κινητό προκειμένου να επιλέξει το κελί με το μεγαλύτερο C1 κατά την είσοδο του στο δίκτυο. Το **C2** είναι η τιμή την οποία υπολογίζει το κινητό, ώστε να αξιολογηθεί το τρέχον και τα γειτονικά κελιά, ώστε να υπάρχει η καλύτερη δυνατή σύνδεση (μεγαλύτερη τιμή του C2) σε περίπτωση που χρειαστεί αλλαγή κελιού.

Το **RX_LEV_ACCESS_MIN** αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ισχύ σήματος που μπορεί να λάβει το κινητό ώστε να εισέλθει σε ένα κελί, π.χ. η τιμή 0 σημαίνει <-110dBm. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι το κανάλι της Cosmote με ισχύ <-110dBm απαιτεί λιγότερη ισχύ από αυτό της Vodafone με ισχύ -107dBm έως -106dBm και της Wind με ισχύ -107dBm έως -106dBm, ώστε να εισέλθουν σε κελί και να υπάρξει επικοινωνία με το δίκτυο.

Στη συνέχεια το **MS_TXPWR_MAX_CCH** είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς εκπομπής του κινητού ώστε να εισέλθει στο δίκτυο. Η τιμή 5 μεταφράζεται σε -106dBm έως -105dBm και για τους τρεις παρόχους.

Το **Cell Res. Hyst.** συνιστά ένα μηχανισμό υστέρησης για την επανεπιλογή κελιού με αναφορά στο κατά πόσο ισχυρότερη πρέπει να είναι η λήψη (RxLev), ώστε να επιλεγθεί νέο κελί. Σύμφωνα με τις μετρήσεις, παρατηρούμε ότι η Cosmote απαιτεί λιγότερη ισχύ για αυτή τη λειτουργία από ότι η Vodafone και η Wind. Αυτό σημαίνει ότι η Cosmote ενθαρρύνει την επανεπιλογή κελιού συγκριτικά με τους υπόλοιπους παρόχους.

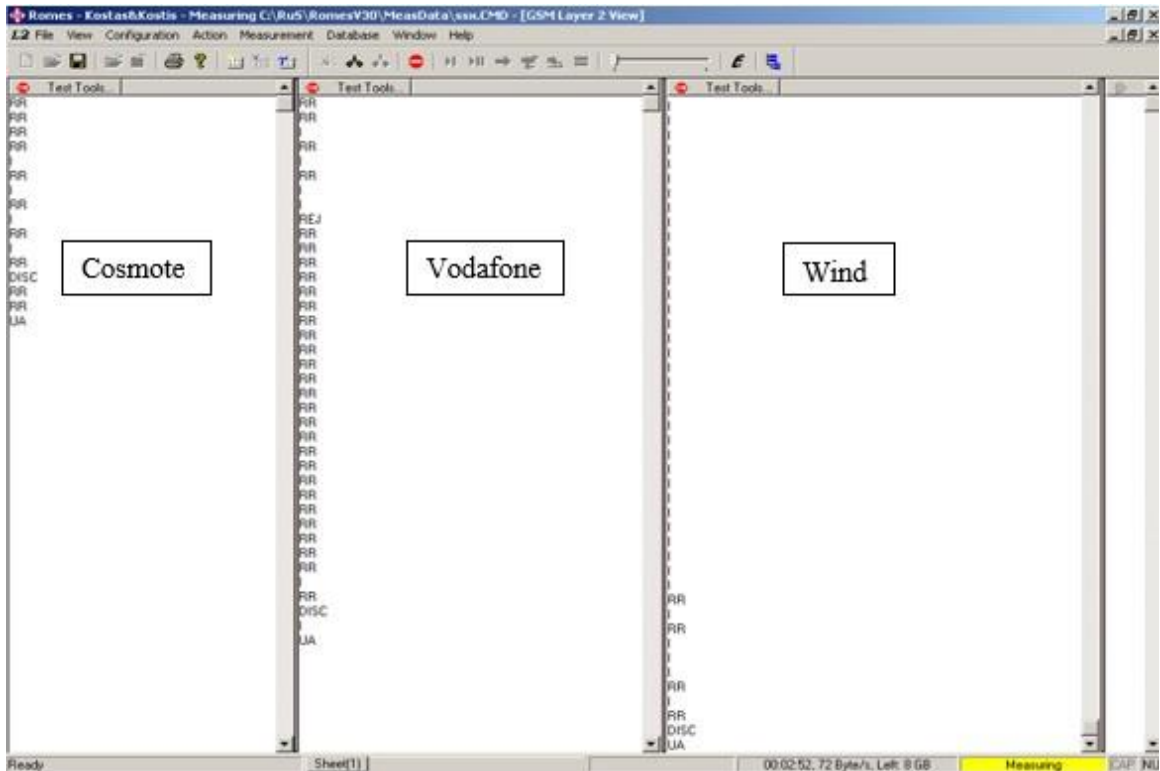
Το **Cell Res.Offset**, το **Temp.Offset** και το **Penalty Time** είναι παράμετροι, οι οποίες σχετίζονται με τον υπολογισμό του C2 και την επανεπιλογή κελιού. Το **Penalty Time** καθορίζει τη χρονική διάρκεια κατά την οποία εφαρμόζεται το Temporary Offset για γειτονικό κελί. Παίρνει τιμές **0 έως 31** το οποίο σημαίνει **20s έως 620s** και η τιμή η οποία είναι επιθυμητή είναι το 0 δηλαδή 20s. Υψηλότερη τιμή του Penalty Time σημαίνει αποθάρρυνση ως προς τη συχνή επανεπιλογή κελιού, διότι στη διάρκεια του penalty time προκύπτει μειωμένη τιμή του C2. Το **Temp.Offset** καθορίζει τον βαθμό αποθάρρυνσης κατά τη διάρκεια του Penalty Time που εφαρμόζεται στα κριτήρια επανεπιλογής για ένα γειτονικό κελί. Παίρνει τιμές **0dB έως 7dB** το οποίο αντιστοιχεί σε **0 έως 70dB**. Η τιμή 0 καταγράφεται και στους τρεις παρόχους και ως εκ τούτου δεν προκύπτει η τάση αποθάρρυνσης επανεπιλογής. Όσο μεγαλύτερη τιμή λαμβάνει το **Cell Res.Offset** τόσο ενθαρρύνεται η επανεπιλογή ενός κελιού. Σύμφωνα με τις τιμές των μετρήσεων προκύπτει ότι το δίκτυο της Cosmote χρησιμοποιεί μεγαλύτερες τιμές και ως εκ τούτου ενθαρρύνεται η επανεπιλογή κελιών.

Το **GPRS (General Packet Radio Service) avail. (GPRS Available)** δηλώνει ότι το GPRS είναι διαθέσιμο σε όλους τους παρόχους. Η βασική λειτουργία του GPRS είναι η σύνδεση των κινητών στο δίκτυο PDN (Public Data Network) το οποίο παρέχει υπηρεσίες δεδομένων στον χρήστη. Τέλος, το **RA Color** είναι το **Routing Area Color** το οποίο σχετίζεται με τον εντοπισμό της τρέχουσα περιοχή εκπομπής. Το κινητό ενημερώνει συνεχώς για το Routing Area του, διότι αποτελεί το ισοδύναμο του LA αλλά αναφέρεται στη δρομολόγηση πακέτων δεδομένων.

3.5.2 GSM Layer 2 View

Στο GSM Layer 2 View καταγράφονται όλα τα μηνύματα του Layer 2 κατά την διάρκεια της καταγραφής κλήσεων. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement**

Mode ώστε να καταγραφούν οι ακόλουθες μετρήσεις (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM NormalMode).

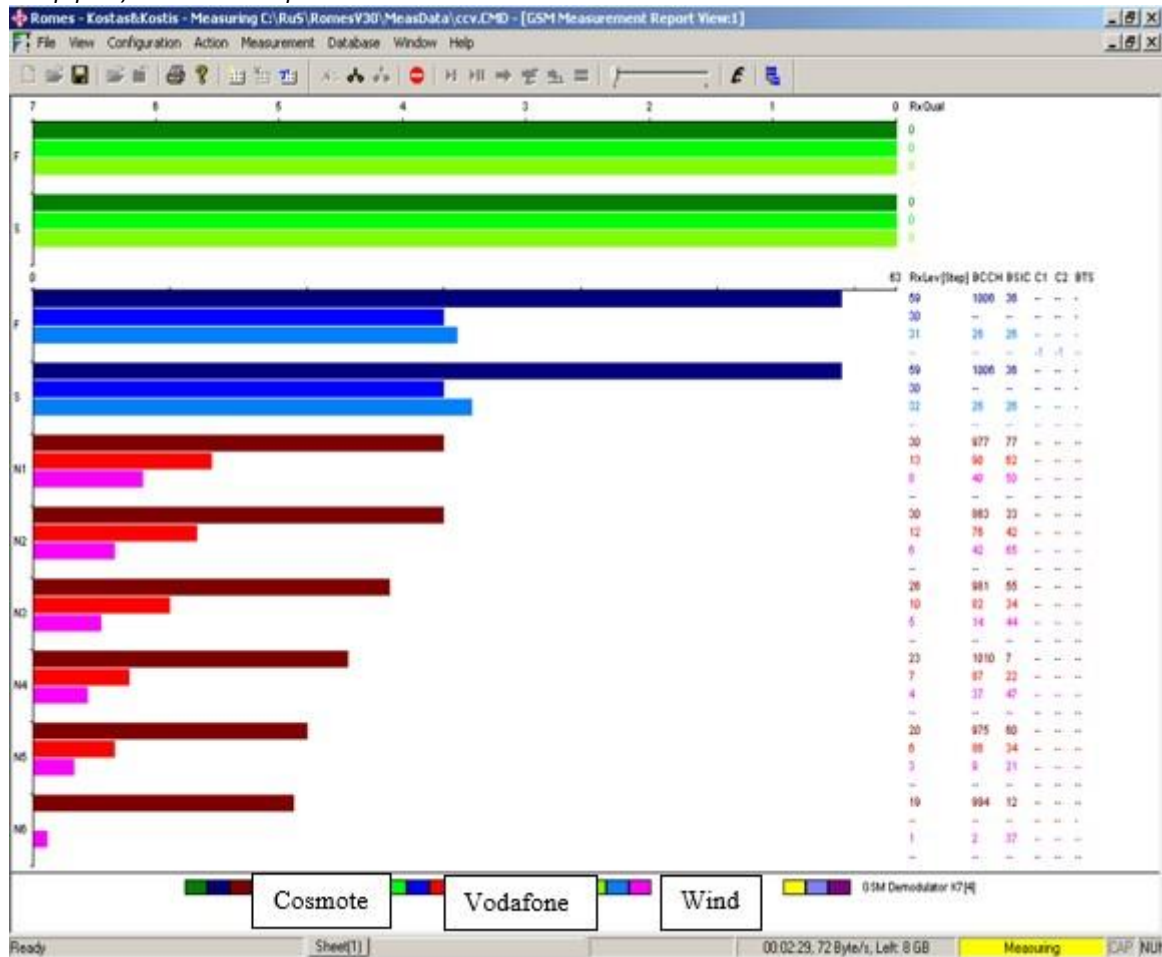


Εικόνα 3.15 GSM Layer 2 View

Το ακρωνύμιο **RR** σημαίνει **Radio Resource** και σχετίζεται με την εκπομπή του κινητού και τη διαχείριση πόρων. Οι πληροφορίες που παρέχει το Radio Resource είναι πληροφορίες που σχετίζονται με το κανάλι, πληροφορίες για τη σύνδεση, πληροφορίες μετάδοσης, πληροφορίες εκπομπής, πληροφορίες καναλιών και πληροφορίες από μετρήσεις κελιών. Το **I (Information)** περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις κλήσεις του κινητού. Στη συνέχεια το **DISC (Disconnect)** έχει τη σημασία τερματισμού της κλήσης ενώ το **REJ (Reject)** σημαίνει ότι το κινητό το οποίο δέχτηκε την κλήση την απέρριψε ή ακυρώθηκε από τον πομπό. Τέλος το **UA (Access Unit)** έχει να κάνει με τον τερματισμό της κλήσης.

3.5.3 3GSM Measurement Report View

Τα στοιχεία που καταγράφονται στο GSM Measurement Report View αφορούν το κελί που χρησιμοποιεί το κινητό καθώς και τα έξι γειτονικά κελιά. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode** (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode). Στο Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Measurement Report View παραθέτεται η μέτρηση κατά την οποία δεν πραγματοποιείται κλήση.



Εικόνα 3.16 GSM Measurement Report View

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η καταγραφή των μετρήσεων έγινε με παράλληλη εξερχόμενη κλήση των τριών κινητών. Παρατηρούμε ότι και στα τρία κινητά το **RxQual** έχει τιμή **0**. Η τιμή 0 είναι η βέλτιστη τιμή που μπορεί να καταγραφεί, διότι αντιστοιχεί σε **BER 0% έως 0.2%**, δηλαδή το ελάχιστο δυνατό σφάλμα.

Τα **F** και **N** είναι συντομογραφίες των **RxQual_FULL**, **RxQual_SUB** και **RxLev_FULL**, **RxLev_SUB**. Ο όρος **FULL** έχει τη σημασία ότι οι μετρήσεις βασίζονται σε όλα τα TDMA frames χωρίς να εξαιρούνται τα frames, στα οποία το BTS εκπέμπει comfort noise, ενώ στην κλήση υπάρχει σιγή. Ο όρος **SUB** αναφέρεται σε μετρήσεις, οι οποίες βασίζονται σε μικρότερο αριθμό από frames, Αυτό συμβαίνει όταν εφαρμόζεται το λεγόμενο **DTX (Discontinuous Transmission)**, το οποίο σημαίνει ότι αναστέλλεται η μετάδοση/λήψη σήματος όταν υπάρχει σιγή στην κλήση. Οι τιμές των RxLev λαμβάνονται από τον **Πίνακα 1 στο Παράρτημα Α** όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους. Παρατηρούμε ότι στα Serving Cells η Cosmote με ισχύ **-52dBm έως 51dBm** παρουσιάζει καλύτερη ισχύ σήματος από ότι η Vodafone με **-81dBm έως -80dBm** και τη Wind με **-80dBm έως -79dBm**. Επίσης το ίδιο παρατηρείται σε όλα τα γειτονικά κελιά όλων των παρόχων. Τα **N1 έως N6** αναφέρονται σε γειτονικά κελιά, στα οποία παρατηρείται χαμηλότερη ισχύς σήματος από το κελί στο οποίο βρισκόμαστε και στους τρεις παρόχους. Τέλος, στο παράρτημα Α παράγραφος GSM Measurement Report View παρατηρείται ότι όταν δεν πραγματοποιείται κλήση το επίπεδο σήματος το οποίο καταγράφεται είναι πιο ασθενές αφού δεν απαιτείται ισχυρή εκπομπή σήματος.

3.5.4 GSM System Information Μηνύματα

Στην συγκεκριμένη παράγραφο καταγράφονται οι παράμετροι λειτουργίας του δικτύου, οι οποίες ανακοινώνονται από το BCH κανάλι μέσω των Layer 3 System Type 1 έως 6 μηνυμάτων. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode** (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode).

Parameter	Cosmote [1]	Vodafone [2]	Wind [3]	GSM D
DTX use	shall	shall	shall	-
PWRC	1	1	1	-
RL_TO	20	24	24	-
PLMN	FF	FF	FF	-
T3212	-	-	-	-
CCCH-Cfg	-	-	-	-
MaxRetr	-	-	-	-
Reestabl	-	-	-	-
BsAgBlksRes	-	-	-	-
Tx Int	-	-	-	-
Emerg.Call	-	-	-	-
BsPaMulFrms	-	-	-	-
CellBarAcc	-	-	-	-
MsTxPwrMaxCCH	-	-	-	-
RxLev-AccMin	-	-	-	-
CellResHyst[db]	-	-	-	-
CellIdentity(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 3.17 GSM System Information View

Parameter	Cosmote [1]	Vodafone [2]	Wind [3]	GSM
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	-
BsPaMulFrms	-	-	-	-
CellBarAcc	n, barred	n, barred	n, barred	-
MsTxPwrMaxCCH	-	-	-	-
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	-
BA Ind. ext	0	-	0	-
BA ARFCN ext	848 851 861 862 863 865 ...	687 688 691 698 703 704 ...	536	-

Εικόνα 3.18 GSM System Information View

Οι παράμετροι **DTX**, **MCC**, **MNC**, **LAC** έχουν αναλυθεί σε προηγούμενες παραγράφους. Το **PWRC (Power Control Indicator)** αναφέρεται στη διαδικασία ελέγχου ισχύος εκπομπής του MS από το δίκτυο. Οι τιμές που μπορεί να λάβει είναι 0 ή 1. Το 1 σημαίνει ότι είναι σε επίπεδο λειτουργίας ενώ το 0 εκτός λειτουργίας.

Το **RL_TO (Radio Link Timeout)** σχετίζεται με ένα counter του οποίου η υπέρβαση της ελάχιστης αναφερόμενης τιμής στην παράμετρο **RL_TO** οδηγεί στην απόλυση της ζεύξης του κινητού με το δίκτυο. Η τιμή του counter αυξάνει όταν δεν καθίσταται εφικτή η αποκωδικοποίηση του SACCH. Στην περίπτωση των μετρήσεων η σχετική παράμετρος για την Cosmote είναι 20, ενώ για τη Vodafone και Wind είναι 24. Ως εκ τούτου, στη περίπτωση της Cosmote επιλέγεται μία ελαφρώς πιο αυστηρή στάση σχετικά με τις συνθήκες, οι οποίες οδηγούν στην απόλυση μίας κλήσης.

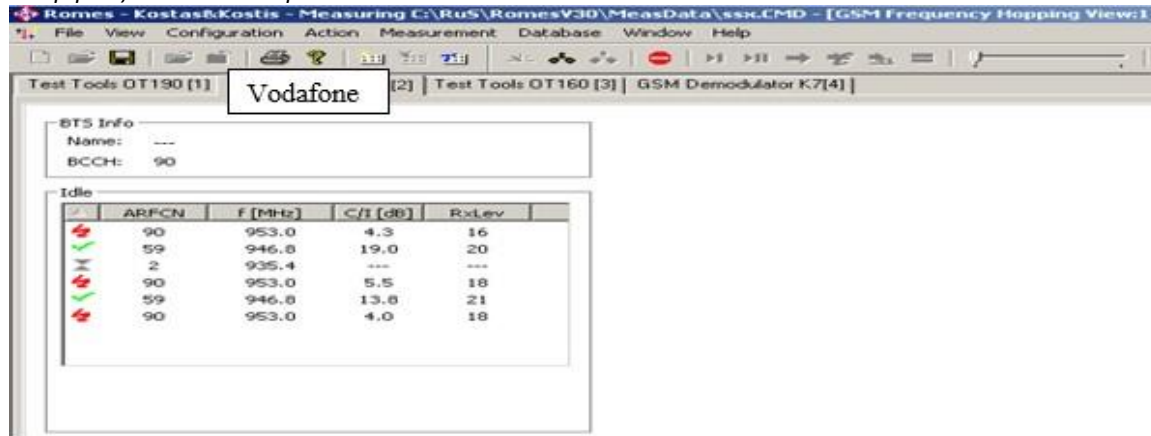
Το **PLMN (Public Land Mobile Network)** είναι γενική ονομασία για όλα τα κινητά που χρησιμοποιούν επίγειους σταθμούς ή σταθμούς βάσης και αναπαρίσταται σε δεκαεξαδική μορφή.

Στη συνέχεια το **Reestabl (Reestablishment Indicator)** δείχνει ότι επιτρέπεται η επανασύνδεση επικοινωνίας σε περίπτωση διακοπής, διότι υπάρχει η ένδειξη **allowed** και για τους τρεις παρόχους. Το **TxInt** αναφέρεται στον αριθμό των slot εκπομπής στα οποία διασπείρεται η εκπομπή στο RACH κανάλι. Η τιμή είναι 32 για όλους τους παρόχους. Το **Emerg.Call (Emergency Call)** δείχνει ότι επιτρέπονται οι κλήσεις άμεσης ανάγκης. Το **CellBarAcc (Cell Access Barred)** σημαίνει ότι δεν απαγορεύεται η πρόσβαση σε κελί και στους τρεις παρόχους με την ένδειξη **not barred**. Το **Cell.Identity (hex)** σχετίζεται με τον κωδικό του κελιού σε δεκαεξαδική μορφή το οποίο το ταυτοποιεί και είναι διαφορετικό σε κάθε πάροχο, όπως είναι αναμενόμενο.

Έπειτα το **BA (BCCH Allocation) No.**, **BA Ind.**, **BA ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number)**, **BA No ext**, **BA Ind. ext**, **BA ARFCN ext** σχετίζονται με το κανάλι ελέγχου μετάδοσης BCCH. Το **BA (BCCH Allocation List)** δίνει μια λίστα με τις συχνότητες των γειτονικών κελιών και χρησιμοποιείται στην επιλογή και την επανεπιλογή κελιού καθώς και στην περίπτωση του handover. Για παράδειγμα η Cosmote χρησιμοποιεί το **GSM 900 E-GSM** παρατηρώντας ότι το **BA ARFCN** βρίσκεται από **975-1023 (925.2MHz - 934.8MHz)**. Η Vodafone με βάση το **BA ARFCN** παρατηρείται ότι χρησιμοποιεί το **GSM 900 P-GSM** αφού οι τιμές των καναλιών είναι ανάμεσα σε **51-124 (945.2MHz - 959.8MHz)**. Επίσης, η Wind χρησιμοποιεί το **GSM900 P-GSM** λόγω του ότι οι τιμές των καναλιών είναι ανάμεσα σε **1-50 (935.2MHz - 945MHz)**. Τέλος το **BA ARFCN ext (extended)** και των τριών παρόχων είναι το **DCS1800** επειδή είναι ανάμεσα σε **512-885**. Η Cosmote χρησιμοποιεί τα κανάλια **811-885** με συχνότητες **1865MHz - 1879.8MHz**, η Vodafone χρησιμοποιεί τα κανάλια **637-710** με συχνότητες **1830.2MHz - 1844.8MHz** και η Wind τα κανάλια **512 - 585** με συχνότητες **1805.2MHz - 1819.8MHz**. (Παράρτημα Α, Πίνακες 4,5,7,8,9,10).

3.5.5 GSM Frequency Hopping Μετρήσεις

Σε αυτό το παράθυρο καταγράφονται μετρήσεις σχετικά με τα κανάλια GSM, τα οποία μπορεί να μη χρησιμοποιηθούν στη λειτουργία Frequency Hopping. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode)**. Στο **Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Frequency Hopping View** παραθέτονται οι μετρήσεις για Cosmote και Wind, ενώ στην Εικόνα 3.19 παρουσιάζεται ενδεικτικά η μέτρηση της Vodafone



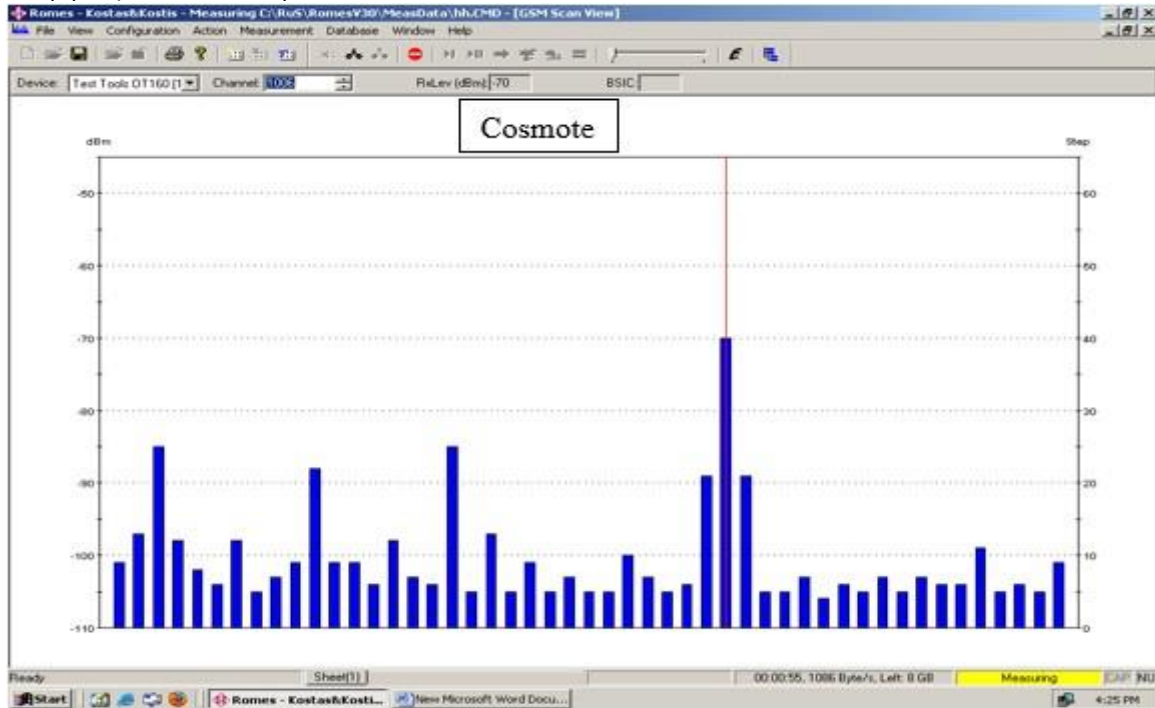
Εικόνα 3.19 GSM Vodafone Frequency Hopping View

Στην συγκεκριμένη καταγραφή η χρήση του ARFCN=90 διακρίνεται για το **χαμηλό C/I** (4.3dB, 5.5dB, 4.0dB). Αντίθετα, η χρήση του ARFCN=59 επιτυγχάνει **C/I σε υψηλό επίπεδο** (19.0dB, 13.8dB). Το καλύτερο C/I επιτυγχάνεται εν μέρει λόγω του υψηλότερου RxLev (20-21 έναντι 16-18), το οποίο δίνει πλεονέκτημα 3-4 dB λόγω της καλύτερης λήψης RxLev. Δεδομένου ότι η διαφορά στο C/I είναι της τάξης των 10 dB προκύπτει το συμπέρασμα ότι στο ARFCN=90 υπάρχει σημαντική παρεμβολή από άλλο κελί.

Οι τιμές των ARFCN οι οποίες είναι **51-124** ταυτοποιούν ότι ο πάροχος είναι Vodafone και χρησιμοποιεί συχνότητες (**945.2MHz- 959.8MHz**) δηλαδή GSM 900 P-GSM. Η μέτρηση με ARFCN 2 το οποίο είναι κανάλι Wind καταγράφεται λόγω εισερχόμενης κλήσης από το κινητό με πάροχο Wind η οποία δεν πραγματοποιήθηκε. Το επίπεδο του RxLev βάσει μετρήσεων βρίσκεται σε ικανοποιητικές τιμές ώστε να πραγματοποιηθεί κλήση. Τέλος στην περίπτωση που δεν αναγράφεται το **C/I**, το κινητό βρίσκεται σε λειτουργία **Idle**, δηλαδή σε αδράνεια μέχρι να συνδεθεί με το δίκτυο και να πραγματοποιηθεί η επόμενη κλήση. (**Παράρτημα Α, Πίνακες 1,4,5,7,8,9,10**).

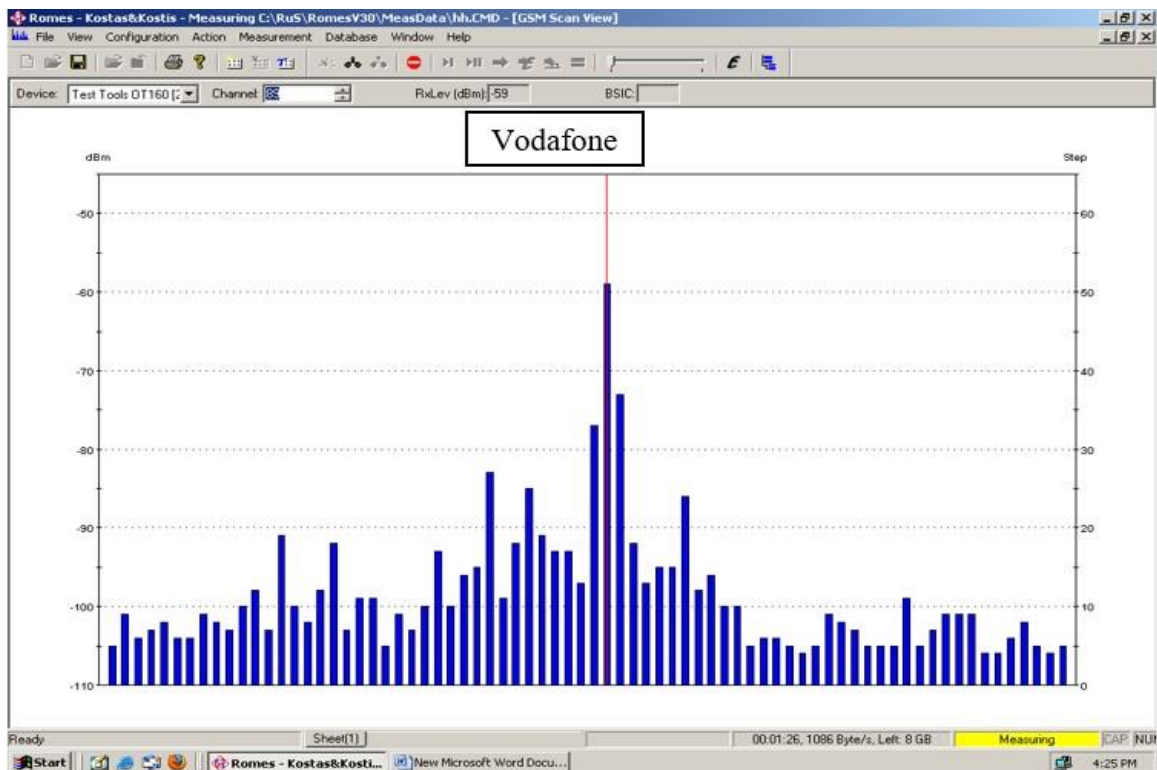
3.5.6 GSM Μετρήσεις Scan

Στην παρούσα παράγραφο εξετάζεται το επίπεδο σήματος κάθε παρόχου σε συγκεκριμένα κανάλια GSM που έχουμε εισάγει μενού μέτρησης. Στην συγκεκριμένη μέτρηση έχουν επιλεχθεί τα κανάλια, τα οποία χρησιμοποιεί κάθε πάροχος στο GSM 900. Για να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις πρέπει να θέσουμε τα κινητά σε λειτουργία **Scan Mode** και να επιλέξουμε διαφορετικά κανάλια GSM στο καθένα όπως φαίνεται στο **Παράρτημα Α, Παράγραφος GSM Scan Mode GSM 900**. Στη συνέχεια καταγράφονται οι παρακάτω μετρήσεις.



Εικόνα 3.20 GSM Scan Mode Cosmote Channels GSM-E ARFCN 975-1023

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της Εικόνας 3.20 καταγράφονται περίπου 6 κανάλια τα οποία επιτυγχάνουν τιμές ≥ -90 dBm, ενώ τα υπόλοιπα κινούνται σε επίπεδα ≤ -100 dBm. Η ισχυρότερη μέτρηση υποδεικνύεται με την κόκκινη γραμμή (ARFCN=1006). Το κανάλι 1006 έχει συχνότητα 931.4MHz και έχει ισχύ RSSI=-70dBm η οποία είναι αρκετά ισχυρή τιμή.



Εικόνα 3.21 GSM Scan Mode Vodafone Channels GSM-P ARFCN 51-124

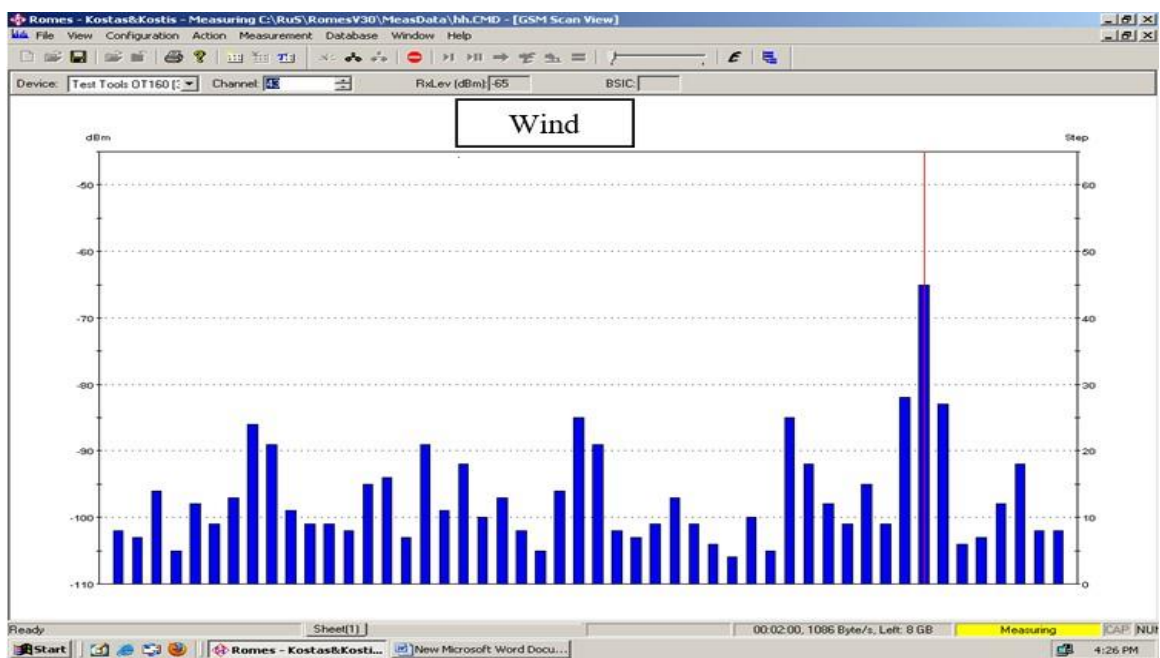
Στην περίπτωση της Εικόνας 3.21 (**Vodafone**) παρατηρείται μία ανάλογη κατάσταση με έναν αριθμό καναλιών να καταγράφει τιμές ≥ -90 dBm, έναν αισθητά μεγαλύτερο αριθμό καναλιών να

Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

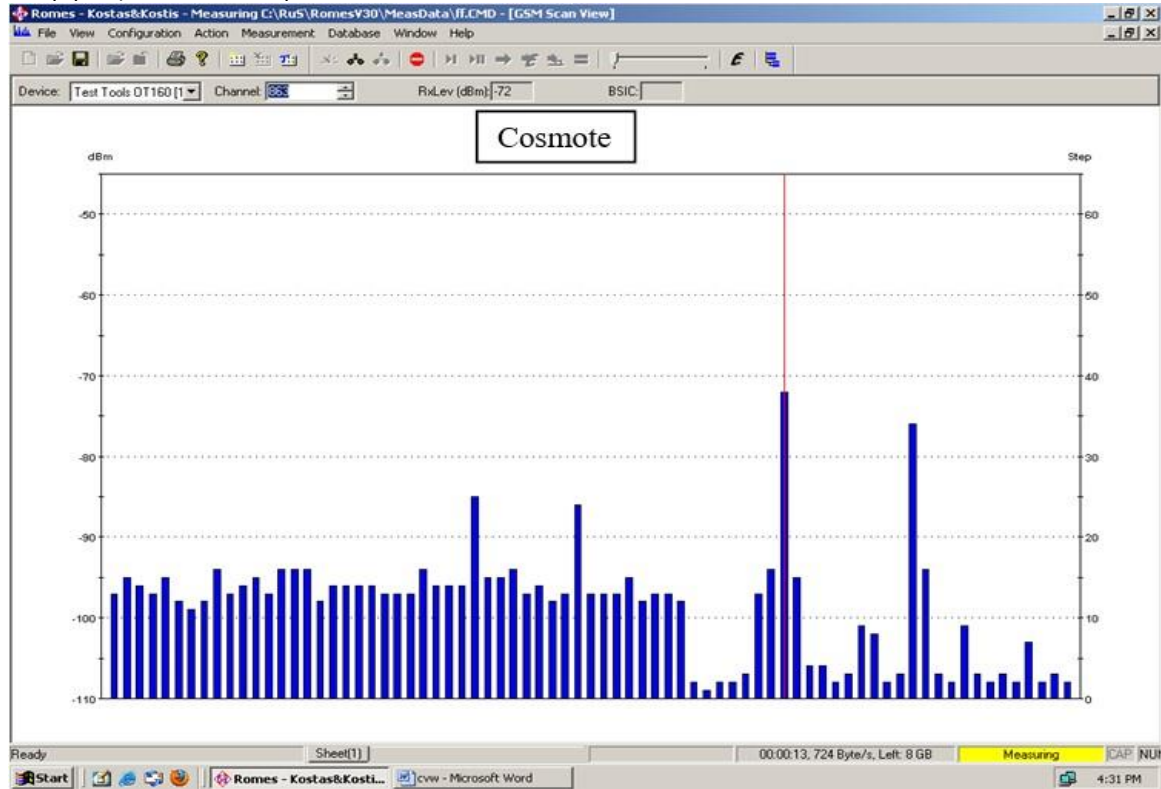
κινείται στο διάστημα -90 dBm – 100 dBm και τα υπόλοιπα να είναι ≤ -100 dBm. Το κανάλι με το πιο δυνατό σήμα είναι το 89, έχει συχνότητα 952.8MHz και έχει ισχύ RSSI=-59dBm. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κανάλι 90, το οποίο εντοπίστηκε στη Frequency Hopping μέτρηση παρουσιάζει υψηλό επίπεδο κάλυψης και επιβεβαιώνει την εκτίμηση ότι το C/I μάλλον οφείλεται σε παρεμβολές.

Στο ίδιο εύρος συχνοτήτων οι μετρήσεις του δικτύου **Wind** (Εικόνα 3.22) είναι ανάλογη με τα προηγούμενα δίκτυα. Το κανάλι με το καλύτερο σήμα είναι το 43 το οποίο έχει συχνότητα 943.6MHz και ισχύ σήματος RSSI=-65dBm.

Στην περίπτωση του **GSM 900** οι τρεις πάροχοι καταγράφουν μια παρόμοια κατάσταση . Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις είναι ενδεικτικές, διότι σχετίζονται με κλήσεις, οι οποίες εκτελούνται από χρήστες που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις από τη θέση στην οποία βρίσκεται το σύστημα μέτρησης. (Παράρτημα Α, Πίνακες 1,2,5,8,9). Αξίζει όμως να επισημανθεί ότι η διενέργεια κλήσεων από το μετρητικό σύστημα σε συγκεκριμένα κανάλια σε συνδυασμό με το Scan View θα μπορούσε να δώσει μία ακριβή εικόνα για τις συνθήκες σε κάθε κανάλι.



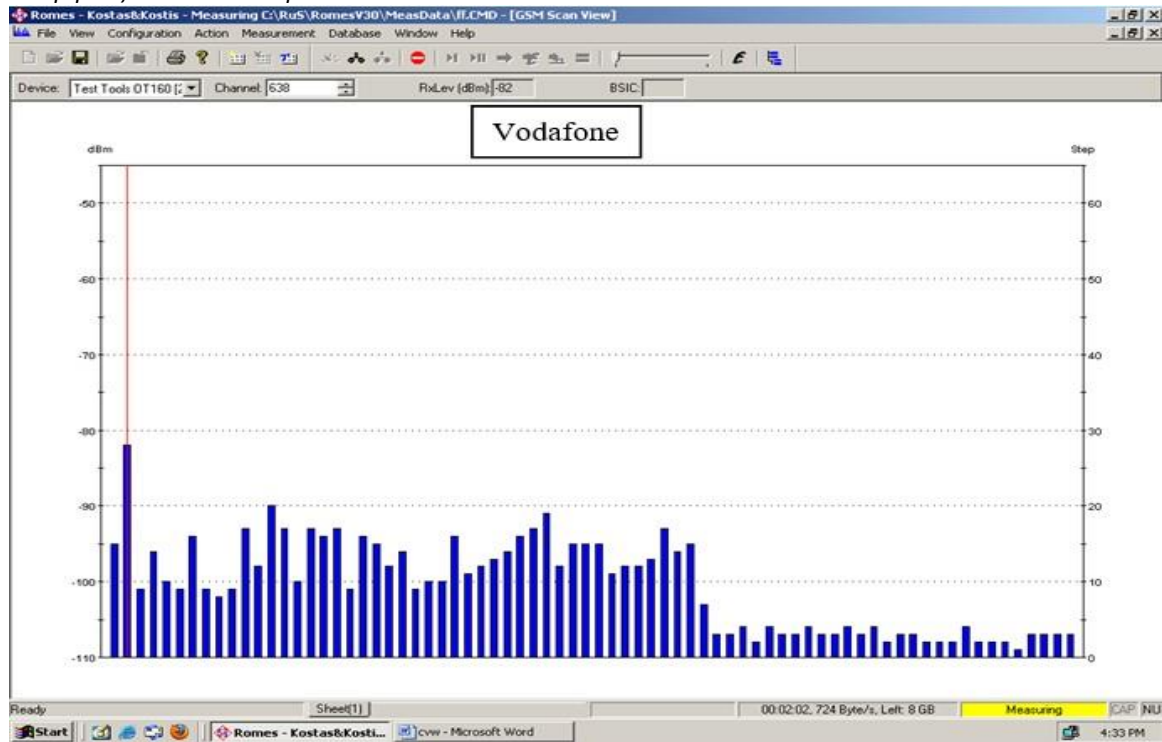
Εικόνα 3.22 GSM Scan Mode Wind Channels GSM-P ARFCN 1-50



Εικόνα 3.23 GSM Scan Mode Cosmote Channels DCS 1800 ARFCN 811-885

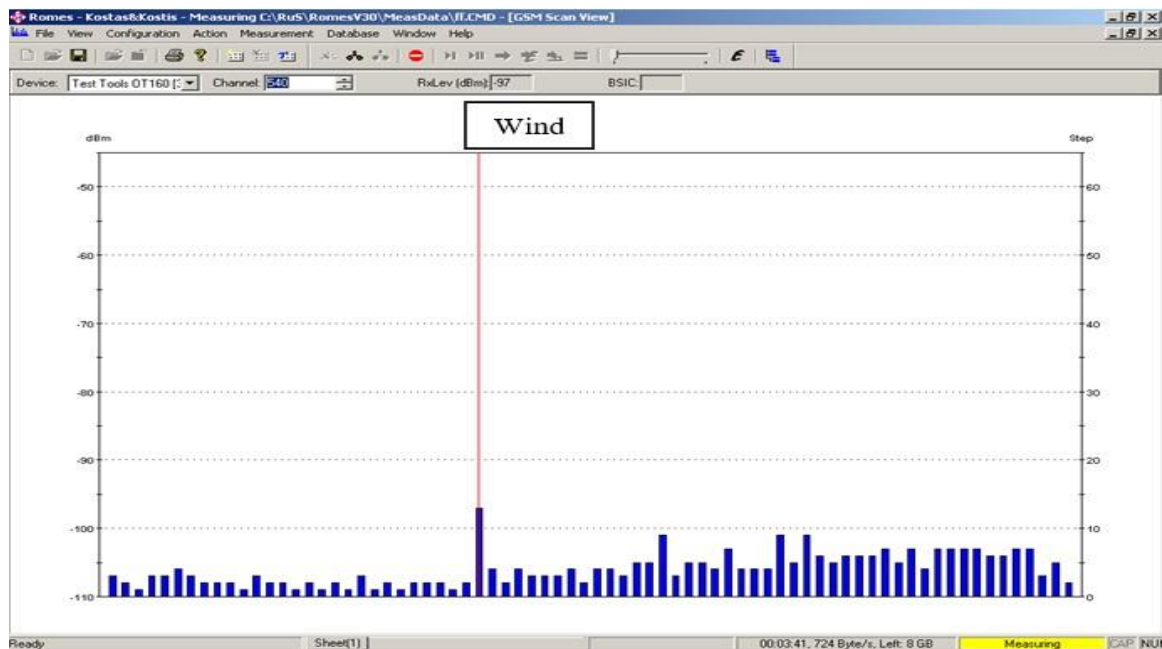
Στη συνέχεια παραθέτονται οι μετρήσεις καναλιών για το φάσμα συχνοτήτων **DCS 1800**. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων πρέπει να γίνουν οι ρυθμίσεις οι οποίες αναγράφονται στο **Παράρτημα Α, Παράγραφος GSM Scan Mode DCS 1800**.

Σε αυτές τις συχνότητες για το δίκτυο της Cosmote (Εικόνα 3.23) παρατηρείται ότι για αρκετά κανάλια έχει ικανοποιητικό σήμα. Για τα υπόλοιπα κανάλια η ισχύς σήματος είναι χαμηλή (περίπου -100 dBm). Το ισχυρότερο κανάλι είναι το 863 με ισχύ RSSI=-72dBm και συχνότητα 1875.4MHz.



Εικόνα 3.24 GSM Scan Mode Vodafone Channels DCS 1800 ARFCN 637-710

Στο συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων η Vodafone (Εικόνα 3.24) για την πλειοψηφία των καναλιών έχει μέτριο έως ασθενές σήμα. Το κανάλι 638 με ισχύ RSSI=-82dBm έχει την μεγαλύτερη ισχύ στην συχνότητα των 1830.4MHz.



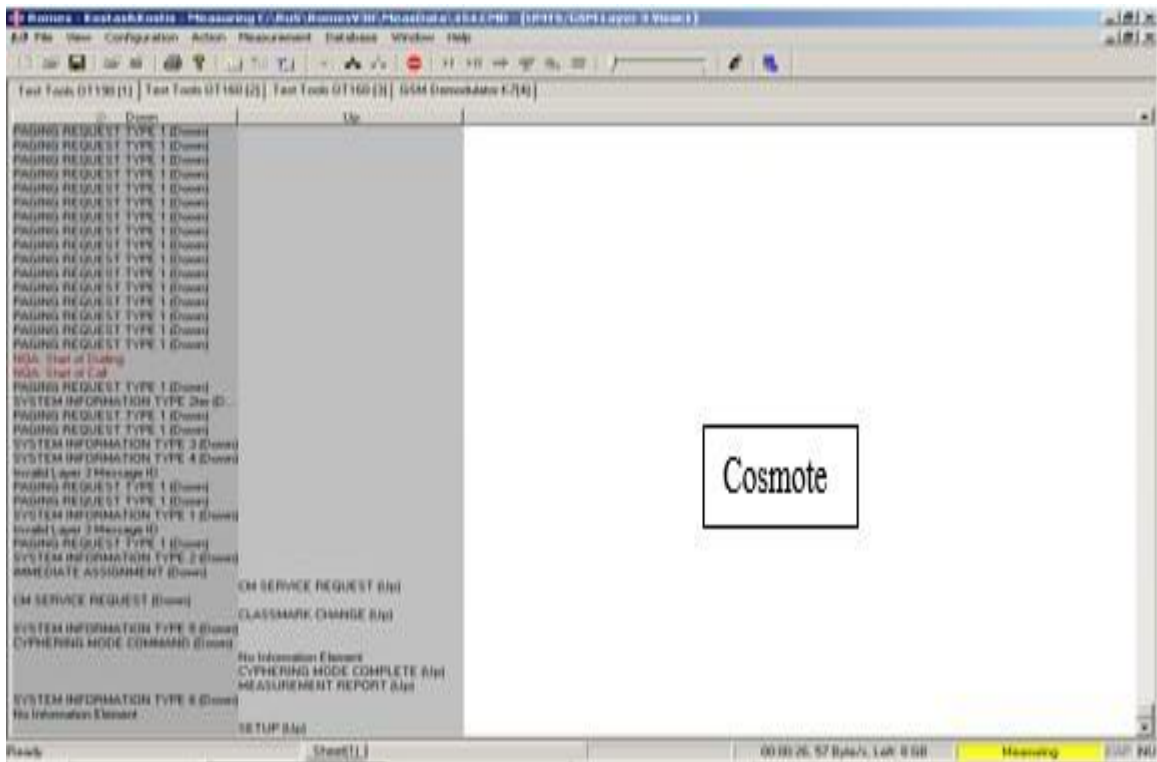
Εικόνα 3.25 GSM Scan Mode Wind Channels DCS 1800 ARFCN 512-585

Παρατηρείται ότι η Wind στις συχνότητες του DCS 1800 έχει αρκετά χαμηλά επίπεδα λήψης σε σχεδόν σε όλα τα κανάλια. Το ισχυρότερο κανάλι είναι το 540 με ισχύ RSSI=-97dBm το οποίο όμως είναι αρκετά ασθενές σήμα. Η συχνότητα του καναλιού είναι 1810.8MHz.

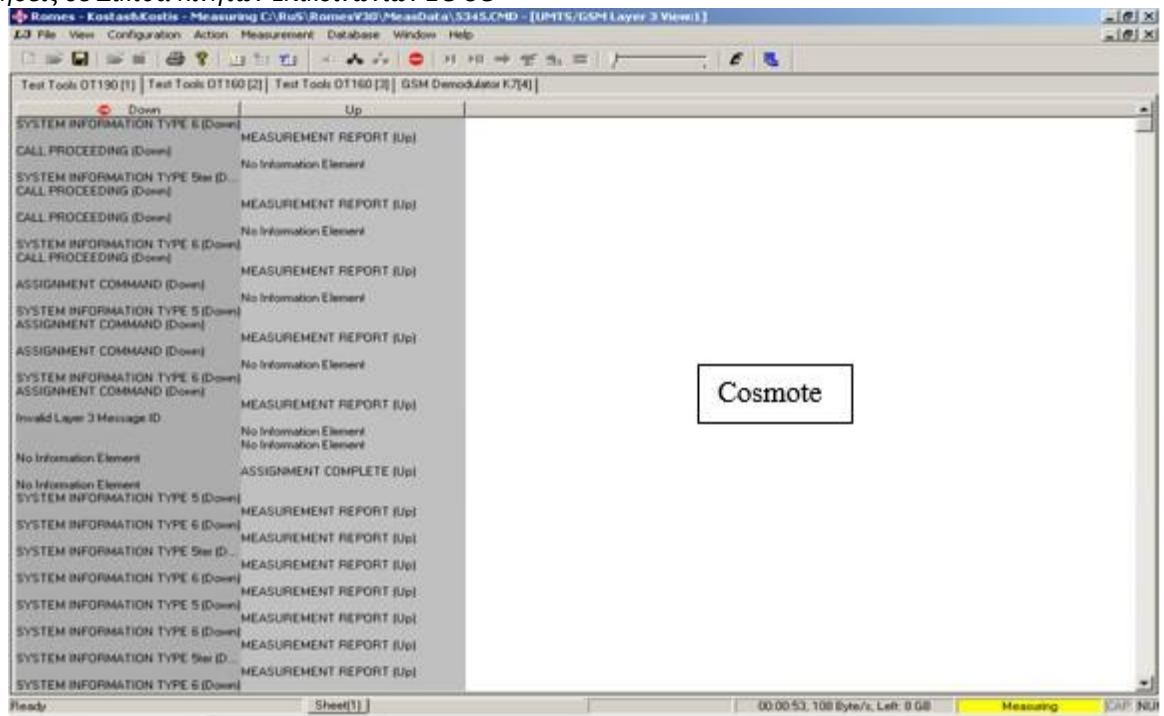
Συνοψίζοντας για το DCS 1800 παρατηρείται ότι στην περιοχή που βρίσκεται το μετρητικό σύστημα κάποιοι πάροχοι το χρησιμοποιούν, ενώ στην περίπτωση της Wind μάλλον δεν γίνεται χρήση αυτής της ζώνης συχνοτήτων. (Παράρτημα Α, Πίνακες 1,2,5,10).

3.5.7 GSM Layer 3 View

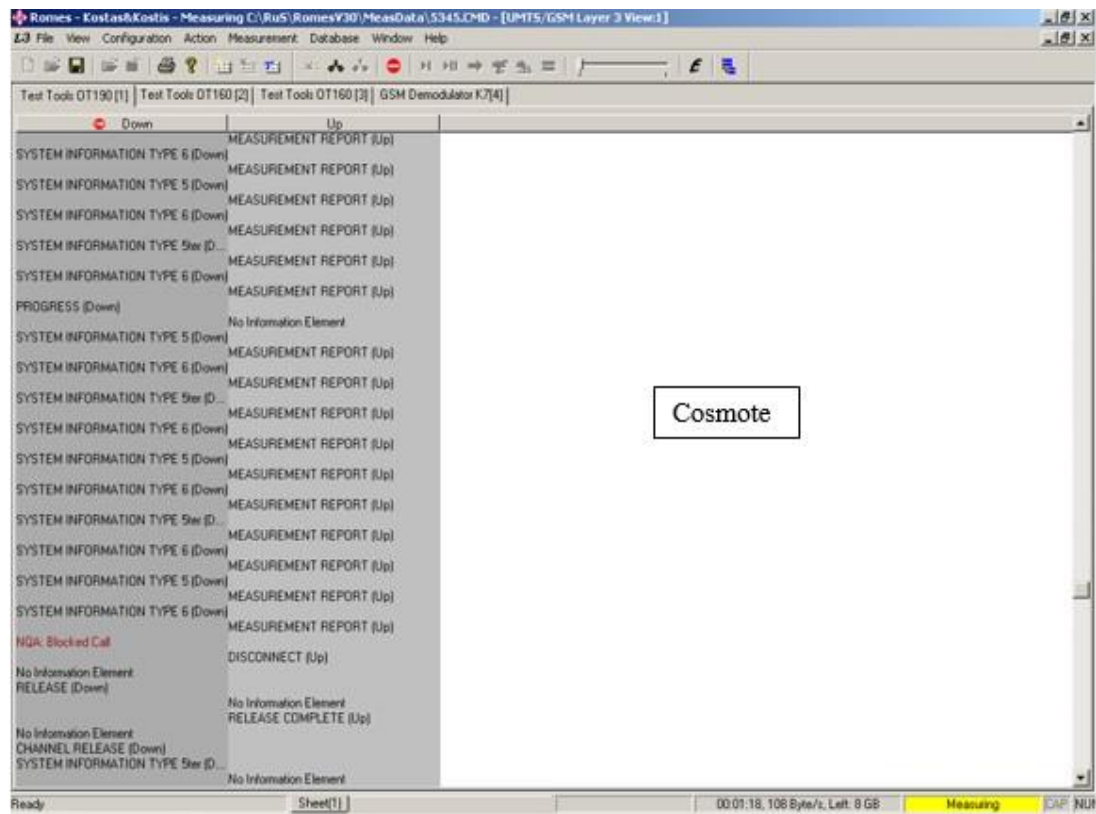
Σε αυτή την παράγραφο περιγράφονται τα μηνύματα που ανταλλάσσει το κινητό με το δίκτυο κατά την προετοιμασία, κατά την διάρκεια και τον τερματισμό μιας κλήσης στο δίκτυο GSM. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode** (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode). Στο Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Layer 3 View παραθέτονται τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ δικτύου και κινητού για Vodafone και Wind. Η καταγραφή των Layer 3 Μηνυμάτων για την περίπτωση κλήσης στο δίκτυο της Cosmote καταγράφονται στις Εικόνες 3.26 – 3.29.



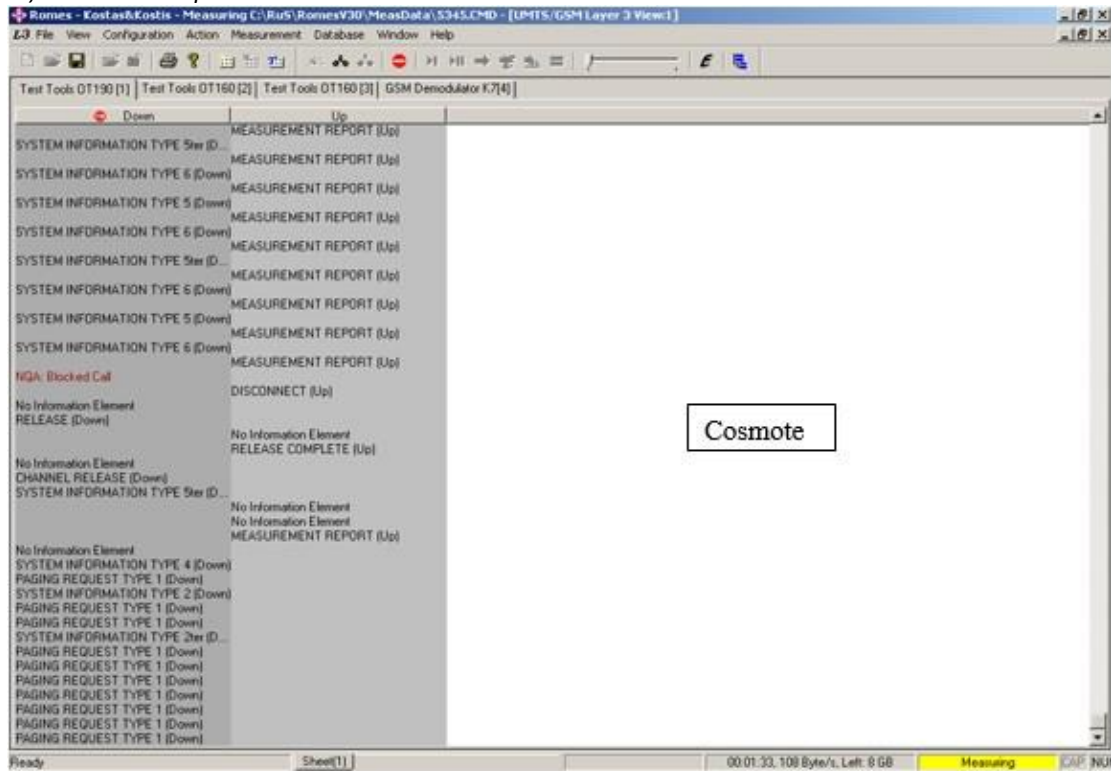
Εικόνα 3.26 GSM Cosmote Layer 3 View



Εικόνα 3.27 GSM Cosmote Layer 3 View



Εικόνα 3.28 GSM Cosmote Layer 3 View



Εικόνα 3.29 GSM Cosmote Layer 3 View

Η επικοινωνία γίνεται μεταξύ κινητού και δικτύου. Με την ένδειξη **Up** απεικονίζονται τα μηνύματα που στέλνονται από το κινητό στο δίκτυο, ενώ με την ένδειξη **Down** τα μηνύματα που στέλνονται από το δίκτυο στο κινητό.

Η διαδικασία έναρξης της αποκατάστασης κλήσης αρχίζει με την πληκτρολόγηση του αριθμού το οποίο υποδεικνύεται από το λογισμικό του μετρητικού συστήματος με την ένδειξη **Start of Dialing** και **Start of Call** (Εικόνα 3.26). Η έναρξη της διαδικασίας εκκινεί μέσω του RACH καναλιού και κατόπιν την απόδοση καναλιού σηματοδοσίας (SDCCH) μέσω του **Immediate Assignment** (Εικόνα 3.26). Το **CM Service Request (Up)** από την πλευρά του κινητού στέλνεται στο δίκτυο μέσω του αποδιδόμενου SDCCH για να ζητήσει υπηρεσία σύνδεσης (κλήση φωνής). Η ανταπόκριση του δικτύου στο αίτημα καταγράφεται στο **CM Service Request (Down)** (Εικόνα 3.26). Στη συνέχεια, το **Ciphering Mode Command (Down)** περιέχει πληροφορίες κρυπτογράφησης σχετικές με την κρυπτογράφηση των δεδομένων του κινητού. Το **Ciphering Mode Complete (Up)** επιβεβαιώνει τη συνεννόηση για το κλειδί κρυπτογράφησης το οποίο θα χρησιμοποιηθεί. Από τη στιγμή που η διακίνηση της πληροφορίας είναι κρυπτογραφημένη αποστέλλεται το **Setup(Up)** για να αρχίσει η διαδικασία της κλήσης. Το **Call Proceeding (Down)** στέλνεται από το δίκτυο στο κινητό για να επιβεβαιωθεί ότι η διαδικασία της κλήσης έχει αρχίσει και ως εκ τούτου το ενημερώνει για την πρόοδό της. Το **Assignment Command (Down)** στέλνεται στο κινητό από το δίκτυο για να του αναθέσει κανάλι φωνής (TCH). **Assignment Command (Up)** αποτελεί επιβεβαίωση από την πλευρά του κινητού για την απόδοση του TCH. Το **Progress (Down)** στέλνεται στο κινητό από το δίκτυο υποδεικνύοντας τον τρόπο εξέλιξης της κλήσης. Στη συνέχεια το μήνυμα **NQA: Blocked Call** δείχνει ότι η κλήση τερματίστηκε δηλαδή τερματίστηκε από εμάς, και έτσι στέλνεται μήνυμα από το κινητό **Disconnect (Up)**, το οποίο επιβεβαιώνει τον τερματισμό της κλήσης και εμφανίζει τον λόγο τερματισμού αυτής. Τέλος, στέλνεται το μήνυμα

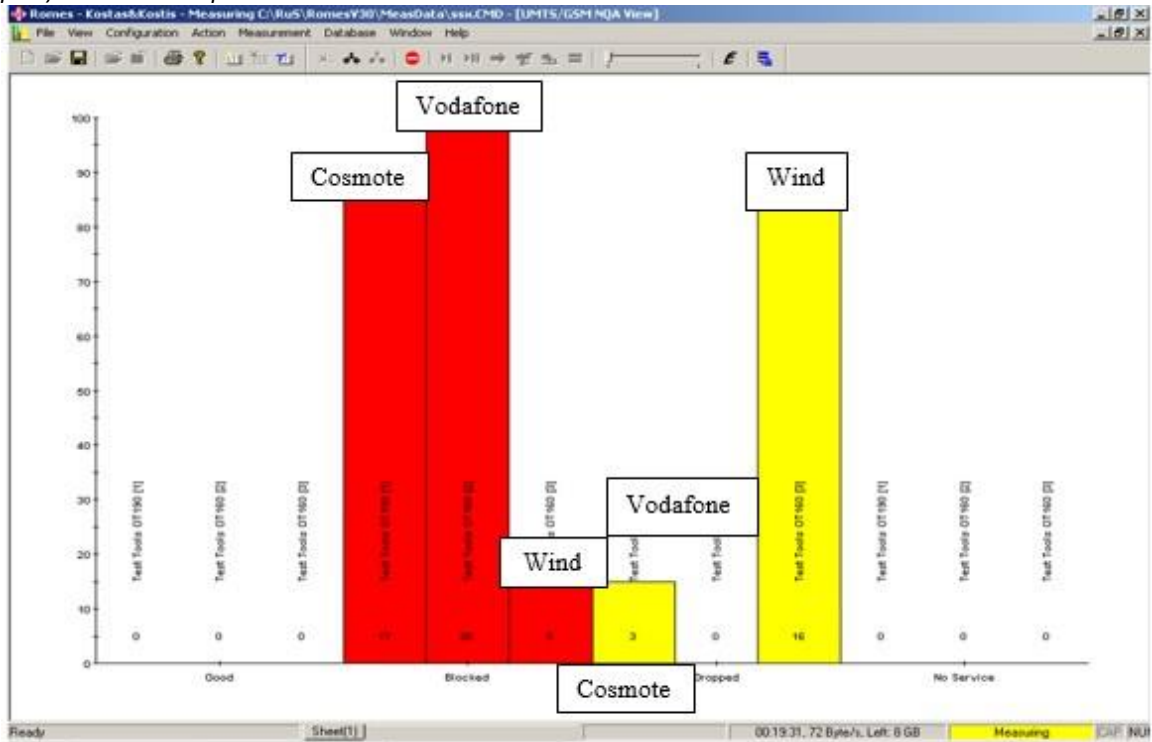
Release (Down) αρχικά από το δίκτυο και μετά από το κινητό **Release Complete (Up)** που σημαίνει επιτυχής τερματισμός κλήσης, οπότε το κινητό επιστρέφει σε λειτουργία idle.

Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης της κλήσης καταγράφονται μία σειρά από μηνύματα με το κύριο μέρος αυτών να είναι τα System information μηνύματα τα οποία εκπέμπονται στο BCH κανάλι του κελιού. Το **System Information Type 2ter (Down)** στέλνεται στο BCCH (Broadcast Control Channel) από το δίκτυο και παρέχει πληροφορίες σχετικά με το BA ARFCN extended για τα γειτονικά κελιά δηλαδή τις συχνότητες του DCS1800 τις οποίες χρησιμοποιούν οι πάροχοι. Τα **System Information Type 3 (Down)** και **System Information Type 4 (Down)** περιέχουν πληροφορίες που σχετίζονται με το **RACH (Random Access Channel)** το οποίο σχετίζεται με την αρχική είσοδο σε κελί, την περιοχή θέσης (Location Area), πληροφορίες που ταυτοποιούν το κελί καθώς και άλλες πληροφορίες για το κελί. Το **System Information Type 2 (Down)** στέλνεται σε όλα τα BCCH από το δίκτυο και περιέχει πληροφορίες για το RACH και την κατανομή του BCCH στα γειτονικά κελιά. Το **System Information Type 5 (Down)** περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τις συχνότητες των γειτονικών κελιών και κάθε φορά που υπάρχει κάποια αλλαγή σε κάποιο κελί οι πληροφορίες ανανεώνονται. Το **System Information Type 6 (Down)** στέλνεται από το δίκτυο στο κινητό περιλαμβάνοντας πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία, τα στοιχεία του κελιού και πληροφορίες σχετικά με το κελί.

Τέλος, το **Measurement Report (Up)** περιλαμβάνει μετρήσεις σχετικά με το κελί που χρησιμοποιεί το κινητό και τα γειτονικά κελιά. Ουσιαστικά, οι μετρήσεις αυτές αφορούν την ανάθεση του SDCCH καναλιού από το δίκτυο.

3.5.8 GSM NQA View

Σε αυτό το παράθυρο καταγράφεται το σύνολο των κλήσεων και κατηγοριοποιούνται με βάση το αποτέλεσμά τους. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode** για αυτή τη μέτρηση (**Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode**).

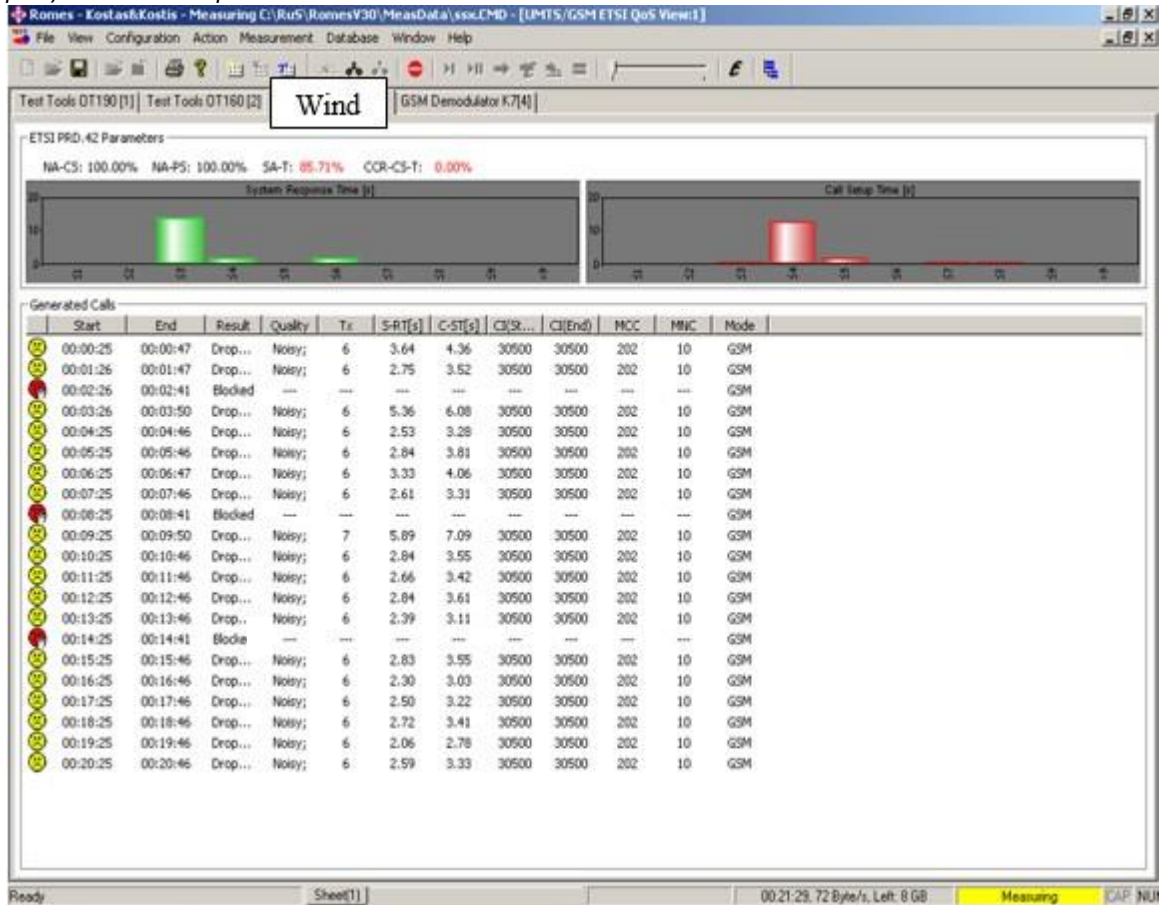


Εικόνα 3.30 GSM NQA View

Σε αυτό το παράθυρο μετρήσεων καταγράφονται όλες οι κλήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Λόγω προβλήματος του μετρητικού συστήματος, οι επιτυχείς κλήσεις καταγράφονται ως **Blocked**, ενώ θα έπρεπε να εμφανίζονται με πράσινο χρώμα στο πεδίο **Good**. Στο πεδίο **Good** καταγράφονται όλες οι επιτυχείς κλήσεις ακόμα και αν δεν υπήρξε απάντηση από τον δέκτη, δηλαδή ο λόγος C/I είναι σε ικανοποιητικό επίπεδο. Στο πεδίο **Blocked** καταγράφονται οι κλήσεις, οι οποίες δεν έγινε δυνατή η εκκίνηση της διαδικασίας κλήσης, π.χ. λόγω συμφόρησης. Τέλος στο πεδίο **Dropped** καταγράφονται οι κλήσεις οι οποίες ξεκίνησαν αλλά στην πορεία απορρίφθηκαν, π.χ. συνθήκες κάλυψης και C/I.

3.5.9 GSM ETSI QoS View

Σε αυτό το παράθυρο καταγράφονται σημαντικές πληροφορίες που αφορούν στην κλήση σε συνέχεια της προηγούμενης παραγράφου. Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode** (Παράρτημα Α, παράγραφος GSM Normal Mode). Στο **Παράρτημα Α, παράγραφος GSM ETSI QoS View** παραθέτονται οι μετρήσεις για Cosmote και Vodafone.



Εικόνα 3.31 GSM Wind ETSI QoS View

Στο πεδίο **ETSI PRD.42 parameters** λαμβάνουμε πληροφορίες σχετικά τις συνθήκες σύνδεσης του κινητού με το δίκτυο. Αρχικά το **NA-CS** σχετίζεται το ποσοστό επιτυχών προσπαθειών επιλογής κελιού (Cell Selection) στο δίκτυο GSM προς τον συνολικό αριθμό προσπαθειών, ενώ το **NA-PS** έχει να κάνει με το ποσοστό επιτυχών προσπαθειών σύνδεσης GPRS στο δίκτυο προς τον συνολικό αριθμό. Οι δύο παράμετροι αυτοί σχετίζονται με την παράμετρο **C1** που πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τιμή που ορίζει το δίκτυο όπως καταγράφηκε στην παράγραφο GSM Layer 1 View.

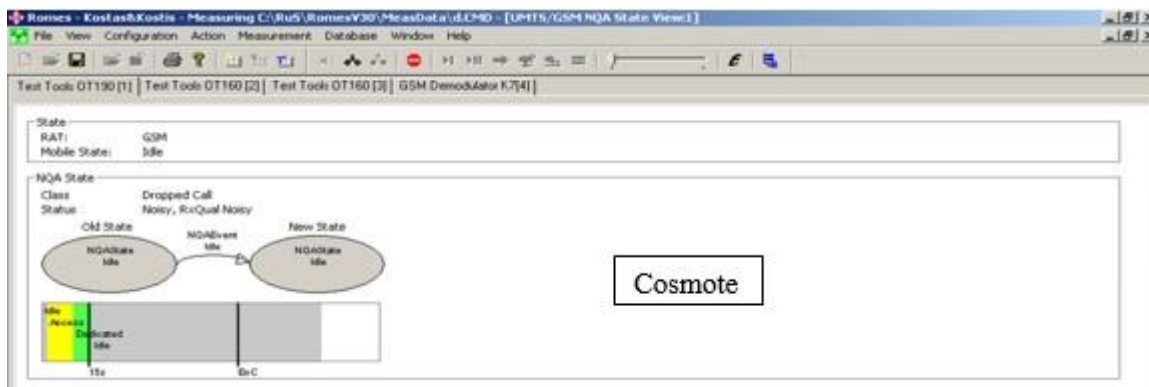
Στο **SA-T** βλέπουμε το ποσοστό επιτυχών κλήσεων αφού πρώτα έχει προηγηθεί επιτυχής σύνδεση με το δίκτυο προς τον αριθμό των συνολικών κλήσεων. Στο **CCR-CS-T** βλέπουμε το ποσοστό των εξαναγκασμένων τερματισμένων κλήσεων προς τις επιτυχείς κλήσεις, το οποίο είναι 0 λόγω του ότι δεν επιχειρήθηκε εξαναγκασμένος τερματισμός.

Στη συνέχεια στο πεδίο **Generated Calls** και ειδικότερα στη στήλη **Start** βλέπουμε πότε άρχισε η κλήση, ενώ στο **Stop** πότε τερματίστηκε. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτει και η διάρκεια μιας κλήσης. Στο **Result** όπως και αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο αναγράφεται το αποτέλεσμα της κλήσης δηλαδή αν ήταν επιτυχής (Good) ή όχι (Blocked, Dropped). Το **Quality** καταγράφει ως Noisy τις κλήσεις οι οποίες είχαν χαμηλό C/I, οπότε δεν πραγματοποιήθηκαν συνυπολογίζοντας όμως και το πρόβλημα καταγραφής που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο GSM NQA View. Στο **Tx** μετράται η μέγιστη ισχύς μετάδοσης του κινητού κατά τη διάρκεια της κλήσης. Τα **S-RT(s)** και **C-ST(s)** δηλαδή **System Response Time** και **Call Setup Time** σχετίζονται με την απόκριση και την εγκατάσταση της κλήσης στον χρόνο. Τα **CI (Start)** και **CI (End)** σημαίνουν **Cell Id** δηλαδή το κελί που χρησιμοποιεί στην αρχή και στο τέλος της κλήσης

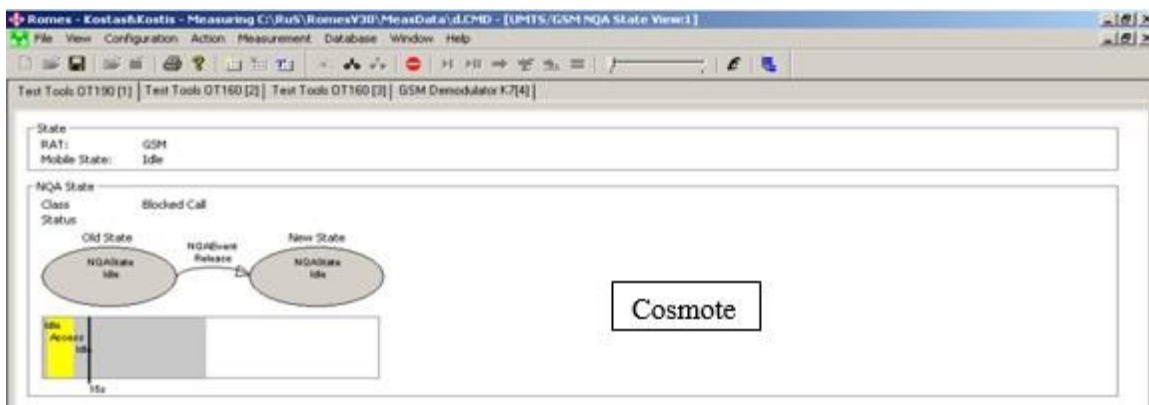
στο BTS. Όπως παρατηρούμε είναι στο ίδιο κελί καθ' όλη την κλήση το οποίο σημαίνει ότι δεν γίνεται handover κατά τη διάρκεια των κλήσεων. Τέλος το **Mode** δείχνει το είδος του δικτύου χρησιμοποιείται (**GSM**).

3.5.10 GSM NQA State View

Τα κινητά πρέπει να συνεχίσουν να βρίσκονται σε **Normal Measurement Mode** (Παράρτημα I, παράγραφος GSM Normal Mode). Στο Παράρτημα A, παράγραφος GSM NQA State View παραθέτονται οι μετρήσεις για Vodafone και Wind.



Εικόνα 3.32 GSM Cosmote NQA State View



Εικόνα 3.33 GSM Cosmote NQA State View

Οι μετρήσεις που καταγράφονται σε αυτό το παράθυρο σχετίζονται με τις ρυθμίσεις που έχουμε επιλέξει στο **Autodialing**. Οι πληροφορίες που δίνονται έχουν σχέση με το πόσα δευτερόλεπτα έχουμε επιλέξει στο **Max Access Time**, δηλ. το μέγιστο χρόνο σε δευτερόλεπτα για να συνδεθεί το κινητό στο δίκτυο. Το **Idle Access** δηλώνει την αναμονή μέχρι να γίνει σύνδεση με το δίκτυο (Εικόνα 3.32 και 3.33). Με πράσινο χρώμα (Εικόνα 3.32) καταγράφεται η επιτυχημένη κλήση και το μήκος της εξαρτάται από το πόσα δευτερόλεπτα διαρκεί. Σε περίπτωση Blocked ή Dropped κλήσης το χρώμα γίνεται κίτρινο (Εικόνα 3.29). Στο πεδίο **RAT** βλέπουμε το είδος του δικτύου δηλαδή GSM και την τρέχουσα κατάσταση του κινητού **Mobile State**, η οποία στην προκειμένη περίπτωση είναι Idle, δηλαδή σε αδράνεια.

Στο **NQA State Class** καταγράφεται τι συνέβη στην κλήση δηλαδή της αποδίδεται ο χαρακτηρισμός: **Good, Dropped ή Blocked**. Τέλος στο **NQA State Status** παρατηρούμε τον λόγο τερματισμού της κλήσης. Στην Εικόνα 3.32 παρατηρούμε την ένδειξη **Noisy, RxQual Noisy** το οποίο σημαίνει χαμηλό C/I και υψηλό δείκτη RxQual δηλαδή **RxQual** >= 7 δηλαδή υψηλό **BER** > 12.8%. (Παράρτημα A, Πίνακας 3).

3.6 UMTS Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν οι μετρήσεις UMTS οι οποίες έγιναν στο μετρητικό σύστημα **Rome's R&S Coverage Measurement System Version 3.50** της **Rhode & Schwarz** χρησιμοποιώντας ένα κινητό με πάροχο Vodafone. Οι μετρήσεις που καταγράφονται σχετίζονται με τα Layer 1,2 και 3 , με την ανταλλαγή μηνυμάτων του κινητού και του δικτύου και μετρήσεις του σαρωτή, οι οποίες σχετίζονται με το κανάλι και παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με αυτό.

3.7 UMTS Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός

Σε αυτή την παράγραφο θα περιγραφεί ο μετρητικός εξοπλισμός και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να ληφθούν οι μετρήσεις.

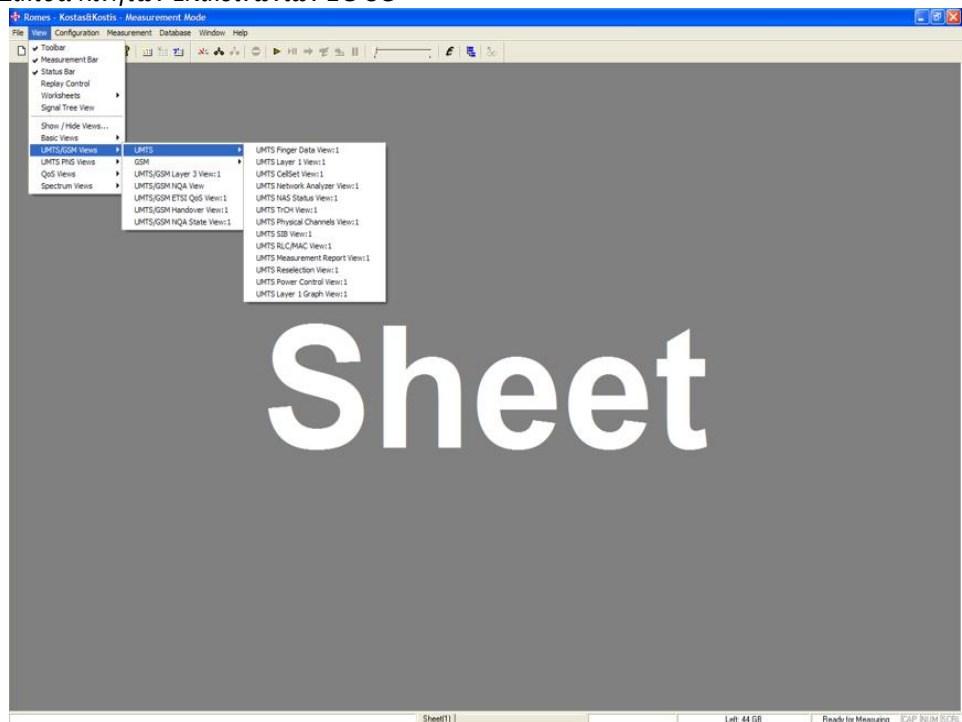


Εικόνα 3.34 UMTS Μετρητική Διάταξη – Εξοπλισμός

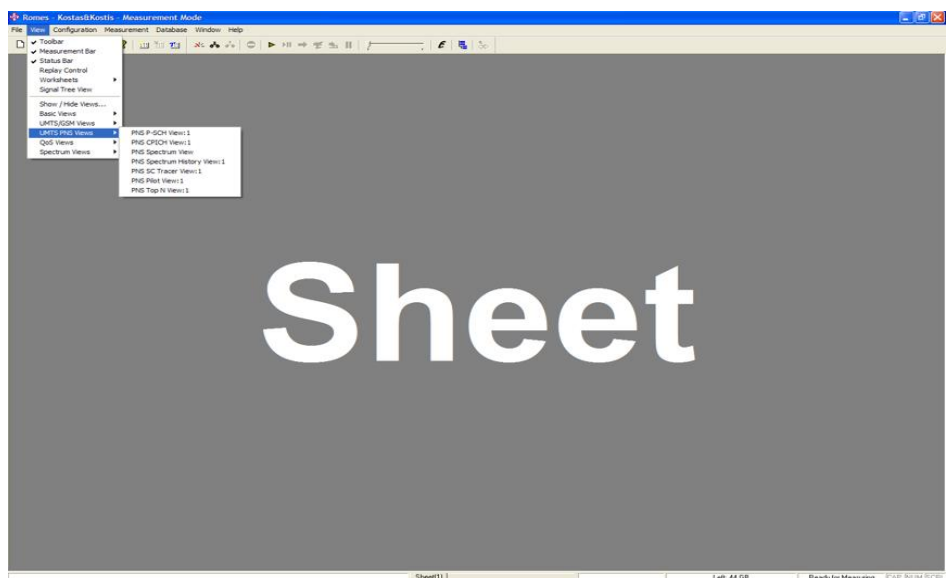
Όπως στο GSM έτσι και στο UMTS χρησιμοποιείται το ίδιο λογισμικό της Rome's σε μεταγενέστερη έκδοση. Για τη λήψη των μετρήσεων όπως φαίνεται στην **εικόνα 3.34** χρησιμοποιήθηκε διαφορετικός εξοπλισμός, ο οποίος περιλαμβάνει ένα σαρωτή, ένα ηλεκτρονικός υπολογιστής ελέγχου των μετρήσεων και ένα κινητό του κατασκευαστή Qualcomm, στο οποίο υπάρχει sim του παρόχου της Vodafone.

3.8 UMTS Configuration

Οι **εικόνας 3.35 και 3.36** παρουσιάζουν τα παράθυρα και τα μενού των μετρήσεων οι οποίες θα παρουσιασθούν στις επόμενες παραγράφους. Στην **εικόνα 3.35** βλέπουμε τις μετρήσεις που μπορούν να γίνουν για τα Layer 1,2 και 3 και την ανταλλαγή μηνυμάτων δικτύου και κινητού. Στην **εικόνα 3.36** βλέπουμε τις μετρήσεις που μπορεί να εκτελέσει ο σαρωτής του μετρητικού συστήματος.

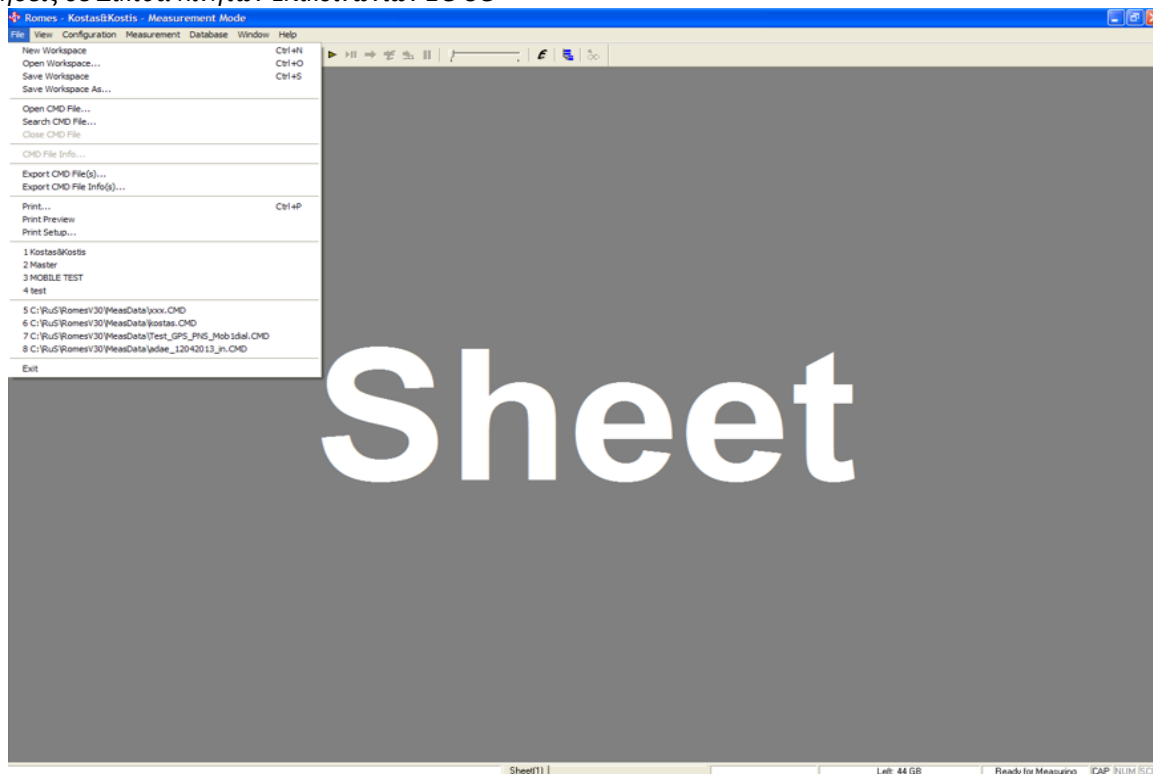


Εικόνα 3.35 UMTS Views Menu

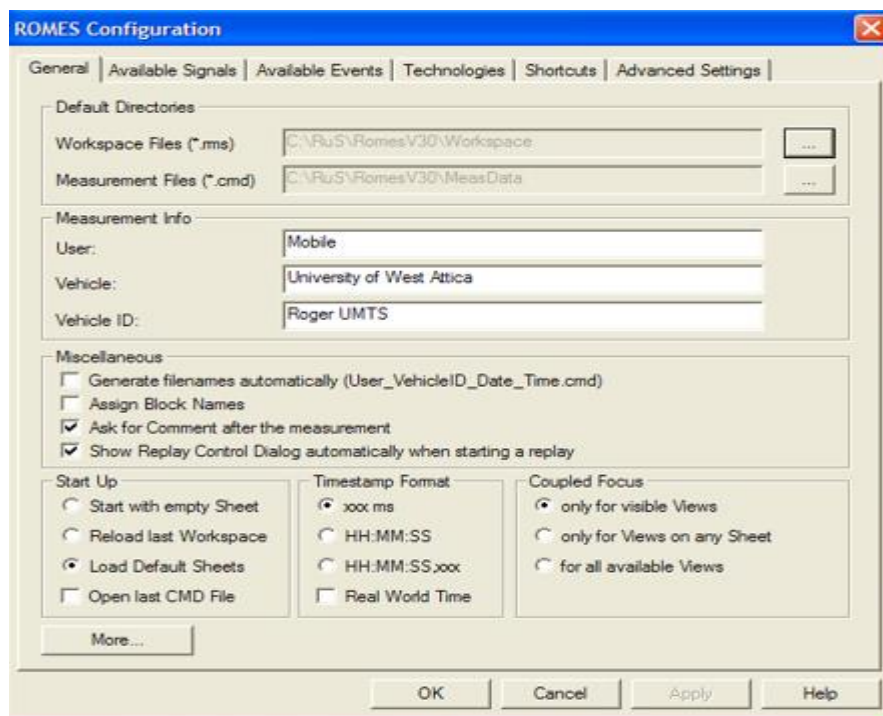


Εικόνα 3.36 UMTS PNS Views Menu

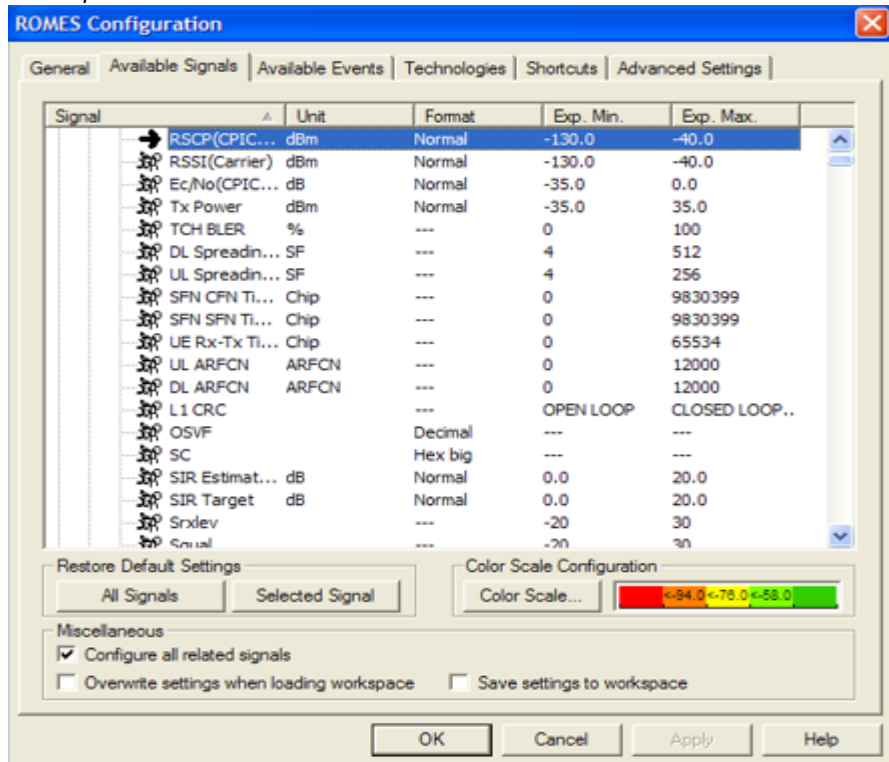
Στη συνέχεια παραθέτονται οι βασικές ρυθμίσεις για εκκίνηση μετρήσεων του συστήματος. Αρχικά δημιουργούμε νέο Workspace σύμφωνα με τα βήματα της εικόνας 3.37 **File**→ **New Workspace**. Στη συνέχεια στο Configuration επιλέγουμε τα αντίστοιχα πεδία σύμφωνα με τις εικόνες 3.38 έως 3.42. Μετά το επόμενο βήμα είναι να επιλέξουμε τις συσκευές που χρειάζονται για την λήψη μετρήσεων πηγαίνοντας στο **Configuration**→ **Hardware**→ **OK** και προσθέτουμε το **QoS Tester**, **R&S PNS** και **Qualcomm**. Οι θύρες είναι προεπιλεγμένες οπότε δεν χρειάζεται να γίνει αλλαγή. Στη συνέχεια ακολουθούν οι ρυθμίσεις του UMTS PNS Scanner.



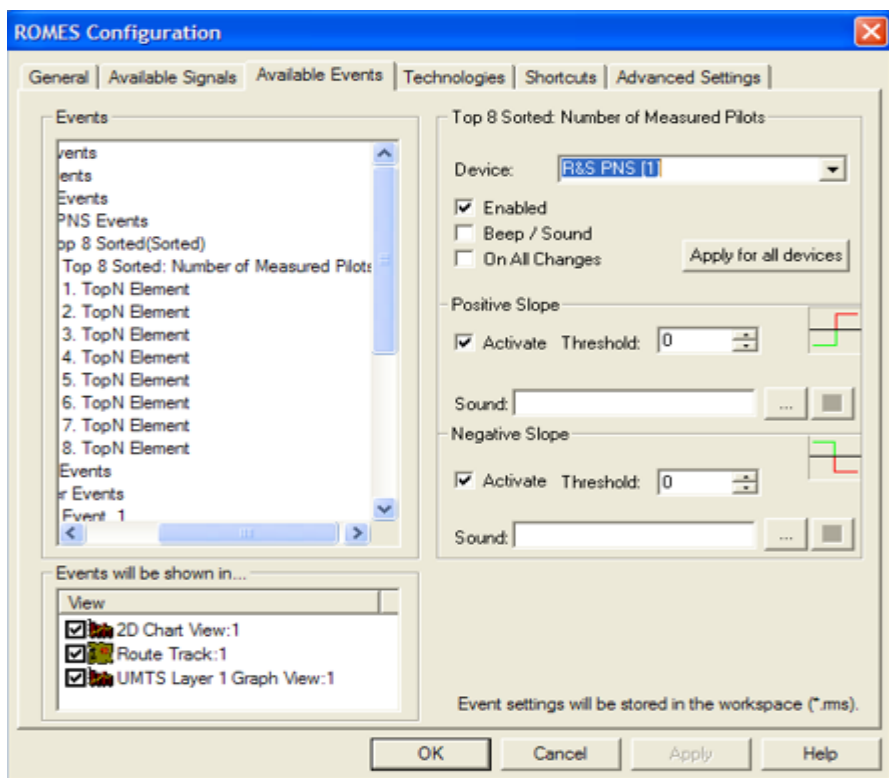
Εικόνα 3.37 Δημιουργία νέου ή άνοιγμα υπάρχοντος Workspace



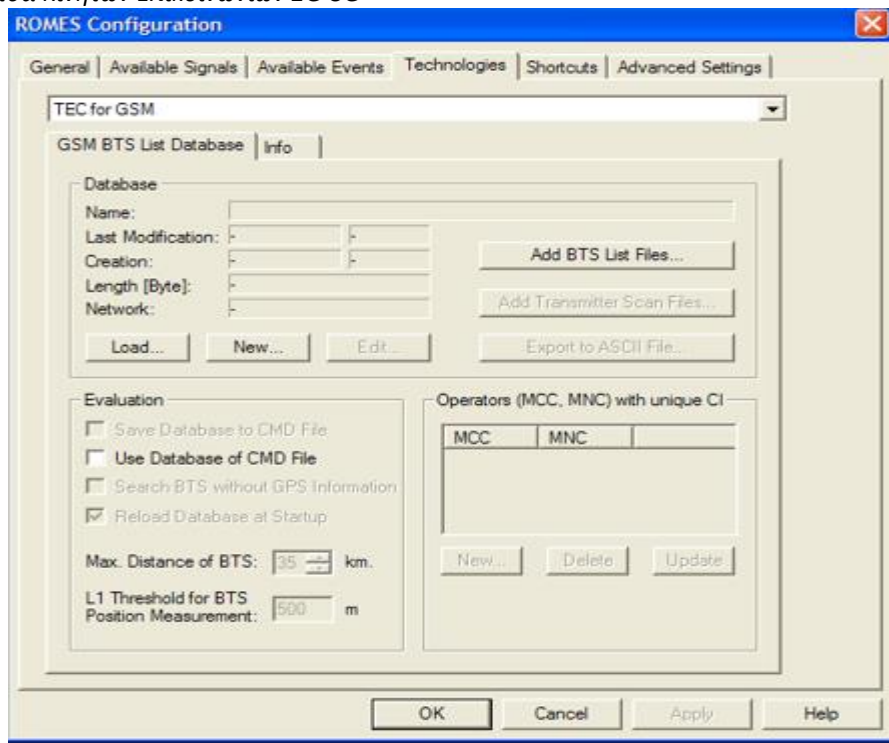
Εικόνα 3.38 Configuration General



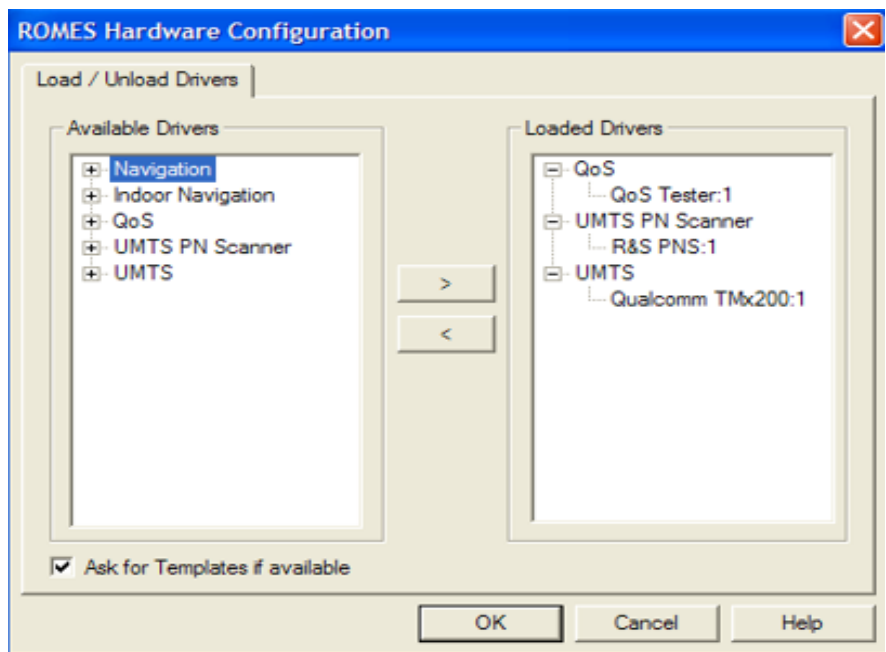
Εικόνα 3.39 Configuration Available Signals



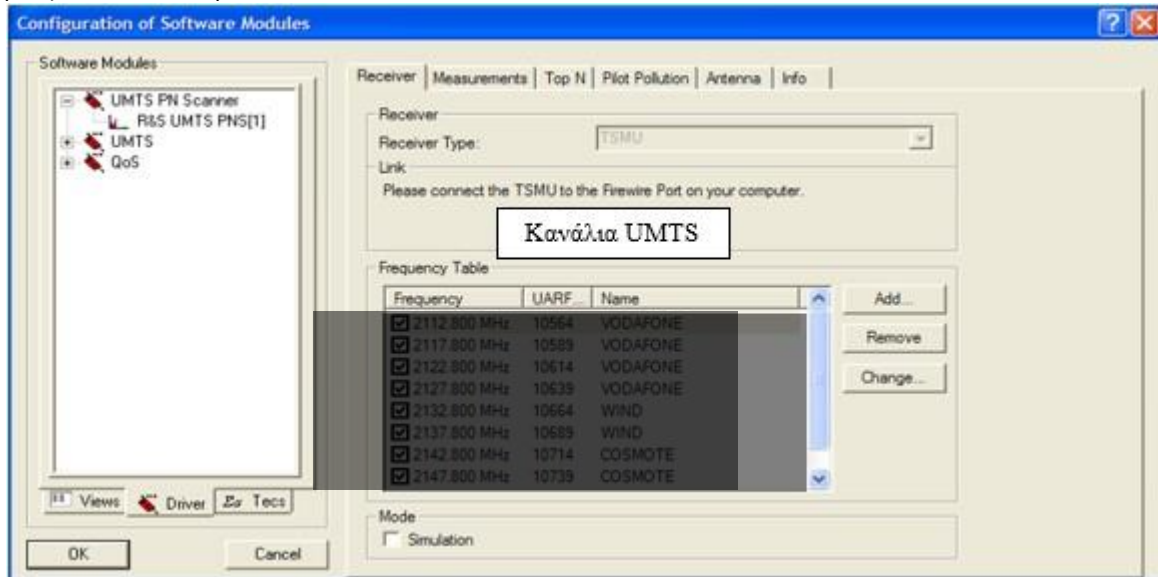
Εικόνα 3.40 Configuration Available Events



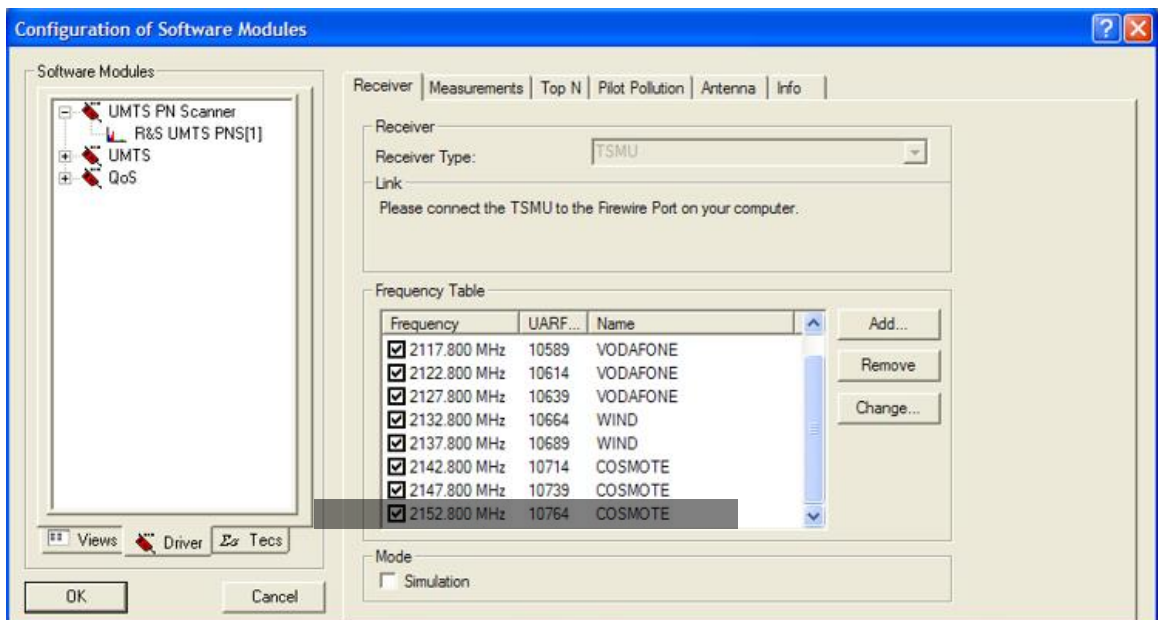
Εικόνα 3.41 Configuration Technologies



Εικόνα 3.42 Hardware Configuration



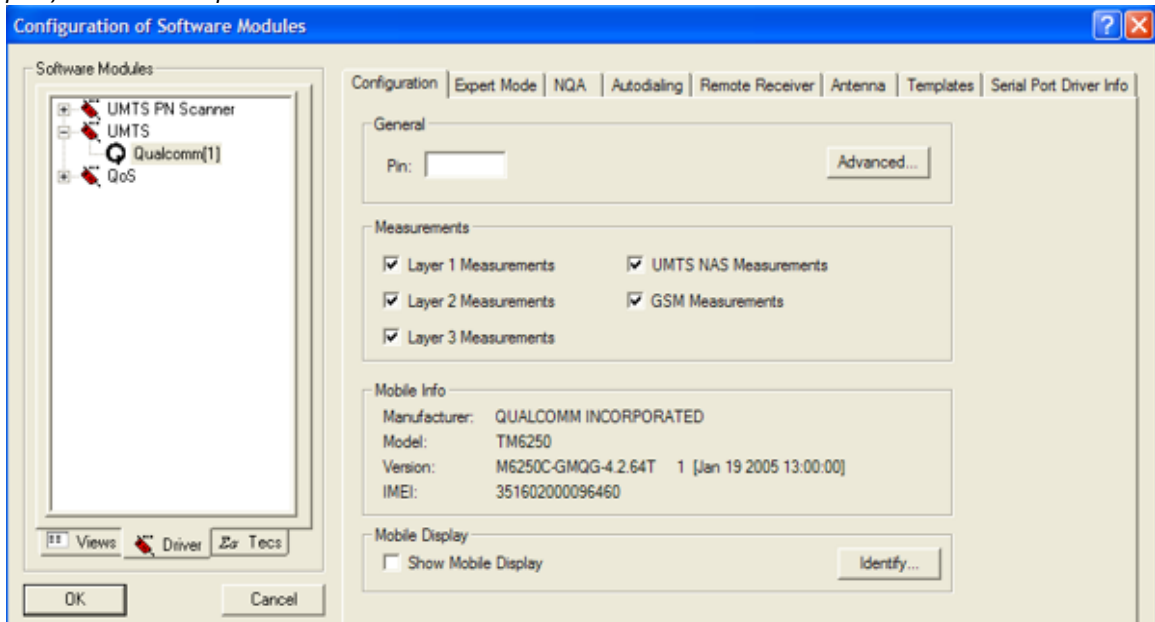
Εικόνα 3.43 UMTS Channels



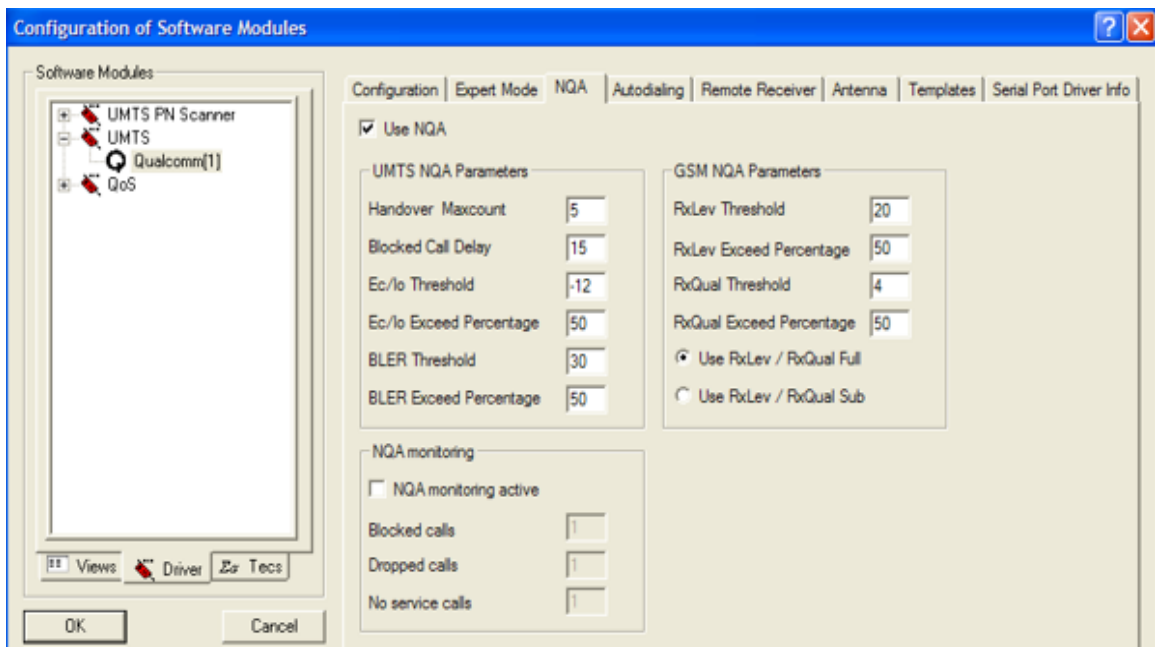
Εικόνα 3.44 UMTS Channels

Στη συνέχεια προσθέτουμε τα κανάλια των παρόχων εικόνες 3.43 και 3.44 για Cosmote, Vodafone και Wind για τα οποία θα γίνει η καταγραφή των μετρήσεων. Η διαδικασία προσθήκης των καναλιών πραγματοποιείται μέσω της διαδρομής **R&S UMTS PNS**→ **Driver**→ **Receiver**→ **Frequency Table**→ **Add**. Συνοψίζοντας, προσθέτουμε τέσσερα κανάλια Vodafone, δύο κανάλια Wind και τρία κανάλια Cosmote. Ακολουθούν οι ρυθμίσεις του UMTS Qualcomm.

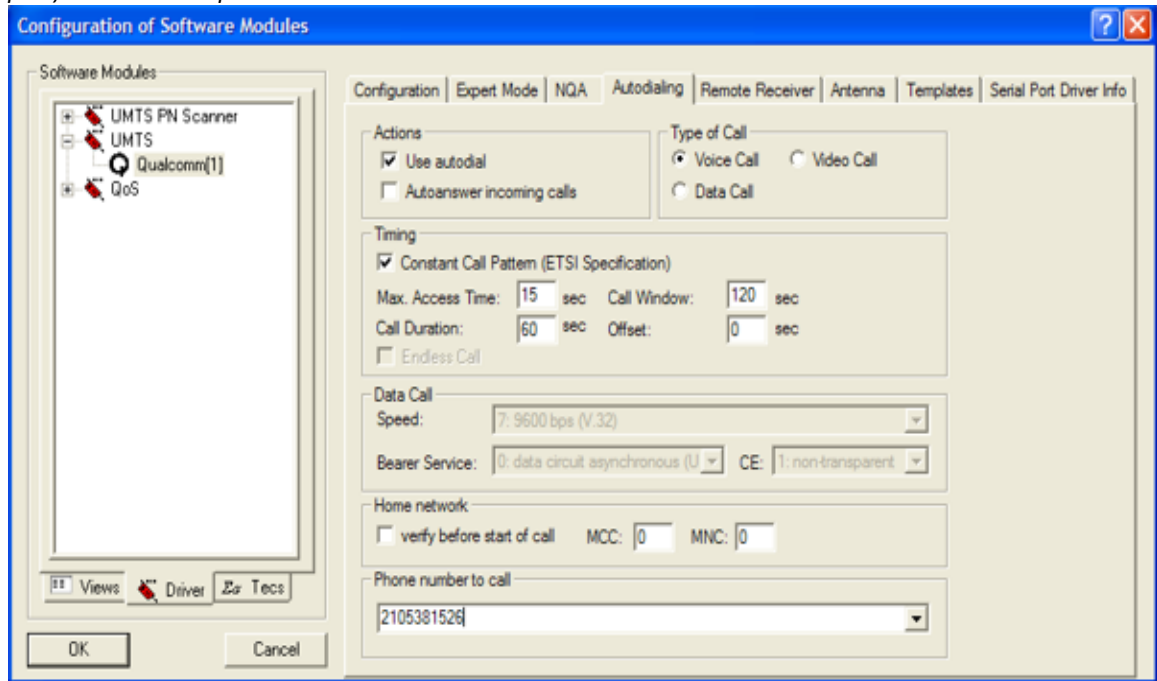
Στις εικόνες 3.45 έως 3.47 παρουσιάζονται οι ρυθμίσεις της συσκευής **Qualcomm**. Όσα παράθυρα δεν αναφέρονται δεν χρειάζονται ρυθμίσεις.



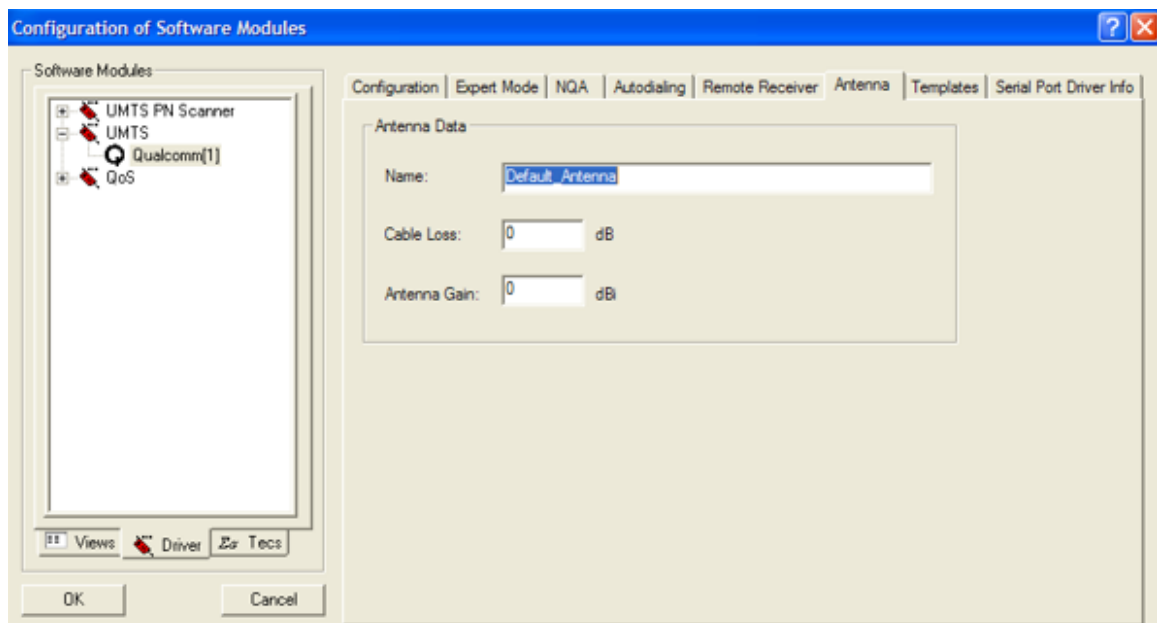
Εικόνα 3.45 UMTS Qualcomm Configuration



Εικόνα 3.46 UMTS Qualcomm NQA

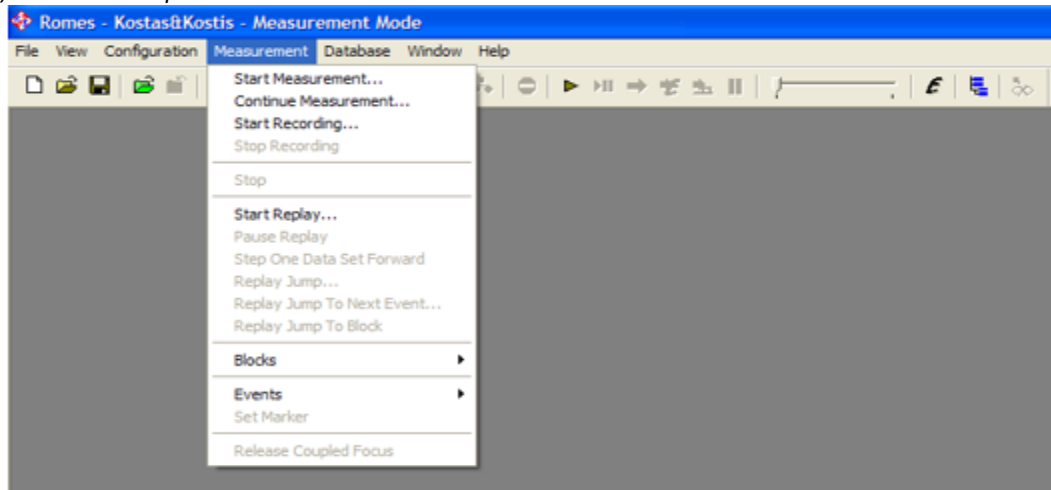


Εικόνα 3.47 UMTS Qualcomm Autodialing



Εικόνα 3.48 UMTS Qualcomm Antenna

Στην **εικόνα 3.48** καταγράφονται οι ρυθμίσεις Autodialing δηλαδή οι ρυθμίσεις αυτόματης κλήσης του κινητού για λήψη μετρήσεων. Επιλέγουμε **Actions**→ **Use Autodial** , **Type of Call**→ **Voice Call** αφού θέλουμε κλήσεις φωνής , **Constant Call Pattern(ETSI Specification)**, ώστε να γίνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα κλήσεις, τις οποίες ορίζουμε εμείς. Τέλος στο Phone number to call πληκτρολογούμε τον αριθμό που επιθυμούμε να γίνονται οι κλήσεις.



Εικόνα 3.49 Rome's Start Measurement

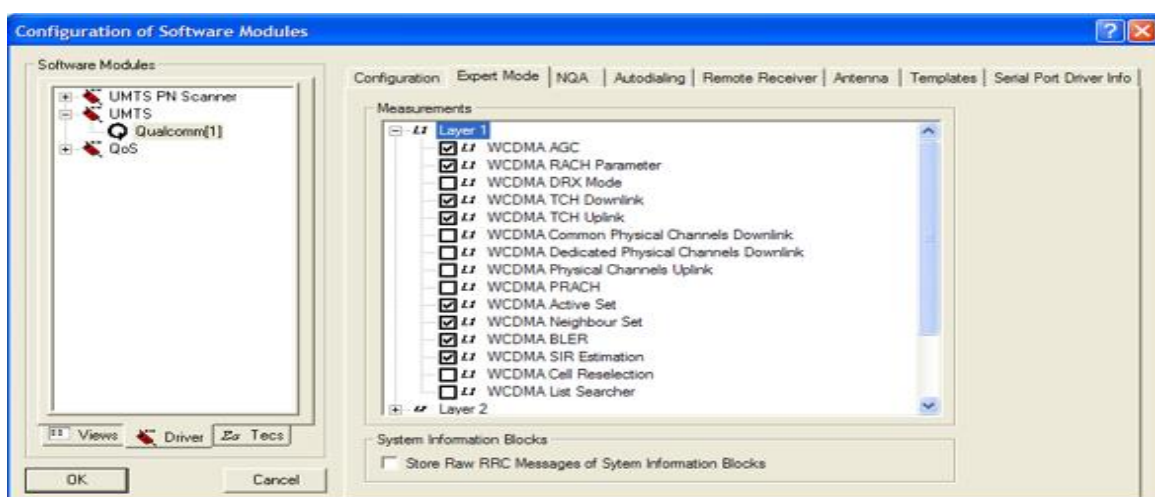
Αφού πραγματοποιηθούν όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις το μετρητικό σύστημα είναι έτοιμο για την έναρξη καταγραφής μετρήσεων μέσω της επιλογής στο μενού: **Measurement** → **Start Measurement** (Εικόνα 3.49).

3.9 UMTS Views

Για την λήψη των μετρήσεων θα πρέπει το κινητό να είναι σε λειτουργία κλήσης δηλαδή να έχουν γίνει οι ρυθμίσεις **Autodialing**, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, καθώς και κάποιες ρυθμίσεις οι οποίες θα αναφερθούν στις επόμενες ενότητες. Οι μετρήσεις που θα καταγραφούν αφορούν τα Layer 1, 2 και 3.

3.9.1 UMTS Finger Data View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS Finger Data View** θα πρέπει να επιλεγεί η διαδρομή **Configuration** → **Hardware** → **Driver** → **UMTS Qualcomm** → **Expert Mode** → **Driver** → **Layer 1** και να επιλεγεί το **WCDMA Finger Info** (Εικόνα 3.50).



Εικόνα 3.50 Παράμετροι για UMTS Finger Data View

Στο παράθυρο μετρήσεων της Εικόνας 3.51 καταγράφονται οι παράμετροι του Layer 1 οι οποίες χαρακτηρίζουν τα διαφορετικά Downlink WCDMA σήματα, τα οποία λαμβάνονται από τον Rake δέκτη του κινητού.

The screenshot shows a software window titled 'Romes - KostasB.Kostis - Measuring C:\RUS\RomesV30\MeasData\qqq.CMD - [UMTS Finger Data View:1]'. The window contains a table with the following data:

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 3.51 UMTS Finger Data View

Το **SC (Scrambling Code)** είναι ο αριθμός που χρησιμοποιείται για να ξεχωρίσουμε τα σήματα που λαμβάνονται από διαφορετικά συστήματα εκπομπής. Η κύρια χρησιμότητα των Scrambling Codes είναι ότι το Node B μπορεί να ξεχωρίσει σήματα που έρχονται ταυτόχρονα από πολλά κινητά (**Uplink**) και το κινητό μπορεί να ξεχωρίσει σήματα που έρχονται ταυτόχρονα από διαφορετικά Node B, δηλαδή σταθμούς βάσης (**Downlink**). Στην προκειμένη περίπτωση το **Scrambling Code 38** υποδηλώνει τον σταθμό βάσης τον οποίο λαμβάνει το κινητό.

Το **Offset** αναφέρεται στο χρονικό offset των rake fingers. Δύο σήματα με ίδιο **SC** αλλά με διαφορετικό **Offset** πηγάζουν από το ίδιο Node B αλλά διαδίδονται ως διαφορετικοί πολυδιαδρομικοί όροι.

Το **Div.** σχετίζεται με τον τρόπο μετάδοσης στο Downlink του CPICH και χωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

- I. *STTD (Space Time Transmit Diversity)*
- II. *TSTD (Time Switched Transmit Diversity)*
- III. *SSDT (Site Selection Diversity Transmit Power Control)*
- IV. *No Diversity*

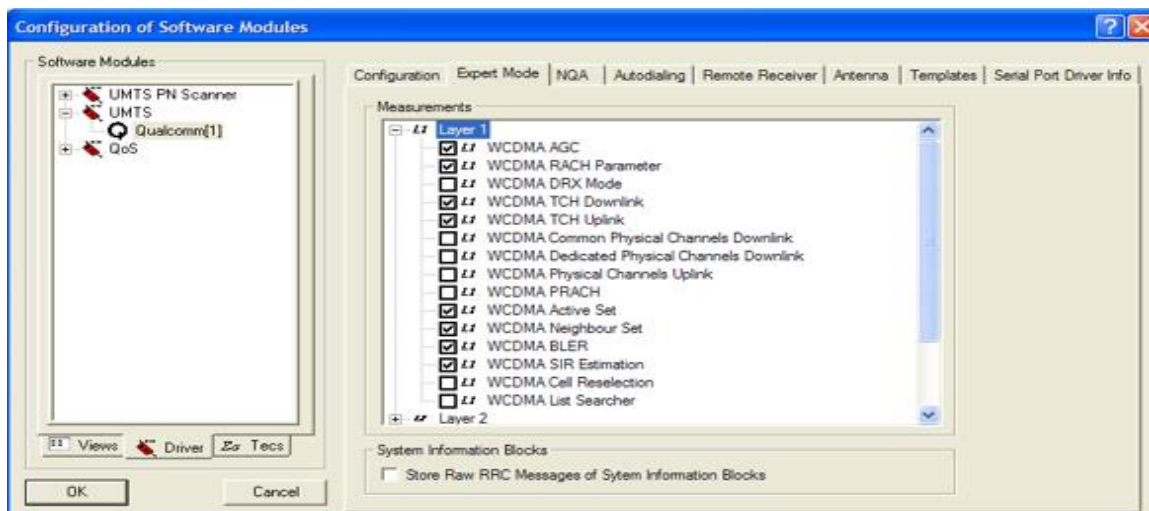
Οι διάφορες χωροχρονικές τεχνικές διαφορικής εκπομπής-λήψης βελτιώνουν το επίπεδο του σήματος αλλά στην περίπτωση της μέτρησης δεν χρησιμοποιείται (No STTD).

Το **OVSF** αντιστοιχεί στο Spreading Factor της λαμβανόμενης εκπομπής και στην περίπτωσης μας λαμβάνει τη συμβολική τιμή 0 (SF=256). Ουσιαστικά, η μέτρηση αφορά τη μέτρηση του CPICH, το οποίο χρησιμοποιεί σταθερό SF=256.

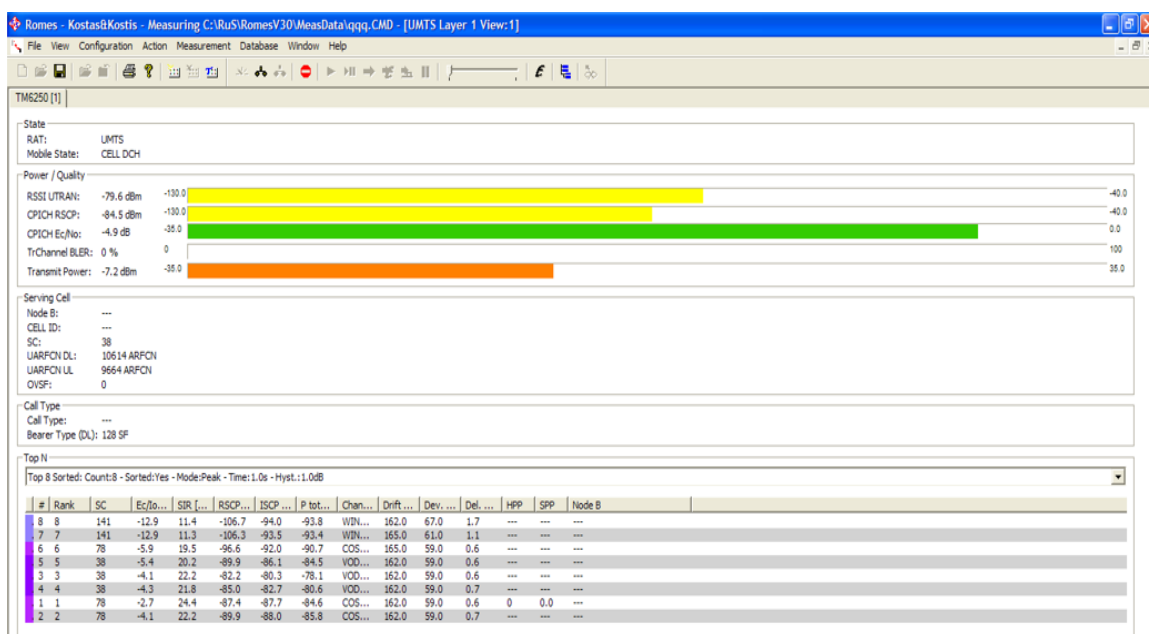
Το **Ec/Io(dB)** μας δίνει την αναλογία ενέργειας σήματος ανά Chip(E_c) προς τις παρεμβολές και μετράται σε dB. Το UMTS λαμβάνει σήματα τα οποία μεταδίδονται από πολλούς **Base Stations** και μεταδίδονται στην ίδια συχνότητα, οπότε οι αποστάσεις μεταξύ σταθμών βάσης πρέπει να είναι μεγάλες για να αποφεύγεται το φαινόμενο Pilot Pollution. Επειδή όμως οι παρεμβολές συνήθως έχουν μεγαλύτερη τιμή από το απαιτούμενο σήμα του συστήματος η τιμή του E_c/I_o είναι συνήθως αρνητική στα όρια κάλυψης. Όπως και στις προηγούμενες παραμέτρους έτσι και στο E_c/I_o η καλύτερη τιμή είναι όσο πιο κοντά στο 0. Συγκρίνοντας τα E_c/I_o διαπιστώνουμε ότι μόνο στο πρώτο σήμα με **$E_c/I_o=-4.9\text{dB}$** έχουμε εξαιρετική τιμή ώστε να μεταφερθεί το σήμα με μέγιστη ταχύτητα δεδομένων ενώ στις δύο υπόλοιπες περιπτώσεις με **$E_c/I_o=-25.3\text{dB}$** και **$E_c/I_o=-27.4\text{dB}$** έχουμε πολλές παρεμβολές με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων. Τέλος στην πρώτη περίπτωση ξεχωρίζουμε την μωβ χρωματισμένη μπάρα, η οποία σημαίνει πολύ δυνατό σήμα (δηλαδή μετράει ισχύ σήματος σε RSSI) (**Παράρτημα Β, Πίνακες 11, 12, 13**).

3.9.2 UMTS Layer 1 View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS Layer 1 View** θα πρέπει να επιλεγθεί η διαδρομή **Configuration**→ **Hardware**→ **Driver**→ **UMTS Qualcomm**→ **Expert Mode**→ **Driver**→ **Layer 1** και στη συνέχεια να επιλεγθούν τα **WCDMA Finger Info**, **WCDMA AGC**, **WCDMA BLER** (Εικόνα 3.52).



Εικόνα 3.52 Παράμετροι για UMTS Layer 1 View



Εικόνα 3.53 UMTS Layer 1 View

Η Εικόνα 3.53 απεικονίζει τα αποτελέσματα των μετρήσεων, Αρχικά στο πεδίο **State** βλέπουμε τον τύπο δικτύου, δηλαδή **UMTS**, και στο **Mobile State** την κατάσταση του τηλεφώνου, η οποία στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι **CELL DCH (Dedicated Channel)**. Το **CELL DCH** υποδηλώνει ότι έχει αποδοθεί φυσικό κανάλι από το δίκτυο στο κινητό. Το **RSSI UTRAN** αντιπροσωπεύει στην λαμβανόμενη ισχύ σήματος σε μ. Η τιμή των **-79.6dBm** είναι αρκετά αξιόπιστη για την μεταφορά δεδομένων και για καλό σήμα. Το **CPICH RSCP (Common Pilot Channel)** είναι η λαμβανόμενη ισχύς RF κώδικα δηλαδή η λαμβανόμενη ενέργεια σε ένα κώδικα που μετράται στο πρωτεύον κανάλι CPICH και η τιμή **-84.5dB** είναι αρκετά καλή για γρήγορη και αξιόπιστη

μεταφορά δεδομένων. Μετά το CPICH Ec/No είναι η ενέργεια ανά Chip διαιρεμένη από την πυκνότητα ισχύος στην ζώνη συχνοτήτων. Το CPICH Ec/No υπολογίζεται ως εξής:

$$CPICH Ec/No = \frac{CPICH RSCP}{RSSI UTRAN}$$

Η τιμή **-4.9dB** είναι εξαιρετική δηλαδή το σήμα είναι δυνατό και η μεταφορά δεδομένων γίνεται με μέγιστη ταχύτητα. Το **TrChannel BLER (Transport Channel Block Error Rate)** μετράει σε ποσοστό το **Block Error Rate** του καναλιού μεταφοράς υπολογίζοντας το CRC σε κάθε Block μεταφοράς. Στην προκειμένη περίπτωση είναι **0** δηλαδή δεν υπάρχουν σφάλματα. Το **CRC (Cyclic Redundancy Check)** είναι ένας κώδικας εντοπισμού λαθών που χρησιμοποιείται σε ψηφιακά συστήματα για να εντοπίζει σφάλματα τα οποία μπορεί να προκληθούν από θόρυβο και αλλαγές σε δεδομένα τα οποία στη συνέχεια περνούν από διαδικασία διόρθωσης. Οι χρωματιστές μπάρες αναπαριστούν την τιμή που αναγράφεται σε κάθε μέτρηση ανάλογα με τα όρια που έχουμε θέσει. Το **Transmit Power** είναι η μεταδιδόμενη ισχύς σε ένα φέρον και η τιμή **-7.2dBm** αξιολογείται ως καλή μέτρηση. Η μπάρα «γεμίζει» όταν το κινητό κάνει κλήση δηλαδή όταν εκπέμπει για να επικοινωνήσει με το δίκτυο Παράρτημα Β , παράγραφος UMTS Layer 1 View. Στο **SC (Scrambling Code)** βλέπουμε τον αναγνωριστικό αριθμό του σήματος δηλαδή το 38 το οποίο παραπέμπει στον σταθμό βάσης. Το **UARFCN DL** δίνει το κανάλι που χρησιμοποιείται για Downlink και από τον αριθμό 10614 συμπεραίνουμε ότι είναι Vodafone UMTS 2100 (κανάλια **10562-10838**). Η φέρουσα συχνότητα στο Downlink υπολογίζεται από τον τύπο

$$F = 0.2MHz * UARFCN DL$$

Άρα η συχνότητα Downlink για **UARFCN (UMTS Absolute Radio Frequency Channel Number) 10614** είναι **2122.8 MHz**. Επίσης από το **UARFCN UL** εντοπίζουμε το Uplink κανάλι, το οποίο είναι UMTS 2100 (**9612-9888**) και συγκεκριμένα η συχνότητα για **Uplink UARFCN 9664** είναι **1932.8 MHz**.

Επίσης το **OSVF** με τιμή **0** σημαίνει ότι το σήμα απλώνεται πάντα με προκαθορισμένο κωδικό **C256,0** το οποίο σχετίζεται με το CPICH.

Στο **Top N** καταγράφονται τα 8 πρώτα κανάλια των παρόχων της Ελλάδας με βάση τις επιδόσεις τους. Παρατηρούμε ότι με **SC 38** καταγράφονται τα κανάλια της Vodafone, με **SC 78** τα κανάλια της Cosmote, ενώ με **SC 141** τα κανάλια της Wind. Στη συνέχεια παρατηρούμε ότι λόγος ενέργειας σήματος προς παρεμβολές **Ec/Io** στην Cosmote είναι σε ελάχιστο επίπεδο καλύτερο από την Vodafone αλλά και οι δύο αυτοί πάροχοι είναι σε καλύτερο επίπεδο από τα κανάλια της Wind με καλύτερη τιμή της Cosmote με **-2.7dB**.

Το **SIR(dB) (Signal to Interference Ratio)** είναι η ισχύς σήματος προς παρεμβολές. Από αυτές τις μετρήσεις συμπεραίνουμε ότι η Cosmote έχει λιγότερες παρεμβολές και πιο ισχυρό σήμα με μικρή διαφορά από την Vodafone και τέλος η Wind με αρκετά μεγάλη διαφορά. Η Cosmote και η Vodafone με **SIR>=20dB** έχουν εξαιρετικά καλό σήμα, το οποίο δίνει τη δυνατότητα εκπομπής με μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Η Wind με **0dB>SIR<13dB** έχει αξιόπιστη ταχύτητα για μεταφορά δεδομένων αλλά αν η τιμή του SIR πλησιάσει στο 0 τότε θα υπάρχουν διακοπές στην επικοινωνία.

Στις τιμές των **RSCP** η Vodafone και η Cosmote έχουν καλύτερες τιμές από την Wind. Η Vodafone παρουσιάζει λίγο καλύτερες τιμές RSCP από την Cosmote αλλά υπάρχει μικρή πιθανότητα

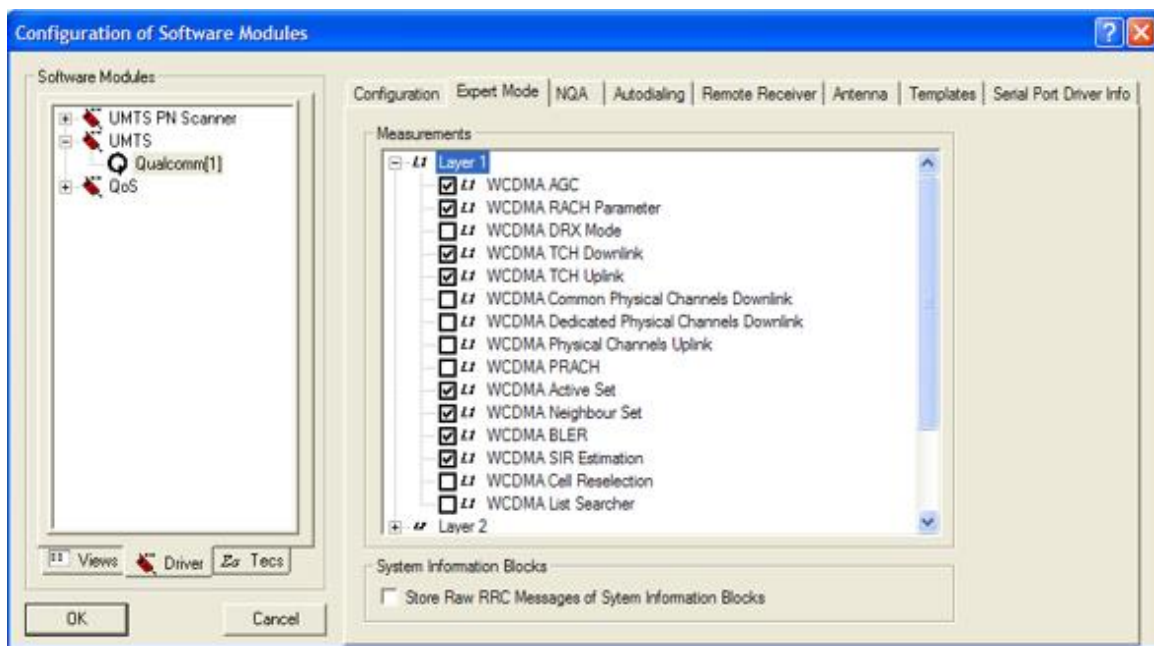
προβλήματος στην μεταφορά δεδομένων. Η Wind παρουσιάζει αρκετά χαμηλές τιμές που σημαίνει ότι η απόδοση θα είναι κακή με συχνές διακοπές στην μεταφορά δεδομένων και την επικοινωνία.

Το **ISCP (Interference Signal Code Power)** καταγράφει την ισχύ των παρεμβολών που υπάρχουν στη ζεύξη. Όπως παρατηρούμε στα κανάλια της Vodafone μετρούνται λιγότερες παρεμβολές από ότι στους υπόλοιπους παρόχους με την Cosmote να έχει μικρή διαφορά. Η Wind παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές παρεμβολών από όλους τους παρόχους που σημαίνει προβλήματα στην επικοινωνία.

Στο **P Total** καταγράφεται η συνολική ισχύς στο CPICH η οποία με βάση τις μετρήσεις έχει καλύτερη τιμή στην Vodafone μετά με μικρή διαφορά στην Cosmote και τέλος στην Wind. Το **Channel** είναι ο κάθε πάροχος κινητής τηλεφωνίας που μετράται. Στο **Drift** βλέπουμε τον χρόνο σε nano second που χρειάζεται το σήμα του CPICH για να συγχρονιστεί με το GPS. Τα **HPP (Hard Pilot Pollution)** και **SPP (Soft Pilot Pollution)** δεν καταγράφουν μέτρηση επειδή οι Base Station είναι μακριά μεταξύ τους οπότε δεν υπάρχει το συγκεκριμένο φαινόμενο. (Παράρτημα Β, Πίνακες 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

3.9.3 UMTS CellSet View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS CellSet View** θα πρέπει να γίνουν πρώτα οι παρακάτω ρυθμίσεις ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα **Configuration** → **Hardware** → **Driver** → **UMTS Qualcomm** → **Expert Mode** → **Driver** → **Layer 1** και στη συνέχεια επιλέγοντας **WCDMA Active Set**, **WCDMA Neighbor Set** ή **WCDMA List Searcher**



Εικόνα 3.54 Παράμετροι για UMTS Layer 1 View

The screenshot shows the UMTS CellSet View interface. The 'Active Set' table is as follows:

#	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	140798	---

The 'Neighbour Set' table is as follows:

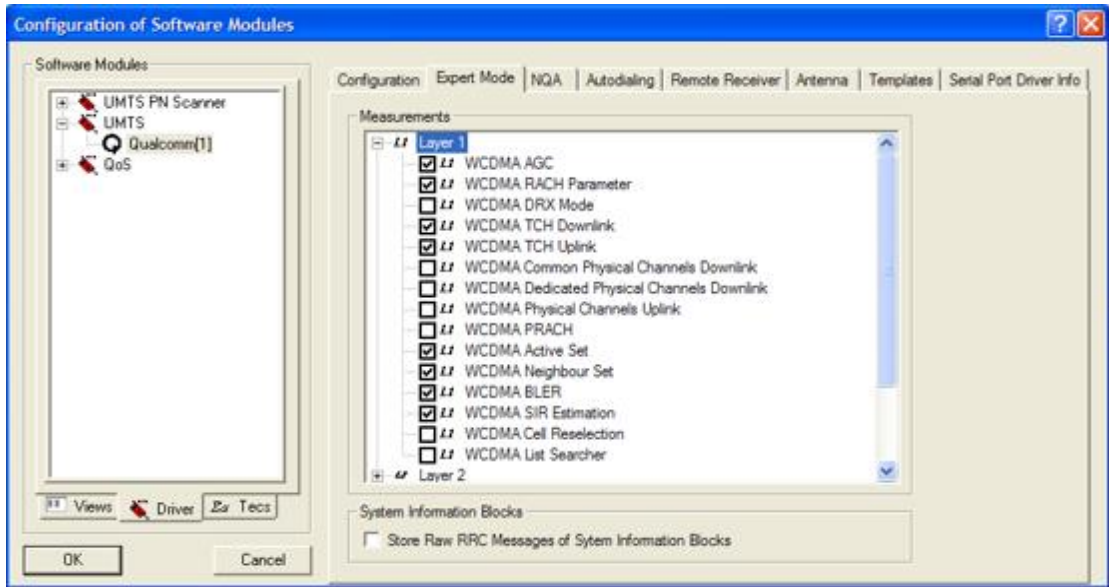
#	UARFCN	Ec/Io...	RSCP...	SC	Diver...	Offset	State	Node B
29	10614	---	---	252	No	---	---	---
28	10614	---	---	422	No	---	---	---
27	10614	---	---	35	No	---	---	---
26	10614	---	---	694	No	---	---	---
25	10614	---	---	493	No	---	---	---
24	10614	---	---	490	No	---	---	---
23	10614	---	---	320	No	---	---	---
22	10614	---	---	20	No	---	---	---
21	10614	---	---	365	No	---	---	---
20	10614	---	---	141	No	---	---	---
19	10614	---	---	34	No	---	---	---
18	10614	---	---	139	No	---	---	---
17	10614	---	---	397	No	---	---	---
16	10614	---	---	600	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	---	---	348	No	---	---	---
30	10614	---	---	487	No	---	---	---
5	10614	---	---	280	No	---	---	---
4	10614	---	---	282	No	---	---	---
3	10614	---	---	173	No	---	---	---
2	10614	---	---	229	No	96467	---	---
1	10614	---	---	281	No	287906	---	---

Εικόνα 3.55 UMTS CellSet View

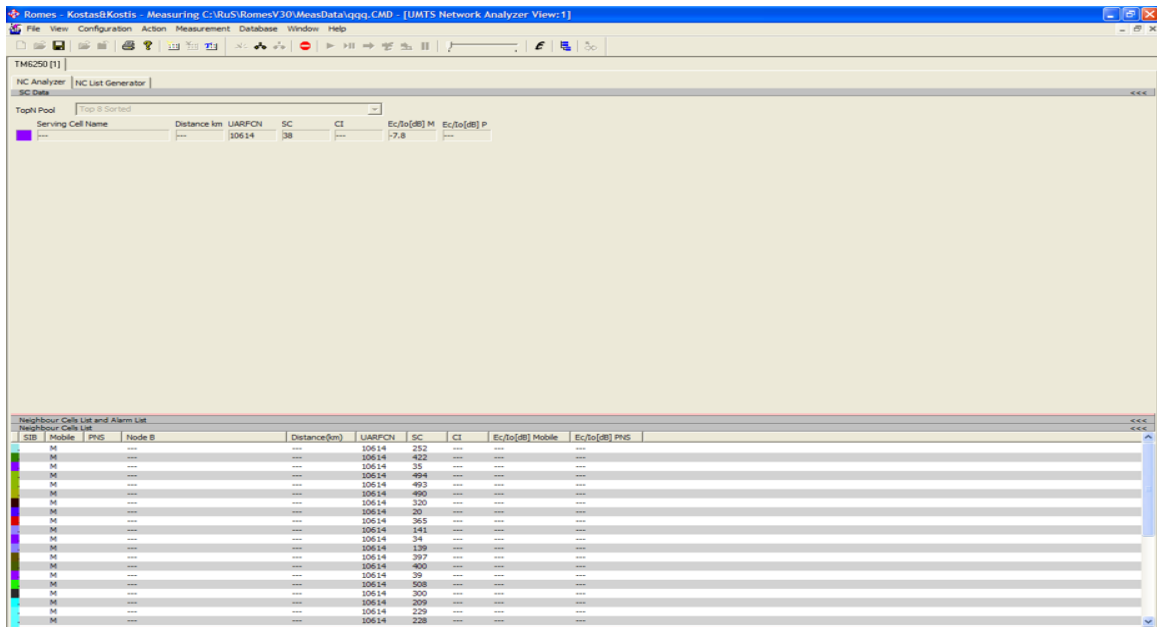
Αρχικά στο **Active Set** η **δίεση #** έχει τη σημασία του κελιού που μετράται κατά χρονική σειρά στην οποία μετρήθηκαν οι παράμετροί του. Το **Serving** δείχνει πότε το κελί που βρίσκεται το κινητό είναι το **Serving Cell** ή δεν είναι. Στην προκειμένη περίπτωση με την ένδειξη **Yes** βλέπουμε ότι είναι στο Serving Cell. Στο **UARFCN** βλέπουμε το Downlink κανάλι το οποίο χρησιμοποιεί η Vodafone στο UMTS 2100 με συχνότητα Downlink 2122.8MHz και Uplink 1932.8MHz. Η τιμή του **Ec/Io** είναι στο καλύτερο επίπεδο δηλαδή η τιμή **-5.7dB** σημαίνει ότι το σήμα είναι δυνατό με μέγιστες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Το **RSCP** βρίσκεται σε ένα καλό επίπεδο δηλαδή η τιμή **-77.8dBm** σημαίνει ότι είναι μια αξιόπιστη τιμή για μεταφορά δεδομένων. Το **SC** με αριθμό 38 δείχνει ότι το σήμα που λαμβάνεται είναι Vodafone. Το **TPC (Transmit Power Control)** προσαρμόζει την ισχύ εκπομπής του κινητού στο Uplink ώστε το SIR να κρατηθεί σε ένα επίπεδο που επιτρέπει την επικοινωνία (**SIR_{TARGET}**). Η ένδειξη 0 σημαίνει ότι το **SIR_{ESTIMATED}** > **SIR_{TARGET}** δηλαδή είναι σε επίπεδο που δεν χρειάζεται βελτίωση, οπότε μπορεί να μειωθεί η ισχύς εκπομπής. Οποιαδήποτε τιμή διαφορετική από το 0 σημαίνει ότι το SIR χρειάζεται βελτίωση για την επίτευξη επικοινωνίας. Επίσης εξάγεται το συμπέρασμα ότι χρησιμοποιείται έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου. (Outer Loop Power Control). Το **Transmit Diversity** σχετίζεται με το Multi-Path Diversity και με τον τρόπο επίτευξής του. Η ένδειξη **No** σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται. Το **Sec.SC (Secondary Scrambling Code)** έχει τη σημασία του δευτερεύοντος **Scrambling Code** αλλά με την ένδειξη **Not In Use** σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται αυτή η λειτουργία. Το **OSVF (Orthogonal Variable Spreading Factor)** με τιμή 0 σημαίνει ότι το σήμα απλώνεται πάντα με προκαθορισμένο κωδικό C_{256,0}. Το **Position** είναι η θέση αναφοράς του κελιού σε Chip x 8. Όπως σε προηγούμενη παράγραφο και εδώ με **δίεση #** αναπαρίσταται η σειρά των κελιών τα οποία μετρούνται κατά χρονολογική σειρά. Το **UARFCN** το οποίο αναπαριστά το κανάλι που χρησιμοποιεί η Vodafone στο UMTS 2100 είναι ίδιο σε όλες τις μετρήσεις επειδή είναι το ίδιο κανάλι. Στο **SC (Scrambling Code)** βλέπουμε το αναγνωριστικό του κάθε γειτονικού κελιού που λαμβάνονται μετρήσεις. Το **Transmit Diversity** όπως και πριν με ένδειξη **No** σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται. Τέλος τα σήματα με **#1** και **#2** που έχουν ίδιο Scrambling Code, Diversity και OSVF αλλά με διαφορετικό Offset είναι από την ίδια πηγή αλλά διαδίδονται μέσω διαφορετικών διαδρομών. (**Παράρτημα Β, Πίνακες 12, 13, 17**)

3.9.4 UMTS Network Analyzer View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS Network Analyzer View** θα πρέπει να γίνουν πρώτα οι παρακάτω ρυθμίσεις ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα : **Configuration**→ **Hardware**→ **Driver**→ **UMTS Qualcomm**→ **Expert Mode**→ **Driver**→ **Layer 1** και στη συνέχεια επιλέγοντας **WCDMA Finger Info**, **WCDMA Active Set**, **WCDMA Neighbor Set** ή **WCDMA List Searcher**



Εικόνα 3.56 Παράμετροι για UMTS Network Analyzer View



Εικόνα 3.57 UMTS Network Analyzer View

The screenshot displays the 'Neighbour Cell List' window of the UMTS Network Analyzer. The table below represents the data shown in the window:

SIB	Mobile	PNS	Node B	Distance(km)	UARFCN	SC	CI	Ec/Io[dB] Mobile	Ec/Io[dB] PNS
M	10614	209	...	...	...
M	10614	229	...	...	...
M	10614	228	...	...	...
M	10614	227	...	...	...
M	10614	132	...	...	...
M	10614	130	...	...	...
M	10614	379	...	...	...
M	10614	348	...	...	...
M	10614	487	...	...	...
M	10614	280	...	...	...
M	10614	282	...	...	...
M	10614	173	...	...	...
M	10614	281	...	...	...
P	10689	141	...	...	...
P	10664	141	...	...	...
P	10714	78	...	...	...
P	10764	78	...	...	...
P	10739	78	...	...	...
P	10589	38	...	...	...
P	10564	38	...	...	-3.8

Below the table, the 'Alarm List' window is visible, showing columns for '#', 'Time', 'Serving Cell', and 'Message'. The status bar at the bottom indicates 'Ready', 'Sheet(1)', and '00:02:56, 11837 Byte/s, Left: 44 GB'.

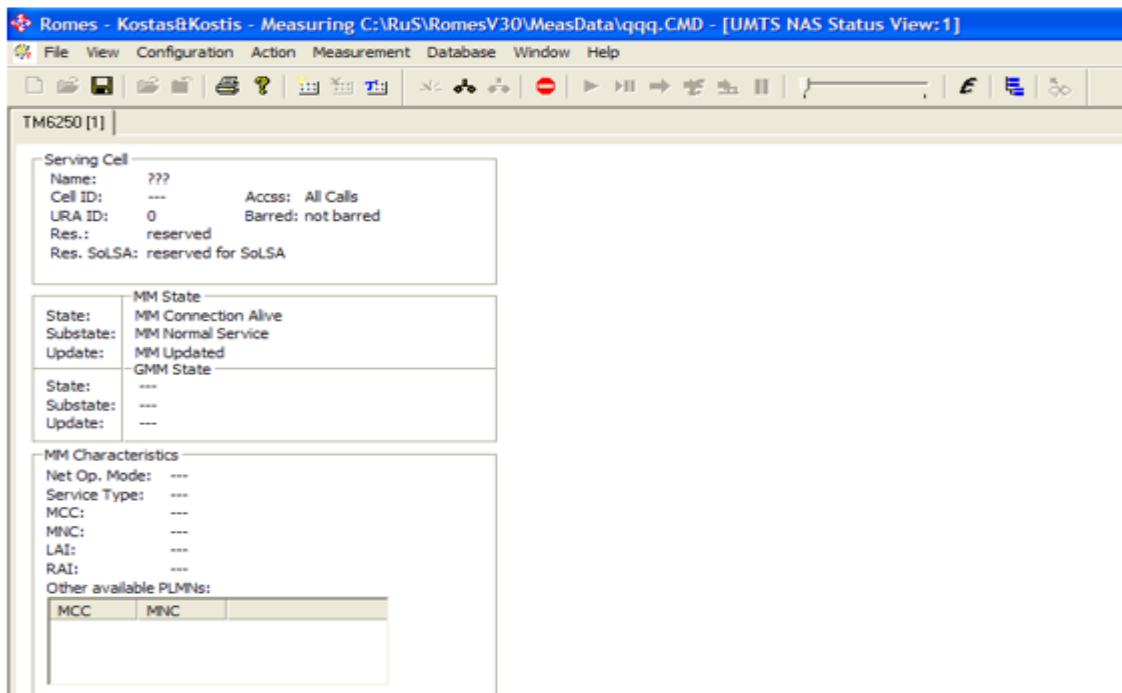
Εικόνα 3.58 UMTS Network Analyzer View

Στο **NC Analyzer** βλέπουμε το UARFCN που καταγράφει το κανάλι Downlink το οποίο χρησιμοποιεί η Vodafone στο UMTS 2100 και το Scrambling Code 38. Η τιμή του **Ec/Io=-7.8dB** σημαίνει ότι το σήμα είναι αρκετά καλό και μπορούν να επιτευχθούν καλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Στη συνέχεια στο **Neighbor Cell List** καταγράφονται μετρήσεις που αφορούν τα γειτονικά κελιά. Στην **Εικόνα 3.54** στην στήλη **PNS** δηλαδή στον σαρωτή με την ένδειξη **P** καταγράφονται όλα τα κανάλια των παρόχων Vodafone (SC 38), Cosmote (SC 78) και Wind (SC 141) στα οποία εκπέμπεται CPICH πληροφορία. Επίσης, στο UARFCN βλέπουμε όλα τα κανάλια UMTS 2100 που χρησιμοποιούν στην Ελλάδα οι πάροχοι. Η Cosmote χρησιμοποιεί το 10714, 10764 και 10739, η Vodafone χρησιμοποιεί τα 10564, 10589 και 10614 ενώ η Wind τα 10689 και 10664. Στην στήλη **Mobile** με ένδειξη **M** καταγράφονται οι εκπομπές προς άλλα UE σε γειτονικά κελιά της Vodafone και αυτό φαίνεται αφού σε όλα το UARFCN είναι το 10614. Οι συχνότητες των παρόχων για Uplink και Downlink αναφέρονται αναλυτικά στους πίνακες 16, 17, 18 του παραρτήματος II. Το **Scrambling Code** που είναι διαφορετικό σε όλα τα κελιά λόγω του ότι είναι ο αριθμός ο οποίος τα ταυτοποιεί. Τέλος το κανάλι της Vodafone 10564 βλέπουμε ότι η μέτρηση του **Ec/Io** είναι **-3.8dB** το οποίο σημαίνει ότι είναι στο καλύτερο επίπεδο με πολύ δυνατό σήμα και μέγιστες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων από ότι είναι στο κανάλι 10614. (**Παράρτημα Β, Πίνακες 13, 16, 17, 18**).

3.9.5 UMTS NAS Status View

Σύμφωνα με την Εικόνα 3.59 και στο πλαίσιο **Serving Cell** περιλαμβάνονται τα πιο σημαντικά στοιχεία για το **NAS Status**. Το **URA (UTRAN Registration Area)** σχετίζεται με το UTRAN δηλαδή το (**UMTS Terrestrial Radio Access Network**) είναι μια περιοχή η οποία καλύπτεται από κελιά και αντιστοιχεί στη θέση του UE. Το URA έχει τη ρύθμιση στο UTRAN και εκπέμπεται στα σχετικά κελιά. Ο αριθμός 0 που καταγράφεται έχει τη σημασία του αναγνωριστικού της περιοχής. Στο **Res.** βλέπουμε αν το κελί είναι δεσμευμένο ή όχι. Η ένδειξη **Reserved** υποδεικνύει ότι το κελί χρησιμοποιείται από συγκεκριμένα UE τα οποία ανακοινώνονται από το δίκτυο. Στο **Res. SoLSA (Reserved Support or Localized Area)** σημαίνει ότι προσφέρονται διαφορετικές υπηρεσίες στους χρήστες ανάλογα με την γεωγραφική τους περιοχή. Η ένδειξη **Reserved for SoLSA** δείχνει ότι χρησιμοποιείται αυτή η υπηρεσία για την επικοινωνία. Στο **Access** βλέπουμε αν υπάρχει η δυνατότητα για κάθε είδους κλήση από το κελί ή μόνο κλήσεις για έκτακτης ανάγκης. Με την ένδειξη **All Calls** βλέπουμε ότι υπάρχει το δικαίωμα για όλες τις κλήσεις. Το **Barred** έχει τη

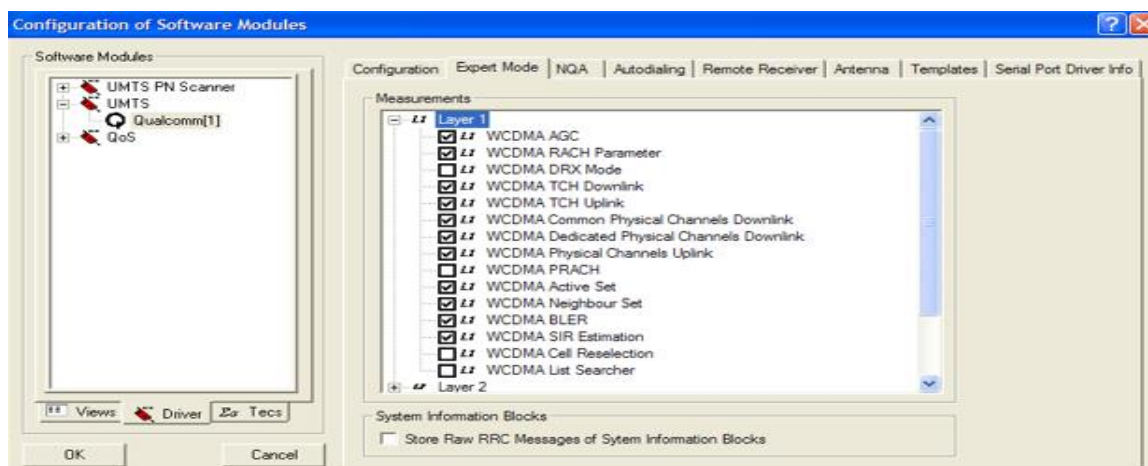
σημασία της απαγόρευσης κλήσεων στο κελί για όλες τις κλήσεις συμπεριλαμβανομένων και των κλήσεων έκτακτης ανάγκης. Η ένδειξη **Not Barred** σημαίνει ότι δεν απαγορεύονται οι κλήσεις οποιουδήποτε είδους. Το **MM (Mobility Management)** υποδεικνύει ότι η διαδικασία ενημέρωσης για τη θέση του UE είναι ενεργή και το δίκτυο γνωρίζει τη θέση του UE.



Εικόνα 3.59 UMTS NAS Status View

3.9.6 UMTS TrCH View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS TrCH View** (Εικόνα 3.60) θα πρέπει να γίνουν πρώτα οι παρακάτω ρυθμίσεις ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα: **Configuration**→ **Hardware**→ **Driver**→ **UMTS Qualcomm**→ **Expert Mode**→ **Driver**→ **Layer 1**. Στη συνέχεια επιλέγουμε τα **WCDMA TrCH Uplink**, **WCDMA TrCH Downlink**



Εικόνα 3.60 Παράμετροι για UMTS TrCH View

Στην Εικόνα 3.61 καταγράφονται οι πληροφορίες κωδικοποίησης στα Downlink και Uplink κανάλια μεταφοράς.

The screenshot shows the UMTS TrCH View interface. The title bar reads 'Romes - KostasB Kostis - Measuring C:\RuS\RomesV30\MeasData\ff.CMD - [UMTS TrCH View:1]'. The main window displays two tables: 'TrCH Downlink' and 'TrCH Uplink'. The 'TrCH Downlink' table has columns for CCTrCH ID, TrCH ID, Type, Code Rate, CRC Bits, TTI Format, RM, and BLER. The 'TrCH Uplink' table has columns for TrC..., Type, Code Rate, CRC Bits, TTI For..., and RM.

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	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					
TrC...	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

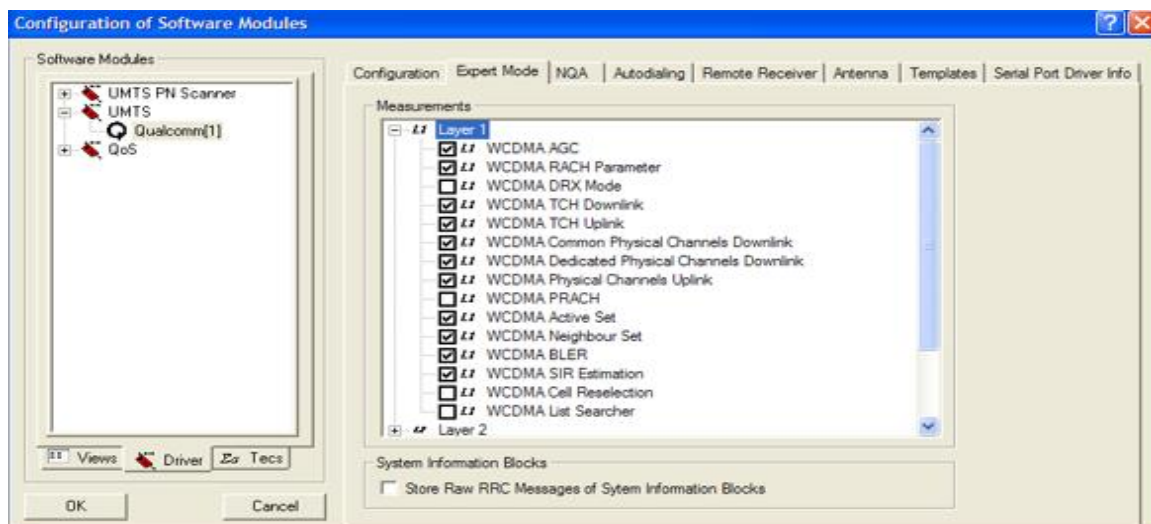
Εικόνα 3.61 UMTS TrCH View

Το **CCTrCH ID (Coded Composite Transport Channel ID)** είναι κανάλι το οποίο προκύπτει από την κωδικοποίηση και πολυπλεξία ενός ή περισσότερων καναλιών μεταφοράς. Το **ID** δηλώνει το αναγνωριστικό στην ραδιοζεύξη του κάθε καναλιού και λαμβάνει τιμές **0 έως 15**. Το **TrCH ID (Transport Channel ID)** είναι κανάλι μεταφοράς του οποίου ο αριθμός ορίζεται στο Layer 1 και στο Layer 2. Τα κανάλια μεταφοράς πολυπλέκονται στο **CCTrCH** με αύξουσα σειρά των **IDs** τους. Στη συνέχεια ο τύπος του καναλιού περιγράφεται στο **Type**. Το **SBCH (Slow Broadcast Channel)** είναι κανάλι το οποίο έχει τη χρήση εκπομπής πληροφοριών των κελιών. Το **FACH (Forward Access Channel)** είναι Downlink κανάλι το οποίο μεταφέρει μικρές ποσότητες από τα δεδομένα του χρήστη. Το **DCH (Dedicated Channel)** είναι αμφίδρομο κανάλι και μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου μεταξύ κινητού και δικτύου. Το **RACH (Random Access Channel)** χρησιμοποιείται για την αρχική πρόσβαση στο δίκτυο. Στο **Code Rate** βλέπουμε τον ρυθμό κωδικοποίησης με κωδικοποίηση **1/2** η οποία σημαίνει ότι το 1 (αριθμητής) είναι ο ρυθμός των δεδομένων εισόδου ενώ το 2 (παρονομαστής) δίνει το τον ρυθμό συμβόλων εξόδου. Επίσης καταγράφονται δύο είδη κωδικοποίησης **συνελκτικός (convolutional)** και **τούρμπο (turbo)** κώδικες, οι οποίοι ανήκουν στη κατηγορία **FEC (Forward Error Correction)** κωδίκων . Οι συνελκτικοί κώδικες διαθέτουν στοιχεία μνήμης, άρα η έξοδος τους δεν εξαρτάται από την τρέχουσα είσοδο αλλά και από τις προηγούμενες καταστάσεις. Οι Turbo κώδικες είναι οι περισσότερο αποδοτικοί κώδικες FEC και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος, όπως στις τηλεπικοινωνίες. Το **CRC (Cyclic Redundancy Check)** είναι κώδικας εντοπισμού λαθών ο οποίος βάσει καταγραφής μετρήσεων έχει διαφορετική εφαρμογή. Ο κώδικας αυτός διορθώνει μόνο όσα bit είναι το μήκος του. Άρα στην περίπτωση των 16 bit θα διορθώσει 16 bit αν υπάρχουν σφάλματα. Το **TTI Format (Transmission Time Interval Format)** είναι το διάστημα χρόνου μετάδοσης σε mS. Το **RM (Rate Matching)** είναι μια διαδικασία κατά την οποία το μέγεθος του block ταιριάζεται με το ραδιοπλαίσιο. Το ραδιοπλαίσιο είναι ένα διάστημα στο χρόνο το οποίο χρησιμοποιείται για μετάδοση δεδομένων στο φυσικό κανάλι. Ο ρυθμός αυτός που καταγράφεται προκύπτει από την διαδικασία επανάληψης μετάδοσης ή της διάτρησής bit. Διάτρηση είναι η διαδικασία κατά την οποία αφαιρούνται κάποια από τα bit ισοτιμίας μετά την κωδικοποίηση με τον κώδικα διόρθωσης λαθών. Η διαδικασία αυτή

αυξάνει την ευελιξία του συστήματος χωρίς όμως να αυξάνει την πολυπλοκότητά του. Άρα κατά την διαδικασία RM αυξάνεται ή μειώνεται ο ρυθμός μετάδοσης των bit. Το **BLER** μετράει σε ποσοστό το **Transport Block Error Rate** του καναλιού μεταφοράς υπολογίζοντας το CRC σε κάθε Block μεταφοράς.

3.9.7 UMTS Physical Channels View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS Physical Channels View** (Εικόνα 3.62) θα πρέπει να γίνουν πρώτα οι παρακάτω ρυθμίσεις ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα : **Configuration**→**Hardware**→**Driver**→**UMTS Qualcomm**→**Expert Mode**→**Driver**→**Layer 1**. Στη συνέχεια επιλέγουμε τα :**WCDMA Common Physical Channels Downlink**, **WCDMA Dedicated Physical Channels Downlink**, **WCDMA Physical Channels Uplink** ή **WCDMA PRACH**



Εικόνα 3.62 Παράμετροι για UMTS Physical Channels View

Στις Εικόνες 3.63 και 3.64 καταγράφονται πληροφορίες του φυσικού καναλιού στα Downlink και Uplink WCDMA σήματα.

Common Physical Channels										
#	State	Type	Slot Format	SC	Diversity	CCTCH ID	T. Offset	Code	T. Add	T. Released
0	Released	PICH	---	38	No	0	0	3	89248 ms	144728 ms
0	Released	PICH	---	38	No	0	0	3	144417...	144908 ms
0	Released	SCCPCH_0	4	38	No	0	50	2	144417...	144728 ms
0	Released	PCPCH_5	---	38	No	0	---	1	144438...	144878 ms
0	Released	SCCPCH_0	4	38	No	0	50	2	144848...	144888 ms
0	Added	PICH	---	38	No	0	0	3	144848...	---
0	Released	AICH	---	38	No	0	---	2	144928...	145159 ms
0	Released	SCCPCH_0	8	38	No	0	100	2	144948...	145159 ms
0	Released	PCPCH_N	---	38	No	0	---	1	145209...	145339 ms
0	Released	PCPCH_N	---	38	No	0	---	1	145339...	145399 ms
0	Released	PCPCH_N	---	38	No	0	---	1	146200...	146330 ms
0	Released	PCPCH_N	---	38	No	0	---	1	146340...	146420 ms

Dedicated Physical Channels																
State	CCTCH ID	Slot Format	Diversity	# RL	SC	T. Offset	Sec. SC	Code	Sec. SC (1.DPOCH)	Code (1.DPOCH)	Sec. SC (2.DPOCH)	Code (2.DPOCH)	Sec. SC (3.DPOCH)	Code (3.DPOCH)	T. Add	T. Released
Added	0	8	No	1	38	62	---	---	---	---	---	---	---	---	24856 ms	---
Added	0	8	No	1	38	0	0	0	---	---	---	---	---	---	27740 ms	---
Added	0	8	No	1	38	88	---	---	---	---	---	---	---	---	145179...	---
Added	0	8	No	1	38	88	---	---	---	---	---	---	---	---	148053...	---

Εικόνα 3.63 UMTS Physical Channels View

Uplink Physical Channels												
Tx Power Max.	Power Offset	PCP Length	PC	TPC	TFCI	FBI	Punc. Limit	Tx Power Init.	Slot Format	SC Type	SC	SF Min.
24 dBm	-92 dB	7	PCA1	1	present	0	1.0	-10 dBm	0	Long	10436586	0
PRACH												
Tx Power Max.	Mask 1	Mask 2	SF Min.	SC Index	Punc. Limit	TrCH ID	PWF	Max. Retrans.				
24 dBm	FF	FFF	32	0	1.0	1	2 dB	20				

Εικόνα 3.64 UMTS Physical Channels View

Αρχίζοντας από την **Εικόνα 3.63** στο **Common Physical Channels** στο # καταγράφεται το χρώμα ώστε να διαχωρίζονται τα Scrambling Code και οι αριθμοί ακολουθίας. Από το κοινό χρώμα συμπεραίνουμε ότι τα κανάλια έχουν το ίδιο Scrambling Code και ότι είναι Vodafone. Στο **State** καταγράφεται η κατάσταση του φυσικού καναλιού. Η ένδειξη **Released** έχει την έννοια ότι δεν υπάρχει ενεργή μετάδοση δεδομένων ενώ η ένδειξη **Added ή Allocated** σημαίνει το αντίθετο δηλαδή εκχωρείται χωρητικότητα για μετάδοση δεδομένων. Στο **Type** βλέπουμε τον τύπο του **Common Physical Channel** το οποίο κωδικοποιεί και καθορίζει σημαντικές παραμέτρους του συστήματος πριν γίνει η σύνδεση της επικοινωνίας. Το **PICH (Paging Indication Channel)** μεταφέρει δείκτες για την ύπαρξη μηνυμάτων αναζήτησης κινητού. Έχει ρυθμό 30kbps και Spreading Factor 256. Το **AICH (Acquisition Indicator Channel)** είναι κανάλι με Spreading Factor 256, το οποίο ισοδυναμεί με 32kbps και έχει τη χρήση της μεταφοράς δεικτών στο **PRACH (Physical Random Access Channel)**. Το **PCCPCH_S (Primary Common Physical Channel Servng)** έχει τη χρήση μετάδοσης πληροφορίας broadcast ώστε να τη λαμβάνουν όλα τα κινητά στο κελί που μεταδίδεται. Επίσης έχει σταθερό κώδικα διασποράς και υψηλή ισχύ εκπομπής. Το **SCCPCH (Secondary Common Physical Channel)** χρησιμοποιείται για μετάδοση πληροφοριών από δύο κανάλια μεταφοράς PCH και FACH. Η ένδειξη **_N** έχει την έννοια **Neighbor**. Μετά βλέπουμε το **Slot Format** του SCCPCH το οποίο λαμβάνει τιμές 0 έως 17. Το **Scrambling Code 38** για όλα τα κανάλια σημαίνει ότι είναι Vodafone. Το **Diversity** σχετίζεται με τον τρόπο μετάδοσης στο Downlink του **CPICH (Common Pilot Channel)** αλλά δεν χρησιμοποιείται κάποια από τις υπάρχουσες τεχνικές. Το **CCTrCH ID (Coded Composite Transport Channel ID)** δηλώνει το αναγνωριστικό στην ραδιοζεύξη του κάθε καναλιού και λαμβάνει τιμές **0 έως 15**. Το **T Offset (Time Offset)** είναι η αντιστάθμιση χρόνου του καναλιού συσχετιζόμενη με το όριο του frame σε 156 μονάδες chip. Το **T Added (Time Added)** σημαίνει πότε άρχισε η μετάδοση δεδομένων ενώ το **T Released (Time Released)** πότε σταμάτησε η μετάδοση δεδομένων. Στα συστήματα WCDMA η απομόνωση μεταξύ χρηστών στο Downlink επιτυγχάνεται μέσω ενός συνδυασμού κωδικών (**Code**) χρήστη για το κανάλι και ειδικό Scrambling Code για το κελί. Το **Dedicated Physical Channels** μεταφέρει control πληροφορίες οι οποίες προκύπτουν από το Layer 1 από το κινητό στο δίκτυο. Στο **#RL** βλέπουμε τον αριθμό ραδιοζεύξεων του κινητού στο δίκτυο δηλαδή 1. Στο **Sec. SC (Secondary Scrambling Code)** καταγράφεται το δευτερεύον SC για το κανάλι. Όταν η ένδειξη είναι κενή ή καταγράφεται το 0 σημαίνει ότι χρησιμοποιείται το Primary Scrambling Code. Συνεχίζοντας στο **Uplink Physical Channels** στην **εικόνα 3.64** το **Tx Power Max** είναι η μέγιστη ισχύς εκπομπής του κινητού η οποία ισχύς είναι στην κλάση ισχύος 3 σύμφωνα με τον παρακάτω **πίνακα 3.2**.

Power Class	Maximum Transmit Power
1	33 dBm
2	27 dBm
3	24 dBm
4	21 dBm

Πίνακας 3.2 Maximum Power Class / Transmit Power

Το **Power Offset** του καναλιού Uplink DPCCH (Uplink Dedicated Physical Control Channel) είναι μια τιμή αναφοράς στην αρχική ισχύ του Uplink DPCCH, το οποίο Uplink DPCCH μεταφέρει control πληροφορίες που προκύπτουν από το Layer 1. Η ισχύς του υπολογίζεται από τον τύπο:

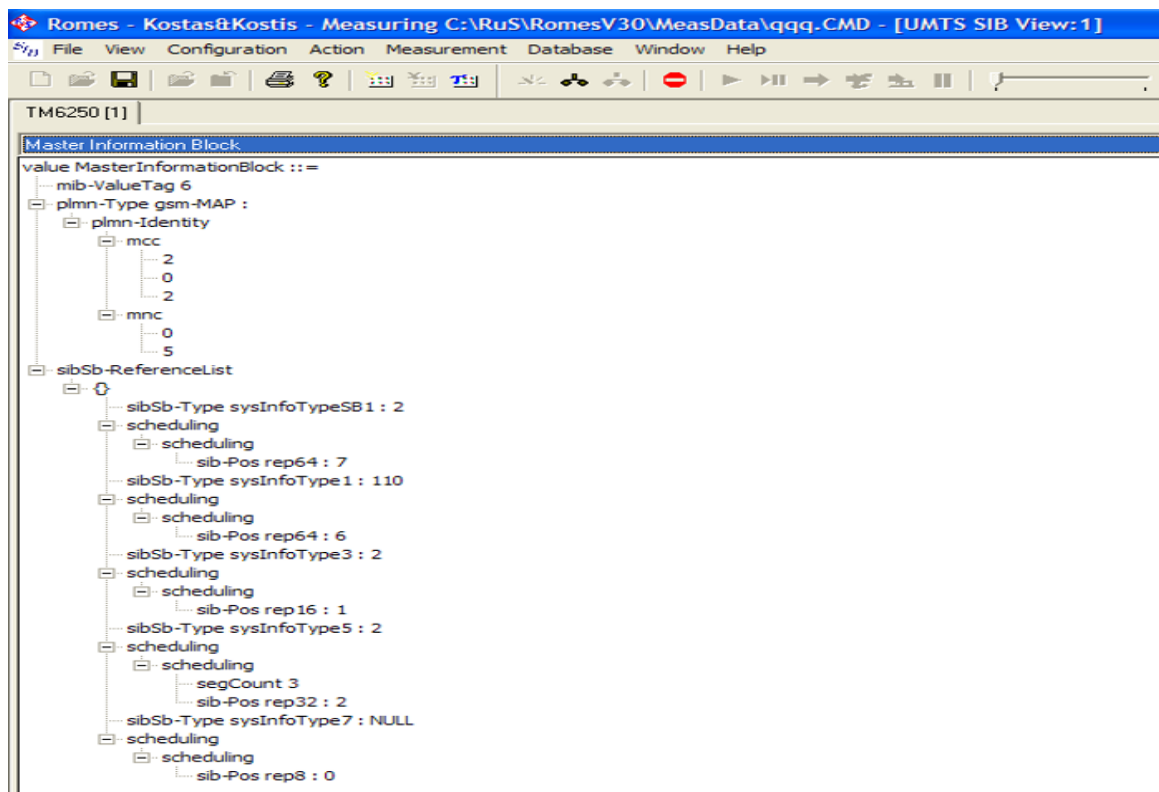
$$P_{DPCCH} = \text{Power Offset} - CPICH_RSCP$$

Στο **PCP Length** καταγράφεται το μήκος του **Power Control Preamble** σε slot 0 έως 8. **Preamble** είναι βήμα αύξησης της RF ισχύος όταν αυτό είναι αναγκαίο. Η διαδικασία αυτή σταματάει όταν φτάσει στο μέγιστο το βήμα αύξησης ισχύος ή σταλθεί acknowledge μήνυμα από το AICH. Το PC δείχνει ποιου είδους αλγόριθμο χρησιμοποιεί το **Power Control (PCA1 ή PCA2)**, στην προκειμένη περίπτωση είναι ο αλγόριθμος **PCA1**. Ο αλγόριθμος PCA1 σημαίνει ότι όταν το κινητό βρίσκεται σε handover στέλνεται μόνο μία εντολή **TPC (Transmit Power Command)** σε κάθε slot από τα 8. Οι εντολές αυτές λαμβάνονται στα slot από διαφορετικά κελιά και συνδυάζονται σε μια εντολή TPC. Η ένδειξη **1** στο **TPC** σημαίνει ότι το **SIR_{EST} < SIR_{TARGET}** δηλαδή είναι σε επίπεδο που χρειάζεται βελτίωση οπότε πρέπει να αυξηθεί η ισχύς εκπομπής. Το **TFCI (Transport Format Combination Indicator)** εκτιμά πότε χρειάζεται περισσότερη ισχύς εκπομπής ώστε να αυξηθεί η κάλυψη στο δίκτυο. Με την ένδειξη **Present** σημαίνει ότι χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη λειτουργία. Το **FBI (Feedback Information Bits)** τα οποία bit περιέχουν πληροφορίες σχετικά με το ποιες ρυθμίσεις φάσης και ισχύος θα χρησιμοποιηθούν. Τα bit που στέλνονται μπορεί να είναι 0 έως 2. Στη προκειμένη περίπτωση το 0 σημαίνει ότι δεν στέλνονται feedback bits. Το **Punc. Limit (Puncturing Limit)** είναι ο αριθμός διατρήσεων οι οποίες μπορούν να γίνουν ώστε να μειωθεί ο αριθμός των physical channels με ένδειξη 1. Το **Tx Power Init (Tx Power Initial)** δείχνει την αρχική ισχύ του κινητού. Στο **Slot Format** καταγράφεται το slot format του Uplink DPCCH (Dedicated Physical Control Channel). Στο **SC Type (Scrambling Code Type)** καταγράφεται ο τύπος του Scrambling Code στο Uplink. Στην προκειμένη περίπτωση το **Long SC** στο Uplink σημαίνει ότι ο κωδικός αυτός χρησιμοποιείται για το Node B που χρησιμοποιεί δέκτη Rake. Ο δέκτης Rake είναι σχεδιασμένος για να αντιμετωπίζει τα φαινόμενα του multipath fading. Στην άλλη περίπτωση η ένδειξη θα ήταν Short δηλαδή όταν το Node B χρησιμοποιεί δέκτη Multiuser ή δέκτη ακύρωσης παρεμβολών. Παρόλα αυτά με τους Short SC η διαδικασία της κυκλικής δομής επεξεργασίας είναι πιο απλή. Μετά στο **SC** καταγράφεται το Long SC το οποίο περιγράφηκε πριν. Στο **SF Min (Spreading Factor Minimum)** καταγράφεται το ελάχιστο Spreading Factor το οποίο επιτρέπεται. Η τιμή **0** καταγράφηκε και στην παράγραφο Finger Data και σημαίνει ότι απλώνεται με προκαθορισμένο κωδικό. Στη συνέχεια στο **PRACH (Physical Random Access Channel)**, το κανάλι αυτό χρησιμοποιείται για την πρόσβαση του κινητού στο δίκτυο. Στη συνέχεια **Mask 1** είναι η υπογραφή του PRACH Preamble το οποίο έχει εμβέλεια 0 έως 15 δηλαδή το μήκος της μάσκας είναι 16 bit. Ένα preamble έχει μήκος 4096 chips και αποτελείται από 256 επαναλήψεις της

υπογραφής μήκους 16 chip. Το μέγιστο των διαθέσιμων υπογραφών είναι 16 και όλοι αυτοί οι κωδικοί είναι διαθέσιμοι σε κάθε κελί. Στο **Mask 2** καταγράφεται η 12 bit μάσκα του υποκαναλιού PRACH των διαθέσιμων υπογραφών με εμβέλεια 0 έως 11 bit. Το PRACH διαιρείται σε timeslot τα οποία αντιστοιχούν σε υποκανάλια. Τα υποκανάλια αποτελούνται από γκρουπ access slots. Όσα περισσότερα slot είναι ενεργά τόσο πιο συχνά θα μεταδίδει στο PRACH. Για παράδειγμα αν η τιμή στη Mask 2 είναι FFF τότε έχουμε σε bit ‘111111111111’ δηλαδή όλα τα υποκανάλια διαθέσιμα για μεταφορά δεδομένων. Στη Mask 1 για παράδειγμα η τιμή FF δηλαδή σε bit ‘11111111111111’ σημαίνει ότι όλες οι υπογραφές είναι διαθέσιμες για το κινητό. Το Spreading Factor σε αυτό το κανάλι είναι 32 αντίθετα με το Uplink Physical Channel που ήταν 0. Στο **SC index (Scrambling Code Index)** καταγράφεται ο δείκτης SC του PRACH ο οποίος έχει εμβέλεια 0 έως 15. Στο **PWF** καταγράφεται το PRACH Preamble Power Ramp Step. Αν το κινητό δεν καταφέρει να πάρει τις πληροφορίες **AIC (Acquisition Indicator Channel)** για το PRACH τότε αυξάνεται η ισχύς και γίνεται μετάδοση πάλι. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να μεταδοθούν οι πληροφορίες. Τέλος, το **Max. Retrans (Maximum Retransmissions)** δείχνει τον μέγιστο αριθμό των πιθανών εκπομπών. Οι πιθανές εκπομπές μπορούν να είναι 1 έως 64.

3.9.8 UMTS SIB View

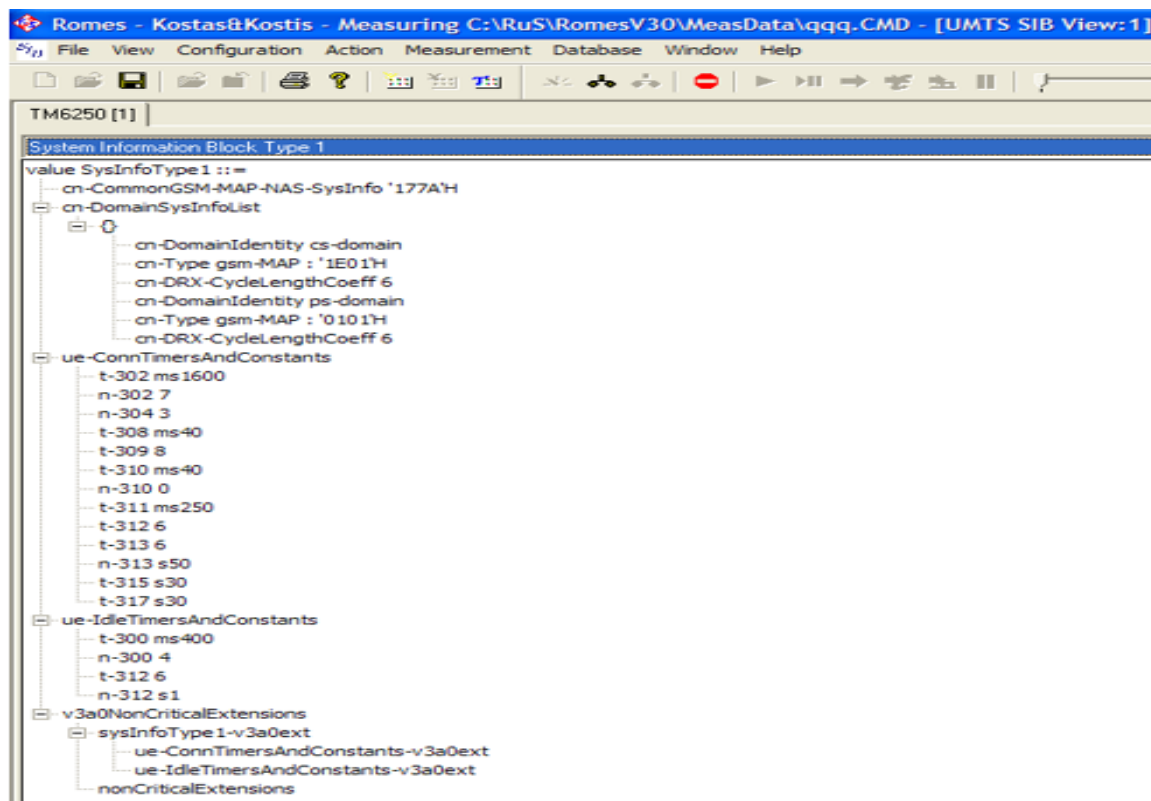
Σε αυτή την παράγραφο καταγράφεται η ανταλλαγή μηνυμάτων των System Information Block μεταξύ κινητού και δικτύου (Εικόνα 3.65). Επίσης, καταγράφονται οι διαφορετικές πληροφορίες για κάθε System Information Block και το περιεχόμενό τους.



Εικόνα 3.65 UMTS SIB View Mater Information Block

Στο Master Information Block περιέχονται οι πληροφορίες οι οποίες εκπέμπονται από το Node B κατά περιόδους. Αφού αποκωδικοποιηθούν το PSS (Primary Synchronization Signal) και SSS (Secondary Synchronization Signal) τα οποία έχουν σχέση με την επιλογή κελιού. Παρέχονται πληροφορίες του εύρους ζώνης, ρυθμίσεις κεραίας και frame number. Το λογικό κανάλι που

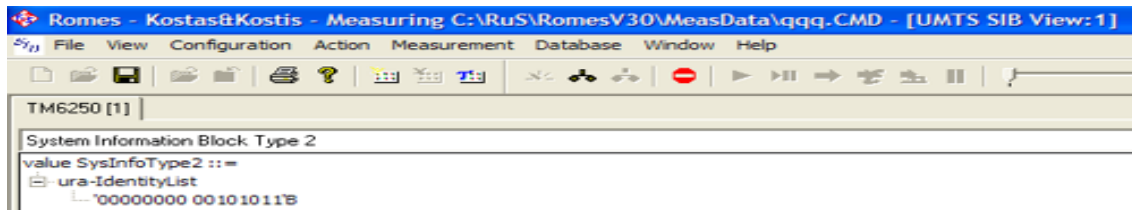
χρησιμοποιείται είναι το BCCH (Broadcast Common Channel), το κανάλι μεταφοράς BCH (Broadcast Channel) και το φυσικό κανάλι PBCH (Physical Broadcast Channel). Το RLC (Radio Link Control) είναι σε λειτουργία TM (Transparent Mode). Η απαίτηση στο Resource Block είναι 6 block στον τομέα της συχνότητας. Το μέγεθος του block είναι 24 bit, η κωδικοποίηση του καναλιού είναι με συνελκτικό κώδικα (convolucional), το Rate Matching γίνεται με αναλογία 1/16 και η διαμόρφωση η οποία χρησιμοποιείται είναι QPSK. Τέλος δίνεται η πληροφορία MCC και MNC. Το MCC 202 δηλώνει ότι βρισκόμαστε **Ευρώπη** λόγω του αριθμού **2** που είναι στην αρχή και **Ελλάδα** λόγω των ψηφίων **02**. Από το MNC συμπεραίνουμε ότι ο πάροχος είναι **Vodafone** λόγω του **05**.



Εικόνα 3.66 UMTS SIB View System Information Block Type 1

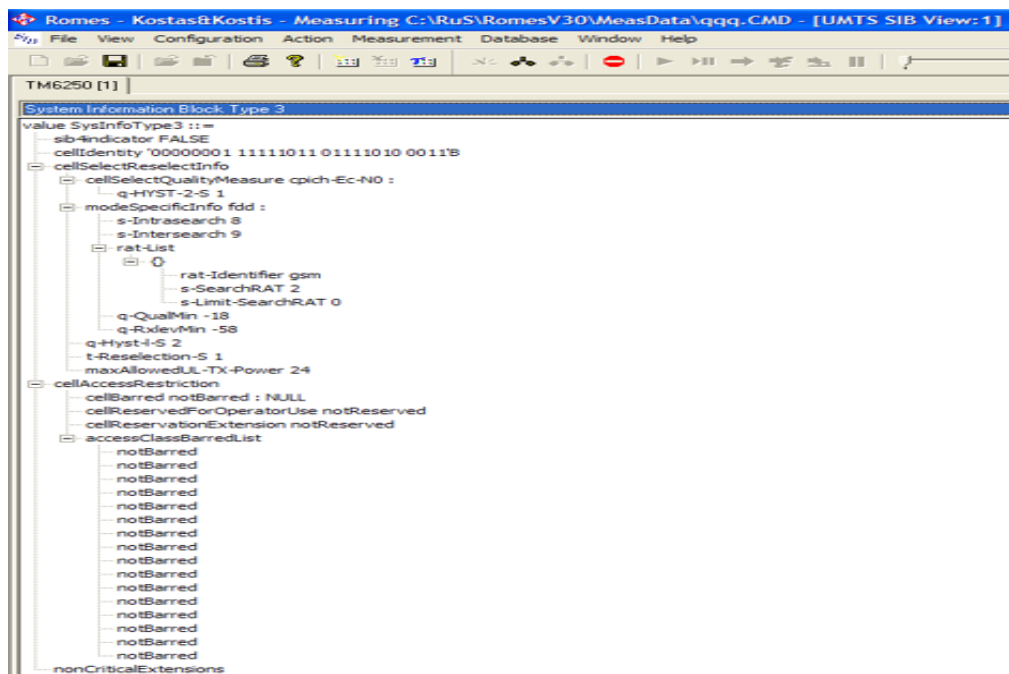
Μία από τις παραμέτρους η οποία καταγράφεται είναι το ATT (IMSI Attach) (International Mobile Subscriber Identity) το οποίο είναι μια βασική λειτουργία του δικτύου η οποία χρησιμοποιεί το Location Update. Όταν το κινητό ενεργοποιείται αρχίζει η διαδικασία IMSI Attach. Η διαδικασία αυτή απαιτείται για το MSC (Mobile Switching Center) και το VLR (Visitor Location Register) ώστε το κινητό να αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο. Αν το κινητό έχει αλλάξει LA (Location Area) κατά το διάστημα που ήταν κλειστό τότε η διαδικασία IMSI Attach θα το οδηγήσει σε Location Update. Όταν το κινητό είναι ενεργοποιημένο ψάχνει για δίκτυο κινητής επικοινωνίας για να συνδεθεί. Όταν το κινητό συνδεθεί στο επιθυμητό δίκτυο στέλνει μήνυμα στο δίκτυο ώστε να το ενημερώσει ότι μπαίνει σε κατάσταση Idle. Το VLR ελέγχει τη βάση δεδομένων για το αν υπάρχει καταχώρηση από τον συγκεκριμένο χρήστη. Αν δεν υπάρχει καταχώρηση τότε το VLR επικοινωνεί με το HLR και αποκτάει αντίγραφο των πληροφοριών εγγραφής. Στη συνέχεια οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων του VLR και στέλνεται acknowledge μήνυμα στο κινητό. Μία άλλη πληροφορία η οποία παρέχεται είναι το DRX Cycle Length (CN Domain) (Discontinuous Reception) το οποίο εφαρμόζεται στα κυψελωτά συστήματα ώστε να παραταθεί η ζωή της μπαταρίας. Επίσης παρέχονται πληροφορίες CS (Circuit Service) Information και PS (Packet Service) Information. Ακόμα περιλαμβάνονται πληροφορίες NAS (Non Access Stratum), timers αδράνειας και timers όταν το κινητό είναι σε κατάσταση σύνδεσης στο δίκτυο. Το NAS είναι

ένα πρωτόκολλο το οποίο ενεργεί μεταξύ του κινητού και του δικτύου. Τα μηνύματα που περιλαμβάνει το NAS είναι update ή μηνύματα σύνδεσης, μηνύματα πιστοποίησης, service request μηνύματα, mobility management, έλεγχος κλήσης, διαχείριση διαδικασίας κλήσης και ταυτότητας. Οι πληροφορίες αυτές ενημερώνονται κάθε φορά που ενημερώνεται το BCCH (Broadcast Control Channel).



Εικόνα 3.67 UMTS SIB View System Information Block Type 2

Σε αυτό το Block παρέχονται πληροφορίες για το URA (UTRAN Registration Area). Το URA είναι μια περιοχή η οποία καλύπτεται από ένα αριθμό κελιών, Το URA ρυθμίζεται στο UTRAN και εκπέμπεται στα σχετικά κελιά.

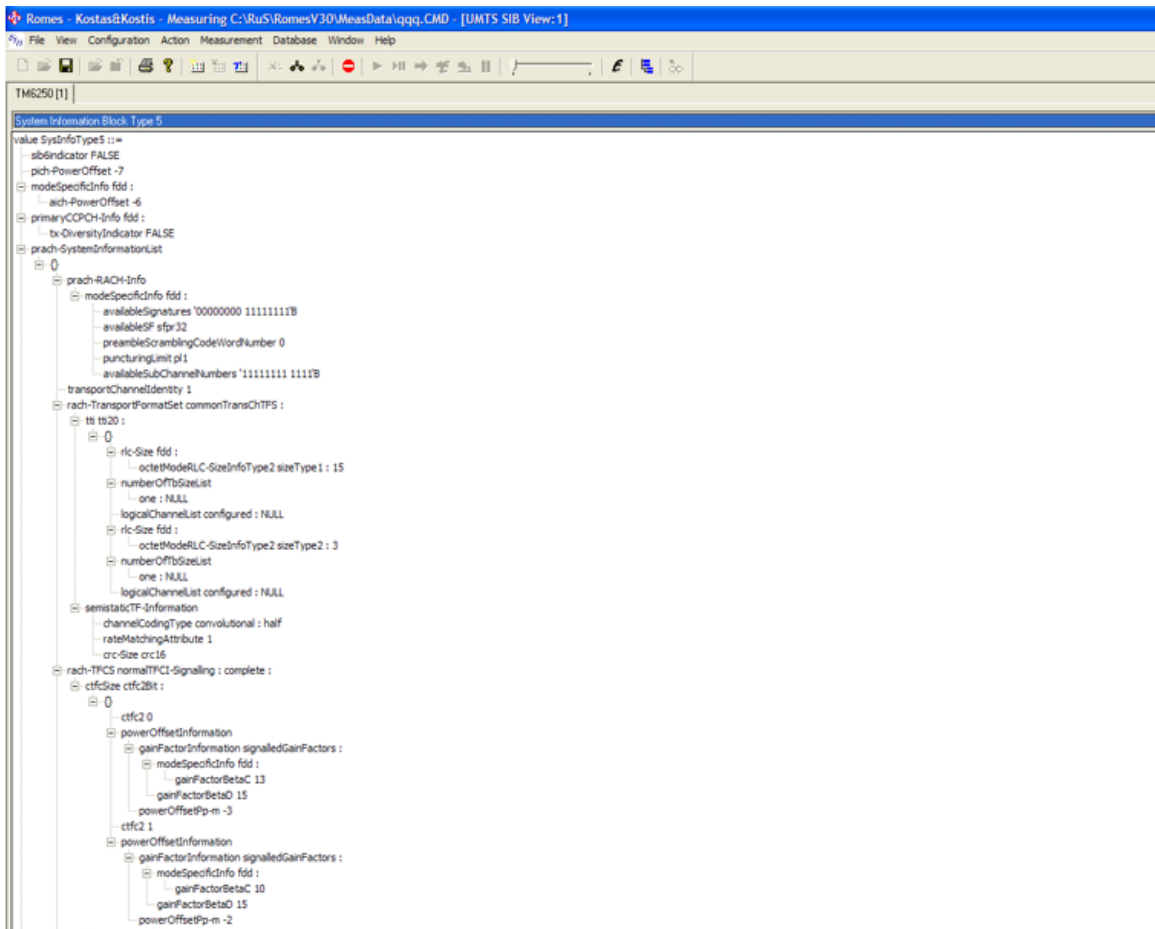


Εικόνα 3.68 UMTS SIB View System Information Block Type 3

Στο block πληροφοριών 3 περιέχονται πληροφορίες για την επανεπιλογή κελιού καθώς και παράμετροι για το κελί. Δίνεται η πληροφορία του Cell ID (Cell Identity) το οποίο είναι αναγνωριστικό για το κάθε κελί. Το Cell ID αποτελείται από 16 bit και όταν συνδυάζεται με το LAI (Local Area Identity ή το RAI (Routing Area Identity) δίνεται το CGI (Cell Global Identity). Παρατηρείται η πληροφορία QHyst (UMTS Hysteresis Value), η οποία χρησιμοποιείται στα FDD (Frequency Division Duplex) κελιά για την επιλογή και επανεπιλογή κελιού μέσω της μέτρησης στο CPICH Ec/No (Common Pilot Channel ενέργεια σήματος προς θόρυβο). Στη συνέχεια τα Intra Search και Inter Search σχετίζονται με την επανεπιλογή κελιού. Το S Intra Search είναι παράμετρος, η οποία προσδιορίζει το RxLev threshold σε dB για μετρήσεις Intra Frequency. Το S Inter Search είναι παράμετρος η οποία προσδιορίζει το RxLev threshold σε dB για E-UTRAN και Inter Rat μετρήσεις. Αν οι μετρήσεις είναι κάτω από τα όρια που έχουν τεθεί τότε μετρούνται οι ίδιες παράμετροι για τα γειτονικά κελιά. Στη συνέχεια παρέχονται πληροφορίες του ελάχιστης

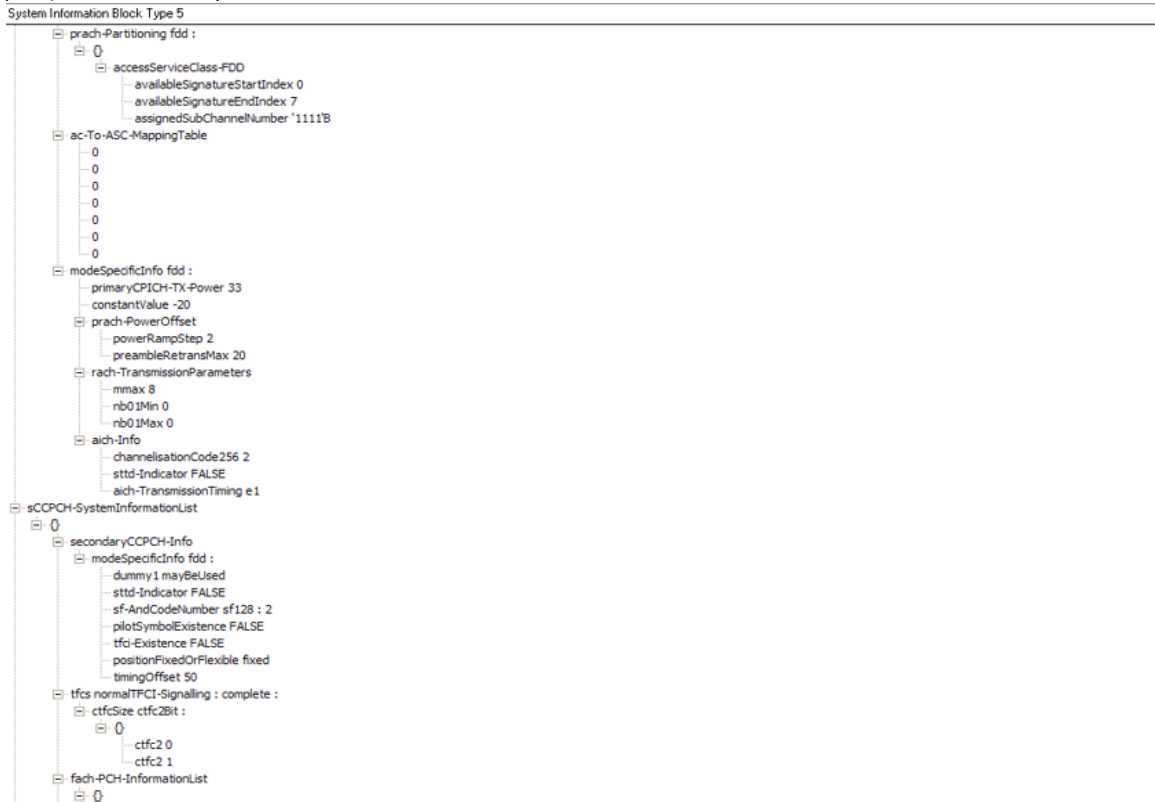
Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

τιμής RxLev και του Quality για το κελί. Έτσι συγκρίνεται το CPICH RSCP του κελιού που βρίσκεται το κινητό και των γειτονικών κελιών, ώστε να αποφασιστεί αν θα γίνει επανεπιλογή κελιού. Από την πλευρά του Quality συγκρίνεται η τιμή του CPICH Ec/No του παρόντος κελιού και των γειτονικών κελιών, ώστε να αρχίσει η διαδικασία της επανεπιλογής αν είναι αναγκαίο. Μετά παρατηρείται η καταγραφή της μέγιστης επιτρεπόμενης ισχύος στο Uplink, ώστε να μεταδοθούν οι πληροφορίες στο PRACH (Physical Random Access Channel). Στο T Reselection ο χρόνος για τον οποίο ένα γειτονικό κελί πρέπει να είναι καλύτερο προκειμένου να επανεπιλεγθεί. Τέλος, παρέχονται πληροφορίες για αν το κινητό επιτρέπεται να χρησιμοποιεί λειτουργίες στο κελί. Στις καταστάσεις Cell Access Restriction εξάγεται το συμπέρασμα ότι το κινητό έχει το δικαίωμα να χρησιμοποιεί το κελί και να πραγματοποιεί κλήσεις έκτακτης ανάγκης. Αν όμως απαγορεύεται η πρόσβαση τότε αρχίζει η διαδικασία επανεπιλογής κελιού αφού περιμένει για χρονικό διάστημα το οποίο ορίζεται από το δίκτυο. Οι πληροφορίες αυτές ενημερώνονται κάθε φορά που ενημερώνεται το BCCH.

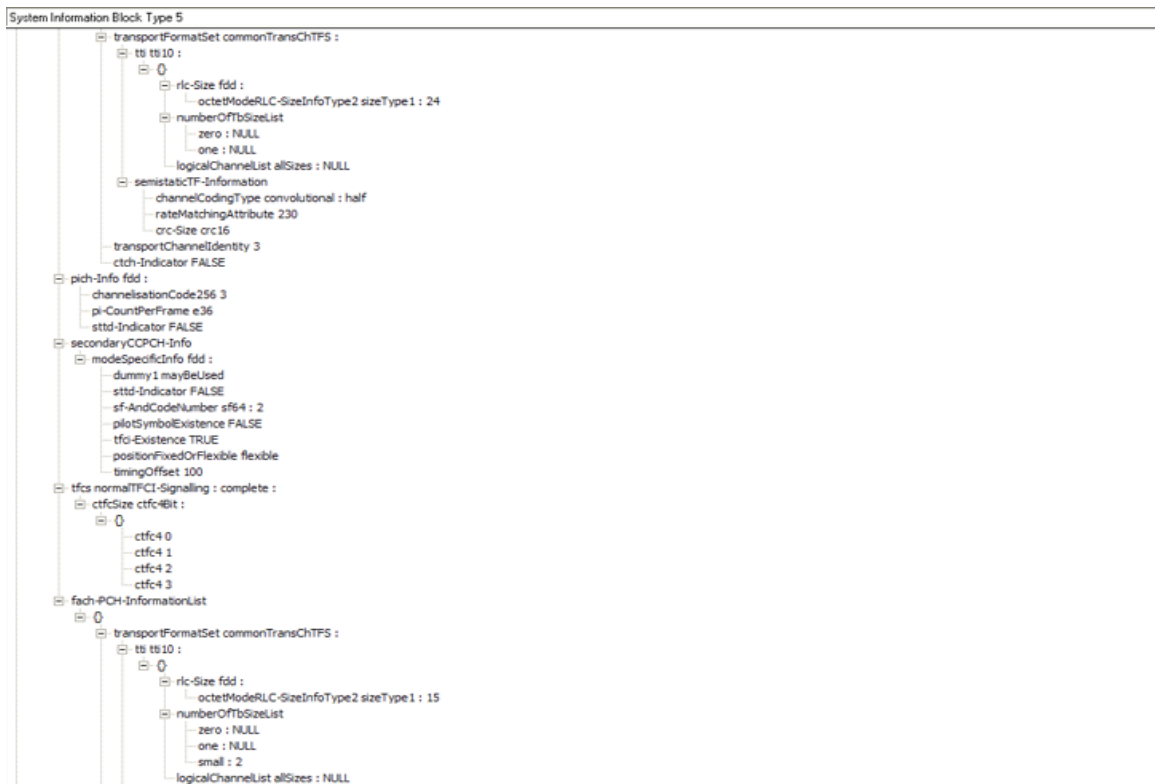


```
System Information Block, Type 5
value SysInfoType5 ::=
  -sibIndicator FALSE
  -pch-PowerOffset -7
  modeSpecificInfo fdd :
    -aich-PowerOffset -6
  primaryCPCCH-Info fdd :
    -tx-DiversityIndicator FALSE
  prach-SystemInformationList :
    0 :
      prach-RACH-Info :
        modeSpecificInfo fdd :
          -availableSignatures '00000000 11111111'B
          -availableSF sfr32
          -preambleScramblingCodeWordNumber 0
          -puncturingLimit pl1
          -availableSubChannelNumbers '11111111 1111'B
        transportChannelIdentity 1
      rach-TransportFormatSet commonTransChTFS :
        ts ts20 :
          0 :
            -ric-Size fdd :
              -octetModeRLC-SizeInfoType2 sizeType1 : 15
              -numberOfTbSizeList :
                -one : NULL
              -logicalChannelList configured : NULL
            -ric-Size fdd :
              -octetModeRLC-SizeInfoType2 sizeType2 : 3
              -numberOfTbSizeList :
                -one : NULL
              -logicalChannelList configured : NULL
          -semiStaticTF-Information :
            -channelCodingType convolutional : half
            -rateMatchingAttribute 1
            -crc-Size crc16
        rach-TFCS normalTFCSI-Signalling : complete :
          -ctfcSize ctfc2bit :
            0 :
              -powerOffsetInformation :
                -gainFactorInformation signalledGainFactors :
                  -modeSpecificInfo fdd :
                    -gainFactorBetaC 13
                    -gainFactorBetaD 15
                    -powerOffsetPp-m -3
              -ctfc2 1 :
                -powerOffsetInformation :
                  -gainFactorInformation signalledGainFactors :
                    -modeSpecificInfo fdd :
                      -gainFactorBetaC 10
                      -gainFactorBetaD 15
                      -powerOffsetPp-m -2
```

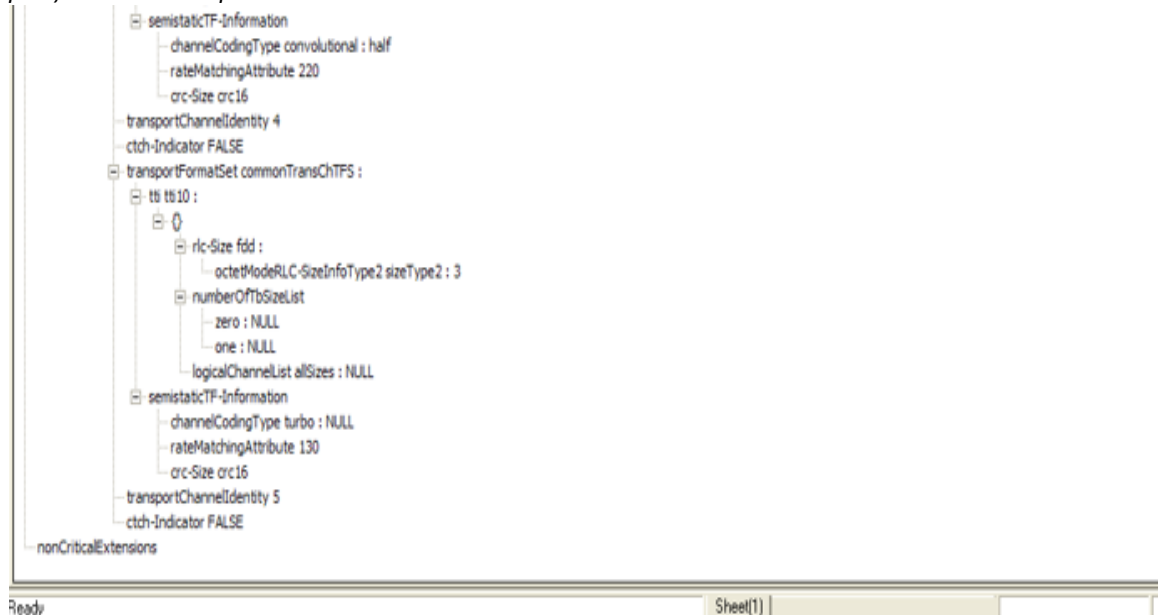
Εικόνα 3.69 UMTS SIB View System Information Block Type 5



Εικόνα 3.70 UMTS SIB View System Information Block Type 5

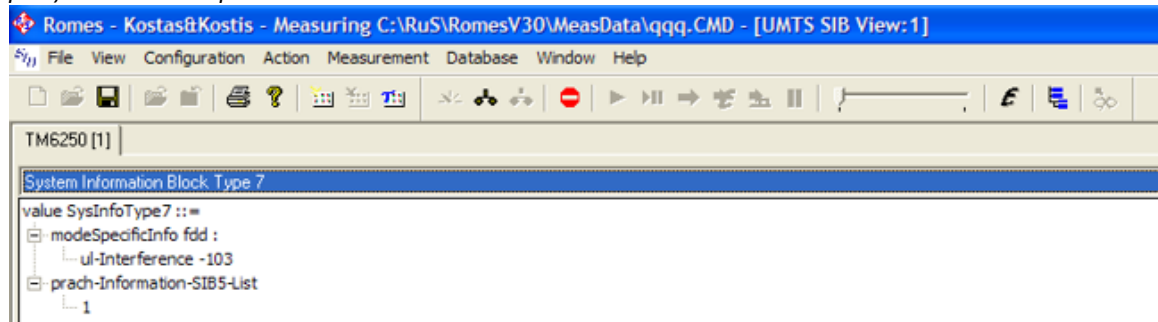


Εικόνα 3.71 UMTS SIB View System Information Block Type 5



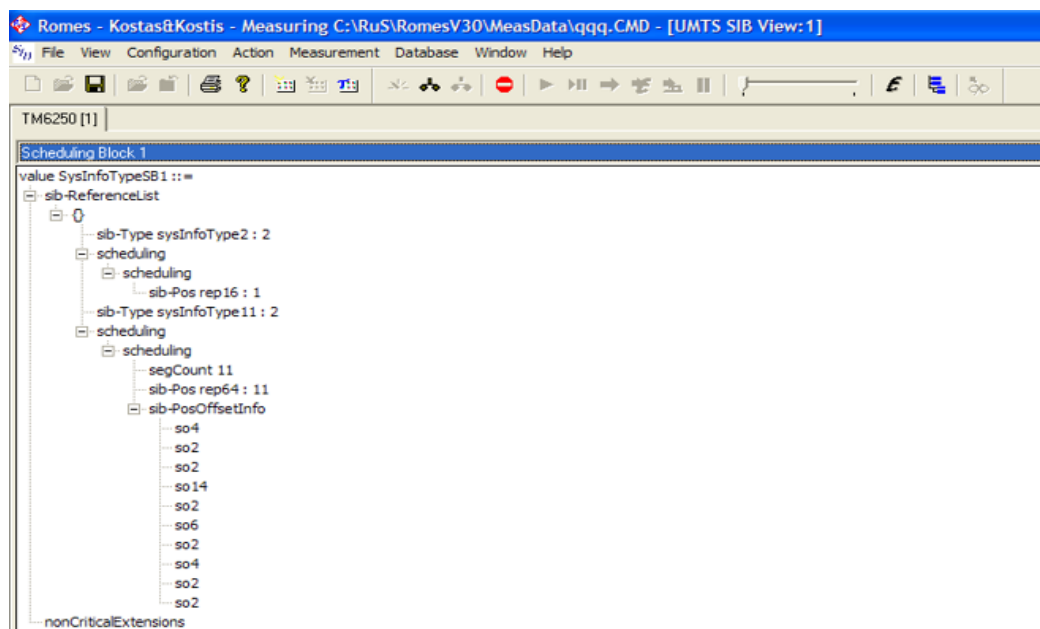
Εικόνα 3.72 UMTS SIB View System Information Block Type 5

Στο System Information Block Type 5 καταγράφονται κυρίως πληροφορίες των καναλιών μεταφοράς πληροφοριών σε Uplink και Downlink. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.69 αρχίζοντας από το PRACH (Physical Random Access Channel) τα Available Signatures είναι 8 λόγω του '00000000 11111111' δηλαδή των 8 άσπων. Μετά στα Available Subchannels τα bit '11111111 1111' δηλώνουν ότι και τα 12 υποκανάλια είναι διαθέσιμα. Στο Available Spreading Factor η τιμή είναι 32. Το Preamble Code Word Number 0 είναι ένας κωδικός ο οποίος χρησιμοποιείται για να διαδοθεί το Signature όταν δημιουργείται PRACH Preamble. Η παράμετρος αυτή δεν μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια που το κινητό είναι ενεργό σε κελί. Το Puncturing Limit περιγράφει τις μέγιστες επιτρεπόμενες διατρήσεις bit. Στο RACH (Random Access Channel) παρατηρείται ότι ο ρυθμός κωδικοποίησης του καναλιού είναι με συνελκτικό κώδικα (convolucional). Στη συνέχεια παρατηρείται ότι το CRC bits είναι 16 ενώ το Rate Matching είναι 1. Στην εικόνα 3.70 παρατηρείται ότι για το PRACH το Power Ramp Step είναι 2 δηλαδή 24dBm και το Preamble Max Retrans 20 δηλαδή ο μέγιστος αριθμός επανεκπομπών. Μετά βλέπουμε στο AICH (Acquisition Indicator Channel) την κωδικοποίηση καναλιού ότι είναι με OSVF 256. Στην εικόνα 3.71 φαίνεται ότι ο ρυθμός κωδικοποίησης του SCCPH είναι συνελκτικός με Rate Matching 220, το CRC είναι με 16 bits. Επίσης όπως είναι λογικό φαίνεται ο προκαθορισμένος αριθμός του Spreading Factor του SCCPH δηλαδή 64,2 στο Uplink και 128,2 στο Downlink. Τέλος στην εικόνα 3.72 παρατηρείται ότι στο FACH (Forward Access Channel) ο ρυθμός κωδικοποίησης είναι Turbo, το Rate Matching 130 και τα bit για το CRC είναι 16.



Εικόνα 3.73 UMTS SIB View System Information Block Type 7

Οι πληροφορίες του block 7 αλλάζουν με γρήγορο ρυθμό και αφορούν τις παρεμβολές στο Uplink κανάλι καθώς και το επίπεδο τους το οποίο είναι -103dB. Στα W-CDMA συστήματα οι σταθμοί βάσης μετρούν τις παρεμβολές στο κελί και στη συνέχεια στέλνουν αναφορά της τιμής των παρεμβολών στο κινητό. Το SIB7 καθορίζει το δυναμικό επίπεδο σε κάθε φυσικό κανάλι PRACH (Physical Random Access Channel). Το επίπεδο αυτό λαμβάνει τιμές 1 έως 8.



Εικόνα 3.74 UMTS SIB View Scheduling Block 1

Το Scheduling Block 1 περιέχει πληροφορίες οι οποίες αφορούν τα Master Information Block, System Information Block Type 1 και System Information Block Type 2. Ο χρόνος μετάδοσης των πληροφοριών από όλα τα blocks καθορίζεται στο Scheduling Block ώστε να μην συμπίπτει η μετάδοσή τους.

3.9.9 UMTS RLC/MAC View

Σε αυτό το παράθυρο καταγράφονται πληροφορίες σχετικές με το **RLC (Radio Link Control)** και το **MAC (Medium Access Control)** πρωτόκολλο. Το **RLC** παρέχει λειτουργίες τμηματοποίησης και επανασύνδεσης για δεδομένα σε μεγαλύτερα Layer όπως σήματα RRC (Radio Resource Control) ή δεδομένα χρήστη ώστε να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα των ανώτερων Layer είναι στο σωστό μέγεθος για μετάδοση μέσω του ασύρματου καναλιού. Το πρωτόκολλο αυτό βρίσκεται στο

Air Interface του UMTS και μπορεί να παρέχει διόρθωση λαθών αν χρειαστεί. Το **MAC** είναι πρωτόκολλο το οποίο υποστηρίζει τη σωστή πολυπλεξία και αποπολυπλεξία του σήματος στα κανάλια μεταφοράς του Air Interface. Το Air Interface έχει τη σημασία της διεπαφής με την οποία γίνεται η επικοινωνία με το τους υπόλοιπους κόμβους.

Type	RLC Mode	RB ID	TrCH ID	TrCH Type	Ciph.	Ciph. ID	HFN	State	
11	DCCH	AM Data	2	32	DCH	Yes	0	464	Null State
12	DCCH	AM Data	3	32	DCH	Yes	0	464	Null State
13	DCCH	AM Data	4	32	DCH	Yes	0	464	Null State
8	DCCH	UM	1	32	DCH	Yes	0	464	Null State
1	DTCH	TM	5	1	DCH	Yes	0	464	Null State
2	DTCH	TM	6	2	DCH	Yes	0	464	Null State
3	DTCH	TM	7	3	DCH	Yes	0	464	Null State

Εικόνα 3.75 UMTS RLC/MAC Uplink Channels

Στο **Type** βλέπουμε τον τύπο του λογικού καναλιού. Το **DCCH (Dedicated Control Channel)** έχει τη χρήση μεταφοράς control πληροφοριών μεταξύ κινητού και δικτύου. Το **DTCH (Dedicated Traffic Channel)** είναι κανάλι που χρησιμοποιείται στο Uplink και Downlink για ένα κινητό μεταφέροντας δεδομένα για τον χρήστη. Στο **RLC Mode** το **AM Data (Acknowledge Mode Data)** εξασφαλίζει ότι τα μεταδιδόμενα **SDU (Service Unit Data)** αναγνωρίζονται κατά την επιτυχή λήψη. Επίσης με αυτή τη λειτουργία προσφέρεται επανεκπομπή δεδομένων και διόρθωση λαθών. Είναι κατάλληλη λειτουργία για εφαρμογές που απαιτούν αξιοπιστία όπως e-mail το οποίο χρειάζεται μεταφορά δεδομένων μέσω TCP πρωτοκόλλου. Το **UM (Unacknowledged Mode)** χρησιμοποιείται όταν δεν γίνεται μεταφορά δεδομένων με επιβεβαίωση λήψης (**unacknowledged transfer**). Χρησιμοποιείται για εφαρμογές όπως VoIP, η οποία είναι ανθεκτική στα λάθη και ευαίσθητη στην καθυστέρηση των πακέτων. Η λειτουργία **TM (Transparent Mode)** προορίζεται για τα **RAB (Radio Access Bearer)**, τα οποία δεν απαιτούν καμία συγκεκριμένη υπηρεσία από το πρωτόκολλο LU. Το **πρωτόκολλο LU** καθορίζει τη δομή του επιπέδου στο interface LU. Στο **RB ID** βλέπουμε το **Radio Bearer ID** δηλαδή το αναγνωριστικό. Το **Radio Bearer** είναι υπηρεσία η οποία παρέχεται από το Layer 2 για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ κινητού και UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Το **TrCH ID (Transport Channel ID)** είναι αριθμός ο οποίος ορίζεται στο Layer 1 και Layer 2 όπως σημειώθηκε και σε προηγούμενες παραγράφους. Στο **TrCH Type (Transport Channel Type)** καταγράφεται ο τύπος του καναλιού. Το **DCH (Dedicated Channel)** είναι αμφίδρομο κανάλι και μεταφέρει πληροφορίες ελέγχου. Στο **Ciph. (Ciphering Mode)** καταγράφεται αν χρησιμοποιείται η λειτουργία κρυπτογράφησης άρα με την ένδειξη **No** δεν χρησιμοποιείται. Το **Ciph. ID (Ciphering ID)** είναι το προσωρινό αναγνωριστικό για κάθε τομέα υπηρεσίας. Στη συνέχεια γίνεται κρυπτογράφηση σε κάθε τομέα υπηρεσιών. Στα συστήματα επικοινωνιών GSM, UMTS και LTE το **HFN (Hyper Frame Number)** χρησιμοποιείται μεταξύ κινητού και σταθμού βάσης ώστε να περιοριστεί ο αριθμός των bit που χρησιμοποιούνται για την ακολουθία στο radio interface. Ο αριθμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κομμάτι της διαδικασίας ασφάλειας. Στο **State** καταγράφεται η κατάσταση του RLC. Η ένδειξη **Null State** είναι η αρχική κατάσταση του RLC. Σε αυτή την κατάσταση το RLC δεν μπορεί να στείλει και να δεχτεί δεδομένα. Αφού ζητηθεί από τα μεγαλύτερα Layer το RLC ενεργοποιείται και μπαίνει σε κατάσταση **TM Data Transfer Ready** αρχίζοντας τη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων.

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

Εικόνα 3.76 UMTS RLC/MAC Downlink Channels

Στο Downlink καταγράφονται οι ίδιες παράμετροι όπως στο Uplink. Η διαφορά η οποία παρατηρείται είναι στον τύπο του καναλιού στο οποίο καταγράφεται και η ένδειξη **BCCH (Broadcast Control Channel)** το οποίο είναι κανάλι Downlink και περιέχει συγκεκριμένες παραμέτρους που χρειάζονται από το κινητό ώστε να ταυτοποιήσει το δίκτυο και να εισέλθει σε αυτό. Οι σημαντικότερες πληροφορίες που περιέχονται είναι **LAC (Local Area Code)**, **RAC (Routing Area Code)**, **MNC (Mobile Network Code)** και **BA (BCCH Allocation)**. Το **PCCH (Paging Control Channel)** είναι κανάλι Downlink το οποίο μεταφέρει πληροφορίες paging. Αυτό το κανάλι χρησιμοποιείται όταν το δίκτυο δεν γνωρίζει την θέση του κελιού το οποίο χρησιμοποιεί το κινητό ή όταν το κινητό χρησιμοποιεί κελί αλλά βρίσκεται σε Sleep Mode. Στη συνέχεια στο **TrCH Type (Transport Channel Type)** το **PCH (Paging Channel)** είναι κανάλι Downlink το οποίο μεταφέρει πληροφορίες ειδοποίησης στο κινητό ότι υπάρχει κλήση σε αναμονή ή μήνυμα SMS. Η ειδοποίηση αυτή μεταδίδεται από όλα τα κελιά. Τέλος παρατηρείται στο **State** του RLC η ένδειξη **TM Data Transfer Ready** το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει μετάδοση δεδομένων σε αυτό το κανάλι.

3.9.10 UMTS Measurement Report View

Σε αυτή την παράγραφο καταγράφεται οι λεγόμενες **Intra Frequency Measurements**, στις οποίες εν πολλοίς βασίζονται διαδικασίες όπως η επανεπιλογή κελιού και το handover.

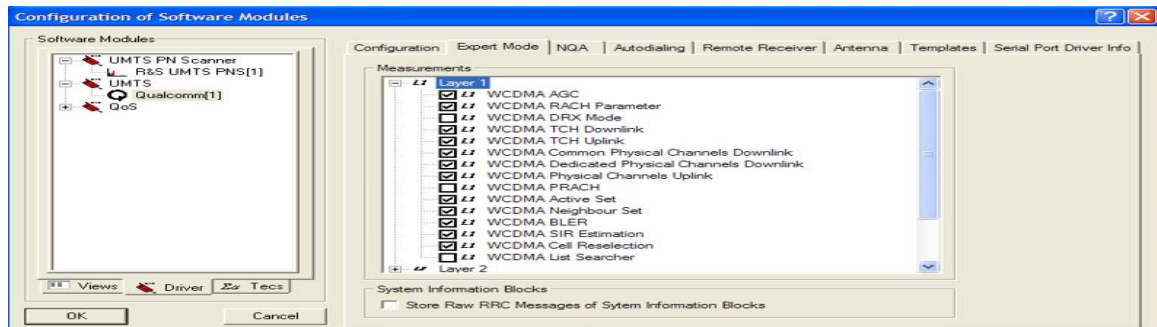
#	SC	Ec/Io...	RSCP	PL	C	OFF	Tm	SFN-CFN
3	281	-19.0	-91	---	-	---	---	---
2	229	-13.5	-86	---	-	---	---	---
1	38	-6.0	-78	---	-	---	---	---

Εικόνα 3.77 UMTS Measurement Report View

Η **δίεση #** χρησιμοποιείται ώστε να ξεχωρίζεται το κάθε κανάλι με διαφορετικό Scrambling Code. Το **Scrambling Code** χρησιμοποιείται για την διάκριση κάθε σήματος όπως περιγράφηκε και σε προηγούμενες ενότητες. Σύμφωνα με την καταγραφή των μετρήσεων ενέργειας σήματος προς παρεμβολές (**Ec/Io**) στην Εικόνα 3.77, παρατηρείται ότι το κανάλι με Scrambling Code 38 (Vodafone) παρουσιάζει μια από τις καλύτερες δυνατές μετρήσεις με τιμή **Ec/Io=-6dB**. Τα κανάλια με **Scrambling Code 229** και **281** βάσει των μετρήσεών τους στο **Ec/Io** έχουν αξιόπιστες ταχύτητες δεδομένων αλλά με διακοπές στην επικοινωνία, ειδικά όσο η τιμή αυτή πλησιάζει προς το -20dB, δηλαδή στην τιμή που αντιστοιχεί στο κανάλι 281. Τέλος στην λαμβανόμενη ισχύ RF κώδικα στο πρωτεύον CPICH RSCP παρατηρείται ότι το κανάλι 38 καταγράφει καλύτερη τιμή σε σχέση με τα κανάλια 229 και 281. (Παράρτημα Β, Πίνακες 12, 13).

3.9.11 UMTS Reselection View

Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS Channel Reselection View** θα πρέπει να γίνουν πρώτα οι παρακάτω ρυθμίσεις ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα : **Configuration**→ **Hardware**→ **Driver**→ **UMTS Qualcomm**→ **Expert Mode**→ **Driver**→ **Layer 1**. Στη συνέχεια επιλέγουμε το **WCDMA Cell Reselection** (Εικόνα 3.78).



Εικόνα 3.78 Παράμετροι για UMTS Reselection View

Στην Εικόνα 3.79 καταγράφονται οι παράμετροι για την επανεπιλογή κελιού.

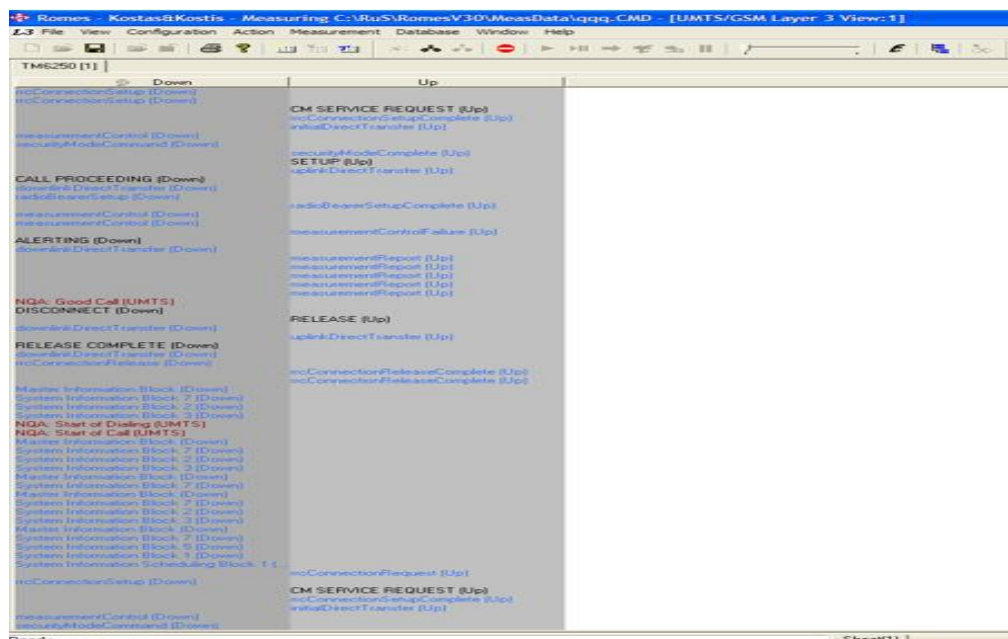
UMTS Reselection Parameters							
#	UARFCN	SC	RSCP[dBm]	Rank RSCP	Ec/Io[dB]	Rank Ec/Io	Node B
1	10614	608	-66	-83	-15	-83	---
2	10614	8128	-78	-99	---	---	---

Εικόνα 3.79 UMTS Reselection View

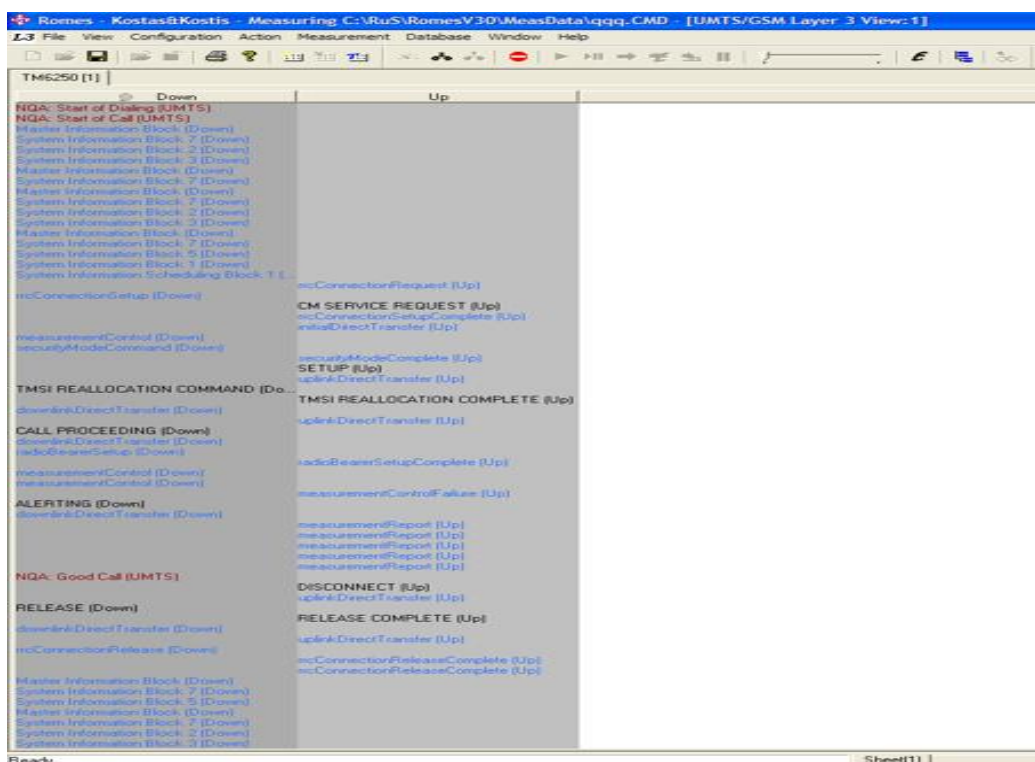
Τα κελιά τα οποία καταγράφονται είναι κελιά της Vodafone. Αυτό συμπεραίνεται από το UARFCN το οποίο με τιμή **10614** παρατηρείται ότι είναι Downlink κανάλι Vodafone στο UMTS 2100 με συχνότητα 2122.8MHz και Uplink συχνότητα 1932.8MHz με UARFCN 9664. Στο **SC (Scrambling Code)** καταγράφεται ο κωδικός σήματος που λαμβάνεται από τον σταθμό βάσης. Το κελί το οποίο αξιολογείται στη μέτρηση είναι το **608**. Στο **RSCP** η τιμή **-66dBm** σημαίνει ότι το σήμα είναι δυνατό και επιτυγχάνει καλές ταχύτητες δεδομένων. Στη συνέχεια το **Rank RSCP** καταγράφει την τιμή κατωφλίου για την επανεπιλογής κελιού βάσει του RSCP, δηλαδή όταν καταγραφεί τιμή μικρότερη από **-83dBm** αρχίζει η διαδικασία επανεπιλογής κελιού. Ο λόγος ενέργειας σήματος προς παρεμβολές είναι **Ec/Io=-15dB**, η οποία δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική. Στο **Rank Ec/Io** καταγράφεται η τιμή επανεπιλογής κελιού βάσει του Ec/Io. Παρόλα αυτά η τιμή **-83dB** μάλλον οφείλεται σε λάθος διότι κινείται εκτός αποδεκτών ορίων. Στο κελί **8128** καταγράφεται το RSCP με τιμή **-78dBm** που σημαίνει ότι το σήμα είναι καλό με αξιόπιστες ταχύτητες δεδομένων. Τέλος στο **Rank RSCP=-99dBm** είναι τιμή επανεπιλογής κελιού. Η μέτρηση **-99dBm** όμως είναι αρκετά κακή τιμή που σημαίνει ότι η απόδοση θα πέφτει κατακόρυφα. (Παράρτημα Β, Πίνακες 12, 13, 17).

3.9.12 UMTS Layer 3 View

Σε αυτή την παράγραφο καταγράφονται τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ κινητού και δικτύου κατά τη διάρκεια ,την προετοιμασία και τον τερματισμό μιας κλήσης στο δίκτυο UMTS (Εικόνα 3.80 και 3.81).



Εικόνα 3.80 UMTS Layer 3 View



Εικόνα 3.81 UMTS Layer 3 View

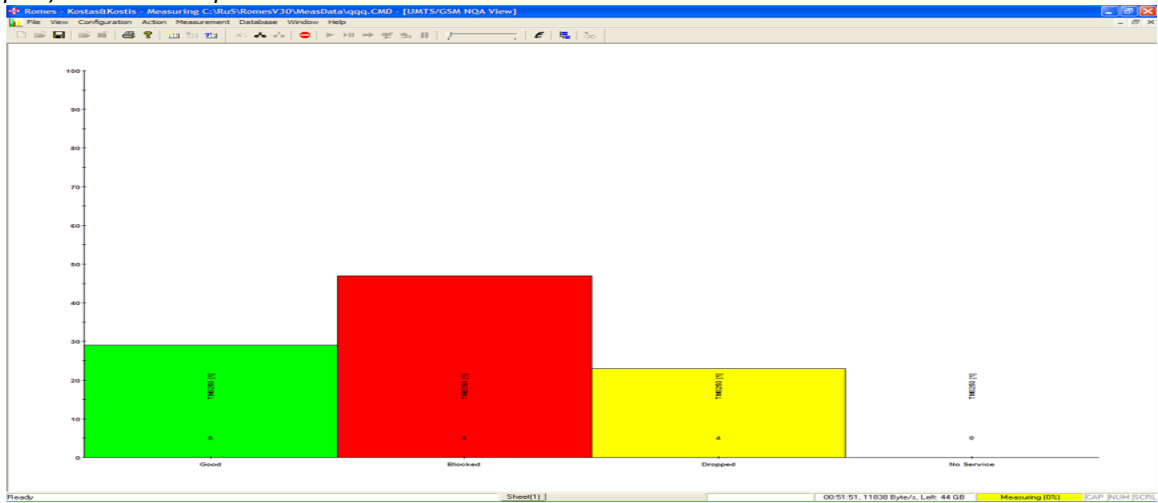
Στην στήλη **Down** καταγράφονται τα μηνύματα που στέλνει το δίκτυο στο κινητό ενώ στην στήλη **Up** τα μηνύματα που στέλνει το κινητό στο δίκτυο. Η επικοινωνία μεταξύ δικτύου και κινητού γίνεται μέσω των **Downlink DCCH** και **Uplink DCCH** αντίστοιχα. Το **DCCH (Dedicated Control Channel)** είναι αμφίδρομο κανάλι UMTS που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση

αποκλειστικών πληροφοριών ελέγχου μεταξύ κινητού και δικτύου και δημιουργείται μέσω της διαδικασίας ρύθμισης **RRC (Radio Resource Control)**. Το **rrcConnectionSetup(Down)** στέλνεται από το δίκτυο στο κινητό και περιλαμβάνει πληροφορίες που βοηθούν το κινητό να αρχίσει την εκπομπή και την λήψη σήματος. Οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται είναι ο τρόπος κωδικοποίησης του καναλιού , CRC , Scrambling Code, Spreading Factor , UTRAN Band κ.α. Το **CM Service Request (Up)** στέλνεται από το κινητό στο δίκτυο για να ζητήσει να συνδεθεί στο δίκτυο και περιέχει πληροφορίες της RF ισχύος, του αλγόριθμου κρυπτογράφησης, της συχνότητας και του αναγνωριστικού του κινητού. Το **rrcConnectionSetupComplete(Up)** στέλνεται στο δίκτυο από το κινητό στο και περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες του κινητού και τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης. Το **initialDirectTransfer (Up)** στέλνεται στο δίκτυο και περιέχει πληροφορίες σχετικά με την παροχή υπηρεσίας, του δικτύου και διευκολύνει την διαδρομή πληροφοριών μεταξύ δικτύου και κινητού. Το **MeasurementControl(Down)** είναι μια εντολή που στέλνεται στο κινητό ώστε αυτό να στείλει Measurement Report για να αποφασίσει το δίκτυο τι εντολή θα στείλει. Το **SecurityModeComplete(Up)** είναι ένα μήνυμα το οποίο στέλνεται στο δίκτυο από το κινητό και σχετίζεται με την ασφάλεια της κλήσης. Το **Setup(Up)** περιέχει τις δυνατότητες του κινητού που σχετίζονται με την κλήση φωνής , τον αριθμό που καλούμε και στέλνεται όταν αρχίζει η κλήση κοκ. Το **UplinkDirectTransfer(Up)** στέλνεται στο δίκτυο και περιέχει πληροφορίες του NAS, οι οποίες κατευθύνονται στο δίκτυο. Το **Call Proceeding (Down)** στέλνεται από το δίκτυο στο κινητό επιβεβαιώνοντας την πρόοδο της κλήσης. Το **DownlinkDirectTransfer(Down)** περιέχει πληροφορίες του NAS, όπως στην αντίστοιχη περίπτωση το UplinkDirectTransfer(Up) που αναφέρθηκε πριν. Το **RadioBearerSetup (Down)** στέλνεται από το δίκτυο στο κινητό και περιέχει πληροφορίες για το Radio Bearer, λογικό κανάλι και κανάλι μεταφοράς , κωδικοποίηση καναλιού , Radio Link Control, τρόπος μεταφοράς, Spreading Factor, Scrambling Code και Power Control παραμέτρους. Μετά το κινητό στέλνει μήνυμα **RadioBearerSetupComplete(Up)** στο οποίο αναγνωρίζει τις προηγούμενες ρυθμίσεις που στάλθηκαν από το δίκτυο. Στη συνέχεια το **Alerting(Down)** στέλνεται στο κινητό ειδοποιώντας ότι καλείται η τερματική συσκευή προορισμού της κλήσης. Το **Measurement Report(Up)** στέλνεται από το κινητό στο δίκτυο περιέχοντας τα καλύτερα γειτονικά κελιά αναφέροντας το Scrambling Code τους. Τα κελιά επιλέγονται με βάση το RSCP και το Ec/Io τους. Το μήνυμα **NQA: Good Call (UMTS)** έχει την έννοια ότι η κλήση είναι επιτυχής. Το **Disconnect(Down)** στέλνεται όταν αποσυνδέεται η κλήση. Το **Release(Up)** στέλνεται από το κινητό στο δίκτυο για να απολυθεί η κλήση και το δίκτυο απαντάει με **Release Complete(Down)**. Τέλος, το **rrcConnectionRelease(Down)** και το **rrcConnectionReleaseComplete(Up)** επιβεβαιώνουν τον τερματισμό της κλήσης από το δίκτυο και το κινητό .

Παράλληλα, με τα L3 μηνύματα που σχετίζονται με την κλήση καταγράφονται και μηνύματα τα οποία ανταλλάσσονται για άλλους λόγους, π.χ. τα System Information μηνύματα καθώς και μηνύματα ανάθεση TMSI Το **TMSI Reallocation Command (Down)** στέλνεται για να αλλάξει το TMSI. Το μήνυμα περιλαμβάνει το MCC, LAC, MNC και TMSI. Το κινητό απαντά με το μήνυμα **TMSI Reallocation Complete (Up)** επιβεβαιώνοντας τα προηγούμενα.

3.9.13 UMTS NQA View

Στην Εικόνα 3.82 καταγράφεται το σύνολο των κλήσεων που πραγματοποιήθηκαν και κατηγοριοποιούνται με βάση το αποτέλεσμά τους.

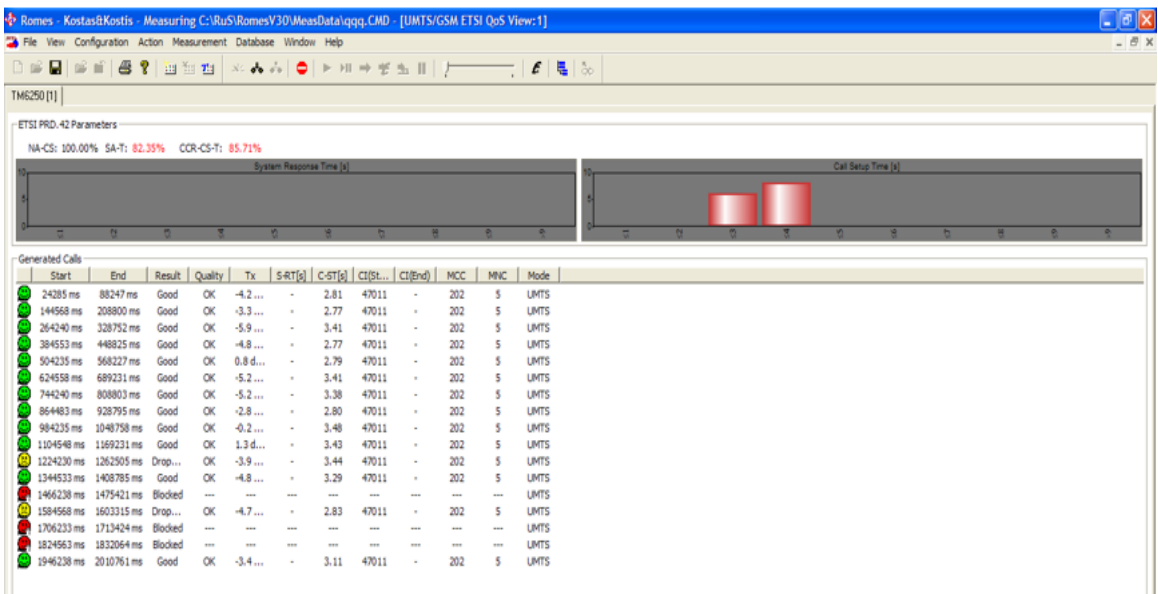


Εικόνα 3.82 UMTS NQA View

Οι κλήσεις που καταγράφονται με πράσινο χρώμα στο πεδίο **Good** είναι όλες οι κλήσεις που έγιναν με επιτυχία συμπεριλαμβάνοντας όσες δεν υπήρξε απάντηση από τον δέκτη. Στο πεδίο **Blocked** με κίτρινο χρώμα καταγράφονται όλες οι κλήσεις, οι οποίες δεν ήταν δυνατό να εκκινήσουν ως διαδικασία. Στο πεδίο **Dropped** με κόκκινο χρώμα καταγράφονται οι κλήσεις οι οποίες απορρίφθηκαν για διάφορους λόγους, π.χ. απορρίφθηκαν από τον δέκτη, χαρακτηρίζονται από υψηλό θόρυβο δηλαδή ο λόγος **SIR** είναι σε χαμηλό επίπεδο.

3.9.14 UMTS ETSI QoS View

Σε αυτό το παράθυρο (Εικόνα 3.83) καταγράφονται σημαντικές πληροφορίες που αφορούν στην κλήση σε συνέχεια της προηγούμενης ενότητας.



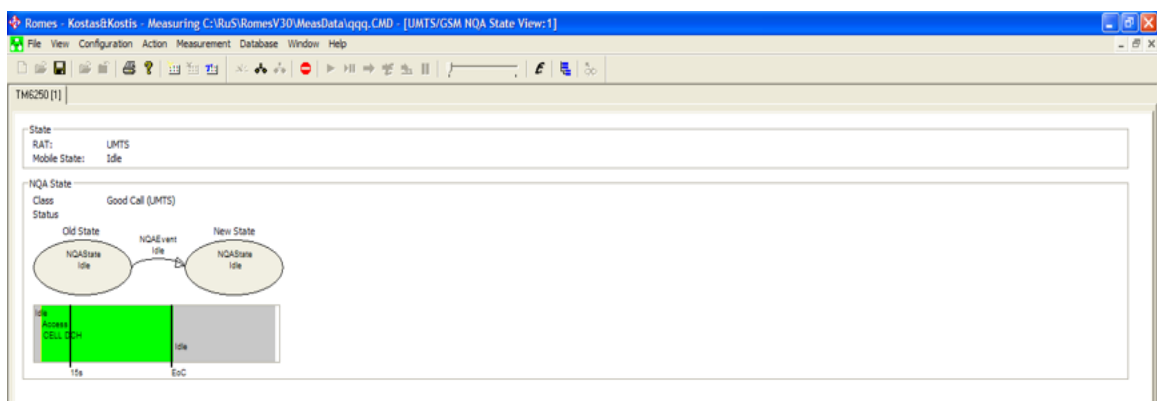
Εικόνα 3.83 UMTS ETSI QoS View

Αρχικά στο πεδίο **ETSI PRD.42 Parameters** το **NA-CS** σχετίζεται το ποσοστό επιτυχών προσπαθειών σύνδεσης στο δίκτυο UMTS προς τον συνολικό αριθμό προσπαθειών σύνδεσης στο δίκτυο, ενώ το **NA-PS** έχει να κάνει με το ποσοστό επιτυχών προσπαθειών σύνδεσης GPRS στο δίκτυο προς τον συνολικό αριθμό. Οι δύο παράμετροι αυτοί σχετίζονται με την παράμετρο C1 που

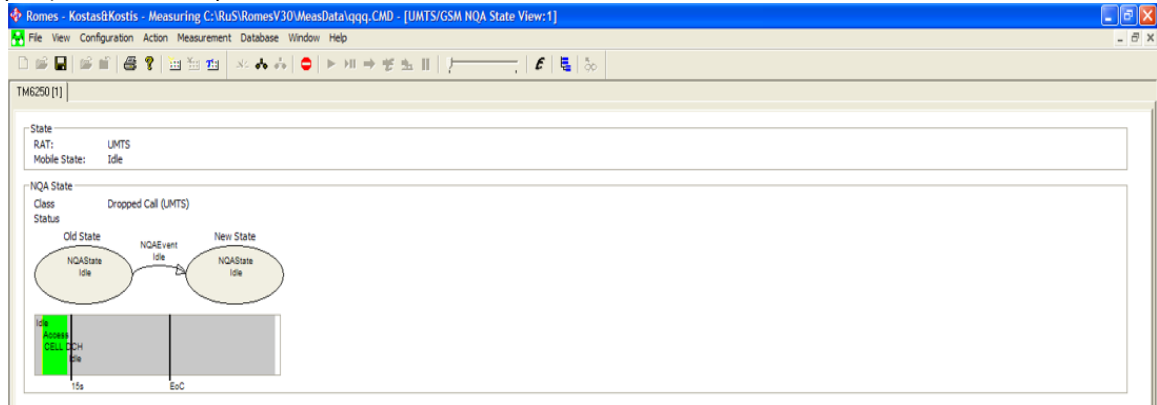
πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0 για επιτυχή σύνδεση στο δίκτυο. Στο **SA-T** βλέπουμε το ποσοστό επιτυχών κλήσεων αφού πρώτα έχει προηγηθεί επιτυχής σύνδεση με το δίκτυο προς τον αριθμό των συνολικών κλήσεων. Στο **CCR-CS-T** βλέπουμε το ποσοστό των εξαναγκασμένων τερματισμένων κλήσεων προς τις επιτυχείς κλήσεις. Στο πεδίο Generated Calls στο **Start** βλέπουμε πότε άρχισε η κλήση ενώ στο **Stop**. Στο **Result** βλέπουμε το αποτέλεσμα της κλήσης, δηλαδή τι συνέβη στην κλήση. Οι κατηγορίες που καταγράφονται είναι **Good**, **Blocked** και **Dropped** ανάλογα με την επιτυχία της κλήσης ή την αποτυχία. Στο **Quality** καταγράφεται η ποιότητα της κλήσης. Με την ένδειξη **OK** καταγράφονται όσες κλήσεις έχουν καλή αναλογία SIR ενώ σε άλλη περίπτωση κακής τιμής SIR η ένδειξη θα ήταν **Noisy**. Στο **Tx** μετράται η μέγιστη ισχύς μετάδοσης του κινητού κατά τη διάρκεια της κλήσης. Τα **S-RT(s)** και **C-ST(s)** δηλαδή **System Response Time** και **Call Setup Time** σχετίζονται με την απόκριση και την εγκατάσταση της κλήσης στον χρόνο. Τα **CI (Start)** και **CI (End)** σημαίνουν **Cell Id** δηλαδή το κελί που χρησιμοποιεί στην αρχή και στο τέλος της κλήσης. Αν υπήρχε ένδειξη στο CI (End) θα παρατηρούσαμε ότι αν οι τιμή του CI (Start) και του CI (Stop) ήταν διαφορετικές τότε θα είχαμε Handover. Τέλος το **Mode** δείχνει το είδος του δικτύου δηλαδή **UMTS**.

3.9.15 UMTS NQA State View

Ο χρόνος που διαρκεί μια κλήση, ο χρόνος που χρειάζεται για την πραγματοποίηση της επόμενης κλήσης και ο χρόνος που το κινητό βρίσκεται σε αδράνεια εξαρτώνται από τις ρυθμίσεις που έχουμε ορίσει στο **Autodialing**. Οι πληροφορίες που δίνονται έχουν σχέση με το πόσα δευτερόλεπτα έχουμε επιλέξει στο **Max Access Time**, το οποίο φαίνεται στο **Idle Access** και σημαίνει δευτερόλεπτα για να εισέλθει το κινητό σε κελί. Με πράσινο χρώμα καταγράφεται η επιταχυμένη κλήση και το μήκος της πράσινης μπάρας εξαρτάται από το πόσο διαρκεί (**Εικόνα 3.84**). Σε περίπτωση **Dropped** ή **Blocked** κλήσης το χρώμα γίνεται γκρι και συνεχίζει το κινητό μέχρι την επόμενη κλήση (**Εικόνα 3.85**). Στη συνέχεια στο πεδίο **State** καταγράφεται το είδος του δικτύου, δηλαδή UMTS, και στο **Mobile State** η τρέχουσα κατάσταση του κινητού, π.χ. **Idle**. Στο **NQA State** καταγράφεται τι συνέβη στην κλήση Good, Dropped ή Blocked δηλαδή αν τερματίστηκε καταγράφεται ο λόγος για τον οποίο συνέβη.



Εικόνα 3.84 UMTS NQA State View



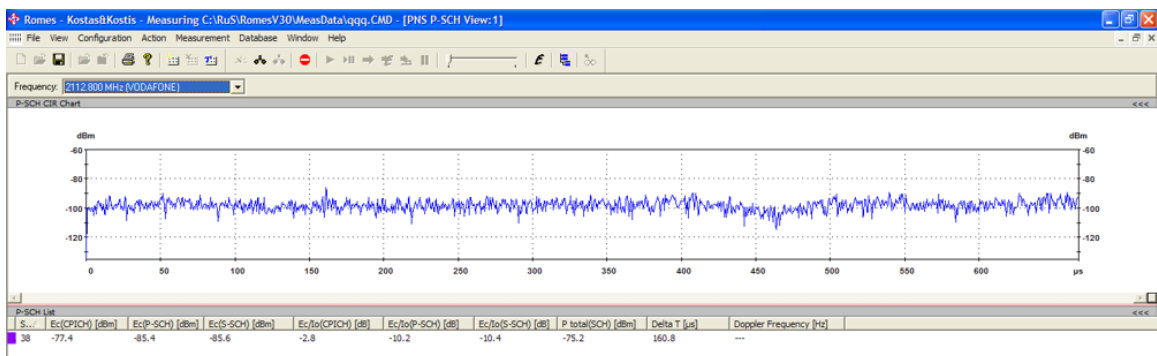
Εικόνα 3.85 UMTS NQA State View

3.10 UMTS PNS Views

Σε αυτή την ενότητα καταγράφονται πληροφορίες σχετικά με δεδομένα (PN) Pseudo Noise. Οι μετρήσεις εκτελούνται χρησιμοποιώντας το UMTS PN Scanner Driver R&S. Οι μετρήσεις την ισχύ καναλιών και των παρεμβολών στο πεδίο των συχνοτήτων και του χρόνου.

3.10.1 UMTS PNS P-SCH View

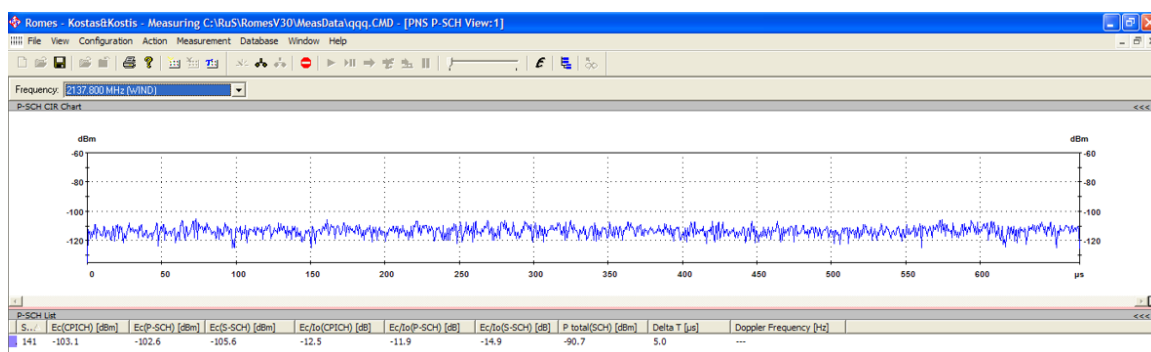
Σε αυτή την παράγραφο καταγράφονται οι παράμετροι που σχετίζονται με την ισχύ σήματος του πρωτεύοντος καναλιού συγχρονισμού P-SCH (Primary Synchronization Channel). Σε κάθε πάροχο έχει επιλεχθεί το κανάλι το οποίο παρουσιάζει τις καλύτερες μετρήσεις από τα υπόλοιπα στις παραμέτρους E_c/I_o και E_c . Οι καταγραφές των υπολοίπων καναλιών για όλους τους παρόχους βρίσκονται στο **Παράρτημα Β , Παράγραφος UMTS P-SCH View**.



Εικόνα 3.86 UMTS PNS P-SCH View Vodafone Channel 1

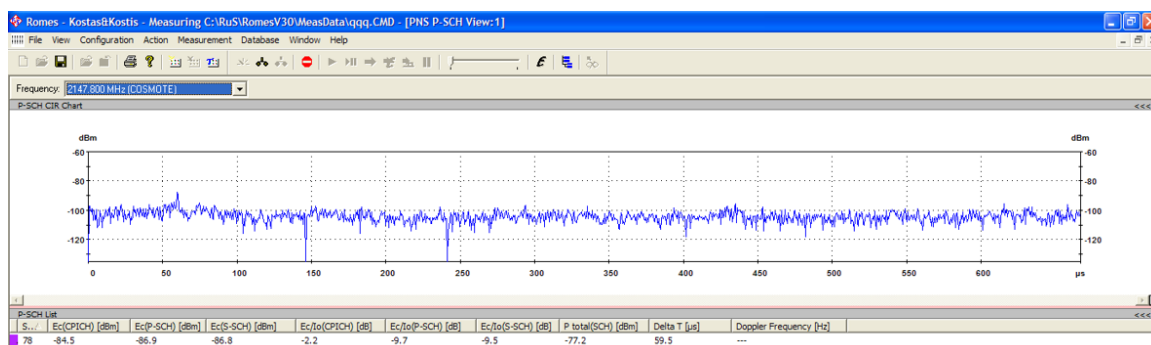
Αρχικά επιλέγουμε τη **συχνότητα** του καναλιού, η οποία είναι **2112.8MHz** και ανήκει στη **Vodafone**, όπως φαίνεται και από το **Scrambling Code** με αριθμό **38**. Στο διάγραμμα καταγράφεται η ισχύς του σήματος στο πρωτεύον κανάλι συγχρονισμού. Μετά καταγράφεται η μέση ενέργεια σήματος σε dBm. Η τιμή E_c (**CPICH**) (**Common Pilot Channel**) = -77.4dBm προσφέρει καλό σήμα και καλές ταχύτητες δεδομένων. Μετά το E_c (**P-SCH**) είναι η μέση ενέργεια σήματος στο πρωτεύον κανάλι συγχρονισμού το οποίο χρησιμοποιείται για να εντοπίσει το κινητό το κελί UMTS και να συγχρονιστεί με τα όρια του Time Slot. Τα -85.4dBm θεωρείται ως μια ικανοποιητική τιμή προκειμένου να εντοπιστεί το κελί και να συγχρονιστεί το UE. Το E_c (**S-SCH**) (**Secondary Synchronization Channel**), δηλαδή η μέση ενέργεια σήματος στο δευτερεύον κανάλι συγχρονισμού, το οποίο χρησιμοποιείται για να εντοπιστεί το κελί UMTS, λαμβάνει τιμή -85.6dBm, η οποία επίσης θεωρείται καλή. Τα E_c/I_o (**P-SCH**) και E_c/I_o (**S-SCH**), δηλαδή η μέση

ενέργεια σήματος προς παρεμβολές στο πρωτεύον και δευτερεύον κανάλι συγχρονισμού λαμβάνει τιμές -10.2dB και -10.4 dB, αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές είναι κοντά στο -10dB που σημαίνει ότι δεν θα υπάρχει πρόβλημα με την μεταφορά των σχετικών δεδομένων. Η συνολική μέση ισχύς του καναλιού συγχρονισμού στην ζώνη συχνοτήτων που μετράμε **P Total(SCH) (Synchronization Channel)** με τιμή -75.2dBm είναι επίσης ικανοποιητική. Το **Delta T** δίνει τον μέγιστο χρόνο ώστε να συγχρονιστεί το σύστημα με το GPS σε μ S. Τέλος, το **Doppler Frequency** σχετίζεται με διορθωτικές παραμέτρους όταν η μέτρηση γίνεται εν κινήσει αλλά δεν λαμβάνουμε τιμή στη συγκεκριμένη στήλη (**Παράρτημα Β , Πίνακες 11, 13, 17**).



Εικόνα 3.87 UMTS PNS P-SCH View Wind Channel 2

Η **συχνότητα** του καναλιού της **Wind** είναι **2137.8MHz** και σύμφωνα με προηγούμενες μετρήσεις ο σταθμός βάσης της εταιρείας έχει **Scrambling Code 141**, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται από την καταγραφή. Επιπλέον , έχοντας την συχνότητα παρατηρούμε ότι το **UARFCN** για το **Downlink** του καναλιού είναι το **10689**, ενώ η **Uplink** συχνότητα είναι **1947.8MHz**. Στο διάγραμμα παρατηρούμε την διακύμανση τιμών σε dBm της ενέργειας σήματος του πρωτεύοντος καναλιού συγχρονισμού στο χρόνο. Στη συνέχεια η μέση ενέργεια σήματος **Ec(CPICH)** με τιμή -103.1dBm υποδεικνύει μάλλον συνθήκες κακής κάλυψης. Στο πρωτεύον κανάλι συγχρονισμού έχουμε μέση ενέργεια σήματος **Ec(P-SCH)=-102.6dBm** ενώ στο δευτερεύον κανάλι συγχρονισμού έχουμε **Ec(S-SCH)= -105.6dBm**, τα οποία συμφωνούν με τις σχετικά χαμηλές τιμές που έχουν καταγράψει για το **CPICH**. Το **Ec/Io(CPICH)** δηλαδή η αναλογία ενέργειας σήματος προς παρεμβολές έχει τιμή -12.5dB το οποίο σημαίνει ότι το σήμα είναι αρκετά κακό. Τα **Ec/Io(P-SCH)** και **Ec/Io(S-SCH)** με τιμές -11.9dB και 14.9dB αντίστοιχα σημαίνει ότι οι συνθήκες κάλυψης είναι οριακές. Η μέση συνολική ισχύς του καναλιού συγχρονισμού στην ζώνη συχνοτήτων **P Total (SCH)** είναι -90.7dB το οποίο συμφωνεί με τη γενικότερη εικόνα κακής κάλυψης. Τέλος, ο χρόνος συγχρονισμού **Delta T** με το GPS είναι 5 μ S. (**Παράρτημα Β, Πίνακες 11, 13, 18**)



Εικόνα 3.88 UMTS PNS P-SCH View Cosmote Channel 2

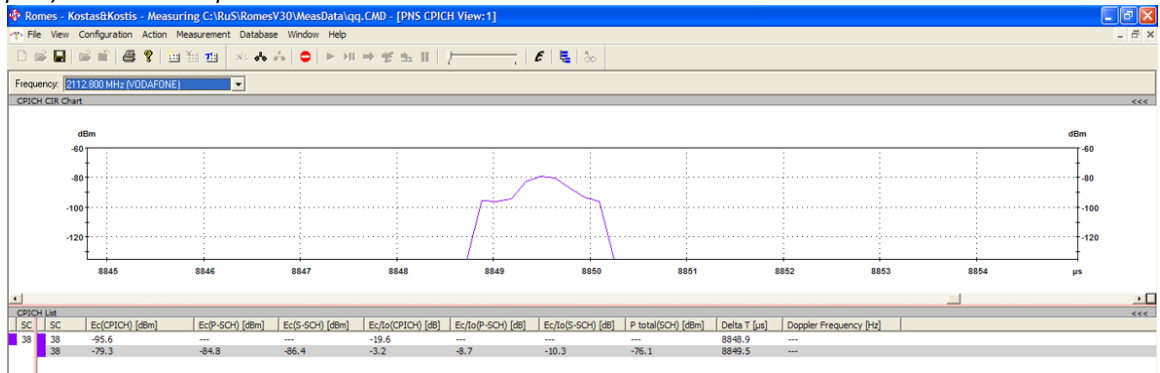
Η συχνότητα του καναλιού της **Cosmote** είναι **2147.8MHz** και το **Scrambling Code** του καναλιού είναι **78**. Επίσης έχοντας την **Downlink** συχνότητα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το **UARFCN** για το Downlink του καναλιού είναι το **10739**, ενώ η **Uplink** συχνότητα είναι **1957.8MHz**. Στο διάγραμμα παρατηρούμε την διακύμανση τιμών σε dBm της ενέργειας του πρωτεύοντος καναλιού συγχρονισμού. Η μέση ενέργεια σήματος **Ec(CPICH)** λαμβάνει τιμή **-84.5dBm**, η οποία είναι αρκετά καλή. Η μέση ενέργεια σήματος στο πρωτεύον κανάλι συγχρονισμού **Ec(P-SCH)** έχει τιμή **-86.9dBm** που σημαίνει ότι το σήμα είναι αξιόπιστο. Το **Ec(S-SCH)** με τιμή **-86.8dBm** παρουσιάζει τα ίδια αποτελέσματα με το **Ec(P-SCH)**. Στη συνέχεια, το **Ec/Io(CPICH)** δηλαδή η μέση λαμβάνει τιμή **-2.2dB** το οποίο είναι πολύ καλό. Η μέση ενέργεια σήματος προς παρεμβολές στο πρωτεύον **Ec/Io(P-SCH)** και στο δευτερεύον **Ec/Io(S-SCH)** κανάλι συγχρονισμού με τιμές **-9.7dB** και **-9.5dB** αντίστοιχα και θεωρείται ικανοποιητικό. Η μέση συνολική ισχύς του καναλιού συγχρονισμού στην ζώνη συχνοτήτων **P Total (SCH)** είναι **-77.2dB** το οποίο σημαίνει ότι το σήμα είναι δυνατό και με καλές ταχύτητες δεδομένων. Τέλος, ο χρόνος συγχρονισμού **Delta T** με το GPS είναι **59.5 μS (Παράρτημα Β , Πίνακες 11, 13, 16)**.

Συμπερασματικά παρατηρείται ότι από τους τρεις παρόχους η Vodafone και η Cosmote παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητικές μετρήσεις σε αυτά τα κανάλια οι οποίες προσφέρουν στους χρήστες αξιόπιστες υπηρεσίες ωστόσο η Wind βάσει μετρήσεων παρουσιάζει αρκετά μέτριες μετρήσεις που μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στην επικοινωνία. Η προαναφερόμενη αξιολόγηση έχει αξία μόνο για την θέση στην οποία βρίσκεται το κινητό και σε καμία περίπτωση τα εξαγόμενα συμπεράσματα δεν μπορούν να γενικευθούν. Ουσιαστικά, σε άλλες θέσεις τα συμπεράσματα θα μπορούσαν να ανατραπούν δεδομένου ότι σε κάθε δίκτυο υπάρχουν σημεία στο χώρο που η κάλυψη δεν είναι ικανοποιητική.

3.10.2 UMTS PNS CPICH View

Σε αυτή την παράγραφο καταγράφεται η μέση ισχύς σήματος του **CPICH (Common Pilot Channel)** και τα **Downlink** σήματα που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της σάρωσης. Η επιλογή των καναλιών από κάθε πάροχο έγινε αντίστοιχα με την παράγραφο **UMTS P-SCH View**. Οι καταγραφές των υπολοίπων καναλιών για όλους τους παρόχους βρίσκονται στο **Παράρτημα Β , Παράγραφος UMTS PNS CPICH View**.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 3.89 καταγράφεται η ισχύς του CPICH σήματος στο πεδίο του χρόνου καταγράφοντας τιμή **Ec(CPICH)=-79.6dBm**. Τα δύο σήματα με ίδιο **Scrambling Code** αλλά με διαφορετικό **Ec/Io** πηγάζουν από το ίδιο Node B αλλά λαμβάνονται από διαφορετικές κατευθύνσεις. Ο πολυδιαδρομικός όρος με σήμα με **Ec(CPICH)=-95.6dBm** και **Ec/Io(CPICH)=-19.6dB** ακολουθεί μία διαδρομή η οποία του επιφέρει εξασθένηση σε σχέση με τον κυρίαρχο όρο της πολυδιαδρομικής διάδοσης, ο οποίος είναι κατά περίπου **15 dB** ισχυρότερος (**Παράρτημα Β , Πίνακες 11, 13, 17**).



Εικόνα 3.89 UMTS PNS CPICH View Vodafone Channel 1



Εικόνα 3.90 UMTS PNS CPICH View Wind Channel 2

Όπως στο κανάλι της Vodafone έτσι και στο κανάλι της **Wind** καταγράφονται δύο σήματα τα οποία διαδίδονται μέσω διαφορετικών διαδρομών (διαφορετικό $E_c/I_o(\text{CPICH})$ και ίδιο **Scrambling Code**). Οι διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα δύο πολυδιαδρομικά σήματα είναι μικρές: $E_c(\text{CPICH})=-101.7\text{dBm}$ και $E_c/I_o(\text{CPICH})=-11.4\text{dB}$ έναντι $E_c(\text{CPICH})=-101.6\text{dBm}$ και $E_c/I_o(\text{CPICH})=-11.3\text{dB}$. Τέλος παρατηρείται ότι και στα δύο σήματα οι τιμές των παραμέτρων $E_c(\text{CPICH})$ και $E_c/I_o(\text{CPICH})$ είναι αρκετά μέτριες με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανό πρόβλημα στην επικοινωνία. (Παράρτημα Β, Πίνακες 11, 13, 18).



Εικόνα 3.91 UMTS PNS CPICH View Cosmote Channel 2

Στο κανάλι της **Cosmote** παρατηρούμε δύο σήματα όπως και στους άλλους παρόχους τα οποία διαδίδονται μέσω διαφορετικών διαδρομών αλλά πηγάζουν από το ίδιο Node B. Αυτό επιβεβαιώνεται από τις διαφορετικές τιμές που καταγράφονται στο $E_c/I_o(\text{CPICH})$ και την ίδια τιμή στο Scrambling Code. Επίσης παρατηρούμε ότι οι τιμές των παραμέτρων $E_c(\text{CPICH})=-97\text{dBm}$ και $E_c/I_o(\text{CPICH})=-12.6\text{dB}$ και $E_c(\text{CPICH})=-87\text{dBm}$ και $E_c/I_o(\text{CPICH})=-2.6\text{dB}$ παρουσιάζει μία αρκετά ικανοποιητική κατάσταση. (Παράρτημα Β, Πίνακες 11, 13, 19).

Επίσης σημειώνονται οι τύποι για τον υπολογισμό των παραπάνω παραμέτρων ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$RSCP = P_{total} + E_c/I_o$$

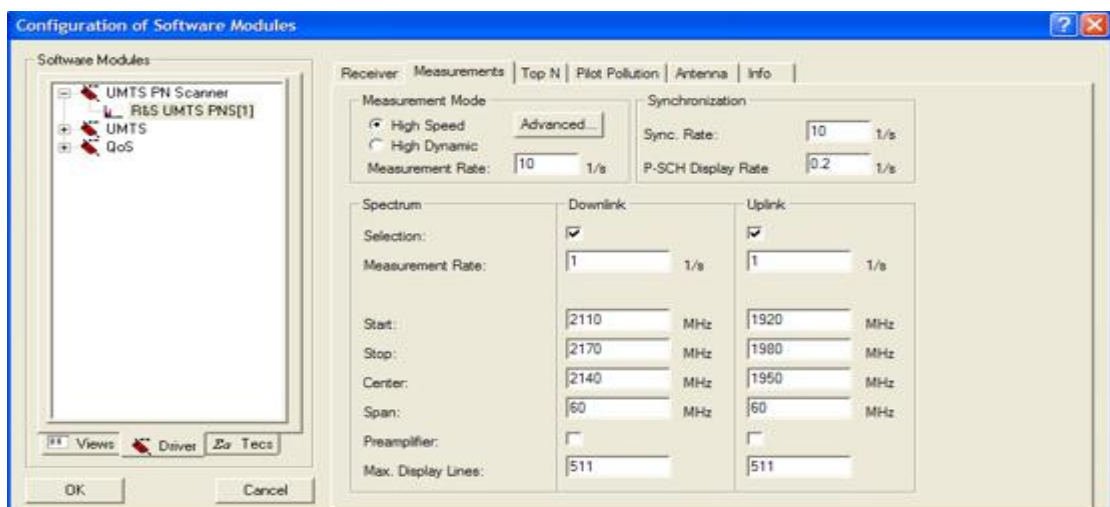
$$E_c(P - SCH) = P_{total} + E_c/I_o(P - SCH)$$

$$E_c(S - SCH) = P_{total} + E_c/I_o(S - SCH)$$

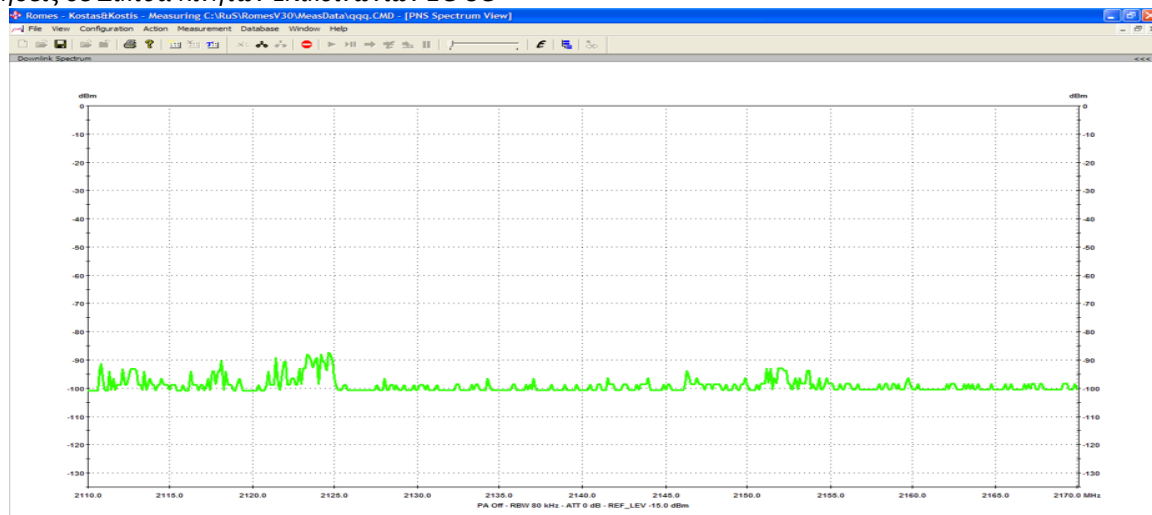
Τέλος, παρατηρείται ότι η Vodafone παρουσιάζει καλύτερη ισχύ λήψης αλλά η Cosmote παρουσιάζει πιο καλές επιδόσεις σε ότι αφορά τις παρεμβολές. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε καλύτερη χρήση κωδικών και συχνοτήτων αλλά επίσης θα μπορούσε να οφείλεται και σε χαμηλότερη 3G κίνηση.

3.10.3 UMTS PNS Spectrum View

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζεται η συνολική ισχύς στο Uplink και στο Downlink στις συχνότητες του UMTS 2100. Κάθε κανάλι απέχει από το προηγούμενο 5MHz. Για την λήψη των μετρήσεων του **UMTS PNS Spectrum View** θα πρέπει να γίνουν πρώτα οι παρακάτω ρυθμίσεις ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα: **Configuration** → **Hardware** → **Driver** → **R&S PN Scanner** **R&S UMTS PNS** → **Measurements** → **Selection** → **Spectrum** → **Selection** → **Επιλέγουμε Downlink, Uplink** και ρυθμίζουμε τι υπόλοιπες παραμέτρους.



Εικόνα 3.92 Παράμετροι για UMTS PNS Spectrum View



Εικόνα 3.93 UMTS PNS Spectrum Downlink View

Στο διάγραμμα **UMTS PNS Spectrum Downlink View** απεικονίζονται οι συχνότητες Downlink των καναλιών όλων των παρόχων στο UMTS 2100. Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τα κανάλια της Vodafone, Cosmote και Wind μετρώντας παράλληλα την ισχύ RSSI του κάθε καναλιού και σημειώνοντας το Downlink UARFCN του κάθε καναλιού.

UARFCN Downlink	Downlink Frequency	Ισχύς Downlink RSSI
10564	2112.8 MHz	-92dBm
10589	2117.8 MHz	-90dBm
10614	2122.8 MHz	-88dBm
10639	2127.8 MHz	-97dBm

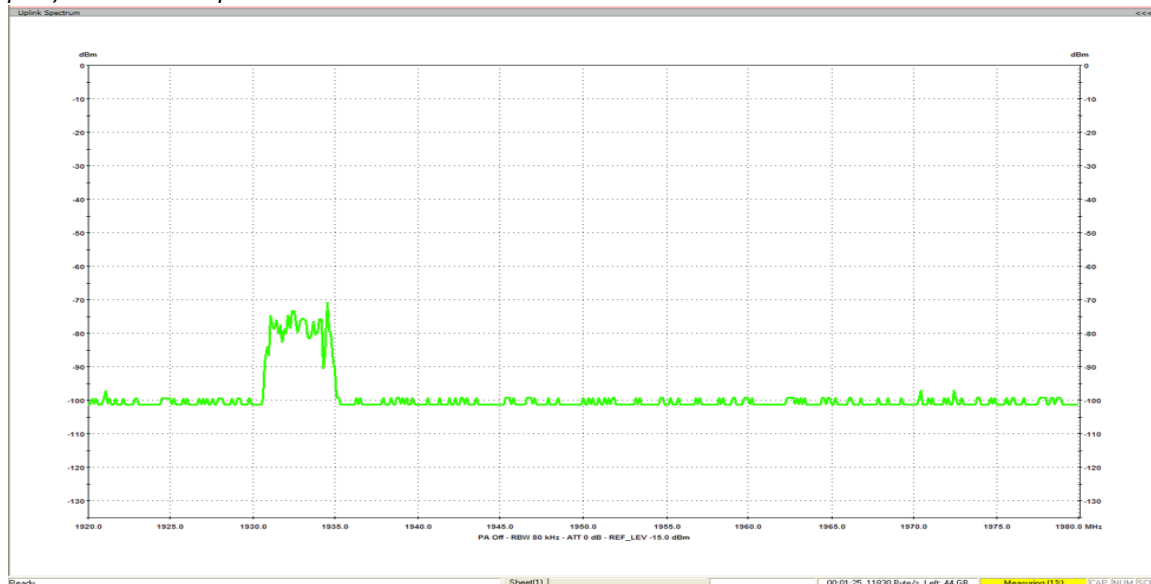
Πίνακας 3.3 Vodafone Channels Downlink

UARFCN Downlink	Downlink	Ισχύς Downlink
10564	2132.8 MHz	-98dBm
10589	2137.8 MHz	-97dBm

Πίνακας 3.4 Wind Channels Downlink

UARFCN Downlink	Downlink	Ισχύς Downlink
10564	2152.8 MHz	-92dBm
10589	2147.8 MHz	-95dBm
10614	2142.8 MHz	-97dBm

Πίνακας 3.5 Cosmote Channels Downlink



Εικόνα 3.94 UMTS PNS Spectrum Uplink View

Στο διάγραμμα **UMTS PNS Spectrum Uplink View** απεικονίζονται οι συχνότητες Uplink των καναλιών όλων των παρόχων στο UMTS 2100. Στον παρακάτω πίνακα περιγράφονται τα κανάλια της Vodafone, Cosmote και Wind μετρώντας παράλληλα την ισχύ RSSI του κάθε καναλιού και σημειώνοντας το Uplink UARFCN του κάθε καναλιού.

UARFCN Uplink	Uplink	Ισχύς Uplink
9614	1922.8 MHz	-99dBm
9639	1927.8 MHz	-99dBm
9664	1932.8 MHz	-73dBm
9689	1937.8 MHz	-90dBm

Vodafone Channels Uplink

UARFCN Uplink	Uplink	Ισχύς Uplink
9714	1942.8 MHz	-99dBm
9739	1947.8 MHz	-99dBm

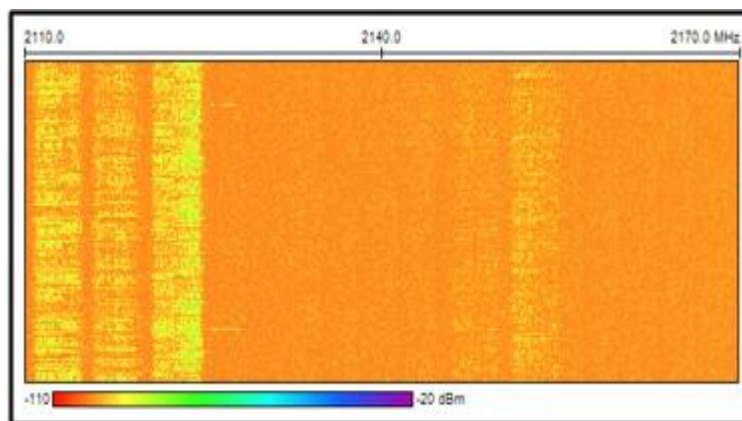
Wind Channels Uplink

UARFCN Uplink	Uplink	Ισχύς Uplink
9814	1962.8 MHz	-99dBm
9789	1957.8 MHz	-99dBm
9764	1952.8 MHz	-99dBm

Cosmote Channels Uplink

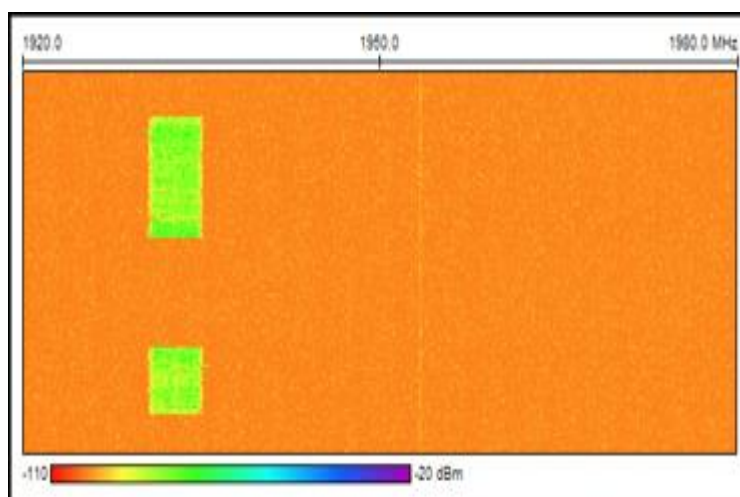
3.10.4 UMTS PNS Spectrum History View

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζεται η συνολική ισχύς σήματος στο χρόνο στο Downlink και το Uplink. Η συχνότητες αφορούν το UMTS 2100 και η απόσταση του κάθε καναλιού από το επόμενο είναι 5MHz.



Εικόνα 3.95 UMTS PNS Spectrum View Downlink

Στο Waterfall διάγραμμα καταγράφεται η ισχύς σήματος για τις συχνότητες των Downlink καναλιών των παρόχων Vodafone, Cosmote και Wind. Παρατηρείται ότι η ισχύς σήματος στις συχνότητες 2112.8MHz, 2117.8MHz, 2122.8MHz και 2127.8MHz είναι πιο ισχυρή. Ειδικότερα στη συχνότητα 2122.8MHz παρατηρείται η ισχυρότερη τιμή σήματος δηλαδή ~ -88 dBm όπως καταγράφηκε και στην παράγραφο UMTS PNS Spectrum View. Η καταγραφή σε ότι αφορά το δίκτυο της Vodafone ενδέχεται να διαμορφώνεται ως ένα βαθμό και από το τεστ κινητό το οποίο συνδέεται στο δίκτυο της Vodafone. Στους παρόχους Cosmote και Wind η ισχύς σήματος είναι αρκετά χαμηλή γεγονός που υποδεικνύει ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερα υψηλή 3G κίνηση για αυτούς τους παρόχους. Ενδεχομένως, αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί ως επιλογή κάλυψης της συγκεκριμένης περιοχής με δίκτυο GSM για τις κλήσεις φωνής και 4G για τις υπηρεσίες δεδομένων.



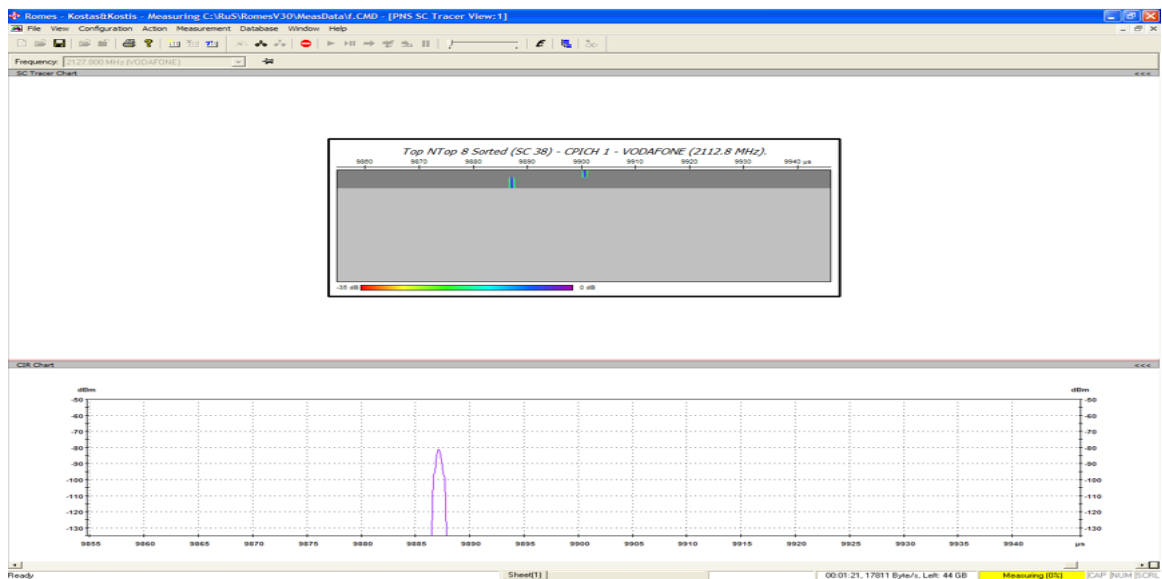
Εικόνα 3.96 UMTS PNS Spectrum View Uplink

Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

Σε αυτό το Waterfall διάγραμμα καταγράφεται η Uplink ισχύς των καναλιών των τριών παρόχων. Παρατηρείται ότι σε όλα τα φάσμα συχνοτήτων η ισχύς σήματος είναι $\sim 73\text{dBm}$ εκτός από τη συχνότητα 1932.8MHz δηλαδή το κανάλι 9664. Με αυτό το κανάλι επικοινωνεί το κινητό με το δίκτυο οπότε όταν το κινητό δέχεται ή κάνει κλήση εκπέμπεται πιο ισχυρό σήμα. Αυτό παρατηρείται από το 'πράσινο χρώμα' κατά το οποίο χρονικό διάστημα πραγματοποιήθηκαν κλήσεις. Σε αυτά τα χρονικά διαστήματα η ισχύς σήματος είναι $\sim 70\text{dBm}$. Το κενό μεταξύ των δύο πράσινων πλαισίων σημαίνει ότι καταγράφηκαν δύο κλήσεις κατά την διάρκεια της καταγραφής του φάσματος.

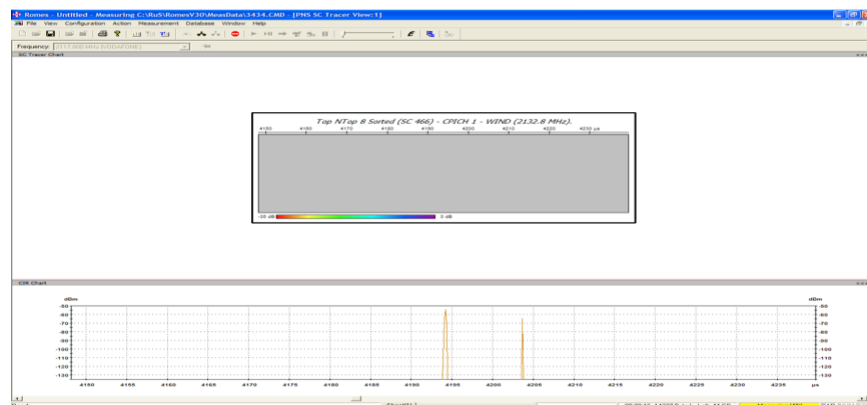
3.10.5 UMTS PNS SC Tracer View

Σε αυτή την παράγραφο καταγράφεται η διακύμανση ισχύος σήματος του CPICH (Common Pilot Channel) στο χρόνο για όλα τα λαμβανόμενα UMTS peaks.



Εικόνα 3.97 UMTS PNS SC Tracer View Vodafone Channel 1

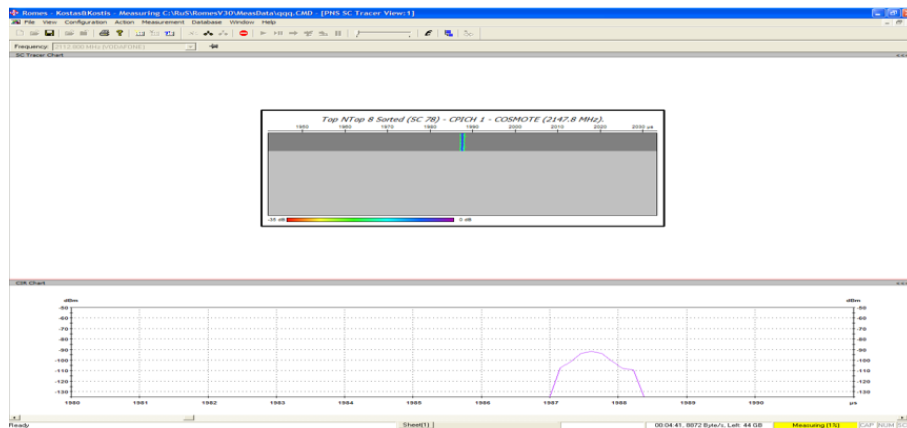
Στο CIR Chart καταγράφεται η μέση ισχύς σήματος του P-SCH. Η τιμή των -80dBm είναι καλή και προσφέρει δυνατό σήμα με καλές ταχύτητες δεδομένων. (Παράρτημα Β , Πίνακας 11).



Εικόνα 3.98 UMTS PNS SC Tracer View Wind Channel 1

Μετρήσεις σε Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών 2G-3G

Στο CIR Chart παρατηρείται ότι υπάρχουν δύο σήματα το οποίο σημαίνει ότι πηγάζουν από το ίδιο Node B αλλά διαδίδονται σε διαφορετικές κατευθύνσεις όπως παρατηρήθηκε και σε άλλες παραγράφους. Η τιμή -55dBm και -65dBm είναι εξαιρετικές άρα το σήμα είναι δυνατό με μέγιστες ταχύτητες μεταφοράς. **(Παράρτημα Β, Πίνακας 11)**



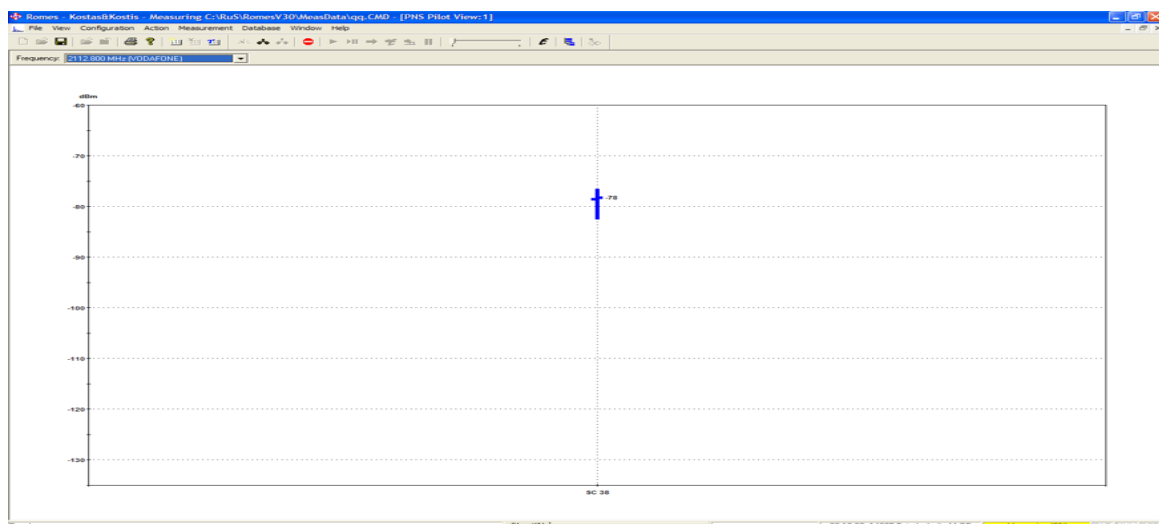
Εικόνα 3.99 UMTS PNS SC Tracer View Cosmote Channel 2

Η τιμή -90dBm είναι μέτρια άρα μπορεί να υπάρχουν διακοπές στην επικοινωνία. **(Παράρτημα Β, Πίνακας 11).**

Συμπερασματικά η Wind καταγράφει την καλύτερη μέτρηση από Vodafone και Cosmote με μεγάλη διαφορά.

3.10.6 UMTS PNS Pilot View

Σε αυτή την μέτρηση καταγράφεται το **RSCP (Received Signal Code Power)** στο **CPICH (Common Pilot Channel)**. Οι καταγραφές των υπολοίπων καναλιών για όλους τους παρόχους βρίσκονται στο **Παράρτημα Β, Παράγραφος UMTS PNS Pilot View**.



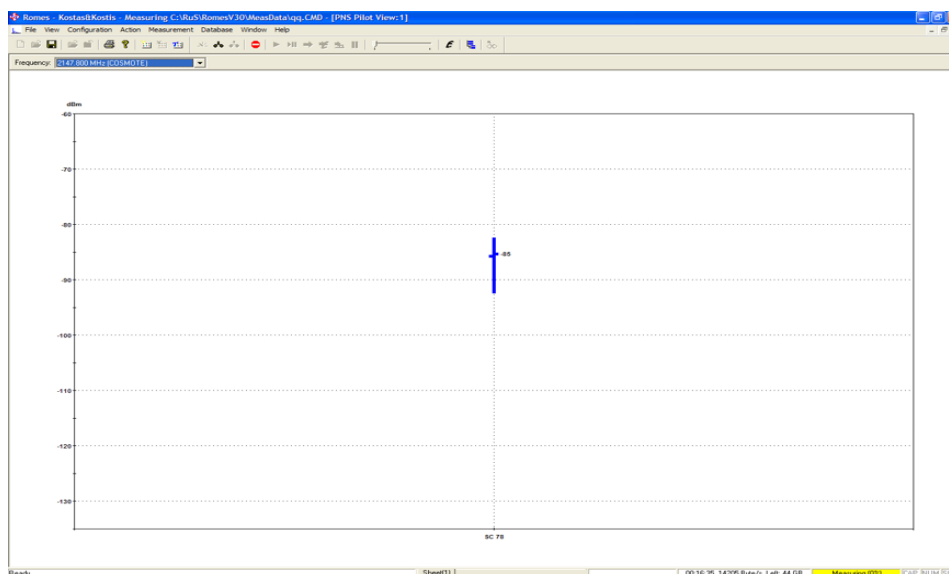
Εικόνα 3.100 UMTS PNS Pilot View Vodafone Channel 1

Στο κανάλι της Vodafone καταγράφεται η τιμή $\text{RSCP} = -78\text{dBm}$ κατά την οποία το σήμα είναι αξιόπιστο με γρήγορες ταχύτητες δεδομένων. **(Παράρτημα Β, Πίνακας 12).**



Εικόνα 3.101 UMTS PNS Pilot View Wind Channel 2

Στο κανάλι της Wind παρατηρούνται δύο σήματα τα οποία όμως δεν έχουν το ίδιο Scrambling Code άρα δεν πηγάζουν από το ίδιο Node B. Αυτά τα δύο σήματα είναι Οι μετρήσεις RSCP=-100dBm και RSCP=-111dBm, οι οποίες είναι αρκετά κακές με αποτέλεσμα η απόδοση πέφτει κατακόρυφα ειδικά όσο η τιμή πλησιάζει τα -124dBm. **(Παράρτημα Β , Πίνακας 12).**



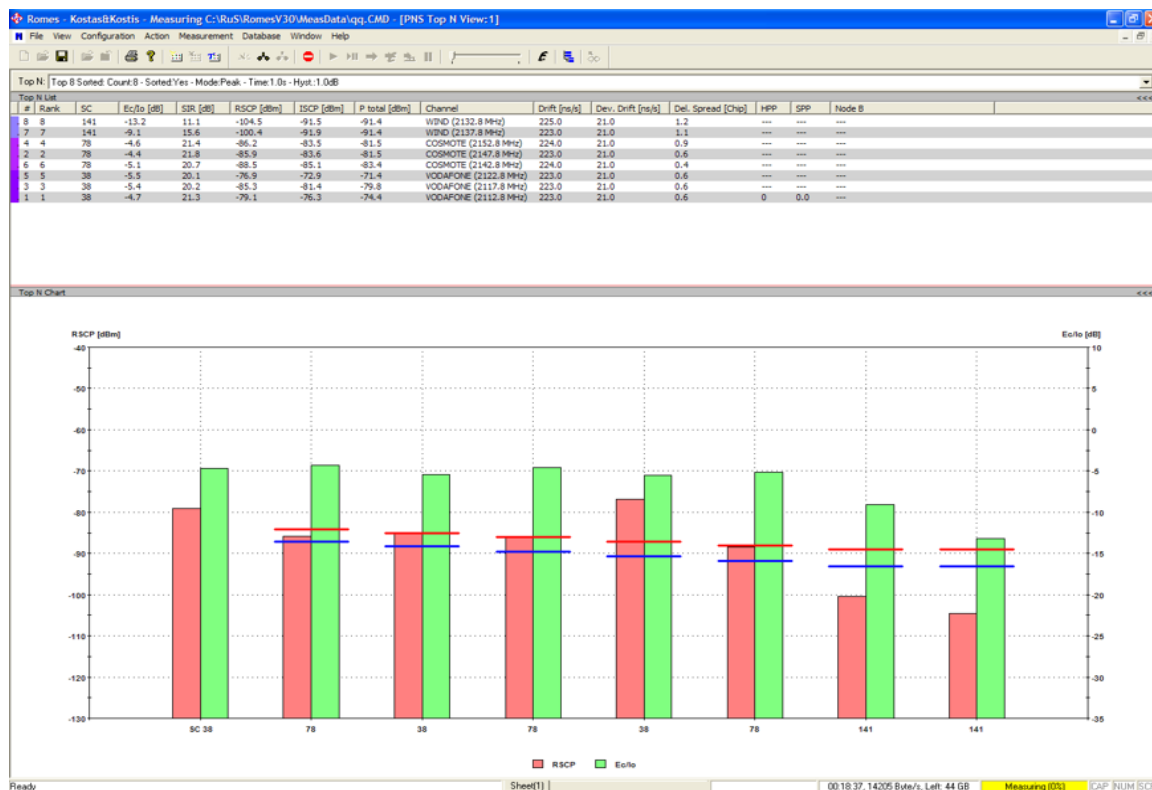
Εικόνα 3.102 UMTS PNS Pilot View Cosmote Channel 2

Το κανάλι της Cosmote καταγράφει μέτρηση RSCP=-85dBm η οποία τιμή είναι αξιόπιστη με αξιόπιστο σήμα και γρήγορες ταχύτητες δεδομένων. **(Παράρτημα Β , Πίνακας 12).**

Συμπερασματικά παρατηρείται ότι συγκρίνοντας τις τιμές των RSCP η Vodafone παρουσιάζει καλύτερη μέτρηση από Cosmote και Wind. Η Cosmote παρουσιάζει σχεδόν παραπλήσια μέτρηση με τη Vodafone ενώ η Wind παρουσιάζει μία αρκετά κακή μέτρηση, τουλάχιστον για την θέση στην οποία λειτουργεί το μετρητικό σύστημα.

3.10.7 UMTS PNS Top N View

Σε αυτή την παράγραφο καταγράφονται τα οκτώ πρώτα κανάλια τα οποία παρουσιάζουν τις καλύτερες μετρήσεις στο P-CPICH (Primary Common Pilot Channel).



Εικόνα 3.103 UMTS PNS Top N View

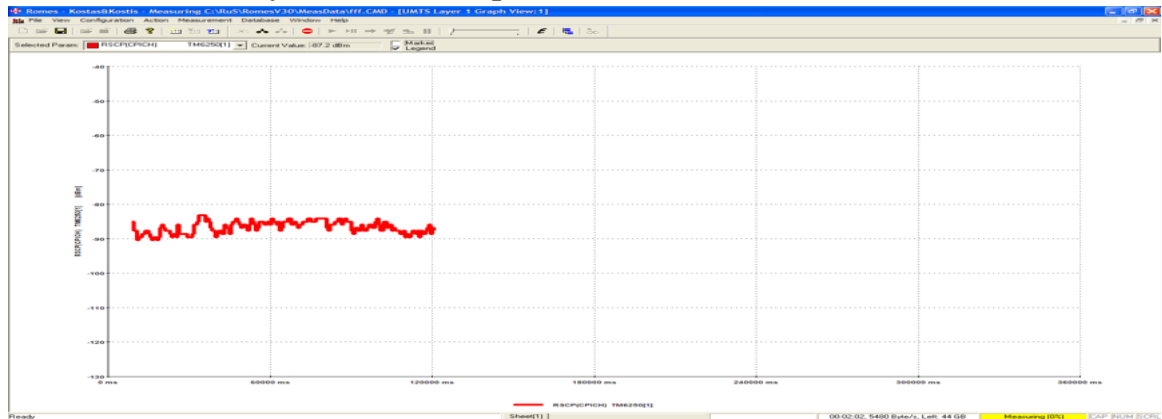
Αρχικά παρατηρούμε ότι τα σήματα με Scrambling Code 38 ανήκουν σε σταθμό βάσης Vodafone, σήματα με Scrambling Code 78 είναι Cosmote ενώ σήματα με Scrambling Code 141 ανήκουν στη Wind. Στη συνέχεια καταγράφεται η ενέργεια σήματος προς παρεμβολές Ec/Io από το οποίο εξάγεται το συμπέρασμα ότι η Vodafone και η Cosmote καταγράφουν εξαιρετικές μετρήσεις με μικρή διαφορά μεταξύ τους αλλά η Wind καταγράφει μέτριες έως κακές μετρήσεις με μεγαλύτερη διαφορά από τους άλλους παρόχους. Άρα Vodafone και Cosmote στο χώρο των μετρήσεων έχουν ικανοποιητική κάλυψη με μέγιστες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων ενώ η Wind έχει σήμα με καλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων αλλά με πιθανές διακοπές στην επικοινωνία. Μετά στο σήμα προς παρεμβολές SIR παρατηρείται ότι η Vodafone και η Cosmote καταγράφουν εξαιρετικό SIR αφού σε όλα τα κανάλια η τιμή είναι >20dB το οποίο μεταφράζεται σε δυνατό σήμα με μέγιστες ταχύτητες δεδομένων. Η Wind καταγράφει μέτριο έως κακό SIR αφού οι τιμές είναι >13dB το οποίο σημαίνει ότι οι ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων είναι αξιόπιστες αλλά μπορεί να υπάρξουν διακοπές όσο η τιμή αυτή πλησιάζει τα 0dB. Οι τιμές των RSCP όπως σημειώθηκε και στην παράγραφο UMTS PNS Pilot View έτσι και εδώ παρατηρείται ότι Vodafone και Cosmote με μικρή διαφορά μεταξύ τους καταγράφουν καλύτερες μετρήσεις από την Wind. Στις παρεμβολές ISCP βλέπουμε ότι στο κανάλι της Wind είναι πιο ισχυρές από ότι στην Cosmote και την Vodafone. Η Vodafone όμως καταγράφει λιγότερες παρεμβολές από τους άλλους παρόχους με αρκετή διαφορά. Η συνολική μέση λαμβανόμενη ισχύς κατά τη διάρκεια του συγχρονισμού

παρατηρείται να είναι σε καλύτερη επίπεδα στην Vodafone μετά στην Cosmote και τέλος στη Wind. (Παράρτημα Β , Πίνακες 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18).

3.11 UMTS Layer 1 Graph

Σε αυτή την παράγραφο απεικονίζονται σε γραφικές παραστάσεις οι διακυμάνσεις των παραμέτρων στο χρόνο του Layer 1.

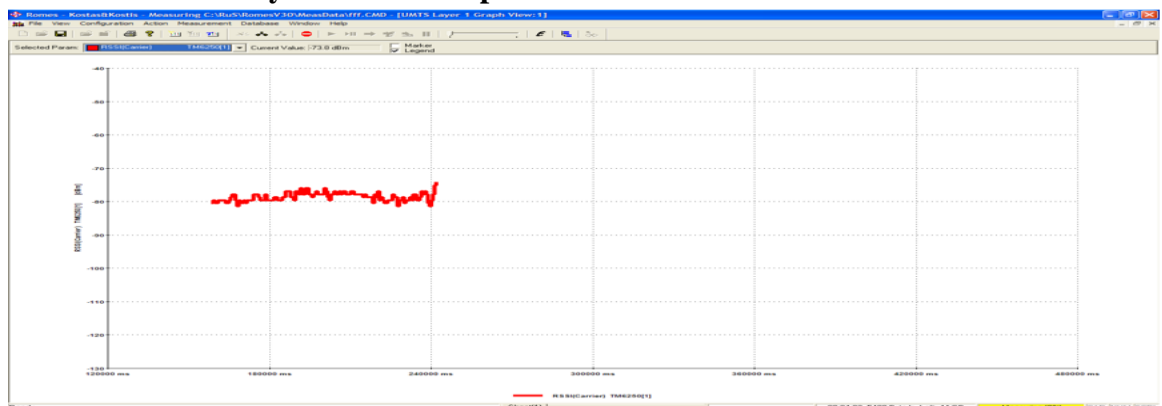
3.11.1 UMTS Layer 1 RSCP Graph



Εικόνα 3.104 UMTS Layer 1 RSCP Graph

Η ελάχιστη καταγραφόμενη τιμή RSCP=-90dBm σημαίνει ότι το σήμα είναι κακό με πιθανές διακοπές στην επικοινωνία. Η μέγιστη τιμή RSCP=-83dBm παρέχει αξιόπιστο σήμα και με γρήγορες ταχύτητες δεδομένων. Η τρέχουσα καταγραφόμενη τιμή -87.2dBm εντάσσεται στην κατηγορία του κακού σήματος με τα αποτελέσματα τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω. (Παράρτημα Β , Πίνακας 12).

3.11.2 UMTS Layer 1 RSSI Graph



Εικόνα 3.105 UMTS Layer 1 RSSI Graph

Η τιμή του RSSI κυμαίνεται από -73dBm έως -81dBm. Σε αυτό το εύρος τιμών η το σήμα είναι δυνατό και προσφέρει καλές ταχύτητες δεδομένων. Η τρέχουσα καταγραφόμενη τιμή -73.8dBm η οποία καταγράφεται υπάγεται στην κατηγορία του καλού σήματος. (Παράρτημα Β , Πίνακας 11).

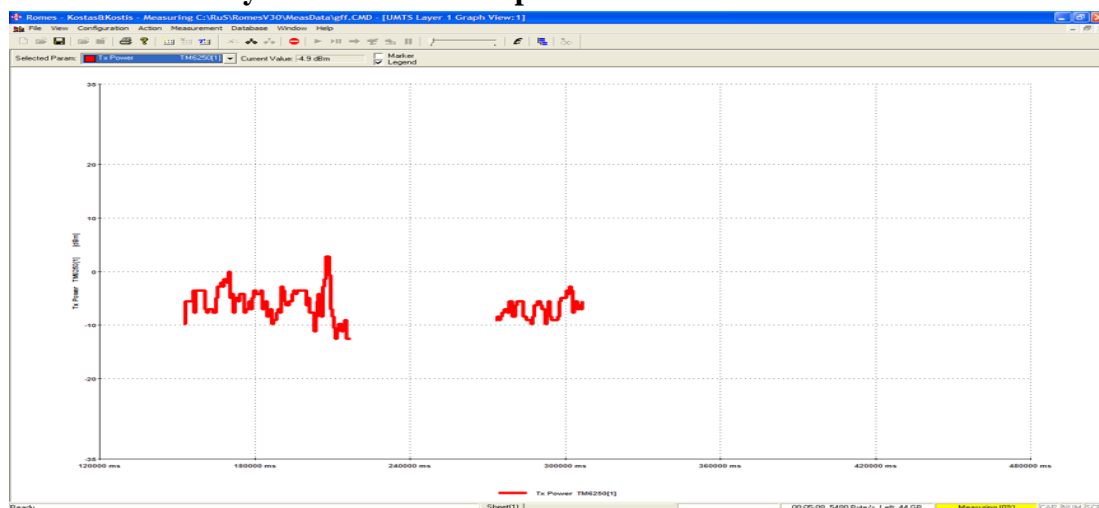
3.11.3 UMTS Layer 1 Ec/Io Graph



Εικόνα 3.106 UMTS Layer 1 Ec/Io Graph

Η μέγιστη καταγραφόμενη τιμή $E_c/I_o = -5\text{dB}$ είναι εξαιρετική παρέχοντας δυνατό σήμα με μέγιστες ταχύτητες δεδομένων. Η ελάχιστη καταγραφόμενη τιμή $E_c/I_o = -9\text{dB}$ είναι καλή παρέχοντας δυνατό σήμα με καλές ταχύτητες δεδομένων. Η τρέχουσα καταγραφόμενη τιμή -8.7dB ανήκει στην κατηγορία καλού σήματος. (Παράρτημα Β , Πίνακας 13).

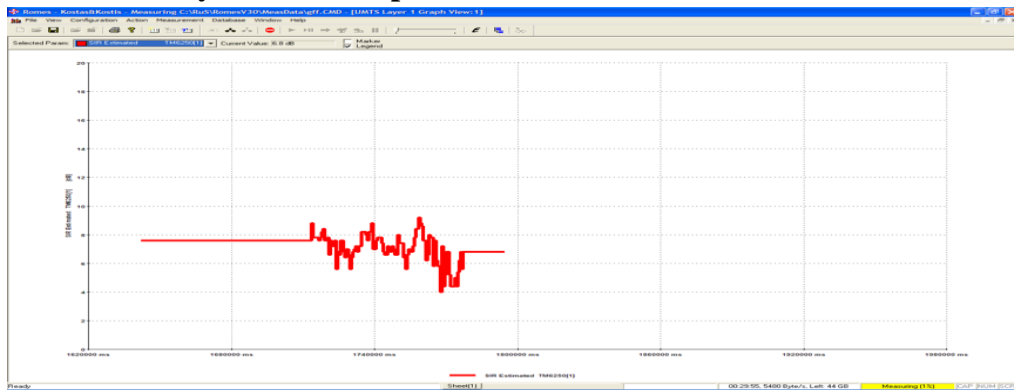
3.11.4 UMTS Layer 1 Tx Power Graph



Εικόνα 3.107 UMTS Layer 1 Tx Power Graph

Στην απεικόνιση του Tx Power (Transmit Power) δηλαδή της ισχύος μετάδοσης παρατηρείται ένα κενό ανάμεσα στα δύο γραφήματα, το οποίο σημαίνει ότι πραγματοποιήθηκαν δύο κλήσεις. Η μέγιστη τιμή του Tx Power καθορίζεται από το System Information Block 3. Η διακύμανση στην ισχύ εκπομπής αναμένεται να λειτουργεί συμπληρωματικά προς τις αντίστοιχες τιμές του λόγου σήματος προς παρεμβολής.

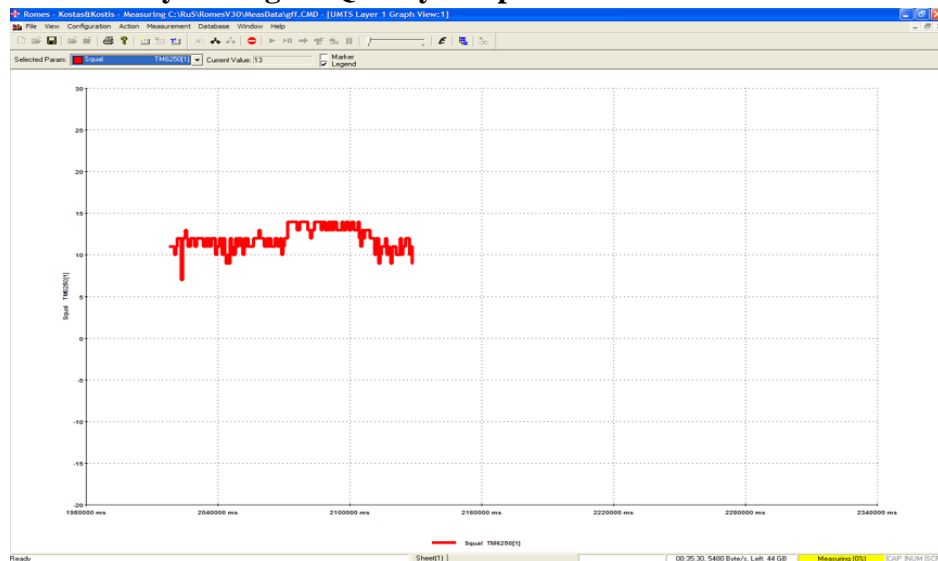
3.11.5 UMTS Layer 1 SIR Graph



Εικόνα 3.108 UMTS Layer 1 SIR Graph

Παρατηρείται ότι το γράφημα του SIR παραμένει σταθερό όταν δεν πραγματοποιείται κλήση ενώ οι μεταβολές στις τιμές του γραφήματος σημαίνουν ότι πραγματοποιείται κλήση άρα υπάρχουν παρεμβολές στη ζεύξη κινητού και σταθμού βάσης. Η ελάχιστη τιμή SIR=4dB σημαίνει ότι το σήμα είναι κακό έως μέτριο με αποτέλεσμα να υπάρχουν πιθανές διακοπές στην επικοινωνία. Η μέγιστη τιμή 8dB, η οποία καταγράφεται είναι μέτρια με αποτέλεσμα να υπάρχουν πιθανές διακοπές στην επικοινωνία. Η τρέχουσα καταγραφόμενη τιμή 6.8dB είναι αρκετά μέτρια με τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. **(Παράρτημα Β, Πίνακας 14).**

3.11.6 UMTS Layer 1 Signal Quality Graph



Εικόνα 3.109 UMTS Layer 1 Signal Quality Graph

Η τιμή του Signal Quality κυμαίνεται από 6dB έως 13dB. Σε αυτό το εύρος τιμών η ποιότητα σήματος είναι εξαιρετική έως καλή. Άρα σε αυτή την περίπτωση η ποιότητα κλήσης θα είναι αρκετά καλή.

3.11.7 UMTS Layer 1 Signal Received Level



Εικόνα 3.110 UMTS Layer 1 Signal Received Level Graph

Η τιμή του Signal Received Level κυμαίνεται από 20 έως 30. Στην χαμηλότερη τιμή δηλαδή το 20 αντιστοιχεί σε -91dBm έως -90dBm. Οι συγκεκριμένες τιμές αντιπροσωπεύουν αρκετά αξιόπιστο σήμα με αξιόπιστες ταχύτητες δεδομένων αλλά με πιθανές διακοπές στην επικοινωνία. Η μέγιστη μετρούμενη τιμή δηλαδή το 30 αντιστοιχεί σε -81dBm έως -80dBm και σε τιμές που αντιπροσωπεύουν ένα ισχυρό σήμα με καλές ταχύτητες δεδομένων. Η τρέχουσα τιμή δηλαδή το 27 αντιστοιχεί σε -84dBm έως -83dBm άρα το σήμα είναι δυνατό και με καλές ταχύτητες δεδομένων. Συμπεραίνουμε ότι σε όλο το εύρος τιμών το σήμα είναι δυνατό και με καλές ταχύτητες δεδομένων. (Παράρτημα Α, Πίνακας 1, 2).

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

4.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν από τη διεξαγωγή των μετρήσεων για τα τρία δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι οποιαδήποτε αξιολογικά συμπεράσματα προκύπτουν αφορούν αυστηρά τις συνθήκες κάτω από τις οποίες διεξήχθησαν οι μετρήσεις και δεν μπορούν να γενικευθούν. Αυτή η επισήμανση αφορά κυρίως τον περιορισμό που χαρακτηρίζει τις μετρήσεις σε ότι αφορά τον χώρο στις οποίες διεξήχθησαν. Συγκεκριμένα, όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον χώρο του Εργαστηρίου «Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών». Λαμβάνοντας υπόψη, ότι οποιοδήποτε δίκτυο μπορεί τοπικά να υπερτερεί ή να υπολείπεται σε επιδόσεις έναντι άλλων, τα όποια αξιολογικά συμπεράσματα μπορούν να διαφοροποιηθούν εάν οι μετρήσεις διεξαχθούν σε άλλο χώρο. Με αυτό το σκεπτικό, η κριτική αποτίμηση των μετρήσεων, η οποία ακολουθεί, αποτελεί μία επίδειξη ενός ερμηνευτικού-αξιολογικού σχολιασμού με τοπική ισχύ. Η γενίκευση των συμπερασμάτων, ιδιαίτερα σε ότι αφορά τις αξιολογικές προεκτάσεις τους, είναι εφικτή αλλά προϋποθέτει μία εκτεταμένη καμπάνια μετρήσεων σε πολλά διαφορετικά σημεία προκειμένου να υπάρχει μία αντιπροσωπευτική εικόνα για τις επιδόσεις των δικτύων.

4.1.1 Μετρήσεις GSM

Οι μετρήσεις “GSM Layer 1 View” (Εικόνα 3.13 και 3.14) με κριτήριο την ισχύ λήψης του BCH καναλιού καταγράφουν μία σαφή ιεραρχία ως προς το επίπεδο κάλυψης που προσφέρουν τα τρία δίκτυα στο σημείο, στο οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση. Σε κάθε περίπτωση, τα επίπεδα ισχύος βρίσκονται και για τα τρία δίκτυα πάνω από την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ προκειμένου να υπάρχει κάλυψη. Επίσης, το “GSM Layer 1 View” υποδεικνύει ότι και στα τρία δίκτυα ο αλγόριθμοι Cell Selection και Cell Reselection λειτουργούν ικανοποιητικά, διότι το Serving Cell το οποίο επιλέγει το MS είναι το καλύτερο σε σύγκριση με όλα τα γειτονικά κελιά τα οποία καταγράφονται. Η ορθή λειτουργία της διαδικασίας Cell Selection και Cell Reselection επιβεβαιώνεται και από τη μέτρηση “GSM ETSI QoS View” (Εικόνα 3.31). Τέλος, παρατηρείται ότι ένα από τα τρία δίκτυα ενθαρρύνει το Cell Reselection συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Η επιλογή αυτή μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερες συνθήκες κάλυψης, αρκεί να μην αυξηθεί υπέρμετρα η κινητικότητα των χρηστών οδηγώντας σε ασύμμετρες και απρόβλεπτες καταστάσεις ως προς την κίνηση, η οποία θα δημιουργείται στα κελιά. Με αφορμή την καταγραφή των παραμέτρων, οι οποίες καθορίζουν τα χαρακτηριστικά των αλγόριθμων Cell Selection και Cell Reselection, αξίζει να επισημανθεί ότι σε κανένα από τα τρία δίκτυα δεν παρατηρείται κάποια ενθάρρυνση/αποθάρρυνση για την επιλογή/επανεπιλογή κελιού. Ένας τυπικός λόγος για να υπάρχει ενθάρρυνση/αποθάρρυνση για την επιλογή/επανεπιλογή κελιού αφορά τον όγκο της κίνησης ανά κελί. Για παράδειγμα, ένα κελί επιβαρυνόμενο από την άποψη του όγκου κίνησης θα μπορούσε να ρυθμιστεί ώστε να μην επιλέγεται εύκολα και αντίθετα να επιλέγονται πιο εύκολα κελιά με λιγότερη κίνηση.

Η μέτρηση “GSM Report View” καταδεικνύει, μέσω διεξαγωγής τεστ κλήσεων φωνής, ότι η ισχύς λήψης (Rx Level) διαφοροποιείται αλλά η ποιότητα (Rx Quality) και στα τρία δίκτυα είναι εξαιρετική.

Η μέτρηση “GSM Layer 3 View” καταγράφει φυσιολογικές αλληλουχίες σηματοδότησης κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης κλήσης, τουλάχιστον ως προς το είδος των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται. Η εκτίμηση αυτή συμπληρώνεται και από τη μέτρηση “GSM ETSI QoS View”, η

οποία δείχνει ότι η διαδικασία αποκατάστασης κλήσης εξελίσσεται και στα τρία δίκτυα χωρίς ιδιαίτερες καθυστερήσεις.

Συνοψίζοντας, οι GSM μετρήσεις καταδεικνύουν πολύ μικρές διαφορές ως προς τον τρόπο λειτουργίας και τις επιδόσεις των τριών δικτύων.

4.1.2 Μετρήσεις WCDMA UMTS

Η μέτρηση “UMTS Layer 1 View” (Εικόνα 3.51) για το κανάλι CPICH καταδεικνύει μία ελαφριά υπεροχή κυρίως σε επίπεδο λόγου σήματος προς παρεμβολή Ec/Io και λιγότερο σε επίπεδο κάλυψης στο ένα από τα τρία δίκτυα. Το γεγονός ότι η υπεροχή μεταξύ των δυο καλύτερων δικτύων εντοπίζεται στο λόγο σήματος προς παρεμβολή Ec/Io και όχι στο επίπεδο λαμβανόμενης ισχύος RSCP υποδεικνύει ένα καλύτερο (χαμηλότερο) επίπεδο παρεμβολών στο ένα από τα δύο δίκτυα. Με τη σειρά του το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε διαφοροποίηση στο πλήθος των 3G συνδέσεων και στα περιθώρια inter0handover είτε σε δίκτυα 2G είτε σε δίκτυα 3G.

Η μέτρηση “UMTS CellSet View” (Εικόνα 3.55) υποδεικνύει ότι τουλάχιστον στη θέση στην οποία βρίσκεται το υπό μέτρηση UE δεν χρησιμοποιείται η δυνατότητα soft handover, δεδομένου ότι στο Active Set καταγράφεται μόνο ένα Node B. Επίσης, στο ίδιο μενού μέτρησης φαίνεται ότι ο αλγόριθμος ελέγχου της ισχύος λειτουργεί ικανοποιητικά διότι τουλάχιστον κατά τη διάρκεια της μέτρησης οι power control εντολές δεν δηλώνουν ανάγκη για μεγάλες αλλαγές.

Η μέτρηση “UMTS Network Analyzer View” επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι στο υπό μέτρηση δίκτυο ενδέχεται να υπάρχει ένα υψηλότερο επίπεδο παρεμβολών, διότι ίσως να υπάρχουν περισσότερες ενεργές συνδέσεις 3G UMTS. Σύμφωνα με τη μέτρηση (Εικόνα 3.58) εμφανίζονται τουλάχιστον 13 συνδέσεις διαφορετικών UE.

Η μέτρηση “UMTS Measurement Report View” (Εικόνα 3.77) υποδεικνύει ότι τουλάχιστον στη θέση που βρίσκεται το υπό μέτρηση UE, τα πλέον κοντινά κελιά μάλλον χαρακτηρίζονται από χαμηλό Ec/Io και κάλυψη. Επομένως, δικαιολογείται και η ύπαρξη ενός Active Set με ένα σταθμό βάσης (βλέπε μέτρηση “UMTS CellSet View”). Επίσης, μάλλον θα δικαιολογηθεί η εκτέλεση ενός inter-frequency handover προς το 4G σε περίπτωση που απαιτείται η επικοινωνία δεδομένων σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.

Η μέτρηση “UMTS Layer 3 View” καταγράφει μια φυσιολογική αλληλουχία Layer 3 μηνυμάτων, τα οποία ανταλλάσσονται κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης κλήσης. Επίσης, οι μετρήσεις “UMTS ETSI QoS View” αποδεικνύουν ότι μέσα από τη διεξαγωγή διαδοχικών τέστ κλήσεων τα ποσοστά επιτυχημένων κλήσεων σε αποδεκτό επίπεδο ποιότητας είναι αρκετά υψηλό (Εικόνα 3.83).

Οι μετρήσεις “UMTS PNS Views” (Εικόνα 3.86 – 102) καταδεικνύουν ότι το σήμα στο πεδίο του χρόνου είναι ιδιαίτερα σταθερό χωρίς να παρουσιάζει ιδιαίτερες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της κλήσης.

Οι συγκριτικές μετρήσεις “UMTS PNS Top N View” ανάμεσα στα τρία δίκτυα αποδεικνύει ότι τα δύο από τα τρία δίκτυα καταγράφουν εξαιρετικές μετρήσεις σε ότι αφορά το CPICH RSCP και Ec/Io. Το τρίτο δίκτυο παρουσιάζει αισθητά χειρότερες επιδόσεις και ενδέχεται να βασίζεται στο σχεδιασμό του στις δυνατότητες Inter-frequency handover.

Τέλος, οι μετρήσεις “UMTS Layer 1 Graph” (Εικόνες 3.104 – 3.110) δείχνει ότι ενώ η ισχύς λήψης είναι σταθερή στο πεδίο του χρόνου (το κινητό δεν μετακινείται) άλλα μεγέθη, όπως για παράδειγμα η ποιότητα και ο λόγος σήματος προς παρεμβολή, μεταβάλλεται. Αυτό αποτελεί μία επιπλέον ένδειξη για την ύπαρξη ενός ικανού πλήθους συνδέσεων, οι οποίες προκαλούν μία

αναμενόμενη διακύμανση στο επίπεδο παρεμβολών. Σε κάθε περίπτωση όμως το δίκτυο φαίνεται ότι μπορεί να αντισταθμίσει αυτές τις διακυμάνσεις, όπως τουλάχιστον φαίνεται από το διάγραμμα το οποίο σχετίζεται με τις εντολές ελέγχου ισχύος (Εικόνα 3.107).

4.1.3 Μελλοντικές Προεκτάσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία συνιστά μία πρώτη απόπειρα επίδειξης των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα μετρητικά συστήματα των δικτύων κινητών επικοινωνιών. Η επέκταση των μετρήσεων σε δίκτυα 4G – 5G αποτελεί μία εύλογη προέκταση της παρούσας εργασίας. Μια επιπλέον ενδιαφέρουσα πιθανή μελλοντική εργασία στα 2G – 3G δίκτυα θα ήταν η επέκταση των μετρήσεων σε διαφορετικές θέσεις σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους διαφορετικών τύπων καθώς και σε διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των χρηστών. Τέλος, μία ενδιαφέρουσα προέκταση θα ήταν η συνεργασία με κάποιον ή κάποιους από τους παρόχους, ώστε να κατανοηθεί ο συνολικός σχεδιασμός των δικτύων και στο πλαίσιο αυτό να διερευνηθεί οι ενδεχόμενες βελτιώσεις.

Βιβλιογραφία – Αναφορές - Διαδικτυακές Πηγές

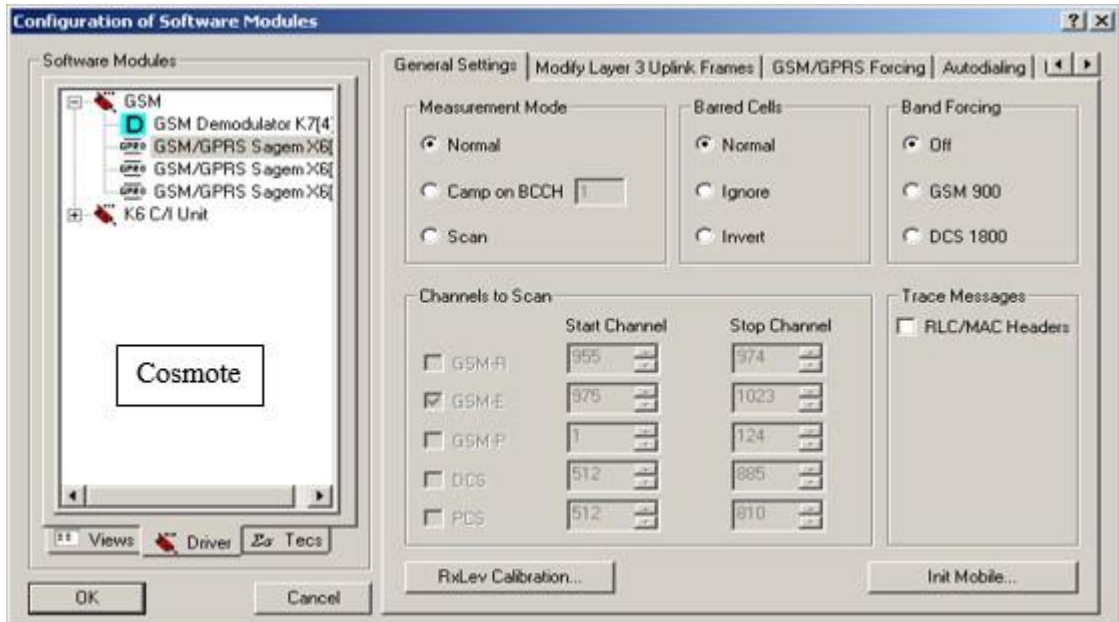
- [1] S. M. Redl, M. K. Weber, M. W. Oliphant, *An Introduction to GSM*, Artech House, 1995.
- [2] A. Mehrotra, *GSM System Engineering*, Artech House, 1997
- [3] R. Steele, C. Lee, P. Gould, *GSM, CDMAOne and 3G Systems*, Wiley, 2001
- [4] J. S. Lee, L. E. Miller, *CDMA Systems Engineering handbook*, Artech House, 1998.
- [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] S. G. Glisic, *Advanced Wireless Communications: 4G Technologies*, Wiley, 2004.
- [8] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practices*, Prentice Hall, 2003
- [9] H. L. Bertoni, *Radio Propagation for Modern Wireless Systems*, Prentice Hall, 2000.
- [10] S. R. Saunders, *Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems*, Wiley 1999.
- [11] Rohde & Schwarz, Radio Network Analyzer, R&S TSMU/TSMU-H, R&S Test and Measurement Division, Munich 2003.
- [12] Rohde & Schwarz, ROMES, R&S Coverage Measurement System, version 3.23 & 3.25, R&S Test and Measurement Division, Munich 2003
- [13] Rohde & Schwarz, TS9955 Standard System, service manual, R&S Test and Measurement Division, Munich 2003
- [14] Rohde & Schwarz, GSM, R&S Test and Measurement Division-Training Center, Munich 2003
- [15] Rohde & Schwarz, ROGER – Key Personnel Training, National Telecommunication and Post Commission, Athens 2003
- [16] Rohde & Schwarz, ROGER – Training, National Telecommunication and Post

- [17] Rohde & Schwarz, ROMES – Training, National Telecommunication and Post Commission, Athens 2005.
- [18] “Time Division Multiple Access (TDMA)”, www.ques10.com, 2020, <https://www.ques10.com/p/48271/time-division-multiple-access-tdma-2/> (πρόσβαση 10/09/21)
- [19] I. Alyafawi, “Real-Time Localization Using Software Defined Radio,” PhD Thesis, Universität Bern, Bern, 2015.
- [20] “What is 2G-3G-4G”, www.intelisecure.com, <https://www.intelisecure.com/what-is-2g-3g-4g/>, (πρόσβαση 10/09/2021)
- [21] Κωνσταντίνου Φίλιππος, Κανατάς Αθανάσιος, Γεώργιος Πάντος, *Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών*, Παπασωτηρίου, 2014.
- [22] “GSM Architecture.”, gsmcrazy.wordpress.com, 2010, <https://gsmcrazy.wordpress.com/2010/06/28/gsm-architecture-2/> (πρόσβαση 3/10/21)
- [23] G. Schäfer, A. Festag, H. Karl, “Current Approaches to Authentication in Wireless and Mobile Communications Networks”, Technical University Berlin, TKN Technical Report TKN-01-002, 2001.
- [24] “GSM Interfaces”, sites.google.com, 2010, <https://sites.google.com/site/gsmtheory/home/4-2-bearer-independent-circuit-switched-core-network-umts-release-4-/3-base-station-subsystem-bss-/4-gsm-interfaces>, (πρόσβαση 15/07/2021)
- [25] Cui, Y., Gao, F., Zhang, H. et al. KNN search-based trajectory cloaking against the Cell-ID tracking in cellular network. *Soft Comput* 24, 965–980 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00500-019-03935-2>
- [26] O. Obinna, S. Palaniappana, A. s. Abubakara, “Overview of Cellular Network: Impact of GSM to the economic Growth in Nigeria,” *Journal of Advanced & Applied Sciences (JAAS)*, 2 (6): 192-204, 2014.
- [27] “GSM protocol stack | MS GSM Protocol Layer 3”, www.rfwireless-world.com, 2012, <https://www.rfwireless-world.com/Articles/gsm-protocol-stack-Layer3.html> (πρόσβαση 17/07/2021).
- [28] “UMTS Interface Protocol”, telecom-knowledge.blogspot.com, (2014), <https://telecom-knowledge.blogspot.com/2014/11/umts-interface-protocol.html> (πρόσβαση 15/09/2021)
- [29] “3G Tutorials: Introduction to 3G”, www.3glteinfo.com, (2009), <http://www.3glteinfo.com/3g-tutorials-introduction-to-3g/> (Πρόσβαση

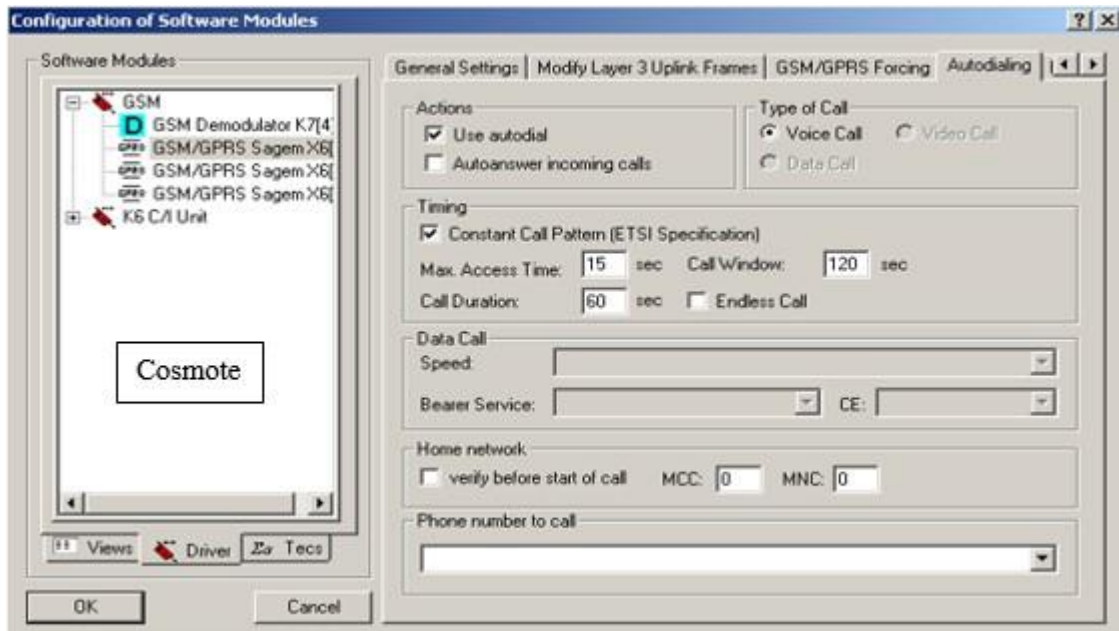
- [30] D. Gundlegård and J. Karlsson, “Road Traffic Estimation using Cellular Network Signalling in Intelligent Transportation Systems, Nova Science Publishers, Inc., 2009.
- [31] “WCDMA Air Interface”, www.slideshare.net, 2014,
<https://www.slideshare.net/sujeet4you/wcdma-air-interface-34371348>
(Πρόσβαση 20/09/2021)
- [32] “Channels and the Protocol Stack of UMTS”, teltechinsight.blogspot.com, 2018
<https://teltechinsight.blogspot.com/2018/11/channels-and-protocol-stack-of-umts.html> (Πρόσβαση 2/10/2021)
- [33] “UMTS Radio Path and Transmission”, www.slideshare.net,
<https://www.slideshare.net/gprsiva/03-umts-radio-path-and-transmissionnew>
(Πρόσβαση 5/10/2021)
- [33] “Mobile Signal Strength Recommendations,” wiki.teltonika-networks.com,
2021, https://wiki.teltonika-networks.com/view/Mobile_Signal_Strength_Recommendations (Πρόσβαση 5/10/2021)

Παράρτημα Α

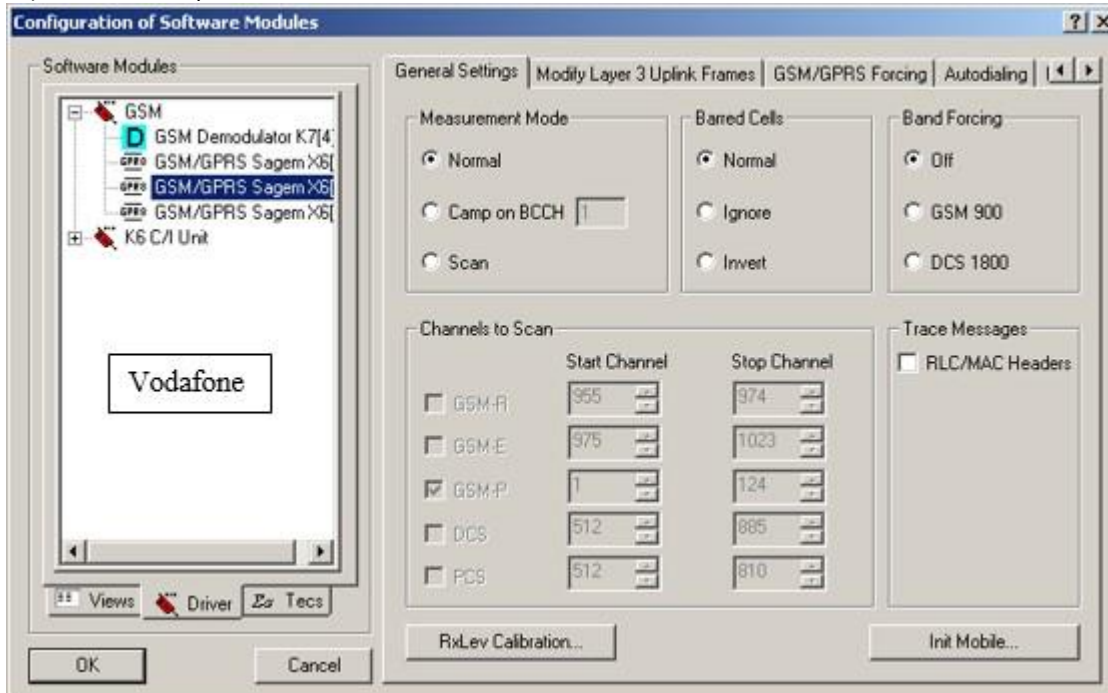
“GSM Normal Mode”



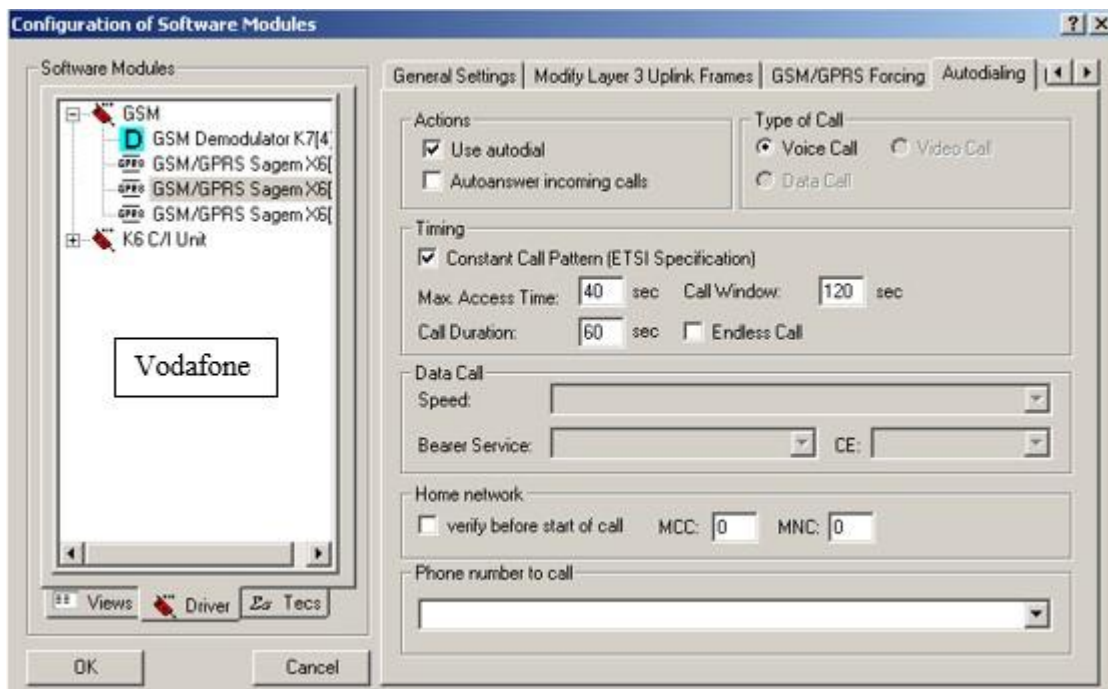
Εικόνα Π1.1 GSM Cosmote “Normal Mode”



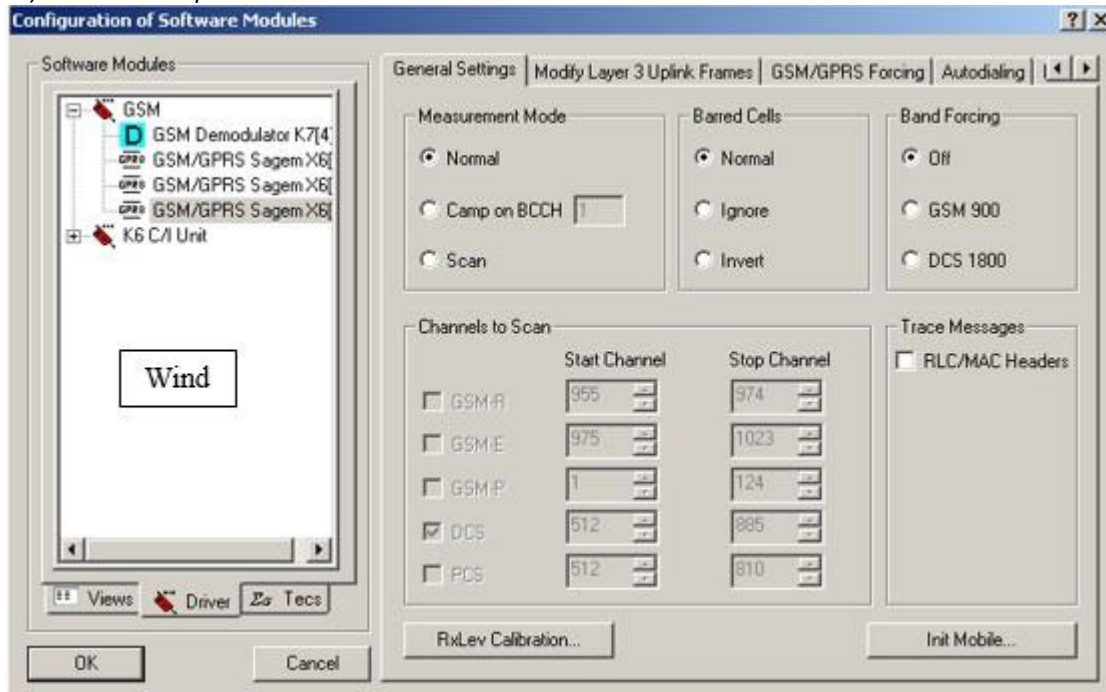
Εικόνα Π1.2 GSM Cosmote “Autodialing”



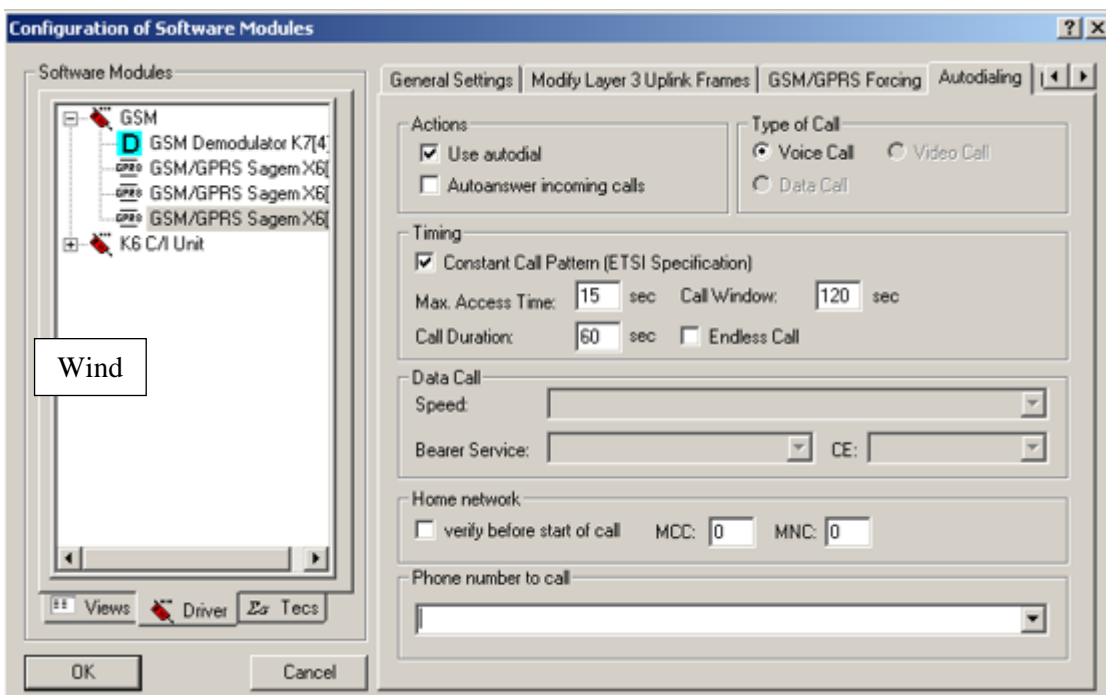
Εικόνα Π1.3 GSM Vodafone “Normal Mode”



Εικόνα Π1.4 GSM Vodafone “Autodialing”

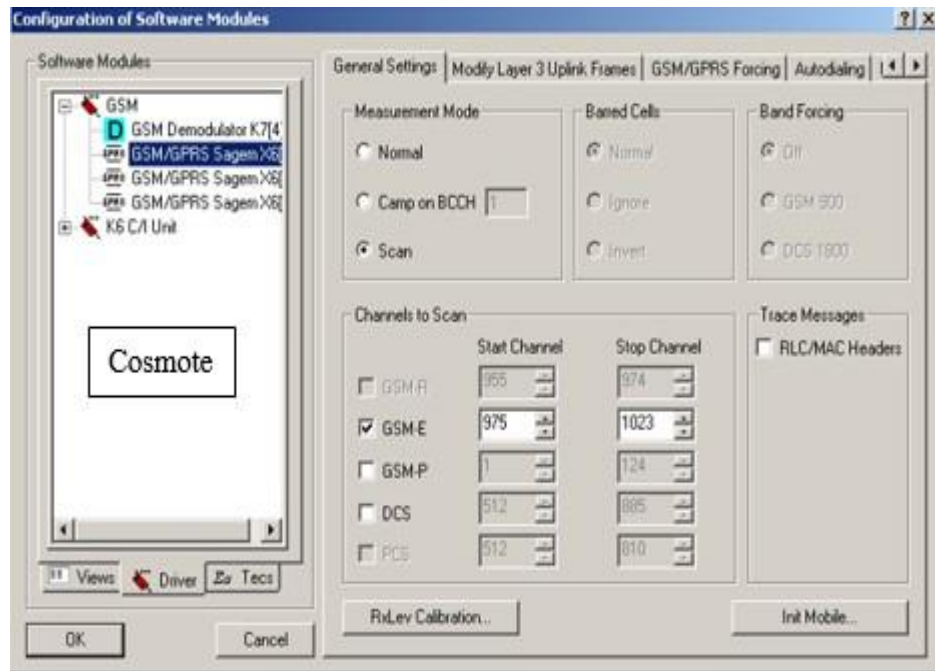


Εικόνα Π1.5 GSM Wind “Normal Mode”

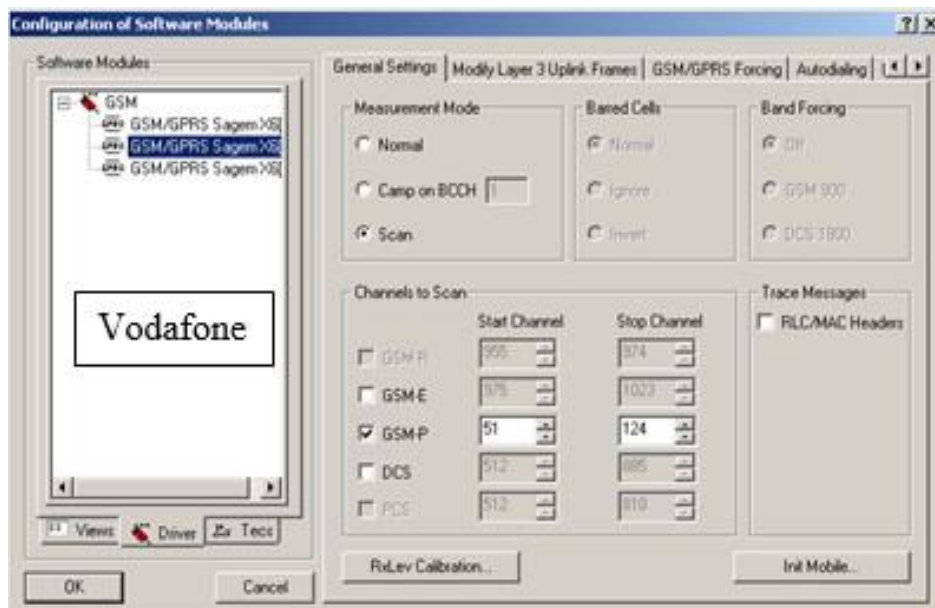


Εικόνα Π1.6 GSM Wind “Autodialing”

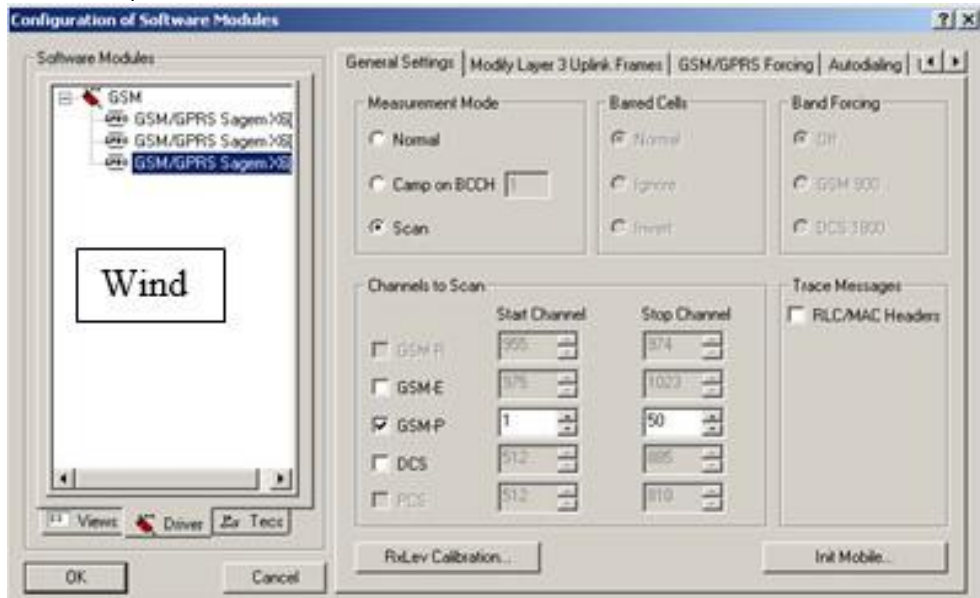
GSM Scan Mode GSM 900



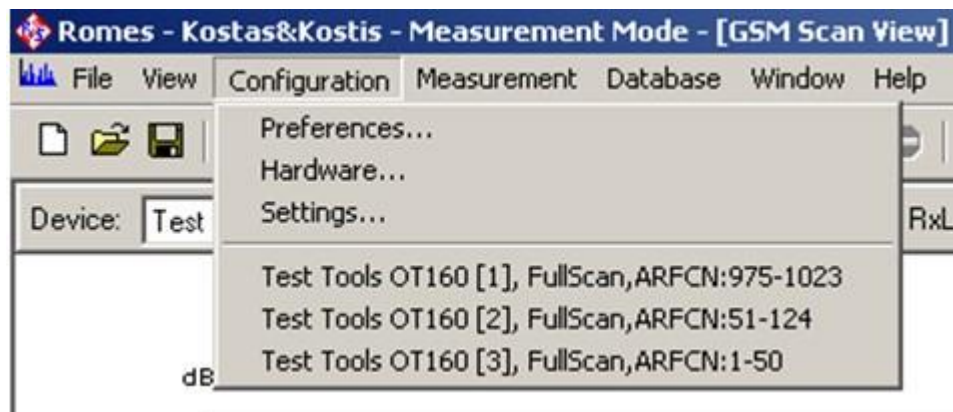
Εικόνα Π1.7 GSM Cosmote Scan Mode E-GSM 900



Εικόνα Π1.8 GSM Vodafone Scan Mode P-GSM 900

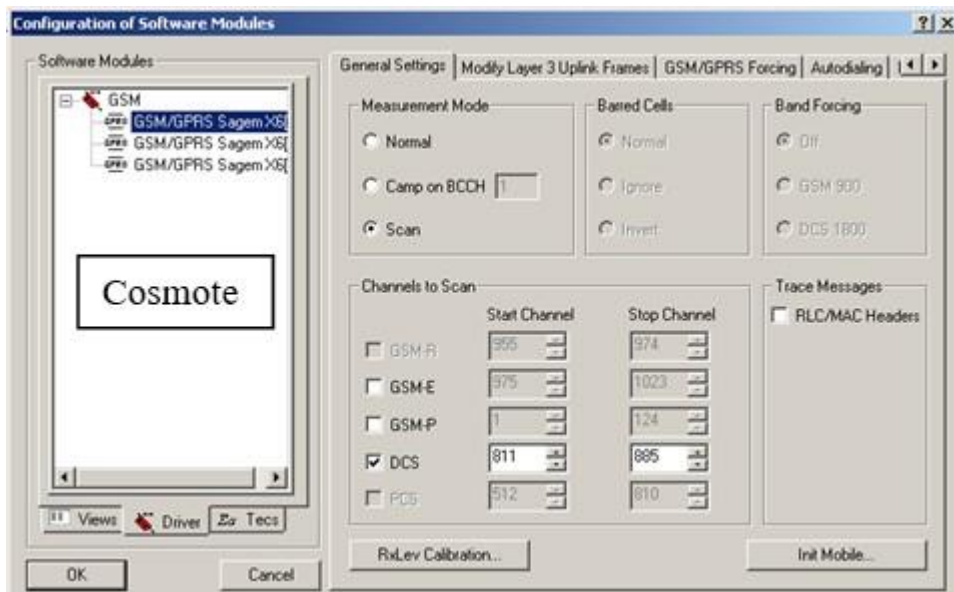


Εικόνα Π1.9 GSM Wind Scan Mode P-GSM 900

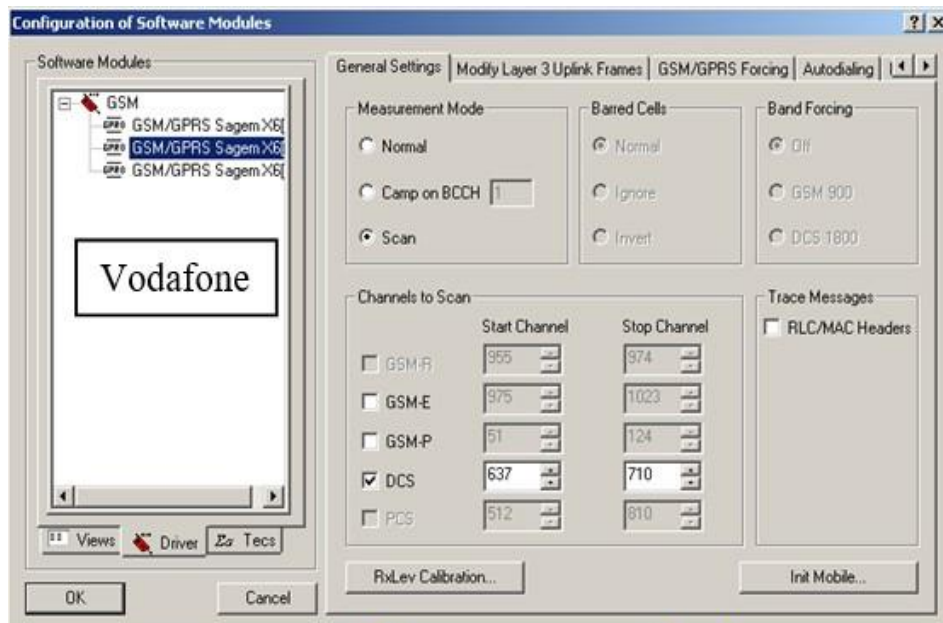


Εικόνα Π1.10 GSM Configuration Scan Mode GSM 900 Channels

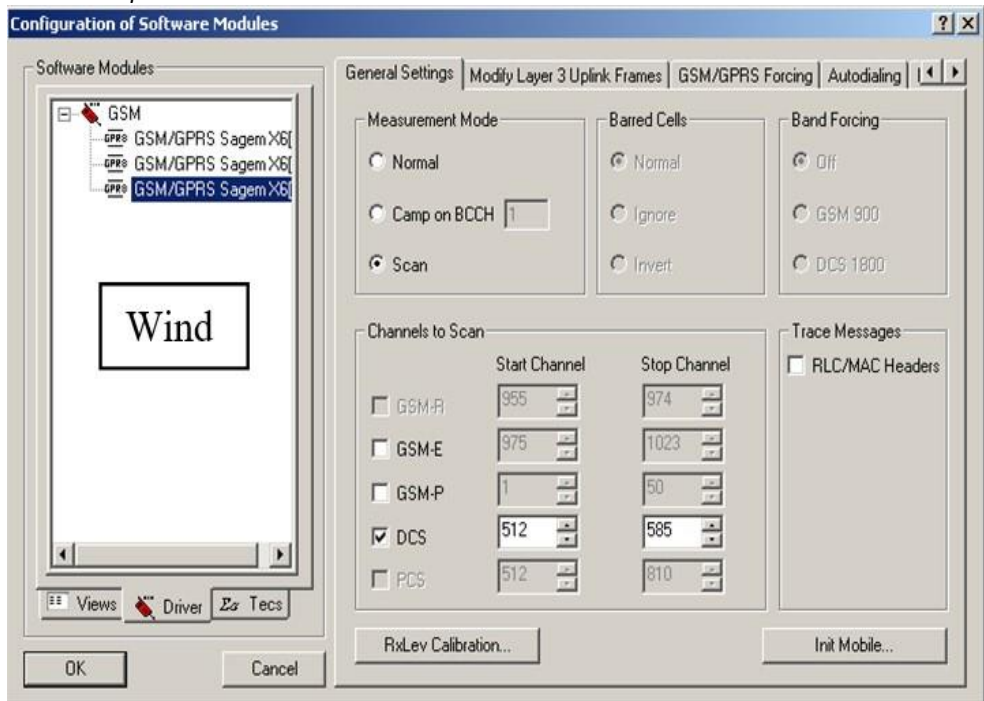
GSM Scan Mode DCS 1800



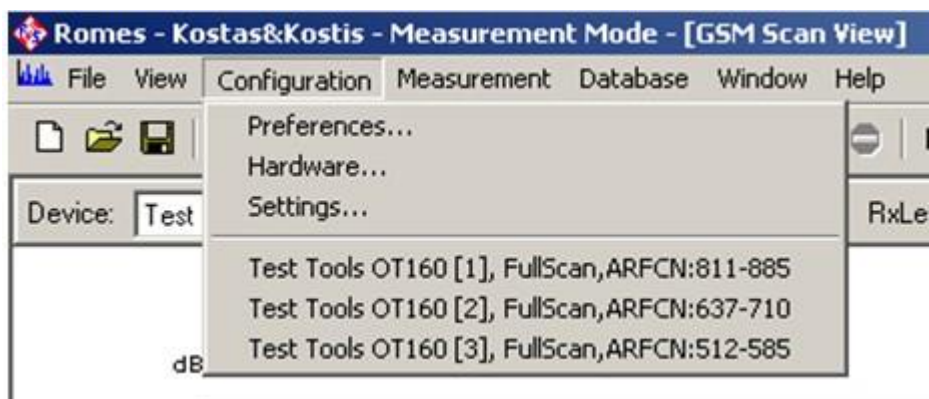
Εικόνα Π1.11 GSM Cosmote Scan Mode DCS 1800 Channels



Εικόνα Π1.12 GSM Vodafone Scan Mode DCS 1800 Channels



Εικόνα Π1.13 GSM Wind Scan Mode DCS 1800 Channels



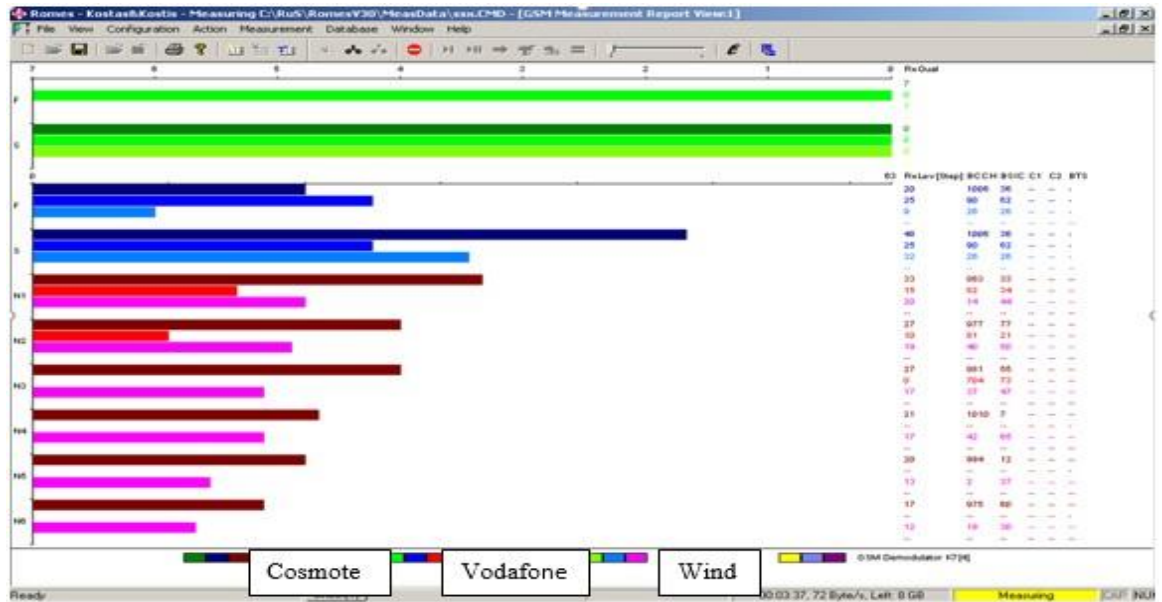
Εικόνα Π1.14 GSM Configuration Scan Mode DCS 1800 Channels

“GSM K7 Transmitter Scan”

CH	BSIC	CI	LAC	MNC	MCC	T (HEAS)	T (TDMA)	FN	T3
14	(44)	(21540)	(10800)	(010)	(202)	0:08:33	6.382	(990657)	(33)
19						0:05:28	5.085		
22	(21)	(12540)	(10500)	(010)	(202)	0:08:38	2.173	(1218599)	(5)
26	(26)	(30500)	(10500)	(010)	(202)	0:08:36	2.735	(1222977)	(48)
50	(31)	(7262)	(38)	(005)	(202)	0:07:41	5.364	(428515)	(13)
53	(62)	(18613)	(37)	(005)	(202)	0:07:42	2.655	(961372)	(22)
58	75	47017	37	005	202	0:08:21	7.267	966496	46
704	(73)	(47015)	(37)	(005)	(202)	0:08:39	7.262	(966496)	(46)
861						0:05:22	5.059		
863	(33)	(8281)	(2040)	(001)	(202)	0:08:39	5.017	(2273382)	(6)
869	(70)	(23842)	(2040)	(001)	(202)	0:08:27	7.702	(2272984)	(16)
877						0:07:26	5.034		
879						0:08:28	7.255		
884	(23)	(1511)	(2040)	(001)	(202)	0:08:38	6.451	(1538392)	(28)
1006	(36)	(8287)	(2040)	(001)	(202)	0:07:49	5.027	(2273382)	(6)

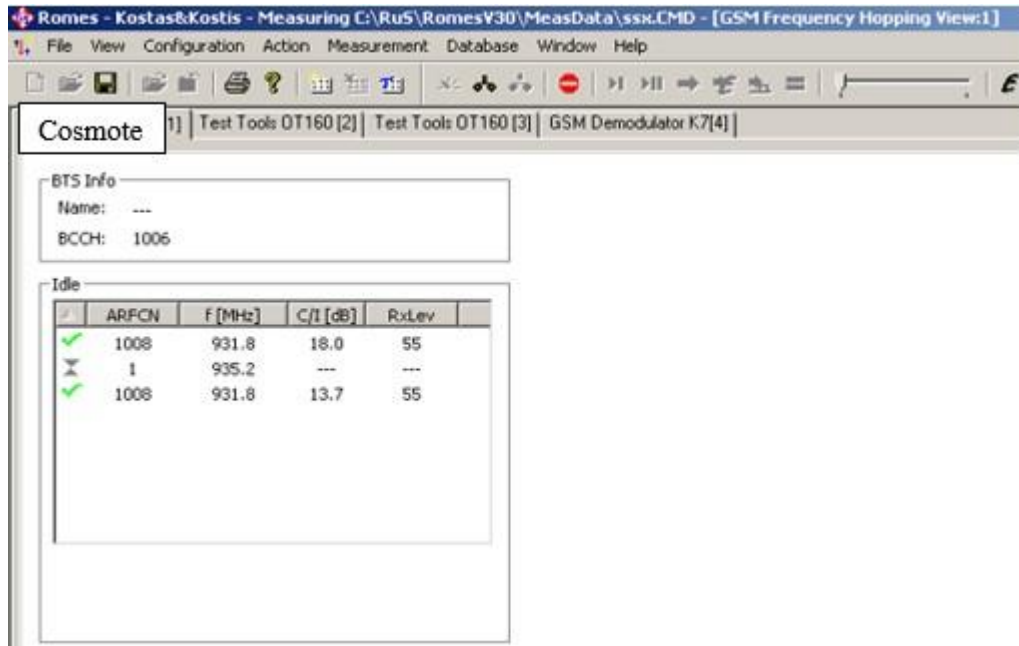
Εικόνα Π1.15 “GSM K7 Transmitter Scan”

“GSM Measurement Report View”

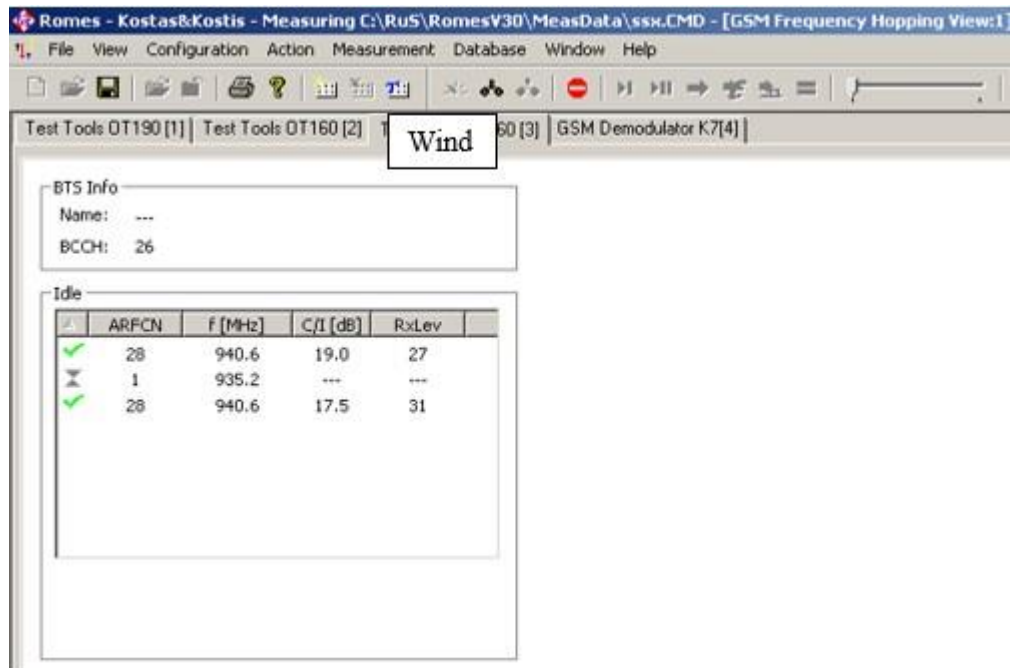


Εικόνα Π1.16 “GSM Measurement Report View”

“GSM Frequency Hopping View”

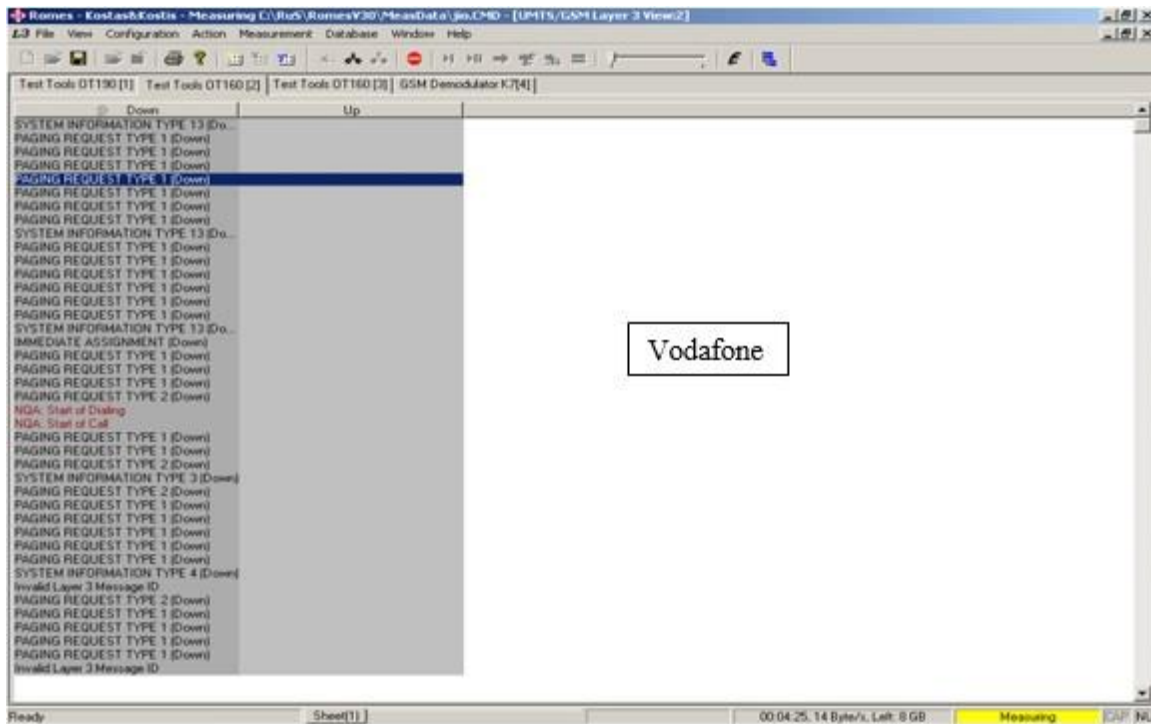


Εικόνα Π1.17 GSM Cosmote “Frequency Hopping View”

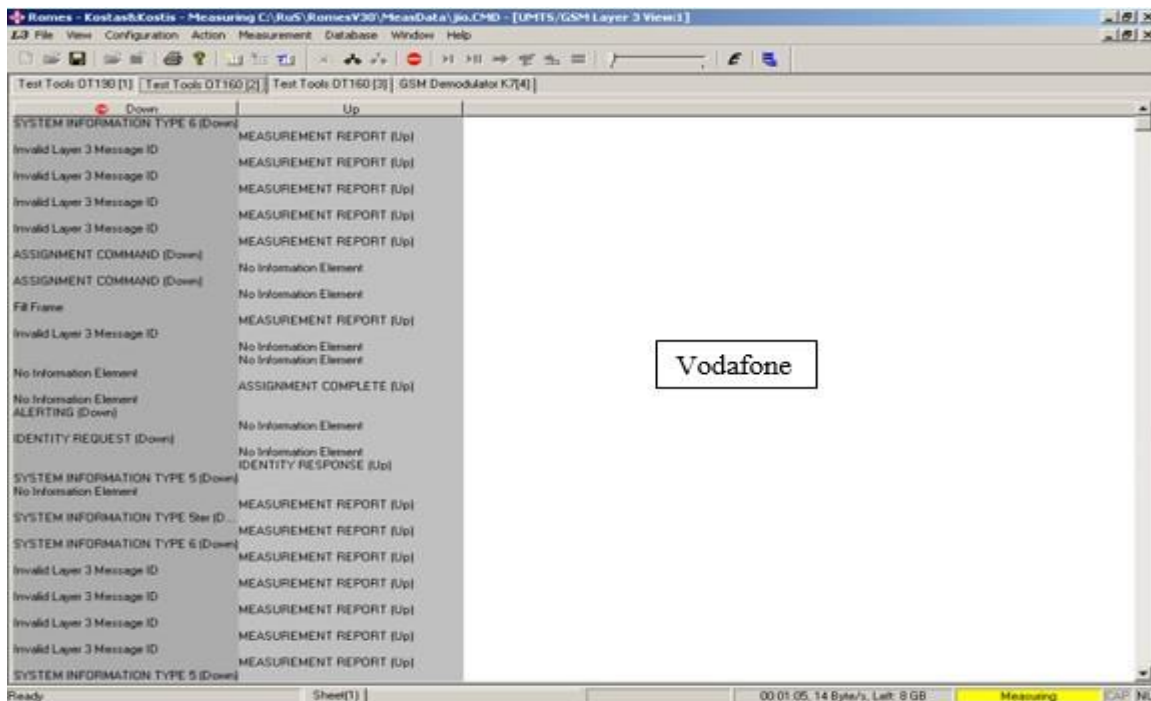


Εικόνα Π1.18 GSM Wind “Frequency Hopping View”

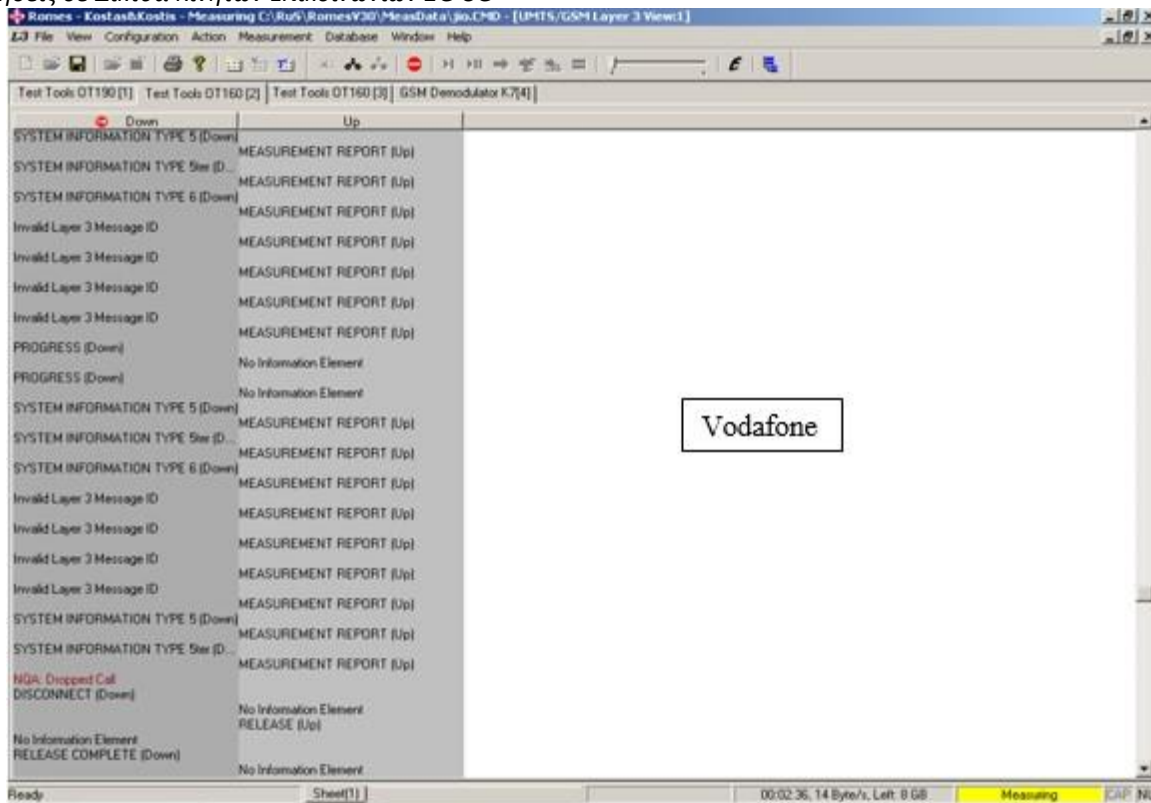
“GSM Layer 3 View”



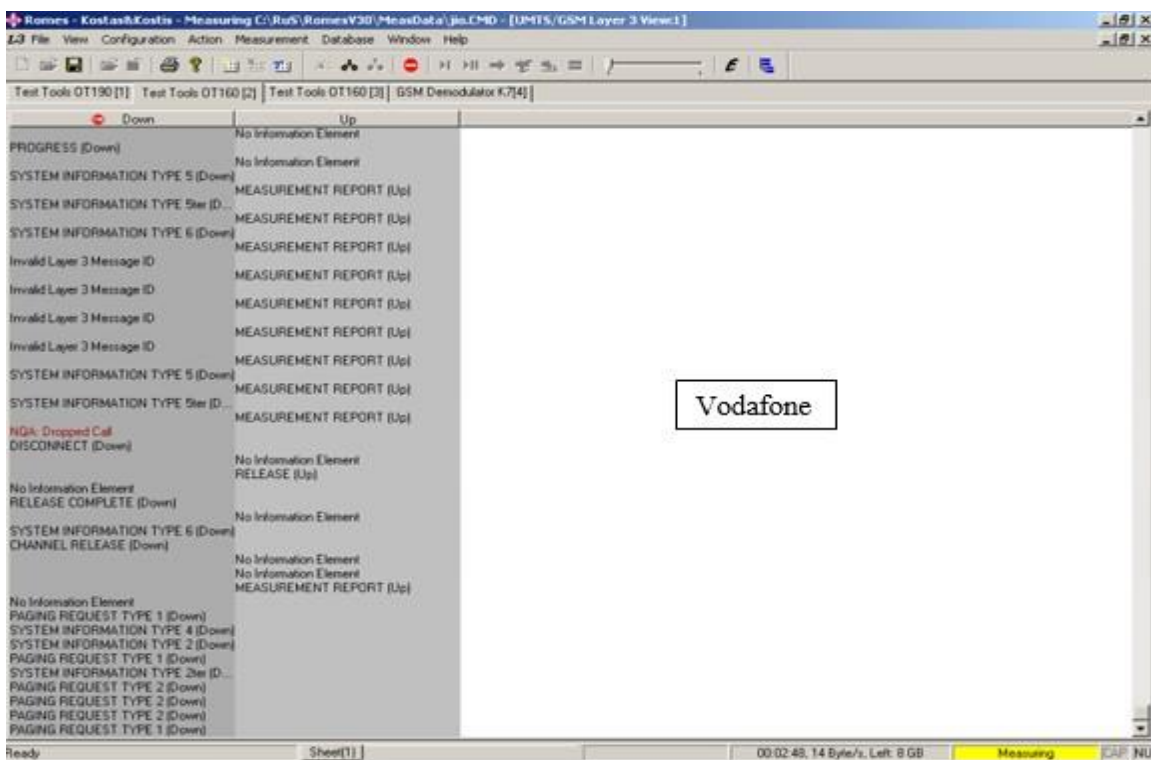
Εικόνα Π1.19 GSM Vodafone “Layer 3 View”



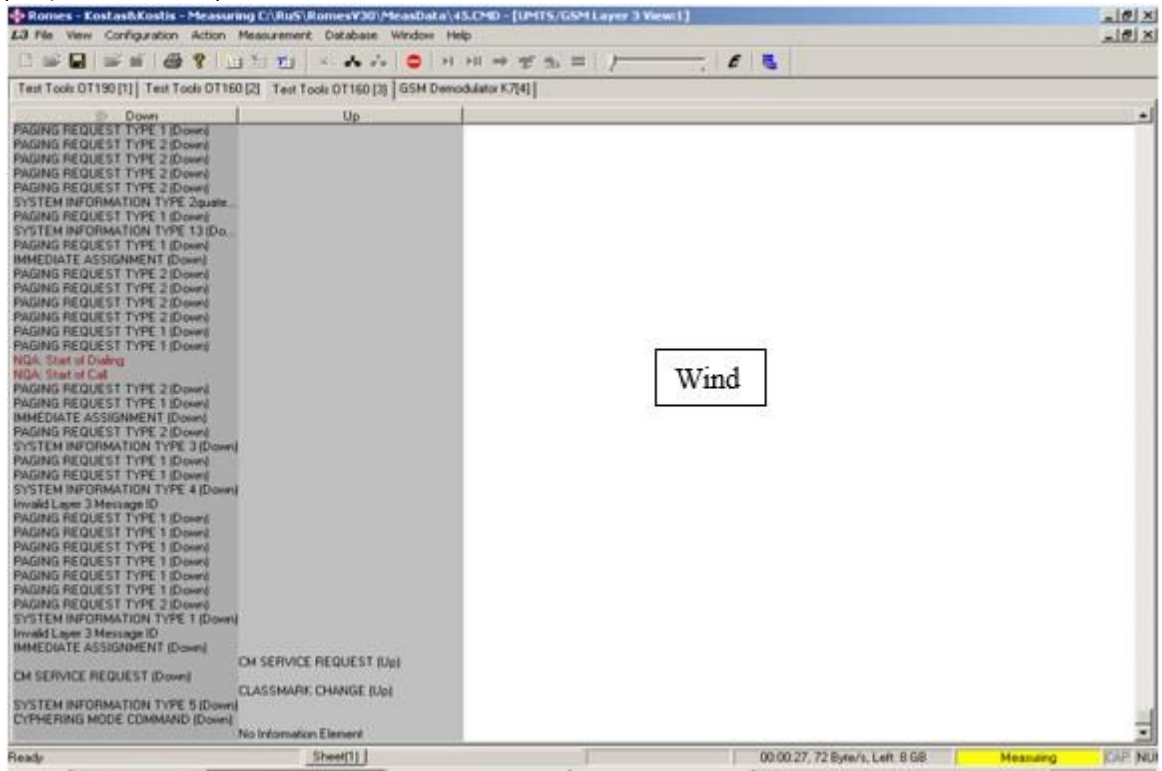
Εικόνα Π1.20 GSM Vodafone “Layer 3 View”



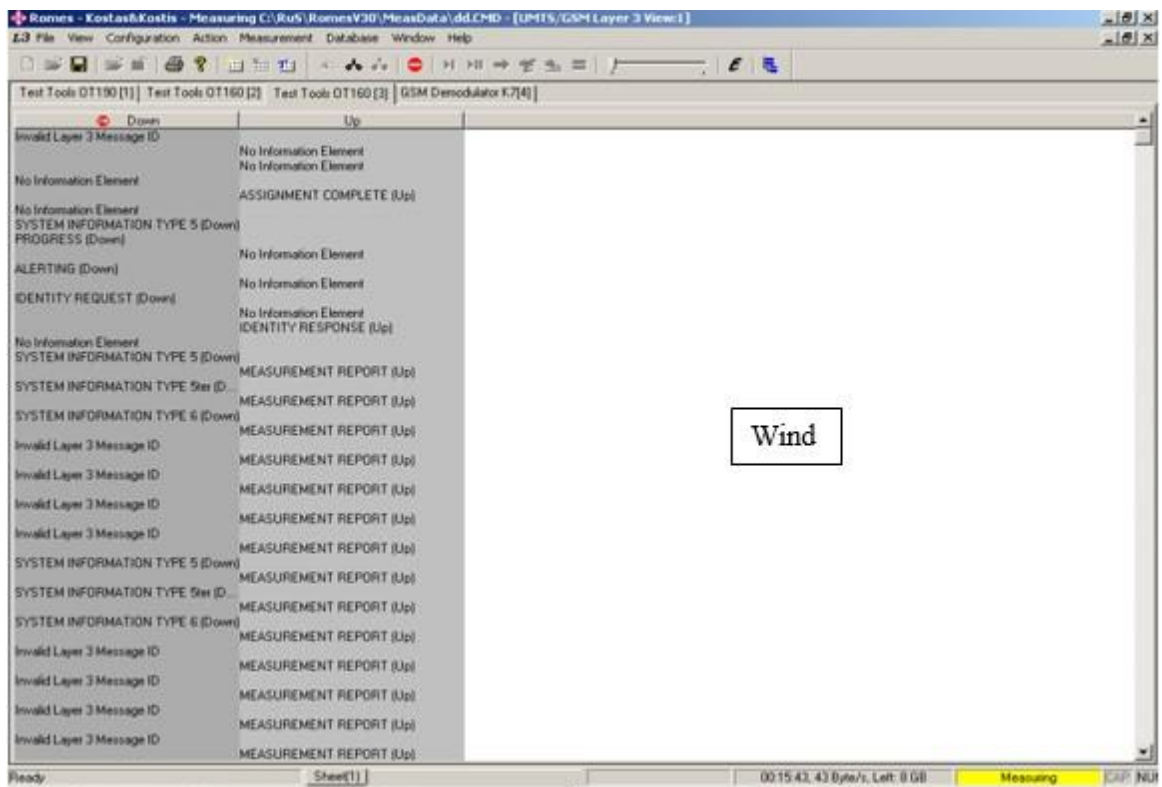
Εικόνα Π1.21 GSM Vodafone “Layer 3 View”



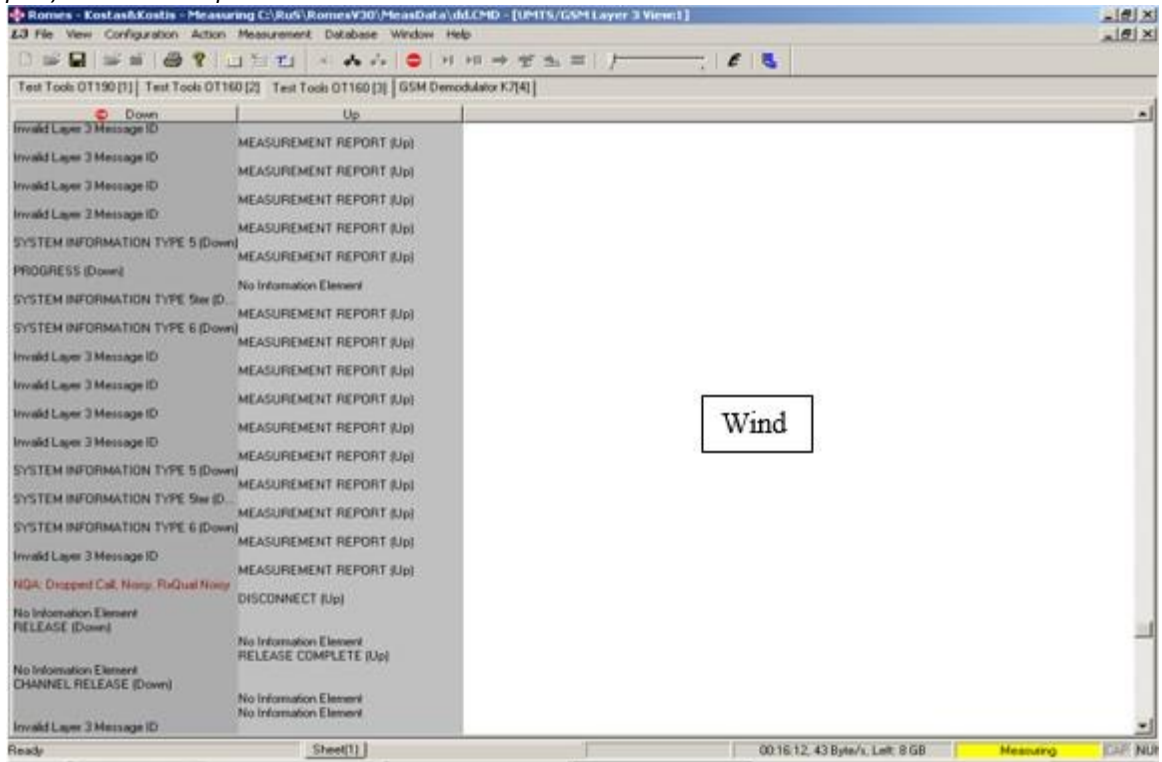
Εικόνα Π1.22 GSM Vodafone “Layer 3 View”



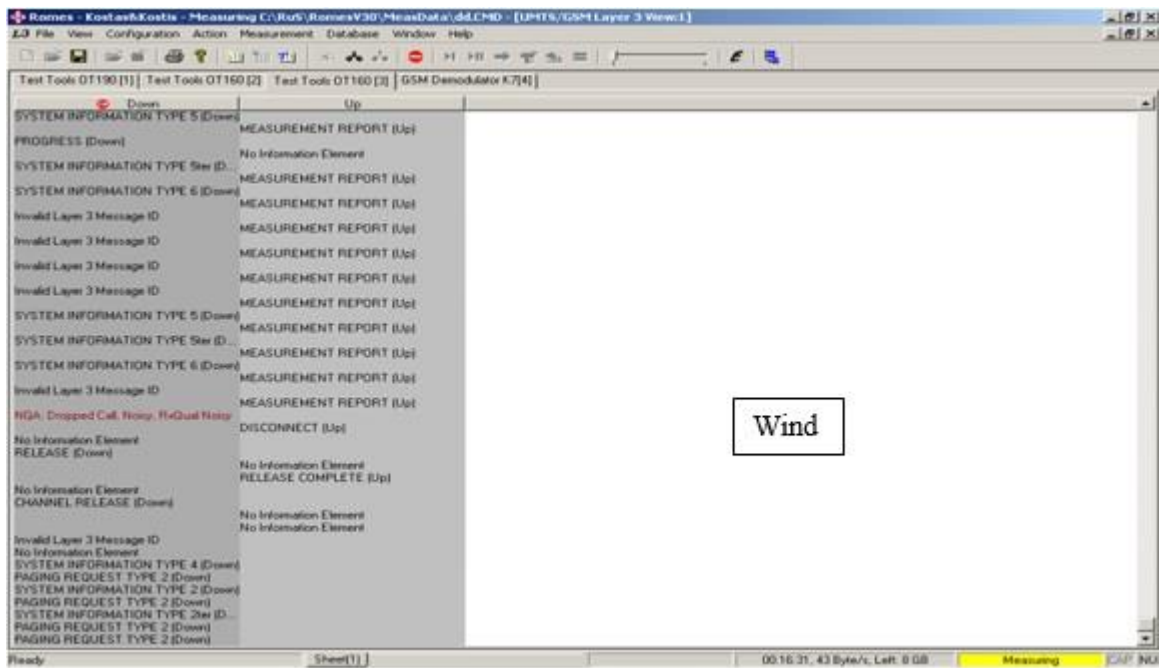
Εικόνα Π1.23 GSM Wind “Layer 3 View”



Εικόνα Π1.24 GSM Wind “Layer 3 View”

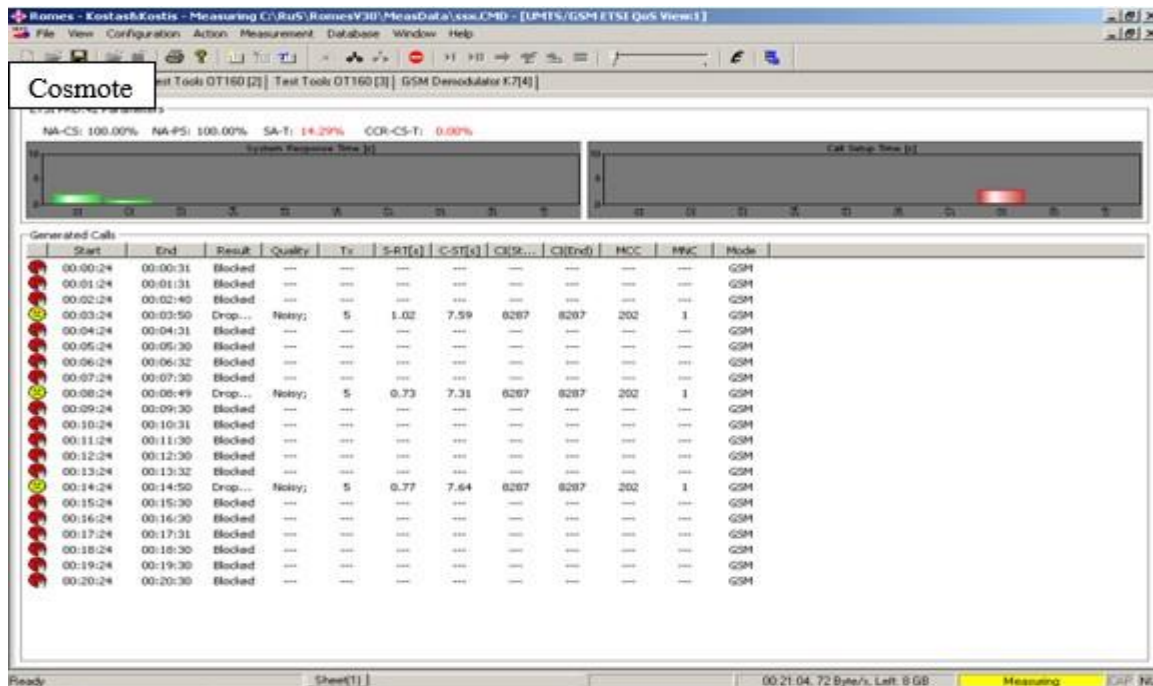


Εικόνα Π1.25 GSM Wind “Layer 3 View”

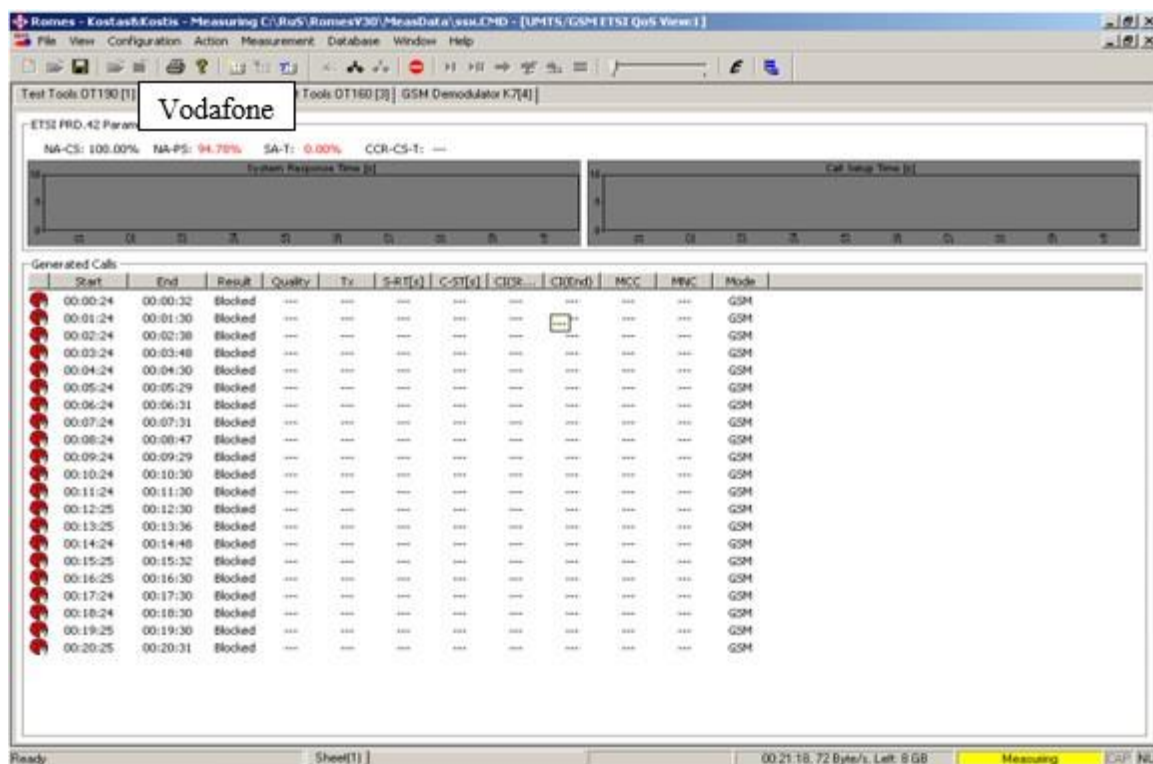


Εικόνα Π1.26 GSM Wind “Layer 3 View”

“GSM ETSI QoS View”

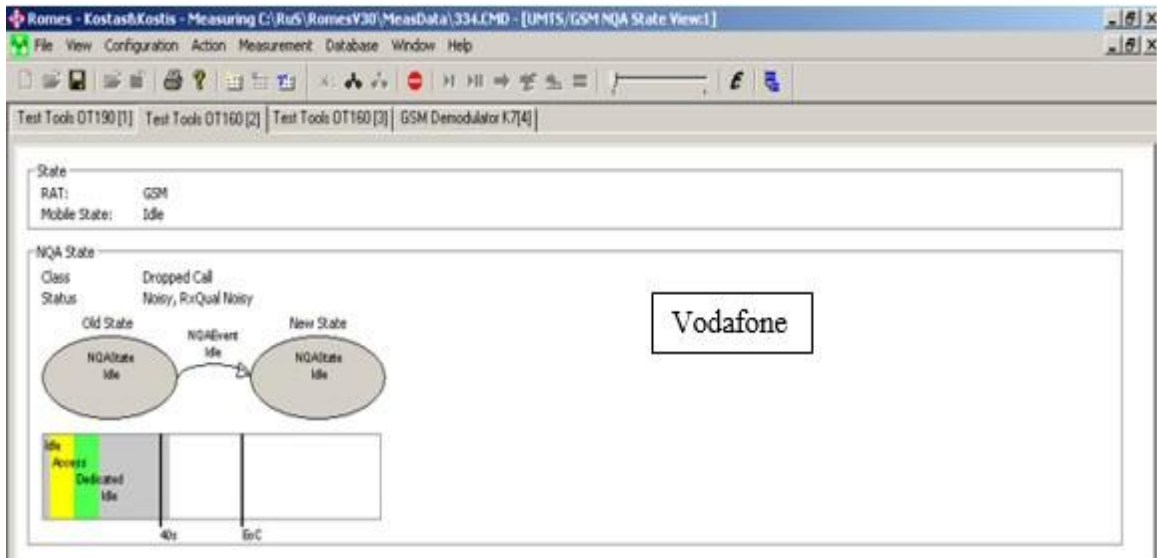


Εικόνα Π1.27 GSM Cosmote “ETSI QoS View”

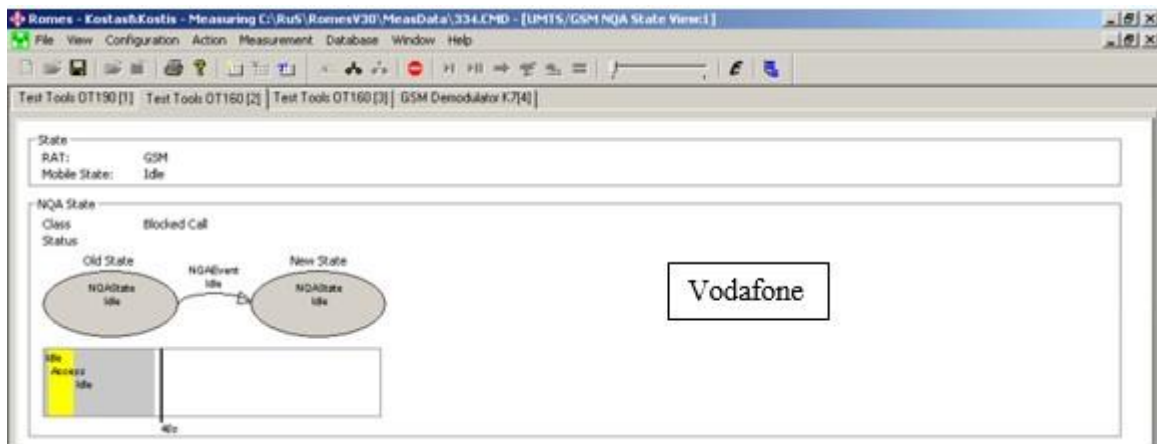


Εικόνα Π1.28 GSM Vodafone “ETSI QoS View”

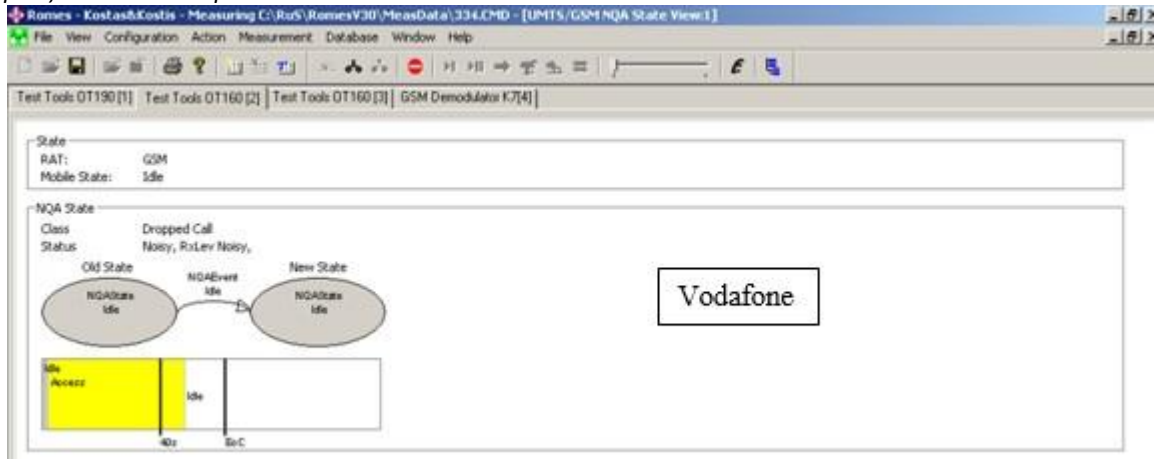
“GSM NQA State View”



Εικόνα Π1.29 GSM Vodafone “NQA State View”

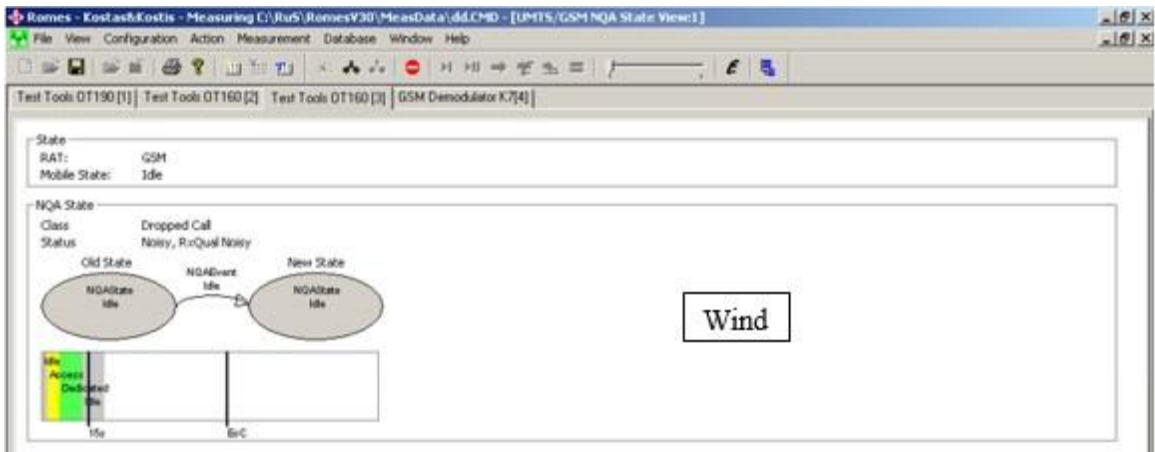


Εικόνα Π1.30 GSM Vodafone “NQA State View”



Εικόνα Π1.31 GSM Vodafone “NQA State View”

Εικόνα Π1.32 GSM Wind “NQA State View”



Εικόνα Π1.33 GSM Wind “NQA State View”

Πίνακες GSM

RxLev

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		

Πίνακας 1 RxLev

RxLev Signal Strength

RSSI	Signal strength	Description
>= -70 dBm	Excellent	Strong signal with maximum data speeds
-70 dBm to -85 dBm	Good	Strong signal with good data speeds
-86 dBm to -100 dBm	Fair	Fair but useful, fast and reliable data speeds may be attained, but marginal data with drop-outs is possible
< -100 dBm	Poor	Performance will drop drastically
-110 dBm	No signal	Disconnection

Πίνακας 2 RxLev Signal Strength [33]

RxQuality

Value of RxQuality	Corresponding bit error rate
0	0% to 0.2%
1	0.2% to 0.4%
2	0.4% to 0.8%
3	0.8% to 1.6%
4	1.6% to 3.2%
5	3.2% to 6.4%
6	6.4% to 12.8%
7	12.8% to 100%

Πίνακας 3 RxQuality

Εμβέλεια συχνοτήτων

	Uplink(MHz)	Downlink(MHz)
GSM 900 P-GSM	890...915	935...960
GSM 900 E-GSM	880...890	925...935
GSM 900 R-GSM	876...980	921...925
DCS 1800	1710...1785	1805...1880

Πίνακας 4 Εμβέλεια συχνοτήτων

Αριθμοί καναλιών, ARFCN

	Uplink(MHz)	Downlink(MHz)	n Range	ARFCN

GSM 900 P-GSM	890+0.2*n	935+0.2*n	1<=n<=124	1-124
GSM 900 E-GSM	880.2+0.2*(n-975)	925.2+0.2*(n-975)	975<=n<=1023	975-1023
GSM 900 R-GSM	876.2+0.2*(n-955)	921.2+0.2*(n-975)	955<=n<=974	955-974
DCS 1800	1710.2+0.2*(n-512)	1805.2+0.2*(n-512)	512<=n<=885	512-885

Πίνακας 5 Αριθμοί καναλιών, ARFCN (n : αριθμός καναλιού)

Mobile Country Codes & Mobile Network Code

MCC	MNC	ISO	County	Country Code	Network
202	07	GR	Greece	30	AMD Telecom SA
202	02	GR	Greece	30	Cosmote
202	01	GR	Greece	30	Cosmote
202	14	GR	Greece	30	CyTa Mobile
202	04	GR	Greece	30	Organismos Sidirodromon Ellados (OSE)
202	03	GR	Greece	30	OTE Hellenic Telecommunications Organization SA
202	09	GR	Greece	30	Wind
202	10	GR	Greece	30	Wind
202	05	GR	Greece	30	Vodafone

Πίνακας 6 Mobile Country Codes & Mobile Network Code

Συχνότητες και Πάροχοι GSM Downlink

	Cosmote	Vodafone	Wind
GSM900	0, 975-1023	51-124	1-50
DCS1800	811-885	637-710	512-585

Πίνακας 7 Συχνότητες και Πάροχοι GSM Downlink

GSM 900 P-GSM Downlink Channels

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		

Πίνακας 8 GSM 900 P-GSM Downlink Channels [12]

GSM 900 E-GSM, R-GSM Downlink Channels

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		

Πίνακας 9 GSM 900 E-GSM, R-GSM Downlink Channels [12]

DCS1800 Downlink Channels

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

Πίνακας 10 DCS1800 Downlink Channels 512-670 [12]

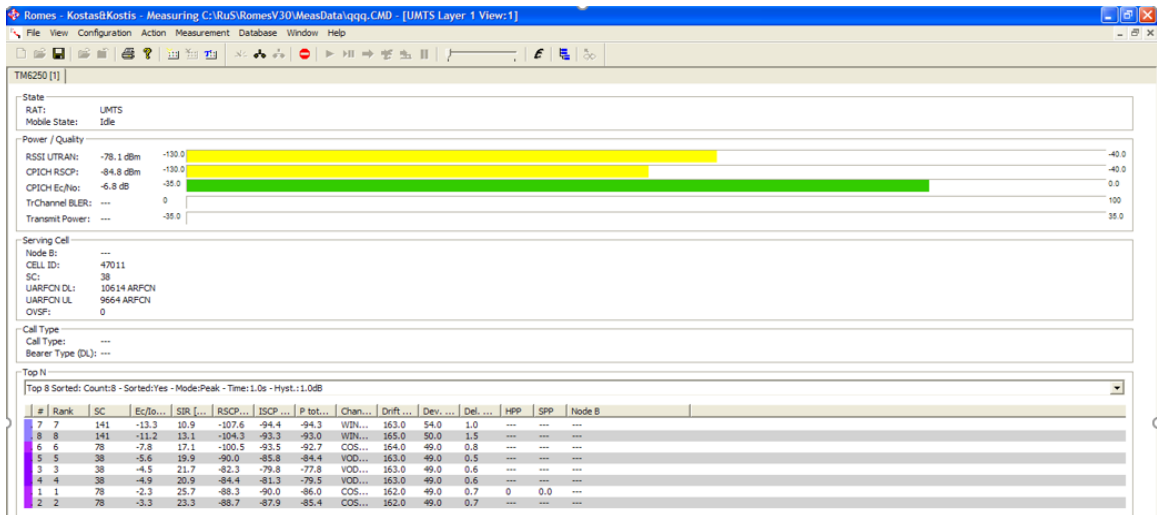
DCS 1800 Downlink Channels

Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]	Channel	f [MHz]
671	1837	711	1845	751	1853	791	1861	831	1869	871	1877
672	1837.2	712	1845.2	752	1853.2	792	1861.2	832	1869.2	872	1877.2
673	1837.4	713	1845.4	753	1853.4	793	1861.4	833	1869.4	873	1877.4
674	1837.6	714	1845.6	754	1853.6	794	1861.6	834	1869.6	874	1877.6
675	1837.8	715	1845.8	755	1853.8	795	1861.8	835	1869.8	875	1877.8
676	1838	716	1846	756	1854	796	1862	836	1870	876	1878
677	1838.2	717	1846.2	757	1854.2	797	1862.2	837	1870.2	877	1878.2
678	1838.4	718	1846.4	758	1854.4	798	1862.4	838	1870.4	878	1878.4
679	1838.6	719	1846.6	759	1854.6	799	1862.6	839	1870.6	879	1878.6
680	1838.8	720	1846.8	760	1854.8	800	1862.8	840	1870.8	880	1878.8
681	1839	721	1847	761	1855	801	1863	841	1871	881	1879
682	1839.2	722	1847.2	762	1855.2	802	1863.2	842	1871.2	882	1879.2
683	1839.4	723	1847.4	763	1855.4	803	1863.4	843	1871.4	883	1879.4
684	1839.6	724	1847.6	764	1855.6	804	1863.6	844	1871.6	884	1879.6
685	1839.8	725	1847.8	765	1855.8	805	1863.8	845	1871.8	885	1879.8
686	1840	726	1848	766	1856	806	1864	846	1872		
687	1840.2	727	1848.2	767	1856.2	807	1864.2	847	1872.2		
688	1840.4	728	1848.4	768	1856.4	808	1864.4	848	1872.4		
689	1840.6	729	1848.6	769	1856.6	809	1864.6	849	1872.6		
690	1840.8	730	1848.8	770	1856.8	810	1864.8	850	1872.8		
691	1841	731	1849	771	1857	811	1865	851	1873		
692	1841.2	732	1849.2	772	1857.2	812	1865.2	852	1873.2		
693	1841.4	733	1849.4	773	1857.4	813	1865.4	853	1873.4		
694	1841.6	734	1849.6	774	1857.6	814	1865.6	854	1873.6		
695	1841.8	735	1849.8	775	1857.8	815	1865.8	855	1873.8		
696	1842	736	1850	776	1858	816	1866	856	1874		
697	1842.2	737	1850.2	777	1858.2	817	1866.2	857	1874.2		
698	1842.4	738	1850.4	778	1858.4	818	1866.4	858	1874.4		
699	1842.6	739	1850.6	779	1858.6	819	1866.6	859	1874.6		
700	1842.8	740	1850.8	780	1858.8	820	1866.8	860	1874.8		
701	1843	741	1851	781	1859	821	1867	861	1875		
702	1843.2	742	1851.2	782	1859.2	822	1867.2	862	1875.2		
703	1843.4	743	1851.4	783	1859.4	823	1867.4	863	1875.4		
704	1843.6	744	1851.6	784	1859.6	824	1867.6	864	1875.6		
705	1843.8	745	1851.8	785	1859.8	825	1867.8	865	1875.8		
706	1844	746	1852	786	1860	826	1868	866	1876		
707	1844.2	747	1852.2	787	1860.2	827	1868.2	867	1876.2		
708	1844.4	748	1852.4	788	1860.4	828	1868.4	868	1876.4		
709	1844.6	749	1852.6	789	1860.6	829	1868.6	869	1876.6		
710	1844.8	750	1852.8	790	1860.8	830	1868.8	870	1876.8		

Πίνακας 10 DCS1800 Downlink Channels 671-885 [12]

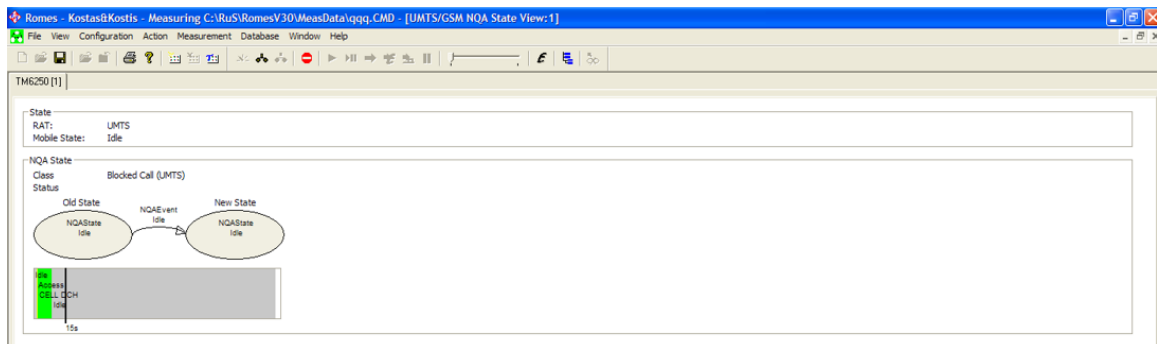
Παράρτημα Β

“UMTS Layer 1 View”



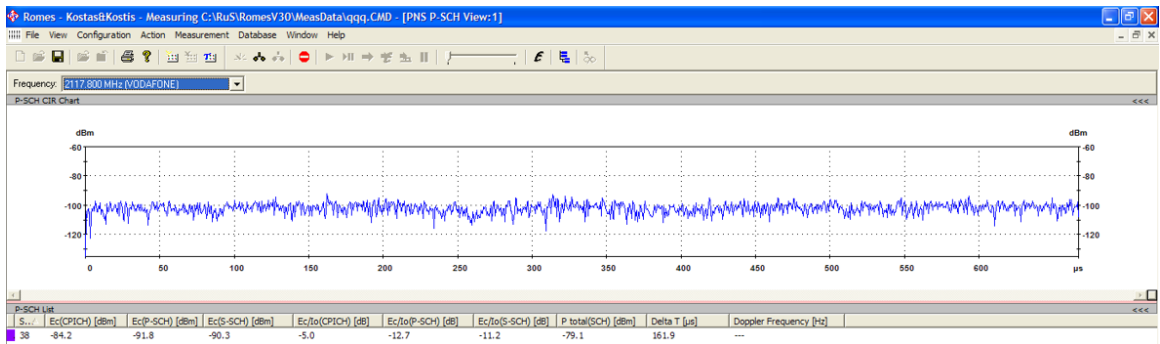
Εικόνα Π2.1 “UMTS Layer 1 View”

“UMTS NQA State View”

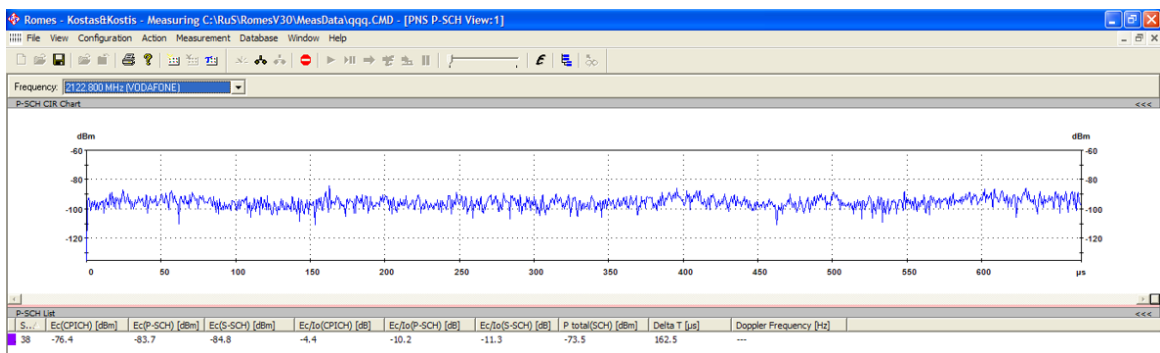


Εικόνα Π2.2 “UMTS NQA State View”

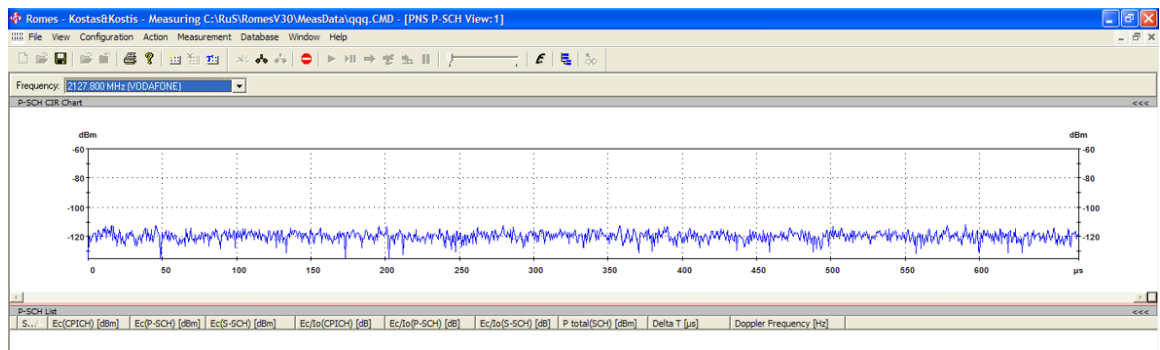
UMTS PNS P-SCH View



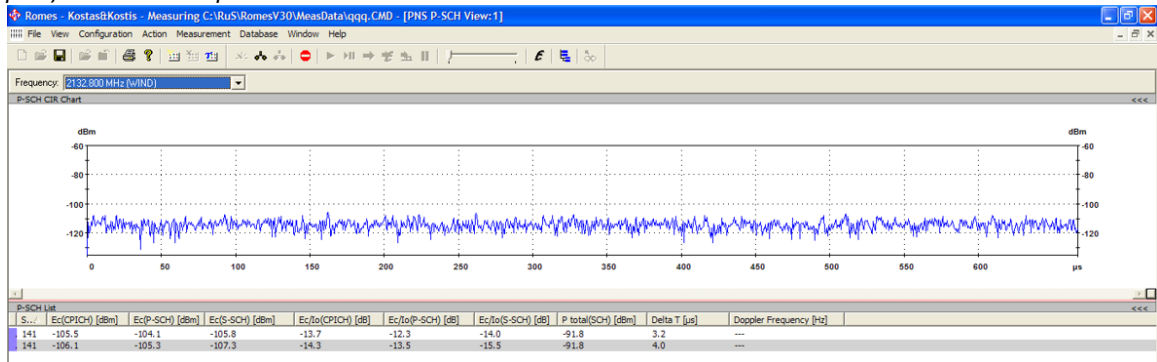
Εικόνα Π2.3 UTMX PNS P-SCH View Vodafone Channel 2



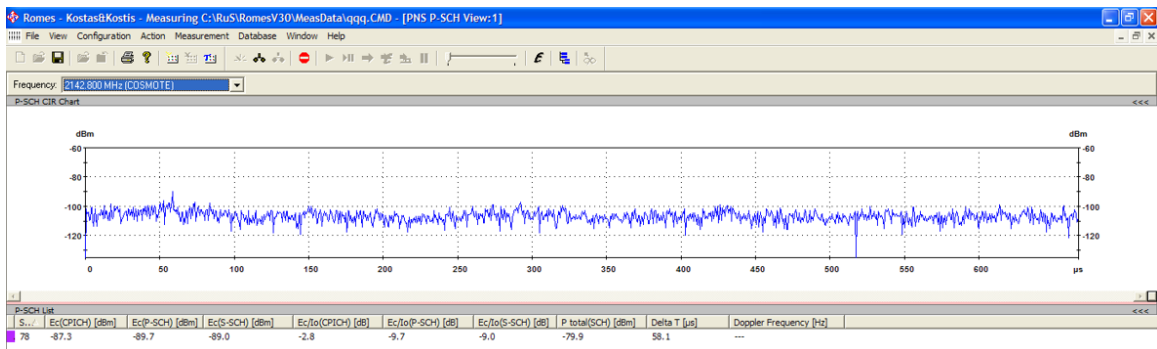
Εικόνα Π2.4 UTMX PNS P-SCH View Vodafone Channel 3



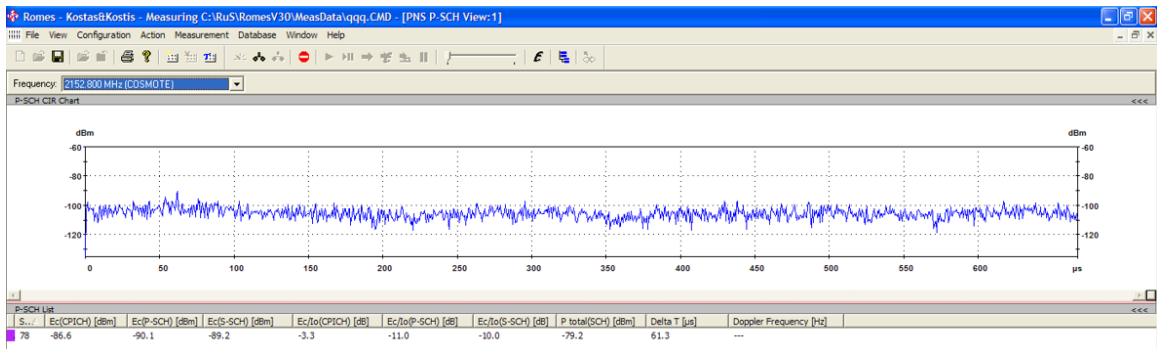
Εικόνα Π2.5 UTMX PNS P-SCH View Vodafone Channel 4



Εικόνα Π2.6 UMTS PNS P-SCH View Wind Channel 1

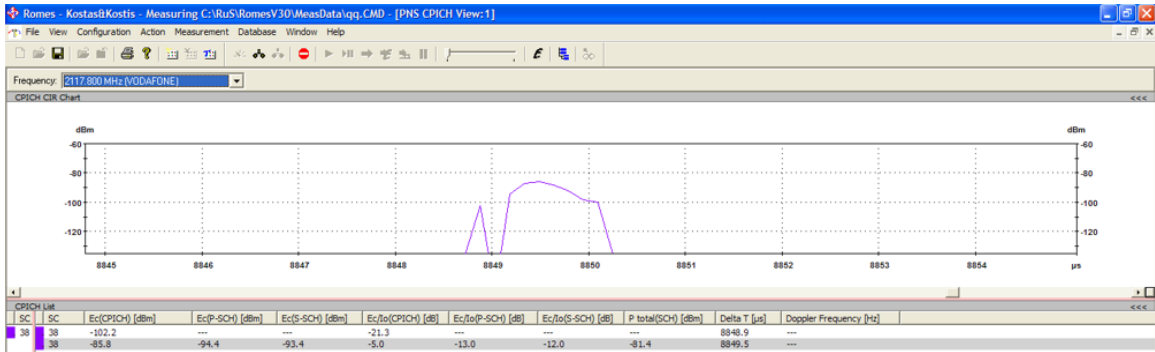


Εικόνα Π2.7 UMTS PNS P-SCH View Cosmote Channel 1

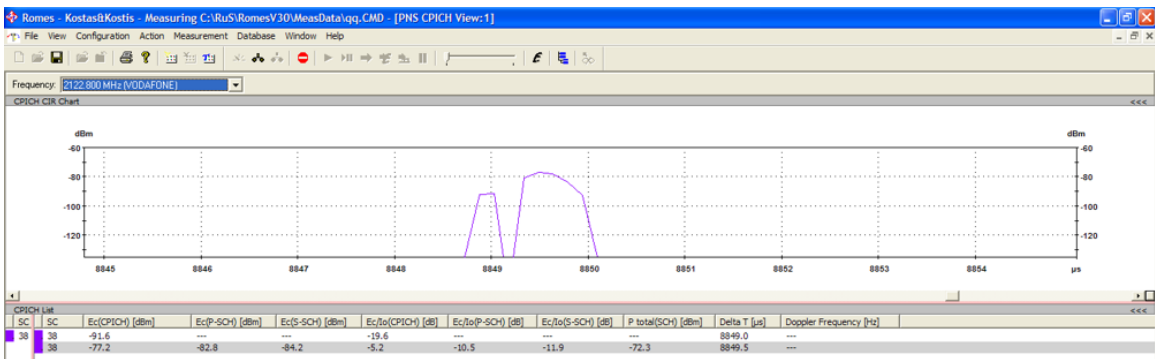


Εικόνα Π2.8 UMTS PNS P-SCH View Cosmote Channel 3

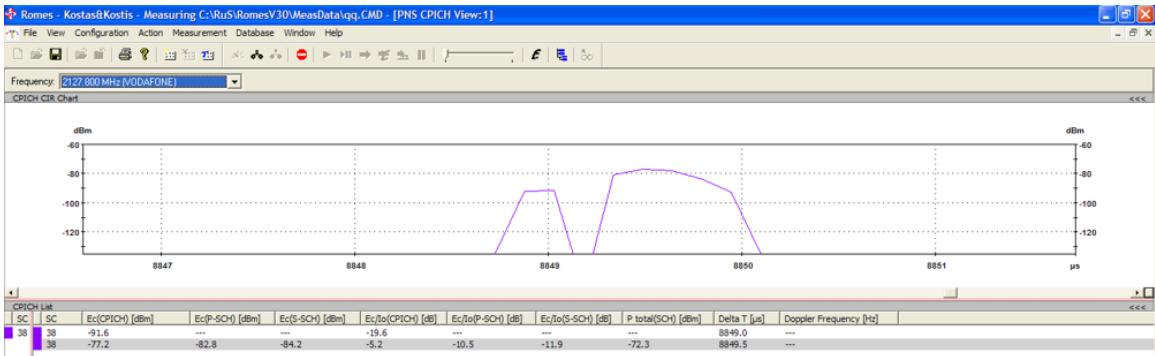
“UMTS PNS CPICH View”



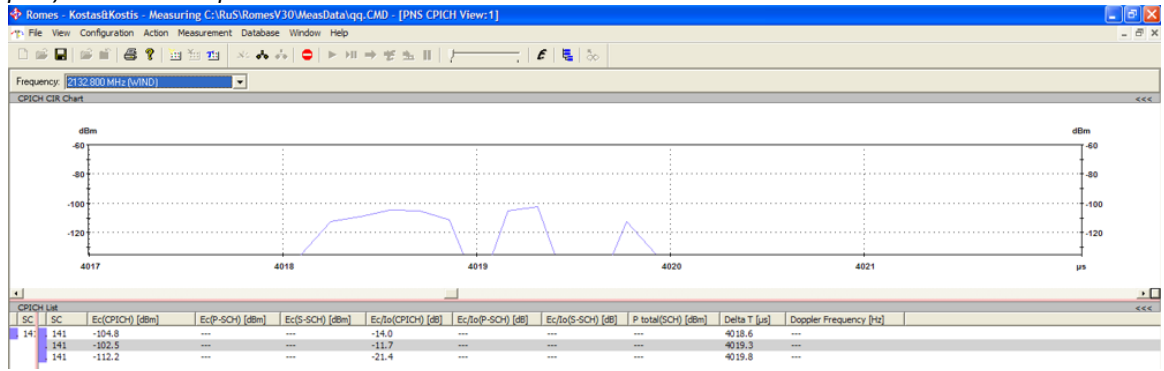
Εικόνα Π2.9 “UMTS PNS CPICH View” Vodafone Channel 2



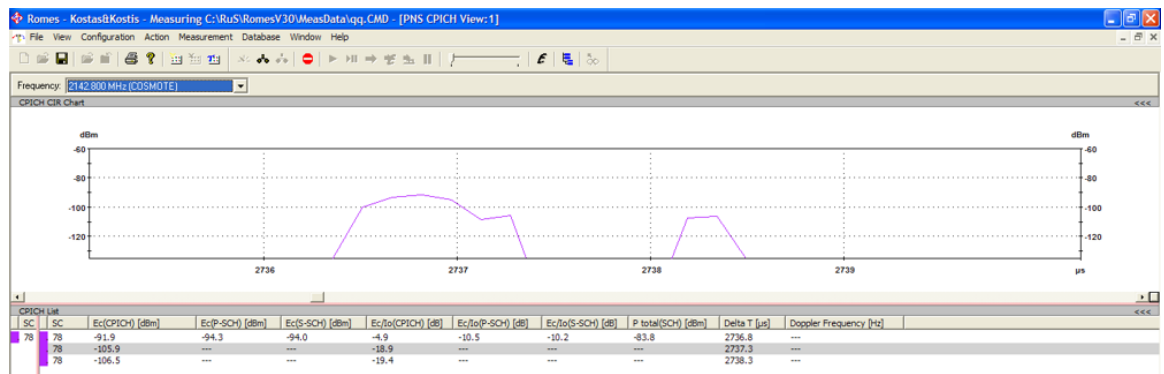
Εικόνα Π2.10 “UMTS PNS CPICH View” Vodafone Channel 3



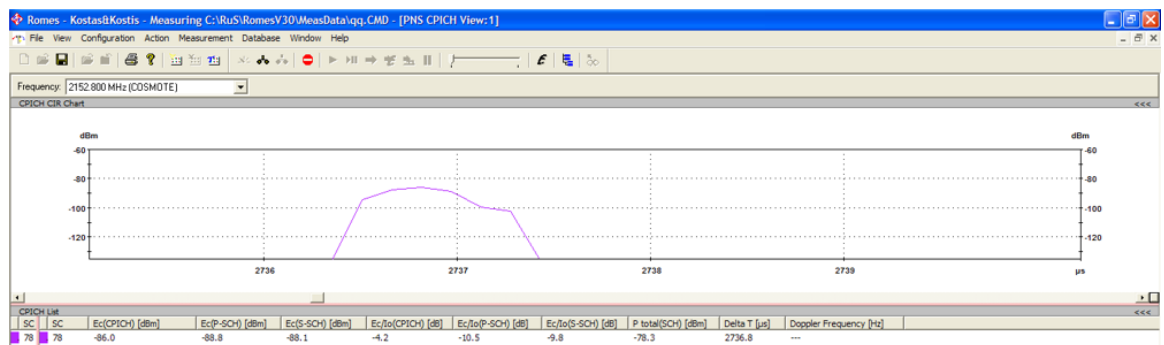
Εικόνα Π2.11 “UMTS PNS CPICH View” Vodafone Channel 4



Εικόνα Π2.12 “UMTS PNS CPICH View” Wind Channel 1

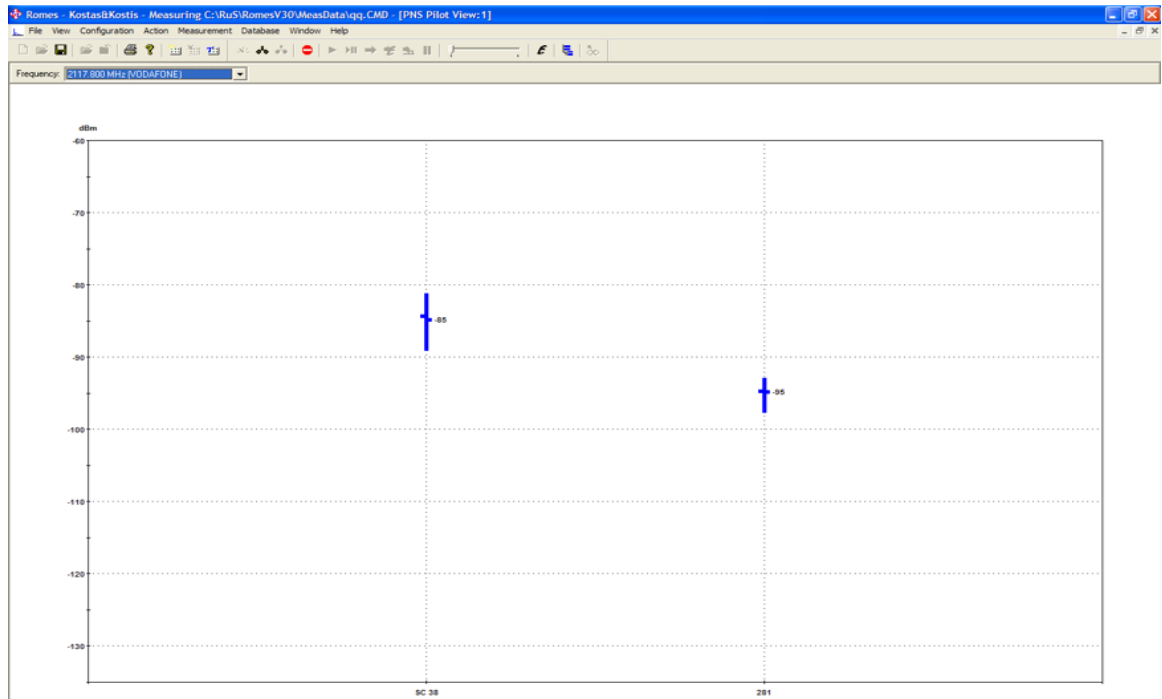


Εικόνα Π2.13 “UMTS PNS CPICH View” Cosmote Channel 1

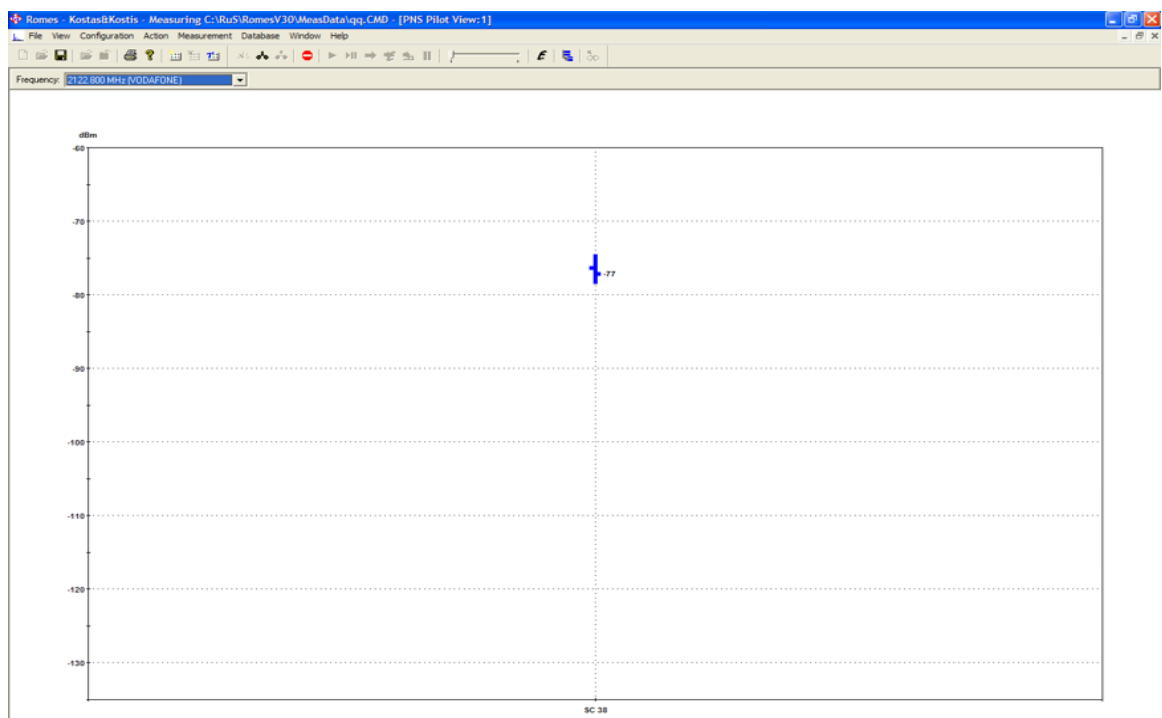


Εικόνα Π2.14 “UMTS PNS CPICH View” Cosmote Channel 3

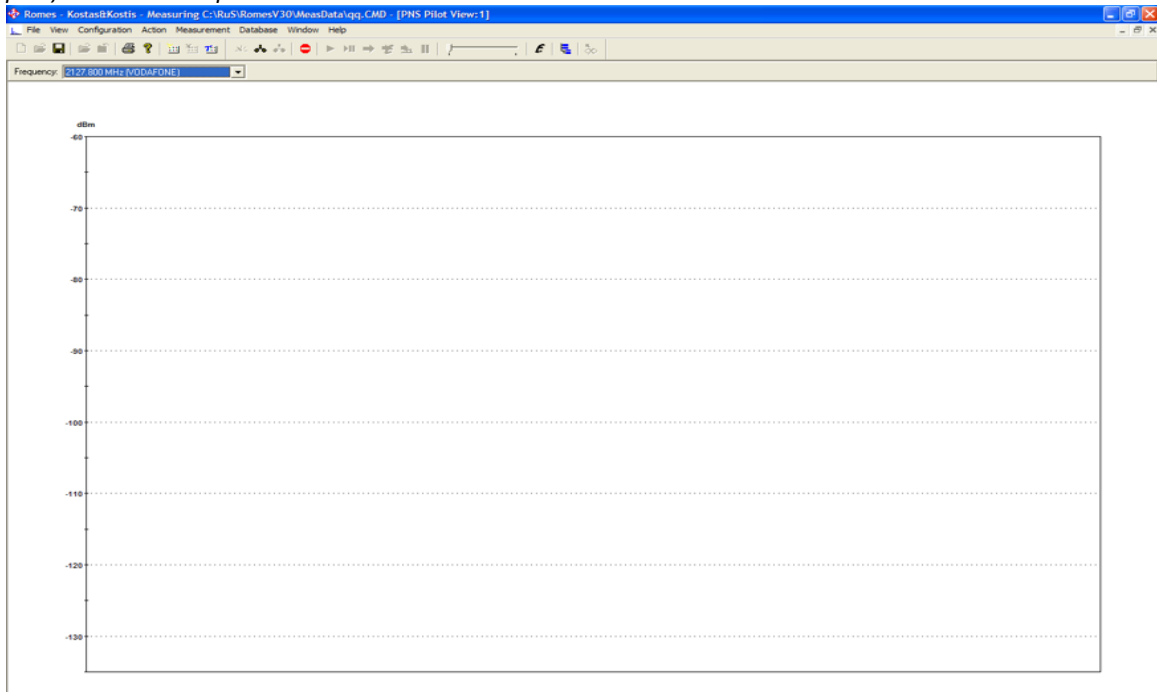
“UMTS PNS Pilot View”



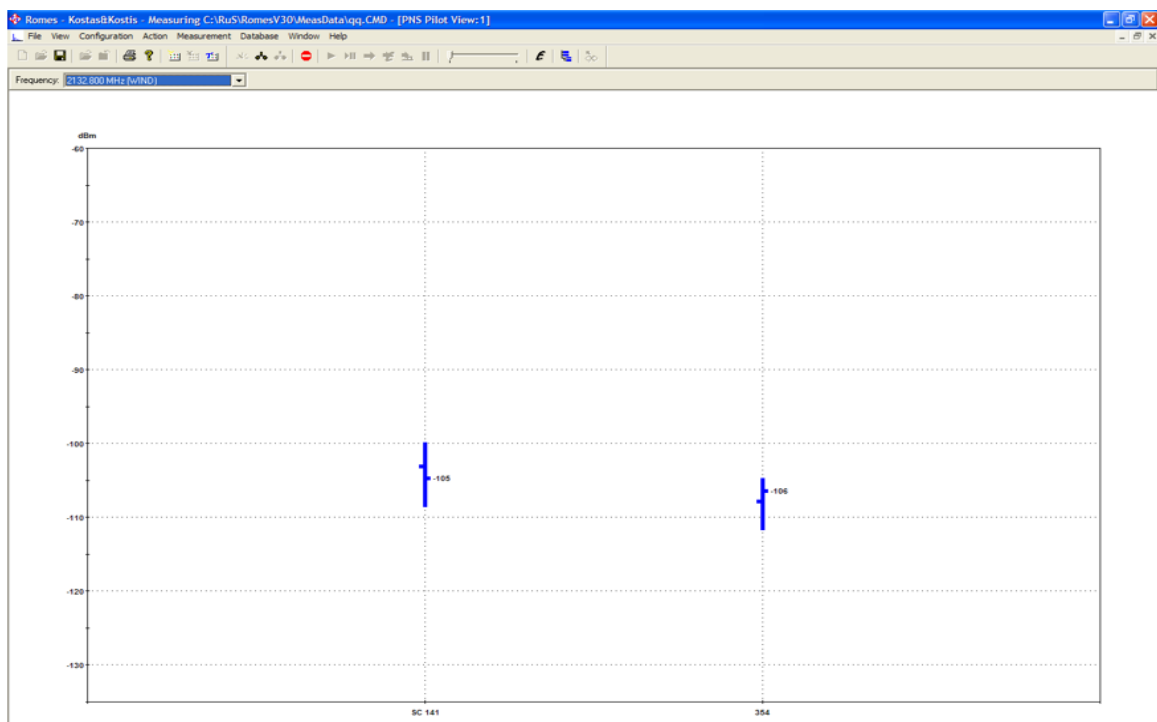
Εικόνα Π2.15 “UMTS PNS Pilot View” Vodafone Channel 2



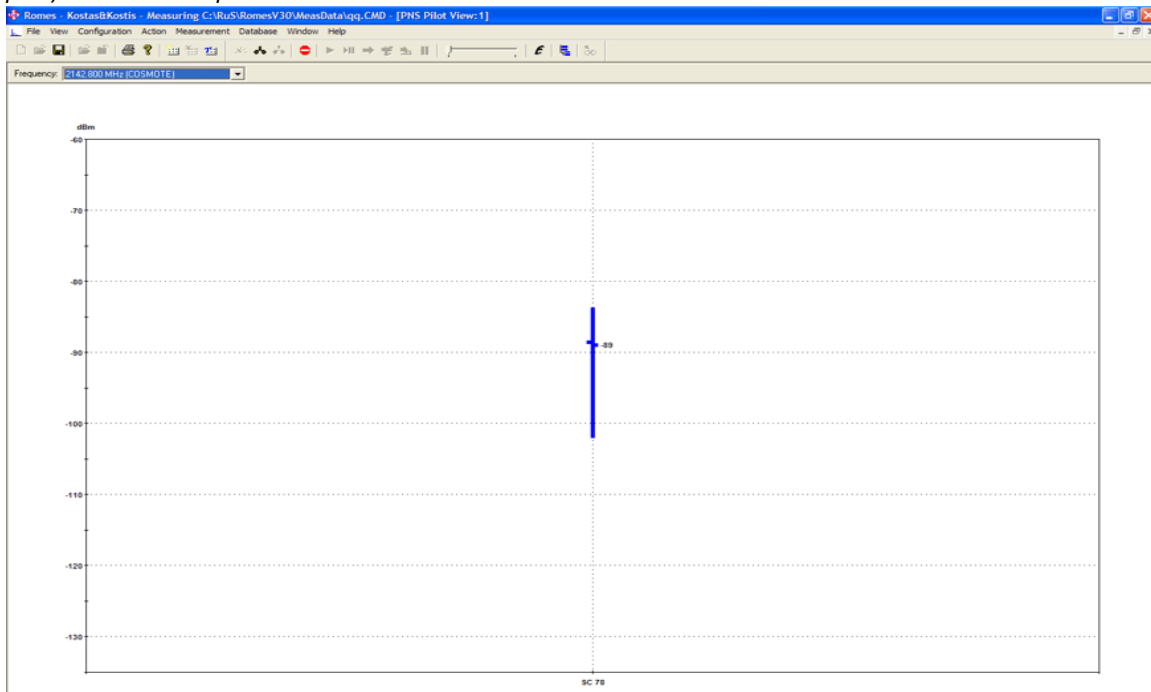
Εικόνα Π2.16 “UMTS PNS Pilot View” Vodafone Channel 3



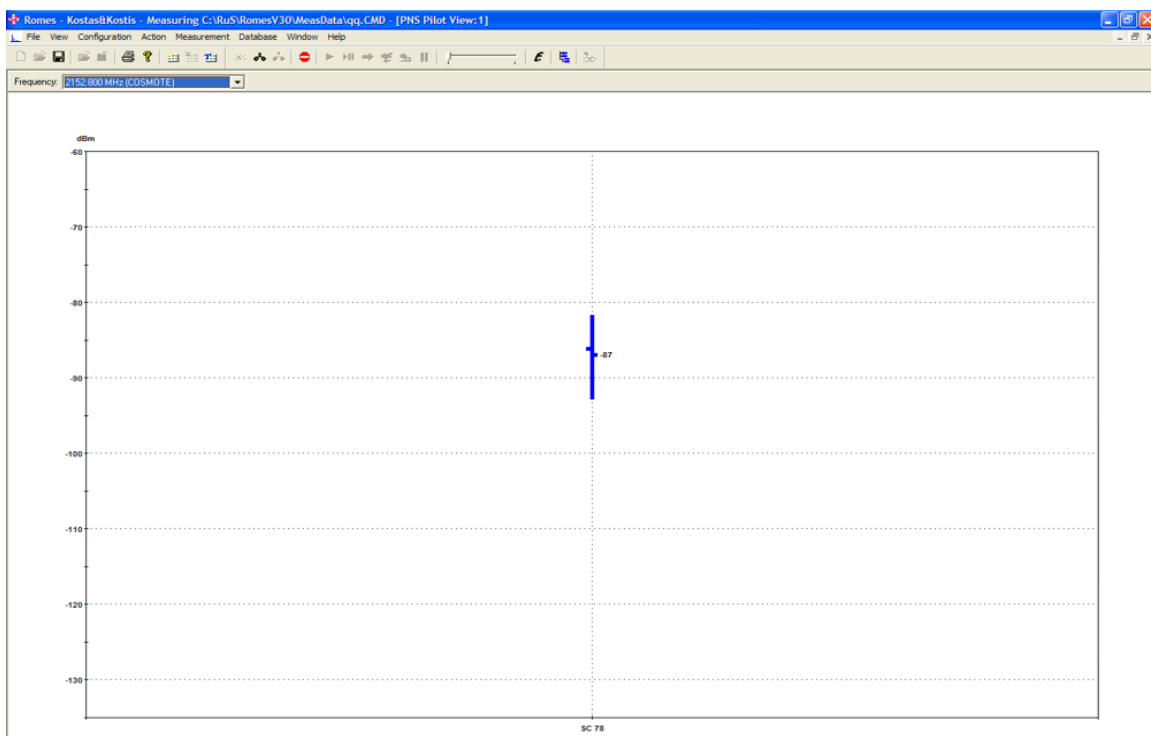
Εικόνα Π2.17 “UMTS PNS Pilot” View Vodafone Channel 4



Εικόνα Π2.18 “UMTS PNS Pilot View” Wind Channel 1



Εικόνα Π2.19 “UMTS PNS Pilot View” Cosmote Channel 1



Εικόνα Π2.20 “UMTS PNS Pilot View” Cosmote Channel 3

Πίνακες UMTS

RSSI

RSSI	Signal strength	Description
≥ -70 dBm	Excellent	Strong signal with maximum data speeds
-70 dBm to -85 dBm	Good	Strong signal with good data speeds
-86 dBm to -100 dBm	Fair	Fair but useful, fast and reliable data speeds may be attained, but marginal data with drop-outs is possible
< -100 dBm	Poor	Performance will drop drastically
-110 dBm	No signal	Disconnection

Πίνακας 11 RSSI [33]

RSCP

RSCP	Signal strength	Description
-60 to 0	Excellent	Strong signal with maximum data speeds
-75 to -60	Good	Strong signal with good data speeds
-85 to -75	Fair	Fair but useful, fast and reliable data speeds may be attained
-95 to -85	Poor	Marginal data with drop-outs is possible
-124 to -95	Very poor	Performance will drop drastically, closer to -124 disconnects are likely

Πίνακας 12 RSCP [33]

Ec/Io

EC/IO	Signal quality	Description
0 to -6	Excellent	Strong signal with maximum data speeds
-7 to -10	Good	Strong signal with good data speeds
-11 to -20	Fair to poor	Reliable data speeds may be attained, but marginal data with drop-outs is possible. When this value gets close to -20, performance will drop drastically

Πίνακας 13 Ec/Io [33]

SIR

SINR	Signal strength	Description
≥ 20 dB	Excellent	Strong signal with maximum data speeds
13 dB to 20 dB	Good	Strong signal with good data speeds
0 dB to 13 dB	Fair to poor	Reliable data speeds may be attained, but marginal data with drop-outs is possible. When this value gets close to 0, performance will drop drastically
≤ 0 dB	No signal	Disconnection

Πίνακας 14 SIR [33]

UMTS UARFCN Downlink Uplink

UTRAN Band	F(MHz)	Common Name	UARFCN UL	UARFCN DL
1	2100	IMT	9612-9888	10562-10838
8	900	E-GSM	880-915	925-960

Πίνακας 15 UMTS UARFCN Downlink Uplink

Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Cosmote

UARFCN Downlink	Downlink	Uplink	UARFCN Uplink
10764	2152.8 MHz	1962.8 MHz	9814
10739	2147.8 MHz	1957.8 MHz	9789
10714	2142.8 MHz	1952.8 MHz	9764

Πίνακας 16 Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Cosmote

Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Vodafone

UARFCN Downlink	Downlink	Uplink	UARFCN Uplink
10564	2112.8 MHz	1922.8 MHz	9614
10589	2117.8 MHz	1927.8 MHz	9639
10614	2122.8 MHz	1932.8 MHz	9664
10639	2127.8 MHz	1937.8 MHz	9689

Πίνακας 17 Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Vodafone

Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Wind

UARFCN Downlink	Downlink	Uplink	UARFCN Uplink
10664	2132.8 MHz	1942.8 MHz	9714
10689	2137.8 MHz	1947.8 MHz	9739

Πίνακας 18 Συχνότητες UMTS 2100 Downlink και Uplink για Wind

Συχνότητες UMTS 900 Downlink και Uplink για Cosmote

UARFCN Downlink	Downlink	Uplink	UARFCN Uplink
2938	927.6 MHz	882.6 MHz	2713

Πίνακας 19 Συχνότητες UMTS 900 Downlink και Uplink για Cosmote

Συχνότητες UMTS 900 Downlink και Uplink για Vodafone

UARFCN Downlink	Downlink	Uplink	UARFCN Uplink
3062	952.4 MHz	907.4 MHz	2837

Πίνακας 20 Συχνότητες UMTS 900 Downlink και Uplink για Wind