



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Μετρήσεις ποιότητας επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



DVB-T

Κυριακάκος Α. Θεοφάνης
Νταλαχάνης Γ. Ιωάννης
Παναγόπουλος Θ. Ηλίας
Παπαζής Ε. Αδαμάντιος

Επιβλέπων: Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2008



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Μετρήσεις ποιότητας επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κυριακάκος Α. Θεοφάνης
Νταλαχάνης Γ. Ιωάννης
Παναγόπουλος Θ. Ηλίας
Παπαζής Ε. Αδαμάντιος

Επιβλέπων: Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή την

.....
Φ. Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Χ. Καψάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ν. Ουζούνογλου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2008

.....
Κυριακάκος Α. Θεοφάνης
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

.....
Νταλαχάνης Γ. Ιωάννης
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

.....
Παναγόπουλος Θ. Ηλίας
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

.....
Παπαζής Ε. Αδαμάντιος
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Κυριακάκος Α. Θεοφάνης, 2008

Copyright © Νταλαχάνης Γ. Ιωάννης, 2008

Copyright © Παναγόπουλος Θ. Ηλίας, 2008

Copyright © Παπαζής Ε. Αδαμάντιος, 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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 τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η πραγματοποίηση εξωτερικών μετρήσεων στην ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής για την αξιολόγηση του δικτύου επίγειας ψηφιακής μετάδοσης βίντεο (DVB-T) της EPT με τη χρήση της συσκευής DVB-T/H Diversity Test Receiver της Rhode & Schwarz. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν καλύπτοντας μία γεωγραφική περιοχή (τόξο) που εκτείνεται από την περιοχή της Δροσιάς (βορειοανατολικά) μέχρι την περιοχή του Καλαμακίου (νότια) . Η επιλογή των σημείων μέτρησης πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την βέλτιστη κάλυψη των αστικών περιοχών της Αττικής σύμφωνα πάντα με την θέση των κεραιών εκπομπής του δικτύου της EPT (Υμηττός-Πάρνηθα-Αίγινα).

Συγκεκριμένα, μελετήθηκε το σύστημα DVB-T και ελήφθησαν πραγματικές τιμές της λαμβανόμενης ισχύος, το λόγου φέροντος προς θόρυβο και παρεμβολή, του Bit Error Rate(BER) και του Modulation Error Ratio(MER), μεγέθη κατάλληλα για την ποσοτικοποίηση της ποιότητας του σήματος λήψης. Ο τρόπος διεξαγωγής των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τρία κυριότερα πρότυπα μετρήσεων επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης : ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-06),ETSI TR 101 290 V1.2.1 (2001-05),ETSI TR 101 190 V1.1.1(1997-12). Η επεξεργασία των μετρήσεων μας έδωσε τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων σχετικά με την ποιότητα λήψης στα σημεία διεξαγωγής των μετρήσεων ανάλογα με τη μορφολογία του εκάστοτε σημείου μέτρησης καθώς και τη διερεύνηση τυχών “προβληματικών” περιοχών.

Οι μετρήσεις αυτές και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε μπορούν να αποτελέσουν βάση για μελλοντικές μελέτες πάνω στο υπάρχον ή σε υπό ανάπτυξη δίκτυα. Το θεωρητικό και πειραματικό υπόβαθρο της εργασίας μπορεί να γίνει αρωγός στην προσπάθεια αξιολόγησης των ραγδαία αναπτυσσόμενων δικτύων DVB-T.

- **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Μετρήσεις, DVB, Ψηφιακή Τηλεόραση, ΕΡΤ, Ισχύς λήψης, Λόγος Σφάλματος Διαμόρφωσης, Σηματοθορυβικός λόγος, Ρυθμός Εσφαλμένων Πακέτων Διάγραμμα αστερισμού, Ομοδιαυλική παρεμβολή, Πολυδιαδρομική διάδοση, Εύρος Φάσματος Συχνότητων, Διάστημα Διαφύλαξης, COFDM

ABSTRACT

The purpose of this diploma thesis was the conduct of outdoor measurements throughout the area of Attica Basin of Athens for the evaluation of ERT's Terrestrial Digital Video Broadcasting System (DVB-T) using the DVB-T/H Diversity Test Receiver device by Rhode & Schwarz. The measurements were performed covering a geographic region (arc) that extends from the region of Drosia (north-east) to the region of Kalamaki (south). The measurement points were selected taking into consideration the most optimal way to cover the urban regions of Attica according to the location of ERT network's emitters (Hymettus-Parnitha-Aegina).

In particular, the DVB-T system was examined and real-time values of the received signal power, the signal to noise and interference ratio, the Bit Error Rate and the Modulation Error Ratio were recorded. The conduct of measurements was performed according to the three main standards of DVB measurements : ETSI EN 300.744 B 1.5.1 (2004-06), ETSI TR 101.290 B 1.2.1 (2001-05), ETSI TR 101.190 B 1.1.1 (1997-12). The conduct of our measurements gave us the ability to export conclusions according to the quality of reception at the points of measurements depending on the morphology of each point of measurement as well as the investigation of possible "problematic" regions.

The measurements and the method we followed can be the basis for future studies on the existing or under development networks. The theoretical and experimental background of the thesis can contribute to the evaluation of the rapidly developing DVB-T networks.

- **KEY WORDS**

Measurements, DVB, Digital Television, ERT, Received Power, Modulation Error Ratio, Signal to Noise Ratio, Packet Error Rate, Constellation Diagram, Co-channel interference, Multipath propagation, Frequency spacing, guard interval, COFDM

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή μας Φίλιππο Κωνσταντίνου και τον Δρ. Δημήτριο Δρε για την βοήθεια και τις συμβουλές τους για την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	5
Summary.....	7
Key Words.....	8
Ευχαριστίες.....	9
Ευρετήριο Εικόνων/Σχημάτων.....	12
Ευρετήριο Πινάκων.....	18
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	21
1.1 Εισαγωγή στο DVB.....	21
1.1.1 Εισαγωγή στο DVB-T.....	22
1.1.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	22
1.1.3 Οργανισμοί Ψηφιακής Τηλεόρασης.....	25
1.2 Χαρακτηριστικά ψηφιακού σήματος και σύγκριση με το αναλογικό.....	26
1.2.1 Χαρακτηριστικά της ψηφιακής τηλεόρασης.....	26
1.2.2 Το ψηφιακό σήμα DVB-T.....	30
1.2.3 Η νέα τεχνολογία DVB-T2.....	33
1.2.4 Συμπέρασμα.....	35
1.3 Σχεδιασμός για το σύστημα DVB-T.....	36
1.3.1 Διαθεσιμότητα φάσματος συχνοτήτων.....	36
1.3.2 Πιθανότητα κάλυψης.....	40
1.3.3 Ελάχιστες χρησιμοποιήσιμες τιμές πεδίου.....	43
1.3.4 Αναλογίες προστασίας (Protection Ratios).....	44
1.3.5 Το διάστημα διαφύλαξης (Guard Interval).....	46
1.3.6 MFNs – SFNs.....	47
1.3.7 Σχεδιαστικές παράμετροι.....	50
1.3.8 Συνοπτική μελέτη για σχεδιασμό συστήματος DVB-T.....	53
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	63

2.1 Ανάλυση συστήματος μετάδοσης.....	63
2.2 Ιεραρχικός και μη-ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας.....	74
2.2.1 Μη-ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας.....	75
2.2.2 Ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας.....	76
2.3 Μετρήσεις.....	78
2.3.1 MER (Modulation Error Ratio).....	80
2.3.2 BER after RS outer decoder (Bit Error Rate).....	83
2.3.3 RF Signal Power.....	84
2.3.4 C/(N+I) (Λόγος σήματος προς θόρυβο και παρεμβολή).....	84
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	85
3.1 Η συσκευή R&S TSM-DVB-T/H Diversity Test Receiver.....	85
3.2 Σύνδεση εξοπλισμού.....	89
4. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ROMES.....	97
4.1 Εγκατάσταση.....	97
4.2 Χρήση.....	102
4.3 Απεικονίσεις – Views.....	111
4.3.1 Βασικές απεικονίσεις - Basic Views.....	111
4.3.2 Απεικονίσεις Πλοήγησης – Navigation Views.....	119
4.3.3 Απεικονίσεις DVB – DVB Views.....	121
5. ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	123
5.1 Περιοχή Κάλυψης.....	124
5.2 Επεξεργασία – Αποτελέσματα Μετρήσεων Ανά Περιοχή και Ανά Μέγεθος.....	131
5.2.1 Περιοχή Δροσιάς.....	134
5.2.2 Περιοχή Αγ. Αναργύρων.....	144
5.2.3 Περιοχή Νέος Κόσμος.....	155
5.2.4 Περιοχή Νέου Φαλήρου.....	174
5.2.5 Περιοχή Αλίμου.....	185

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	196
6.1 Προδιαγραφές μετρήσεων σύμφωνα με το πρότυπο ETSI.....	196
6.2 Συμπεράσματα ποιότητας ψηφιακού σήματος EPT για όλες τις περιοχές.....	197
6.2.1 RF Signal Power.....	197
6.2.2 Λόγος σήματος προς θόρυβο και παρεμβολές.....	198
6.3.3 BER.....	198
6.3.4 MER.....	199
6.3.5 PER.....	201
6.3.6 Σχολιασμός προβληματικής μέτρησης 1 ^ο σετ μετρήσεων Νέος Κόσμος.....	201
7. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	203
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	205

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ / ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εικόνα 1.1 Διάστημα Προστασίας/Guard interval μεταδιδόμενου συμβόλου.....	31
Εικόνα 1.2: Το φάσμα αναλογικού και ψηφιακού σήματος.....	33
Εικόνα 1.3 Το δικτυωτό πλέγμα συχνοτήτων που συμφωνήθηκε στη διάσκεψη της Στοκχόλμης.....	38
Εικόνα 1.4 Ισόπλευρο τρίγωνο με τρεις ψηφιακούς εκπομπούς και έναν αναλογικό στο κέντρο βάρους.....	39
Εικόνα 1.5 Αποστάσεις κάλυψης για διαφορετικές πιθανότητες.....	41
Εικόνα 1.6 Υπολογισμός παράγοντα διόρθωσης.....	42
Εικόνα 1.7 Παράδειγμα MFN.....	47
Εικόνα 1.8 Παράδειγμα SFN.....	49

Εικόνα 1.9 Περιοχή εξυπηρέτησης του assignment Κορφοβούνι για τη γεωγραφική έκταση της Άρτας.....	51
Εικόνα 1.10 Περιοχή εξυπηρέτησης του allotment Ακαρνανικά που περιλαμβάνει την Άρτα.....	51
Εικόνα 1.11 Σχεδιάγραμμα Συνοπτικής μελέτης για σχεδιασμό συστήματος DVB-T.....	54
Εικόνα 1.12 Παράδειγμα Reference Network.....	56
Εικόνα 1.13 Παράδειγμα Πραγματικού Allotment.....	57
Εικόνα 1.14 Χάρτης δικτύου κάλυψης Ελλάδας και γειτονικών χωρών.....	58
Εικόνα 1.15 Χάρτης των allotments του ελληνικού πλάνου κάλυψης.....	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εικόνα 2.1 Φάσμα ενός DVB σήματος με φέρουσα 8k.....	67
Εικόνα 2.2 Το βασικό σύστημα εκπομπής DVB-T.....	67
Εικόνα 2.3 Απαιτήσεις C/N των δύο συρμών.....	77
Εικόνα 2.4 Block διάγραμμα του DVB-T δέκτη.....	80
Εικόνα 2.5 Υπολογισμός MER.....	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εικόνα 3.1 Η συσκευή R&S TSM-DVB-T/H Diversity Test Receiver.....	85
Εικόνα 3.2 Διάγραμμα του TSM-DVB.....	87
Εικόνα 3.3 Η πίσω όψη της συσκευής.....	88
Εικόνα 3.4 Το τροφοδοτικό.....	89
Εικόνα 3.5 Το καλώδιο τροφοδοσίας.....	90
Εικόνα 3.6 Η κεραία.....	90
Εικόνα 3.7 Το σειριακό καλώδιο.....	91
Εικόνα 3.8 Ο μετατροπέας Serial to USB.....	91
Εικόνα 3.9 Η πίσω όψη της συσκευής μετά τη σύνδεση.....	92
Εικόνα 3.10 Η συσκευή TV TUNER.....	92
Εικόνα 3.11 Οι δύο κατειλημμένες θύρες USB.....	93
Εικόνα 3.12α Οι συσκευές GPS.....	93

Εικόνα 3.12β Οι συσκευές GPS.....	94
Εικόνα 3.13 Η διεπαφή (πλήκτρα ελέγχου) του GPS.....	95
Εικόνα 3.14 Το λογισμικό ROMES.....	95
Εικόνα 3.15 Η συνδεσμολογία.....	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εικόνα 4.1 Ο οδηγός εγκατάστασης.....	98
Εικόνα 4.2 Η εγκατάσταση του MapX.....	98
Εικόνα 4.3 Η εγκατάσταση των TSMx Drivers.....	99
Εικόνα 4.4 Η εγκατάσταση του κυρίως προγράμματος	99
Εικόνα 4.5 Η επιλογή του option file.....	100
Εικόνα 4.6 Εισαγωγή του Hardlock.....	100
Εικόνα 4.7 Οι όροι χρήσης του λογισμικού.....	101
Εικόνα 4.8 Το ROMES configuration.....	101
Εικόνα 4.9 Ολοκλήρωση της εγκατάστασης	102
Εικόνα 4.10 Βασική οθόνη του ROMES.....	103
Εικόνα 4.11 Configuration -> Hardware.....	103
Εικόνα 4.12 Επιλογή Drivers.....	104
Εικόνα 4.13 Επιλογή θύρας COM.....	104
Εικόνα 4.14 Templates.....	105
Εικόνα 4.15 Configuration -> TSM-DVB[1].....	105
Εικόνα 4.16 Μενού ρυθμίσεων.....	106
Εικόνα 4.17 Measurement -> Start Measurement.....	107
Εικόνα 4.18 Αποθήκευση αρχείου μετρήσεων.....	107
Εικόνα 4.19 Η διαδικασία μέτρησης	108
Εικόνα 4.20 File -> Open Measurement File.....	109
Εικόνα 4.21 Άνοιγμα αρχείου μέτρησης	109
Εικόνα 4.22 Εμφάνιση διαθέσιμων συσκευών.....	110
Εικόνα 4.23 Το μενού του Replay Mode.....	110
Εικόνα 4.24 View -> Basic Views -> Alphanumeric View:1.....	111
Εικόνα 4.25 Alphanumeric View:1.....	112

Εικόνα 4.26 Οι ρυθμίσεις της Alphanumeric απεικόνισης	113
Εικόνα 4.27 2D Chart View:1.....	114
Εικόνα 4.28 Οι ρυθμίσεις 2D Chart View.....	114
Εικόνα 4.29 X-Y Graph View.....	115
Εικόνα 4.30 Οι ρυθμίσεις X-Y Graph.....	116
Εικόνα 4.31 Επιλογή μεγεθών.....	116
Εικόνα 4.32 Statistic Histogram View.....	117
Εικόνα 4.33 Ρυθμίσεις Statistic Histogram View.....	118
Εικόνα 4.34 View -> Navigation Views	119
Εικόνα 4.35 GPS Info.....	120
Εικόνα 4.36 Ρυθμίσεις GPS Info.....	120
Εικόνα 4.37 View -> DVB Views -> DVB Constellation View: 1.....	121
Εικόνα 4.38 DVB Constellation View: 1.....	122

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Εικόνα 5.1 Χαρακτηριστικά ψηφιακού σήματος EPT.....	123
Εικόνα 5.2 Η καμπύλη των σημείων μέτρησης.....	125
Εικόνα 5.3 Γεωγραφικές συντεταγμένες Δροσιά.....	126
Εικόνα 5.4 Γεωγραφικές συντεταγμένες Αγ. Ανάργυροι.....	127
Εικόνα 5.5 Γεωγραφικές συντεταγμένες Νέος Κόσμος.....	128
Εικόνα 5.6 Γεωγραφικές συντεταγμένες Νέο Φάληρο.....	129
Εικόνα 5.7 Γεωγραφικές συντεταγμένες Άλιμος.....	130
Εικόνα 5.8 Σημείο Μέτρησης Δροσιά (λεπτομερής απεικόνιση).....	134
Εικόνες 5.9-5.10 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος-Δροσιά... 134/135	
Εικόνες 5.11-5.12 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Δροσιά.....	136
Εικόνες 5.13-5.14 Γραφική απεικόνιση του BER Δροσιά.....	137/138
Εικόνες 5.15-5.16 Γραφική απεικόνιση του MER Δροσιά.....	139
Εικόνα 5.17-5.18 Γραφική απεικόνιση του PER Δροσιά.....	140
Εικόνες 5.19 Φωτογραφίες Περιβάλλοντος Χώρου Δροσιά.....	142
Εικόνες 5.20-5.21 Snapshots TV tuner Δροσιά.....	142/143

Εικόνα 5.22 Σημείο Μέτρησης Αγ. Ανάργυροι (λεπτομερής απεικόνιση).....	144
Εικόνες 5.23-5.24 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος-Αγ. Ανάργυροι.	145
Εικόνες 5.25-5.26 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Αγ. Ανάργυροι.....	146
Εικόνες 5.27-5.28 Γραφική απεικόνιση του BER Αγ. Ανάργυροι.....,	147/148
Εικόνες 5.29-5.30 Γραφική απεικόνιση του MER Αγ. Ανάργυροι.....	149
Εικόνες 5.31-5.32 Γραφική απεικόνιση του PER Αγ. Ανάργυροι.....	150/152
Εικόνες 5.33-5.34 Φωτογραφίες Περιβάλλοντος Χώρου Αγ. Ανάργυροι.	152/153
Εικόνες 5.35-5.36 Snapshots TV tuner Αγ. Ανάργυροι.....	153/154
Εικόνα 5.37 Σημείο Μέτρησης Νέος Κόσμος (λεπτομερής απεικόνιση).....	155
Εικόνες 5.38-5.39 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Νέος Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	156
Εικόνες 5.40-5.41 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Νέος Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	157
Εικόνες 5.42-5.43 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέος Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	158/159
Εικόνες 5.44-5.45 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέος Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	159/160
Εικόνες 5.46-5.47 Γραφική απεικόνιση του BER Νέος Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	161/162
Εικόνες 5.48-5.49 Γραφική απεικόνιση του BER Νέος Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	162/163
Εικόνες 5.50-5.51 Γραφική απεικόνιση του MER Νέος Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	164/165
Εικόνες 5.52-5.53 Γραφική απεικόνιση του MER Νέος Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	165/166
Εικόνες 5.54-5.55 Γραφική απεικόνιση του PER Νέος Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	167
Εικόνες 5.56-5.57 Γραφική απεικόνιση του PER Νέος Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	168
Εικόνες 5.58-5.60 Φωτογραφίες Περιβάλλοντος Χώρου Νέος Κόσμος.	171/172

Εικόνες 5.61-5.62 Snapshots TV tuner Νέος Κόσμος.....	172/173
Εικόνα 5.63 Σημείο Μέτρησης Νέο Φάληρο (λεπτομερής απεικόνιση).....	174
Εικόνες 5.64-5.65 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος-Νέο Φάληρο.	175
Εικόνες 5.66-5.67 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέο Φάληρο.....	176/177
Εικόνες 5.68-5.69 Γραφική απεικόνιση του BER Νέο Φάληρο.....	178
Εικόνες 5.70-5.71 Γραφική απεικόνιση του MER Νέο Φάληρο.....	179
Εικόνες 5.72-5.73 Γραφική απεικόνιση του PER Νέο Φάληρο.....	180/181
Εικόνες 5.74-5.75 Φωτογραφίες Περιβάλλοντος Χώρου Νέο Φάληρο.....	183
Εικόνες 5.76-5.77 Snapshots TV tuner Νέο Φάληρο.....	184
Εικόνα 5.78 Σημείο Μέτρησης Άλιμος (λεπτομερής απεικόνιση).....	185
Εικόνες 5.79-5.80 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος-Άλιμος.....	186
Εικόνες 5.81-5.82 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Άλιμος.....	187/188
Εικόνες 5.83-5.84 Γραφική απεικόνιση του BER Άλιμος.....	189
Εικόνες 5.85-5.86 Γραφική απεικόνιση του MER Άλιμος.....	190
Εικόνες 5.87-5.88 Γραφική απεικόνιση του PER Άλιμος.....	191/192
Εικόνες 5.89-5.91 Φωτογραφίες Περιβάλλοντος Χώρου Άλιμος.....	193/194
Εικόνες 5.92-5.93 Snapshots TV tuner Άλιμος.....	195

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Εικόνα 6.1 Constellation Δροσιά.....	199
Εικόνα 6.2 Constellation Αγ. Ανάργυροι.....	199
Εικόνα 6.3 Constellation Νέος Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	200
Εικόνα 6.4 Constellation Νέο Φάληρο.....	200
Εικόνα 6.5 Constellation Άλιμος.....	201
Εικόνα 6.6 Constellation Νέος Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	202

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Πίνακας 1.1 Συχνότητες / Κανάλια EPT Ψηφιακής.....	25
Πίνακας 1.2 Υπολογισμός της ελάχιστης χρησιμοποιήσιμης τιμής πεδίου.....	44
Πίνακας 1.3 Διακαναλικοί λόγοι προστασίας.....	45
Πίνακας 1.4 Ομάδες Εξαρτώμενων Παραμέτρων ανάλογα με τύπο υπηρεσίας RPC.....	52
Πίνακας 1.5 Κατανομή συχνοτήτων στα ελληνικά allotments.....	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Πίνακας 2.1 Βασικές λειτουργίες ψηφιακής τηλεόρασης και απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης.....	64
Πίνακας 2.2 Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για μη ιεραρχική εκπομπή για εκπομπή για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T).....	65
Πίνακας 2.3 Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για μη ιεραρχική εκπομπή για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T).....	66
Πίνακας 2.4 Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για ιεραρχική εκπομπή (QPSK in 64-QAM) για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T).....	66
Πίνακας 2.5 Μετρούμενα μεγέθη.....	79
Πίνακας 2.6 Το κενό TS πακέτο.....	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Πίνακας 5.1 Λαμβανόμενη Ισχύς Δροσιά.....	135
Πίνακας 5.2 Σηματοθορυβικός λόγος Δροσιά.....	137
Πίνακας 5.3 Τιμές του BER Δροσιά.....	138
Πίνακας 5.4 Τιμές του MER Δροσιά.....	139
Πίνακας 5.5 Τιμές του PER Δροσιά.....	141
Πίνακας 5.6 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Δροσιά.....	141
Πίνακας 5.7 Λαμβανόμενη Ισχύς Αγ. Ανάργυροι.....	145
Πίνακας 5.8 Σηματοθορυβικός λόγος Αγ. Ανάργυροι.....	147

Πίνακας 5.9 Τιμές του BER Αγ. Ανάργυροι.....	148
Πίνακας 5.10 Τιμές του MER Αγ. Ανάργυροι.....	150
Πίνακας 5.11 Τιμές του PER Αγ. Ανάργυροι.....	151
Πίνακας 5.12 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Αγ. Ανάργυροι.....	152
Πίνακας 5.13 Λαμβανόμενη Ισχύς Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	158
Πίνακας 5.14 Λαμβανόμενη Ισχύς Ν. Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	158
Πίνακας 5.15 Σηματοθορυβικός λόγος Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων	160
Πίνακας 5.16 Σηματοθορυβικός λόγος Ν. Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων	161
Πίνακας 5.17 Τιμές του BER Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων	163
Πίνακας 5.18 Τιμές του BER Ν. Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων	164
Πίνακας 5.19 Τιμές του MER Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων	166
Πίνακας 5.20 Τιμές του MER Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων	166
Πίνακας 5.21 Τιμές του PER Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	169
Πίνακας 5.22 Τιμές του PER Ν. Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	169
Πίνακας 5.23 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Ν. Κόσμος 1 ^ο σετ μετρήσεων.....	170
Πίνακας 5.24 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Ν. Κόσμος 2 ^ο σετ μετρήσεων.....	170
Πίνακας 5.25 Λαμβανόμενη Ισχύς Νέο Φάληρο.....	176
Πίνακας 5.26 Σηματοθορυβικός λόγος Νέο Φάληρο.....	177
Πίνακας 5.27 Τιμές του BER Νέο Φάληρο.....	179
Πίνακας 5.28 Τιμές του MER Νέο Φάληρο.....	180
Πίνακας 5.29 Τιμές του PER Νέο Φάληρο.....	181
Πίνακας 5.30 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Νέο Φάληρο.....	182
Πίνακας 5.31 Λαμβανόμενη Ισχύς Άλιμος.....	187
Πίνακας 5.32 Σηματοθορυβικός λόγος Άλιμος.....	188
Πίνακας 5.33 Τιμές του BER Άλιμος.....	190
Πίνακας 5.34 Τιμές του MER Άλιμος.....	191
Πίνακας 5.35 Τιμές του PER Άλιμος.....	192
Πίνακας 5.36 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Άλιμος.....	193

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγή στο DVB

Η ταχύτατη ανάπτυξη που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στον τομέα της ψηφιακής επεξεργασίας και αποστολής δεδομένων είχε ως αποτέλεσμα την ολοένα και αυξανόμενη επιθυμία των επιχειρήσεων που ασχολούνται με την εκπομπή σημάτων ήχου και εικόνας, για τη δημιουργία ενός προτύπου που θα καθιστούσε πρακτική και ταυτόχρονα οικονομική την ψηφιακή μετάδοση του τηλεοπτικού σήματος. Μέχρι τα τέλη του 1990 οι υπάρχουσες τεχνολογικές και οικονομικές δυνατότητες δεν επέτρεπαν την χρησιμοποίηση της ψηφιακής τηλεόρασης από το ευρύ κοινό.

Η κατάσταση αυτή άρχισε να αλλάζει όταν κατά τη διάρκεια του 1991 ιδιοκτήτες τηλεοπτικών σταθμών, κατασκευαστές εξοπλισμού, διαχειριστές δικτύων, προγραμματιστές και πολλοί άλλοι συζήτησαν για το πώς θα κατασκευάσουν μια πανευρωπαϊκή πλατφόρμα πάνω στην οποία θα αναπτύξουν την ψηφιακή επίγεια τηλεόραση. Στο τέλος του έτους δημιουργήθηκε η ELG (European Launching Group) η οποία θα είχε την ευθύνη για την επίβλεψη του έργου. Η επιτροπή αυτή στη συνέχεια επεκτάθηκε ώστε να συμπεριλάβει τους μεγαλύτερους Ευρωπαϊκούς δημόσιους και ιδιωτικούς τηλεοπτικούς οργανισμούς και μεγάλο αριθμό κατασκευαστών ηλεκτρονικών συστημάτων. Όλοι οι προαναφερθέντες δημιούργησαν το πρόγραμμα ψηφιακής εκπομπής βίντεο (DVB) το οποίο είναι μια κοινοπραξία υποκινούμενη από περίπου 250 επιχειρήσεις σε περισσότερες από 35 χώρες σε όλο τον κόσμο με σκοπό τη δημιουργία παγκοσμίων προτύπων για την μετάδοση του σήματος ψηφιακής τηλεόρασης και την παροχή υπηρεσιών δεδομένων.

Η επιτροπή του DVB δημιούργησε διάφορα πρότυπα που θέτουν τις βασικές αρχές κάθε περιοχής ψηφιακής μετάδοσης, για παράδειγμα το DVB-S2 είναι το πρότυπο για τη δεύτερη γενιά DVB σχετικά με την ψηφιακή δορυφορική μετάδοση, το DVB-C είναι το πρότυπο για την καλωδιακή ψηφιακή μετάδοση, το

DVB-S το πρότυπο για τα δορυφορικά συστήματα πρώτης γενιάς, το DVB-T το πρότυπο για την επίγεια ψηφιακή μετάδοση. Σήμερα υπηρεσίες που χρησιμοποιούν το πρότυπο DVB είναι διαθέσιμες σε όλες τις ηπείρους με περισσότερους από 120 εκατομμύρια εγκατεστημένους δέκτες.

1.1.1 Εισαγωγή στο DVB-T

Το πρόγραμμα επίγειας ψηφιακής μετάδοσης βίντεο (DVB-T) είναι το πρότυπο της Ευρωπαϊκής κοινοπραξίας DVB για τη μετάδοση του επίγειου ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος. Το προαναφερθέν σύστημα έχει σχεδιαστεί να μεταδίδει ψηφιακούς συρμούς δεδομένων ήχου και εικόνας χρησιμοποιώντας την OFDM διαμόρφωση με κωδικοποίηση καναλιού (COFDM). Η διαμόρφωση αυτή προσφέρει δύο εναλλακτικές την 2K και την 8K μετάδοση. Επιπροσθέτως, η μέθοδος πηγαίας κωδικοποίησης που έχει υιοθετηθεί είναι η MPEG-2 και τελευταία η H.264. Το DVB-T όντας πιο περίπλοκο από τα άλλα DVB πρότυπα συμφωνήθηκε το 1997. Μερικοί από τους λόγους που το καθιστούν πιο σύνθετο είναι το γεγονός ότι πρέπει να ανταποκρίνεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα θορύβου, εύρους ζώνης και πολυδιαδρομικής διάδοσης. Οι πρώτες μεταδόσεις DVB-T άρχισαν στη Σουηδία και την Αγγλία το 1998. DVB-T υπηρεσίες άρχισαν στη Γερμανία το 2002 και το 2003 έκλεισε ο πρώτος αναλογικός τηλεοπτικός σταθμός στο Βερολίνο. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στη Γερμανία είχαν πουληθεί 5 εκατομμύρια δέκτες DVB-T μέχρι τον Αύγουστο του 2006 ενώ η διείσδυση της ψηφιακής τηλεόρασης στη χώρα αγγίζει σήμερα το 10%.

1.1.2 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η ανάπτυξη της ψηφιακής τηλεόρασης στην Ελλάδα βρίσκεται ακόμα σε αρχικά στάδια. Το πρότυπο για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση στην Ελλάδα, όπως και στην υπόλοιπη Ευρώπη, είναι το DVB-T. Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση στην Ελλάδα ξεκινάει 10 περίπου χρόνια πριν την επίσημη πρεμιέρα της ERT digital. Στα μέσα της δεκαετίας του '90, η πρώτη επίγεια ψηφιακή πλατφόρμα

στήθηκε στην εταιρεία INTRACOM και έγιναν δοκιμαστικές εκπομπές με εμβέλεια μόνο μέσα στην εταιρεία. Στο τέλος της δεκαετίας του '90 (1999-2000) ο Δημόκριτος αποκτά τη δικιά του ψηφιακή πλατφόρμα και ξεκινάει δοκιμαστικές εκπομπές τοπικής εμβέλειας στη Αγία Παρασκευή Αττικής. 1 - 2 χρόνια μετά (το 2001) το τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων του ΤΕΙ Κρήτης σε συνεργασία με το Δημόκριτο αποκτά τη δική του ψηφιακή πλατφόρμα. Από το 2001 μέχρι και σήμερα πραγματοποιούνται εκπομπές στο Ηράκλειο Κρήτης (σήμερα στο κανάλι 40) από την ψηφιακή πλατφόρμα του ΤΕΙ Κρήτης (περισσότερες πληροφορίες στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα athena). Στο έτος 2005 η δημόσια τηλεόραση της Ελλάδας αποφασίζει να εκπέμψει ψηφιακά. Αντί να εμπιστευθεί το Δημόκριτο ή το ΤΕΙ Κρήτης που είχε ήδη αναπτύξει μια τεχνογνωσία πάνω στο θέμα, προμηθεύτηκε την τεχνογνωσία από τη Γερμανία με το ανάλογο κόστος φυσικά. Σήμερα, 2 χρόνια μετά την επίσημη πρεμιέρα της ΕΡΤ Ψηφιακής, λειτουργούν 5 ψηφιακοί πομποί της ΕΡΤ (3 στην Αττική, 1 στη Θεσσαλονίκη και 1 στο Πήλιο) με αποτέλεσμα την μεγάλη πληθυσμιακή κάλυψη της Ελλάδας, αλλά την ελάχιστη γεωγραφική κάλυψη. Μεταξύ Μαρτίου και Μαΐου 2006 έγινε η σταδιακή έναρξη εκπομπής των τριών βασικών καναλιών που αποτελούν την πιλοτική πλατφόρμα εκπομπής της ΕΡΤ,

Ωστόσο ιδιαίτερη έμφαση στην προώθηση της επίγειας Ψηφιακής Τηλεόρασης, δίνεται από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ), με αφορμή το σχέδιο νόμου για την αδειοδότηση των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης (ΜΜΕ). Σύμφωνα με την ΕΕΤΤ, η Ελλάδα πρέπει να έχει μεταβεί τεχνολογικά, ως το 2012, στο καθεστώς της επίγειας Ψηφιακής Τηλεόρασης, όπως προβλέπει Κοινοτική οδηγία. Σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όλες οι ευρωπαϊκές χώρες θα πρέπει να σταματήσουν την προβολή των αναλογικών προγραμμάτων μέχρι το τέλος του 2012. Η ημερομηνία αυτή θα ισχύσει καταληκτικά και για την Ελλάδα, παρ' όλο που σε παλαιότερη επικοινωνία της ελληνικής κυβέρνησης με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει παρουσιασθεί πιθανό χρονοδιάγραμμα που ορίζει την έναρξη της διαδικασίας από το 2010 και την σταδιακή μεταφορά σε ψηφιακή εκπομπή μέχρι και το 2012, τη καταληκτική ημερομηνία και για την Ελλάδα. Η ανάγκη για την

μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση βρήκε εκφραστή στην ελληνική κρατική τηλεόραση, η οποία υπήρξε πρωτοπόρος στην προσπάθεια ανάπτυξης του πρώτου ελληνικού δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης. Μέχρι και τον χειμώνα του 2007 η ψηφιακή τηλεόραση στην Ελλάδα περιορίζεται στη δοκιμαστική πλατφόρμα της EPT που αποτελείται από: Το σινέ+ με ταινίες, το σπορ+ με αθλητικά, και το πρίσμα+ κανάλι γενικού ενδιαφέροντος και σαφή προσανατολισμό/υποστήριξη σε άτομα με αναπηρίες (υπότιπλοι, νοηματική γλώσσα σε κάποια προγράμματα κ.ο.κ.). Επίσης αναμεταδίδεται και το δορυφορικό ΡΙΚ. Κανένας ιδιωτικός φορέας ή υπάρχον αναλογικό κανάλι δεν έχει εκφράσει δημοσίως πρόθεση, επιθυμία ή χρονοδιάγραμμα για την έναρξη ψηφιακών υπηρεσιών στο εγγύς μέλλον. Οι προσπάθειες της EPT απέδωσαν καρπούς και πριν δύο χρόνια δημιουργήθηκε ένα SFN (Single Frequency Network) το οποίο αρχικά κάλυπτε μόνο την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Το προαναφερθέν δίκτυο χρησιμοποιεί 3 πομπούς έναν στον Υμηττό, έναν στην Πάρνηθα και έναν στην Αίγινα με νόμιμη ισχύ εκπομπής στα 1500w οι οποίοι παρέχουν ψηφιακή κάλυψη με τη βοήθεια των ήδη εγκατεστημένων κεραιών , στο κανάλι 48 UHF. Με αυτούς τους τρεις πομπούς δεν εξασφαλίζεται μόνο η καλύτερη μετάδοση του σήματος στο λεκανοπέδιο, αλλά και η διάδοσή του σε μεγαλύτερη απόσταση.

Τον Ιανουάριο του 2006 η EPT άρχισε να εκπέμπει 3 ψηφιακά τηλεοπτικά προγράμματα εκ των οποίων το ένα αφορά τους ανθρώπους με προβλήματα ακοής, το δεύτερο την προβολή ταινιών και το τρίτο την κάλυψη αθλητικών γεγονότων. Το Μάρτιο του 2006 το δίκτυο επεκτάθηκε ώστε να καλύπτει του 65% του ελληνικού πληθυσμού με εκπομπές εκτός από την Αθήνα, στη Θεσσαλονίκη στο κανάλι 56 και στη Θεσσαλία στο κανάλι 53. Η παρακολούθηση των προγραμμάτων είναι ελεύθερη για το κοινό και μόνο η απόκτηση ενός ψηφιακού αποκωδικοποιητή είναι απαραίτητη.

Αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα λειτουργούν οι παρακάτω επίγειοι ψηφιακοί πομποί:

ERT Digital (Σπορ+,Σινέ+,Πρίσμα+,RIK) Αθήνα - Υμηττός Κανάλι 48 UHF
ERT Digital (Σπορ+,Σινέ+,Πρίσμα+,RIK) Αθήνα - Πάρνηθα Κανάλι 48 UHF
ERT Digital (Σπορ+,Σινέ+,Πρίσμα+,RIK) Αθήνα - Αίγινα Κανάλι 48 UHF
ERT Digital (Σπορ+,Σινέ+,Πρίσμα+,RIK) Θεσσαλονίκη - Χορτιάτης Κανάλι 56 UHF
ERT Digital (Σπορ+,Σινέ+,Πρίσμα+,RIK) Θεσσαλία - Πήλειο Κανάλι 53 UHF
ΤΕΙ Κρήτης (ERT Sat, RIK, Holidays in Greece κλπ) Ηράκλειο - Ρογδιά Κανάλι 40 UHF
Επίσης υπάρχει ανεπιβεβαίωτη πληροφορία ότι υπάρχει εκπομπή της EPT Ψηφιακής από το Σωρό στο Κανάλι 63 UHF.

Πίνακας 1.1 Συχνότητες / Κανάλια Εκπομπής EPT Ψηφιακής.



1.1.3 Οργανισμοί Ψηφιακής Τηλεόρασης

Η Ελλάδα αποτελεί μέρος των οργανισμών που ασχολούνται με τα θέματα της ψηφιακής τηλεόρασης. Αυτοί είναι οι εξής :

- **ITU** (International Telecommunication Union). Εδρεύει στη Γενεύη, διαθέτει 191 χώρες - μέλη και δραστηριοποιείται στον τομέα των ραδιοεπικοινωνιών γενικότερα. Η ITU ήταν υπεύθυνη για τον έλεγχο του σχεδιασμού της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης των χωρών μελών.



- **CEPT** (European Post and Telecommunication Conference – Ευρωπαϊκή Ένωση Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων). Αποτελεί ευρωπαϊκό φορέα υπεύθυνο για τον έλεγχο των τηλεπικοινωνιών και των ταχυδρομείων των χωρών μελών της. Αριθμεί 46 μέλη.



- **ERO** (European Radiocommunications Office – Ευρωπαϊκός Φορέας Ραδιοεπικοινωνιών). Είναι φορέας που ανήκει στη CEPT και στα πλαίσια του σχεδιασμού της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης παρέιχε στις διοικήσεις των χωρών μελών της CEPT συμβουλευτικά, τεχνικά κείμενα σχετικά με τη δημιουργία δικτύου DVB-T.



1.2 Χαρακτηριστικά ψηφιακού σήματος και σύγκριση με το αναλογικό

1.2.1 Χαρακτηριστικά της ψηφιακής τηλεόρασης

Με τα νέα ψηφιακά κανάλια η Δημόσια Ραδιοτηλεόραση πρωτοπορεί και βάζει τα θεμέλια για τη νέα τηλεοπτική πραγματικότητα στη χώρα μας. Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση αποτελεί τη νέα τεχνολογία μετάδοσης, που πρόκειται να αντικαταστήσει την παραδοσιακή αναλογική. Κύριο μέλημα είναι να εξασφαλιστεί, γρήγορα και ομαλά, η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση. Οι βασικές διαφορές μεταξύ αναλογικής και ψηφιακής μετάδοσης απαντώνται στον τρόπο παραγωγής – δημιουργίας και εκπομπής του τηλεοπτικού σήματος. Στην αναλογική, το τηλεοπτικό σήμα φτάνει από το στούντιο στον πομπό, κι από εκεί στο δέκτη, χωρίς να έχει υποστεί διαφοροποιήσεις ως προς τα τεχνικά του

χαρακτηριστικά. Στην επίγεια ψηφιακή μετάδοση το σήμα υφίσταται ψηφιακές διεργασίες. Κωδικοποιείται, συμπιέζεται και επιτρέπει να ενσωματώνονται σε αυτό υπηρεσίες: EPG (Electronic Program Guide - Ηλεκτρονικός Οδηγός Προγράμματος), επιλεγόμενοι υπότιτλοι σε περισσότερες της μίας γλώσσες, πολυκαναλικός ήχος, δυνατότητα παρέμβασης σε ζωντανή εκπομπή, κ.λπ.

Τα πλεονεκτήματα της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης είναι:

+ Καλύτερη ποιότητα ήχου και εικόνας. Με τη συμπίεση MPEG2 και το στερεοφωνικό ή πολυκαναλικό ψηφιακό ήχο δεν υπάρχουν θόρυβοι, παράσιτα και θολή εικόνα.

+ Βελτιωμένη λήψη. Το μειονέκτημα, στην αναλογική τηλεόραση, των ανακλάσεων του σήματος (το γνωστό στους τηλεθεατές ως «είδωλο», που δημιουργεί παραμόρφωση της εικόνας), στην ψηφιακή μετατρέπεται σε πλεονέκτημα. Τα ανακλώμενα σήματα προστίθενται στο αρχικό και λειτουργούν με αθροιστικό τρόπο, εξαλείφοντας έτσι το φαινόμενο του «ειδώλου». Στην αναλογική τηλεόραση όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση του πομπού από το δέκτη τόσο το σήμα αποδυναμώνεται, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται «χιόνια» στην οθόνη.

+ Πολλά προγράμματα από μία συχνότητα/κανάλι. Λόγω της συμπίεσης του σήματος, στην επίγεια ψηφιακή μετάδοση γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος συχνοτήτων. Στην αναλογική, μόνο ένα πρόγραμμα μπορεί να εκπέμπεται από κάθε ένα κανάλι στην επίγεια ψηφιακή μπορούν περισσότερα. Στο κανάλι 48, όπου μέχρι πρότινος λαμβάναμε το πρόγραμμα της ET1, σήμερα βλέπουμε τέσσερα διαφορετικά κανάλια (πρίσμα+, σπορ+, σινέ+ και PIK).

+ Αμφίδρομες υπηρεσίες. Η ψηφιακή τηλεόραση δίνει τη δυνατότητα στον τηλεθεατή να παρεμβαίνει στη διαμόρφωση του προγράμματος, με κύρια τεχνολογικά χαρακτηριστικά τη διαδραστικότητα και τον ετεροχρονισμό.

Σταδιακά, θα μπορούμε να παρεμβαίνουμε με απάντηση σε ερώτηση, ή με ψήφο σε ζωντανή εκπομπή, να επιλέγουμε το πρόγραμμα που θέλουμε να δούμε την ώρα που θέλουμε να το δούμε, ακόμα και να προγραμματίζουμε τις αγορές μας.

Μία από τις διαδραστικές υπηρεσίες, που σύντομα θα ενεργοποιηθεί, είναι ο Ηλεκτρονικός Οδηγός Προγράμματος (EPG).

Πρόκειται για μια εφαρμογή με σκοπό την παροχή πληροφοριών για το τηλεοπτικό πρόγραμμα του κάθε ψηφιακού καναλιού. Προσφέρει σύντομη περιγραφή του προγράμματος που παρακολουθεί ο τηλεθεατής (τίτλο, είδος εκπομπής, περίληψη, διάρκεια, συντελεστές), αλλά και πληροφορίες για το πρόγραμμα των επόμενων ωρών και ημερών. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα προγραμματισμού εγγραφής, για εκπομπές που επιθυμεί να παρακολουθήσει ο τηλεθεατής σε μεταγενέστερο χρόνο, όπως επίσης και ενεργοποίησης άλλων υπηρεσιών: υποτιτλισμού, περιορισμού πρόσβασης με βάση το περιεχόμενο εκπομπών, κ.λπ.

Εκπομπή σήματος

Η ψηφιακή τεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης του φάσματος των συχνοτήτων. Η ΕΡΤ, δοκιμάζοντας νέες τεχνολογίες, εφαρμόζει για πρώτη φορά στην Ευρώπη την ταυτόχρονη εκπομπή σήματος από τρία διαφορετικά σημεία, στην ίδια συχνότητα. Έτσι, στην Αττική, το σήμα της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης εκπέμπεται στο κανάλι 48 UHF, από τον Υμηττό, την Πάρνηθα και την Αίγινα. Με αυτούς τους τρεις πομπούς δεν εξασφαλίζεται μόνο η καλύτερη μετάδοση του σήματος στο λεκανοπέδιο, αλλά και η διάδοσή του σε μεγαλύτερη απόσταση. Το σήμα της επίγειας ψηφιακής εκπέμπεται σήμερα και από τον Χορτιάτη, στο κανάλι 56 UHF, καλύπτοντας την Θεσσαλονίκη και την ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας, καθώς και από το Πήλιο, στο κανάλι 53 UHF, καλύπτοντας μεγάλο τμήμα της Θεσσαλίας.

Εκτιμάται ότι, από τον περασμένο Μάρτιο, το 65% του πληθυσμού της χώρας έχει τη δυνατότητα λήψης των πιλοτικών ψηφιακών καναλιών της ΕΡΤ, καθώς και του ΡΙΚ Sat. Με αφετηρία τους πρώτους μήνες του 2007, σταδιακά και κατά γεωγραφική περιφέρεια, θα τοποθετηθούν νέοι πομποί και αναμεταδότες σε αστικά κέντρα, ώστε να επεκταθεί το δίκτυο εκπομπής της ψηφιακής τηλεόρασης και να καλυφθεί όλη η επικράτεια

Παρά το γεγονός ότι το ψηφιακό σήμα διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα, η ποιότητα του μεταφερόμενου σήματος περιορίζεται σημαντικά από την περιορισμένη χωρητικότητα της ζώνης των διαθέσιμων για τηλεοπτική μετάδοση συχνοτήτων. Στην Ευρώπη οι ζώνες συχνοτήτων των 7 και 8 MHz χρησιμοποιούνται από τα αναλογικά κανάλια και αυτόματα η λειτουργία ψηφιακών σταθμών στις ίδιες ζώνες θέτει περιορισμούς στην παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών από τους τελευταίους.

Η ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών για καλύτερη ποιότητα εικόνας και η στροφή που παρατηρείται προς τις υπηρεσίες κινητού δέκτη ήταν αδύνατο να αφήσουν αδιάφορους τους κατασκευαστές των δικτύων ψηφιακής τηλεόρασης. Η προσπάθεια για ικανοποίηση των σύγχρονων αναγκών σε ότι αφορά την παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων επικεντρώνεται κυρίως στις 4 παρακάτω επιλογές καθεμία από τις οποίες απευθύνεται σε διαφορετικό τηλεοπτικό περιβάλλον:

- HDTV (High Definition Television) υπηρεσίες απευθυνόμενες σε χρήστες με πολύ μεγάλες οθόνες και υψηλές απαιτήσεις ποιότητας.
- EDTV (Extended Definition Television) υπηρεσίες για χρήστες με μεσαίες προς μεγάλες οθόνες.
- SDTV (Standard Definition Television) υπηρεσίες για χρήστες με φορητές οθόνες.
- LDTV (Limited Definition Television) υπηρεσίες για χρήστες με μικρές οθόνες σε περιβάλλον κινητών τηλεπικοινωνιών.

1.2.2 Το ψηφιακό σήμα DVB-T

Το DVB-T διαθέτει τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία το καθιστούν ιδιαίτερα ευέλικτο :

- Δυνατότητα επιλογής 3 διαφορετικών διαμορφώσεων (QPSK, 16 QAM, 64 QAM)

QPSK: Προσφέρει μεγάλη ανθεκτικότητα από πλευράς παρεμβολών ωστόσο προσφέρει μικρές τιμές ρυθμών μετάδοσης (οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται κυμαίνονται από 5Mbps – 10Mbps.)

16 QAM: Σχετική ανεκτικότητα απέναντι στις παρεμβολές με ικανοποιητικές τιμές απόδοσης εύρους ζώνης. (οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται κυμαίνονται από 10Mbps – 21Mbps.)

64 QAM: Προσφέρει τη μεγαλύτερη τιμή απόδοσης εύρους ζώνης ωστόσο δεν παρουσιάζει καμία ανοχή στις παρεμβολές. (οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται κυμαίνονται από 14Mbps – 31Mbps.)

- Υποστηρίζει 5 ρυθμούς εσωτερικής κωδικοποίησης (Forward Error Correction –FEC). Από τον ισχυρότερο προς τον ασθενέστερο είναι:

1/2

2/3

3/4

5/6

7/8

Η κωδικοποίηση αυτή είναι η τρίτη στη σειρά των κωδικοποιήσεων που υπόκειται η μεταδιδόμενη πληροφορία, προηγείται κωδικοποίηση Reed Solomon και ένας εξωτερικός interleaver. Ο ρυθμός κωδικοποίησης (code rate) δηλώνει τον αριθμό των bits που δέχεται σαν είσοδο προς τον αριθμό των bits που προκύπτουν στην έξοδό του. Ουσιαστικά προστίθενται, με καθορισμένο

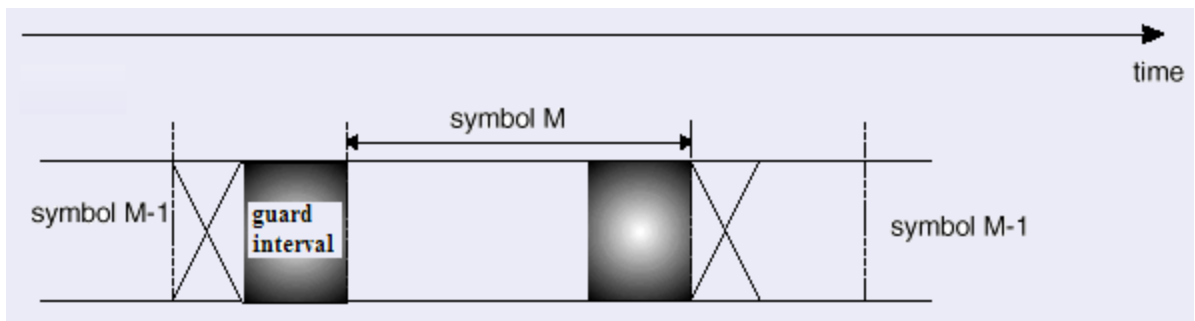
αλγόριθμο, επιπλέον bits στη μεταδιδόμενη πληροφορία ώστε ο δέκτης να μπορεί και να αναγνωρίζει με μεγαλύτερη πιθανότητα την εκπεμπόμενη αλλά και να διορθώνει κάποια λάθη

- Δυνατότητα επιλογής 4 διαφορετικών Guard Intervals

Υποστηρίζει 4 διαφορετικές τιμές για το διάστημα προστασίας του OFDM συμβόλου.

- 1/4
- 1/8
- 1/16
- 1/32

Όσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα προστασίας τόσο ισχυρότερη γίνεται η συμπεριφορά του μεταδιδόμενου συμβόλου έναντι της διασυμβολικής παρεμβολής αλλά και της παρεμβολής μεταξύ των φερουσών λόγω αλλοίωσης της ορθογωνιότητας. Ταυτόχρονα όμως η αύξηση του διαστήματος προστασίας ισοδυναμεί με λιγότερη μεταδιδόμενη πληροφορία και άρα μικρότερους ρυθμούς (bit rate).



Εικόνα 1.1 Διάστημα Προστασίας / Guard interval μεταδιδόμενου συμβόλου

- Υποστηρίζει 3 διαφορετικά OFDM modules.

2048 (2k) φέρουσες

4096 (4k) φέρουσες

8192 (8k) φέρουσες

Περισσότερες φέρουσες ισοδυναμούν με περισσότερη μεταδιδόμενη πληροφορία αλλά δημιουργούν επισφαλείς συνθήκες διάδοσης κυρίως ως προς τη διατήρηση της ορθογωνιότητας στο δέκτη.

- Δυνατότητα λειτουργίας σε κανάλια 6,7 ή 8 MHz εύρους ζώνης (με εικόνα στα 50 ή 60 Hz)

Υποστηρίζει 3 διαφορετικά εύρη καναλιού

6 MHz

7 MHz

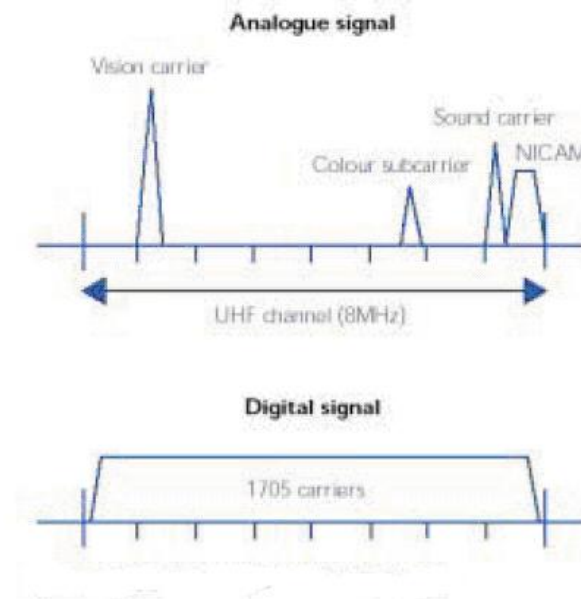
8 MHz

Συνήθως το εύρος των 7 MHz χρησιμοποιείται στη μπάντα VHF-Band III (174-230MHz) ενώ τα 8 MHz στη μπάντα UHF (470-862 MHz)

Χρησιμοποιώντας διαφορετικούς συνδυασμούς των παραπάνω παραμέτρων ένα DVB-T δίκτυο μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες οποιουδήποτε σχεδιαστή δικτύων.

Το ψηφιακό σήμα διαθέτει πολλά διαφορετικά χαρακτηριστικά από το αναλογικό, το πιο βασικό από τα οποία είναι το σύστημα διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται στις ψηφιακές εκπομπές. Η λειτουργία της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης στηρίζεται στην COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) διαμόρφωση, βασικό πλεονέκτημα της οποίας είναι η υψηλή προστασία του σήματος από τις απώλειες της πολυδιαδρομικής διάδοσης. Με άλλα λόγια, μέχρι κάποιο σημείο, το σήμα δεν επηρεάζεται από τις συχνότητες “φαντάσματα”, έτσι το ψηφιακό σήμα μένει σχεδόν ανεπηρέαστο κάτω από συνθήκες στις οποίες το αναλογικό σήμα θα εξασθενούσε σημαντικά λόγω παρεμβολής. Εν συνεχεία, το ψηφιακό σήμα παρουσιάζει μεγάλη ανοχή στην διακαναλική παρεμβολή προερχόμενη τόσο από άλλα ψηφιακά όσο και από αναλογικά σήματα. Αυτό το σπουδαίο πλεονέκτημα του ψηφιακού σήματος καθιστά δυνατή την εισαγωγή ψηφιακών υπηρεσιών σε μια ζώνη συχνοτήτων που χρησιμοποιείται κατά κόρον από αναλογικά κανάλια. Σε αντίθεση με το αναλογικό σήμα το οποίο εξασθενεί ομαλά, το ψηφιακό σήμα χάνει την ισχύ του

απότομα με αποτέλεσμα ένα ψηφιακό σύστημα να δίνει άριστη εικόνα σε ένα επίπεδο σήματος Y dB και σχεδόν καθόλου σήμα ένα επίπεδο $Y-1$ ή $Y-2$ dB. Το βασικό αυτό χαρακτηριστικό του ψηφιακού σήματος χρήζει ιδιαίτερης προσοχής από τον σχεδιαστή του συστήματος, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιήσει τεχνικές πολυεπίπεδων συστημάτων ώστε το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών να λαμβάνει τουλάχιστον το ελάχιστο αποδεκτό σήμα. Με τον όρο πολυεπίπεδο σύστημα εννοείται, για παράδειγμα, ένα σύστημα που αποτελείται από δυο μέρη: το πρώτο θα είναι λιγότερο ευαίσθητο και θα μεταφέρει το σήμα βασικής ποιότητας, ενώ το δεύτερο θα εξασθενεί πιο απότομα αλλά θα μεταφέρει εικόνα υψηλότερης ποιότητας.



Εικόνα 1.2: Το φάσμα αναλογικού και ψηφιακού σήματος

1.2.3 Η νέα τεχνολογία DVB-T2

Τα επόμενα χρόνια, οι πάροχοι υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης θα έχουν τη δυνατότητα εισαγωγής μιας νέας τεχνολογίας ευρυεκπομπής προγραμμάτων υψηλής ευκρίνειας. Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται DVB-T2

και αποτελεί ένα νέο πρότυπο ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης που αποτελεί αναβάθμιση του ήδη υπάρχοντος προτύπου DVB-T.

Η κύρια εμπορική απαίτηση από το DVB-T2 είναι η παροχή τουλάχιστον 30% επιπλέον χωρητικότητας ωφέλιμου φορτίου, σε σχέση με το πρότυπο DVB-T κάτω από όμοιες συνθήκες λήψης. Η κύρια εφαρμογή του DVB-T2 θα είναι να επιτρέψει στους παρόχους να επωφεληθούν από την αυξημένη προσφερόμενη χωρητικότητα με την εκπομπή νέων επίγειων ψηφιακών ευρυεκπομπών ταυτόχρονα με τις ήδη υπάρχουσες DVB-T υπηρεσίες.

Κάποια από τα πλεονεκτήματα που πρότυπου αυτού προκύπτουν από τα στοιχεία που δομούν την αρχιτεκτονική του.

- Η κωδικοποίηση video αλλάζει από MPEG-2 σε MPEG-4. Το MPEG-4 αποτελεί τη νέα κωδικοποίηση video που χρησιμοποιείται για δορυφορικά HDTV κανάλια. Η κωδικοποίηση αυτή είναι περίπου δυο φορές πιο αποδοτική από ότι το MPEG-2, που χρησιμοποιείται για standard definition κανάλια.

- Χρησιμοποιούνται 16k και 32k φέροντα, σε αντίθεση με το πρότυπο DVB-T που χρησιμοποιούνται 2k και 8k. Όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των φερόντων, τόσο μεγαλύτερα θα είναι τα OFDM σύμβολα. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια την αποδοτικότητα του φάσματος καθώς το διάστημα προστασίας μεταξύ των ωφέλιμων OFDM συμβόλων θα αποτελεί ένα μικρότερο ποσοστό της συνολικής διάρκειας του συμβόλου (συνολική διάρκεια συμβόλου = διάστημα προστασίας + διάρκεια OFDM συμβόλου). Επίσης, ο μεγάλος αριθμός των φερόντων βελτιώνει την απόδοση του συστήματος, όταν υπάρχουν φαινόμενα ξαφνικών παρεμβολών.

- Χρησιμοποιείται διαμόρφωση σήματος έως και 256-QAM. Αντιθέτως, το πρότυπο DVB-T χρησιμοποιεί διαμόρφωση τύπου QPSK, 16-QAM, και 64-

QAM. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των σημείων αστερισμού (constellation points) τόσο υψηλότερος μπορεί να είναι ο ρυθμός bit.

- Εφαρμογή της τεχνολογίας MIMO (Multiple Input Multiple Output). Αναφέρεται στη χρήση περισσότερων της μίας κεραίας και στο σημείο εκπομπής και στο σημείο λήψης. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι η χωρητικότητα αυξάνεται σύμφωνα με τον ελάχιστο αριθμό κεραιών είτε στο σημείο εκπομπής είτε στο σημείο λήψης. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν τουλάχιστον δύο κεραίες και στο σημείο λήψης και στο σημείο εκπομπής, τότε η χωρητικότητα διπλασιάζεται σε σχέση με τη θεωρητική χωρητικότητα καναλιού όταν υπάρχει μια κεραία εκπομπής και/ή λήψης.

Επιπλέον, το πρότυπο DVB-T2 έχει σχεδιαστεί για λήψη από τις ήδη υπάρχουσες τοπικές κεραίες ψηφιακής τηλεόρασης καθώς και για συνύπαρξη με τις υπάρχουσες DVB-T εκπομπές. Παρόλο, λοιπόν, που έχει δοθεί προσοχή στη συμβατότητα με τις ήδη υπάρχουσες κεραίες, διασφαλίζεται η παροχή της επιπλέον χωρητικότητας. Επιπροσθέτως, η αξιοποίηση των ήδη υπάρχουσών κεραιών εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση κόστους για τους παρόχους.

1.2.4 Συμπέρασμα

Συνοψίζοντας, λοιπόν, παρατηρείται μία αυξανόμενη προσδοκία των καταναλωτών για παροχή βελτιωμένων υπηρεσιών επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Η ευρεία διείσδυση στην αγορά ψηφιακού εξοπλισμού που υποστηρίζει λήψη και αναπαραγωγή προγραμμάτων HDTV επισπεύδει την ικανοποίηση των απαιτήσεων των καταναλωτών από τους παρόχους. Από την πλευρά τους, οι πάροχοι, αντιλαμβανόμενοι τις τάσεις στην αγορά και την ανταπόκριση του καταναλωτικού κοινού, προτίθενται να προβούν σε επενδύσεις και έρευνες για τη σταδιακή εφαρμογή υπηρεσιών HDTV. Επιπλέον, τα επόμενα χρόνια προβλέπεται η εφαρμογή του νέου προτύπου DVB-T2. Η χρησιμοποίηση νέων τεχνολογιών στην δομή του

προτύπου αυτού εμφανίζουν αυξημένα πλεονεκτήματα σχετικά με τη χωρητικότητα και το ρυθμό bit του καναλιού, κάτι που σημαίνει σαφώς αναβαθμισμένες υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης. Το πρότυπο αυτό πρόκειται να συνυπάρξει με το DVB-T και όχι να το αντικαταστήσει, ενώ η λήψη υπηρεσιών βασισμένων στο νέο αυτό πρότυπο μπορεί να πραγματοποιηθεί με τις ήδη υπάρχουσες κεραιές. Αυτή η συμβατότητα επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους για τους παρόχους και καθιστά την επένδυση αυτή άκρως ελκυστική. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι η ψηφιακή τεχνολογία αλλάζει συνεχώς. Άλλωστε, σύμφωνα με τα πεπραγμένα του συνεδρίου της Γενεύης, πλησιάζει η ώρα της πλήρους μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση. Η αποδοτικότερη χρήση του φάσματος από την ψηφιακή τεχνολογία θα οδηγήσει στην απελευθέρωση φάσματος συχνοτήτων που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για νέες υπηρεσίες. Γίνεται, λοιπόν, σαφές ότι οι πάροχοι επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης επιθυμούν την εκμετάλλευση του απελευθερωμένου αυτού φάσματος για την παροχή αναβαθμισμένων υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης.

1.3 Σχεδιασμός για το σύστημα DVB-T

1.3.1 Διαθεσιμότητα φάσματος συχνοτήτων

Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες οι ζώνες συχνότητας που διατίθενται στην τηλεόραση είναι σε εντατική χρήση και η κατανομή του πρόσθετου φάσματος στους εκπομπούς ψηφιακού σήματος, ιδιαίτερα κάτω από το 1 GHz είναι μάλλον απίθανη. Είναι επομένως απαραίτητο να εξεταστούν οι τρόποι για την εισαγωγή των ψηφιακών υπηρεσιών μέσα στις ζώνες που χρησιμοποιούνται ήδη από την αναλογική τηλεόραση.

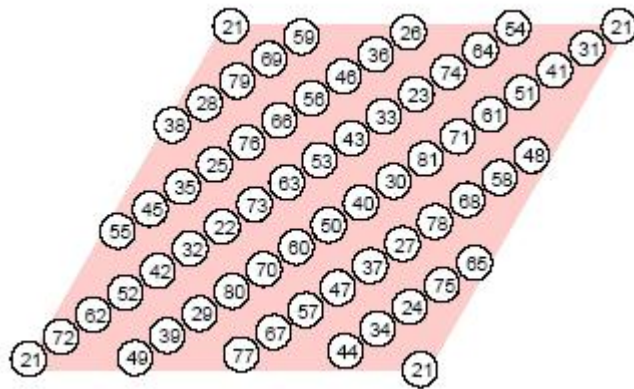
1^{ος} τρόπος: Χρήση των ταμπού καναλιών

Μια προτεινόμενη λύση για την αντιμετώπιση του παραπάνω προβλήματος προβλέπει τη χρησιμοποίηση των λεγόμενων ταμπού καναλιών (taboo channels). Πρόκειται για τα κανάλια τα οποία μένουν αχρησιμοποίητα κατά την επιλογή συχνοτήτων για εκπομπή από μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Τα κανάλια αυτά είναι:

- Το ήδη χρησιμοποιούμενο κανάλι N
- Τα παρακείμενα κανάλια N-1 και N-2
- Τα κανάλια ταλαντωτών N+5 και N-5
- Το κανάλι εικόνας N+9

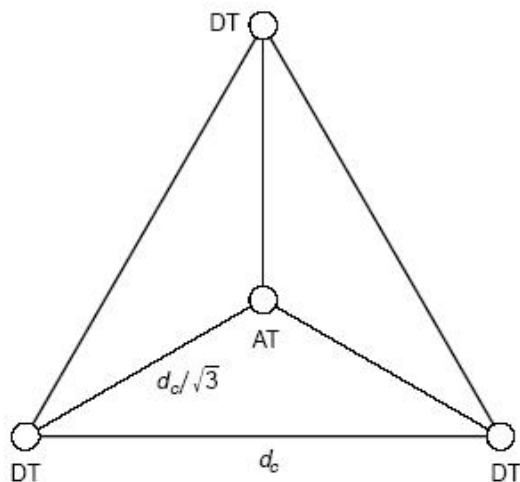
Η χρησιμοποίηση του καναλιού N μπορεί να εξαιρεθεί αφού οι απαιτούμενοι λόγοι προστασίας τόσο για το ψηφιακό όσο και για το αναλογικό σήμα είναι πολύ υψηλοί. Επομένως κάθε κανάλι σε λειτουργία έχει πέντε κανάλια ταμπού. Στην πράξη, τρία ή τέσσερα προγράμματα εκπέμπονται συνήθως από μια κοινή περιοχή, που οδηγεί σε συνολικά 15 έως 20 κανάλια ταμπού. Εάν αυτά τα κανάλια ταμπού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις ψηφιακές υπηρεσίες, με τις κατάλληλες ισχύς εκπομπής, και να επιτευχθεί το ίδιο περίγραμμα κάλυψης όπως επιτυγχάνεται από την εκπομπή σημάτων στο κανάλι N, τότε η πλήρης κάλυψη της περιοχής θα μπορούσε να αναμένεται για αυτές τις ψηφιακές υπηρεσίες.

Ο σχεδιασμός των τηλεοπτικών προγραμμάτων βασίζεται στο πλάνο της Στοκχόλμης του 1961. Το δικτυωτό πλέγμα συχνοτήτων που συμφωνήθηκε στη διάσκεψη της Στοκχόλμης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 1.3 Το δικτυωτό πλέγμα συχνοτήτων που συμφωνήθηκε στη διάσκεψη της Στοκχόλμης

Οι εκπομποί που λειτουργούν στο ίδιο κανάλι βρίσκονται στις άκρες του ρόμβου. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του παραπάνω πλέγματος είναι ο ισοδύναμος διαμοιρασμός συχνοτήτων και στους 3 εκπομπούς προς μια κατεύθυνση μέσα στο πλέγμα. Ο διαμοιρασμός αυτός επιτρέπει την απλή ομαδοποίηση τριών προγραμμάτων χρησιμοποιώντας τα κανάλια N , $N+3$, $N+6$. Ο προαναφερθέν ρόμβος μπορεί να χωριστεί σε δύο ισοδύναμα τρίγωνα πλευράς d_c . Η απόσταση αυτή είναι γνωστή ως δια-καναλική απόσταση, η οποία στην Ευρώπη είναι περίπου 200 km. Το κέντρο βάρους του παραπάνω τριγώνου είναι το σημείο με τη μεγαλύτερη απόσταση από τα άκρα και συνήθως παραχωρείται στον αναλογικό επομπό. Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα:



Εικόνα 1.4 Ισόπλευρο τρίγωνο με τρεις ψηφιακούς εκπομπούς και έναν αναλογικό στο κέντρο βάρους.

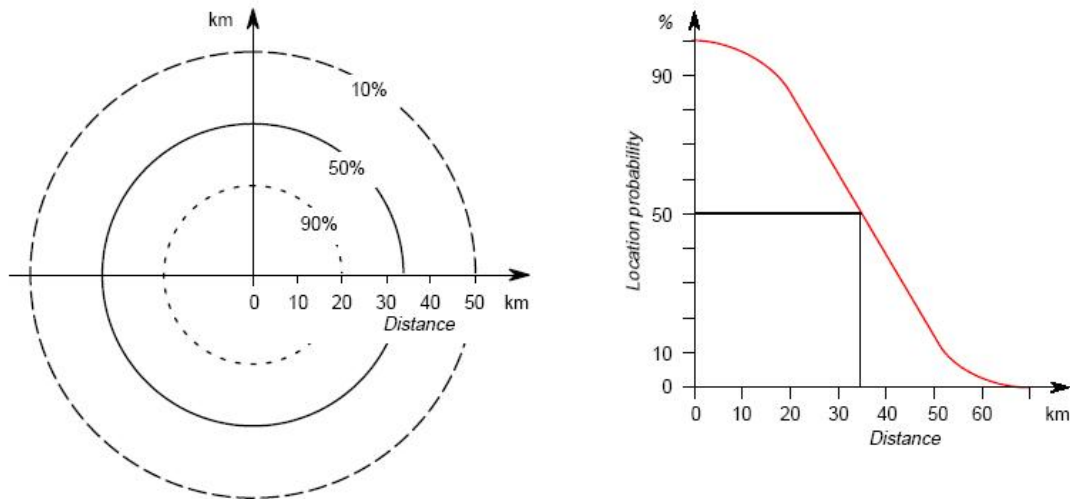
2^{ος} τρόπος: Η λύση του «καθαρού καναλιού»

Σε μερικές ευρωπαϊκές χώρες το πάνω μέρος της ζώνης των UHF συχνοτήτων δε χρησιμοποιείται για υπηρεσίες μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος. Η διαθεσιμότητα αυτή προσφέρει μια δυνατότητα για την εισαγωγή των ψηφιακών καναλιών σε αυτή ακριβώς την περιοχή του φάσματος. Η προσέγγιση αυτή ωστόσο είναι απίθανο να αποτελέσει μια γενική λύση για όλη την Ευρώπη αφού σε μερικές χώρες η προαναφερθείσα ζώνη ήδη χρησιμοποιείται από τα αναλογικά τηλεοπτικά δίκτυα. Εξ' αιτίας των απαιτήσεων για διεθνή συνεργασία ανάμεσα στα ψηφιακά τηλεοπτικά δίκτυα, η συγκεκριμένη υποπεριοχή των συχνοτήτων πρέπει να μοιράζεται σε πολλές γειτονικές χώρες, γεγονός το οποίο επιτρέπει τη λειτουργία μόνο δύο, το πολύ τριών ψηφιακών καναλιών σε κάθε χώρα.

1.3.2 Πιθανότητα κάλυψης

Η απότομη απόσβεση του ψηφιακού σήματος ενός DVB συστήματος στην περιοχή κάλυψης καθιστά εύκολο τον υπολογισμό της δυνατότητας λήψης ή μη του σήματος. Μια συγκεκριμένη περιοχή θεωρείται ότι καλύπτεται επαρκώς εάν ο απαιτούμενος σηματοθορυβικός λόγος επιτυγχάνεται για το 99% του χρόνου. Από την άλλη, δεν είναι πρακτικό να απαιτείται παρόμοια κάλυψη για όλες της υποπεριοχές της υπό συζήτηση περιοχής. Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή επιτροπή εκπομπών (EBU) η κάλυψη περιγράφεται ως “καλή” εάν τουλάχιστον το 95% της περιοχής εξυπηρετείται για το 99% του χρόνου και σαν “αποδεκτή” εάν τουλάχιστον το 75% της περιοχής εξυπηρετείται για το 99% του χρόνου.

Προκειμένου να καταλήξουμε στις καμπύλες διάδοσης τιμής πεδίου για το ψηφιακό σήμα, θα ήταν χρήσιμο να εξετάσουμε την διάδοση στα αναλογικά δίκτυα. Η διάδοση των ραδιοκυμάτων θεωρείται μια στατιστική διαδικασία κατά την οποία η τιμή του πεδίου στην περιοχή κάλυψης προβλέπεται για συγκεκριμένο ποσοστό του χρόνου και της περιοχής. Στην περίπτωση όπου υπάρχει μια μόνο επιθυμητή εκπομπή χωρίς παρεμβολές από άλλους πομπούς το 50% του χρόνου και το 50% των περιοχών λαμβάνονται ως συνθήκες αναφοράς. Η στατιστική αυτή τιμή πεδίου που παρέχει ικανοποιητικό σήμα στο 50% των περιοχών για το 50% του χρόνου καθορίζει και το περίγραμμα της περιοχής κάλυψης. Στα αναλογικά συστήματα η τιμή αυτή σχετίζεται με την προσφερόμενη ποιότητα εικόνας και ήχου. Πιο συγκεκριμένα μέσα στην περιοχή κάλυψης η ποιότητα είναι καλύτερη απ’ ότι έξω από αυτήν. Εκτός αυτού, ο αριθμός των περιοχών που δεν εξυπηρετούνται μέσα στην περιοχή κάλυψης μειώνεται απότομα καθώς απομακρυνόμαστε από τον πομπό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

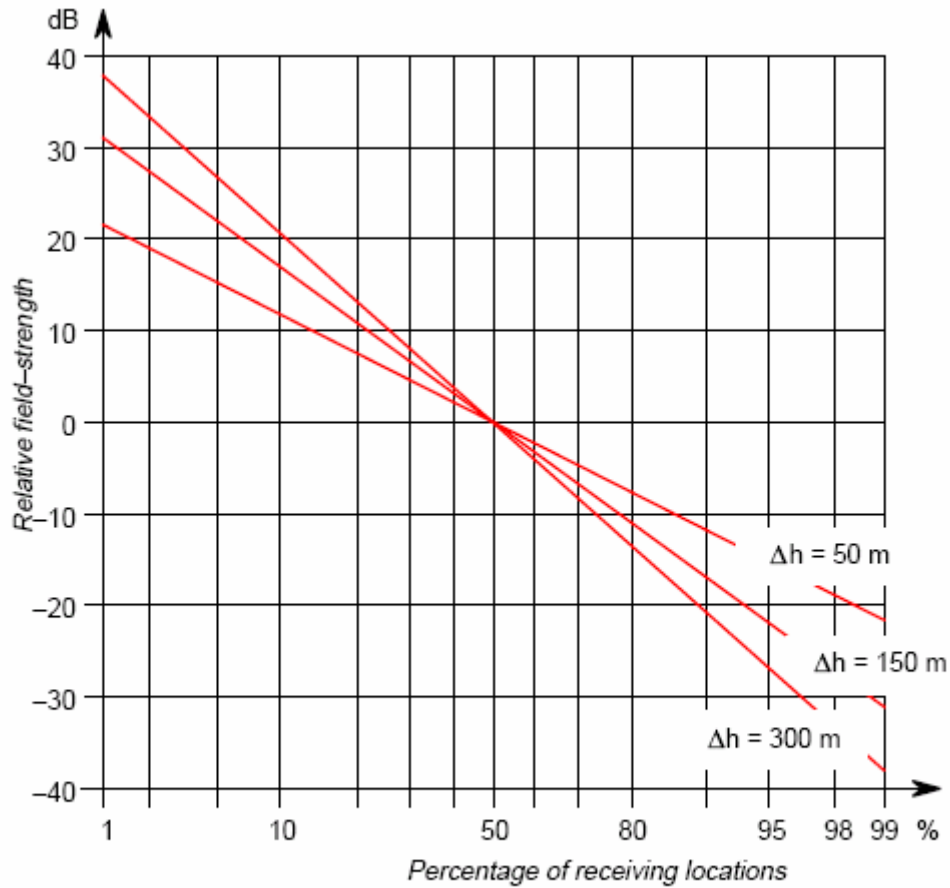


Εικόνα 1.5 Αποστάσεις κάλυψης για διαφορετικές πιθανότητες

Παρόλα αυτά έξω από την περιοχή κάλυψης είναι δυνατό να υπάρχουν υπο-περιοχές που να λαμβάνουν σήμα πολύ καλής ποιότητας. Γενικά η περιοχή κάλυψης οριοθετείται από το επίπεδο της παρεμβολής και όχι του θορύβου με αποτέλεσμα η περιοχή κάλυψης να αποτελείται από τις περιοχές όπου η επιθυμητή τιμή του σήματος και η χρησιμοποιούμενη είναι ίσες. Για τον καθορισμό της τιμής πεδίου της παρεμβολής χρησιμοποιούνται καμπύλες διάδοσης για το 1% του χρόνου και το 50% των περιοχών, οπότε μέσα στην περιοχή κάλυψης η απαιτούμενη ποιότητα επιτυγχάνεται για το 99% του χρόνου και το 50% των περιοχών. Παρά το γεγονός ότι για το υπόλοιπο 50% η απαραίτητη ποιότητα δεν επιτυγχάνεται είναι δυνατόν οι δέκτες να λαμβάνουν σήμα λόγω της ομαλής απόσβεσης του αναλογικού σήματος. Στα ψηφιακά συστήματα η κατάσταση είναι εντελώς διαφορετική: πάνω από μια συγκεκριμένη τιμή σηματοθορυβικού λόγου η ποιότητα είναι πάντα τέλεια και κάτω από αυτό το κατώφλι η λήψη συνήθως είναι αδύνατη. Το παραπάνω χαρακτηριστικό του ψηφιακού σήματος καθιστά αδύνατη τη χρησιμοποίηση της καμπύλης διάδοσης της CCIR για το 50% των περιοχών με τον ίδιο τρόπο όπως στα αναλογικά συστήματα.

Η πιθανή χρησιμοποίηση των προηγούμενων καμπυλών διάδοσης απευθείας στα ψηφιακά συστήματα θα οδηγούσε σε μεγάλους ρυθμούς

αποτυχίας του συστήματος. Επίσης στην περίπτωση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης το 90% των περιοχών πρέπει να καλύπτεται. Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα βρίσκεται στη χρησιμοποίηση ενός παράγοντα διόρθωσης ο οποίος θα καταστήσει δυνατή τη χρησιμοποίηση των ίδιων καμπυλών διορθωμένων κατ' αυτόν τον παράγοντα.



Δh : difference between the heights exceeded by 10% and 90% respectively of the terrain height measured at regular intervals in the range 10 to 50 km from the transmitter.

Εικόνα 1.6 Υπολογισμός παράγοντα διόρθωσης

Εξετάζοντας το παραπάνω σχήμα το οποίο προέρχεται από συστάσεις της CCIR ότι η τιμή του πεδίου πρέπει να αυξηθεί κατά 12dB προκειμένου να επιτύχουμε πιθανότητα 90% αλλιώς η περιοχή κάλυψης θα μειωθεί όπως φαίνεται στην εικόνα 1.4.

1.3.3 Ελάχιστες χρησιμοποιήσιμες τιμές πεδίου

Η ελάχιστη τιμή πεδίου ενός πομπού καθορίζει την περιοχή κάλυψης στην περίπτωση έλλειψης απωλειών παρεμβολής από γειτονικούς πομπούς. Ένας ελάχιστος απαιτούμενος σηματοθορυβικός λόγος των 14 dB έχει οριστεί για την τηλεόραση βασικής ποιότητας και των 26 dB για την τηλεόραση υψηλής ανάλυσης. Στην περίπτωση που ένα κανάλι λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων των 8MHz με ένα επίπεδο θορύβου στα 6dB, η ισχύς θορύβου στον δέκτη θα είναι - **130dBW**. Η τιμή αυτή θα μειωθεί από την ενεργό επιφάνεια της κεραίας, που υπολογίζεται στα 20 dBm^2 . Εκμεταλλευόμενοι τους προαναφερθέντες σηματοθορυβικούς λόγους οδηγούμαστε στον υπολογισμό της ελάχιστης πυκνότητας ροής ισχύος, η οποία στη συνέχεια πρέπει να διορθωθεί συνυπολογίζοντας το κέρδος της κεραίας και τις απώλειες τροφοδοσίας. Η ελάχιστη αυτή τιμή πεδίου πρέπει να παρέχεται για το 90% των περιοχών και πρέπει να διορθωθεί κατά 12 dB ώστε να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις καμπύλες διάδοσης της CCIR Recommendation 370. Συμπερασματικά, στην περίπτωση μιας επιθυμητής εκπομπής μια τιμή της τάξης των 54 dB_V/m είναι απαραίτητη για την ελάχιστη τιμή πεδίου που μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε τις CCIR καμπύλες διάδοσης. Όλα τα προηγούμενα συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα:

Bandwidth	8	MHz
Receiver noise figure	6 865	dB K
Receiver noise power	-130	dBW
Effective antenna aperture	20	dBm ²
C/N ratio	14 (26)	dB
Minimal power flux density	-96 (-84)	dBW/m ²
Antenna gain	11	dB
Feeder loss	3	dB
Reference minimum usable field-strength (see Note 1)	42 (54)	dBV _μ /m

Note 1: $\text{dBW/m}^2 + 145.8 \text{ dB} \equiv \text{dB}\mu\text{V/m}$.

Note 2: Values in brackets are for HDTV quality.

Πίνακας 1.2 Υπολογισμός της ελάχιστης χρησιμοποιήσιμης τιμής πεδίου.

1.3.4 Αναλογίες προστασίας (Protection Ratios)

Οι αναλογίες προστασίας από παρεμβολές είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους στην μελέτη και σχεδίαση των συχνοτήτων ενός δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης. Στα υπάρχοντα τηλεοπτικά δίκτυα η περιοχή κάλυψης καθορίζεται κυρίως από την παρεμβολή από άλλους πομπούς και όχι τόσο από τις ελάχιστες τιμές πεδίου που εξετάστηκαν προηγουμένως. Επειδή η εισαγωγή των ψηφιακών καναλιών είναι πολύ πιθανό να γίνει στις ήδη χρησιμοποιούμενες από τα αναλογικά κανάλια ζώνες συχνοτήτων, οι ακόλουθες δια-καναλικές αναλογίες προστασίας είναι πολύ σημαντικές :

- DTV to TV (DTV/TV)
- TV to DTV (TV/DTV)
- DTV to DTV (DTV/DTV)

Η παρεμβολή από την ψηφιακή στην αναλογική τηλεόραση μπορεί να ελεγχθεί με σχετικά εύκολο τρόπο. Αντιθέτως, το ακριβώς αντίστροφο είδος παρεμβολής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το υπόλοιπο επίπεδο των οπτικοακουστικών φορέων σήματος.

Εάν η αναλογική τηλεόραση υποφέρει από παρεμβολές λόγω της ψηφιακής, ένας λόγος προστασίας της τάξης των 37 dB μπορεί να υποτεθεί για τις παρεμβολές στη ζώνη της τροπόσφαιρας. Η διακαναλική παρεμβολή στην ψηφιακή τηλεόραση προερχόμενη από την αναλογική μπορεί να μειωθεί με το να μην μεταφέρονται πληροφορίες στο OFDM φάσμα στα σημεία όπου αυτό συμπίπτει με τις φασματικές θέσεις των αναλογικών οπτικοακουστικών φορέων σήματος. Εάν το οπτικό σήμα θεωρηθεί ότι έχει μορφή θορύβου τότε ένας λόγος προστασίας των 14dB μπορεί να υποτεθεί, ενώ αν ως σημείο αναφοράς θεωρηθεί ο φορέας του οπτικού σήματος τότε ένας λόγος 16 dB μικρότερος (-2dB) μπορεί να υποτεθεί. Αυτό συμβαίνει γιατί η κορυφή ισχύος του διαμορφωμένου οπτικού σήματος είναι 16dB χαμηλότερη από αυτή του αδιαμόρφωτου φορέα σήματος. Στην περίπτωση της τηλεόρασης υψηλής ανάλυσης λόγοι 26 dB και 10dB χρειάζονται αντίστοιχα. Τέλος, στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχει παρεμβολή από ένα ψηφιακό κανάλι σε ένα άλλο, ένας λόγος προστασίας των 14 dB και 26 dB για την HDTV μπορεί να είναι ικανοποιητικός κάτω από σταθερές συνθήκες. Τα προηγούμενα συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

<i>Co-channel protection ratios (dB)</i>			
DTV/TV	37		Tropospheric
DTV/TV	45		Steady
TV/DTV (Note 1)	14	(26)	Referred to vision signal
DTV/DTV (Note 1)	14	(26)	

Πίνακας 1.3 Διακαναλικοί λόγοι προστασίας

1.3.5 Το διάστημα διαφύλαξης (Guard Interval)

Σε μια πρώτη προσέγγιση της λειτουργίας του OFDM, τα καθυστερημένα σήματα που καταφθάνουν με μια μικρή χρονική καθυστέρηση συμβάλλουν θετικά στο επιθυμητό σήμα ενώ αυτά που καταφθάνουν με μεγαλύτερες καθυστερήσεις συμβάλλουν αρνητικά και θεωρούνται παρεμβολές στο επιθυμητό σήμα. Η παραπάνω προσέγγιση αν και περιγράφει σε γενικές γραμμές τη λειτουργία των ψηφιακών συστημάτων είναι αρκετά απλοποιημένη. Στην πραγματικότητα, τα σήματα που φτάνουν μέσα σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, το “guard interval”, όλα συμβάλλουν θετικά σε αντίθεση με αυτά που καταφθάνουν εκτός του διαστήματος αυτού, τα οποία συμβάλλουν τόσο θετικά όσο και αρνητικά στο επιθυμητό σήμα. Όσο η καθυστέρηση γίνεται μεγαλύτερη από το “guard interval” τόσο τα αργοπορημένα σήματα συνεισφέρουν περισσότερο στην παρεμβολή απ’ότι στο επιθυμητό σήμα. Στο DVB-T υπάρχουν 4 διαθέσιμα “guard intervals” 1/32, 1/16, 1/8, 1/4 το 1/32 προσφέρει τη μικρότερη προστασία και το μεγαλύτερο ρυθμό δεδομένων ενώ το 1/4 τη μεγαλύτερη προστασία και το μικρότερο ρυθμό δεδομένων.

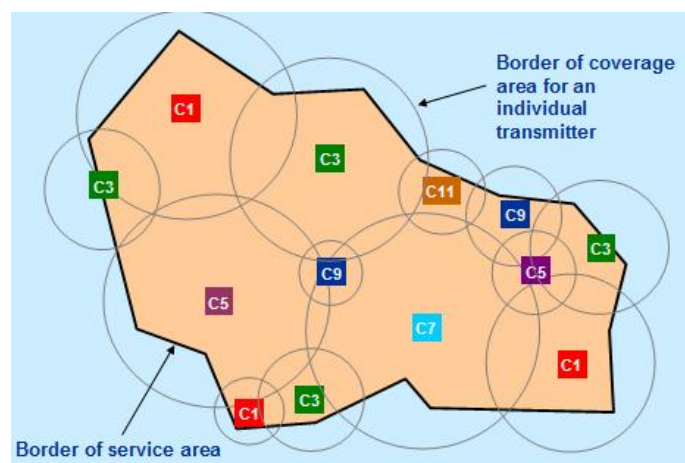
Υπάρχουν δύο κύριες επιπτώσεις των θετικών συνεισφορών των καθυστερημένων σημάτων. Η πρώτη είναι ότι με την κατάλληλη ρύθμιση του “guard interval” το ψηφιακό σήμα μπορεί να εκμεταλλευτεί τις συχνότητες φαντάσματα που προκαλούνται από την αντανάκλαση του σήματος στα αντικείμενα κοντά στην περιοχή λήψης. Το “guard interval” μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να περιλαμβάνει τα καθυστερημένα αυτά σήματα, τα οποία με τον τρόπο αυτό θα συνεισφέρουν θετικά στο επιθυμητό σήμα. Η θετική συνεισφορά των καθυστερημένων σημάτων καθιστά εφικτή τη δημιουργία δικτύων μιας συχνότητας (Single Frequency Networks). Στα δίκτυα αυτά όλοι οι εκπομποί λειτουργούν στην ίδια ακριβώς συχνότητα και εκπέμπουν το ίδιο σήμα. Σαν συνέπεια του γεγονότος αυτού, στον δέκτη τα σήματα από τους απομακρυσμένους πομπούς εμφανίζονται σαν καθυστερημένες εκδοχές του επιθυμητού σήματος και αν η καθυστέρηση αυτή είναι μέσα στα όρια του “guard interval” το σήμα αυτό συμβάλλει θετικά.

1.3.6 MFNs – SFNs

Υπάρχουν δύο βασικές δομές των δικτύων DVB-T. Τα Δίκτυα Πολλαπλής Συχνότητας (Multiple Frequency Networks - MFNs) και τα Δίκτυα Μοναδικής Συχνότητας (Single Frequency Networks – SFNs). Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα συνδυασμού τους όπως MFN με καλυπτές SFN και πυκνά SFN.

MFN

Τα MFN αποτελούνται από πομπούς με ανεξάρτητα προγράμματα που λειτουργούν σε ανεξάρτητες συχνότητες. Προσφέρουν τη δυνατότητα μεγάλης περιοχής κάλυψης όπου οι εκπομπές μεταδίδουν διαφορετικά προγράμματα, επιτρέποντας έτσι τοπική διαφοροποίηση ως προς αυτά. Με τη χρήση τους προσεγγίζεται η κάλυψη των υπαρχόντων αναλογικών δικτύων. Απαιτείται όμως η χρησιμοποίηση διαφόρων καναλιών συχνοτήτων που ενδεχομένως να μην είναι διαθέσιμα. Ο ακριβής αριθμός εξαρτάται από την απαιτούμενη ποιότητα της μετάδοσης (μέθοδο διαμόρφωσης και ρυθμό κωδικοποίησης) και τον στόχο του δικτύου, δηλαδή το αν σχεδιάζεται για να καλύψει μια μεγάλη περιοχή ή μία μικρή αλλά πυκνοκατοικημένη περιοχή.



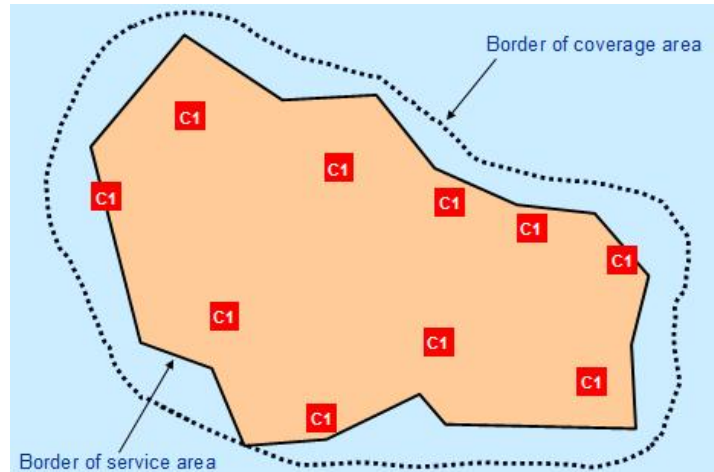
Εικόνα 1.7 Παράδειγμα MFN

Το γεγονός ότι δεν μειώνεται σταδιακά η ποιότητα της λήψης με την μείωση της ισχύος του ληφθέντος σήματος αλλά ξαφνικά χάνεται εντελώς, δημιουργεί την ανάγκη να επιτρέπεται μία διακύμανση της τάξης των 10 με 20 dB για την ισχύ του σήματος. Συνεπώς ο αριθμός των καναλιών που απαιτούνται είναι κοντά σε αυτόν της αναλογικής τηλεόρασης.

Επιπλέον, οι πομποί σε ένα τέτοιο δίκτυο δεν χρειάζεται να υπακούν σε κανόνες σύγχρονης μετάδοσης. Έτσι δεν απαιτείται κανένα είδος συγχρονισμού ανάμεσα στους πομπούς. Για τον λόγο αυτό είναι εύκολη η εγκατάσταση τοπικών υπηρεσιών σε αυτού του είδους δίκτυα.

SFN

Σε ένα SFN όλοι οι πομποί διαμορφώνουν σύγχρονα το ίδιο σήμα και εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα. Λόγω του φαινομένου της πολυδιαδρομικής διάδοσης, σήματα διαφορετικών πομπών με διαμόρφωση COFDM που φτάνουν σε μία κεραία λήψης μπορούν να συνεισφέρουν θετικά στο συνολικό σήμα. Το πρόβλημα στα SFN είναι η ομοδιαυλική παρεμβολή. Σήματα καθυστερημένα περισσότερο από όσο επιτρέπει το διάστημα διαφύλαξης (guard interval) συμπεριφέρονται περισσότερο σαν θόρυβος και παρεμβολή παρά σαν επιθυμητά. Το διάστημα διαφύλαξης λοιπόν παίζει σημαντικό ρόλο στην λειτουργία ενός SFN.



Εικόνα 1.8 Παράδειγμα SFN

Η δομή αυτή προσφέρει μια πιο ομοιόμορφη κατανομή σήματος στην περιοχή κάλυψης. Συγκριτικά με τα MFN, χρειάζεται λιγότερη ισχύς για την κάλυψη της ίδιας περιοχής. Αυτό συμβαίνει διότι η ληφθείσα ισχύς δεν μεταβάλλεται πολύ, λόγω της εκμετάλλευσης της πολυδιαδρομικής διάδοσης που αναφέρθηκε παραπάνω. Οποιαδήποτε πτώση στην ληφθείσα ισχύ από έναν πομπό καλύπτεται από κάποιον άλλο. Έτσι στα SFN μπορούν να χρησιμοποιηθούν πομποί μικρότερης ισχύος. Αυτό το κέρδος σε ισχύ των SFNs συχνά λέγεται και κέρδος δικτύου. Συμβαίνει όμως με την προϋπόθεση ύπαρξης ομοκατευθυντικής κεραίας, χαμηλού κέρδους και σχετίζεται συνήθως με την κινητή λήψη. Γενικά όμως, η κάλυψη μίας ολόκληρης χώρας με ένα SFN είναι δύσκολη. Συνήθως χρησιμοποιούνται SFNs για την κάλυψη περιοχών με διάμετρο το πολύ 200 χιλιόμετρα.

Το μειονέκτημα των SFNs είναι η απαιτούμενη σύγχρονη λειτουργία όλων των πομπών σε ένα δεδομένο δίκτυο. Ενδεχόμενος μη συγχρονισμός ενός πομπού καθιστά το εκπεμπόμενο σήμα από αυτόν παρεμβολή. Για παράδειγμα σε ένα δίκτυο που λειτουργεί με 8K τρόπο μετάδοσης και guard interval $\frac{1}{4}$ (224 μ s) επιτρέπεται διαφορά 5 μ s για να μην παρουσιαστεί υποβάθμιση της ποιότητας λειτουργίας.

Συνδυασμός MFN-SFN

Είναι δυνατό να συνδυαστούν τα δύο αυτά είδη δομής δικτύου. Μία ολόκληρη χώρα μπορεί να καλυφθεί με ένα MFN. Γύρω από κάθε πομπό όμως μπορούν να τοποθετηθούν πομποί μικρότερης ισχύος, δίνοντας έτσι τοπικό χαρακτήρα στο δίκτυο της περιοχής και δημιουργώντας εκεί ένα πυκνό SFN.

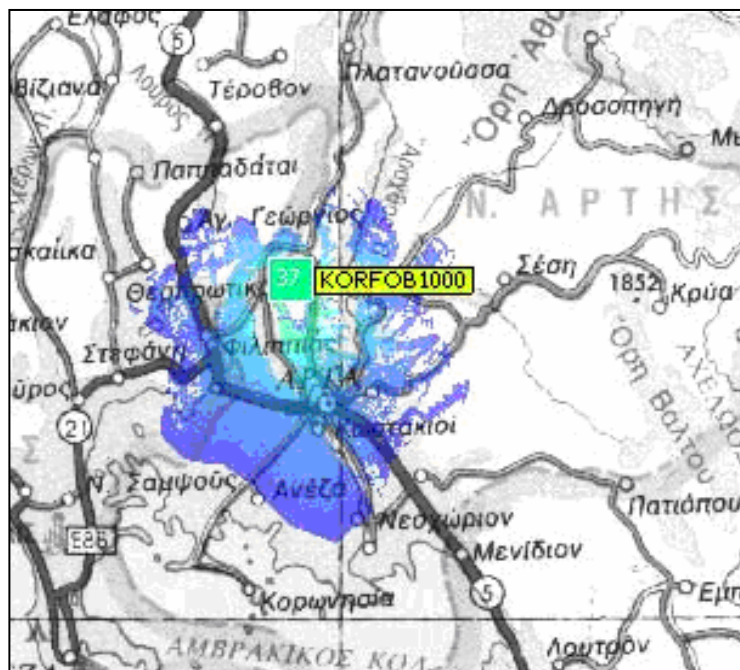
Επιπλέον, αν σε μία περιοχή κάλυψης εμφανίζονται κενά, όπως σε βαθιές κοιλάδες, υπόγειες περιοχές ή τούνελ, το σύστημα DVB-T επιτρέπει την ικανοποιητική κάλυψη τέτοιων κενών. Αυτό μπορεί να γίνει ως εξής: έξω από την εν λόγω περιοχή, το σήμα λαμβάνεται από μία κατευθυντική κεραία. Αφού φιλτράρεται και ενισχύεται, το σήμα αναμεταδίδεται στην ίδια συχνότητα στην περιοχή.

1.3.7 Σχεδιαστικές παράμετροι

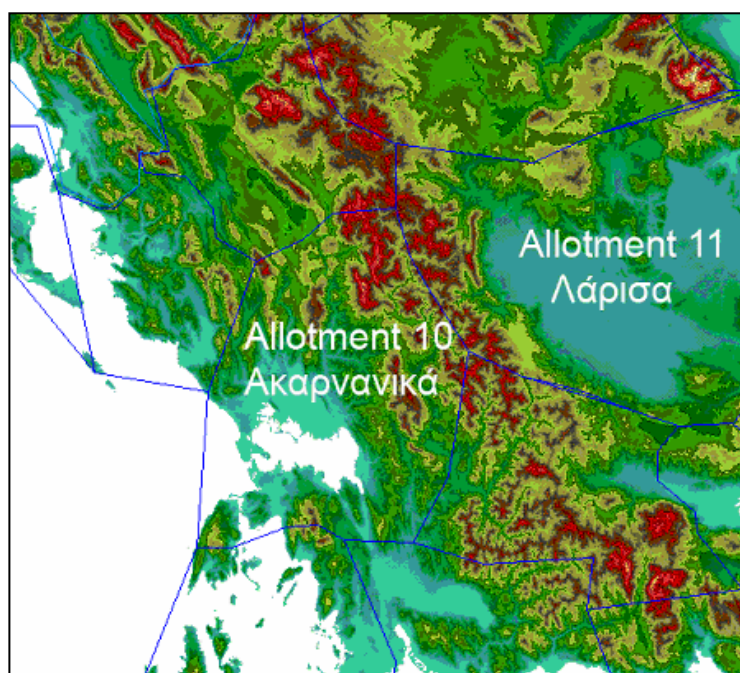
Η ITU για να διευκολύνει το σχεδιασμό του δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης έχει ορίσει ένα σύνολο από σχεδιαστικές παραμέτρους που ουσιαστικά μοντελοποιούν το πρόβλημα.

➤ **Allotment**

Ένα δίκτυο προϋποθέτει συγκεκριμένα σημεία εκπομπής με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Το allotment περιγράφει αφαιρετικά τους πόρους και τις υπηρεσίες του δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης σε μια γεωγραφική περιοχή. Ορίζει την **περιοχή εξυπηρέτησης** σε μια έκταση χωρίς να απαιτεί τη γνώση των σημείων εκπομπής. Ο σχεδιασμός με allotments αποτελεί κοινή πρακτική. Αντίθετο του σχεδιασμού με allotments αποτελεί ο σχεδιασμός με assignments. Σε αυτήν την περίπτωση οι **περιοχές εξυπηρέτησης** ορίζονται μέσω των περιοχών κάλυψης των σημείων.



Εικόνα 1.9 Περιοχή εξυπηρέτησης του assignment Κορφοβούνι για τη γεωγραφική έκταση της Άρτας.



Εικόνα 1.10 Περιοχή εξυπηρέτησης του allotment Ακαρνανικά που περιλαμβάνει την Άρτα.

➤ **Τύπος υπηρεσίας (RPC - reference planning configurations)**

Υποστηρίζονται τρεις διαφορετικοί τύποι λήψης (σταθερή, φορητή και κινητή). Για κάθε τύπο λήψης έχουν προκύψει τρεις ομάδες εξαρτώμενων παραμέτρων.

RPC	RPC 1	RPC 2	RPC 3
Reference location probability	95%	95%	95%
Reference C/N (dB)	21	19	17
Reference ($E_{med,ref}$ (dB(μ V/m)) at 200 MHz	50	67	76
Reference ($E_{med,ref}$ (dB(μ V/m)) at 650 MHz	56	78	88

Πίνακας 1.4 Ομάδες Εξαρτώμενων Παραμέτρων ανάλογα με τύπο υπηρεσίας RPC

RPC 1: Λήψη με κεραία στην ταράτσα των κτιρίων

RPC 2: Λήψη με κεραία στο εξωτερικό κτιρίων, κινητή λήψη ή λήψη μειωμένης ποιότητας με κεραία στο εσωτερικό των κτιρίων.

RPC 3: Λήψη υψηλής ποιότητας με κεραία στο εσωτερικό των κτιρίων

➤ **Λόγος προστασίας (Protection Ratio – PR)**

Ανάλογα με τον τύπο διαμόρφωσης που έχει επιλέξει ο διαχειριστής του κάθε δικτύου ορίζεται και μια τιμή του λόγου προστασίας. Ο λόγος αυτός χρησιμοποιείται στην εύρεση της μέγιστης τιμής του πεδίου παρεμβολής που μπορεί να ανεχθεί μια περιοχή εξυπηρέτησης για να λαμβάνει σωστά το εκπεμπόμενο σήμα. Ορίζεται ως

$$\frac{\text{wanted signal}}{\text{unwanted signal}}$$

και μετράται σε dB. Οι τιμές του λόγου προστασίας για όλες τις υπηρεσίες μπορούν να βρεθούν στην προδιαγραφή BT.1368-4 της ITU.

1.3.8 Συνοπτική μελέτη για σχεδιασμό συστήματος DVB-T

Η σχεδίαση ενός ασύρματου δικτύου ευρυεκπομπής εν γένει πραγματοποιείται σε δύο στάδια:

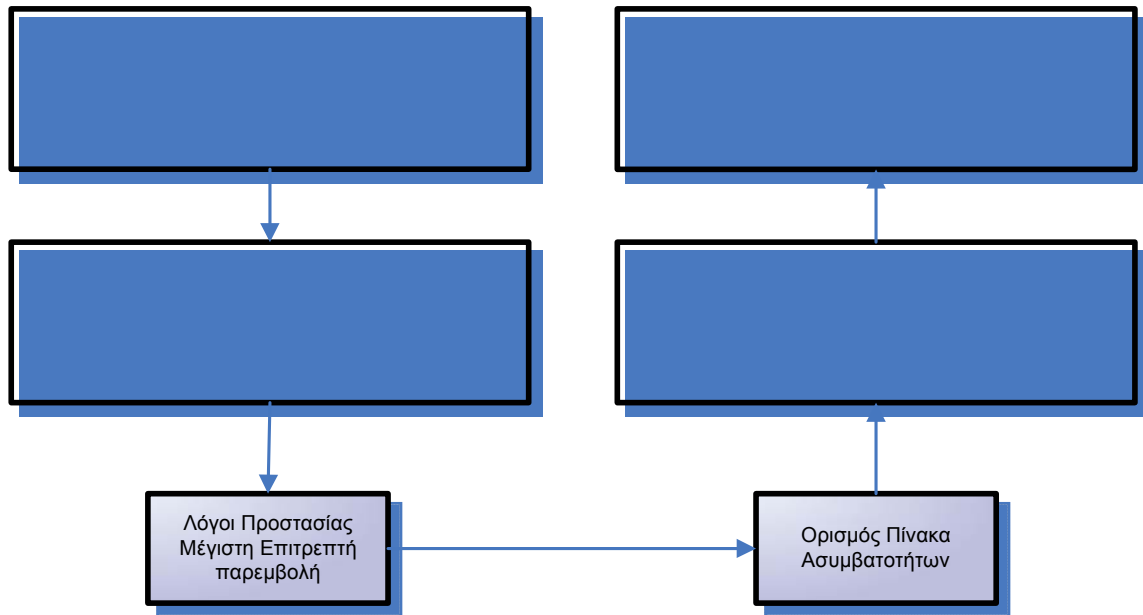
- Ανάλυση του δικτύου – Compatibility Analysis

Καθορισμός:

- προσφερόμενης υπηρεσίας
- θέσεων εκπομπής ή allotments
- υπολογισμός παρεμβολών

- Σύνθεση δικτύου – plan synthesis

Κατανομή του διαθέσιμου φάσματος στις θέσεις εκπομπής (ή στα allotments) ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση του διαθέσιμου φάσματος.



Εικόνα 1.11 Σχεδιάγραμμα Συνοπτικής μελέτης για σχεδιασμό συστήματος DVB-T

Συνοπτική παράθεση βημάτων

Βήμα 1ο: Περιβάλλον σχεδιασμού και επιθυμητός τύπος λήψης

- Η κατάλληλη αξιολόγηση του περιβάλλοντος (αστικό, ημιαστικό, αγροτικό, θαλάσσια περιοχή κ.τ.λ.) οδηγεί σε διαφορετικά μοντέλα διάδοσης τα οποία καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο διαδίδεται το σήμα στο χώρο και στο χρόνο.
- Κάθε περιοχή μπορεί να προσφέρει στους χρήστες διαφορετικό τύπο λήψης (fixed, portable, mobile). Ανάλογα με το είδος της προσφερόμενης υπηρεσίας (RPC) προκύπτει η επιθυμητή τιμή λαμβανόμενου πεδίου (wanted signal).

Βήμα 2ο: Επιλογή τιμών για τις παραμέτρους του DVB-T πρωτοκόλλου

Το αποτέλεσμα των αποφάσεων του βήματος 1 οδηγούν στην εκτίμηση των επιτρεπτών τιμών για το ρυθμό μετάδοσης.

Η τελική επιλογή του επιθυμητού ρυθμού μετάδοσης (που να συμφωνεί με τις απαιτήσεις του βήματος 1) οδηγεί τη λήψη αποφάσεων για τις παραμέτρους του πρωτοκόλλου.

- Διαμόρφωση
- Ρυθμός κωδικοποίησης (code rate)
- Διάστημα προστασίας (guard interval)

Βήμα 3ο: Καθορισμός των λόγων προστασίας (protection ratio)

Ως αποτέλεσμα των επιλογών του βήματος 2 είναι ο καθορισμός των απαιτούμενων λόγων προστασίας (PR). Ενώ άμεσος είναι και ο προσδιορισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής του πεδίου παρεμβολής σύμφωνα με την εξίσωση

$$FS_{wanted}^{(dB\mu V/m)} = \sum FS_{interfering}^{(dB\mu V/m)} + C^{(dB)} + PR^{(dB)}$$

Όπου C είναι το άθροισμα όλων των θεωρούμενων διορθωτικών παραγόντων.

Βήμα 4ο: Κατάστρωση του πίνακα ασυμβατοτήτων

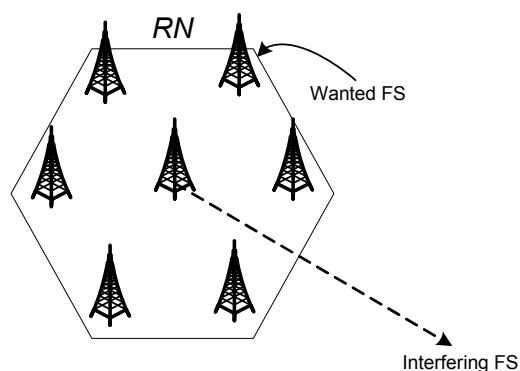
Λαμβάνοντας υπόψιν:

- τη μέγιστη επιτρεπόμενη παρεμβολή στα όρια της θεωρούμενης περιοχής εξυπηρέτησης.
- την εξερχόμενη παρεμβολή, η οποία
 - από ένα allotment υπολογίζεται με Reference Networks (RNs).
 - από ένα assignment υπολογίζεται πραγματοποιώντας την κάλυψη με βάση τα χαρακτηριστικά εκπομπής του.

Η πρόβλεψη πεδίου πραγματοποιείται με μοντέλα διάδοσης. Εξειδικευμένα εργαλεία ανάλυσης και σχεδιασμού δικτύων, όπως το ICS Telecom, προσομοιώνουν με μεγάλη ακρίβεια πολύπλοκα μοντέλα διάδοσης και παρέχουν εξαιρετικά ακριβείς προβλέψεις.

Reference Network

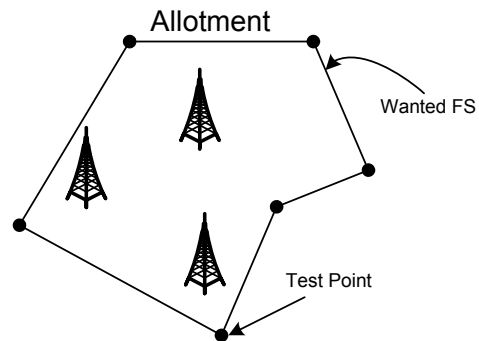
Ικανικό σχήμα και συμμετρική διάταξη πομπών. Οι πομποί είναι ομοιοκατευθυντικοί και έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (ενεργό ύψος, ισχύ εκπομπής, κέρδος). Η εξερχόμενη παρεμβολή υπολογίζεται στη μεσοκάθετο μιας πλευράς του εξαγώνου συνυπολογίζοντας το πεδίο από όλους τους πομπούς.



Εικόνα 1.12 Παράδειγμα Reference Network

Πραγματικό Allotment

Ακανόνιστο σχήμα και διάταξη πομπών. Οι πομποί έχουν διαφορετικά διαγράμματα ακτινοβολίας και λοιπά χαρακτηριστικά. Η εξερχόμενη παρεμβολή υπολογίζεται σε ευθείες που διατρέχουν τα test points του allotment



Εικόνα 1.13 Παράδειγμα Πραγματικού Allotment

Αποτέλεσμα των προηγούμενων βημάτων είναι η **εύρεση των ομοδιαυλικών περιοχών εξυπηρέτησης**, είτε allotments είτε assignments. Η πληροφορία αποθηκεύεται στη μορφή γράφου ή πιο απλά στη μορφή πίνακα, ώστε να χρησιμοποιηθεί στο επόμενο βήμα της σύνθεσης (plan synthesis). Οι ακμές του γράφου που σχηματίζεται δηλώνουν τις περιοχές εξυπηρέτησης που δεν μπορούν να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι



Εικόνα 1.14 Χάρτης δικτύου κάλυψης Ελλάδας και γειτονικών χωρών.

Σύνθεση

Βήμα 1ο: Στρατηγική κατανομής φάσματος – Διαθέσιμοι πόροι

Η κατανομή συχνοτήτων στις περιοχές εξυπηρέτησης πρέπει να ακολουθεί κάποια συγκεκριμένη στρατηγική

- Μεγιστοποίηση της χωρητικότητας δικτύου και χρήση όλου του διαθέσιμου φάσματος.
- Ικανοποίηση μιας ελάχιστης χωρητικότητας και χρήση του ελάχιστου δυνατού φάσματος ώστε να ελευθερωθεί φάσμα στο τέλος της διαδικασίας.

- Ικανοποίηση συναρτήσεων με βάρη (εύνοια κάποιας περιοχής εξυπηρέτησης έναντι κάποια άλλης).

Για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση διατίθενται τα κανάλια από τη μπάντα VHF (5-12) και τη UHF (21-69) ωστόσο στην Ελλάδα:

- το κανάλι 12 είναι δεσμευμένο για το επίγειο ψηφιακό ραδιόφωνο (T-DAB)
- τα κανάλια 67-69 δεσμευμένα για στρατιωτική χρήση

Βήμα 2ο: Αλγόριθμος επίλυσης

Η επίλυση του προβλήματος πραγματοποιείται με αλγόριθμους κατανομής φάσματος

- Ντετερμινιστικοί, πχ ακολουθιακοί αλγόριθμοι
 - Χρησιμοποιούν απλούς κανόνες για την ιεράρχηση της προτεραιότητας στην απόδοση καναλιών ανάμεσα στα allotment.
 - Επιστρέφεται η λύση του κανόνα που εμφανίζει τα ποιοτικότερα αποτελέσματα
 - Ο χρόνος εκτέλεσης αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση του μεγέθους του δικτύου
- Στοχαστικοί, πχ προσομοιωμένη απόπτηση (simulated annealing), γενετικοί αλγόριθμοι
 - Δοκιμάζουν ένα μικρό μέρος από τις πιθανές λύσεις, το οποίο είναι υπολογιστικά αποδεκτό.

- Χρησιμοποιούν τεχνικές που παρατηρούνται στη φύση προκειμένου να επιλέξουν τις λύσεις που δοκιμάζονται.
- Ο υπολογιστικός χρόνος αυξάνεται μη γραμμικά με το μέγεθος του δικτύου, ώστε να είναι κατάλληλοι για πολύ μεγάλα προβλήματα.

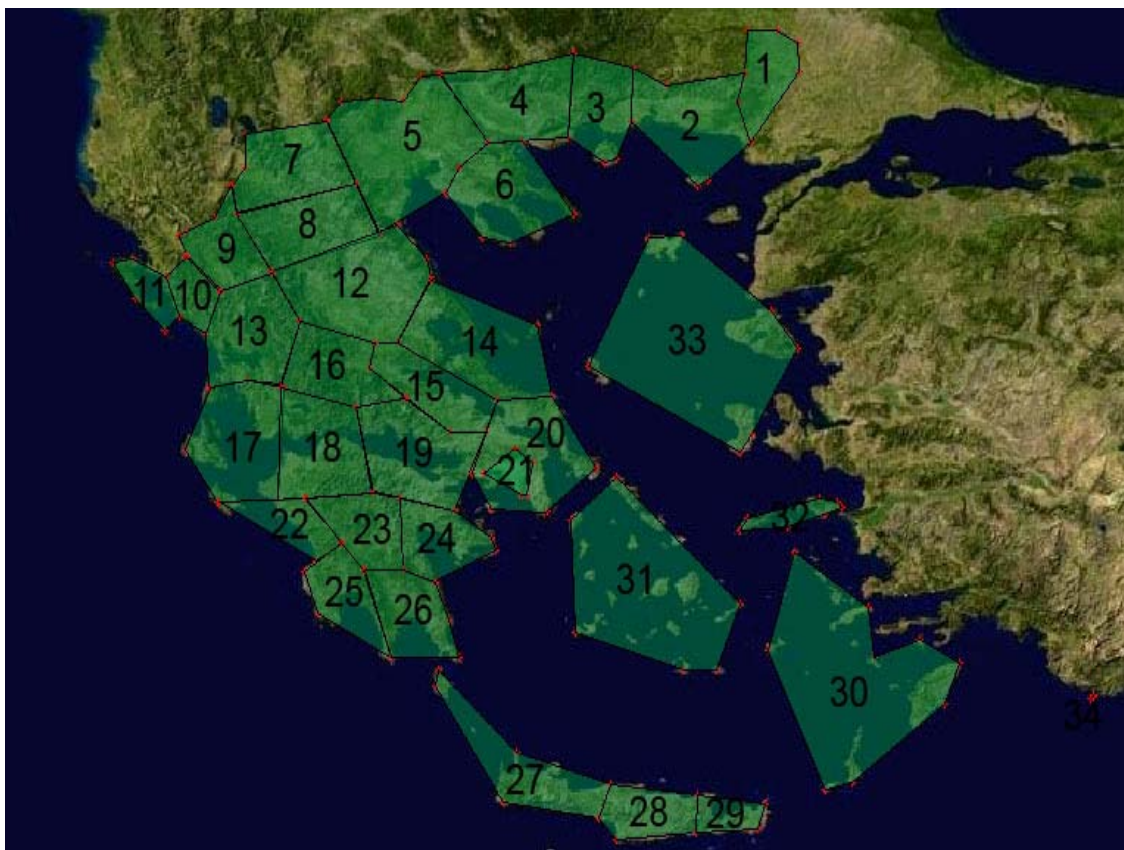
Βήμα 3ο: Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

- Η αξιολόγηση των τελικών αποτελεσμάτων μπορεί να οδηγήσει σε επανάληψη μέρους ή ακόμη και όλης της διαδικασίας.
- Το ενδεχόμενο αυξάνει όταν η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση περιλαμβάνει περίοδο ταυτόχρονης μετάδοσης των δικτύων αναλογικής και ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης.
- Σε αυτήν την περίπτωση επιπλέον περιορισμοί πρέπει να ληφθούν στη φάση της σύνθεσης του δικτύου.

Το ελληνικό πλάνο της διάσκεψης GE06

Η παγκόσμια περιοχική διάσκεψη (Regional Radiocommunication Conference - RRC06) πραγματοποιήθηκε στη Γενεύη την περίοδο 15 Μαΐου με 16 Ιουνίου του 2006. Μετά το πέρας της διάσκεψης όλες οι χώρες υπέγραψαν τα πρακτικά που καθόρισαν το τελικό κείμενο της συνθήκης GE06. Τα συντονισμένα πλέον πλάνα των χωρών επισυνάπτονται στο κείμενο της συμφωνίας GE06.

- Το ελληνικό πλάνο αποτελείται αποκλειστικά από allotments. Συνολικά σχεδιάστηκαν 34 allotments που καλύπτουν τον ελλαδικό γεωγραφικό χώρο.
- Τα allotments του πλάνου παρουσιάζουν μικτές επιλογές RPC1 και RPC2. RPC 2 έχει χρησιμοποιηθεί για όλη την Ελλάδα πλην της περιοχής της Κρήτης και των Δωδεκανήσων όπου χρησιμοποιήθηκε RPC 1.
- Στο κάθε allotment έχουν εκχωρηθεί 8-12 κανάλια της μπάντας UHF ενώ υπάρχει και ένα κανάλι της μπάντας VHF.
- Το ελληνικό πλάνο με τη μορφή των allotments είναι πλήρως συντονισμένο με το σύνολο των τηλεπικοινωνιακών όμορων χωρών της Ελλάδας.
- Ανάλογα με την υλοποίηση των allotments μπορεί να εξοικονομηθεί φάσμα ενώ να υπάρξει και η δυνατότητα απαιτητικών τύπων λήψης.



Εικόνα 1.15 Χάρτης των 34 allotments του ελληνικού πλάνου κάλυψης.

Η κατανομή συχνοτήτων στα ελληνικά allotments στη συμφωνία της GE06

No	Allotment	Κανάλια
1	EVROS	7, 25, 27, 32, 33, 35, 47, 51, 56, 58, 62, 63
2	PLAKA	10, 24, 27, 30, 31, 33, 36, 43, 59, 66
3	THASSOS	6, 22, 23, 37, 39, 41, 47, 54, 61, 64
4	PAGGAIO	7, 26, 32, 35, 40, 52, 53, 60, 63, 65
5	THESSALONIKI	5, 24, 27, 30, 36, 43, 48, 51, 55, 56, 59, 62, 66
6	XALKIDIKI	11, 25, 29, 31, 34, 38, 46, 49, 50, 54
7	FLORINA	7, 8, 23, 26, 32, 34, 35, 40, 44, 47, 49, 52, 61
8	METAKSAS	6, 25, 28, 29, 39, 41, 50, 54, 60, 64
9	IOANNINA	10, 24, 25, 30, 31, 34, 49, 52, 54, 62
10	THESPROTIA	9, 21, 22, 33, 41, 45, 59, 66
11	KERKYRA	9, 29, 30, 34, 37, 53, 54, 56, 61
12	LARISSA	7, 22, 31, 35, 38, 40, 42, 52, 53, 63, 65
13	AKARNANIKA	6, 23, 27, 28, 32, 39, 43, 46, 51, 64
14	BOLOS	6, 21, 29, 37, 41, 44, 47, 51, 58, 62
15	LAMIA	10, 23, 25, 32, 33, 35, 49, 57, 60, 63, 64
16	KARPENISI	5, 24, 26, 29, 30, 36, 37, 47, 55, 61, 62
17	AINOS	8, 21, 22, 33, 36, 45, 57, 59, 60, 66
18	PATRA	7, 22, 24, 25, 29, 31, 34, 35, 42, 44, 53, 54, 61
19	KORINTHOS	9, 38, 43, 48, 51, 56, 59, 63, 64, 65, 66
20	ATTIKI	5, 11, 22, 27, 30, 31, 34, 36, 50, 52, 54, 61
21	ATHINA	7, 23, 24, 32, 38, 49
22	PYRGOS	5, 11, 26, 30, 38, 40, 46, 47, 49, 52, 56, 64
23	TRIPOLI	10, 21, 23, 24, 28, 41, 42, 45, 50, 60, 62
24	NAFPLIO	6, 33, 35, 37, 39, 44, 46, 53, 55, 57, 58
25	KALAMATA	6, 29, 31, 32, 37, 44, 48, 53, 55, 58, 63
26	SPARTI	11, 22, 25, 27, 30, 33, 36, 40, 52, 57, 61, 64
27	W.CRETE	7, 21, 24, 31, 34, 35, 38, 46, 49, 54, 56, 59
28	C.CRETE	10, 25, 37, 39, 41, 44, 53, 57, 61, 64
29	E.CRETE	6, 27, 31, 33, 35, 36, 38, 46, 54
30	DODEKANISA	9, 21, 24, 32, 39, 42, 50, 52, 56, 59
31	KYKLADES	8, 26, 29, 32, 43, 47, 51, 59, 60, 62
32	SAMOS	7, 27, 31, 34, 35, 36, 38, 44, 61, 65, 67
33	LESVOS	9, 21, 25, 33, 39, 42, 46, 53, 56, 64
34	KAPELLORIZO	8, 25, 27, 35, 41, 49, 51, 53

Πίνακας 1.5 Κατανομή συχνοτήτων στα ελληνικά allotments.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

2.1 Ανάλυση συστήματος μετάδοσης

Το σύστημα DVB-T εκπέμπει ένα συμπιεσμένο ψηφιακό σήμα βίντεο και ήχου με ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (Orthogonal frequency-division multiplexing OFDM). Το σήμα εισόδου στον εκπομπό ορίζεται ως ένα πολυπλεγμένο σήμα MPEG-2 το οποίο μπορεί να περιέχει πολλά προγράμματα τηλεόρασης και επίσης κάποια προγράμματα μόνο με ήχο ή δεδομένα. Οι προδιαγραφές της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης προσφέρουν ένα εύρος ρυθμών μετάδοσης 4.98 Mbit/sec έως 31.67 Mbit/sec.

Οι προδιαγραφές του DVB-T προβλέπουν συμπίεση εικόνας και ήχου κατά το πρότυπο MPEG-2. Τα περισσότερα τηλεοπτικά προγράμματα μπορούν να κωδικοποιηθούν ικανοποιητικά με 4-4,5 Mbit/sec για το τμήμα του video ενώ για προγράμματα πιο σημαντικά όπως αθλητικές μεταδόσεις είναι απαραίτητα τουλάχιστον 6Mbit/sec. Βελτιώσεις στην κωδικοποίηση MPEG μπορούν να μειώσουν αυτές τις τιμές κατά 10% στα επόμενα χρόνια αλλά αυτές οι βελτιώσεις θα βελτιώνουν ένα μικρό κομμάτι περιπτώσεων , όπου οι τωρινοί αποκωδικοποιητές αποτυγχάνουν. Επιπλέον βελτιώσεις θα χρειαστούν μάλλον καινούργιες τεχνικές κωδικοποίησης οι οποίες δεν θα είναι συμβατές με τους τωρινούς αποκωδικοποιητές.

Η κωδικοποίηση του ηχητικού σήματος γίνεται κατά MPEG-layer 2 , ακολουθώντας είτε το πρότυπο ISO/IEC 11172-3 (Single Channel, Dual Channel, Joint Stereo, Stereo) είτε το ISO/IEC 13818-3 (Multi Channel) διατηρώντας όμως τη συμβατότητα με το πρώτο. Πολυγλωσσική μετάδοση ήχου δεν προβλέπεται. Ο στερεοφωνικός ήχος απαιτεί περίπου 192 Kbit/sec ενώ ο πολυκάναλος ήχος Surround απαιτεί από 384Kbit/sec έως 900Kbit/sec ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται και εφόσον αυτή είναι συμβατή με στερεοφωνικούς αποκωδικοποιητές. Πρόσθετες υπηρεσίες όπως

Teletext, VideoText καθώς και διαφορετικά σεντ υποτίτλων χρειάζονται περίπου 100Kbps. Οι τηλεθεατές είναι συνηθισμένοι να επιλέγουν κανάλι επιλέγοντας συχνότητα. Αφού η ψηφιακή εκπομπή προσφέρει πολλά προγράμματα σε ένα κανάλι, χρειάζεται ένας ηλεκτρονικός οδηγός προγράμματος, για να μπορούν να πλοηγηθούν ανάμεσα στα προγράμματα που προσφέρονται. Ο ρυθμός που απαιτείται από αυτή την υπηρεσία κυμαίνεται από 0.25-0.5 Mbit/sec. Τέλος, εφόσον περισσότερα του ενός προγράμματα θα πολυπλέκονται και θα εκπέμπονται από την ίδια συχνότητα είναι απαραίτητη η ύπαρξη λειτουργίας διαχείρισης και ελέγχου της πολυπλεξίας που θα παρέχει ακόμα και πληροφορίες προγράμματος. Οι απαιτήσεις αυτού του διαύλου ελέγχου είναι περίπου 500Kbps.

Αν και θα ήταν εύκολο να δεσμευτεί ένας σταθερός ρυθμός bit για κάθε υπηρεσία αυτό δεν είναι απαραίτητο. Ένα κομμάτι από τον υπάρχοντα εξοπλισμό επιτρέπει δυναμικό έλεγχο του ρυθμού για κάθε υπηρεσία.

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται οι προαναφερθείσες απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης των βασικών λειτουργιών ενός προγράμματος ψηφιακής τηλεόρασης.

Εικόνα MPEG-2 MP@ML 720x576x25 (PAL)	~ 4 Mbit/s (Τυπική) ~ 6 Mbit/s (Αθλητική)
Ήχος MPEG layer II (Joint Stereo / Stereo)	384 Kbit/s
Teletext / Subtitling	~ 100 Kbit/s
Δίαυλος Ελέγχου Καναλιού	~ 500 Kbit/s

Πίνακας 2.1 Βασικές λειτουργίες ψηφιακής τηλεόρασης και απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης

Οι παράμετροι που μπορούν να επιλεγούν στο σύστημα DVB-T είναι οι εξής:

- Ο ρυθμός κωδικοποίησης της εσωτερικής προστασίας λαθών (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)
- Η διαμόρφωση φέροντος (QPSK:2 bits ανά φέρον, 16-QAM: 4 bits, 64-QAM: 6 bits)
- Το μήκος του guard interval (1/4, 1/8, 1/16, 1/32)
- Η παράμετρος διαμόρφωσης α (1: μη-ιεραρχική μορφή, 2 ή 4: ιεραρχική μορφή)
- Ο αριθμός των φερόντων (2K: 1705 φέροντα, 8K:6817 φέροντα)

Ακολουθούν πίνακες τιμών ρυθμού μετάδοσης ανάλογα με τις βασικές παραμέτρους του συστήματος DVB-T.

Modulation	Code rate	Required C/N for BER = 2×10^{-4} after Viterbi QEF after Reed-Solomon			Bitrate (Mbit/s)			
		Gaussian channel	Ricean channel (F ₁)	Rayleigh channel (P ₁)	$\Delta T_U = 1/4$	$\Delta T_U = 1/8$	$\Delta T_U = 1/16$	$\Delta T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

NOTE: Figures in italics are approximate values.
Quasi Error Free (QEF) means less than one uncorrected error event per hour, corresponding to BER = 10^{-11} at the input of the MPEG-2 demultiplexer.

Πίνακας 2.2 Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για μη ιεραρχική εκπομπή για εκπομπή για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)

Modulation	Code Rate	α	Required C/N for BER = 2×10^{-4} after Viterbi QEF after Reed-Solomon			Bitrate (Mbit/s)			
			Gaussian Channel	Ricean Channel (F_1)	Rayleigh Channel (P_1)	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK in non-uniform 16-QAM	1/2 2/3 3/4	2	4,8	5,4	6,9	4,98	5,53	5,85	6,03
			<i>7,1</i>	<i>7,7</i>	<i>9,8</i>	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
			<i>8,4</i>	<i>9,0</i>	<i>11,8</i>	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
	1/2 2/3 3/4 5/6 7/8	2	+						
			<i>13,0</i>	<i>13,3</i>	<i>14,9</i>	4,98	5,53	5,85	6,03
			<i>15,1</i>	<i>15,3</i>	<i>17,9</i>	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
			<i>16,3</i>	<i>16,9</i>	<i>20,0</i>	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
			<i>16,9</i>	<i>17,8</i>	<i>22,4</i>	<i>8,29</i>	<i>9,22</i>	<i>9,76</i>	<i>10,05</i>
QPSK in non-uniform 16-QAM	1/2 2/3 3/4	4	3,8	4,4	6,0	4,98	5,53	5,85	6,03
			<i>5,9</i>	<i>6,6</i>	<i>8,6</i>	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
			<i>7,1</i>	<i>7,9</i>	<i>10,7</i>	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
	1/2 2/3 3/4 5/6 7/8	4	+						
			<i>17,3</i>	<i>17,8</i>	<i>19,6</i>	4,98	5,53	5,85	6,03
			<i>19,1</i>	<i>19,6</i>	<i>22,3</i>	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
			<i>20,1</i>	<i>20,8</i>	<i>24,2</i>	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
			<i>21,1</i>	<i>22,0</i>	<i>26,0</i>	<i>8,29</i>	<i>9,22</i>	<i>9,76</i>	<i>10,05</i>
			<i>21,9</i>	<i>22,8</i>	<i>28,5</i>	<i>8,71</i>	<i>9,68</i>	<i>10,25</i>	<i>10,56</i>

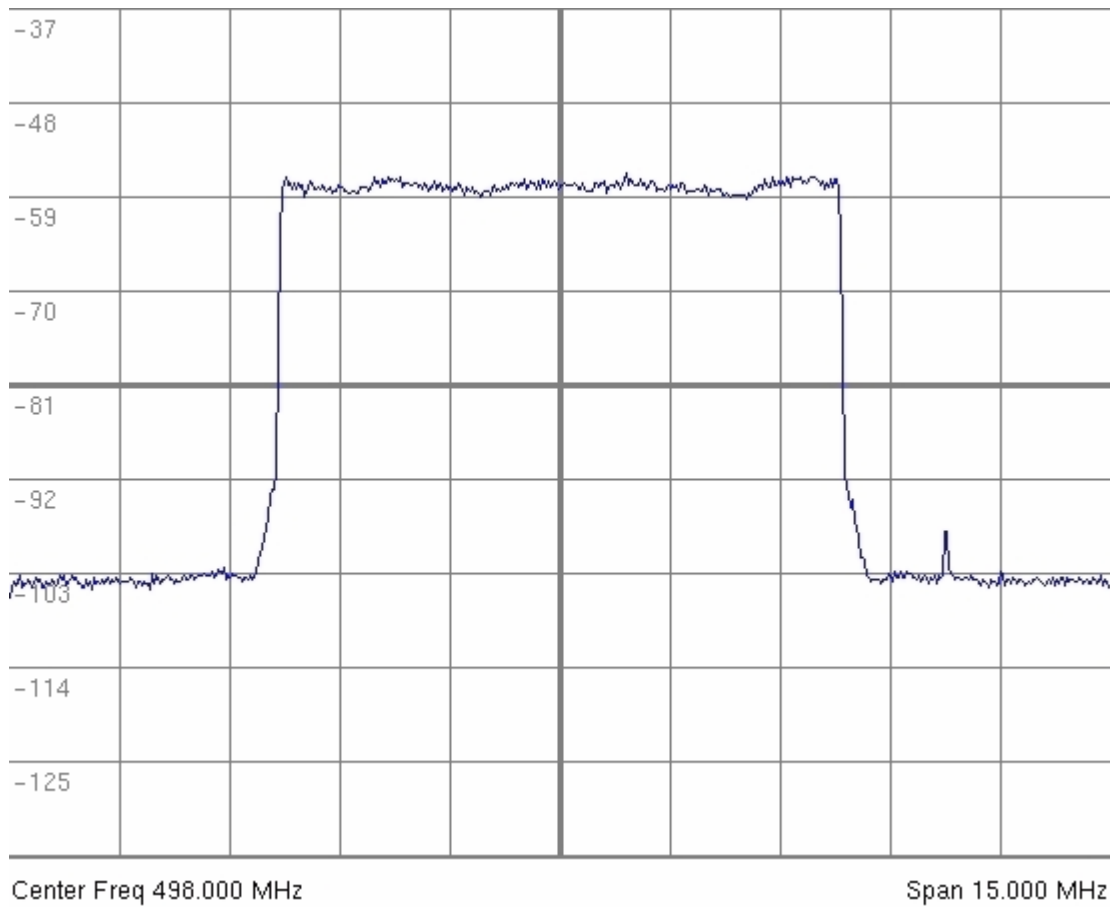
NOTE: Figures in italics are approximate values.

Πίνακας 2.3 Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για μη ιεραρχική εκπομπή για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)

Modulation	Code Rate	α	Required C/N for BER = 2×10^{-4} after Viterbi QEF after Reed-Solomon			Bitrate (Mbit/s)			
			Gaussian Channel	Ricean Channel (F_1)	Rayleigh Channel (P_1)	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK in uniform 64-QAM	1/2 2/3 3/4	1	8,9	9,5	11,4	4,98	5,53	5,85	6,03
			<i>12,1</i>	<i>12,7</i>	<i>14,8</i>	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
			<i>13,7</i>	<i>14,3</i>	<i>17,5</i>	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
	1/2 2/3 3/4 5/6 7/8	1	+						
			<i>14,6</i>	<i>14,9</i>	<i>16,4</i>	9,95	11,06	11,71	12,06
			<i>16,9</i>	<i>17,6</i>	<i>19,4</i>	<i>13,27</i>	<i>14,75</i>	<i>15,61</i>	<i>16,09</i>
			<i>18,6</i>	<i>19,1</i>	<i>22,2</i>	<i>14,93</i>	<i>16,59</i>	<i>17,56</i>	<i>18,10</i>
			<i>20,1</i>	<i>20,8</i>	<i>25,8</i>	<i>16,59</i>	<i>18,43</i>	<i>19,52</i>	<i>20,11</i>
QPSK in non-uniform 64-QAM	1/2 2/3 3/4	2	6,5	7,1	8,7	4,98	5,53	5,85	6,03
			<i>9,0</i>	<i>9,9</i>	<i>11,7</i>	<i>6,64</i>	<i>7,37</i>	<i>7,81</i>	<i>8,04</i>
			<i>10,8</i>	<i>11,5</i>	<i>14,5</i>	<i>7,46</i>	<i>8,29</i>	<i>8,78</i>	<i>9,05</i>
	1/2 2/3 3/4 5/6 7/8	2	+						
			<i>16,3</i>	<i>16,7</i>	<i>18,2</i>	9,95	11,06	11,71	12,06
			<i>18,9</i>	<i>19,5</i>	<i>21,7</i>	<i>13,27</i>	<i>14,75</i>	<i>15,61</i>	<i>16,09</i>
			<i>21,0</i>	<i>21,6</i>	<i>24,5</i>	<i>14,93</i>	<i>16,59</i>	<i>17,56</i>	<i>18,10</i>
			<i>21,9</i>	<i>22,7</i>	<i>27,3</i>	<i>16,59</i>	<i>18,43</i>	<i>19,52</i>	<i>20,11</i>
			<i>22,9</i>	<i>23,8</i>	<i>29,6</i>	<i>17,42</i>	<i>19,35</i>	<i>20,49</i>	<i>21,11</i>

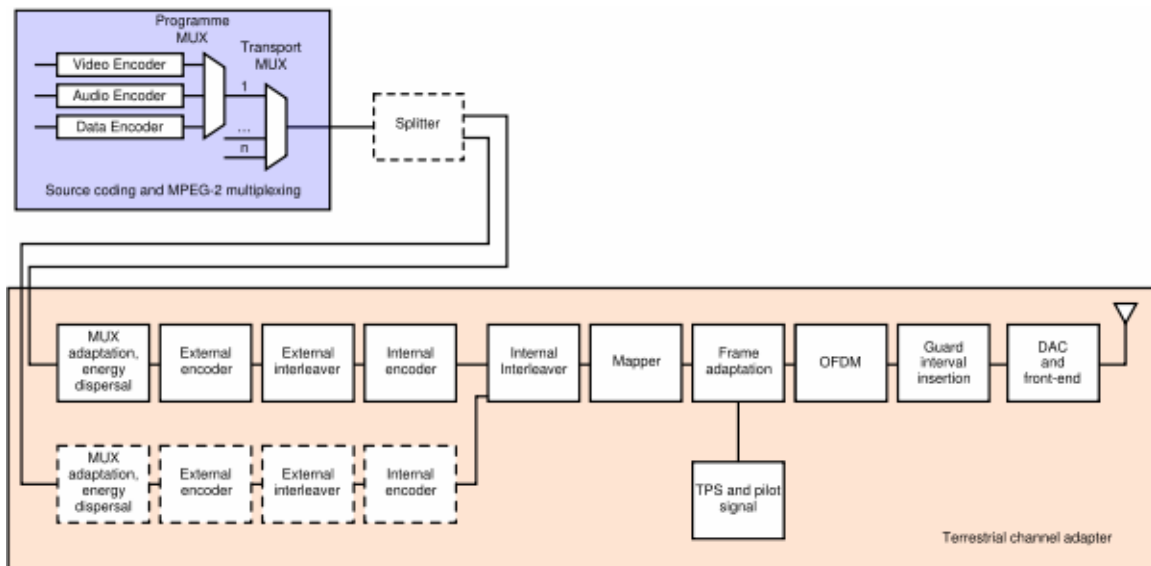
NOTE: Figures in italics are approximate values.
Results for QPSK in non-uniform 64-QAM with $\alpha = 4$ are not included due to the poor performance of the 64-QAM signal.

Πίνακας 2.4 Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για ιεραρχική εκπομπή (QPSK in 64-QAM) για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)



Εικόνα 2.1 Φάσμα ενός DVB σήματος με φέρουσα 8k.

Το βασικό σύστημα εκπομπής DVB-T είναι το παρακάτω:



Εικόνα 2.2 Το βασικό σύστημα εκπομπής DVB-T

- **Κωδικοποιητής Πηγής και Πολυπλέκτης MPEG-2:** Αρχικά γίνεται η κωδικοποίηση πηγής και η πολυπλεξία MPEG-2. Συμπιεσμένο βίντεο, συμπιεσμένος ήχος και ροές δεδομένων πολυπλέκονται σε μία ροή προγράμματος. Μία ή παραπάνω τέτοιες ροές πολυπλέκονται σε μία ροή μεταφοράς MPEG-2. Πρόκειται για την βασική ψηφιακή ροή που εκπέμπεται και λαμβάνεται. Η ροή αυτή οργανώνεται σε πακέτα συγκεκριμένου μήκους 188 bytes, εκ των οποίων το ένα είναι byte συγχρονισμού. Αυτή η ακολουθία bytes αποσυσχετίζεται, έτσι ώστε το φάσμα ισχύος του σήματος να μην εξαρτάται από τα δεδομένα που μεταδίδονται. Αυτό γίνεται για να καλυφθούν κάποιοι περιορισμοί της μέγιστης πυκνότητας φάσματος ισχύος. Αν, για παράδειγμα, η περισσότερη ισχύς συγκεντρώνεται σε μια μικρή ζώνη συχνοτήτων, θα δημιουργούνται παρεμβολές στα παρακείμενα κανάλια.
- **Διαχωριστής:** Δύο διαφορετικά σήματα μετάδοσης TS (transmission signals) μπορούν να διαβιβαστούν συγχρόνως, χρησιμοποιώντας μια τεχνική αποκαλούμενη ιεραρχική μετάδοση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαβιβάσει, παραδείγματος χάριν, έναν τυποποιημένο σήμα SDTV και ένα υψηλής ευκρίνειας σήμα HDTV στο ίδιο φέρον. Γενικά, το σήμα SDTV είναι πιο "ανθεκτικό" στην παραμόρφωση από το HDTV . Στο δέκτη, ανάλογα με την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος, το STB είναι σε θέση να αποκωδικοποιήσει το σήμα HDTV ή, εάν η ισχύς του υπολείπεται, μπορεί να μεταπηδήσει στο SDTV (κατ' αυτό τον τρόπο, όλοι οι δέκτες που είναι στην εγγύτητα της περιοχής μετάδοσης μπορούν να κλειδώσουν το σήμα HDTV, ενώ όλοι οι άλλοι , ακόμα και ο πιο μακρινός, μπορούν ακόμα να είναι σε θέση να λάβουν και να αποκωδικοποιήσουν ένα σήμα SDTV
- **Προσαρμογέας Πολυπλέκτη και Ενεργειακή Διασπορά :** Το κατά MPEG-2 κωδικοποιημένο σήμα (TS) αναγνωρίζεται σαν ακολουθία πακέτων δεδομένων συγκεκριμένου μήκους 188 bytes. Έπειτα μέσω της τεχνικής της Ενεργειακής Διασποράς η ακολουθία byte αποσυσχετίζεται.

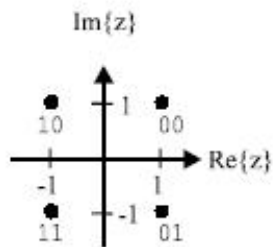
- **Εξωτερικός κωδικοποιητής.** Εφαρμόζεται το πρώτο επίπεδο διόρθωσης λαθών (error correction) στα μεταδιδόμενα δεδομένα, χρησιμοποιώντας τον κώδικα Reed-Solomon. Στα 188 bytes προστίθενται άλλα 51 μηδενικά bytes πριν την είσοδο σε έναν κωδικοποιητή RS (255,239, t = 8). Έτσι μπορούν να διορθωθούν το πολύ 8 bytes. Τα 51 μηδενικά bytes στη συνέχεια αφαιρούνται, δημιουργώντας έτσι μια RS λέξη από 204 bytes.
- **Εξωτερικός interleaver 12 κλάδων.** Η ακολουθία των δεδομένων αναδιοργανώνεται ώστε να αποφεύγονται μεγάλες ακολουθίες λαθών.
- **Εσωτερικός κωδικοποιητής.** Εισάγεται ένα δεύτερο επίπεδο διόρθωσης λαθών μέσω ενός συνελκτικού κώδικα, σύμφωνα με τον οποίο, μία σειρά n bits μετατρέπεται σε μία άλλη m bits. Ο ρυθμός κωδικοποίησης που προκύπτει είναι n/m . Οι επιτρεπόμενοι από το σύστημα ρυθμοί είναι: $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ και $7/8$.
- **Εσωτερικός interleaver.** Η ακολουθία των δεδομένων αναδιοργανώνεται ξανά, αυτή τη φορά για την αποφυγή εκρήξεων λαθών (error bursts). Στην περίπτωση μη-ιεραρχικού τρόπου λειτουργίας, η μοναδική ροή bits, διασπάται σε n ροές, όπου το n είναι 2 για το QPSK, 4 για το 16-QAM, και 6 για το 64-QAM. Στην περίπτωση ιεραρχικού, η ροή υψηλής προτεραιότητας χωρίζεται σε 2 ροές, και η ροή χαμηλής προτεραιότητας σε $n-2$.
- **Χαρτογραφητής (Mapper):** Σε ένα πλαίσιο OFDM όλες τα φέροντα διαμορφώνονται είτε με Ορθογώνια Μεταλλαγή Ολίσθησης Φάσης (Quadrature Phase Shift Keying QPSK), ή Ορθογώνια Διαμόρφωση κατά Πλάτος (Quadrature Amplitude Modulation). Οι αστερισμοί διαφοροποιούνται από τον παράγοντα διαμόρφωσης a , ο οποίος ορίζεται ως:

$$\alpha = \frac{\text{ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο σημεία του αστερισμού που φέρουν διαφορετικές τιμές bits υψηλής προτεραιότητας}}{\text{ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε σημεία του αστερισμού}}$$

Παρακάτω παρατίθενται οι ακριβείς τιμές των σημείων των αστερισμών $z \in \{n+mj\}$ και ο αντίστοιχος αστερισμός

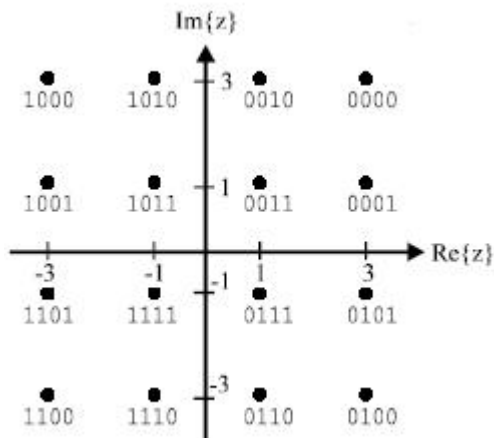
➤ **QPSK**

$$n \in \{-1, 1\}, m \in \{-1, 1\}$$



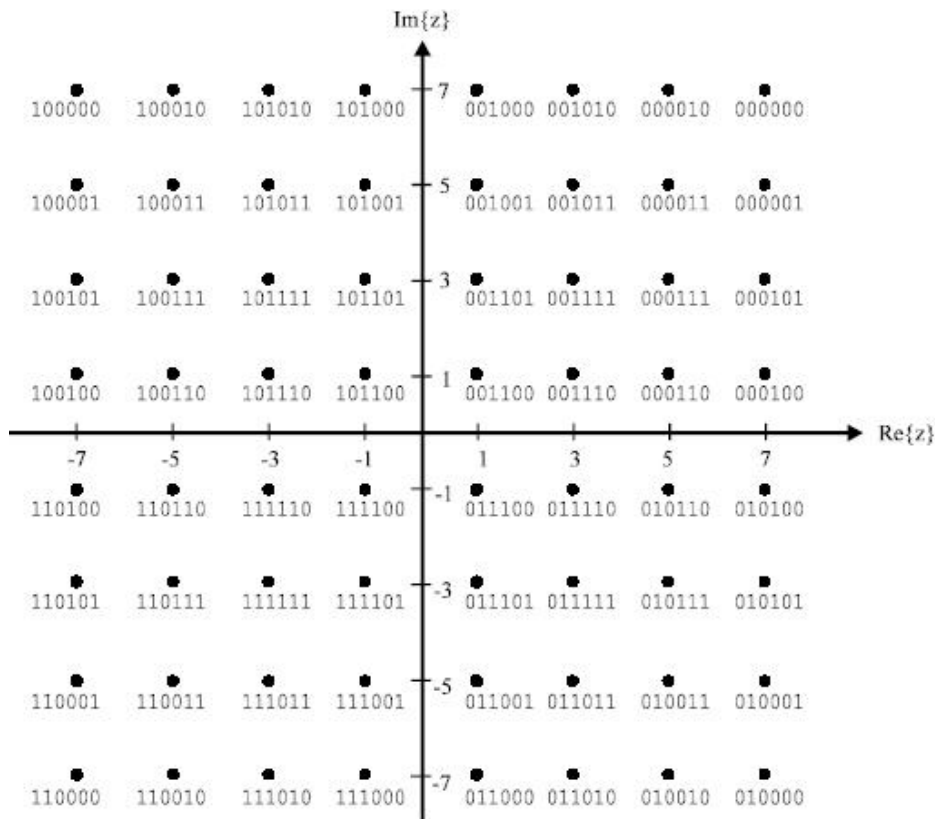
➤ **Ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=1$)**

$$n \in \{-3, -1, 1, 3\}, m \in \{-3, -1, 1, 3\}$$



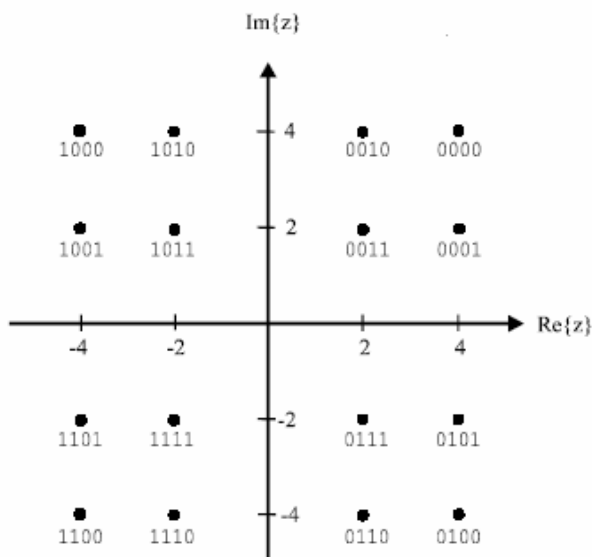
➤ **Ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=1$)**

$n \in \{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}$, $m \in \{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}$



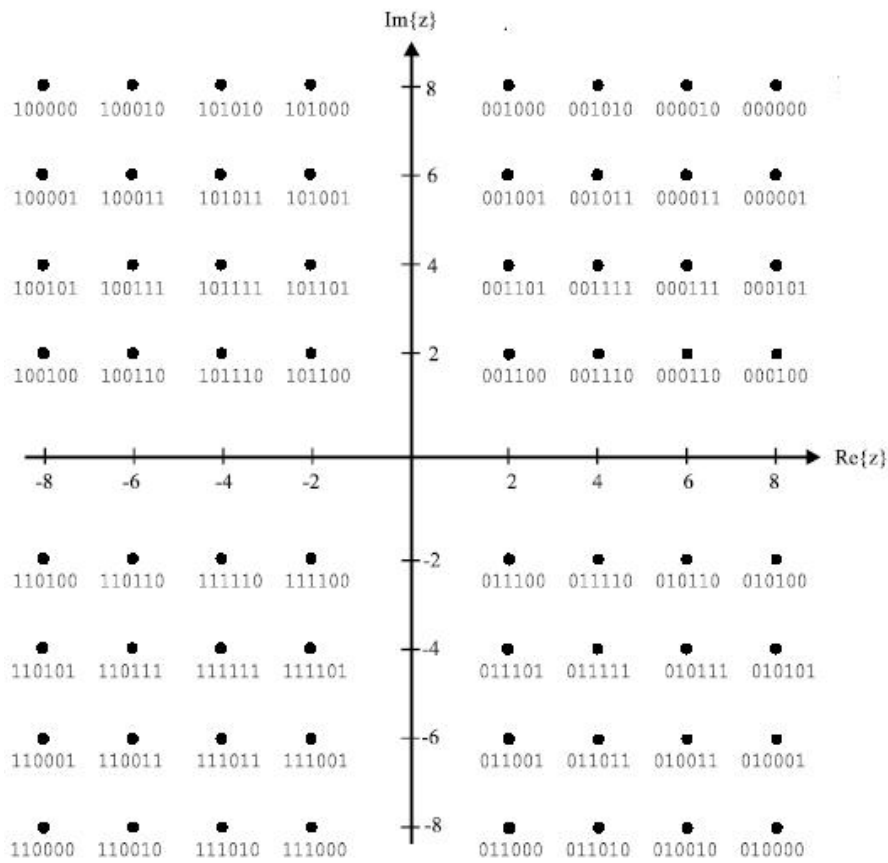
➤ **Μη ομοιόμορφη 16-QAM ($\alpha=2$)**

$n \in \{-4, -2, 2, 4\}$, $m \in \{-4, -2, 2, 4\}$



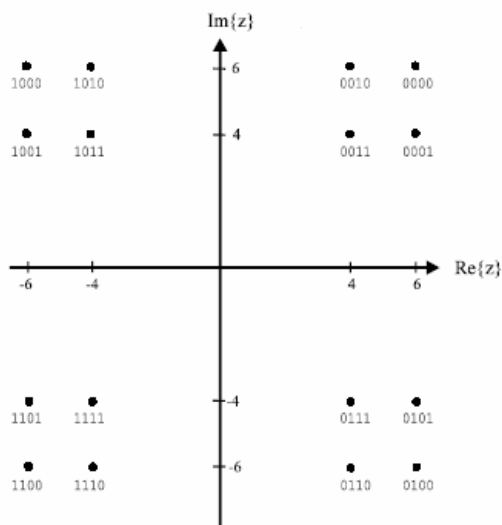
➤ **Μη ομοιόμορφη 64-QAM ($\alpha=2$)**

$n \in \{-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8\}$, $m \in \{-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8\}$



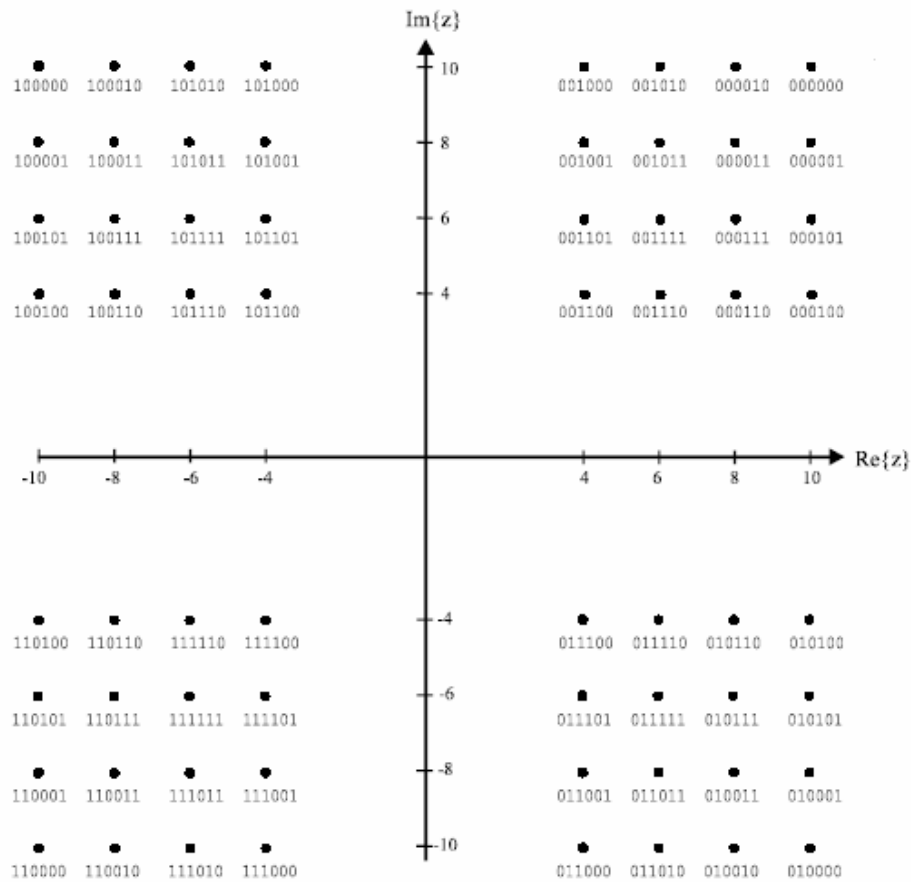
➤ **Μη ομοιόμορφη 16-QAM ($\alpha=4$)**

$n \in \{-6, -4, 4, 6\}$, $m \in \{-6, -4, 4, 6\}$



➤ **Μη ομοιόμορφη 64-QAM ($\alpha=4$)**

$$n \in \{-10, -8, -6, -4, 4, 6, 8, 10\}, m \in \{-10, -8, -6, -4, 4, 6, 8, 10\}$$



- **Προσαρμογή σε πλαίσια:** Από τα παραπάνω μιγαδικά σύμβολα δημιουργούνται μπλοκ σταθερού μήκους (1512, 3024, ή 6048 σύμβολα ανά μπλοκ). 68 μπλοκ αποτελούν ένα πλαίσιο, και ένα υπερπλαίσιο αποτελείται από 4 πλαίσια.
- **Πιλότοι και σήματα TPS:** Στα μπλοκ εισάγονται και κάποια επιπλέον σήματα επιπλέον πληροφορίας για τον δέκτη για κάποιες παραμέτρους της εκπομπής. Αυτές είναι:

- Η διαμόρφωση και η τιμή του α
- Η επιλογή ιεραρχικού ή μη τρόπου μετάδοσης
- Το διάστημα διαφύλαξης (guard interval)
- Οι εσωτερικοί ρυθμοί μετάδοσης
- Ο τρόπος μετάδοσης (2K ή 8K)
- Ο αριθμός του πλαισίου στο υπερπλαίσιο
- Η ταυτοποίηση κελιού

Οι πληροφορίες αυτές στέλνονται αναφορικά στο επόμενο πλαίσιο από αυτό που τις μεταφέρει και με σκοπό να ενημερώνεται ο δέκτης για τυχούσες αλλαγές στις παραπάνω παραμέτρους, δεδομένου ότι τις αρχικές τους τιμές τις γνωρίζει.

- **Διαμορφωτής OFDM** Η ακολουθία των blocks διαμορφώνεται σύμφωνα με την OFDM τεχνική, χρησιμοποιώντας 2048, 4046 ή 8192 φορείς. (2k, 4k, 8k).
- **Εισαγωγή Guard Interval** Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα του δέκτη, κάθε OFDM μπλοκ επεκτείνεται αντιγράφοντας στην αρχή του το τέλος του (κυκλικό πρόθεμα). Το μήκος αυτών των guard intervals μπορεί να είναι $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ του αρχικού μήκους του μπλοκ.
- **Μετατροπέας Ψηφιακού σε Αναλογικό (DAC)** Το ψηφιακό σήμα μετατρέπεται σε αναλογικό.

2.2 Ιεραρχικός και μη-ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας

Στο σύστημα DVB-T μπορεί να επιλεγεί είτε ο ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας, είτε ο μη ιεραρχικός. Η διακεκομμένη γραμμή στο διάγραμμα υποδεικνύει ότι οι συρμοί δεδομένων μπορεί να είναι ένας (μη ιεραρχικός) ή δύο

(ιεραρχικός). Στην δεύτερη περίπτωση, ένας διαχωριστής (splitter) επιτρέπει το διαχωρισμό σε δύο συρμούς MPEG, ο ένας εκ των οποίων θεωρείται υψηλής προτεραιότητας, και ο άλλος χαμηλής. Και οι δύο συρμοί στη συνέχεια εισέρχονται στον mapper και τον διαμορφωτή.

Η παραπάνω δυνατότητα προσφέρει περισσότερες επιλογές στο παρεχόμενο σήμα. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να μεταδίδεται μια χαμηλού ρυθμού μετάδοσης (bit-rate) και χειρότερης ποιότητας βασική έκδοση του προγράμματος ως υψηλής προτεραιότητας συρμός, και μια έκδοση πολύ υψηλής ποιότητας και μεγάλου bit-rate ως χαμηλής προτεραιότητας. Σε διαφορετική περίπτωση, μπορούν να μεταδίδονται διαφορετικά προγράμματα ποικίλων επιπέδων ποιότητας. Πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι ο δέκτης δεν χρειάζεται δύο σετ αποκωδικοποιητών, de-interleavers, αποπολυπλεκτών αλλά μόνο ένα, με την προϋπόθεση ο αποδιαμορφωτής να έχει τη δυνατότητα επιλογής ενός από τους δύο εισερχόμενους συρμούς δεδομένων.

2.2.1 Μη-ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας ($\alpha=1$)

Σε αυτή την περίπτωση, όλα τα πακέτα MPEG περνούν από τα ίδια στάδια κωδικοποίησης και interleaving και χαρτογραφούνται στο κατάλληλο διάγραμμα αστερισμού. Χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου μετάδοσης αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ο καθολικός παράγοντας διαμόρφωσης ($\alpha=1$). Αυτό ισχύει διότι, εφόσον όλα τα πακέτα υποβάλλονται στην ίδια διαδικασία θα είναι εξίσου αδρά, και μετά το interleaving δεν θα υπάρχει δυνατότητα καθορισμού συγκεκριμένης θέσης κάποιων bits στο διάγραμμα αστερισμού. Επομένως δεν υπάρχει κανένας λόγος χρησιμοποίησης άλλου παράγοντα πλην του παραπάνω.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η χρήση αυτής της μεθόδου δεν σημαίνει ότι εκπέμπεται μόνο ένα πρόγραμμα. Σε ένα σήμα OFDM, δηλαδή σε ένα κανάλι, μπορεί να μεταδίδεται είτε ένα, αν για παράδειγμα απαιτείται μεγάλος ρυθμός μετάδοσης ή μεγάλη περιοχή κάλυψης, είτε περισσότερα εφόσον πληρούνται οι απαιτήσεις χωρητικότητας, δεδομένου του ρυθμού μετάδοσης. Τότε η

χωρητικότητα του καναλιού μοιράζεται στα διάφορα προγράμματα. Αυτό που πρέπει να γίνει από την πλευρά του δέκτη, είναι μετά την αποδιαμόρφωση μέσω ενός αποπολυπλέκτη που υπάρχει για αυτόν ακριβώς τον λόγο, να αναγνωρίζεται σε ποιο πρόγραμμα ανήκει το κάθε λαμβανόμενο πακέτο MPEG.

2.2.2 Ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας ($\alpha > 1$)

Το σύστημα DVB-T, με τον ιεραρχικό τρόπο μετάδοσης επιτρέπει την επιλογή ανάμεσα στην ταυτόχρονη μετάδοση (simulcast) και την πολυπρογραμμαμική (multi-program). Και στις δύο περιπτώσεις εκπέμπεται μια πολύπλεξη υπηρεσιών σε δύο ανεξάρτητα κανάλια, καθένα από τα οποία έχει διαφορετική προστασία.

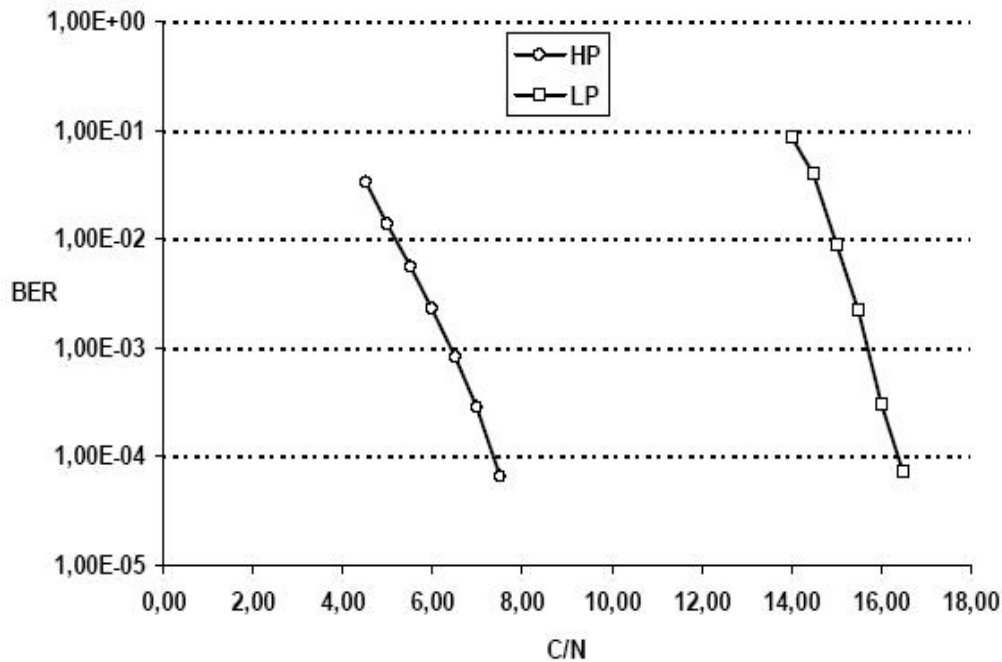
Simulcast-Ταυτόχρονη Μετάδοση

Με αυτόν τον τρόπο μετάδοσης ένα ή περισσότερα προγράμματα μεταφέρονται πανομοιότυπα από τους δύο συρμούς δεδομένων MPEG, ο ένας με μικρό ρυθμό μεταφοράς και ο άλλος με μεγάλο. Ανάλογα με τις συνθήκες λήψης, ο δέκτης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στους δύο.

Ο πρώτος αποτελεί και τον συρμό υψηλής προτεραιότητας. Αποτελεί και τον βασικό ρυθμό διότι πρέπει να είναι δυνατή η λήψη του κάτω από δύσκολες συνθήκες κάλυψης, όπως για παράδειγμα στα όρια της καλυπτόμενης περιοχής. Πρέπει να εξασφαλίζεται μεγάλη ανθεκτικότητα, δηλαδή όσο το δυνατόν καλύτερο BER σε μικρές τιμές του λόγου φέροντος προς θόρυβο (C/N) κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Έτσι παρέχεται η απλά απαιτούμενη ποιότητα εικόνας, με υψηλή προστασία λαθών (μεγάλο ποσοστό πλεονάζουσας πληροφορίας με ρυθμό κωδικοποίησης 1/2 ή 2/3). Αυτά τα bits χαρτογραφούνται στα τέσσερα τεταρτημόρια με παράγοντα $\alpha > 1$ σε διαμόρφωση QPSK.

Ο δεύτερος είναι ο συρμός δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας. Ο συρμός αυτός περιέχει το ίδιο ακριβώς πρόγραμμα, προκύπτει όμως από διαφορετική διαδικασία κωδικοποίησης. Εισέρχονται λιγότερα bits προστασίας

λαθών, με το ποσοστό των bits πληροφορίας να γίνεται μεγαλύτερο. Έτσι, προσφέρεται πολύ καλή ποιότητα εικόνας, απαιτώντας όμως μεγάλο λόγο φέροντος προς θόρυβο για να είναι εφικτή η λήψη, δηλαδή καλές συνθήκες λήψης.



Εικόνα 2.3 Απαιτήσεις C/N των δύο συρμών

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει την απόδοση ενός συστήματος με παράγοντα διαμόρφωσης $\alpha=2$, διαμόρφωση QPSK για τον συρμό υψηλής προτεραιότητας με ρυθμό κωδικοποίησης 2/3, 16-QAM για τον συρμό χαμηλής προτεραιότητας με ρυθμό κωδικοποίησης 3/4. Φαίνεται καθαρά ότι ο συρμός χαμηλής προτεραιότητας απαιτεί μεγαλύτερο λόγο φέροντος προς θόρυβο για να επιτευχθούν συγκεκριμένες τιμές BER από ότι αυτός υψηλής προτεραιότητας.

Το πλεονέκτημα αυτού του τρόπου μετάδοσης είναι το γεγονός πως ο δέκτης, με ένα μόνο σύστημα αποδιαμόρφωσης και αποκωδικοποίησης μπορεί να επιλέγει ανάμεσα στους δύο συρμούς MPEG ανάλογα με τις συνθήκες λήψης. Βέβαια δεν είναι δυνατή η απευθείας μετάβαση από τον ένα συρμό στον άλλο ενώ μεταδίδονται εικόνα και ήχος. Είναι απαραίτητη μία παύση της τάξης του 0.5

δευτερολέπτου για το βίντεο και 0.2s για τον ήχο μέχρι οι διάφοροι αποκωδικοποιητές να αναδιαμορφωθούν και να κλειδώσουν στον άλλο συρμό.

Multi-program-Πολυπρογραμμαμική Μετάδοση

Ο συρμός χαμηλής προτεραιότητας μπορεί να περιέχει αντί για το ίδιο ακριβώς πρόγραμμα όπως στον simulcast τρόπο λειτουργίας, ένα ή περισσότερα διαφορετικά προγράμματα. Το σύστημα λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, απλά σε συνθήκες καλής κάλυψης ο συρμός χαμηλής προτεραιότητας θα προσφέρει στον δέκτη περισσότερες επιλογές από άποψη προγράμματος. Από εκεί και πέρα, είναι στην ευχέρεια του οργανισμού που κάνει τη μετάδοση να επιλέξει τον τρόπο λειτουργίας που πρέπει ανάλογα με το είδος του δικτύου που είναι διαθέσιμο, την επιθυμητή κάλυψη και τις ανάγκες του κοινού από πλευράς προγράμματος.

2.3 Μετρήσεις

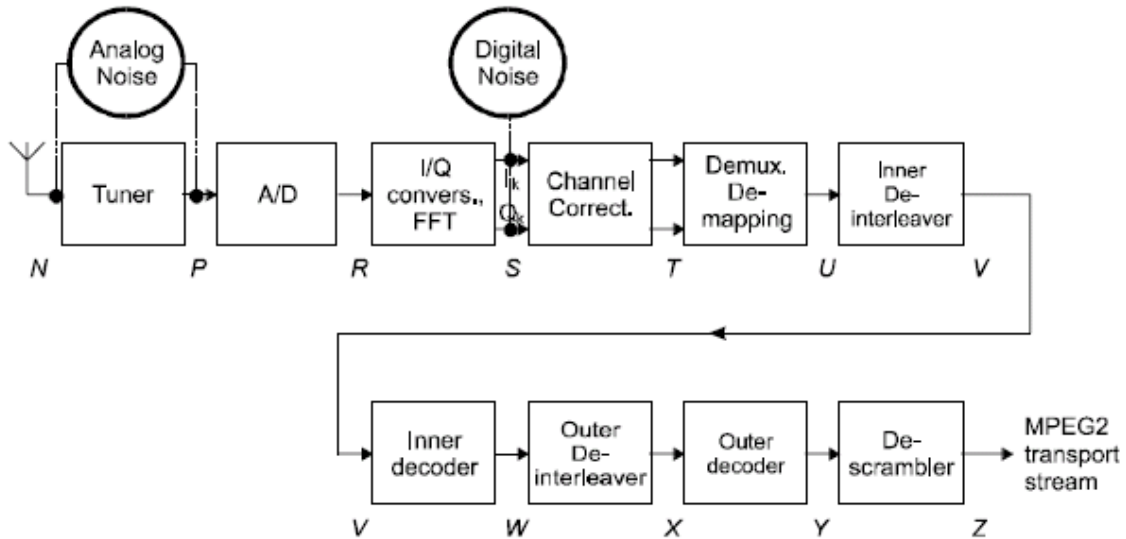
Παρακάτω παρατίθεται ένα πίνακας με πιθανές μετρήσεις που θα μπορούσαν να διεξαχθούν στο περιβάλλον DVB-T OFDM. Ο πίνακας περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα μετρούμενα μεγέθη καθώς επίσης και για το πού οι μετρήσεις πραγματοποιούνται δηλαδή στον εκπομπό, στο δέκτη ή στο δίκτυο.

Measurement parameter	Transmitter	Network	Receiver
1) RF frequency measurements			
1.1) RF frequency accuracy (Precision)	X		
1.2) RF channel width (Sampling Frequency Accuracy)	X		
1.3) Symbol Length measurement at RF (Guard Interval verification)	X		
2) Selectivity			X
3) AFC capture range			X
4) Phase noise of local oscillators (LO)	X		X
5) RF/IF signal power	X	X	X
6) Noise power			X
7) RF and IF spectrum	X		
8) Receiver sensitivity/ dynamic range for a Gaussian channel			X
9) Equivalent Noise Degradation (END)	X		X
9a) Equivalent Noise Floor (ENF)	X		
10) Linearity characterization (shoulder attenuation)	X		
11) Power efficiency	X		
12) Coherent interferer	X	X	
13) BER vs. C/N ratio by variation of transmitter power	X	X	
14) BER vs. C/N ratio by variation of Gaussian noise power		X	X
15) BER before Viterbi (inner) decoder	X	X	X
16) BER before RS (outer) decoder	X	X	X
17) BER after RS (outer) decoder	X	X	
18) I/Q analysis			
18.1) N/A			
18.2) Modulation Error Ratio	X	X	X
18.3) System Target Error	X		X
18.4) Carrier Suppression	X		X
18.5) Amplitude Imbalance	X		X
18.6) Quadrature Error	X		X
18.7) Phase Jitter	X		X
19) Overall signal delay	X	X	
20) SFN synchronization			
20.1) MIP_timing_error	X		
20.2) MIP_structure_error	X		
20.3) MIP_presence_error	X		
20.4) MIP_pointer_error	X		
20.5) MIP_periodicity_error	X		
20.6) MIP_ts_rate_error	X		
21) System Error Performance	X	X	X

Πίνακας 2.5 Μετρούμενα μεγέθη

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας έγιναν στην πλευρά του δέκτη και τα μετρούμενα μεγέθη παρουσιάζονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να παρουσιάσουμε το block διάγραμμα του δέκτη ώστε γίνει καλύτερα κατανοητή η διαδικασία των μετρήσεων.



Εικόνα 2.4 Block διάγραμμα του DVB-T δέκτη

Στη συνέχεια αναφέρονται λεπτομερώς τα μεγέθη που μετρήθηκαν και θα ληφθούν υπ' όψει στην αξιολόγηση του DVB-T δικτύου στην περιοχή της Αθήνας.

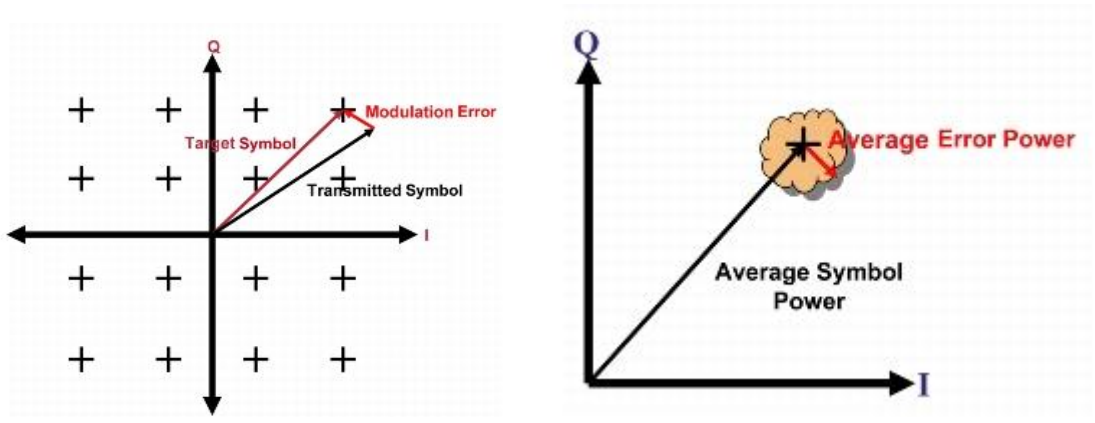
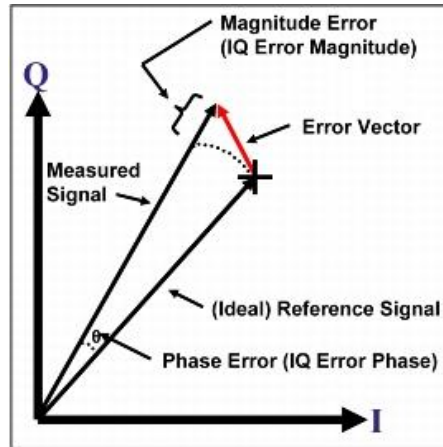
2.3.1 MER (Modulation Error Ratio)

Σκοπός της μέτρησης αυτής είναι η άθροιση όλων των λαθών που υποδεικνύονται από το constellation διάγραμμα της μέτρησης. Τα επίπεδα του δέκτη στα οποία πραγματοποιείται η μέτρηση του MER είναι τα S,T. Προτού προχωρήσουμε στην ανάλυση της μεθόδου με την οποία πραγματοποιείται η παραπάνω μέτρηση, κρίνεται αναγκαίο να υπενθυμίσουμε μερικές έννοιες σχετικές με το constellation διάγραμμα.

- Το constellation διάγραμμα έχει M σύμβολα και K φορείς όπου $0 \leq K \leq K_{max} + 1$ και K_{max} ο συνολικός αριθμός των ενεργών OFDM φορέων.

- Η μέτρηση που πραγματοποιείται θα πρέπει να έχει N σημεία δεδομένων όπου το N θα πρέπει να είναι αρκετά μεγαλύτερο από το $M \times K$ ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ακρίβεια μέτρησης.
- Οι συντεταγμένες κάθε σημείου δεδομένων j είναι $I_j + \delta I_j$, $Q_j + \delta Q_j$ όπου I και Q είναι οι συντεταγμένες του ιδανικού σημείου δεδομένων και δI και δQ είναι οι αντισταθμίσεις που σχηματίζουν τον πίνακα λαθών των σημείων δεδομένων (εφόσον ο υπό εξέταση φορέας πληροφορίας θεωρείται χρήσιμος).

Συνεχίζουμε τώρα με τη μέθοδο υπολογισμού του MER. Αρχικά η συχνότητα του OFDM φορέα πληροφορίας και ο χρονοσμός των συμβόλων επανακτώνται και μια χρονική καταγραφή των ζευγαριών συντεταγμένων (I_j , Q_j) των N συμβόλων καταγράφεται. Στη συνέχεια για κάθε λαμβανόμενο σύμβολο, πραγματοποιείται η λήψη μιας απόφασης σχετικά με το ποιο σύμβολο ελήφθη. Ο πίνακας λαθών σχηματίζεται από την απόσταση μεταξύ της ιδανικής και της πραγματικής θέσης του επιλεγέντος συμβόλου, η απόσταση αυτή εκφράζεται ως διάνυσμα της μορφής $(\delta I_j, \delta Q_j)$. Το άθροισμα των τετραγώνων των πλατών των διανυσμάτων των ιδανικών θέσεων διαιρείται με το άθροισμα των τετραγώνων των πλατών των διανυσμάτων λάθους. Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε dB και είναι γνωστό ως MER. Ακολουθούν τρία σχήματα που απεικονίζουν όσα αναφέραμε προηγουμένως καθώς και ο τύπος υπολογισμού του MER.



$$MER = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} dB$$

Εικόνα 2.5 Υπολογισμός MER

2.3.2 BER after RS outer decoder (Bit Error Rate)

Το BER (Bit Error Rate) είναι βασική παράμετρος που περιγράφει την ποιότητα της σύνδεσης για ψηφιακή μετάδοση δεδομένων. Υπάρχουν 3 διαφορετικοί τρόποι μέτρησης του BER :

- Πριν από οποιαδήποτε διόρθωση λαθών το οποίο γενικά ονομάζεται “ BER before Viterbi ”.
- Μετά την πρώτη διόρθωση λαθών , το οποίο αποκαλείται “ BER after Viterbi” ή “BER before REED-SOLOMON”.
- Και τέλος μετά και τη δεύτερη διόρθωση λαθών οπότε ονομάζεται “BER after REED-SOLOMON”.

Στην προκειμένη περίπτωση υπολογίσαμε το “BER after REED-SOLOMON”. Το επίπεδο του δέκτη στο οποίο έγινε ο υπολογισμός είναι το Z. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της παραμέτρου αυτής είναι η δημιουργία , μέσα στον κωδικοποιητή καναλιού, μιας γνωστής επαναλαμβανόμενης ακολουθίας από bit η οποία έχει ψευδό-τυχαία μορφή , αυτή η ακολουθία συμβόλων είναι γνωστή ως κενό TS πακέτο (null TS packet) και έχει της ακόλουθη μορφή :

Syntax	No. of bits	Identifier	Value
null_transport_packet(){			
sync_byte	8	bslbf	"01000111"
transport_error_indicator	1	bslbf	"0"
payload_unit_start_indicator	1	bslbf	"0"
transport_priority	1	bslbf	"0"
PID	13	uimsbf	"1111111111111"
transport_scrambling_control	2	bslbf	"00"
adaptation_field_control	2	bslbf	"01"
continuity_counter	4	uimsbf	"0000"
for (l = 0; l < N; l++) {			
data_byte	8	bslbf	"00000000"
}			
}			

Πίνακας 2.6 Το κενό TS πακέτο

Προκειμένου για τον υπολογισμό του BER ο δέκτης δεν έχει παρα να συγκρίνει τα λαμβανόμενα TS πακέτα με τα κενά TS πακέτα και να υπολογιστεί έτσι ο αριθμός των λάθος συμβόλων. Εάν η τιμή του BER υπερβαίνει το 10^{-3} τότε η μέτρηση θεωρείται αναξιόπιστη.

2.3.3 RF Signal Power

Η μέτρηση της ισχύος του σήματος στον δέκτη είναι πολύ σημαντική για τον υπολογισμό του επιπέδου του σήματος. Τα επίπεδα του δέκτη στα οποία υπολογίζεται η ισχύς του σήματος είναι τα N και P . Ως ισχύς του σήματος στο δέκτη λαμβάνεται η μέση ισχύς του επιθυμητού μέσα στα όρια του εύρους ζώνης σήματος.

2.3.4 $C/(N+I)$ (Λόγος σήματος προς θόρυβο και παρεμβολή)

Ο λόγος φέροντος προς θόρυβο (C/N) είναι ο λόγος της μέσης ισχύς του σήματος προς τη μέση ισχύ του θορύβου. Αντίστοιχα ο λόγος φέροντος προς παρεμβολή (C/I) προκύπτει από τη διαίρεση της μέσης τιμής της ισχύος του χρήσιμου σήματος και της μέσης τιμής της ισχύος του σήματος που προέρχεται από ομοδιαυλική παρεμβολή. Σε περιπτώσεις συστημάτων όπου η ισχύς του επιθυμητού σήματος επηρεάζεται τόσο από το θόρυβο όσο και από την ομοδιαυλική παρεμβολή τότε υπολογίζεται ο λόγος σήματος προς θόρυβο και παρεμβολή.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

3.1 Η συσκευή R&S TSM-DVB-T/H Diversity Test Receiver

Για τις μετρήσεις επιλέξαμε το TSM-DVB της Rhode & Schwarz. Πρόκειται για μία φορητή λύση με διαστάσεις 83x154x224 mm (WxHxD) και βάρος μόνο 1.4 κιλά. Είναι κατάλληλο για μετρήσεις εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και απαιτεί τροφοδοσία 12V DC, 12W. Δουλεύει σε συνεργασία με το λογισμικό ROMES σε ένα laptop. Το TSM-DVB-T/H Diversity Test Receiver είναι σχεδιασμένο για αξιόπιστες μετρήσεις σε σχετικά υψηλές ταχύτητες, ακόμα και στα 100 km/h.



Εικόνα 3.1 Η συσκευή R&S TSM-DVB-T/H Diversity Test Receiver

Προσφέρει μεταξύ άλλων τις παρακάτω παραμέτρους μετρήσεων:

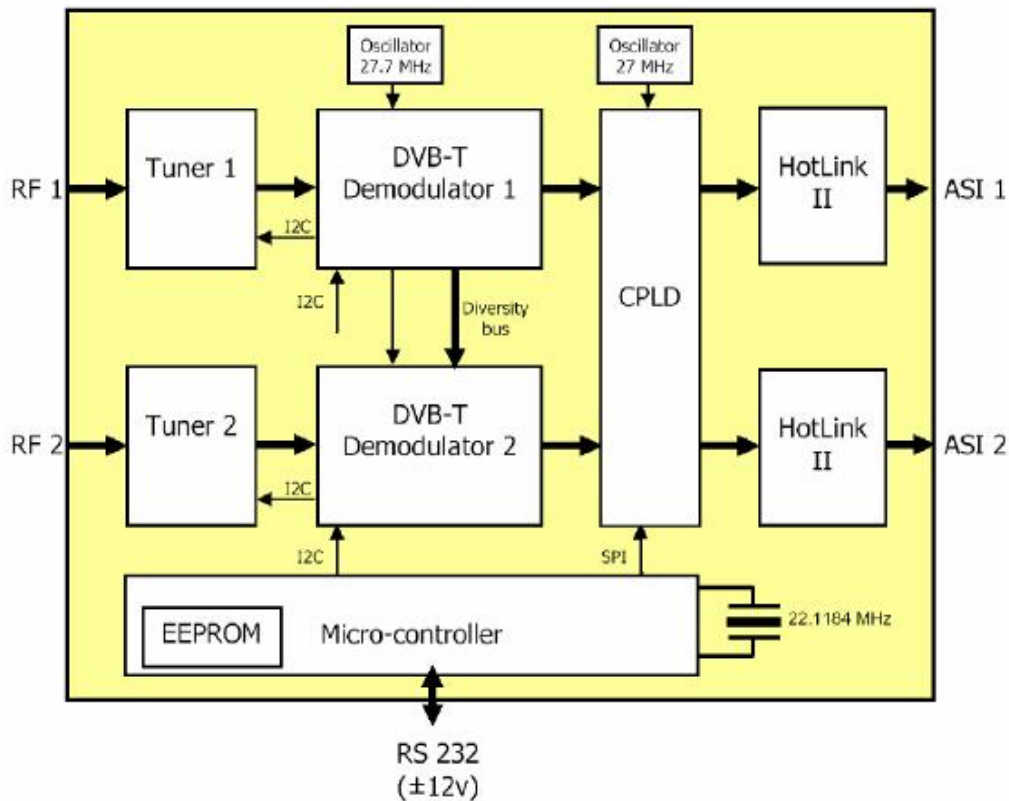
- RF level
- MER (modulation error ratio)
- PER (packet error rate)

- BER (bit error ratio μετά τον Reed-Solomon)
- TPS bits b16 to b55
- DVB-H signaling performed/not performed
- Διάγραμμα αστερισμού
- C/(N+I)
- Ενδείκτες κατάστασης (AGC locked, carrier locked, MPEG sync locked, etc)
- Πληροφορίες σήματος (DVB-T mode, code rate, etc.)

Υποστηρίζει:

- Θηλυκούς υποδοχείς κεραίας τύπου N
- Διαμόρφωση OFDM 2K, 4K, 8K
- Κανάλια 5 έως 12 (VHF) και 21 έως 69 (UHF)
- Εύρος Ζώνης 5,6,7 MHz
- Βήμα συχνότητας 166,667 KHz
- Απόσταση συχνότητας (offset) 167,125 KHz
- VSWR max 3 dB
- Ευαισθησία εισόδου -92 έως -20 dBm
- Ακρίβεια 3dB
- Σύνδεση RS-232-C και USB
- Διπλή είσοδο
- Αυτόματη αναγνώριση TPS
- Ιεραρχία

Δίνεται παρακάτω το μπλοκ διάγραμμα του δέκτη TSM-DVB, όπου φαίνονται τα επιμέρους στοιχεία του.



Εικόνα 3.2 Διάγραμμα του TSM-DVB

Tuner

Ο συντονιστής (tuner) είναι συμβατός με VHF και UHF, το εύρος του καναλιού μπορεί να είναι 5,6,7,8 MHz και το offset μπορεί να είναι 166.667 και 125 KHz.

Αποδιαμορφωτής (Demodulator)

Είναι σχεδιασμένος τόσο για κινητές όσο και σταθερές εφαρμογές. Η έξοδος του συντονιστή συνδέεται απευθείας με την είσοδο του αποδιαμορφωτή. Είναι υπεύθυνος για όλες τις διαδικασίες αποδιαμόρφωσης και επιτελεί και επιπλέον λειτουργίες όπως αυτόματη, ψηφιακή διόρθωση συχνότητας, αυτόματο εντοπισμό τρόπου εκπομπής, ταυτόχρονη αποδιαμόρφωση των συρμών υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας, διαδικασίες ελέγχου.

CPLD

Η προγραμματιζόμενη λογική συσκευή χρησιμοποιείται για την επιλογή των συρμών MPEG, με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας.

Μικροελεγκτής (Microcontroller)

Είναι υπεύθυνος για τις εναρκτήριοιες ρυθμίσεις λειτουργίας των συντονιστών, τη ρύθμιση του CPLD, την επικοινωνία μέσω της θύρας RS-232.

I/O

Όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα, ο δέκτης TSM-DVB διαθέτει τις παρακάτω εισόδους εξόδους:

- 2 εισόδους RF
- 2 εξόδους ASI
- 1 έξοδο RS-232-C (serial)
- 1 είσοδο τροφοδοσίας 12V, 1A max



Εικόνα 3.3 Η πίσω όψη της συσκευής

3.2 Σύνδεση εξοπλισμού

Θα ξεκινήσουμε την περιγραφή της συνδεσμολογίας του μηχανήματος που χρησιμοποιήσαμε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων από το τροφοδοτικό. Παρακάτω παρατίθενται δύο φωτογραφίες που απεικονίζουν το τροφοδοτικό και το καλώδιο διασύνδεσης ανάμεσα στο τροφοδοτικό και στο TSM – DVB μηχάνημα.



Εικόνα 3.4 Το τροφοδοτικό

Στο σημείο αυτό παρατίθενται οι προδιαγραφές του τροφοδοτικού :

Mascot type 9726

Input 100-240V AC 50-60 Hz max 1.3A

Output at 100-190V: 13.2V max 5A

190-240V: 13.2V max 7A



Εικόνα 3.5 Το καλώδιο τροφοδοσίας

Αφού πραγματοποιήσουμε τη σύνδεση του μηχανήματος με το τροφοδοτικό, στη συνέχεια συνδέουμε τις δύο κεραίες στις ειδικές υποδοχές στο πίσω μέρος του TSM – DVB. Ακολουθεί η εικόνα που απεικονίζει τη μια από τις δύο κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι ομοιοκατευθυντικές και λειτουργούν στις συχνότητες 678 MHz – 862 MHz.



Εικόνα 3.6 Η κεραία

Παρουσιάζουμε στη συνέχεια το σειριακό καλώδιο διασύνδεσης του TSM–DVB με το laptop καθώς επίσης και το μετατροπέα από σειριακό σε USB, η χρήση του οποίου ήταν απαραίτητη για τη σύνδεση στο laptop καθώς το τελευταίο δε διαθέτει σειριακές θύρες.



Εικόνα 3.7 Το σειριακό καλώδιο



Εικόνα 3.8 Ο μετατροπέας Serial to USB

Εν συνεχεία παρατίθεται η φωτογραφία του πίσω μέρους του TSM – DVB, όπου έχουν πραγματοποιηθεί οι συνδέσεις με το τροφοδοτικό, τις κεραίες και το laptop.



Εικόνα 3.9 Η πίσω όψη της συσκευής μετά τη σύνδεση

Παρατηρούμε ότι τα εξαρτήματα που περιγράφονται παραπάνω βρίσκονται τώρα συνδεδεμένα στη συσκευή TSM – DVB.

Συνεχίζουμε την περιγραφή της συνδεσμολογίας με την παρουσίαση της συσκευής TV TUNER η οποία χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων για την παρακολούθηση και εγγραφή ψηφιακής εικόνας.



Εικόνα 3.10 Η συσκευή TV TUNER

Το TV TUNER που χρησιμοποιήθηκε είναι το GIGABYTE GT-U8000-RH DIGITAL AND ANALOGUE TV TUNER το οποίο συνδέεται με το laptop μέσω

θύρας USB 2.0 ,όπως και το TSM-DVB. Παρέχει δυνατότητα παρακολούθησης και εγγραφής επίγειας ψηφιακής (DBV-T) αλλά και αναλογικής τηλεόρασης (NTSC/PAL/SECAM) , υποστηρίζει HDTV, Teletext και EPG. Υποστηρίζει επιπλέον λειτουργία snapshot για άμεση αποθήκευση εικόνων. Στην πλευρά του laptop λοιπόν θα έχουμε δύο USB θύρες κατειλημμένες: η μία θα απασχολείται από το TSM – DVB και η άλλη από το TV TUNER.



Εικόνα 3.11 Οι δύο κατειλημμένες θύρες USB

Συνεχίζουμε την περιγραφή της συνδεσμολογίας με την παρουσίαση των συσκευών GPS οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια των μετρήσεων για τον προσδιορισμό του στίγματος μας.



Εικόνα 3.12α Οι συσκευές GPS



Εικόνα 3.12β Οι συσκευές GPS

Για τον προσδιορισμό του στίγματος μας χρησιμοποιήσαμε το GPSmap 76S της GARMIN. Η συσκευή παρέχει την δυνατότητα μέτρησης γεωγραφικών συντεταγμένων καθώς και την προβολή χάρτη με κοντινές πόλεις και σημεία ενδιαφέροντος (waypoints) .Ταυτόχρονα για κινούμενες μετρήσεις προσφέρει δυνατότητα καταγραφής ταχύτητας , απόστασης μεταξύ σημείων και μέσου χρόνου διαδρομής. Χρησιμοποιεί εσωτερικές μπαταρίες για τροφοδοσία , ή μπορεί να φορτίσει μέσω adaptor αναπτήρα αυτοκινήτου για εν κινήσει μετρήσεις.

Συγκεκριμένα , αφού αποκτήσουμε σύνδεση με δορυφόρο στην οθόνη εμφανίζονται πληροφορίες για τις γεωγραφικές συντεταγμένες , την ταχύτητα το υψόμετρο και την ακρίβεια του στίγματος, πατώντας το πλήκτρο PAGE. Με το πλήκτρο NAV μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον ένθετο χάρτη με τις κοντινότερες πόλεις και σημεία ενδιαφέροντος. Τέλος με τα πλήκτρα Zoom IN/OUT έχουμε κοντινότερη, λεπτομερέστερη απεικόνιση της περιοχής που μας ενδιαφέρει.

Οι βασικές λειτουργίες απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα:

Interface Keys

IN/OUT Zoom Keys

- From the Map page, press to zoom in or out
- From any other page, press to scroll up or down a list

NAV/MOB Key

- Press and release at any time to view the Find Menu page
- Press and hold for MOB

POWER Key

- Press and hold to turn unit On/Off
- Press and release to adjust backlighting

QUIT Key

- Press and release to cancel data entry or exit a page



ROCKER Key

- Move Up/Down or Right/Left to move through lists, highlight fields, on-screen buttons, icons, enter data or move the map panning arrow

PAGE Key

- Press to cycle through the main pages
- Press when using the on-screen keyboard to close
- Press to end an operation in progress and return to the main page.

MENU Key

- Press and release to view options for a page
- Press twice to view the Main Menu

ENTER/MARK Key

- Press and release to enter highlighted options, data, or confirm on-screen messages
- Press and release at any time to mark your current location as a waypoint

Εικόνα 3.13 Η διεπαφή (πλήκτρα ελέγχου) του GPS

Με τη βοήθεια του πακέτου λογισμικού ROMES τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και το στίγμα μας εμφανίζονται στην οθόνη του φορητού υπολογιστή και είναι δυνατό να τα αποθηκεύσουμε και να τα επεξεργαστούμε ανάλογα.



Εικόνα 3.14 Το λογισμικό ROMES

Τέλος παρουσιάζουμε την ολοκληρωμένη συνδεσμολογία:



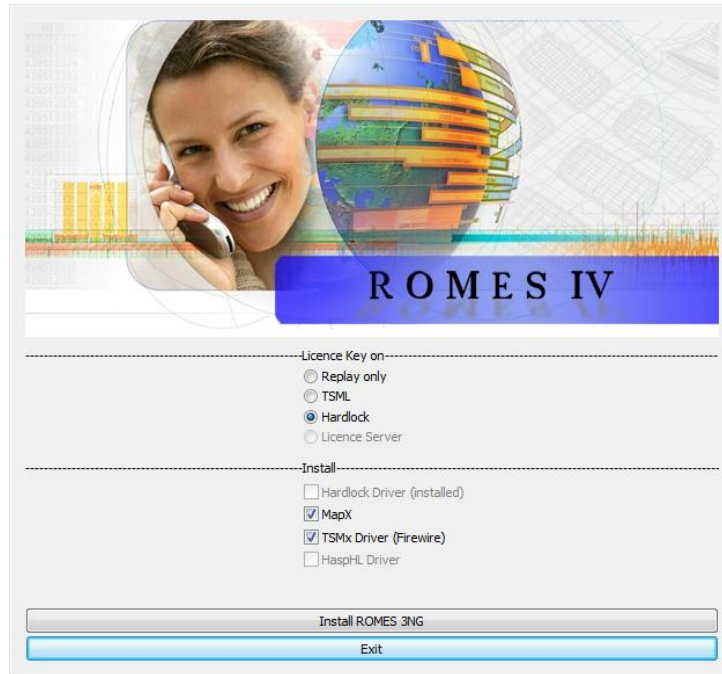
Εικόνα 3.15 Η συνδεσμολογία

4. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ROMES

Το software που χρησιμοποιήσαμε είναι το ROMES 3NG Rev1 SP1. Πρόκειται για το λογισμικό που παρέχει η Rhode & Schwarz μαζί με τον εξοπλισμό της για όλων των ειδών μετρήσεις και αξιολογήσεις. Το πακέτο μας περιέχει το CD-ROM του λογισμικού, το εγχειρίδιο χρήσης, ένα USB hardlock το οποίο περιέχει την άδεια χρήσης και μία δισκέττα με το configuration file (αρχείο ρύθμισης). Στη συνέχεια θα περιγράψουμε την διαδικασία εγκατάστασης του προγράμματος καθώς και τον βασικό τρόπο χρήσης που ακολουθήσαμε.

4.1 Εγκατάσταση

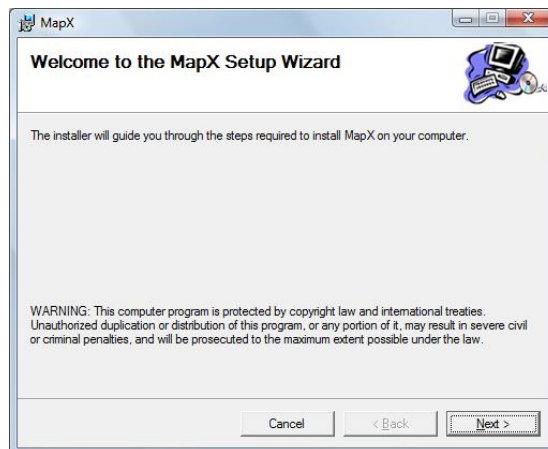
Αρχικά τοποθετούμε το CD-ROM σε έναν φορητό υπολογιστή με εγκατεστημένα τα Microsoft Windows XP και το Service Pack 2 (Τα Microsoft Windows XP και το Service Pack 2 είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του προγράμματος). Η διαδικασία ξεκινά είτε αυτόματα είτε τρέχοντας το αρχείο setup.exe που βρίσκεται στον μητρικό κατάλογο του CD. Η οθόνη που μας καλωσορίζει στον οδηγό εγκατάστασης είναι η εξής:



Εικόνα 4.1 Ο οδηγός εγκατάστασης

Βλέπουμε ότι έχει επιλεγεί Hardlock στην επιλογή Licence Key on. Σε περίπτωση που δεν συμβαίνει αυτό, εγκαθιστούμε το πρόγραμμα οδήγησης του hardlock που βρίσκεται στο φάκελο \\Firmware and Drivers\Aladdin Hardlock του CD-ROM. Αφού η επιλογή είναι διαθέσιμη πατάμε το Install ROMES 3NG και αρχίζει η διαδικασία.

Πρώτα αρχίζει η εγκατάσταση του βοηθητικού λογισμικού MapX με την εξής οθόνη:



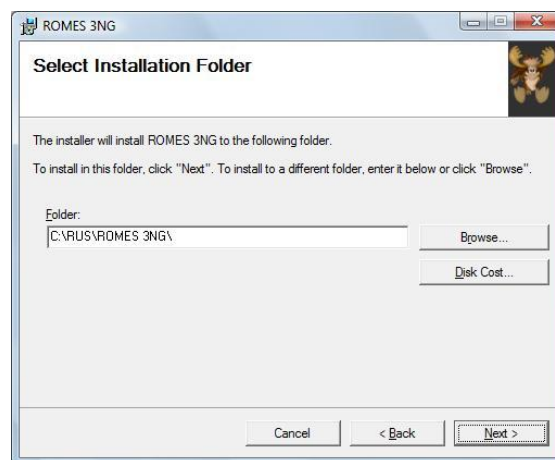
Εικόνα 4.2 Η εγκατάσταση του MapX

Πατάμε Next και ολοκληρώνουμε την διαδικασία εγκατάστασης του MapX. Στη συνέχεια ξεκινά η εγκατάσταση των TSMx Drivers που είναι απαραίτητοι για την λειτουργία του μηχανήματος μέτρησης:



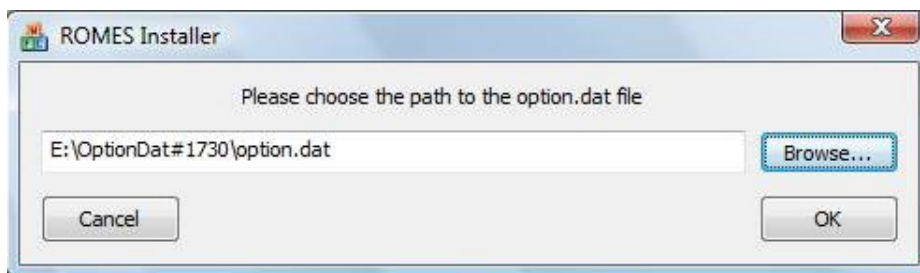
Εικόνα 4.3 Η εγκατάσταση των TSMx Drivers

Πατάμε το κουμπί Επόμενο και τελειώνουμε και αυτή την εγκατάσταση. Ακολουθεί η εγκατάσταση του κυρίως προγράμματος. Επιλέγουμε την τοποθεσία όπου θα τοποθετηθεί το ROMES 3NG και πατάμε Next.



Εικόνα 4.4 Η εγκατάσταση του κυρίως προγράμματος

Θα μας ζητηθεί να δώσουμε την τοποθεσία που βρίσκεται το option file. Κάνουμε browse και το βρίσκουμε στο φάκελο \\OptionDat#1730 του CD-ROM.



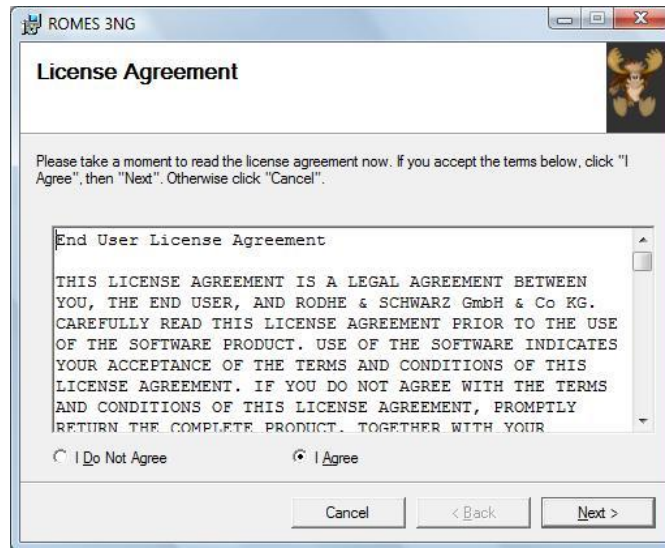
Εικόνα 4.5 Η επιλογή του option file

Αμέσως μετά η επόμενη εικόνα θα μας ζητήσει να βάλουμε το USB Hardlock στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το τοποθετούμε σε μια ελεύθερη USB θύρα και πατάμε OK.



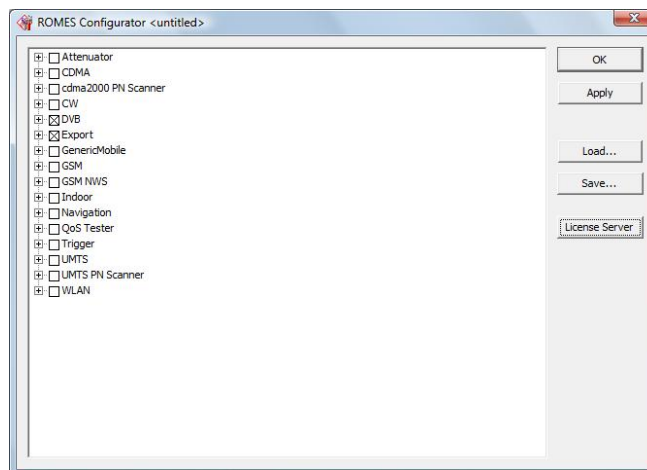
Εικόνα 4.6 Εισαγωγή του Hardlock

Μετά μας παρουσιάζεται η άδεια και οι όροι χρήσης του λογισμικού τους οποίους διαβάζουμε, επιλέγουμε I Agree και πατάμε Next ώστε να συνεχιστεί η διαδικασία.



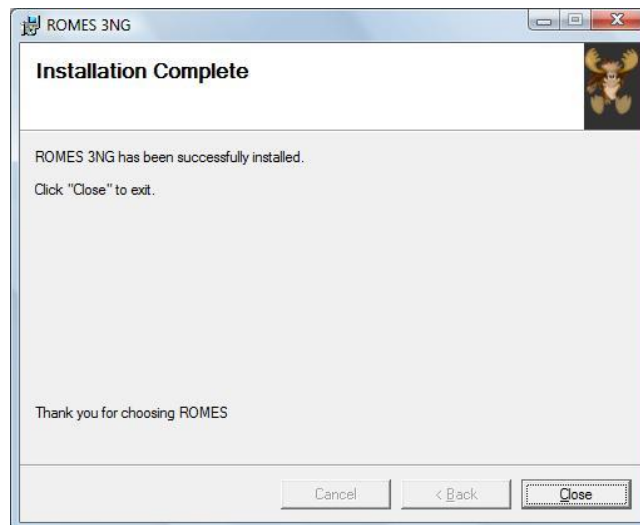
Εικόνα 4.7 Οι όροι χρήσης του λογισμικού

Στη συνέχεια θα τρέξει αυτόματα το ROMES Configurator το οποίο θα διαβάσει την άδειά μας από το hardlock θα διαλέξει αυτόματα τις επιλογές που διαθέτουμε βάσει της άδειας μας. Μην μπορώντας λοιπόν να επιλέξουμε κάτι επιπλέον από τα προεπιλεγμένα πατάμε OK στην παρακάτω οθόνη:



Εικόνα 4.8 Το ROMES configuration

Τελικά ολοκληρώνουμε την διαδικασία εγκατάστασης πατώντας Close στην τελευταία οθόνη που μας παρουσιάζεται.



Εικόνα 4.9 Ολοκλήρωση της εγκατάστασης

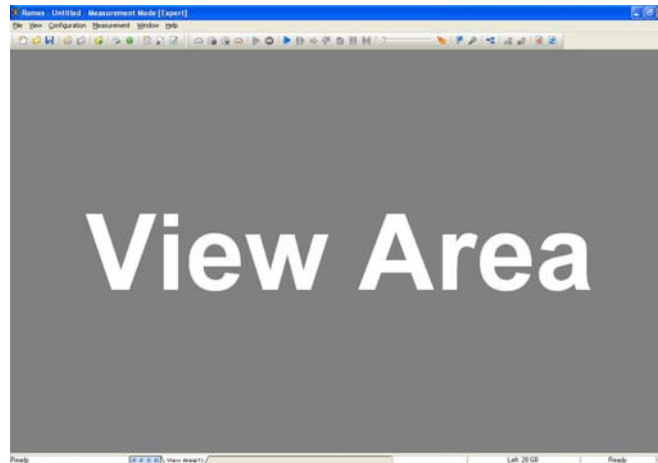
Δημιουργείται έτσι επίσης ένα εικονίδιο του ROMES στην επιφάνεια εργασίας για να μας διευκολύνει στη χρήση του. Μένει ένα τελευταίο βήμα για την πλήρη ολοκλήρωση της διαδικασίας εγκατάστασης. Είναι απαραίτητο να πάμε στο φάκελο \\ROMES\Service Packs του CD-ROM και να εγκαταστήσουμε το Service Pack 1 ώστε να λειτουργεί ορθά το πρόγραμμα σε συνεργασία με το hardware.

Τέλος αντιγράφουμε το configuration file που μας έχει δοθεί σε μια δισκέττα, στον φάκελο όπου έχουμε εγκαταστήσει το λογισμικό στον υπολογιστή μας.

4.2 Χρήση

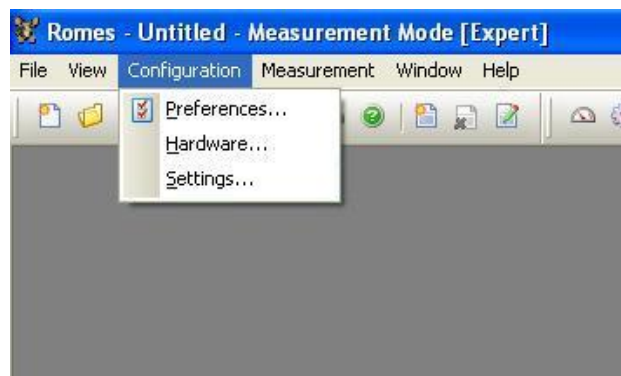
Πριν περιγράψουμε τη διαδικασία μετρήσεων θα δείξουμε πώς γίνονται οι αρχικές ρυθμίσεις για την χρήση του ROMES 3NG. Πριν αρχίσουμε τη διαδικασία κάνουμε τις απαραίτητες συνδέσεις και ανοίγουμε τον δέκτη TSM-DVB. Όταν

ξεκινήσουμε για πρώτη φορά το πρόγραμμα επιλέγουμε Expert Mode στο μενού επιλογής που θα εμφανιστεί έτσι ώστε να έχουμε όλες τις επιλογές μετρήσεων διαθέσιμες. Η πρώτη και βασική οθόνη που βλέπουμε είναι η παρακάτω:



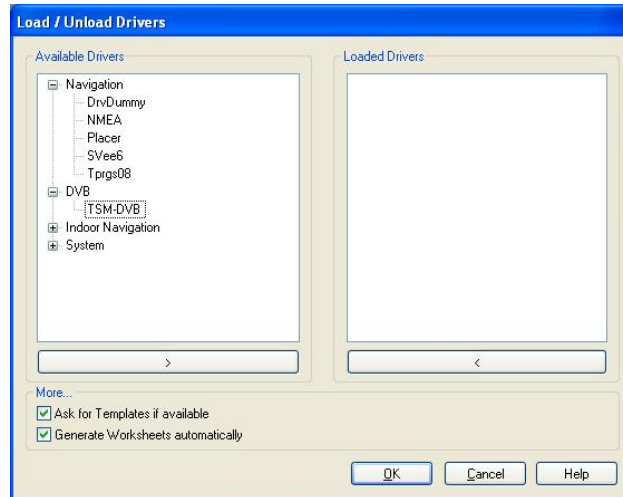
Εικόνα 4.10 Βασική οθόνη του ROMES

Αρχικά πρέπει να εγκαταστήσουμε τη συσκευή TSM-DVB και το σύστημα GPS για να έχουμε τη δυνατότητα μετρήσεων. Έτσι στο μενού Configuration επιλέγουμε Hardware.



Εικόνα 4.11 Configuration -> Hardware

Εμφανίζεται έτσι το παρακάτω παράθυρο. Στην λίστα Available Drivers, στο μενού DVB επιλέγουμε TSM-DVB πατάμε το πλήκτρο εισαγωγής (>).

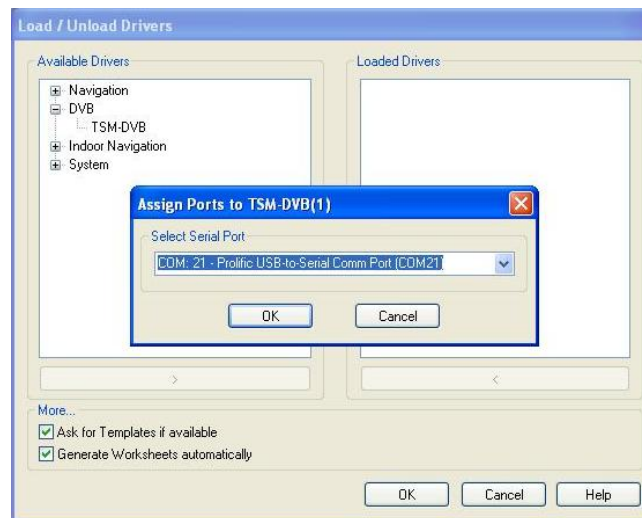


Εικόνα 4.12 Επιλογή Drivers

Αμέσως μετά πρέπει να αναθέσουμε στη συσκευή μία θύρα COM. Στο μενού που εμφανίζεται επιλέγουμε:

COM XX Prolific USB to Serial Comm Port (COM XX)

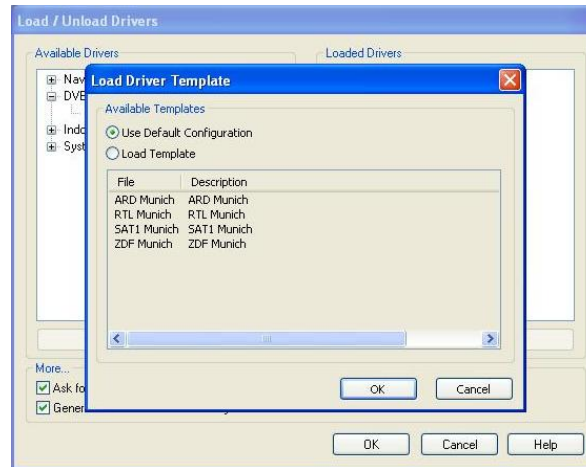
Η παραπάνω επιλογή αντιστοιχεί στη θύρα COM που δημιουργείται στον υπολογιστή μας από το μετατροπέα USB to Serial που χρησιμοποιούμε. Ο αριθμός της θύρας είναι τυχαίος.



Εικόνα 4.13 Επιλογή θύρας COM

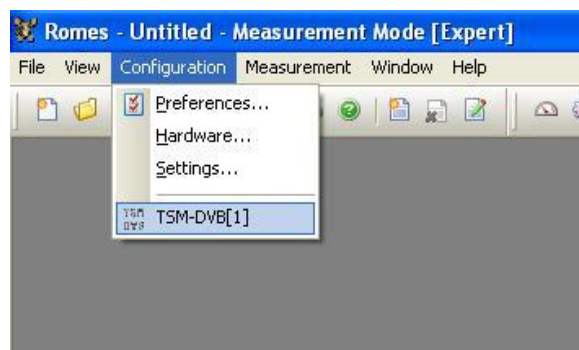
Πατώντας OK, στην οθόνη που ακολουθεί μας ζητείται να ορίσουμε κάποιο αρχείο προκαθορισμένων ρυθμίσεων αν το επιθυμούμε. Μην έχοντας έτοιμο αρχείο για την περιοχή μας απλά πατάμε OK κρατώντας τις default

ρυθμίσεις και βλέπουμε ότι στην λίστα Loaded Drivers έχει περάσει ο οδηγός του TSM-DVB.



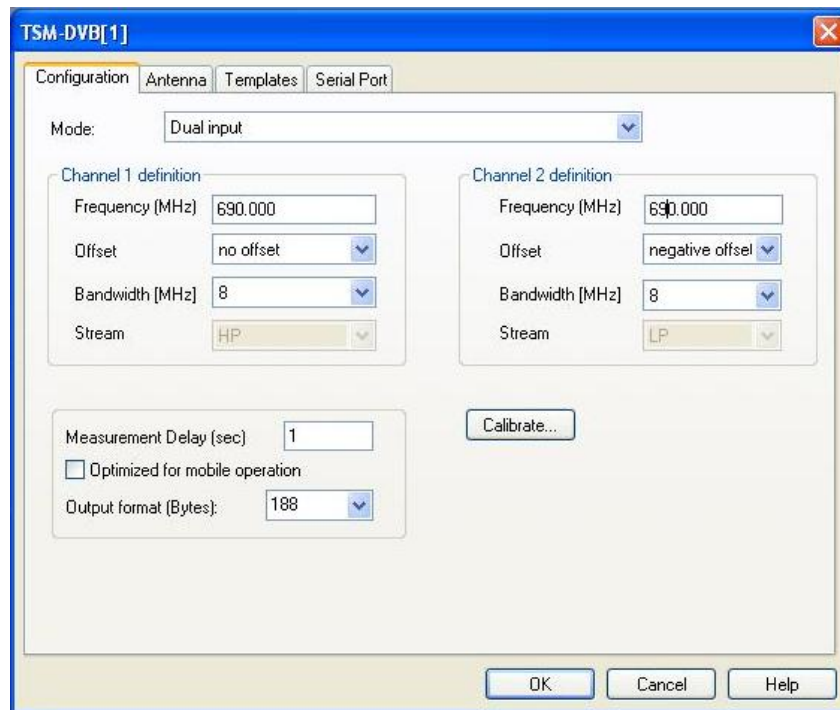
Εικόνα 4.14 Templates

Ακολουθούμε ακριβώς την ίδια διαδικασία για την εισαγωγή των drivers του GPS. Δηλαδή στη λίστα Available Drivers, στο μενού Navigation επιλέγουμε NMEA και πατάμε το πλήκτρο εισαγωγής (>). Μετά την αντίστοιχη επιλογή θύρας COM και για αυτή τη συσκευή πατάμε OK και βγαίνουμε από το παράθυρο φόρτωσης των drivers. Παρατηρούμε ότι πλέον στο μενού Configuration έχει εμφανιστεί η επιλογή TSM-DVB[1].



Εικόνα 4.15 Configuration -> TSM-DVB[1]

Έχοντας κάνει τα παραπάνω είμαστε έτοιμοι για την λήψη μετρήσεων. Επιλέγουμε TSM-DVB[1] στο προηγούμενο μενού και μπαίνουμε στο μενού ρυθμίσεων της συσκευής TSM-DVB.

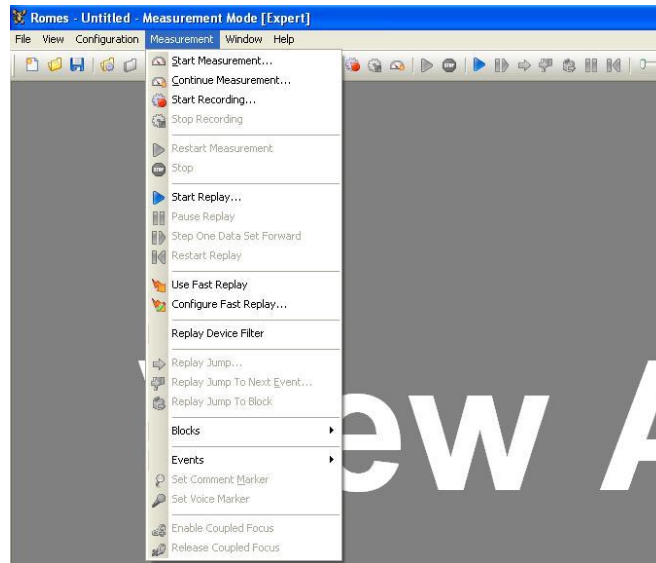


Εικόνα 4.16 Μενού ρυθμίσεων

Στην καρτέλα Configuration, στο drop-down μενού Mode επιλέγουμε Dual input, ώστε να χρησιμοποιήσουμε και τις δύο κεραίες. Και για τα δύο Channels επιλέγουμε συχνότητα 690.000 MHz που είναι το κέντρο του καναλιού 48 UHF που χρησιμοποιείται από την EPT για την ψηφιακή τηλεόραση. Για το Offset επιλέγουμε no offset για το κανάλι 1 και αναγκαστικά negative offset για το κανάλι 2. Επίσης θέτουμε και στα δύο κανάλια Bandwidth 8 MHz και κλείνουμε πατώντας OK.

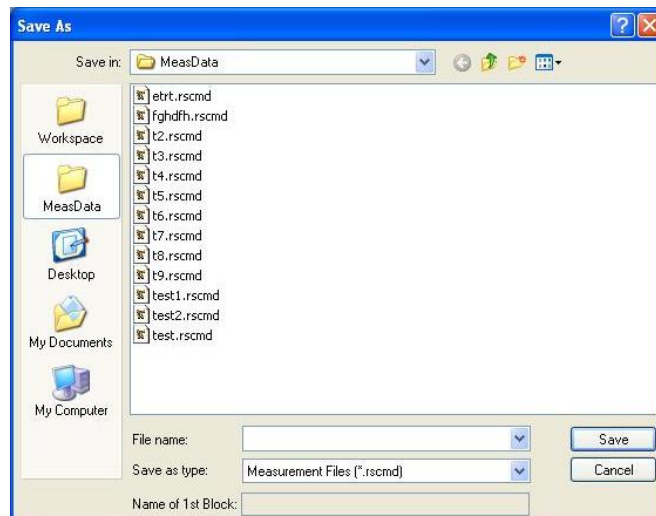
Είμαστε πλέον έτοιμοι για την διαδικασία μέτρησης. Το ROMES μας δίνει τη δυνατότητα τόσο για προβολή των αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο, όσο και για καταγραφή τους για επεξεργασία αργότερα (Recording). Έχοντας θέσει την σωστή συχνότητα στις ρυθμίσεις του δέκτη παρατηρούμε ότι έχουν ανάψει τα 2 leds της συσκευής TSM-DVB που δηλώνουν ότι έχει γίνει κλείδωμα (LOCK)

στη συχνότητα αυτή, αφού έχει εντοπιστεί σήμα κατάλληλο για μέτρηση. Στο μενού Measurement λοιπόν επιλέγουμε Start Measurement.



Εικόνα 4.17 Measurement -> Start Measurement

Αμέσως θα εμφανιστεί ένα παράθυρο το οποίο θα μας ζητάει να δώσουμε ένα όνομα για το αρχείο μέτρησης. Πρέπει να σημειώσουμε ότι αν κατά τη διάρκεια της μέτρησης δεν επιλέξουμε να καταγράψουμε τα αποτελέσματα (Recording), μετά το πέρας της διαδικασίας μέτρησης το αρχείο αυτό θα εξαφανιστεί.



Εικόνα 4.18 Αποθήκευση αρχείου μετρήσεων

Δίνουμε λοιπόν ένα κατάλληλο όνομα αρχείου και πατάμε Save. Αρχίζει έτσι η διαδικασία μέτρησης κάτι που υποδηλώνεται από την γραμμή κατάστασης κάτω δεξιά.



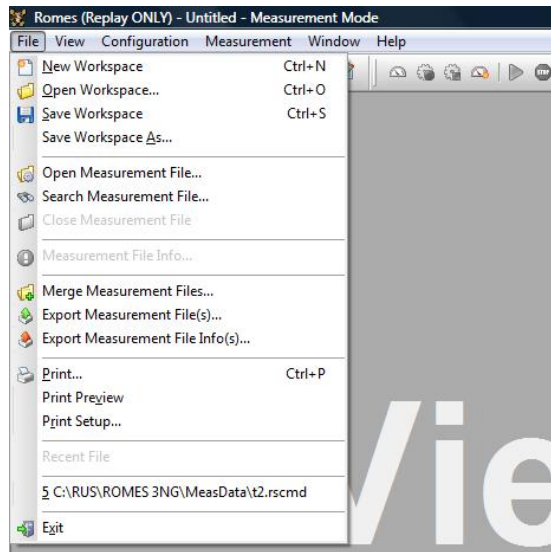
Εικόνα 4.19 Η διαδικασία μέτρησης

Παρατηρούμε ότι μία περιοχή έχει γίνει κίτρινη. Το ποσοστό που αναγράφεται μας δίνει την χρήση του buffer και είναι καλό να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Επιπλέον δίνεται η διάρκεια της τρέχουσας μέτρησης, ο ρυθμός καταγραφής δεδομένων σε Bytes/sec και ο διαθέσιμος χώρος στον σκληρό δίσκο του ηλεκτρονικού μας υπολογιστή.

Πρέπει να σημειώσουμε πως παρότι δεν βλέπουμε κάτι στην οθόνη μας, τα αποτελέσματα λαμβάνονται. Για να τα δούμε πρέπει να επιλέξουμε τις κατάλληλες απεικονίσεις (Views) την χρήση των οποίων θα αναλύσουμε παρακάτω. Για να σταματήσουμε την μέτρηση στο μενού Measurement πάλι επιλέγουμε Stop Measurement.

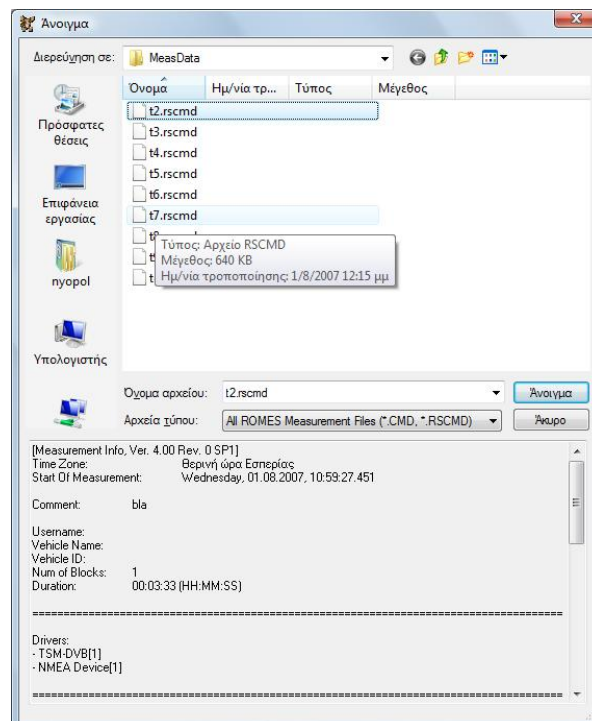
Αν επιθυμούμε τώρα να καταγράψουμε κάποια μέτρηση ώστε να αναλύσουμε τα αποτελέσματα στο μέλλον, κατά τη διάρκεια της μέτρησης, στο μενού Measurement, επιλέγουμε Start Recording. Πάλι η καταγραφή φαίνεται στην γραμμή κατάστασης όπου πλέον η αντίστοιχη περιοχή έχει γίνει κόκκινη. Για να τερματίσουμε την καταγραφή επιλέγουμε Stop Recording στο μενού Measurement. Έχει δημιουργηθεί πλέον ένα αρχείο μέτρησης (.rscmd) με το όνομα που είχαμε δηλώσει στην αρχή της διαδικασίας, το οποίο τοποθετείται στον φάκελο MeasData.

Μπορούμε πλέον να ανατρέξουμε σε αυτό το αρχείο όποτε θέλουμε και να αναλύσουμε τα περιεχόμενα του. Για να ανοίξουμε ένα αποθηκευμένο αρχείο μέτρησης, στο μενού File επιλέγουμε Open Measurement File...



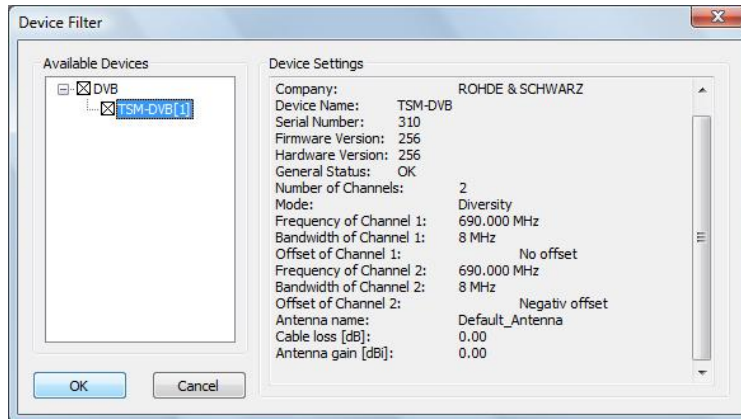
Εικόνα 4.20 File -> Open Measurement File...

Αμέσως εμφανίζεται ένα παράθυρο όπου επιλέγουμε το επιθυμητό αρχείο. Παρατηρούμε ότι εμφανίζονται και πληροφορίες για τις ρυθμίσεις που είχαν γίνει για το κάθε αρχείο ώστε είναι ευκολότερη η επιλογή. Επιλέγουμε κάποιο και πατάμε Open (Άνοιγμα).



Εικόνα 4.21 Άνοιγμα αρχείου μέτρησης

Εμφανίζεται μία οθόνη με τις συσκευές που είχαν χρησιμοποιηθεί και τις ρυθμίσεις που είχαν γίνει, όπου απλά πατάμε OK.



Εικόνα 4.22 Εμφάνιση διαθέσιμων συσκευών

Ανοίγει λοιπόν το παράθυρο αναπαραγωγής μετρήσεων (Replay).



Εικόνα 4.23 Το μενού του Replay Mode

Πλέον μπορούμε να μεταβούμε σε οποιοδήποτε χρονικό σημείο της μέτρησης και να αναλύσουμε τα αποτελέσματα. Με την έναρξη της διαδικασίας αναπαραγωγής μπορούμε να επιλέξουμε όποιες απεικονίσεις επιθυμούμε για την προβολή τιμών σαν να γινόταν η μέτρηση σε πραγματικό χρόνο.

4.3 Απεικονίσεις – Views

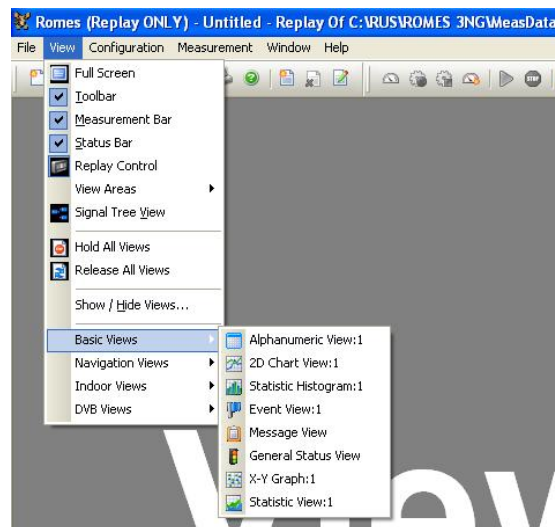
Το ROMES παρέχει διάφορους τρόπους απεικόνισης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, διευκολύνοντας έτσι την διαδικασία ανάλυσης και αξιολόγησής τους. Με βάση την συσκευή που έχουμε, είναι διαθέσιμες μόνο τρεις κατηγορίες μετρήσεων:

- Βασικές απεικονίσεις (Basic Views)
- Απεικονίσεις Κατεύθυνσης (Navigation Views)
- Απεικονίσεις DVB (DVB Views)

Παρακάτω θα αναλυθούν και θα εξηγηθούν οι διάφορες ρυθμίσεις τους.

4.3.1 Βασικές απεικονίσεις (Basic Views)

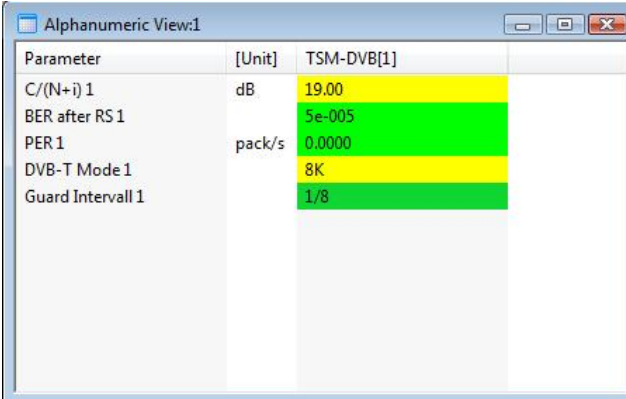
Οι βασικές απεικονίσεις είναι διαθέσιμες ανεξάρτητα από το είδος της μέτρησης ή του είδους δεδομένων που αναπαράγονται. Μπορούν να επιλεγούν από το μενού View.



Εικόνα 4.24 View -> Basic Views -> Alphanumeric View:1

Alphanumeric View

Η απεικόνιση αυτή προβάλλει τις τρέχουσες τιμές των μεγεθών που έχουν επιλεγεί στο μενού ρυθμίσεων. Οι τιμές ανανεώνονται συνεχώς καθώς συμβαίνει η μέτρηση ή αναπαράγεται. Μπορούν να προβάλλονται ταυτόχρονα τιμές διαφορετικών εισόδων ή ακόμα και διαφορετικών συσκευών. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα οι τιμές να χρωματίζονται ανάλογα με την καταλληλότητα τους καθώς και να προβάλετε η μονάδα μέτρησης.

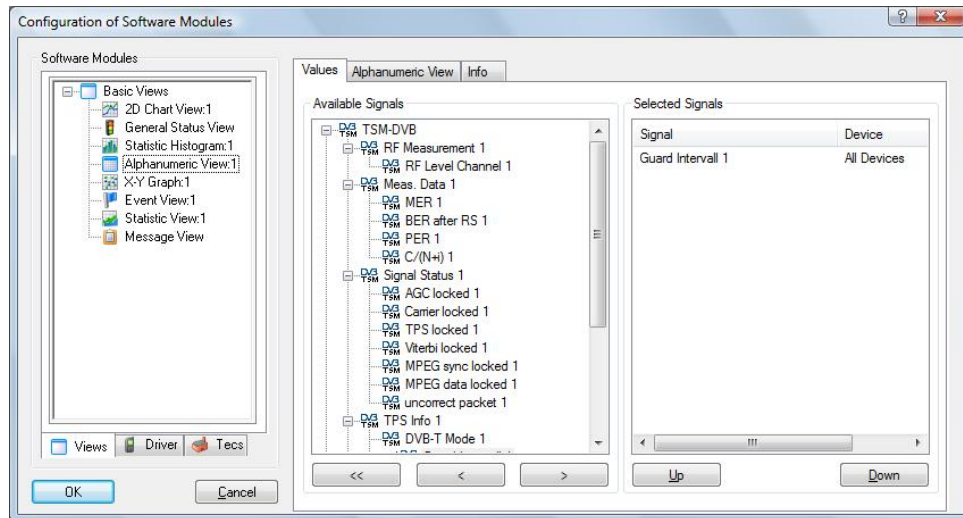


Parameter	[Unit]	TSM-DVB[1]
C/(N+i) 1	dB	19.00
BER after RS 1		5e-005
PER 1	pack/s	0.0000
DVB-T Mode 1		8K
Guard Intervall 1		1/8

Εικόνα 4.25 Alphanumeric View:1

Ρυθμίσεις

Μπορούμε να ανοίξουμε το παράθυρο των ρυθμίσεων των απεικονίσεων από το μενού Configuration επιλέγοντας Settings. Εκεί, κάτω από τον κατάλογο Basic Views και επιλέγοντας Alphanumeric View μεταβαίνουμε στις αντίστοιχες ρυθμίσεις.

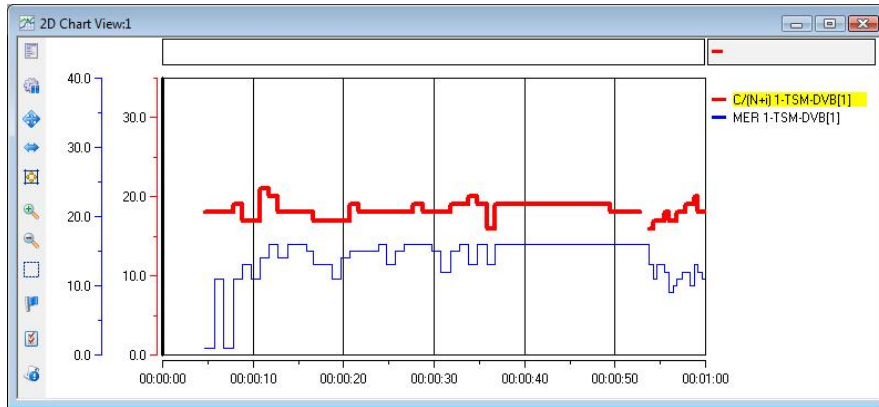


Εικόνα 4.26 Οι ρυθμίσεις της Alphanumeric απεικόνισης

Στην καρτέλα Value, στην λίστα Available Signals εμφανίζονται τα διαθέσιμα μεγέθη που μπορούμε να απεικονίσουμε. Επιλέγουμε τα επιθυμητά και πατάμε το κουμπί εισαγωγής (>) οπότε βλέπουμε ότι μεταφέρονται στη λίστα Selected Signals και πρόκειται να απεικονιστούν. Πατώντας τα Up και Down μπορούμε να αλλάξουμε και την σειρά με την οποία απεικονίζονται.

2D Chart View

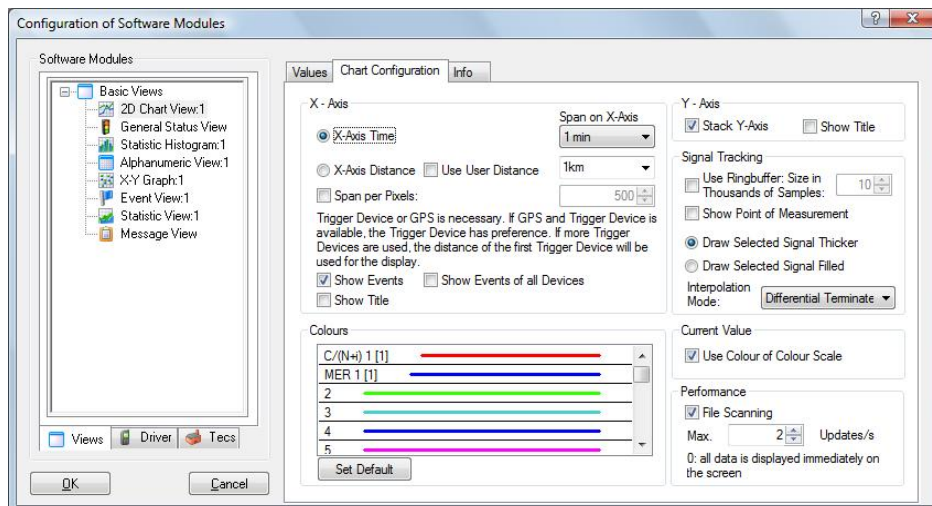
Η απεικόνιση διδιάστατου πίνακα περιέχει ένα καρτεσιανό διάγραμμα το οποίο δείχνει ένα ή περισσότερα μεγέθη σαν συνάρτηση του χρόνου. Οι καμπύλες σχεδιάζονται από τα αριστερά προς τα δεξιά με τον ρυθμό της μέτρησης.



Εικόνα 4.27 2D Chart View:1

Ρυθμίσεις

Μπορούμε να ανοίξουμε το παράθυρο των ρυθμίσεων της απεικόνισης αυτής από το μενού Configuration επιλέγοντας Settings. Εκεί, κάτω από τον κατάλογο Basic Views και επιλέγοντας 2D Chart View μεταβαίνουμε στις αντίστοιχες ρυθμίσεις. Όπως και στην προηγούμενη απεικόνιση, στην καρτέλα Values επιλέγουμε τα μεγέθη τα οποία θα παρασταθούν γραφικά ενώ στην καρτέλα Chart Configuration ρυθμίζουμε την μορφή του γραφήματος.

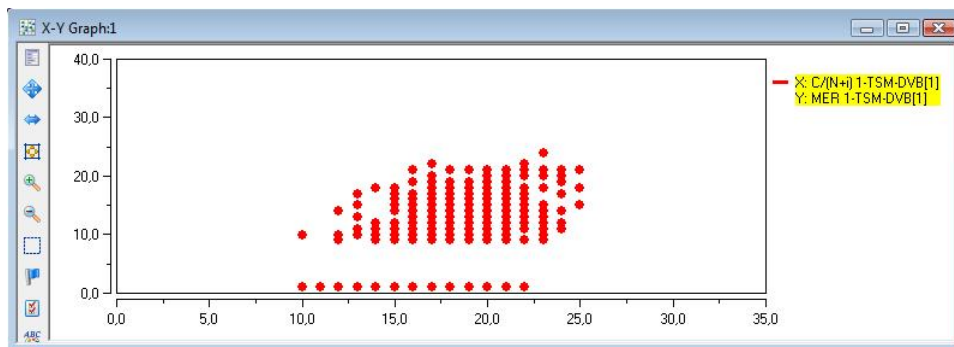


Εικόνα 4.28 Οι ρυθμίσεις 2D Chart View

Εδώ μπορούμε να επιλέξουμε το χρώμα που θα χρησιμοποιηθεί για κάθε μέγεθος στην γραφική παράσταση, τη διαμόρφωση των δύο αξόνων καθώς και τον τρόπο με τον οποίο θα απεικονίζονται δύο ή παραπάνω γραφικές παραστάσεις ταυτόχρονα.

X-Y Graph

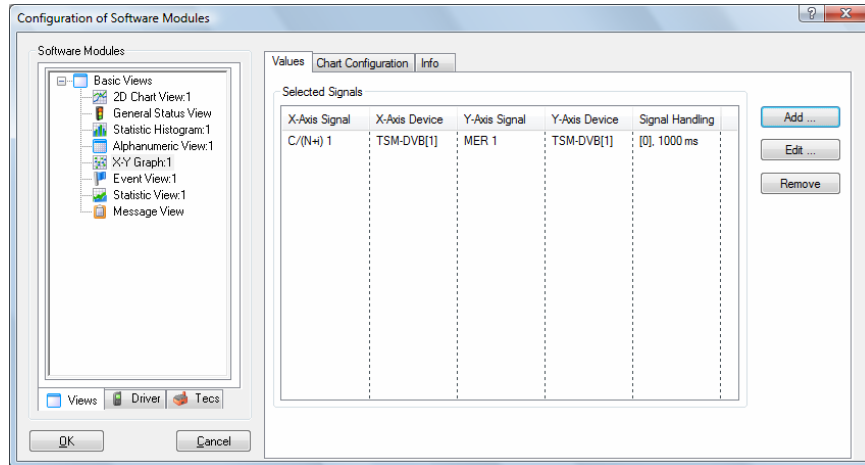
Η απεικόνιση αυτή είναι παρόμοια με την παραπάνω με την διαφορά ότι εδώ δεν σχεδιάζεται η γραφική παράσταση ενός μεγέθους συναρτήσεως του χρόνου, αλλά συναρτήσεως ενός άλλου επιθυμητού μεγέθους, βοηθώντας έτσι στην εκτίμηση για τη συσχέτιση τους.



Εικόνα 4.29 X-Y Graph View

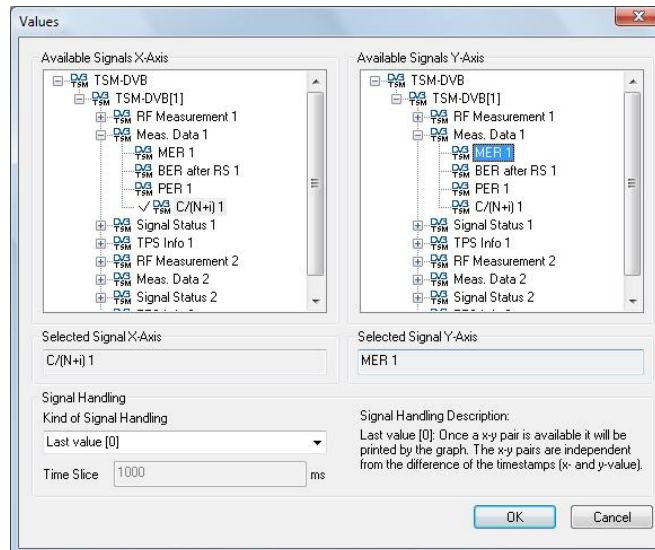
Ρυθμίσεις

Μπορούμε να ανοίξουμε το παράθυρο των ρυθμίσεων της απεικόνισης αυτής από το μενού Configuration επιλέγοντας Settings. Εκεί, κάτω από τον κατάλογο Basic Views και επιλέγοντας X-Y Graph μεταβαίνουμε στις αντίστοιχες ρυθμίσεις. Στην καρτέλα Values επιλέγουμε τα μεγέθη που επιθυμούμε να παρασταθούν στους άξονες X και Y.



Εικόνα 4.30 Οι ρυθμίσεις X-Y Graph

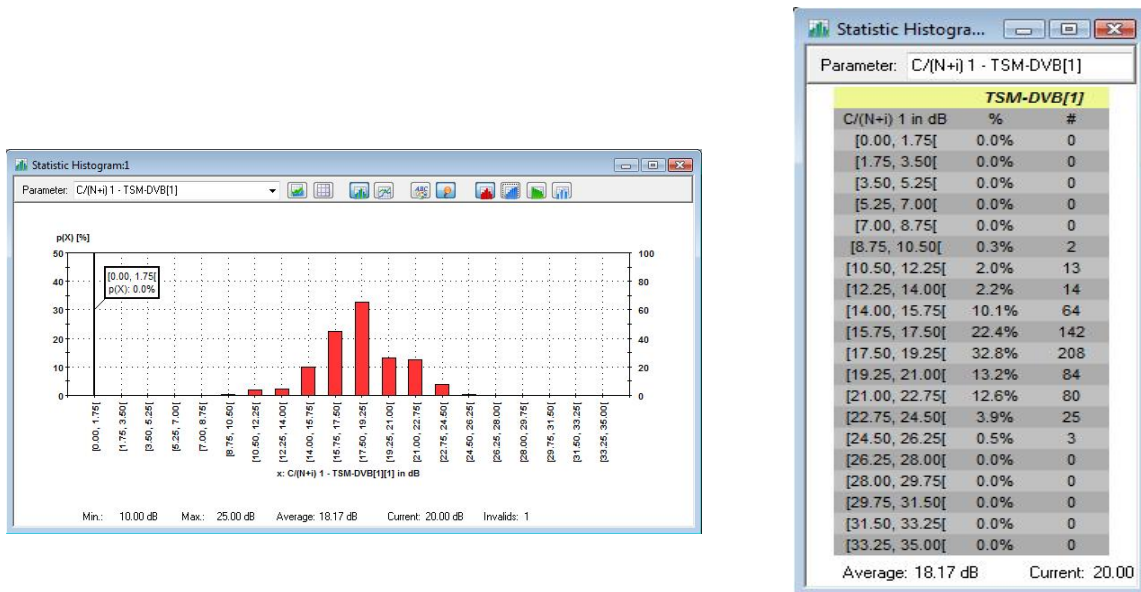
Πατώντας Add επιλέγουμε τα επιθυμητά μεγέθη από τις λίστες Available Signals X Axis και Available Signals Y Axis που θέλουμε να παρασταθούν στον άξονα X και Y αντίστοιχα.



Εικόνα 4.31 Επιλογή μεγεθών

Statistic Histogram View

Η απεικόνιση στατιστικού ιστογράμματος περιλαμβάνει διάφορα διαγράμματα και πίνακες που δίνουν μία στατιστική εκτίμηση του σήματος. Απεικονίζεται η κατανομή ενός μεγέθους, η σχετική συχνότητα και η αθροιστική συχνότητα σε ανοδική ή καθοδική μορφή. Υπολογίζεται επίσης η μέση τιμή και άλλα στατιστικά μεγέθη.



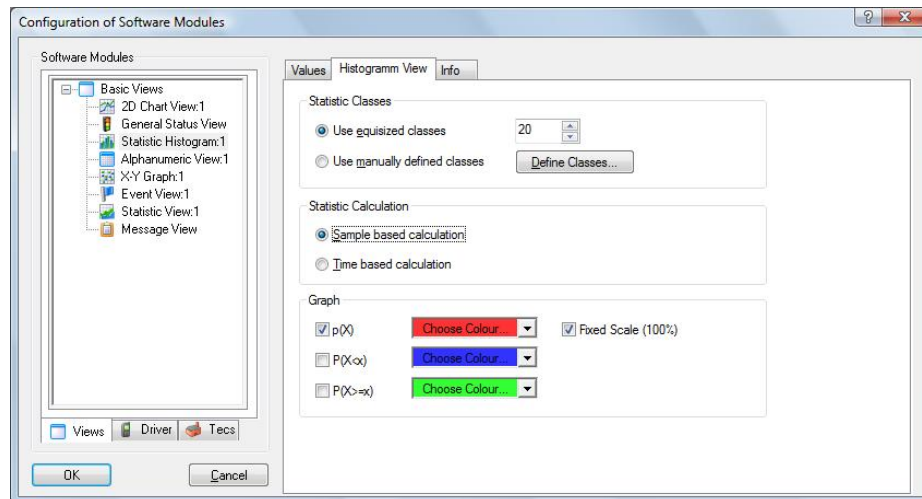
Εικόνα 4.32 Statistic Histogram View

Ρυθμίσεις

Ανοίγουμε το παράθυρο των ρυθμίσεων της απεικόνισης αυτής από το μενού Configuration επιλέγοντας Settings. Εκεί, κάτω από τον κατάλογο Basic Views και επιλέγοντας Statistic Histogram μεταβαίνουμε στις αντίστοιχες ρυθμίσεις.

Στην καρτέλα Values με τη γνωστή διαδικασία επιλέγουμε τα μεγέθη που θα αναλύσουμε στατιστικά. Στην καρτέλα Statistic Histogram View, στο πεδίο Statistic Classes επιλέγουμε τον αριθμό και το μέγεθος των διαστημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε. Στο πεδίο Statistic Calculation επιλέγουμε τον τρόπο

υπολογισμού ενώ στο πεδίο Graph επιλέγουμε τα διαγράμματα που θα απεικονιστούν (κατανομή, σχετική συχνότητα ή αθροιστική συχνότητα σε ανοδική ή καθοδική μορφή) και το χρώμα με το οποίο θα απεικονιστούν.



Εικόνα 4.33 Ρυθμίσεις Statistic Histogram View

Απεικονίσεις γενικής κατάστασης - General Status View

Η απεικόνιση αυτή δείχνει μηνύματα γενικού ενδιαφέροντος όπως γεγονότα που αναφέρονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μέτρησης.

Απεικονίσεις μηνυμάτων – Message View

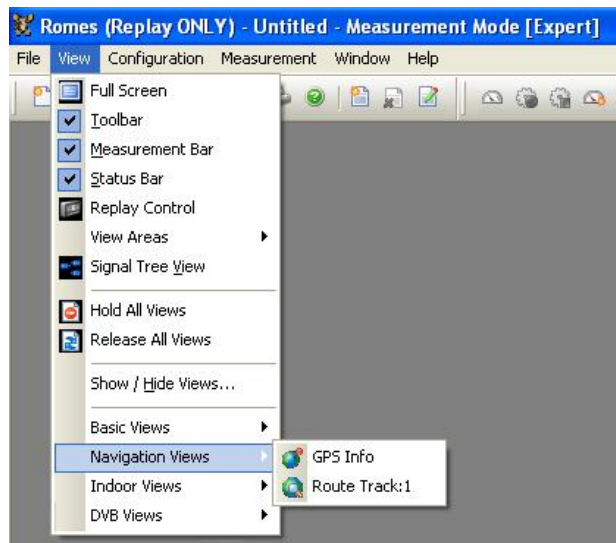
Η απεικόνιση αυτή κάνει μία λεπτομερή χρονολογική καταγραφή των μηνυμάτων συστήματος που παράγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μέτρησης.

Απεικόνιση γεγονότων – Event View

Η απεικόνιση αυτή κάνει μία λεπτομερή χρονολογική καταγραφή των γεγονότων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

4.3.2 Απεικονίσεις Πλοήγησης – Navigation Views

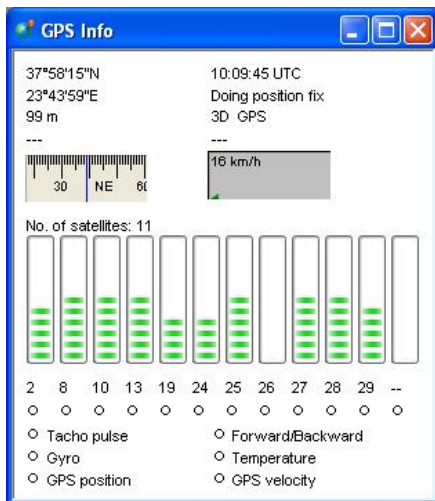
Οι απεικονίσεις πλοήγησης χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση μεγεθών με ισχύουσες γεωγραφικές συντεταγμένες. Μεταβαίνουμε εκεί επιλέγοντας από το μενού View και επιλέγοντας Navigation Views.



Εικόνα 4.34 View -> Navigation Views

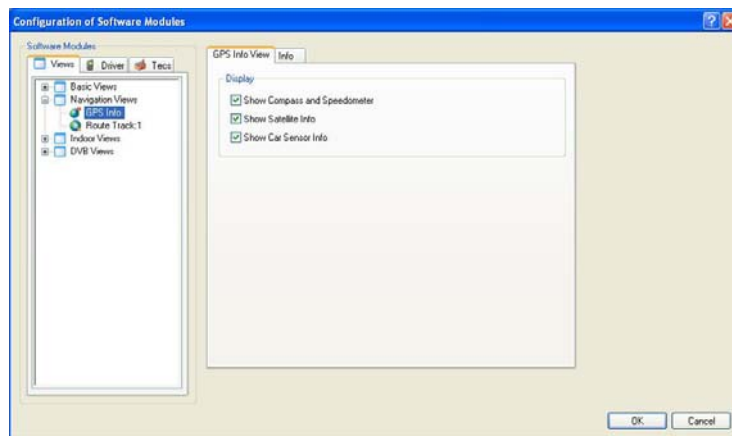
Πληροφορίες GPS – GPS Info

Το παράθυρο GPS Info δείχνει τις καταγεγραμμένες πληροφορίες GPS και την υπολογιζόμενη κατεύθυνση και ταχύτητα του οχήματος μέτρησης. Επίσης προβάλλονται οι δορυφόροι που έχουν εντοπιστεί, η ταυτότητά τους και η σχετική ποιότητα των σημάτων GPS που λαμβάνονται.



Μπορούμε να μεταβούμε στις ρυθμίσεις της απεικόνισης αυτής από το μενού Configuration, επιλέγοντας Settings. Στη συνέχεια στην καρτέλα Views ανοίγουμε τη λίστα Navigation Views και επιλέγουμε GPS Info. Εκεί στο πεδίο GPS Info View επιλέγουμε ποιές πληροφορίες επιθυμούμε να προβάλλονται.

Εικόνα 4.35 GPS Info



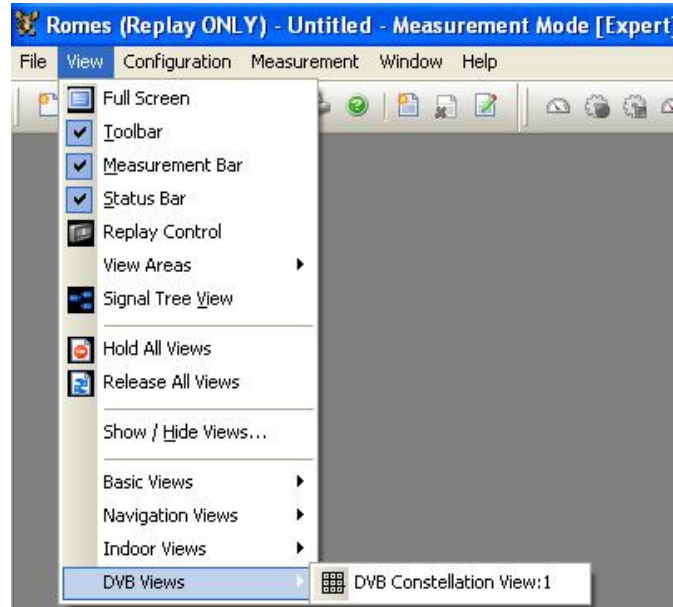
Εικόνα 4.36 Ρυθμίσεις GPS Info

Route Track

Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει την πορεία που ακολουθεί το κινούμενο όχημα μέτρησης και την συμπεριφορά των μετρούμενων σημάτων, προβάλλοντας τα σε ένα χάρτη της περιοχής. Δεν χρησιμοποιούμε όμως την απεικόνιση αυτή διότι δεν διαθέτουμε χάρτη συμβατό με το λογισμικό μας.

4.3.3 Απεικονίσεις DVB – DVB Views

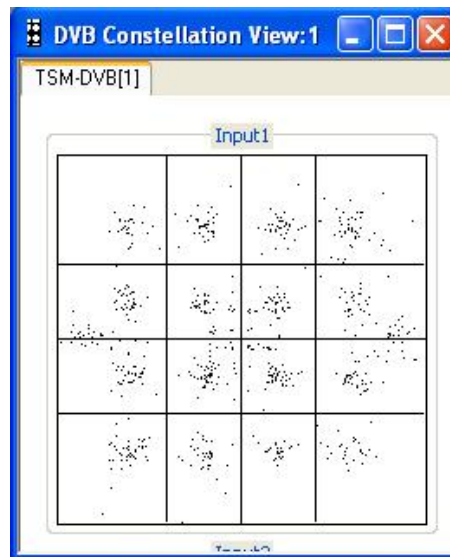
Για να ανοίξουμε το παράθυρο των απεικονίσεων αυτών στο μενού Views επιλέγουμε DVB Views.



Εικόνα 4.37 View -> DVB Views -> DVB Constellation View: 1

Απεικόνιση Αστερισμού DVB – DVB Constellation View

Πρόκειται για την μοναδική απεικόνιση DVB που έχουμε διαθέσιμη βάσει της συσκευής και της άδειας που έχουμε. Η απεικόνιση αυτή δείχνει το διάγραμμα αστερισμού του ληφθέντος ψηφιακού σήματος. Για να το δούμε, στο μενού Views, επιλέγουμε DVB Views και στη συνέχεια DVB Constellation View.

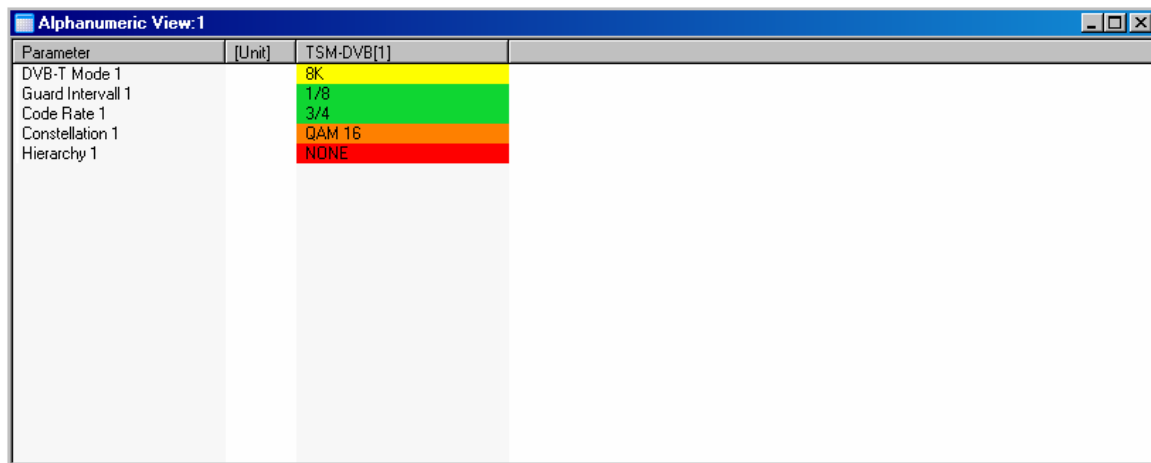


Εικόνα 4.38 DVB Constellation View: 1

5. ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στην περιοχή της Αττικής έχει δημιουργηθεί ένα Δίκτυο Μοναδικής Συχνότητας (SFN) από την Ελληνική Ραδιοφωνία Τηλεόραση (ΕΡΤ). Το σήμα επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης εκπέμπεται από τρία διαφορετικά σημεία ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα. Τα τρία αυτά σημεία είναι ο Υμηττός, η Πάρνηθα και η Αίγινα. Το σήμα μεταδίδεται στο κανάλι 48 UHF, δηλαδή στη συχνότητα των 690 MHz. Επιπλέον μεταδίδεται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και της ευρύτερης Κεντρικής Μακεδονίας από τον Χορτιάτη στο κανάλι 56 UHF καθώς και στην Θεσσαλία στο κανάλι 53 UHF.

Αναφορικά στο ψηφιακό σήμα, χρησιμοποιείται ο 8K τρόπος μετάδοσης. Το διάστημα διαφύλαξης (guard interval) έχει τεθεί 1/8 και ο ρυθμός κωδικοποίησης 3/4. Το διάγραμμα αστερισμού είναι QAM 16 ενώ δεν υπάρχει ιεραρχία.



Parameter	[Unit]	TSM-DVB[1]
DVB-T Mode 1		8K
Guard Interval 1		1/8
Code Rate 1		3/4
Constellation 1		QAM 16
Hierarchy 1		NONE

Εικόνα 5.1 Χαρακτηριστικά ψηφιακού σήματος ΕΡΤ

Με το ψηφιακό σήμα εκπέμπονται πέντε προγράμματα, το Σινέ+ που αφορά τον κινηματογράφο, το Σπορ+ με αθλητικά θέματα, το Πρίσμα+ το οποίο απευθύνεται σε άτομα με προβλήματα ακοής και όρασης, το Στούντιο+ με μουσικό περιεχόμενο και το κυπριακό ΡΙΚ. Επιπλέον παρέχεται και ο

αμφίδρομος Ηλεκτρονικός Οδηγός Προγράμματος (Electronic Program Guide – EPG).

5.1 Περιοχή Κάλυψης

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν καλύπτοντας μία γεωγραφική περιοχή (τόξο) που εκτείνεται από την περιοχή της Δροσιάς (βορειοανατολικά) μέχρι την περιοχή του Καλαμακίου (νότια) . Η επιλογή των σημείων μέτρησης πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την βέλτιστη κάλυψη των αστικών περιοχών της Αττικής σύμφωνα πάντα με την θέση των κεραιών εκπομπής του δικτύου της EPT (Υμηττός-Πάρνηθα-Αίγινα).

Αυτό έγινε με το σκεπτικό να ελέγξουμε πώς επηρεάζεται το λαμβανόμενο σήμα από τους τρεις διαφορετικούς πομπούς στην Αττική. Το μεγαλύτερο μέρος της καμπύλης των σημείων μέτρησης βρίσκεται μεταξύ των πομπών Υμηττού και Πάρνηθας , ωστόσο κατά την μελέτη των περιοχών Ν. Προαστίων ενδέχεται να παίζει ρόλο και το λαμβανόμενο σήμα από τον πομπό της Αίγινας.



- κεραιες εκπομπής
- σημεία μετρήσεων

Εικόνα 5.2 Η καμπύλη των σημείων μέτρησης,

Ακολουθούν περισσότερες λεπτομέρειες για την ακριβή τοποθεσία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν καθώς και το γεωγραφικό στίγμα κάθε τοποθεσίας.

- 1ο σετ μετρήσεων.

Το πρώτο σετ μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Δροσιάς που αποτελεί Βόρειο προάστιο του λεκανοπεδίου της Αττικής και γειτνιάζει με τους δήμους Αγ. Στεφάνου , Νέας Ερυθραίας και Κηφισιάς. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στο μπαλκόνι διώροφης μονοκατοικίας στην οδό Κωνσταντινουπόλεως 13.

Γεωγραφικό Μήκος 38° 06'

Γεωγραφικό Πλάτος 23° 51'



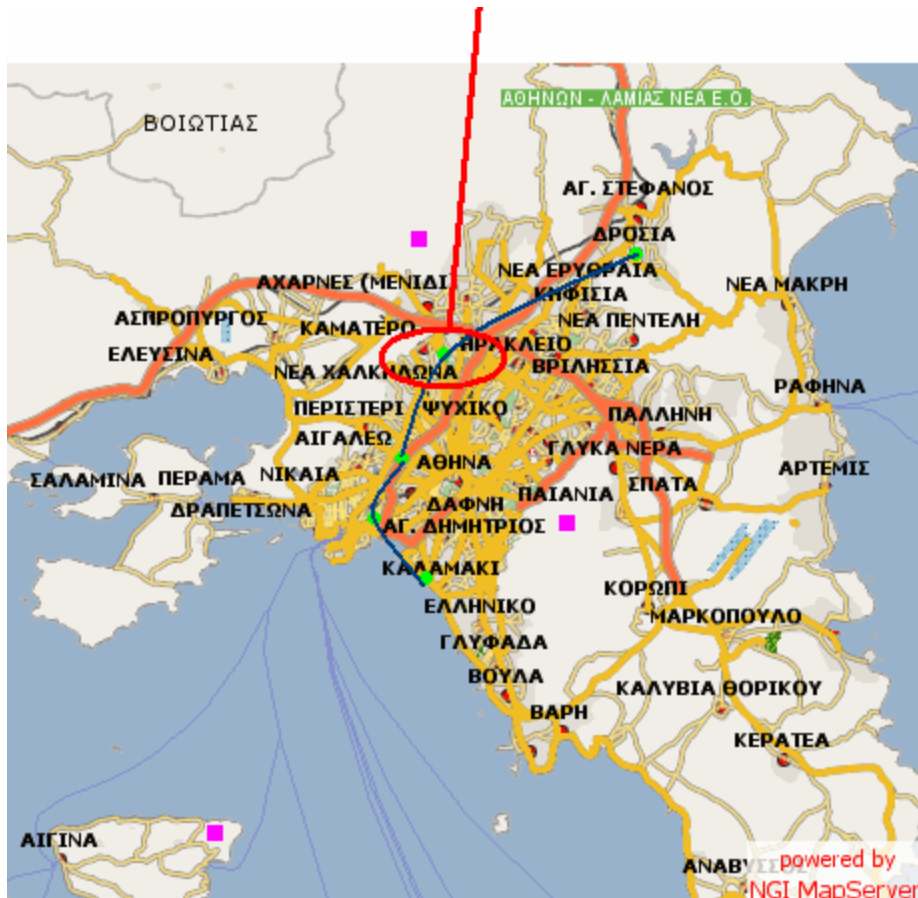
Εικόνα 5.3 Γεωγραφικές συντεταγμένες Δροσιά

- 2ο σετ μετρήσεων.

Το δεύτερο σετ μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στο Δήμο Αγίων Αναργύρων που αποτελεί Δυτικό Προάστιο της Αττικής, βρίσκεται Νοτιοδυτικά της Δροσιάς και συνορεύει με τους Δήμους του Καματερού, Νέας Χαλκηδόνας και Ηρακλείου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην ταράτσα 2-όροφης πολυκατοικίας στην οδό Μίνως 60.

Γεωγραφικό Μήκος 38° 02'

Γεωγραφικό Πλάτος 23° 44'

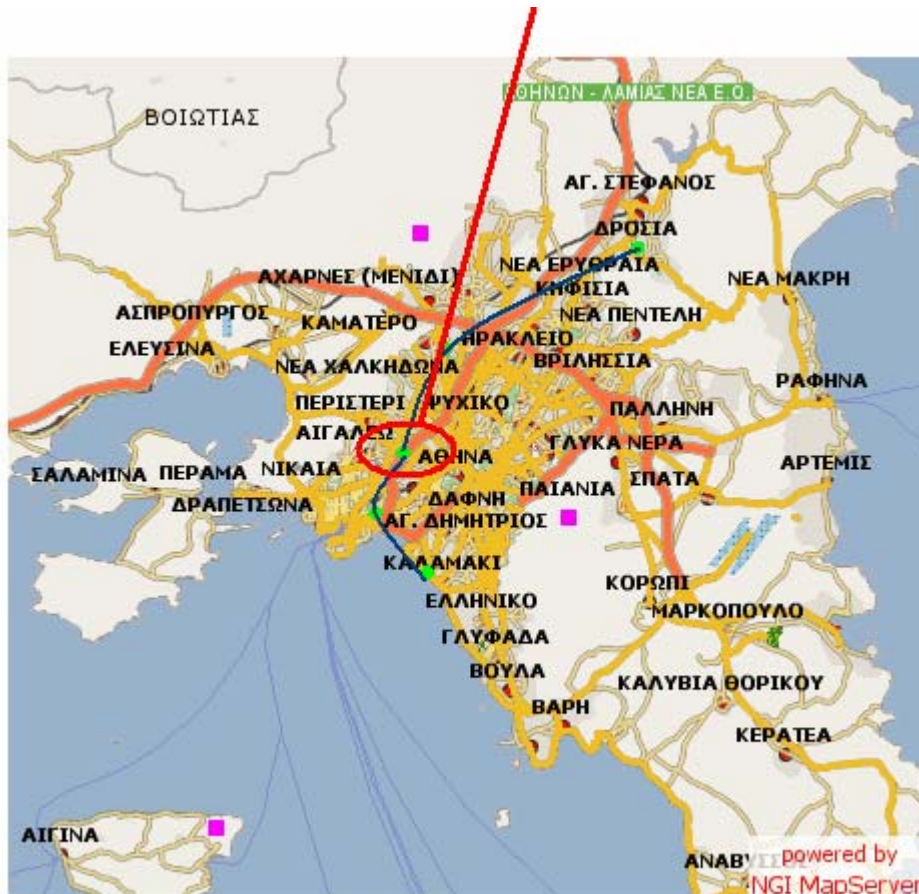


Εικόνα 5.4 Γεωγραφικές συντεταγμένες Αγ. Ανάργυροι

- 3^ο σετ μετρήσεων

Το τρίτο σετ μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στο δήμο Νέου Κόσμου που βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας, νοτιοδυτικά των Αγίων Αναργύρων. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στην ταράτσα 4-όροφης πολυκατοικίας στην οδό Αγκύλης 65.

Γεωγραφικό Μήκος	38° 06'
Γεωγραφικό Πλάτος	23° 51'

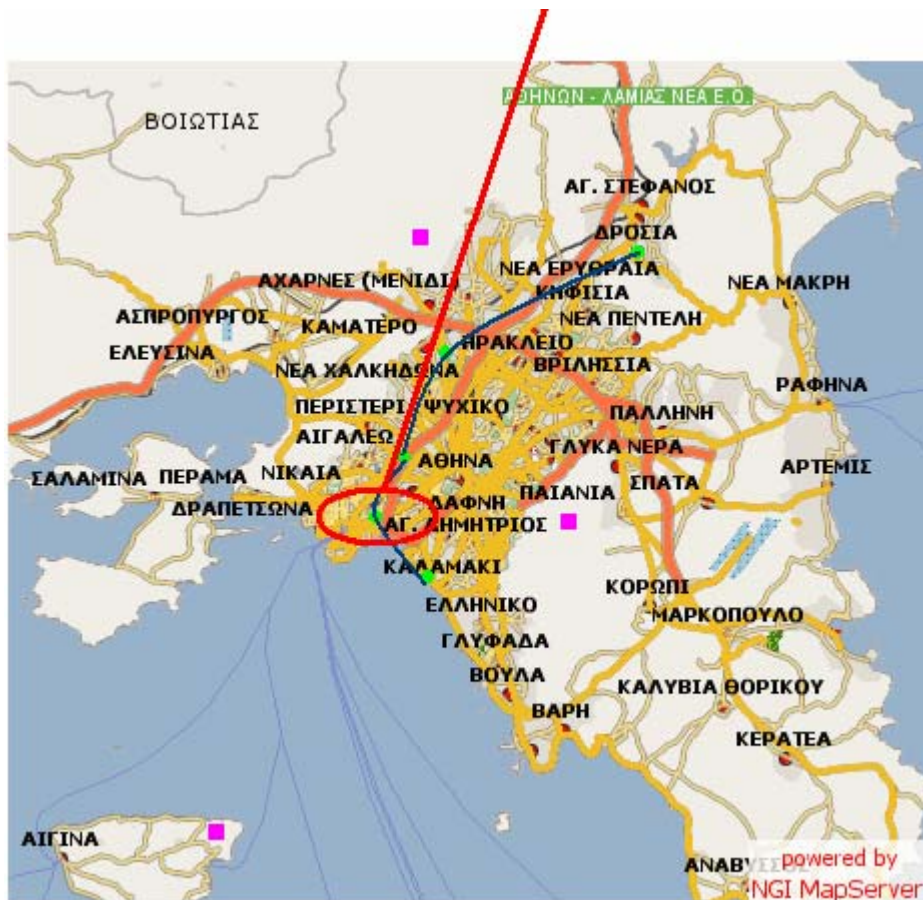


Εικόνα 5.5 Γεωγραφικές συντεταγμένες Νέος Κόσμος

- 4^ο σελ μετρήσεων

Το τέταρτο σελ μετρήσεων πραγματοποιήθηκε νοτιοανατολικά του Νέου Κόσμου στα όρια του Δήμου Μοσχάτου και Πειραιά, στο μπαλκόνι 5-όροφης πολυκατοικίας στην οδό Ειρήνης 55 Μοσχάτο.

Γεωγραφικό Μήκος	37° 56'
Γεωγραφικό Πλάτος	23° 40'



Εικόνα 5.6 Γεωγραφικές συντεταγμένες Νέο Φάληρο

- 5^ο σελ μετρήσεων

Το τελευταίο σελ μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στον Δήμο Αλίμου που αποτελεί Νότιο Προάστιο της Αττικής και βρίσκεται Νοτιοανατολικά του Πειραιά και συνορεύει με τους Δήμους Καλαμακίου, Παλαιού Φαλήρου και Αργυρούπολης. Η μέτρηση έλαβε μέρος στην ταράτσα διώροφης μονοκατοικίας στην οδό Στυμφαλίας 18B, στον λόφο Πανί.

Γεωγραφικό Μήκος 38° 06'

Γεωγραφικό Πλάτος 23° 51'



Εικόνα 5.7 Γεωγραφικές συντεταγμένες Άλιμος

Συμπερασματικά , παρατηρούμε ότι η καμπύλη των μετρήσεων που επιλέχτηκε είναι τέτοια ώστε να καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της Αττικής και των προαστίων της. Η καμπύλη είναι αρκετά αντιπροσωπευτική για την αξιολόγηση του ψηφιακού σήματος, αφού περιλαμβάνει περιοχές

- πολύ κοντά στον πομπό του Υμηττού
- περιοχές μεταξύ των πομπών Υμηττού και Πάρνηθας
- περιοχές ακριβώς στο κέντρο της πόλης που παρουσιάζουν το πιο έντονο πληθυσμιακό ενδιαφέρον
- παραλιακές περιοχές όπου ο σταθμός της Αίγινας πιθανόν να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη στάθμη λαμβανόμενου σήματος.

Ταυτόχρονα γίνεται έρευνα τόσο αραιοκατοικημένων όσο και πυκνοκατοικημένων περιοχών αλλά και περιοχών με ελαφρώς διαφορετικό υψόμετρο.

5.2 Επεξεργασία – Αποτελέσματα Μετρήσεων Ανά Περιοχή και Ανά Μέγεθος

Θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων ανάλογα με τα παρακάτω μεγέθη:

➤ Λαμβανόμενη Ισχύς (RF Level)

Παρουσιάζεται γραφικά η μεταβολή της ισχύος του ληφθέντος σήματος από τις δύο κεραίες. Η ισχύς λήψης είναι πολύ σημαντική για την αξιόπιστη μετάδοση. Όσο πιο ισχυρό είναι το σήμα τόσο περισσότερες είναι οι πιθανότητες καλής λήψης. Παρόλα αυτά όμως η υψηλή ισχύς δεν εξασφαλίζει και καλή ποιότητα. Είναι δυνατόν ένα πολύ ισχυρό σήμα να μην προσφέρει καλή ποιότητα, ακόμα και καθόλου εικόνα.

Για αυτό ακριβώς τον λόγο χρησιμοποιήθηκε το TV-Tuner σε κάθε σημείο μέτρησης για μία ποιοτική μέτρηση των μεγεθών που μετρήθηκαν ποσοτικά σε

κάθε περιοχή. Το TV-tuner μέσω των snapshot που θα παραθέσουμε μας δίνει την δυνατότητα να παρατηρήσουμε την ποιότητα της εικόνας που λαμβάνουμε από το ψηφιακό δέκτη.

➤ Λόγος φέροντος προς θόρυβο και παρεμβολή (C/N+I)

Παρουσιάζουμε γραφικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το λόγο φέροντος προς θόρυβο και παρεμβολή. Το μέγεθος αυτό μαζί με την ισχύ του σήματος δίνει σημαντικά στοιχεία για το επίπεδο του θορύβου και της παρεμβολής, γεγονός πολύ σημαντικό ιδιαίτερα για ένα αστικό περιβάλλον με έντονο το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής διάδοσης.

➤ Bit Error Rate (BER)

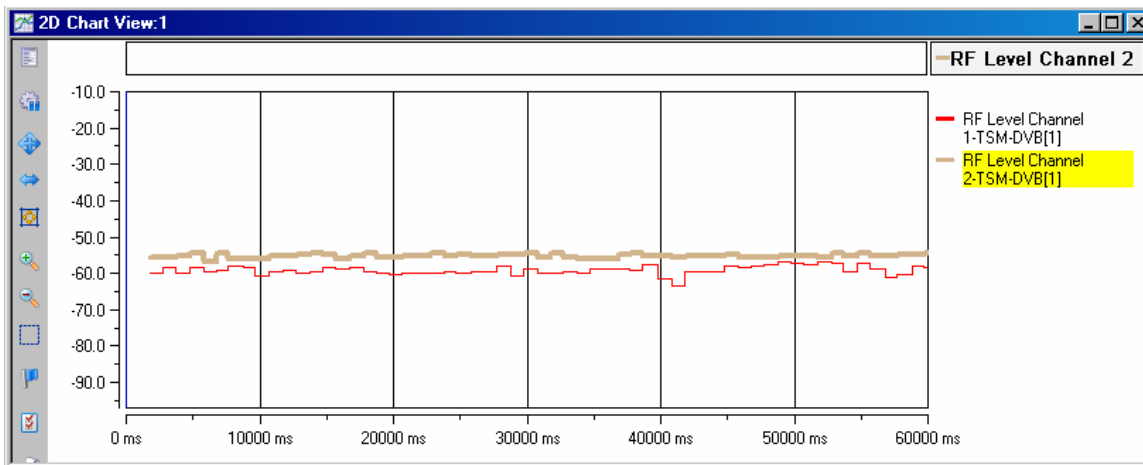
Στο μέρος αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αναφορικά με το Bit Error Rate. Αποτελεί το σημαντικότερο στοιχείο σχετικά με την ποιότητα της λήψης του ψηφιακού σήματος. Ένα κριτήριο της ποιότητας μετάδοσης είναι το QEF (Quasi Error Free). Αυτό ικανοποιείται με ένα BER 2×10^{-4} .

➤ Modulation Error Ratio (MER)

Συνεχίζουμε την παρουσίαση των αποτελεσμάτων με την επίδειξη των γραφικών παραστάσεων του MER. Η μέτρηση του MER είναι πολύ σημαντική αφού αποτελεί μια ποσοτική απεικόνιση των σφαλμάτων που προκύπτουν από το constellation διάγραμμα της εκάστοτε μέτρησης. Ακολουθεί η παρουσίαση των επτά γραφικών παραστάσεων της μεταβολής του MER με το χρόνο, για καθεμία από τις δυο κεραιές, καθώς και ένας συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων, στον οποίο παρουσιάζονται η ελάχιστη, η μέση και η μέγιστη τιμή του MER.

➤ Packet Error Rate (PER)

Παρουσιάζεται γραφικά η μεταβολή του ρυθμού εσφαλμένων πακέτων (Packet Error Rate) από τις 2 κεραιές. Ο ρυθμός αυτός δείχνει τον αριθμό των λανθασμένων πακέτων προς τον αριθμό των συνολικών, όπως καθορίζεται από το πρότυπο. Τα λανθασμένα πακέτα υπολογίζονται ως η διαφορά ανάμεσα στα απεσταλμένα και στα ληφθέντα πακέτα, αγνοώντας τα χαμένα πακέτα όταν δεν αποστέλλονται δεδομένα. Αυτή η προσέγγιση μας δίνει το πλεονέκτημα ότι στο υπολογισμό του PER δεν υπεισέρχονται οι χρονικές στιγμές κατά τις οποίες ο πομπός δεν αποστέλλει σήμα (ή οι στιγμές που δεν διεξάγουμε μέτρηση).



2^η κεραία λήψης

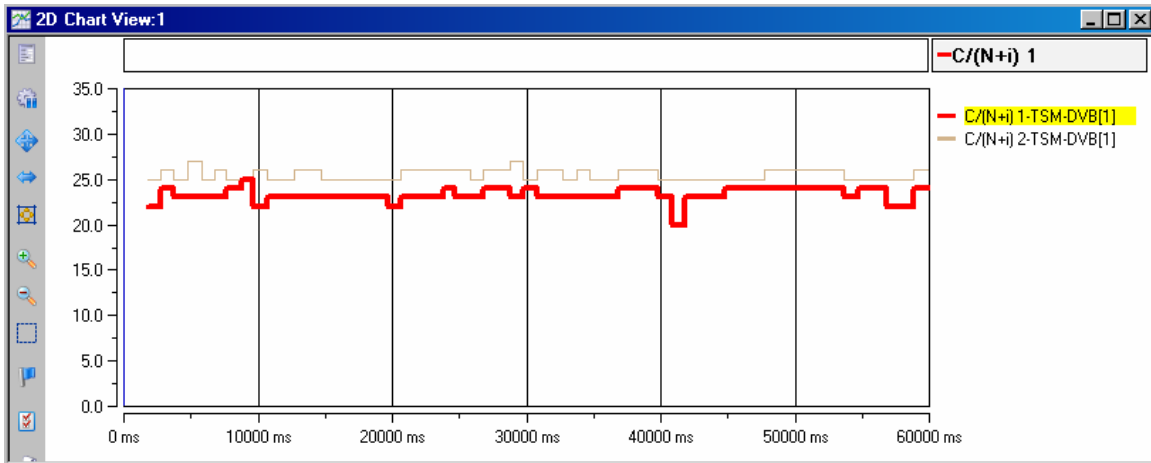
Εικόνες 5.9-5.10 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος-Δροσιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο της ισχύος του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

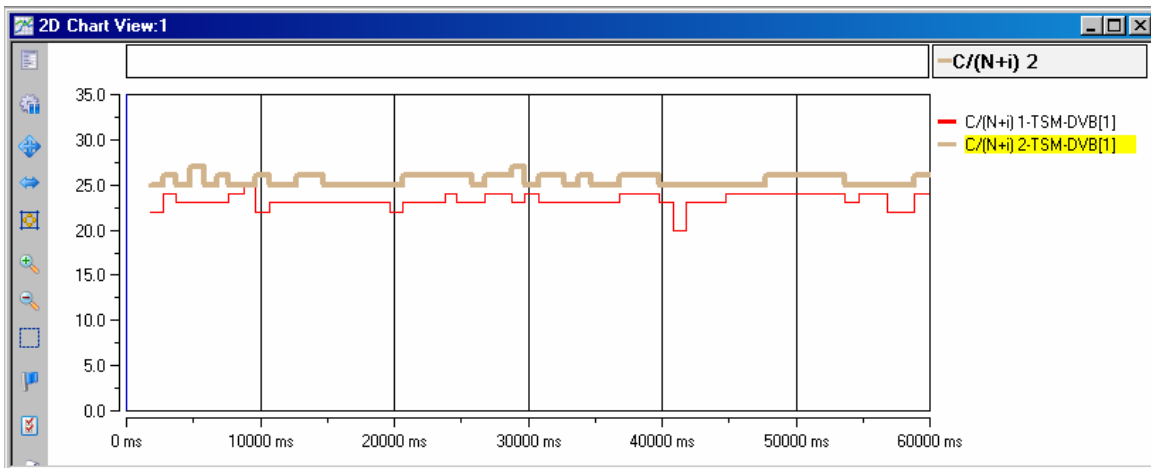
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	RF Level Channel 1 (dBm)			RF Level Channel 2 (dBm)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	301,25	301	-63,6	-55,2	-58,6	-56,8	-52,9	-55,02
2η	35,016	35	-59,4	-56,2	-59,7	-56,5	-53,5	-56,2
3η	173,454	173	-60,8	-55,1	-57,43	-59,1	-53	-55,56
4η	242	242	-60	-56,4	-57,99	-54,4	-52,3	-53,75
ΣΥΝΟΛΟ			-63,6	-55,1	-58,43	-59,1	-52,3	-55,1325

Πίνακας 5.1 Λαμβανόμενη Ισχύς Δροσιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του λόγου φέροντος προς θόρυβο πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή της Δροσιάς.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

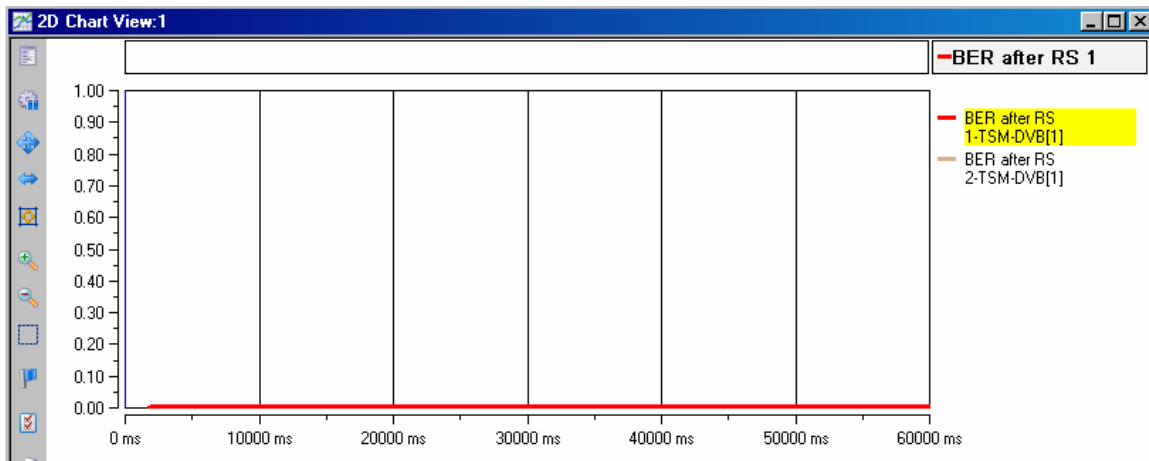
Εικόνες 5.11-5.12 Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Δροσιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του λόγου φέροντος προς θόρυβο του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

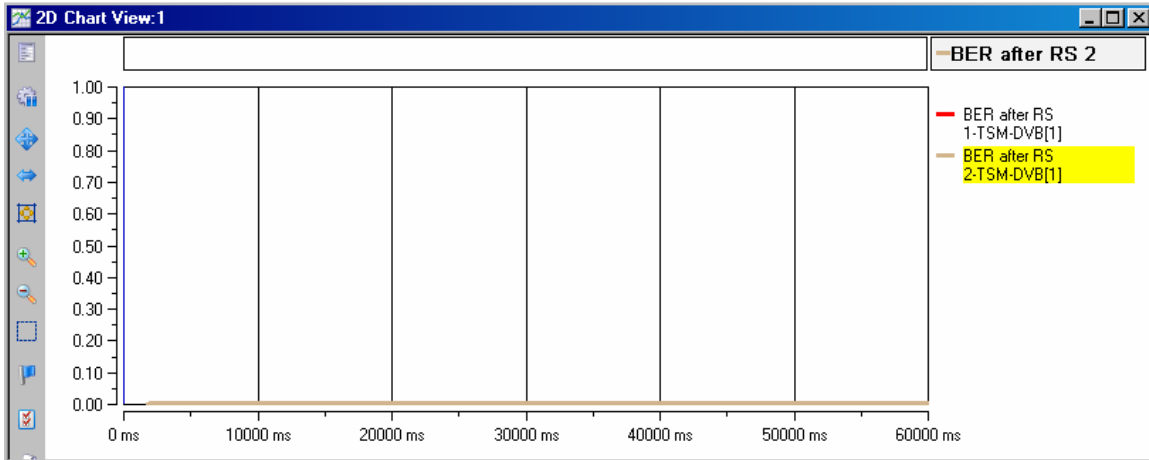
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	C/(N+i) 1 (dB)			C/(N+i) 2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	301,25	301	18	26	23,74	24	28	25,89
2η	35,016	35	23	25	24,76	25	27	26,79
3η	173,454	173	23	26	24,65	23	27	25,81
4η	242	242	23	25	24,13	25	27	26,45
ΣΥΝΟΛΟ			18	26	24,32	23	28	26,235

Πίνακας 5.2 Σηματοθορυβικός λόγος Δροσιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του bit error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή της Δροσιάς. Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του ber του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

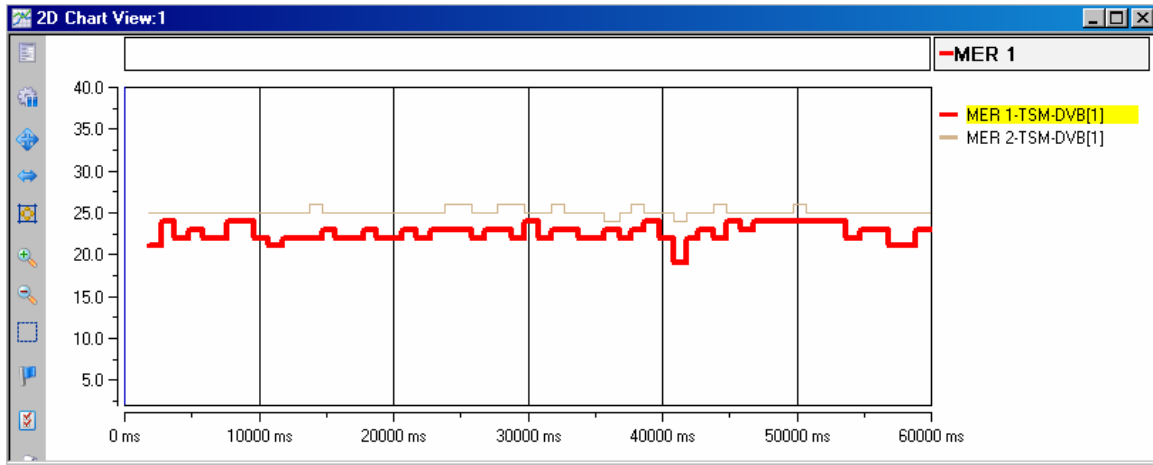
Εικόνες 5.13-5.14 Γραφική απεικόνιση του BER Δροσιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του BER του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

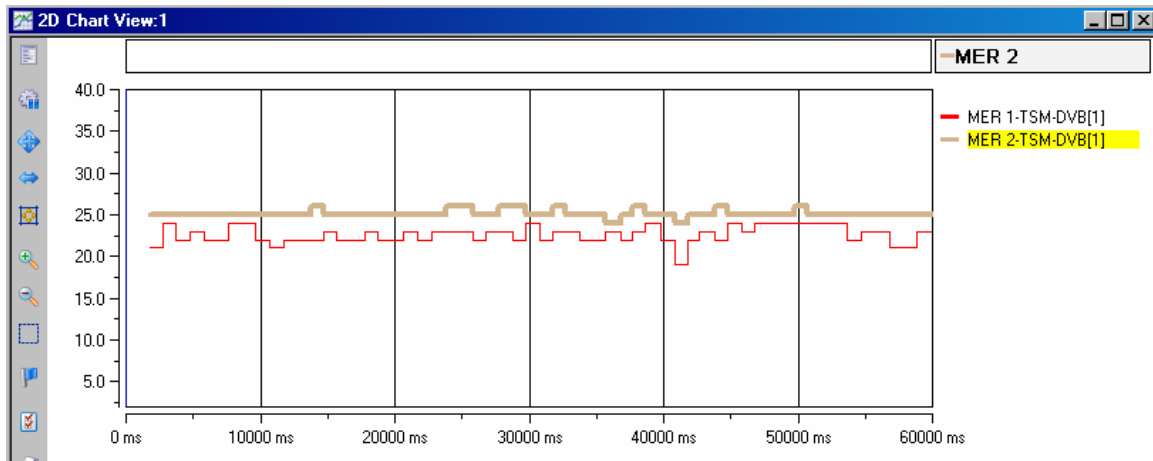
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	BER after RS 1			BER after RS 2		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	301,25	301	4×10^{-5}	6×10^{-5}	0	6×10^{-5}	7×10^{-5}	0
2η	35,016	35	6×10^{-5}	6×10^{-5}	0	6×10^{-5}	7×10^{-5}	0
3η	173,454	173	6×10^{-5}	6×10^{-5}	0	6×10^{-5}	7×10^{-5}	0
4η	242	242	6×10^{-5}	6×10^{-5}	0	6×10^{-5}	7×10^{-5}	0
ΣΥΝΟΛΟ			4×10^{-5}	6×10^{-5}	0	6×10^{-5}	7×10^{-5}	0

Πίνακας 5.3 Τιμές του BER Δροσιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του modulation error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή της Δροσιάς.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

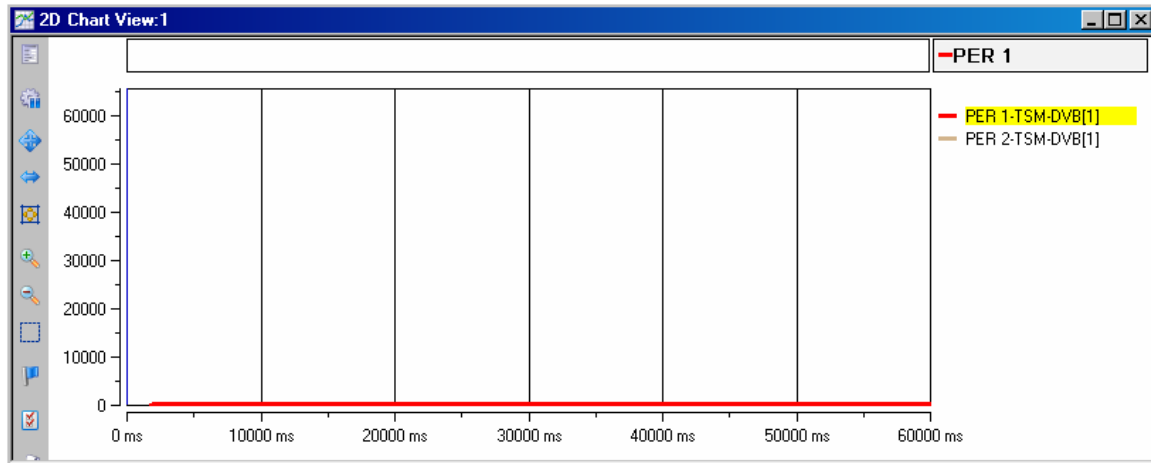
Εικόνες 5.15-5.16 Γραφική απεικόνιση του MER Δροσιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του modulation error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

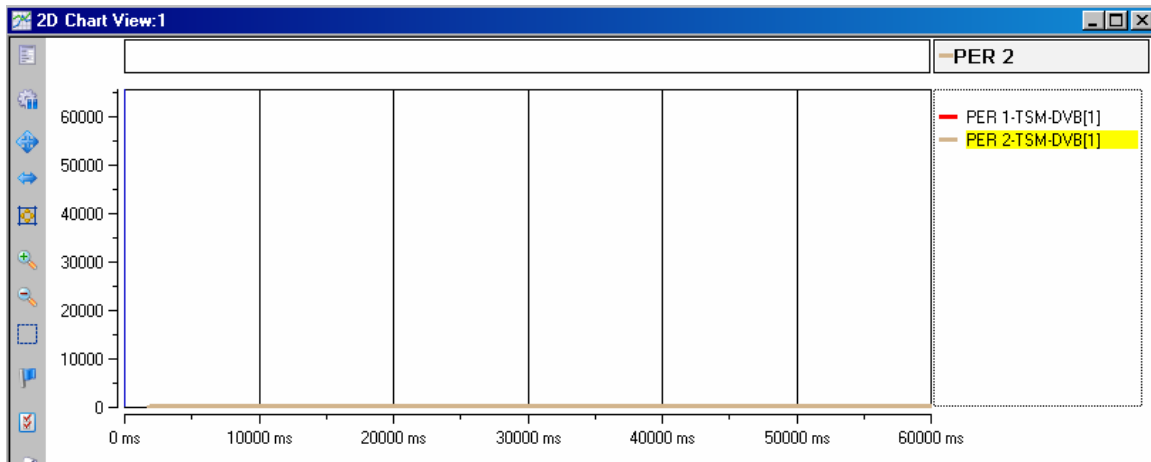
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	MER 1 (dB)			MER2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	301,25	301	18	25	22,86	24	27	25,54
2η	35,016	35	22	24	24,09	24	26	26,36
3η	173,454	173	22	25	23,95	23	27	25,47
4η	242	242	22	25	23,6	25	27	26,12
ΣΥΝΟΛΟ			18	25	23,625	23	27	25,8725

Πίνακας 5.4 Τιμές του MER Δροσιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του packet error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή της Δροσιάς.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνα 5.17-5.18 Γραφική απεικόνιση του PER Δροσιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του packet error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	PER 1 (pack/s)			PER 2 (pack/s)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	301,25	301	0	0	0	0	0	0
2η	35,016	35	0	0	0	0	0	0
3η	173,454	173	0	0	0	0	0	0
4η	242	242	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ			0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.5 Τιμές του PER Δροσιά

Τέλος παραθέτουμε το συνολικό πίνακα με τα επιμέρους μεγέθη που μετρήσαμε.

ΔΡΟΣΙΑ			
	MIN	MAX	AVERAGE
RF Level Channel 1 (dBm)	-63,6	-55,1	-58,43
RF Level Channel 2 (dBm)	-59,1	-52,3	-55,1325
MER 1 (dB)	18	25	23,625
MER2 (dB)	23	27	25,8725
BER after RS 1	4x10 ⁻⁵	6x10 ⁻⁵	0
BER after RS 2	6x10 ⁻⁵	7x10 ⁻⁵	0
PER 1 (pack/s)	0	0	0
PER 2 (pack/s)	0	0	0
C/(N+i) 1 (dB)	18	26	24,32
C/(N+i) 2 (dB)	23	28	26,235

Πίνακας 5.6 Συνολικός πίνακας μετρήσεων Δροσιά

Παραθέτουμε τώρα φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής της μέτρησης καθώς και στιγμιαίες εικόνες (snapshots) του προγράμματος του TV-tuner για την ποιοτική μελέτη της εικόνας που λήφθηκε στο σημείο μέτρησης.



Εικόνα 5.19: Φωτογραφίες περιβάλλοντος χώρου.

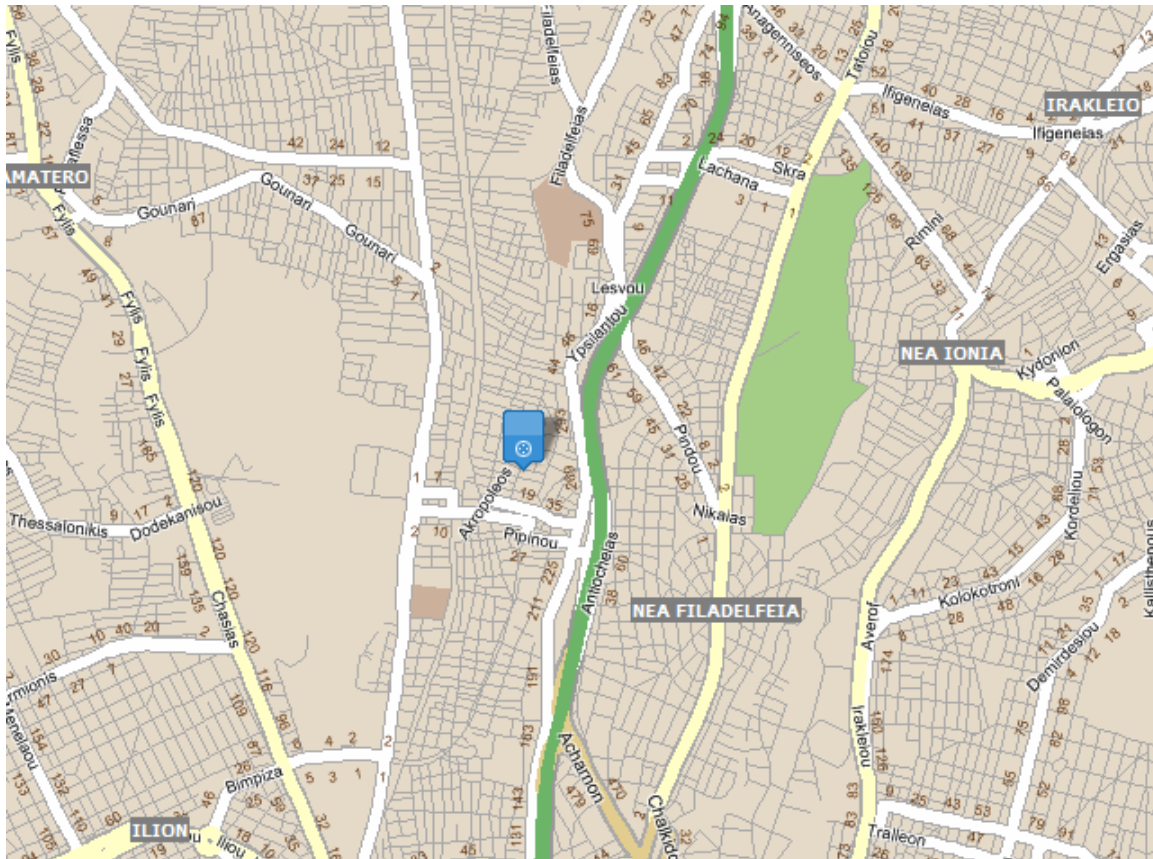


Εικόνα 5.20: Snapshots TV-Tuner



Εικόνα 5.21: Snapshots TV-Tune

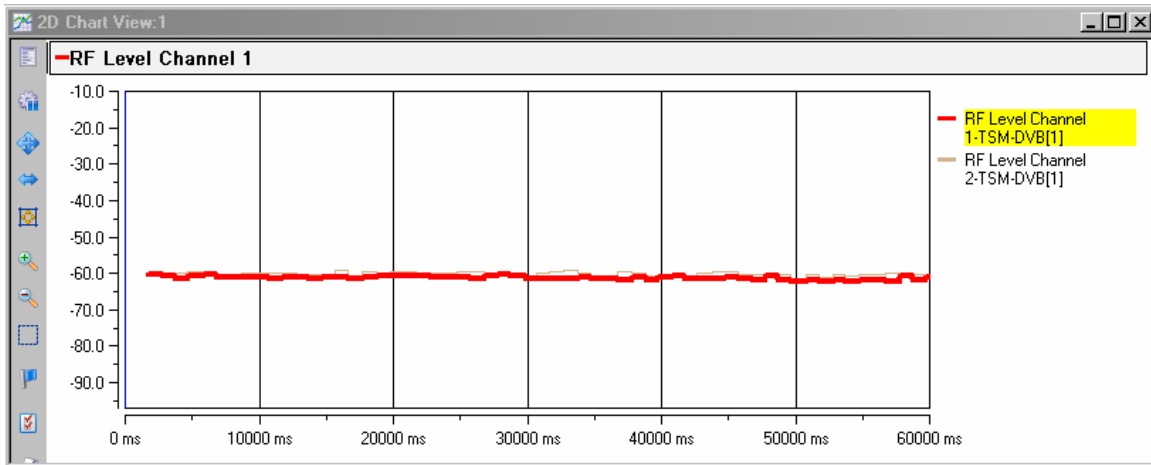
5.2.2 Περιοχή Αγ. Αναργύρων



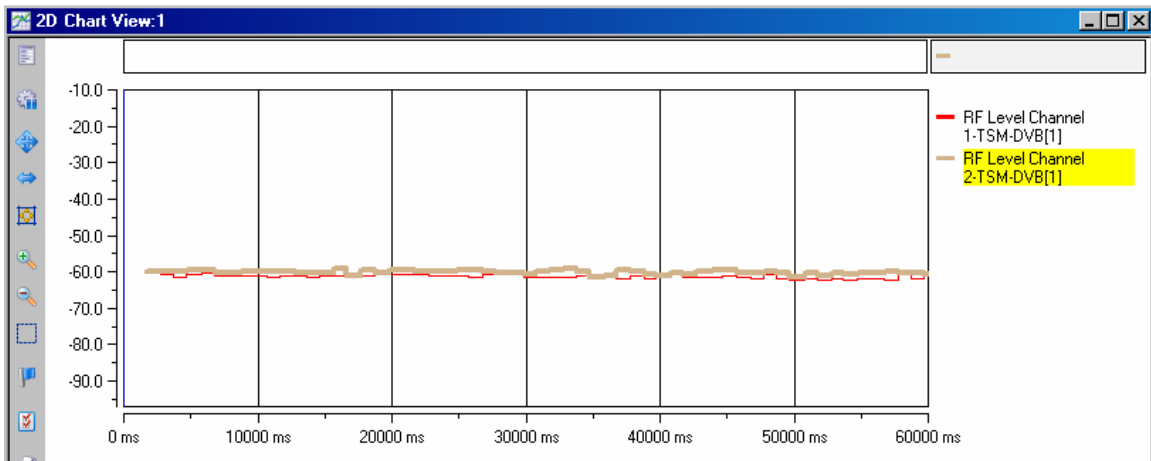
Εικόνα 5.22: Σημείο Μέτρησης Αγ. Ανάργουροι

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή των Αγίων Αναργύρων.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή των Αγίων Αναργύρων.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

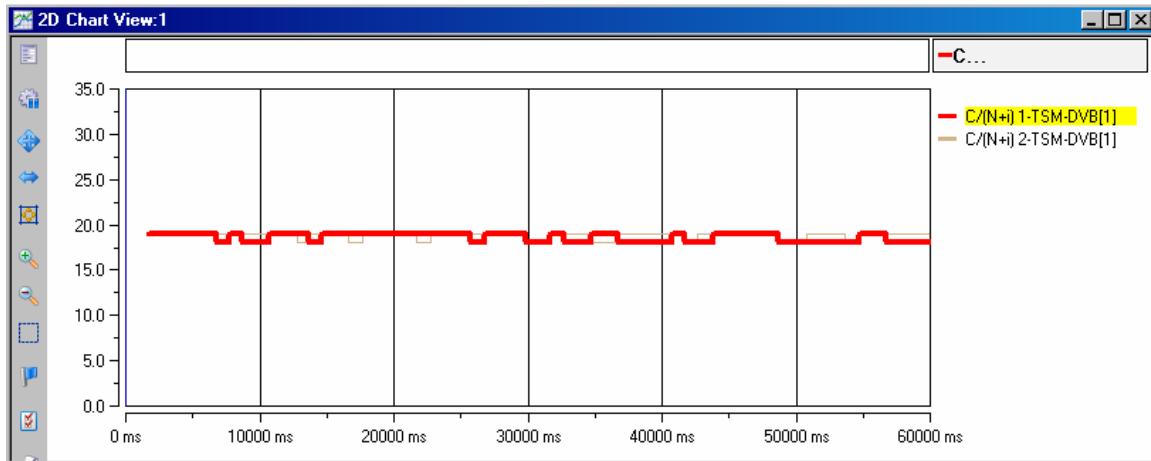
Εικόνες 5.23-5.24 Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Άγιοι Ανάργυροι.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο της ισχύος του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

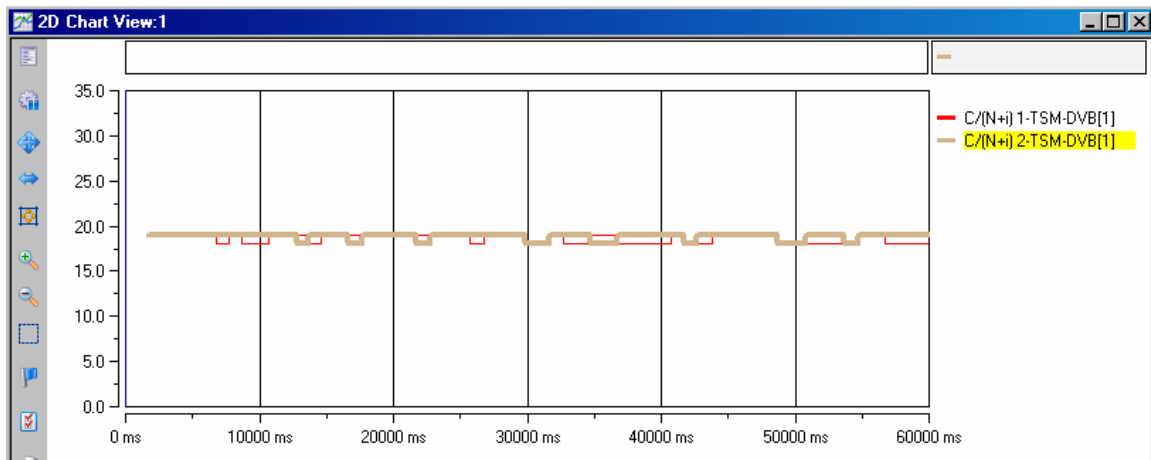
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	RF Level Channel 1(dBm)			RF Level Channel 2 (dBm)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	326,64	326	-62,5	-59,4	-61,63	-62,1	-56,2	-60,01
2η	122,266	122	-62,1	-59,4	-61,52	-62,1	-55,3	-59,89
3η	30,625	30	-62,2	-60,3	-63,38	-62,4	-57,9	-62,34
4η	126,907	127	-61,9	-59,9	-61,56	-62,2	-57,7	-60,42
ΣΥΝΟΛΟ			-62,5	-59,4	-62,0225	-62,4	-55,3	-60,665

Πίνακας 5.7 Λαμβανόμενη Ισχύς Άγιοι Ανάργυροι.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του λόγου φέροντος προς θόρυβο πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή των Αγίων Αναργύρων.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνα 5.25-5.26 : Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Άγιοι Ανάργυροι.

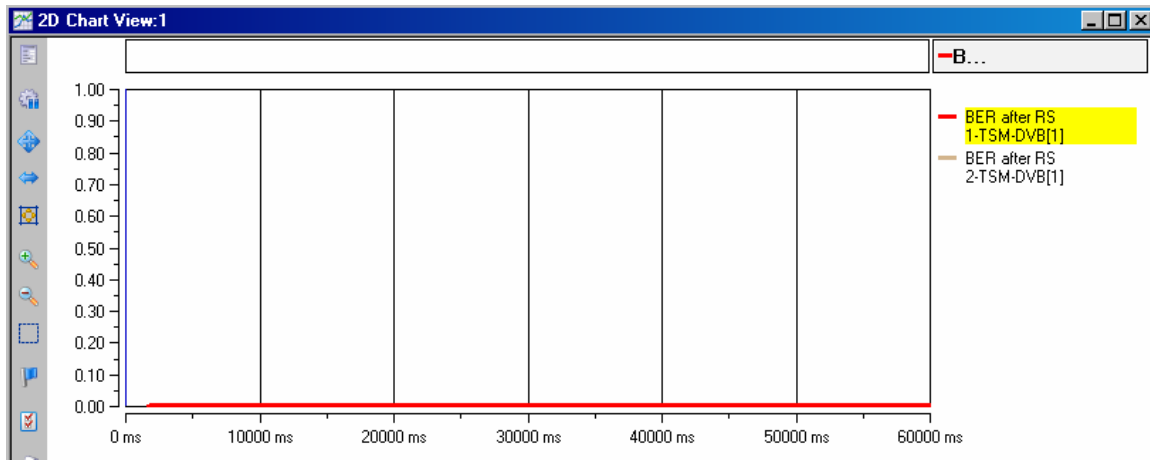
Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του λόγου φέροντος προς θόρυβο του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	C/(N+i) 1 (dB)			C/(N+i) 2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	326,64	326	18	20	18,44	18	22	19,03
2η	122,266	122	17	20	18,88	18	21	19,69
3η	30,625	30	18	19	19,39	18	20	19,64
4η	126,907	127	18	20	18,8	18	20	18,98
ΣΥΝΟΛΟ			17	20	18,8775	18	22	19,335

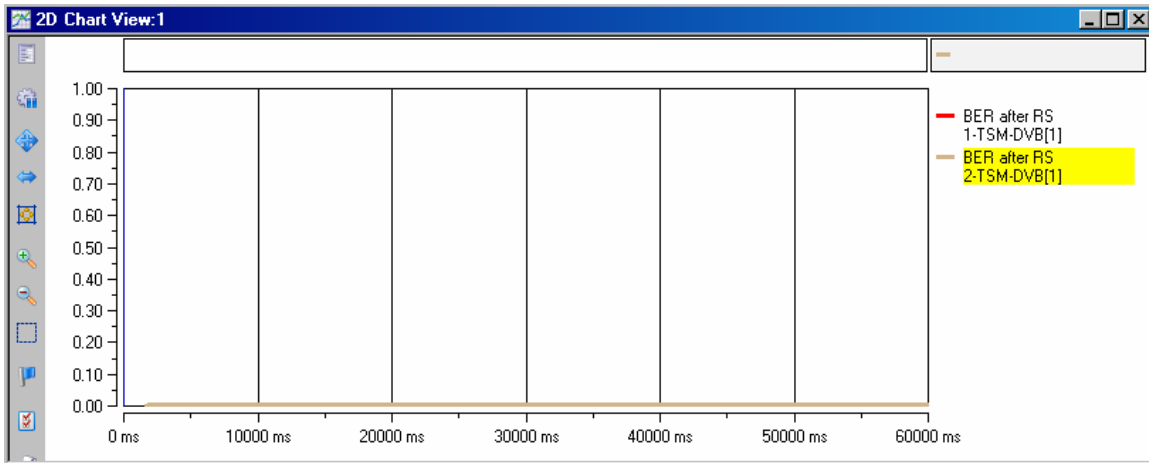
Πίνακας 5.8: Πίνακας του λόγου φέροντος προς θόρυβο Άγιοι Ανάργυροι.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του bit error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή των Αγίων Αναργύρων.

Οι παρακάτω πίνακες δίνουν στοιχεία για το επίπεδο του ber του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

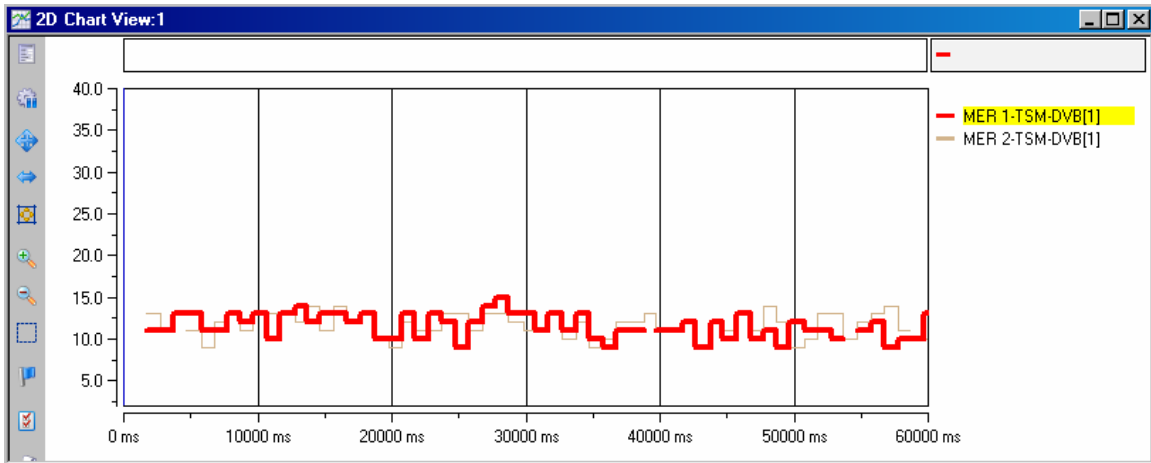
Εικόνες 5.27-5.28 : Γραφική απεικόνιση του BER Δροσιά Άγιοι Ανάργυροι.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του BER του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

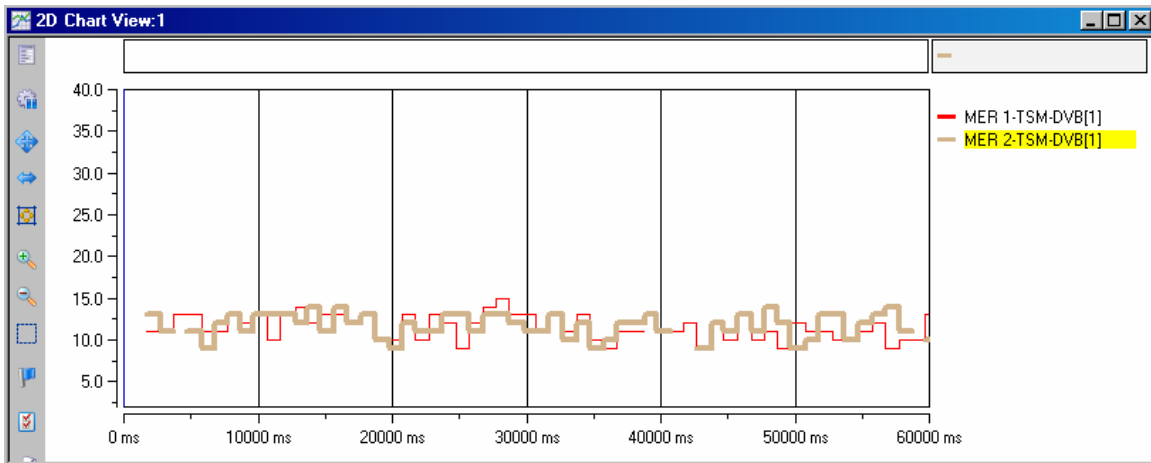
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	BER after RS 1			BER after RS 2		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	326,64	326	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0	8×10^{-6}	5×10^{-5}	0
2η	122,266	122	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0	2×10^{-5}	2×10^{-1}	0
3η	30,625	30	2×10^{-5}	4×10^{-5}	0	2×10^{-5}	4×10^{-5}	0
4η	126,907	127	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0
ΣΥΝΟΛΟ			1×10^{-5}	4×10^{-5}	0	8×10^{-6}	2×10^{-1}	0

Πίνακας 5.9: Πίνακας του BER Άγιοι Ανάργυροι.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του modulation error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή της των Αγίων Αναργύρων.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

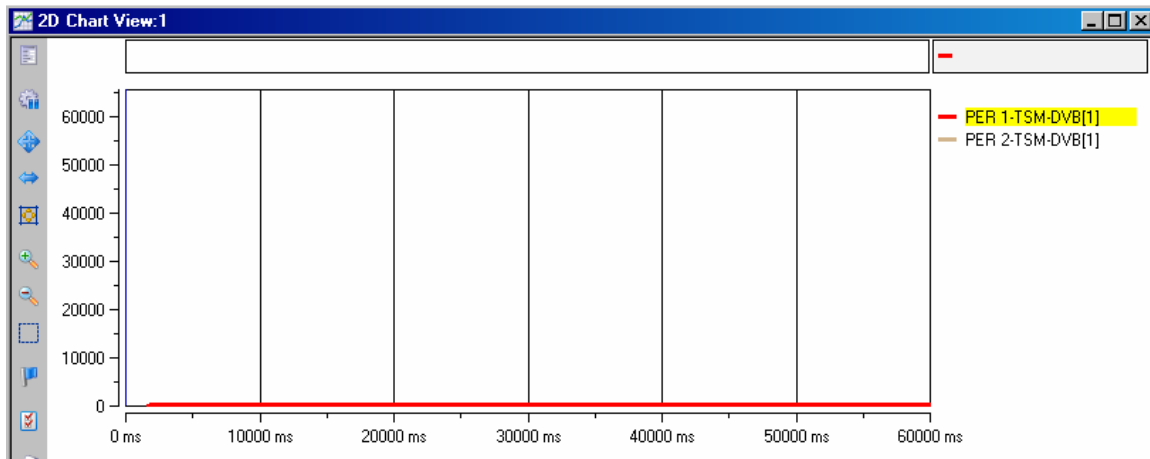
Εικόνες 5.29-5.30 : Γραφική απεικόνιση του MER Δροσιά Άγιοι Ανάργυροι

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του modulation error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

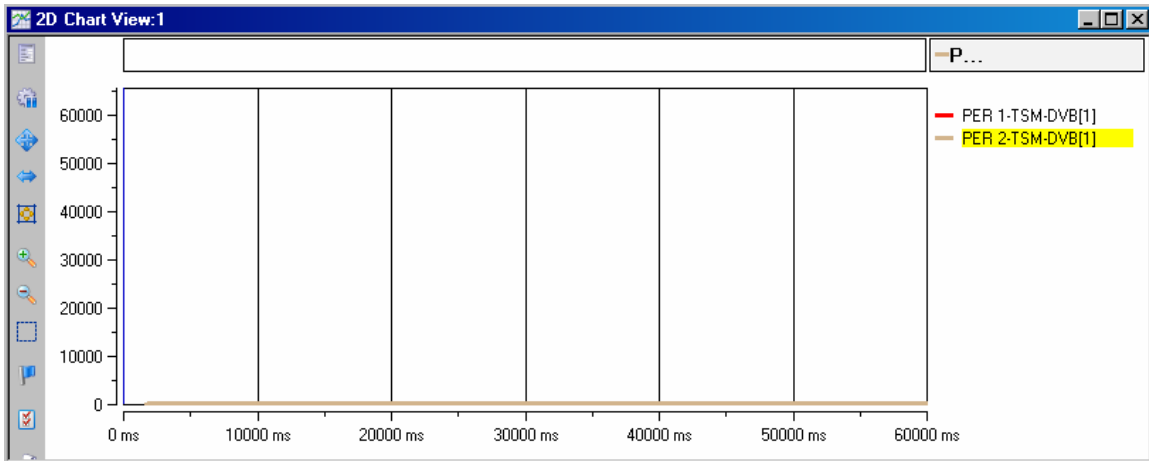
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	MER 1 (dB)			MER2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	326,64	326	9	16	12,78	9	18	12,76
2η	122,266	122	9	14	14,36	9	20	14,89
3η	30,625	30	9	14	16,38	9	15	12,68
4η	126,907	127	9	14	12,61	9	14	13,87
ΣΥΝΟΛΟ			9	16	14,0325	9	20	13,55

Πίνακας 5.10: Πίνακας του MER Άγιοι Ανάργυροι.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του packet error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή των Αγίων Αναργύρων.



1^η κεραία λήψης



1^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.31-5.32 : Γραφική απεικόνιση του PER Άγιοι Ανάργυροι

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του packet error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	PER 1 (pack/s)			PER 2 (pack/s)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	326,64	326	0	0	0	0	0	0
2η	122,266	122	0	0	0	0	0	0
3η	30,625	30	0	0	0	0	0	0
4η	126,907	127	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ			0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.11: Πίνακας του PER Άγιοι Ανάργυροι.

Τέλος παραθέτουμε το συνολικό πίνακα με τα επιμέρους μεγέθη που μετρήσαμε.

ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ			
	MIN	MAX	AVERAGE
RF Level Channel 1 (dBm)	-62,5	-59,4	-62,0225
RF Level Channel 2 (dBm)	-62,4	-55,3	-60,665
MER 1 (dB)	9	16	14,0325
MER2 (dB)	9	20	13,55
BER after RS 1	1x10-5	4x10-5	0
BER after RS 2	8x10-6	2x10-1	0
PER 1 (pack/s)	0	0	0
PER 2 (pack/s)	0	0	0
C/(N+i) 1 (dB)	17	20	18,8775
C/(N+i) 2 (dB)	18	22	19,335

Πίνακας 5.12: Συνολικός πίνακας Άγιοι Ανάργυροι

Παραθέτουμε τώρα φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής της μέτρησης καθώς και στιγμιαίες εικόνες (snapshots) του προγράμματος του TV-tuner για την ποιοτική μελέτη της εικόνας που λήφθηκε στο σημείο μέτρησης.



Εικόνα 5.33: Φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής



Εικόνα 5.34: Φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής

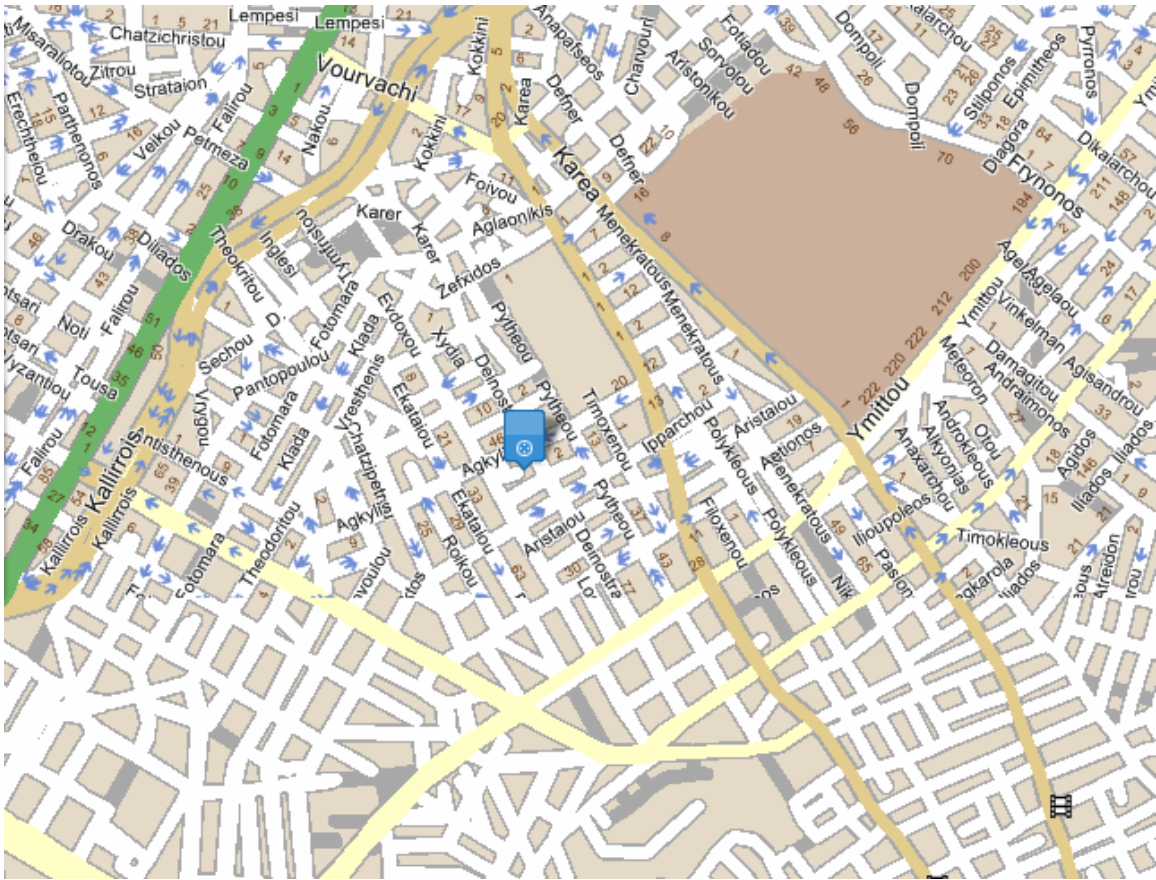


Εικόνα 5.35: Snapshots TV-Tune



Εικόνα 5.36: Snapshots TV-Tune

5.2.3 Περιοχή Νέου Κόσμου

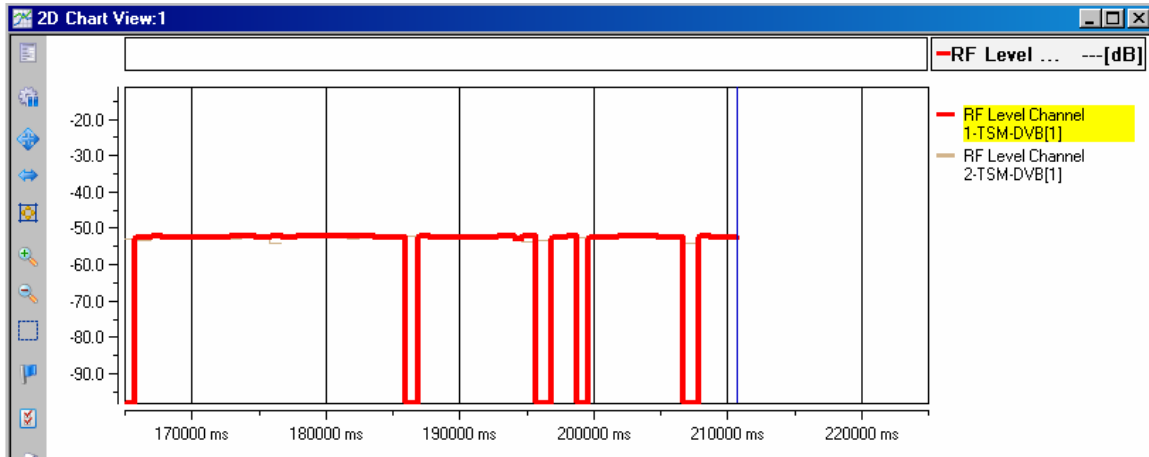


Εικόνα 5.37 : Σημείο Μέτρησης Νέος Κόσμος

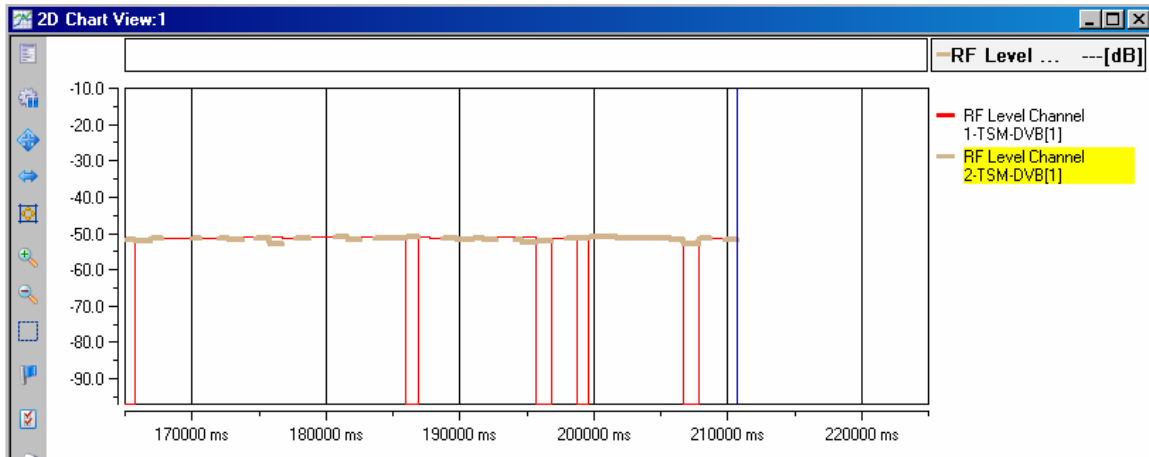
Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή του Νέου Κόσμου.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Νέου Κόσμου για 2 διαφορετικές μετρήσεις. Οφείλουμε να αναφέρουμε ότι στο πρώτο σετ μετρήσεων οι κεραιές δεν μπόρεσε να “κλειδώσει” (lock) η μία από τις 2 κεραιές(συγκεκριμένα η πρώτη) με αποτέλεσμα να χρειαστεί και δεύτερο σετ μετρήσεων για την περιοχή του Νέου Κόσμου.

1^ο σειτ μετρήσεων



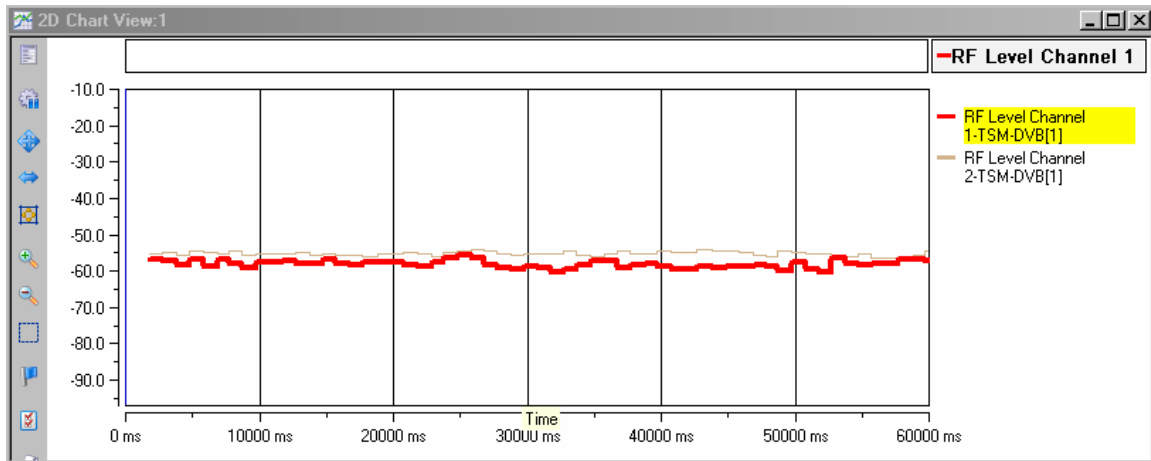
1^η κεραία λήψης



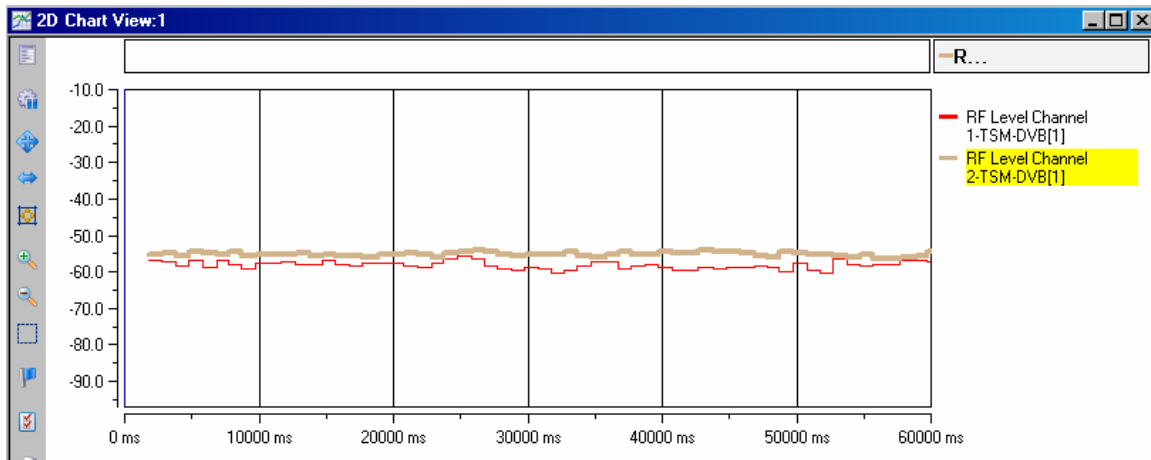
2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.38-5.39: Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Νέος Κόσμος.

2^ο σειτ μετρήσεων



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.40-5.41: Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Νέος Κόσμος.

Οι παρακάτω πίνακες δίνουν στοιχεία για το επίπεδο της ισχύος του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες για τα 2 σειτ μετρήσεων

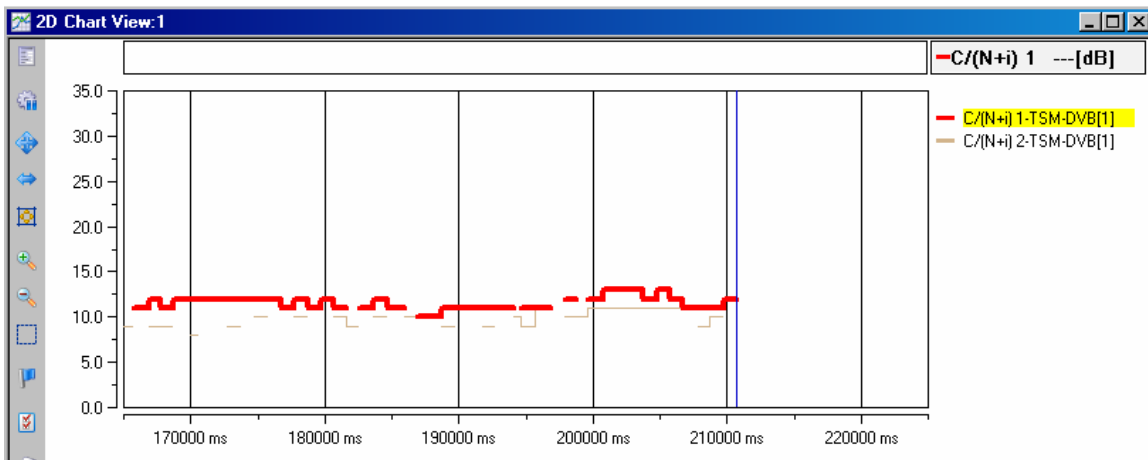
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	RF Level Channel 1(dBm)			RF Level Channel 2(dBm)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	127,593	127	-98,2	-54,8	-65,74	-45,8	-44,5	-45,38
2η	63,891	64	-98,2	-63,2	-72,94	-62,7	-60,7	-85,53
3η	139,125	139	-98,2	-54,7	-64,72	-47,1	-44,1	-45,59
4η	211,469	211	-98,2	-51,6	-58,09	-53,8	-50,5	-67,3
ΣΥΝΟΛΟ			-98,2	-51,6	-65,3725	-62,7	-44,5	-60,95

Πίνακας 5.13: Λαμβανόμενη Ισχύς για 1^ο σετ

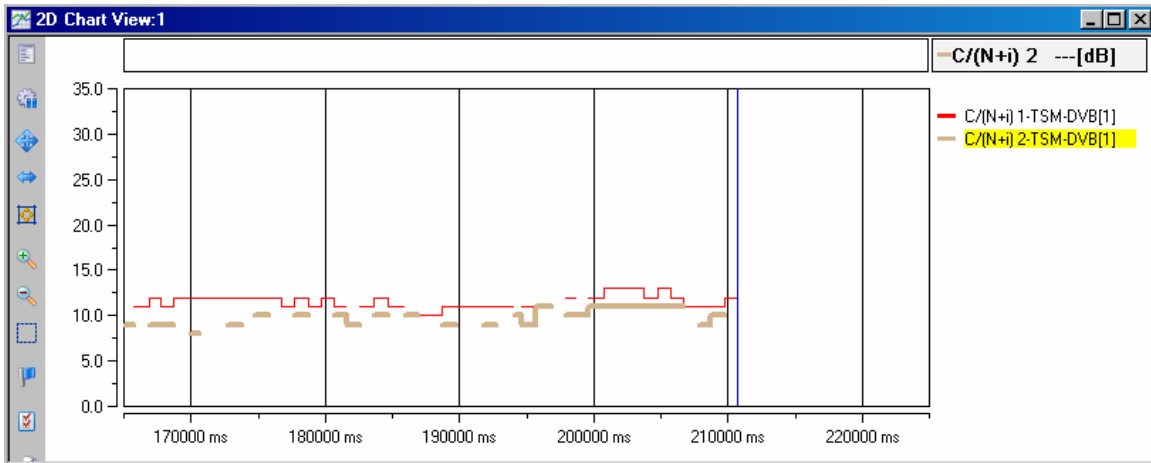
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	RF Level Channel 1(dBm)			RF Level Channel 2(dBm)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	300,969	300	-60,3	-55,2	-57,9	-57,1	-52,7	-55,27
2η	180,766	180	-61,3	-52,1	-58,16	-57	-52,9	-55,28
3η	61,578	61	-60,6	-55,4	-58,21	-57,9	-54,3	-56,33
4η	121,312	121	-60,8	-54,4	-58,11	-57,7	-53,1	-55,21
ΣΥΝΟΛΟ			-61,3	-52,1	-58,095	-57,9	-52,7	-55,52

Πίνακας 5.14: Λαμβανόμενη Ισχύς για 2^ο σετ

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του λόγου φέροντος προς θόρυβο πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή του Νέου Κόσμου για το 1^ο σετ μετρήσεων.



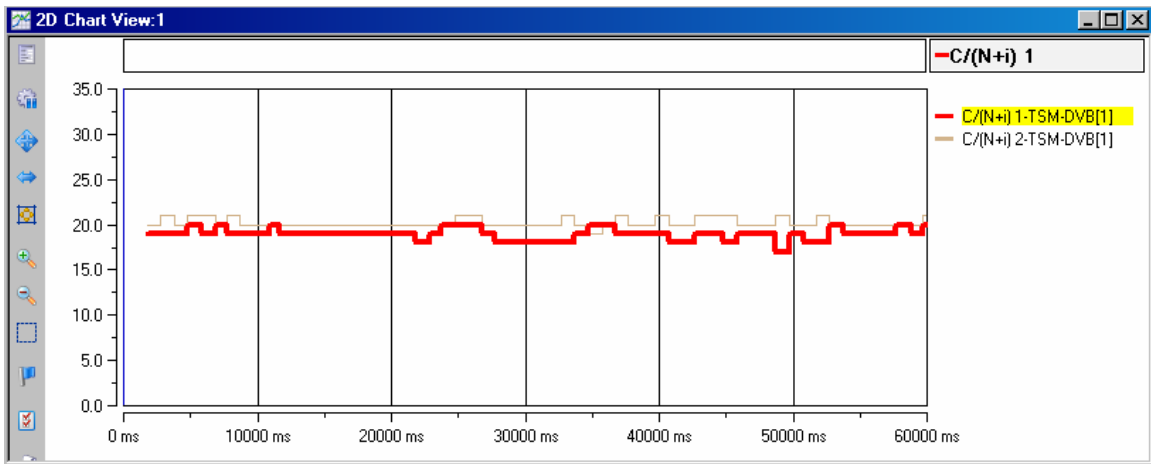
1^η κεραία λήψης



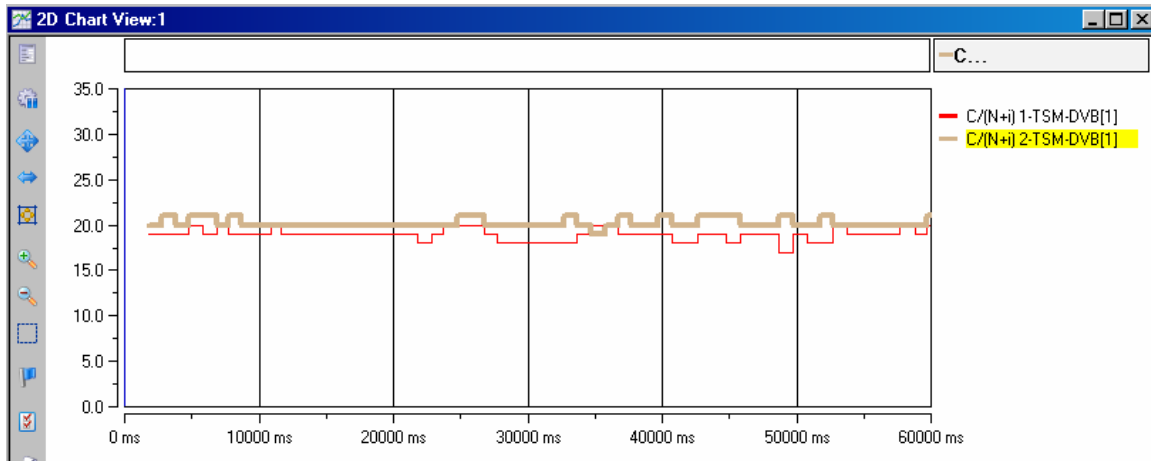
2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.42-5.43: Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέος Κόσμος

Για το 2^ο σετ μετρήσεων:



1^η κεραία λήψης



2 κεραία λήψης

Εικόνες 5.44-5.45: Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέος Κόσμος

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του λόγου φέροντος προς θόρυβο του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες για τα 2 σετ μετρήσεων.

1ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	C/(N+i) 1 (dB)			C/(N+i) 2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	127,593	127	2	11	29,41	14	17	15,78
2η	63,891	64	3	12	5	7	94,5
3η	139,125	139	0	14	19,45	11	17	15,46
4η	211,469	211	10	14	15,14	7	14	18,49
ΣΥΝΟΛΟ			0	14	17,295	5	17	36,0575

Πίνακας 5.15 Πίνακας του λόγου φέροντος προς θόρυβο για 1^ο σετ

2^ο σετ μετρήσεων

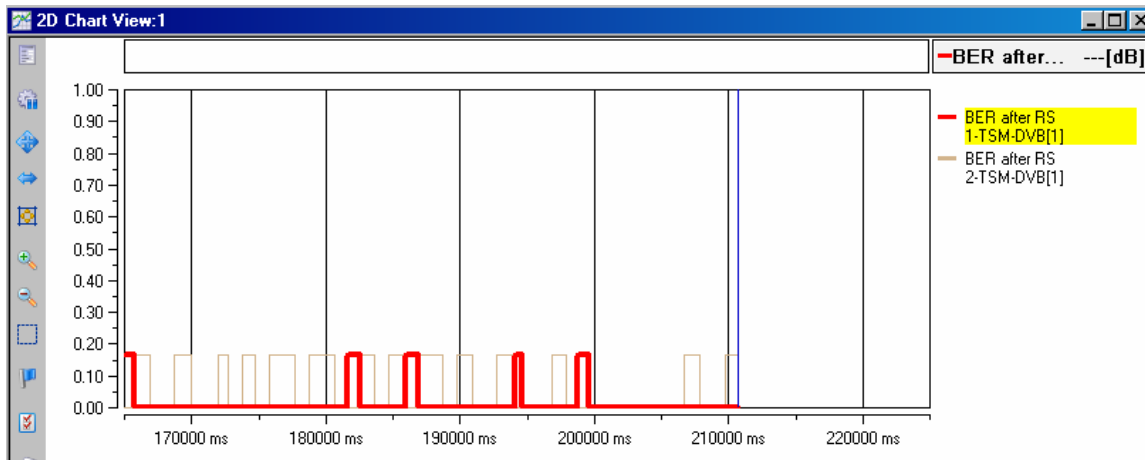
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	C/(N+i) 1 (dB)			C/(N+i) 2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	300,969	300	17	21	19,23	19	21	20,41
2η	180,766	180	17	22	19,19	19	22	20,48
3η	61,578	61	18	21	19,81	19	21	20,53
4η	121,312	121	17	21	19,43	19	22	20,21
ΣΥΝΟΛΟ			17	21	19,415	19	22	20,4075

Πίνακας 5.16 Πίνακας του λόγου φέροντος προς θόρυβο για 2^ο σετ

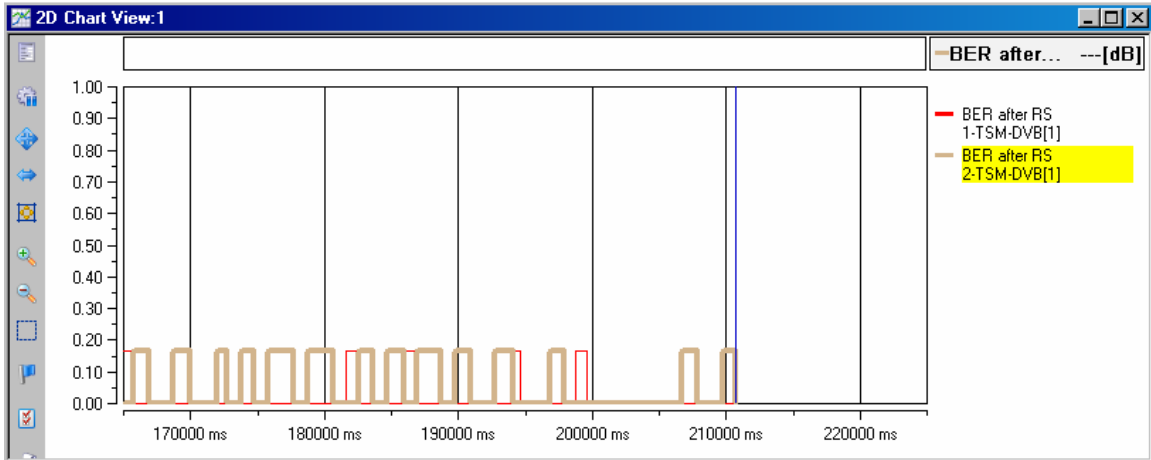
Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του bit error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή του Νέου Κόσμου.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του ber του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων



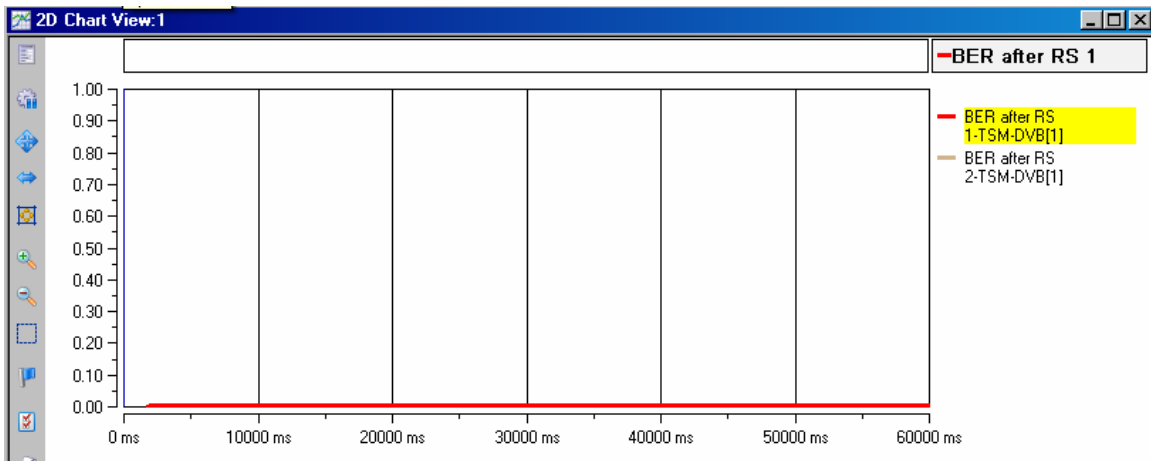
1^η κεραία λήψης



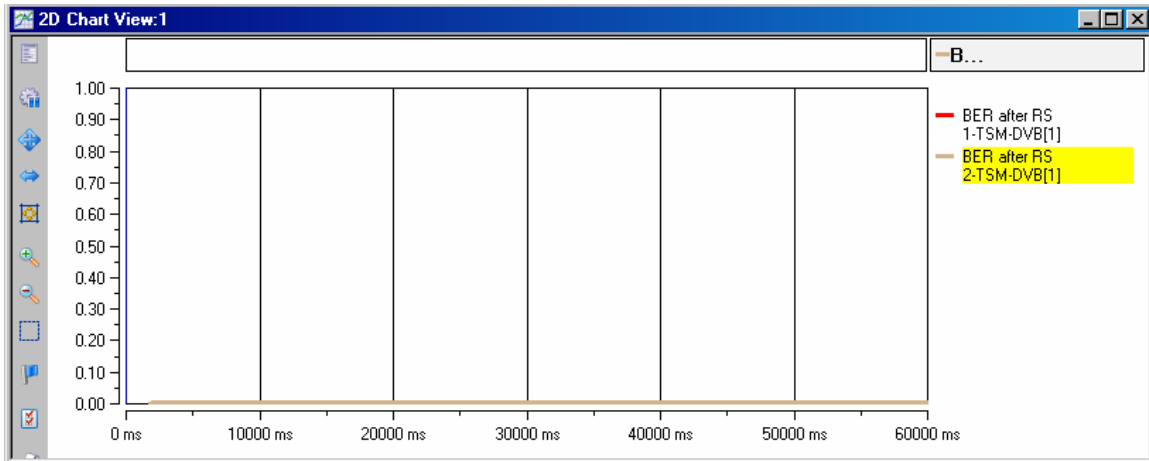
2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.46-5.47: Γραφική απεικόνιση του BER Νέος Κόσμος

2^ο σετ μετρήσεων



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.48-5.49: Γραφική απεικόνιση του BER Νέος Κόσμος

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του BER του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	BER after RS 1			BER after RS 2		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	127,593	127	3×10^{-6}	2×10^{-1}	0,07	4×10^{-5}	4×10^{-5}	0
2η	63,891	64	3×10^{-6}	2×10^{-1}	0,08	3×10^{-6}	2×10^{-1}	0,8
3η	139,125	139	5×10^{-6}	2×10^{-1}	0,06	3×10^{-5}	4×10^{-5}	0
4η	211,469	211	8×10^{-6}	2×10^{-1}	0,03	3×10^{-5}	2×10^{-1}	0,05
ΣΥΝΟΛΟ			3×10^{-6}	2×10^{-1}	0,06	3×10^{-6}	2×10^{-1}	0,2125

Πίνακας 5.17 : Πίνακας του BER Νέος Κόσμος.

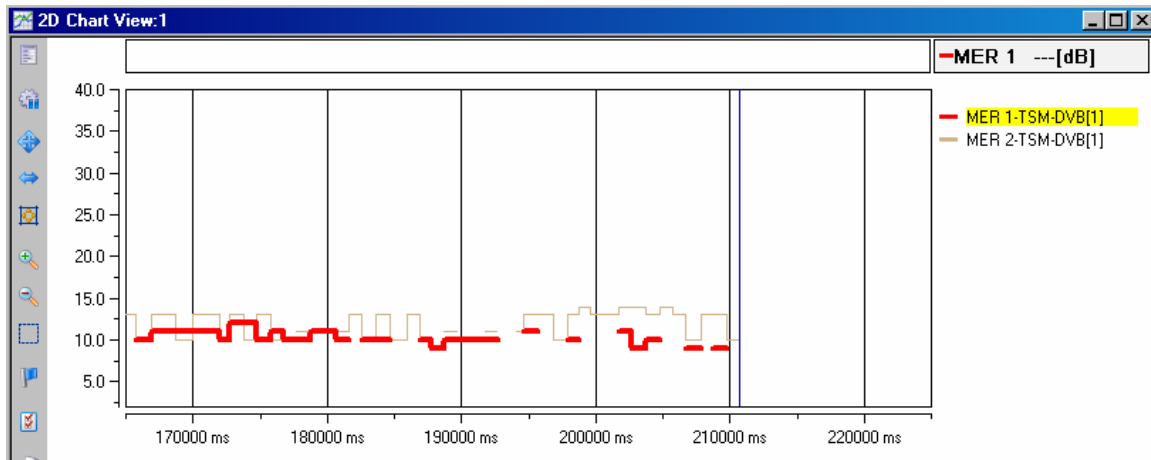
2^ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	BER after RS 1			BER after RS 2		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	300,969	300	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0
2η	180,766	180	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	1×10^{-5}	5×10^{-5}	0
3η	61,578	61	8×10^{-6}	5×10^{-5}	0	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0
4η	121,312	121	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0
ΣΥΝΟΛΟ			8×10^{-6}	5×10^{-5}	0	1×10^{-5}	5×10^{-5}	0

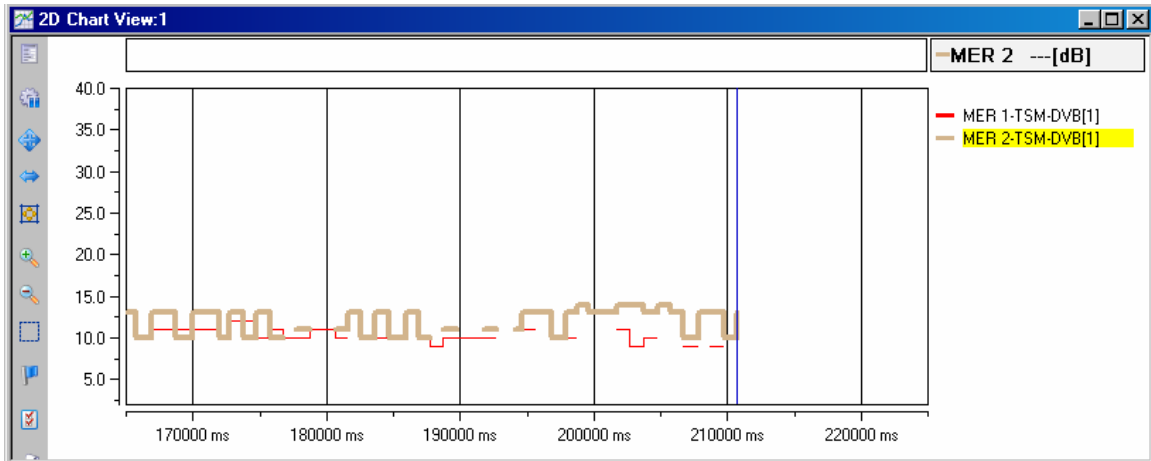
Πίνακας 5.18 : Πίνακας του BER Νέος Κόσμος

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του modulation error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή της του Νέου Κόσμου για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων



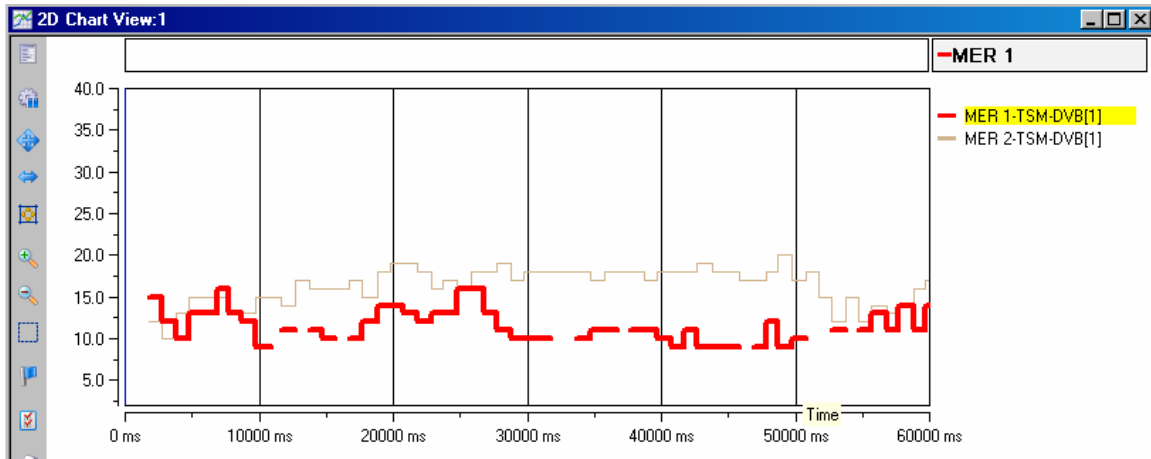
1^η κεραία λήψης



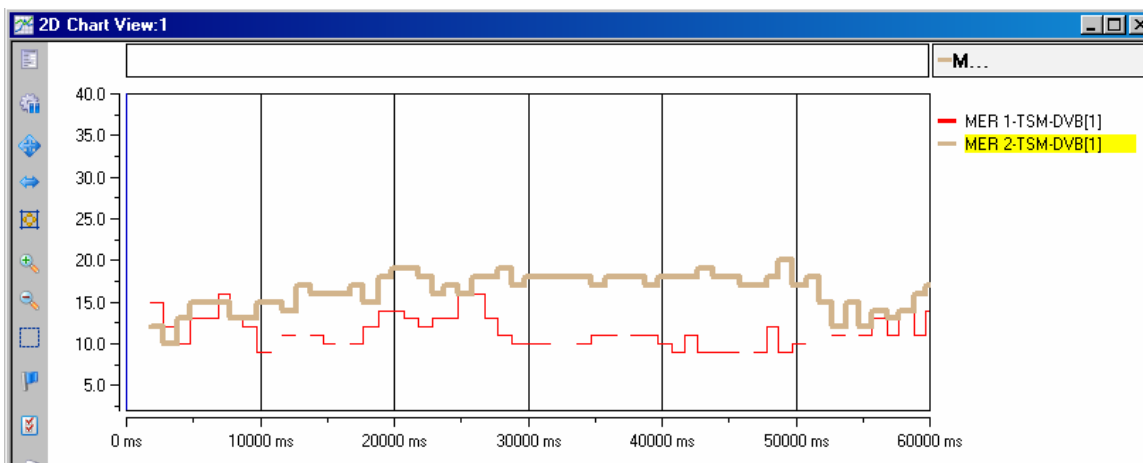
2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.50-5.51: Γραφική απεικόνιση του MER Νέος Κόσμος

2^ο σετ μετρήσεων



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.52-5.53: Γραφική απεικόνιση του MER Νέος Κόσμος

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του modulation error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	MER 1 (dB)			MER2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	127,593	127	9	11	0	15	17	16,11
2η	63,891	64	9	10	0	9	9	0
3η	139,125	139	9	14	0	13	17	15,9
4η	211,469	211	9	13	23,95	10	15	14,58
ΣΥΝΟΛΟ			9	14	5,9875	9	17	11,6475

Πίνακας 5.19 : Πίνακας του MER Νέος Κόσμος

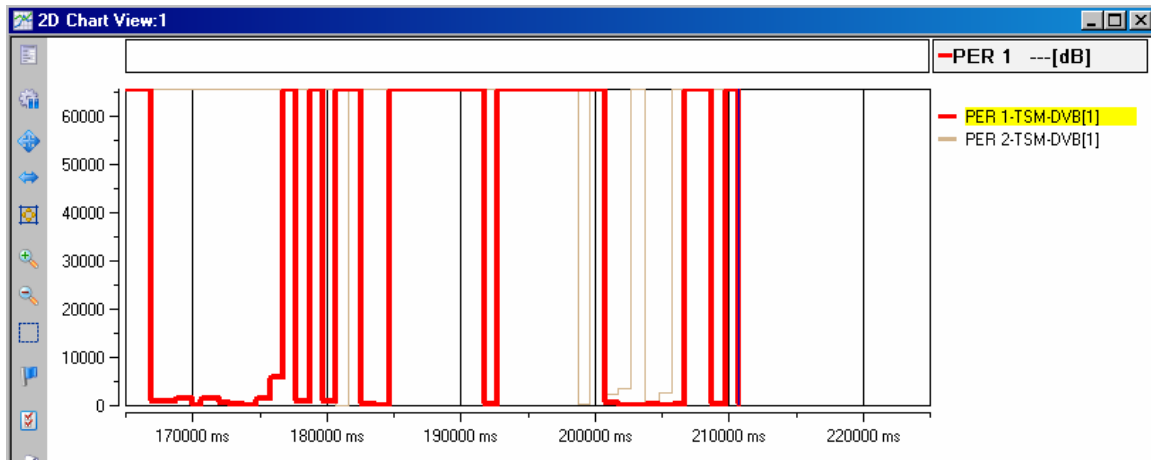
2^ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	MER 1 (dB)			MER2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	300,969	300	9	17	13,76	9	20	14,89
2η	180,766	180	9	19	13,31	10	19	16,12
3η	61,578	61	9	18	14,59	11	18	14,64
4η	121,312	121	9	17	13,89	10	18	14,89
ΣΥΝΟΛΟ			9	19	13,8875	9	20	15,135

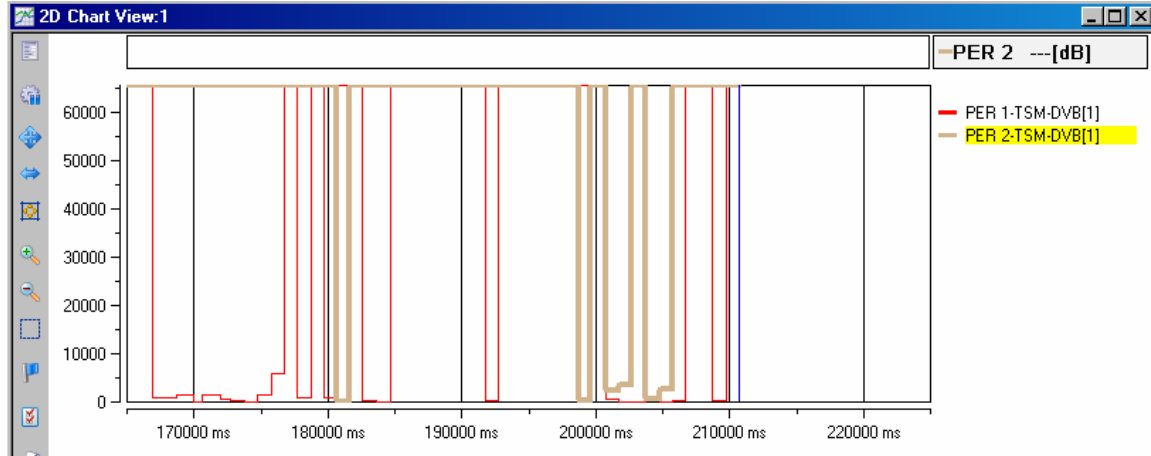
Πίνακας 5.20 : Πίνακας του MER Νέος Κόσμος

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του packet error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή του Νέου Κόσμου για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων



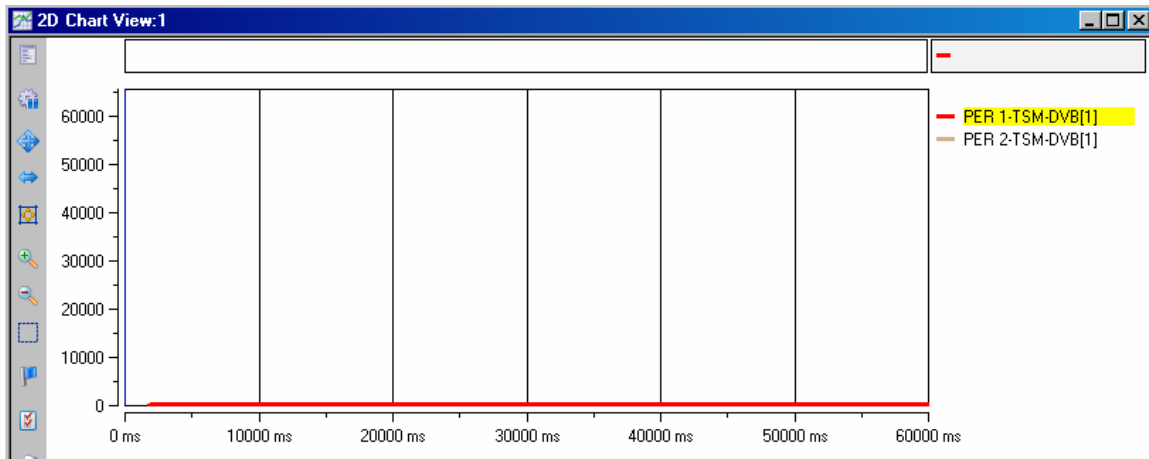
1^η κεραία λήψης



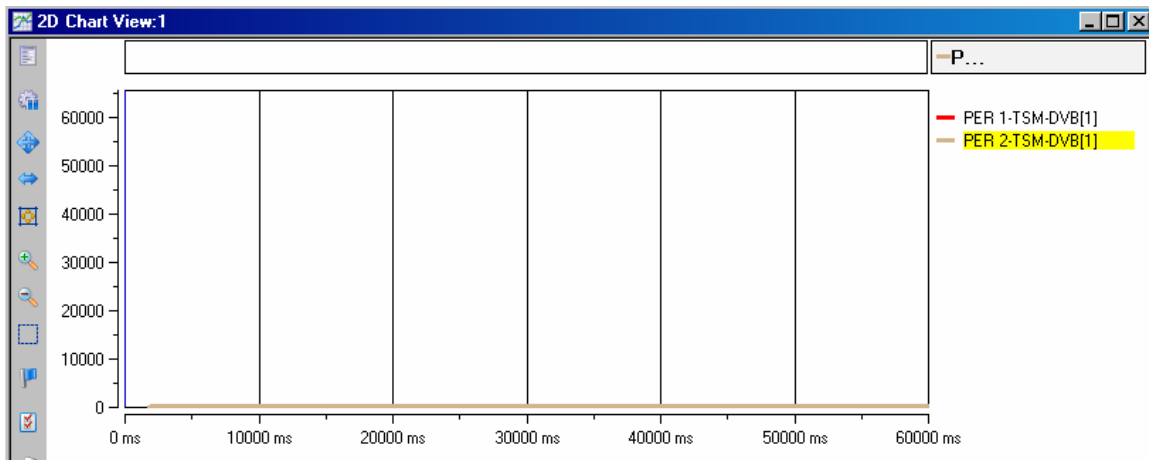
2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.54-5.55: Γραφική απεικόνιση του PER Νέος Κόσμος

2^ο σετ μετρήσεων



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.56-5.57: Γραφική απεικόνιση του PER Νέος Κόσμος

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του packet error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	PER 1 (pack/s)			PER 2 (pack/s)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	127,593	127	65535	65535	66059,28	0	0	0
2η	63,891	64	65535	65535	66592,02	65535	65535	66592,02
3η	139,125	139	0	65535	60751,92	0	0	0
4η	211,469	211	0	65535	38626,07	0	65535	47270,85
ΣΥΝΟΛΟ			0	65535	58007,32	0	65535	28465,72

Πίνακας 5.21 : Πίνακας του PER Νέος Κόσμος

2^ο σετ μετρήσεων

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	PER 1 (pack/s)			PER 2 (pack/s)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	300,969	300	0	0	0	0	0	0
2η	180,766	180	0	0	0	0	0	0
3η	61,578	61	0	0	0	0	0	0
4η	121,312	121	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ			0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.22 : Πίνακας του PER Νέος Κόσμος

Τέλος παραθέτουμε το συνολικό πίνακα με τα επιμέρους μεγέθη που μετρήσαμε για τα 2 σετ μετρήσεων.

1^ο σετ μετρήσεων

	MIN	MAX	AVERAGE
RF Level Channel 1 (dBm)	-98,2	-51,6	-65,3725
RF Level Channel 2 (dBm)	-62,7	-44,5	-60,95
MER 1 (dB)	9	14	5,9875
MER2 (dB)	9	17	11,6475
BER after RS 1	3E-006	2E-001	0,06
BER after RS 2	3E-006	2E-001	0,2125
PER 1 (pack/s)	0	65535	58007,32
PER 2 (pack/s)	0	65535	28465,72
C/(N+i) 1 (dB)	0	14	17,295
C/(N+i) 2 (dB)	5	17	36,0575

Πίνακας 5.23 : : Συνολικός πίνακας Νέος Κόσμος

2^ο σετ μετρήσεων

	MIN	MAX	AVERAGE
RF Level Channel 1 (dBm)	-61,3	-52,1	-58,095
RF Level Channel 2 (dBm)	-57,9	-52,7	-55,5225
MER 1 (dB)	9	19	13,8875
MER2 (dB)	9	20	15,135
BER after RS 1	8E-006	5E-005	0
BER after RS 2	1E-005	5E-005	0
PER 1 (pack/s)	0	0	0
PER 2 (pack/s)	0	0	0
C/(N+i) 1 (dB)	17	21	19,415
C/(N+i) 2 (dB)	19	22	20,4075

Πίνακας 5.24 : : Συνολικός πίνακας Νέος Κόσμος

Παραθέτουμε τώρα φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής της μέτρησης καθώς και στιγμιαίες εικόνες (snapshots) του προγράμματος του TV-tuner για την ποιοτική μελέτη της εικόνας που λήφθηκε στο σημείο μέτρησης.





Εικόνα 5.58-5.60: Φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής

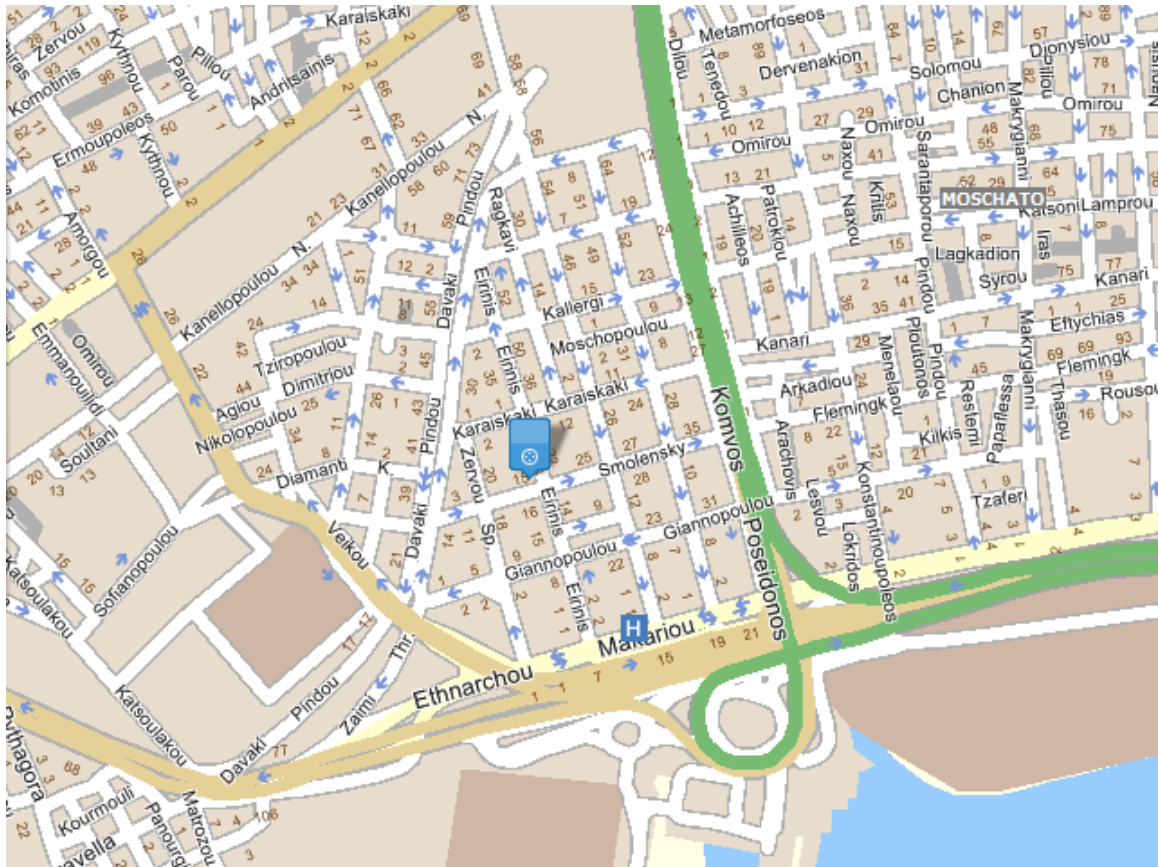


Εικόνα 5.61: Snapshots TV-Tune



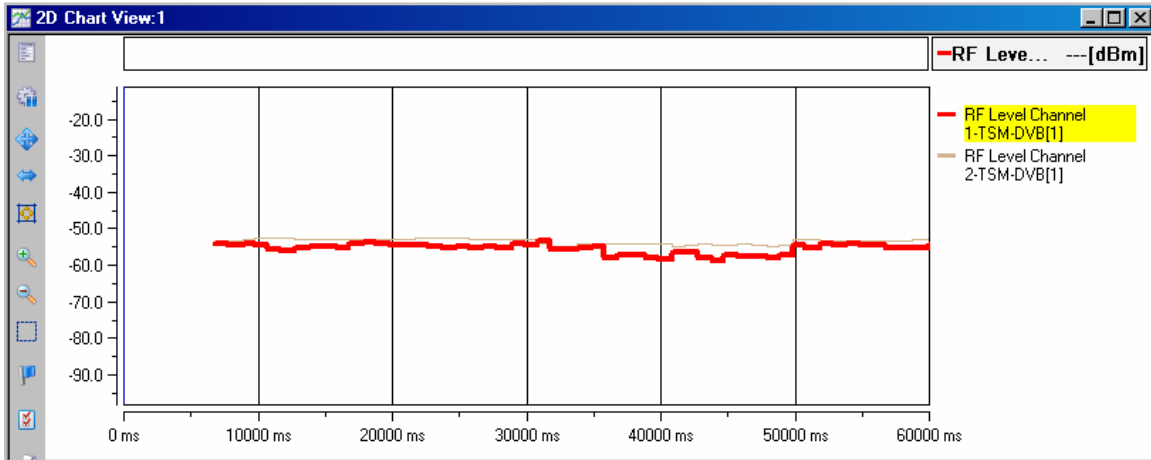
Εικόνα 5.62: Snapshots TV-Tune

5.2.4 Περιοχή Νέου Φαλήρου-Πειραιά

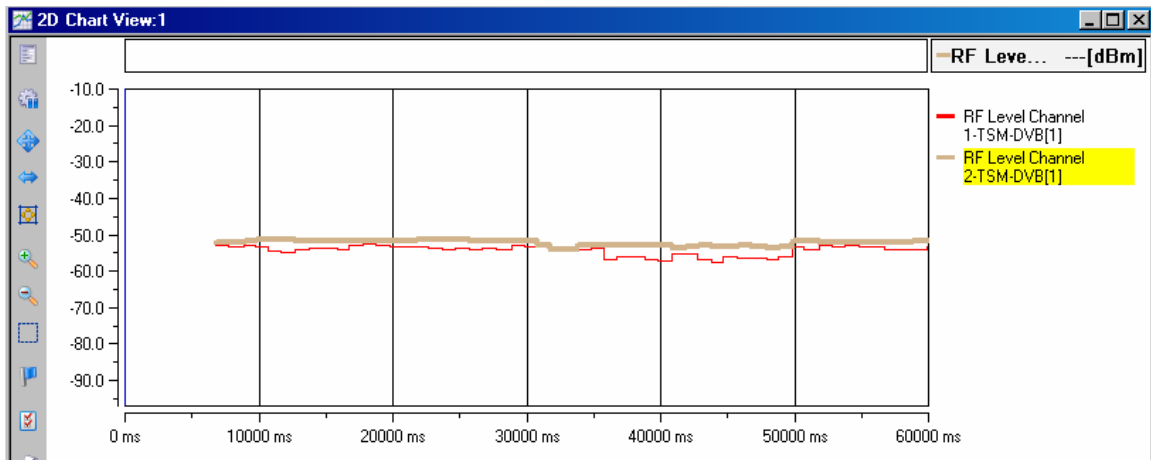


Εικόνα 5.63 : Σημείο Μέτρησης Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Νέου Φαλήρου-Πειραιά



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

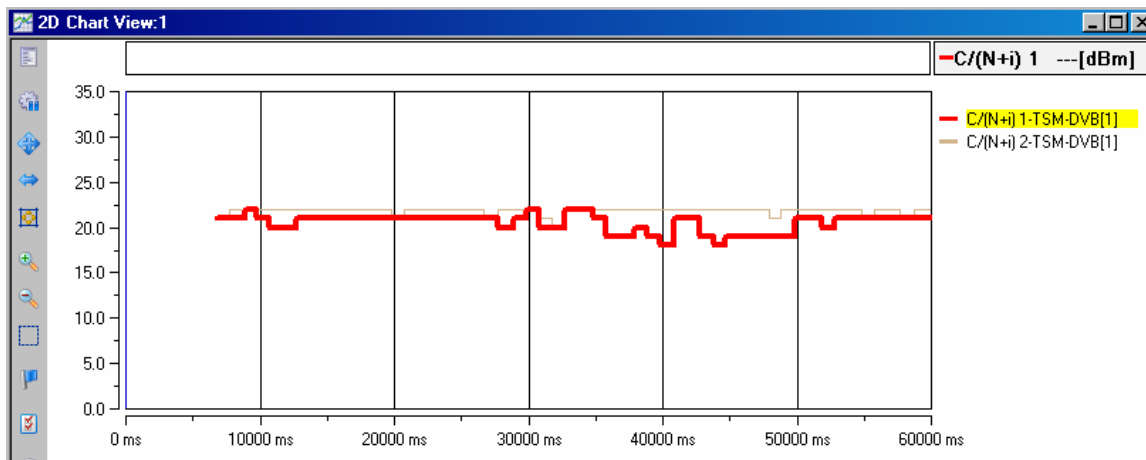
Εικόνες 5.64-5.65: Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο της ισχύος του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

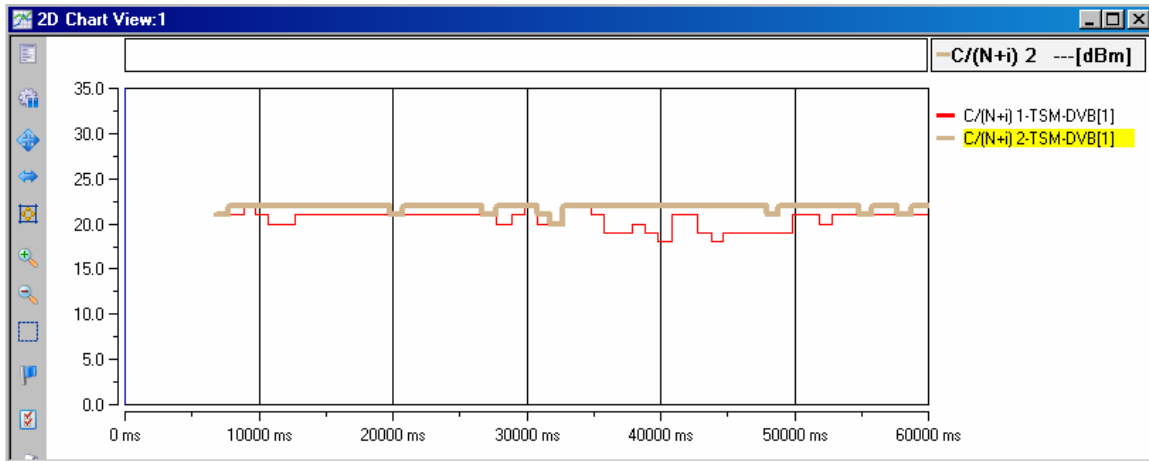
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	RF Level Channel 1(dBm)			RF Level Channel 2 (dBm)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	37,609	37	-58,6	-54,9	-58,11	-53,6	-51,2	-54,03
2η	184,891	185	-60,5	-53,1	-55,75	-54	-51,1	-52,68
3η	302,906	297	-60,4	-53,2	-55,86	-54,1	-50,8	-51,53
4η	182,859	182	-56,9	-54,9	-56,01	-52	-51,58	-50,7
ΣΥΝΟΛΟ			-60,5	-53,1	-56,4325	-54,1	-50,8	-52,235

Πίνακας 5.25: Πίνακας Λαμβανόμενης Ισχύς Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του λόγου φέροντος προς θόρυβο πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Νέου Φαλήρου-Πειραιά



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.66-5.67: Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέου Φαλήρου-Πειραιά.

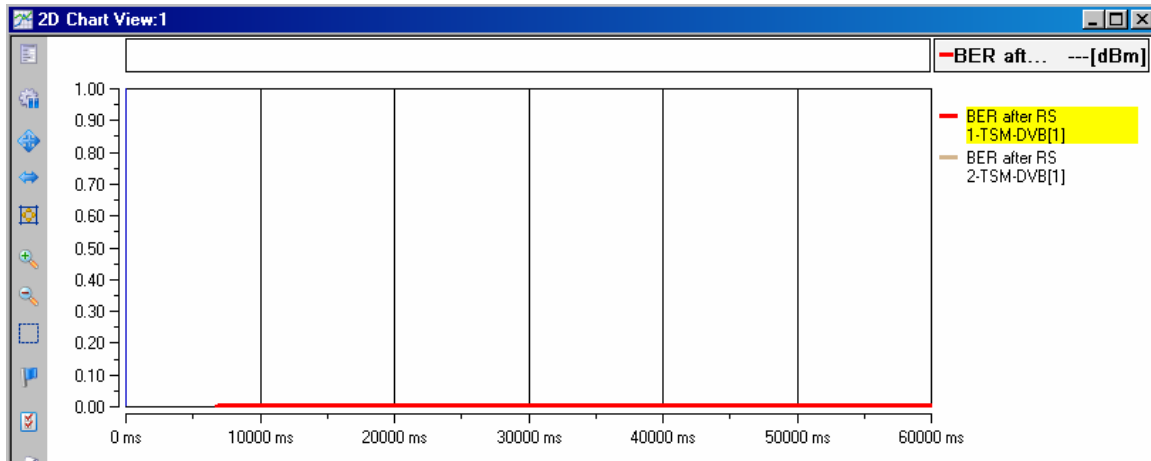
Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του λόγου φέροντος προς θόρυβο του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	C/(N+i) 1 (dB)			C/(N+i) 2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	37,609	37	19	21	20,66	21	22	22,23
2η	184,891	185	18	22	20,71	21	22	21,83
3η	302,906	297	18	22	20,43	20	23	21,92
4η	182,859	182	20	21	20,89	21	23	22,08
ΣΥΝΟΛΟ			18	22	20,6725	20	23	22,015

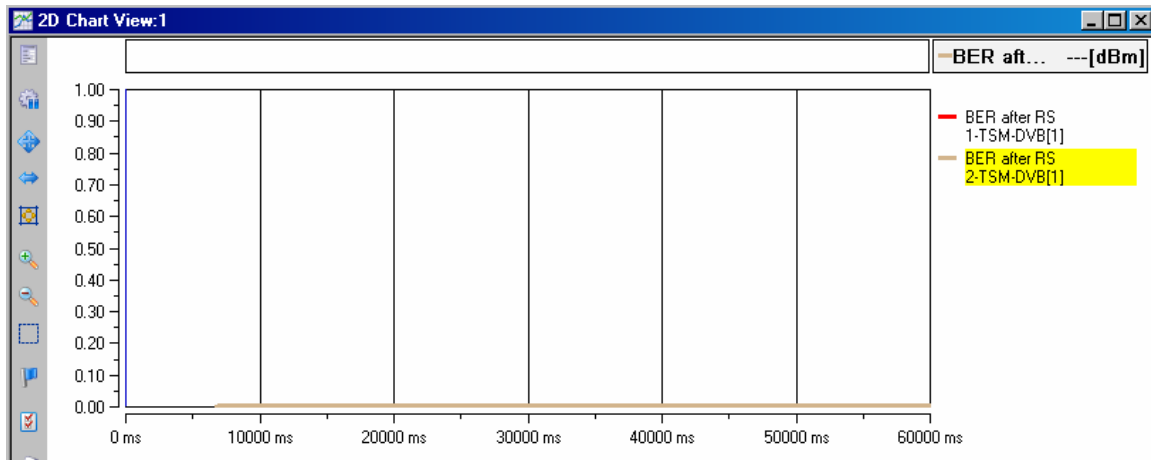
Πίνακας 5.26: Πίνακας του λόγου φέροντος προς θόρυβο Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του bit error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Νέου Φαλήρου-Πειραιά.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του bet του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

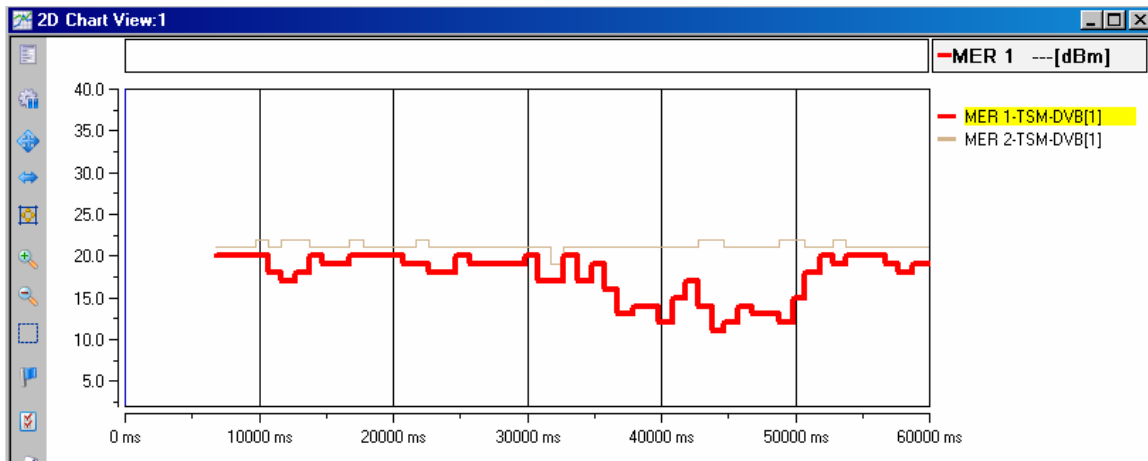
Εικόνες 5.68-5.69: Γραφική απεικόνιση του BER Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του BER του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

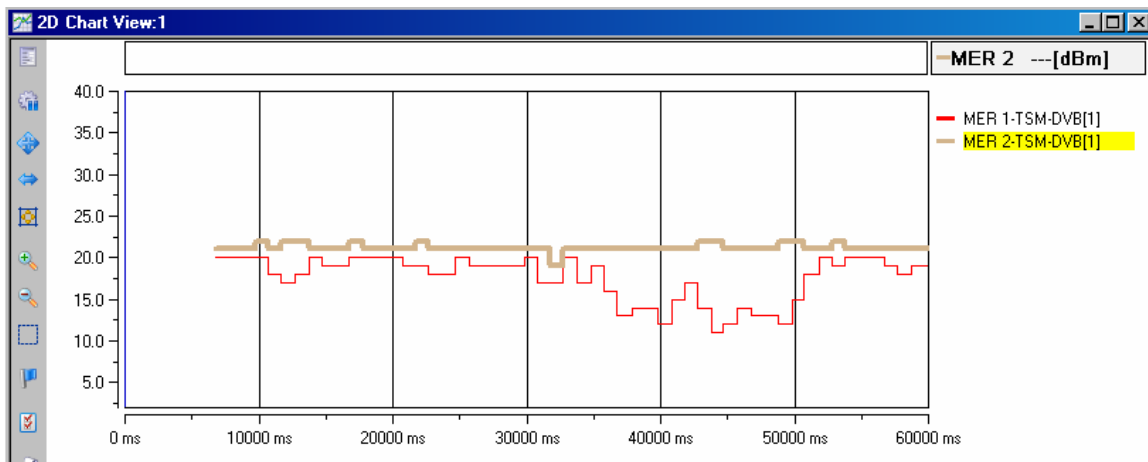
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	BER after RS 1			BER after RS 2		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	37,609	37	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	5×10^{-5}	6×10^{-5}	0
2η	184,891	185	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	5×10^{-5}	6×10^{-5}	0
3η	302,906	297	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	5×10^{-5}	6×10^{-5}	0
4η	182,859	182	2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	5×10^{-5}	6×10^{-5}	0
ΣΥΝΟΛΟ			2×10^{-5}	5×10^{-5}	0	5×10^{-5}	6×10^{-5}	0

Πίνακας 5.27: Πίνακας του BER Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του modulation error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Νέου Φαλήρου-Πειραιά



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

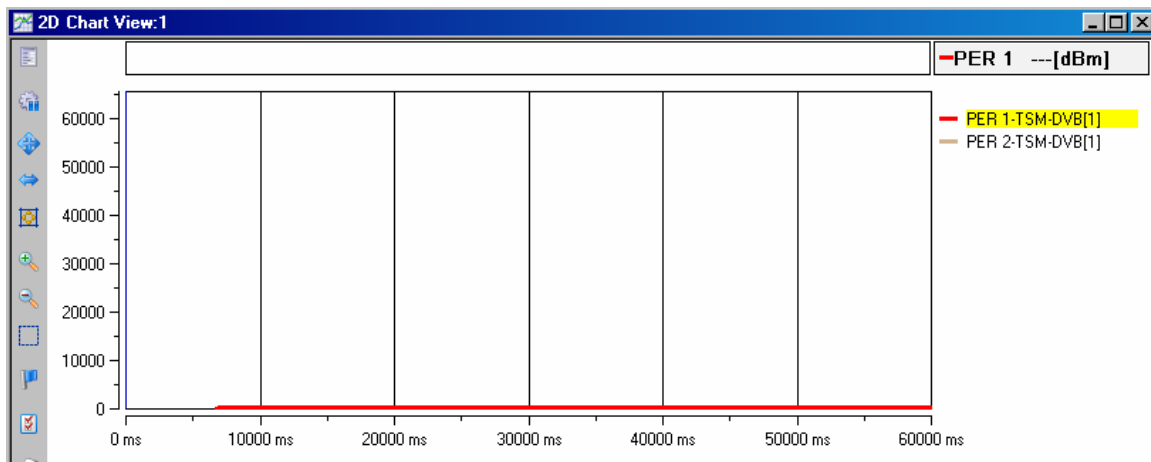
Εικόνες 5.70-5.71: Γραφική απεικόνιση του MER Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του modulation error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραιές.

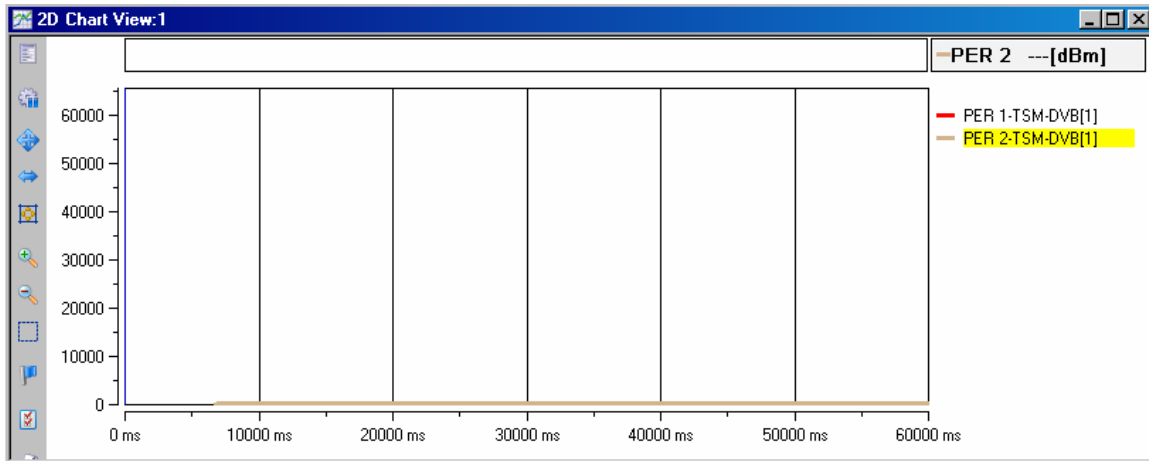
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	MER 1 (dB)			MER2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	37,609	37	11	20	17,06	21	22	21,8
2η	184,891	185	10	21	18,13	20	22	21,31
3η	302,906	297	10	20	16,38	19	22	21,38
4η	182,859	182	11	19	16,49	21	22	21,72
ΣΥΝΟΛΟ			10	21	17,015	19	22	21,5525

Πίνακας 5.28: Πίνακας του MER Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του packet error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Νέου Φαλήρου-Πειραιά.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.72-5.73: Γραφική απεικόνιση του PER Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του packet error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	PER 1 (pack/s)			PER 2 (pack/s)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	37,609	37	0	0	0	0	0	0
2η	184,891	185	0	0	0	0	0	0
3η	302,906	297	0	0	0	0	0	0
4η	182,859	182	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ			0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.29: Πίνακας του PER Νέου Φαλήρου-Πειραιά

Τέλος παραθέτουμε το συνολικό πίνακα με τα επιμέρους μεγέθη που μετρήσαμε.

ΝΕΟ ΦΑΛΗΡΟ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ			
	MIN	MAX	AVERAGE
RF Level Channel 1 (dBm)	-60,5	-53,1	-56,4325
RF Level Channel 2 (dBm)	-54,1	-50,8	-52,235
MER 1 (dB)	10	21	17,015
MER2 (dB)	19	22	21,5525
BER after RS 1	2x10-5	5x10-5	0
BER after RS 2	5x10-5	6x10-5	0
PER 1 (pack/s)	0	0	0
PER 2 (pack/s)	0	0	0
C/(N+i) 1 (dB)	18	22	20,6725
C/(N+i) 2 (dB)	20	23	22,015

Πίνακας 5.30: Συνολικός πίνακας Νέου Φαλήρου-Πειραιά

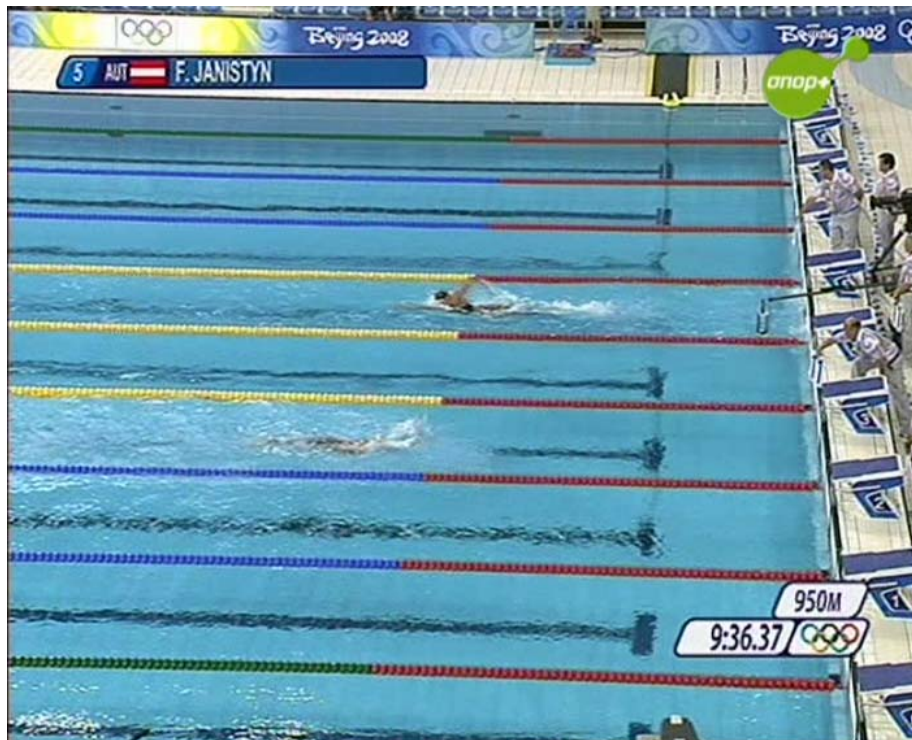
Παραθέτουμε τώρα φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής της μέτρησης καθώς και στιγμιαίες εικόνες (snapshots) του προγράμματος του TV-tuner για την ποιοτική μελέτη της εικόνας που λήφθηκε στο σημείο μέτρησης.



Εικόνα 5.74-5.75: Φωτογραφίες περιβάλλοντος χώρου.

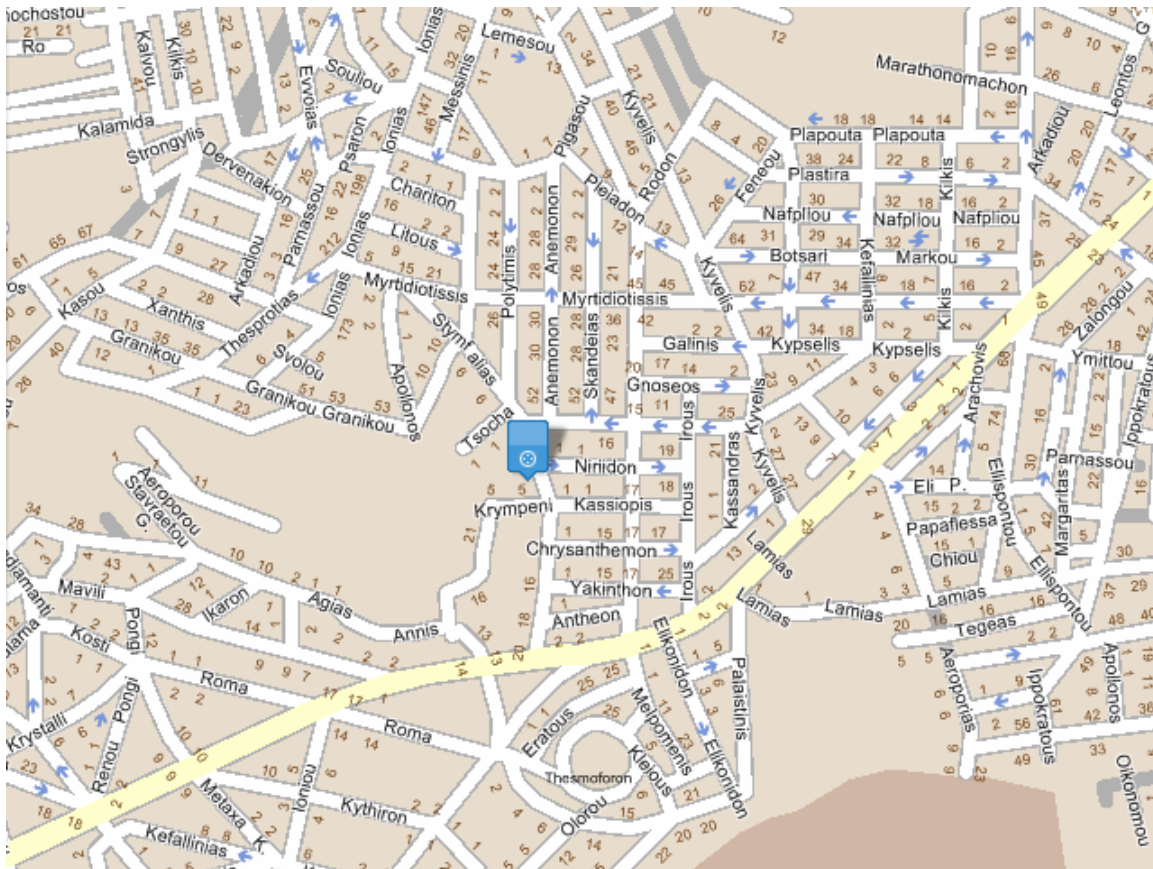


Εικόνα 5.76: Snapshots TV-Tune



Εικόνα 5.77: Snapshots TV-Tune

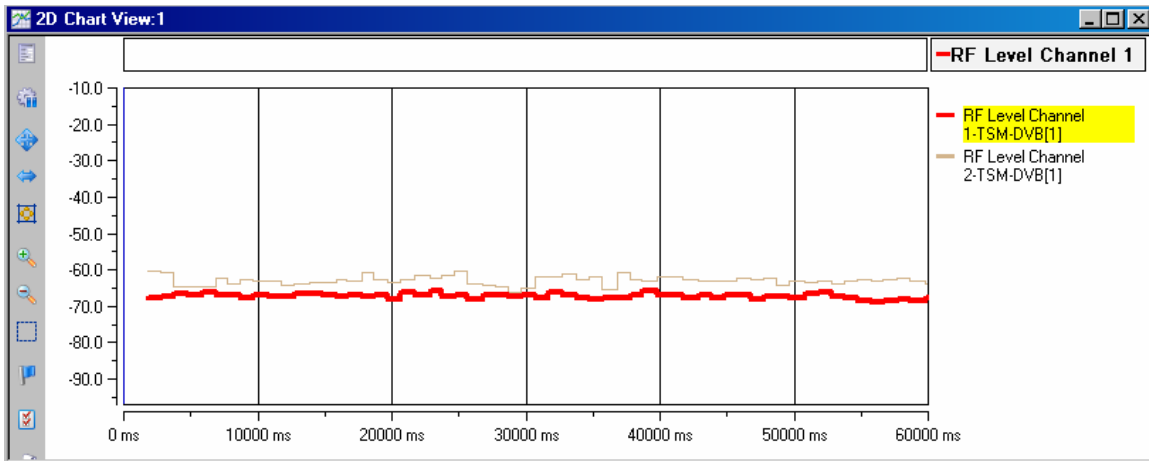
5.2.5 Περιοχή Αλίμου



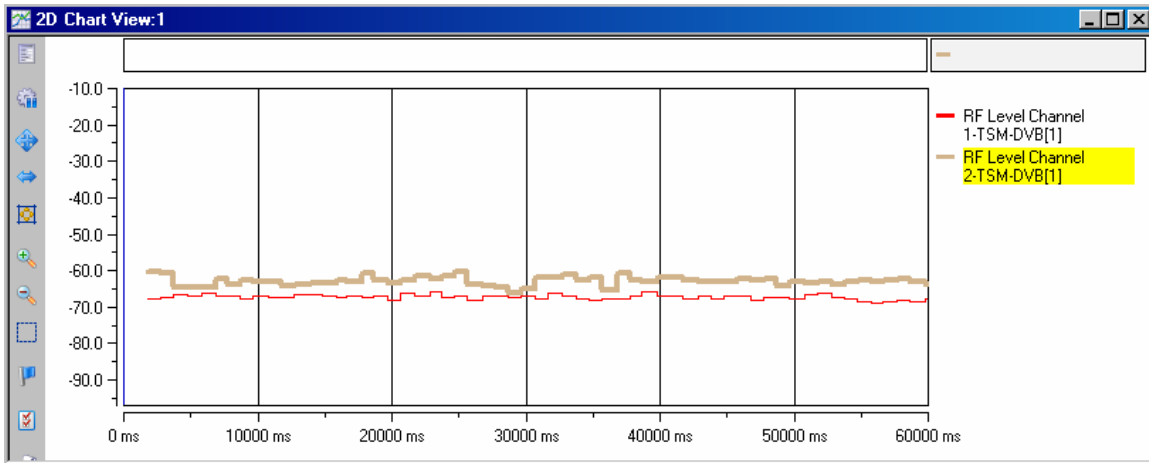
Εικόνα 5.78 : Σημείο Μέτρησης Αλίμου

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Αλίμου.

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις της λαμβανόμενης ισχύος πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Αλίμου.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

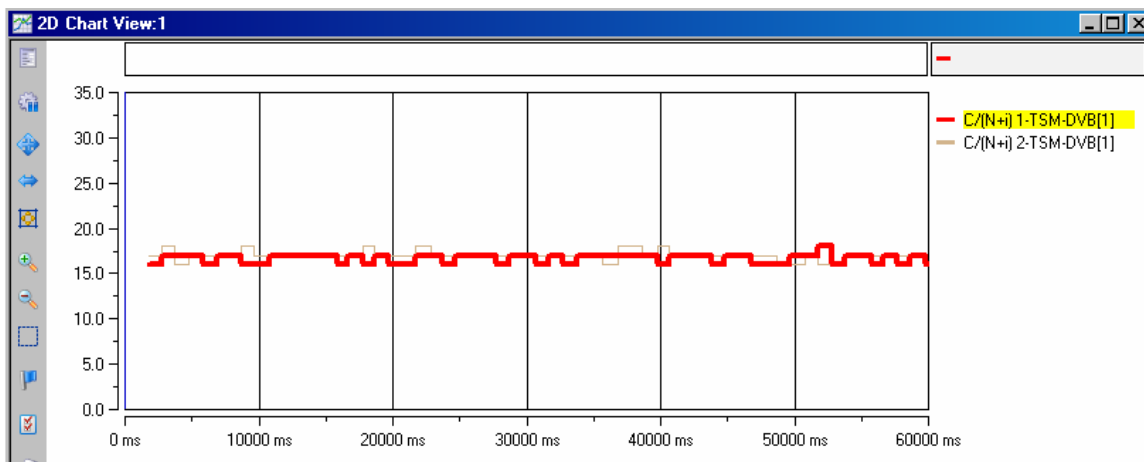
Εικόνες 5.79-5.80: Γραφική απεικόνιση της ληφθείσας ισχύος Αλίμου

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο της ισχύος του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

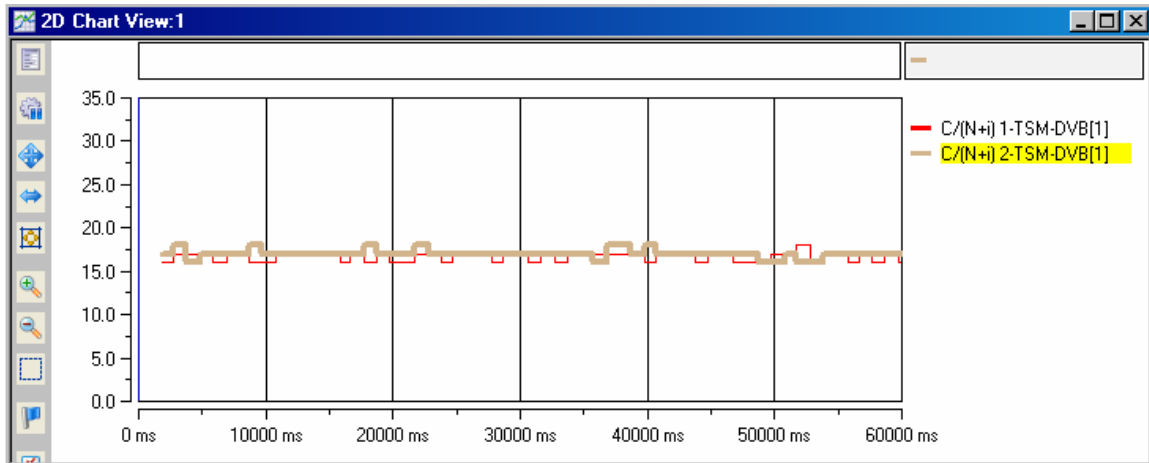
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	RF Level Channel 1 (dBm)			RF Level Channel 2 (dBm)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	302,844	302	-69,4	-60,5	-66,79	-69	-63,5	-66,18
2η	127,625	127	-67,5	-61,3	-65,95	-69,5	-62,9	-66,89
3η	31,64	31	-67,2	-65	-68,38	-67,3	-65	-68,31
4η	123,266	123	-67,7	-64,1	-66,3	-68	-64	-66,74
ΣΥΝΟΛΟ			-69,4	-60,5	-66,855	-69,5	-62,9	-67,03

Πίνακας 5.31: Πίνακας Λαμβανόμενης Ισχύς Άλιμος

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του λόγου φέροντος προς θόρυβο πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Αλίμου.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.81-5.82: Γραφική απεικόνιση του λόγου φέροντος προς θόρυβο Αλίμου

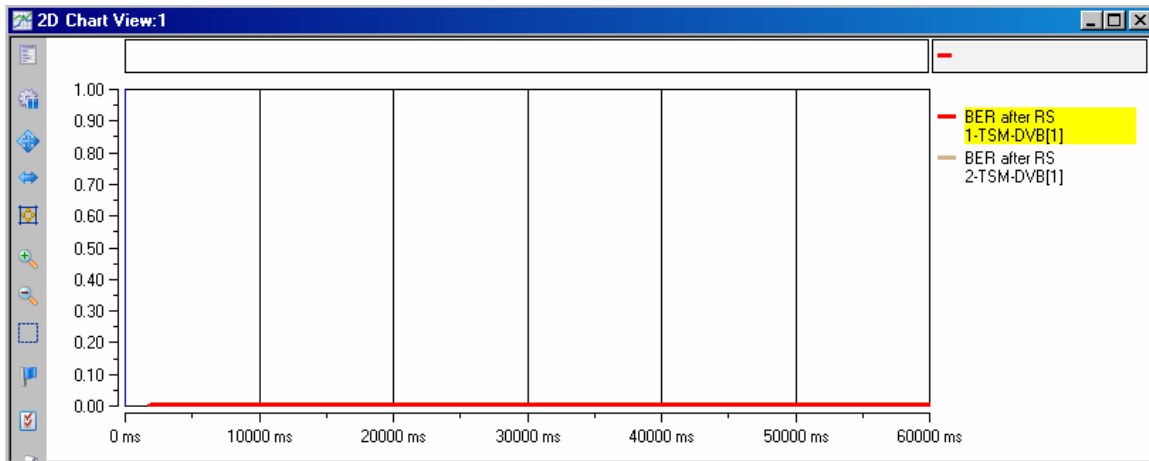
Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του λόγου φέροντος προς θόρυβο του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	C/(N+i) 1 (dB)			C/(N+i) 2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	302,844	302	15	18	16,71	14	19	16,58
2η	127,625	127	14	18	16,85	16	18	16,76
3η	31,64	31	16	17	17,24	16	17	16,93
4η	123,266	123	16	17	16,72	15	18	16,65
ΣΥΝΟΛΟ			14	18	16,88	14	19	16,73

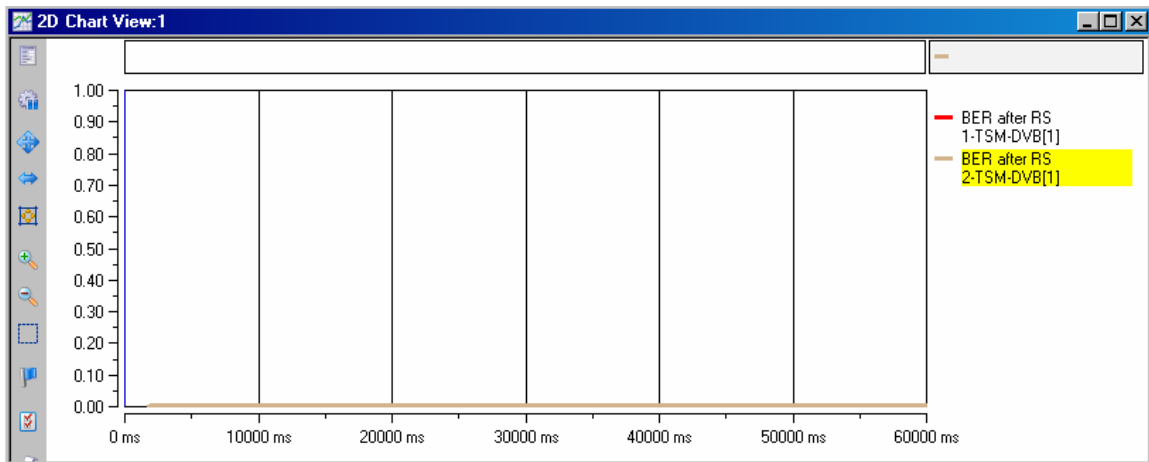
Πίνακας 5.32: Πίνακας του λόγου φέροντος προς θόρυβο Άλιμος

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του bit error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Αλίμου.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του bet του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

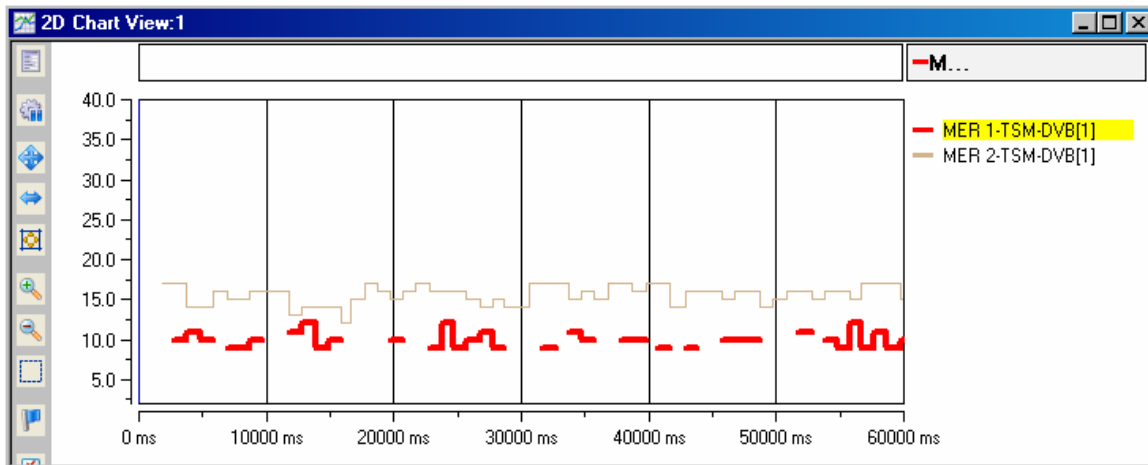
Εικόνες 5.83-5.84: Γραφική απεικόνιση BER Αλίμου

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του BER του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

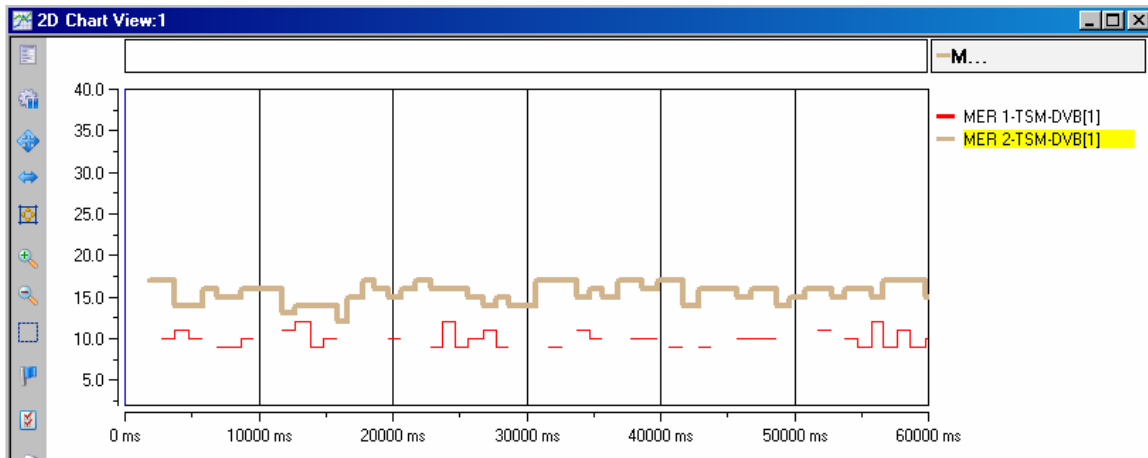
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	BER after RS 1			BER after RS 2		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	302,844	302	8×10^{-6}	4×10^{-5}	0	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0
2η	127,625	127	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0
3η	31,64	31	1×10^{-5}	3×10^{-5}	0	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0
4η	123,266	123	1×10^{-5}	3×10^{-5}	0	2×10^{-5}	4×10^{-5}	0
ΣΥΝΟΛΟ			8×10^{-6}	4×10^{-5}	0	1×10^{-5}	4×10^{-5}	0

Πίνακας 5.33: Πίνακας του BER Άλιμος

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του modulation error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Αλίμου.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

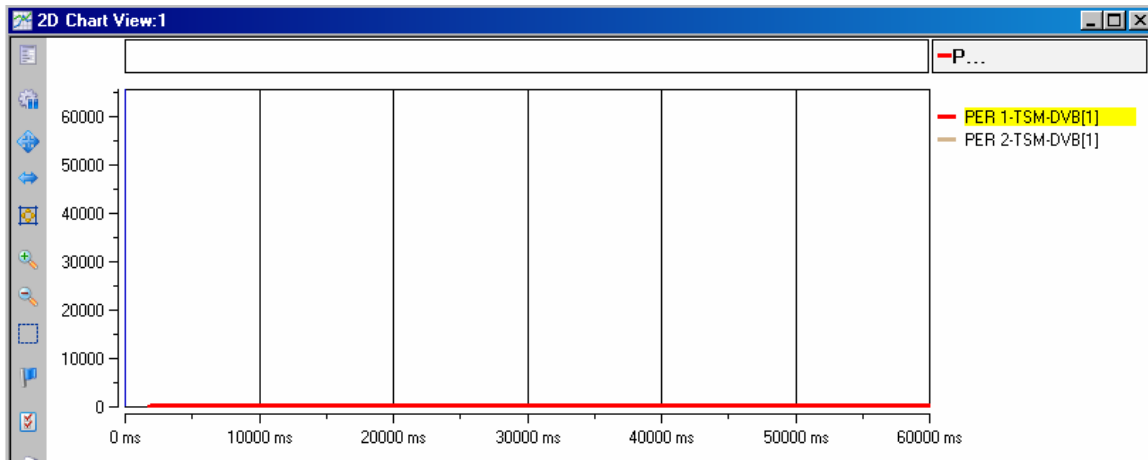
Εικόνες 5.85-5.86: Γραφική απεικόνιση MER Αλίμου

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του modulation error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραιές.

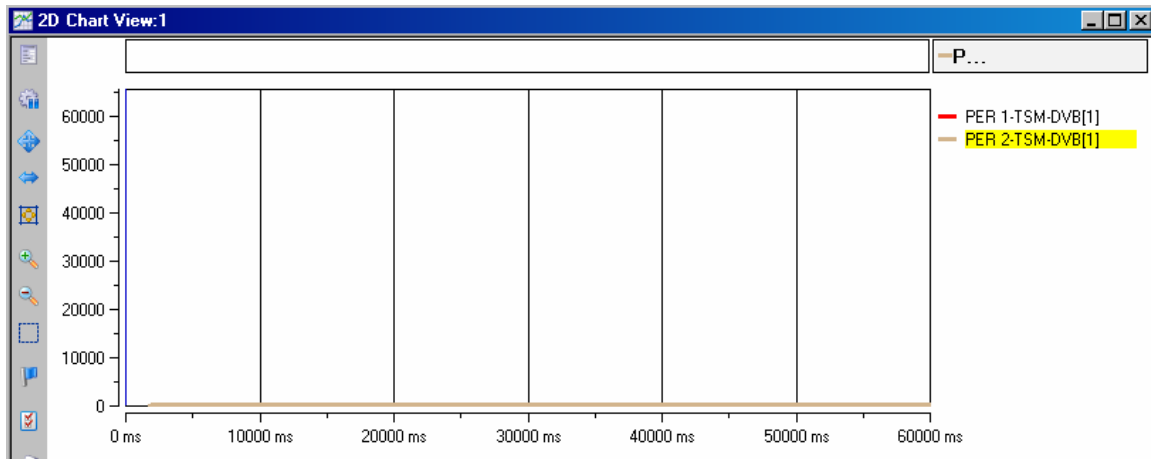
ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	MER 1 (dB)			MER2 (dB)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	302,844	302	9	13	22,65	9	16	13,41
2η	127,625	127	9	14	14,84	9	16	13,7
3η	31,64	31	9	12	17,08	9	15	13,85
4η	123,266	123	9	13	20,73	9	16	13,41
ΣΥΝΟΛΟ			9	14	18,825	9	16	13,5925

Πίνακας 5.34: Πίνακας του MER Άλιμος

Στη συνέχεια παρατίθενται οι γραφικές παραστάσεις του packet error rate πρώτα για την Κεραία 1 και μετά για την Κεραία 2 για την περιοχή Αλίμου.



1^η κεραία λήψης



2^η κεραία λήψης

Εικόνες 5.87-5.88: Γραφική απεικόνιση PER Αλίμου

Ο παρακάτω πίνακας δίνει στοιχεία για το επίπεδο του packet error rate του ληφθέντος ψηφιακού σήματος και στις δύο κεραίες.

ΜΕΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)	ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	PER 1 (pack/s)			PER 2 (pack/s)		
			MIN	MAX	AVERAGE	MIN	MAX	AVERAGE
1η	302,844	302	0	0	0	0	0	0
2η	127,625	127	0	0	0	0	0	0
3η	31,64	31	0	0	0	0	0	0
4η	123,266	123	0	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ			0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.35: Πίνακας του PER Άλιμος

Τέλος παραθέτουμε το συνολικό πίνακα με τα επιμέρους μεγέθη που μετρήσαμε.

ΑΛΙΜΟΣ			
	MIN	MAX	AVERAGE
RF Level Channel 1 (dBm)	-69,4	-60,5	-66,855
RF Level Channel 2 (dBm)	-69,5	-62,9	-67,03
MER 1 (dB)	9	14	18,825
MER2 (dB)	9	16	13,5925
BER after RS 1	8E-006	4E-005	0
BER after RS 2	1E-005	4E-005	0
PER 1 (pack/s)	0	0	0
PER 2 (pack/s)	0	0	0
C/(N+i) 1 (dB)	14	18	16,88
C/(N+i) 2 (dB)	14	19	16,73

Πίνακας 5.36: Συνολικός πίνακας Άλιμος

Παραθέτουμε τώρα φωτογραφίες του περιβάλλοντος χώρου της περιοχής της μέτρησης καθώς και στιγμιαίες εικόνες (snapshots) του προγράμματος του TV-tuner για την ποιοτική μελέτη της εικόνας που λήφθηκε στο σημείο μέτρησης.



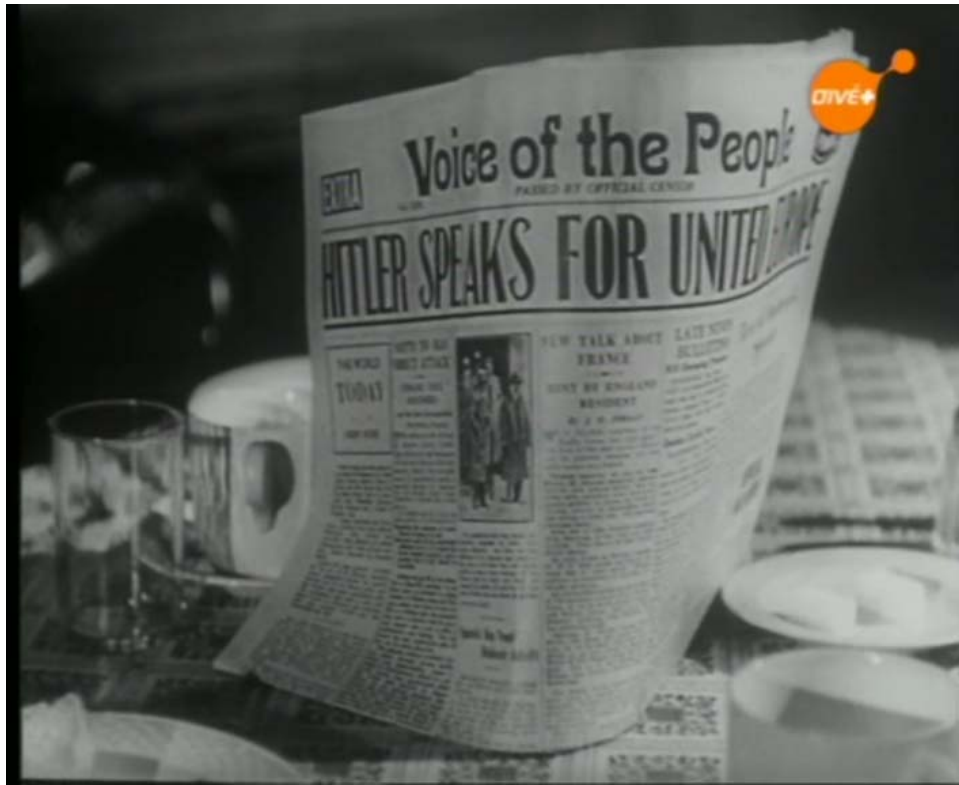
Εικόνα 5.89: Φωτογραφίες περιβάλλοντος χώρου



Εικόνα 5.90: Φωτογραφίες περιβάλλοντος χώρου



Εικόνα 5.91: Φωτογραφίες περιβάλλοντος χώρου



Εικόνα 5.92-5.93: Snapshots TV-Tune

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Προδιαγραφές μετρήσεων σύμφωνα με το πρότυπο ETSI

Στο πρότυπο ETSI EN 300 744 V1.5.1 2004/2006 (Digital Video Broadcasting DVB framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television) και ETSI TR 101 190 V1.2.1 2004/2007 (Digital Video Broadcasting DVB implementation guidelines for DVB terrestrial services, transmission aspects) υποδηλώνονται οι προδιαγραφές ενός ψηφιακού σήματος, για τα βασικά χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν και τα οποία μετρήθηκαν.

Συγκεκριμένα για τον απαιτούμενο σηματοθορυβικό λόγο C/N για μη ιεραρχική μετάδοση για την επίτευξη ενός BER 2×10^{-4} , μετά τον Viterbi Quasi Error-Free και τον Reed Solomon, για σύστημα 16-QAM, code rate $\frac{3}{4}$ χρειαζόμαστε :

- 13 db για κανάλι τύπου Rice
- 16,7 db για κανάλι τύπου Rayleigh

Το στατιστικό μοντέλο Rice περιγράφει την κατάσταση στην οποία το άμεσο κύμα (LOS) που λαμβάνεται από την κεραία είναι πιο ισχυρό σε σύγκριση με τα έμμεσα ανακλώμενα κύματα. Ωστόσο η σχεδίαση ενός τέτοιου συστήματος δε μπορεί να βασίζεται σε αυτή την οπτιμιστική κατάσταση. Έχει αποδειχθεί θεωρητικά ότι όταν ο αριθμός των λαμβανόμενων επίπεδων κυμάτων που καταφθάνουν στο δέκτη από διάφορες κατευθύνσεις (πολυδιαδρομική διάδοση) είναι αρκούτως μεγάλος και δεν υπάρχει ισχυρή συνιστώσα προερχόμενη από διάδοση οπτικής επαφής (LOS), τότε η περιβάλλουσα του λαμβανόμενου σήματος έχει κατανομή Rayleigh και συνεπώς για την περιγραφή του καναλιού χρησιμοποιείται, υπερισχύει το στατιστικό μοντέλο Rayleigh. Πολυάριθμα πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι η κατανομή Rayleigh αποτελεί ένα

επαρκώς ακριβές μαθηματικό μοντέλο και για αυτό είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη συνάρτηση κατανομής για συστήματα επικοινωνιών τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους.

Στην προκειμένη περίπτωση το περιβάλλον μετρήσεων μας μπορεί να εμπίπτει και στις 2 κατηγορίες, τύπους διαύλων.

Σε ό,τι αφορά στην λαμβανόμενη στάθμη σήματος RF signal power με βάση τις τιμές του σηματοθορυβικού λόγου που επιλέχθηκαν για την συχνότητα των 690 MHz (συχνότητα της EPT) σημειώνουμε σύμφωνα με το πρότυπο ETSI η ελάχιστη απαιτούμενη τιμή είναι :

- -114 dbW για κανάλι τύπου Rice
- -108 dbW για κανάλι τύπου Rayleigh

Παρατηρούμε ότι αυτό συμβαδίζει και με τις τεχνικές προδιαγραφές του μηχανήματος , το οποίο μπορεί να λαμβάνει από -97 dbm έως -10 dbm (βαθύ κόκκινο στη λεζάντα χρώματος του μεγέθους RF signal power στη default ρύθμιση).

6.2 Συμπεράσματα ποιότητας ψηφιακού σήματος EPT για όλες τις περιοχές.

6.2.1 RF signal power

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι έχουμε υψηλή λαμβανόμενη ισχύ σήματος σε όλες τις περιοχές , εξαιρουμένης της προβληματικής μέτρησης (1^ο σετ μετρήσεων Νέος Κόσμος) με μέγιστη τιμή -50.8 dbm στο Νέο Φάληρο. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το σήμα μας εκεί ενισχύεται και από τον πομπό της Αίγινας με τον οποίο υπάρχει άμεση οπτική επαφή. Την πιο χαμηλή τιμή λαμβανόμενης ισχύος (εξαιρουμένης πάλι της προβληματικής μέτρησης στο Νέο

Κόσμο) παρατηρούμε στην περιοχή του Αλίμου -69.5 dbm η οποία δεν έχει οπτική επαφή με τον πομπό της Αίγινας αφού ο λόφος Πανί εμποδίζει την διάδοση οπτικής επαφής. Παρόλα αυτά εξακολουθεί να αποτελεί πολύ καλή τιμή στάθμης σήματος. Τέλος παρατηρούμε ότι ακόμα και σε πυκνοκατοικημένες περιοχές της Αθήνας με πολλά ψηλά κτίρια όπως ο Νέος Κόσμος η στάθμη σήματος είναι εξαιρετικά ικανοποιητική, λόγω του ότι το ύψος των παρακείμενων κτιρίων είναι περίπου ίδιο με το ύψος του σημείου μέτρησης.

6.2.2 Λόγος Σήματος προς θόρυβο και παρεμβολές

Το μέγεθος αυτό μαζί με την ισχύ του σήματος δίνει σημαντικά στοιχεία για το επίπεδο του θορύβου και της παρεμβολής, γεγονός πολύ σημαντικό ιδιαίτερα για ένα αστικό περιβάλλον με έντονο το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής διάδοσης.

Η υψηλότερη τιμή λόγου φέροντος προς θόρυβο παρατηρείται στην Δροσιά 28 db κάτι που πιθανόν να οφείλεται στο ότι αποτελεί αραιοκατοικημένη περιοχή και έχει οπτική επαφή με τους πομπούς Υμηττού και Πάρνηθας, ενώ την χαμηλότερη τιμή παρατηρούμε στον Άλιμο 14 db κάτι που συμβαδίζει με την μέτρηση της χαμηλότερης τιμής της στάθμης σήματος στο ίδιο σημείο. Όλες οι μετρήσεις μας βρίσκονται πάνω από το όριο για το C/N+I όπως αυτό προκύπτει από το πρότυπο του ETSI που προαναφέρθηκε, εξαιρουμένης πάντα της προβληματικής μέτρησης στον Νέο Κόσμο.

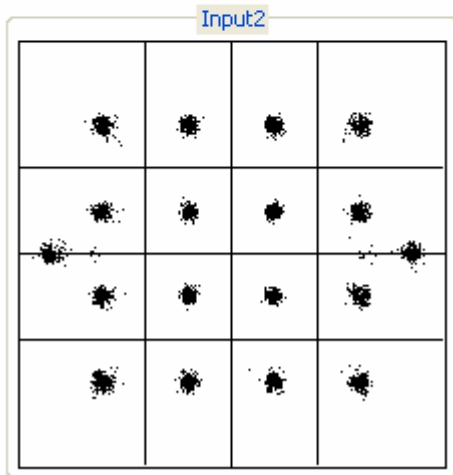
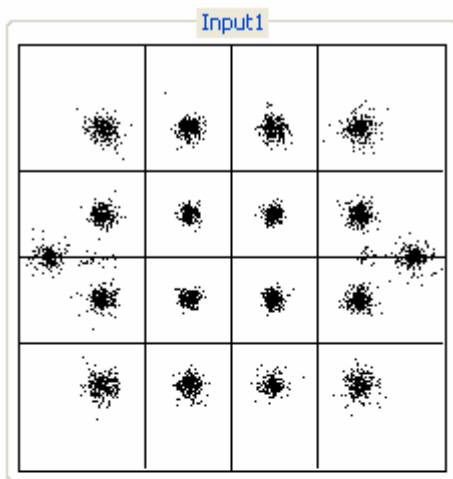
6.2.3 BER

Παρατηρούμε ότι οι μέγιστες τιμές απέχουν κατά πολύ από το σημαντικό όριο του 2×10^{-4} όπως για παράδειγμα πλησιάζουν την τάξη του 10^{-6} , εκτός από μεμονωμένες μετρήσεις όπου η τιμή ανεβαίνει και πλησιάζει την τάξη του 10^{-1} . Ωστόσο πρόκειται όμως για στιγμιαία μέτρηση και όχι για μία γενικότερη αύξηση του BER στην περιοχή. Εξαιρούμε πάντα την προβληματική μέτρηση στο Νέο Κόσμο που θα αναλυθεί τελευταία.

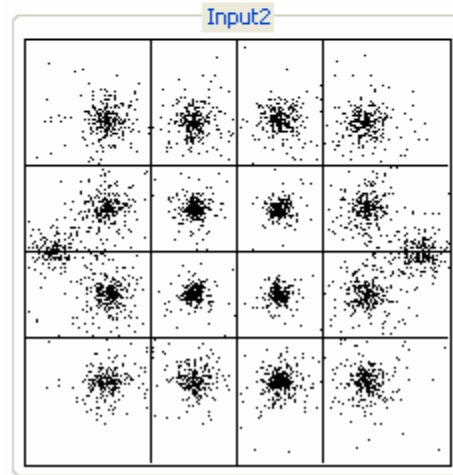
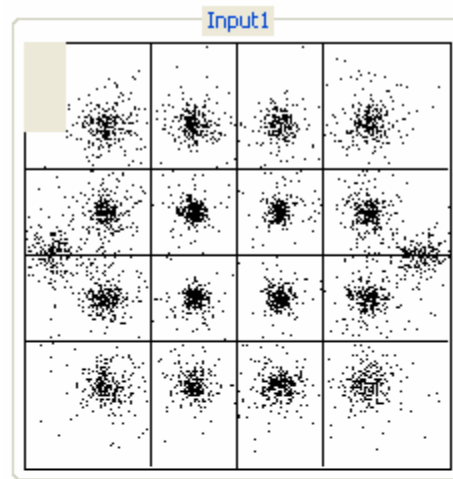
6.2.4 MER

Όπως έχει αναφερθεί, το MER είναι ένα μέγεθος που ποσοτικοποιεί την ποιότητα της μετάδοσης, υπολογίζοντας την απόσταση ανάμεσα στην ιδανική θέση των συμβόλων στο διάγραμμα αστερισμού και σε αυτή στην οποία βρέθηκαν στο ληφθέν σήμα. Παρατηρούμε σχετικά υψηλές τιμές του μεγέθους με μέγιστη τιμή τα 27db. Το διάγραμμα constellation οπτικοποιεί τις τιμές αυτές.

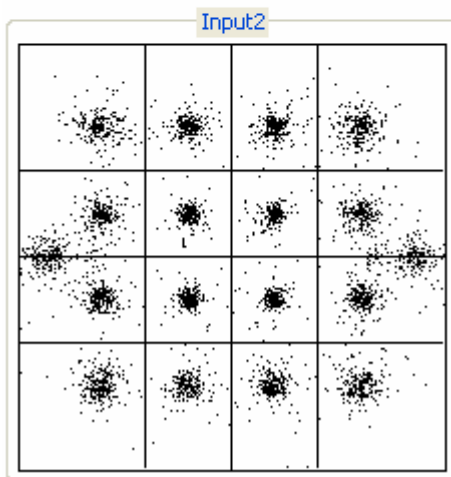
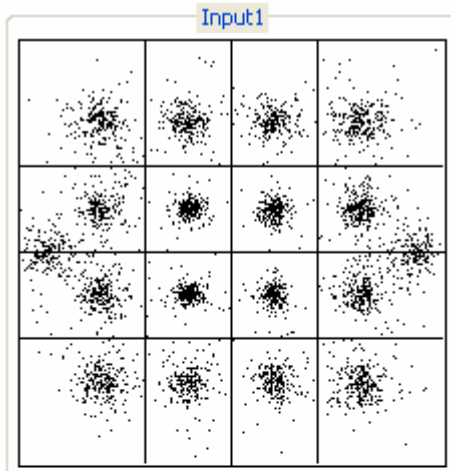
Όντως παρατηρούμε ότι στην περιοχή της Δροσιάς το διάγραμμα αστερισμού (constellation diagram) παρουσιάζει την υψηλότερη συγκέντρωση. Παρουσιάζουμε τα διαγράμματα constellation στις περιοχές μέτρησης, με εξαίρεση την προβληματική μέτρηση στο Νέο Κόσμο.



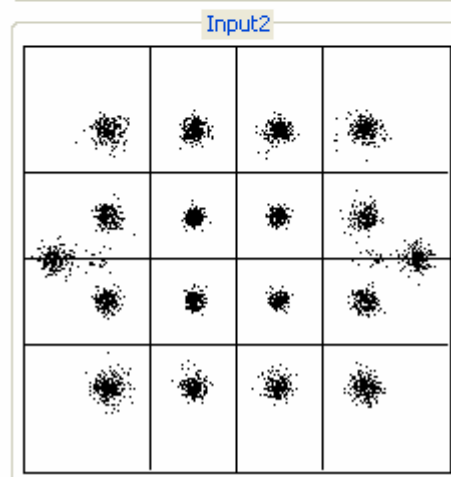
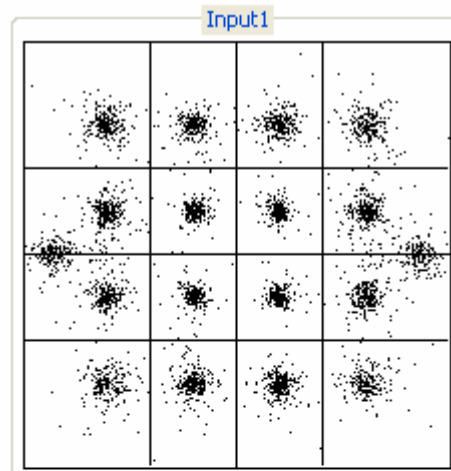
Εικόνα 6.1 Constellation Δροσιά



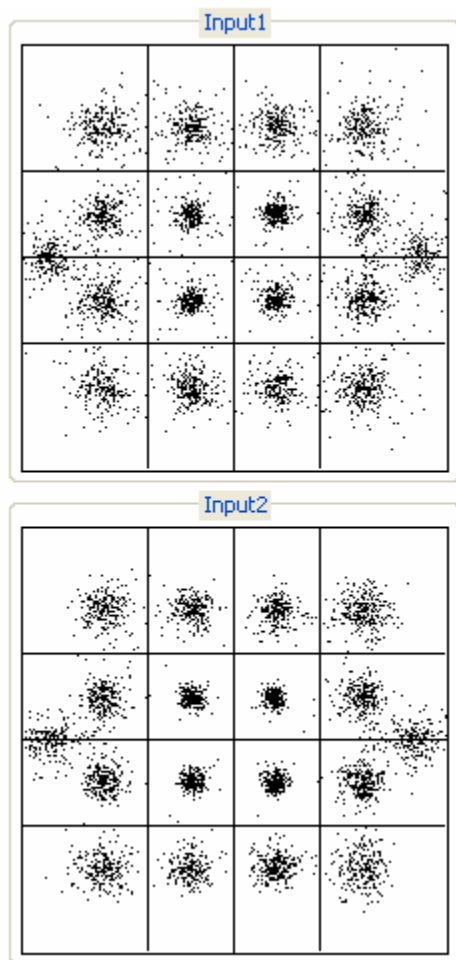
Εικόνα 6.2 Constellation Αγ. Ανάργυροι



Εικόνα 6.3 Constellation N.Κόσμος
2^ο σετ μετρήσεων



Εικόνα 6.4 Constellation N.Φάληρο



Εικόνα 6.5 Constellation Άλιμος

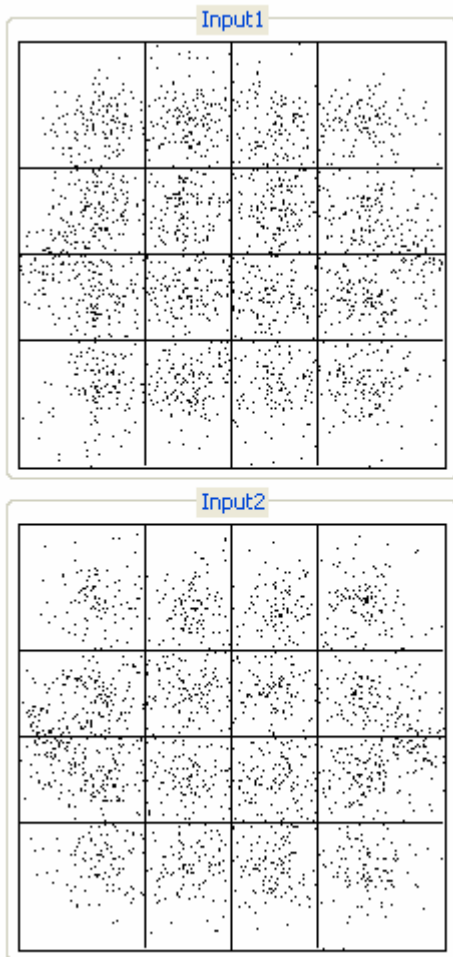
6.2.5 PER

Παρατηρούμε ότι ο ρυθμός εσφαλμένων πακέτων είναι μηδενικός σε όλες τις μετρήσεις μας, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τα snapshots (στιγμιαίες εικόνες) και το video που λάβαμε από το TV-tuner.

6.2.6 Σχολιασμός προβληματικής μέτρησης – 1^ο σετ μετρήσεων Νέος Κόσμος.

Όπως έχουμε αναφέρει το πρώτο σετ μετρήσεων στην περιοχή του Ν.Κόσμου παρουσίαζε προβλήματα στο κλείδωμα των κεραιών. Συγκεκριμένα

παρουσιάστηκε πρόβλημα στο συγχρονισμό των κεραιών καθώς σε ορισμένες μετρήσεις(πρώτη και τρίτη) κλείδωνε μόνο η μια κεραία ενώ στις υπόλοιπες(δεύτερη και τέταρτη) δεν κλείδωνε καμία από τις δυο κεραιές. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τις χαμηλές τιμές $C/N+I$ (ελάχιστη τιμή 0) , RF (-98,2dbm) , από το υψηλό BER και το μη μηδενικό PER (περίπου 58.007packets/sec). Τέλος το σεντ αυτό των μετρήσεων παρουσίασε το χαμηλότερο MER (περίπου 5,98 db) , κάτι που επιβεβαιώνεται και οπτικά από την μεγάλη αραιότητα στο διάγραμμα αστερισμού του.



Εικόνα 6.6 Constellation N.Κόσμος (πρώτο σεντ μετρήσεων)

7. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

BER : Bit Error Rate

CEPT : European Conference of Postal and Telecommunications Administrations

COFDM : Coded Orthogonal Frequency – Division Multiplexing

DVB-H : Digital Video Broadcasting - Handheld

DVB-T : Digital Video Broadcasting - Terrestrial

DVB-T2 : Digital Video Broadcasting 2 – Terrestrial

EBU : European Broadcasting Area

EE : Ευρωπαϊκή Ένωση

EPT : Ελληνική Ραδιοφωνική Τηλεόραση

ETSI : European Telecommunications Standard Institute

GE06 : Geneva 2006

GPS : Global Pointer System

HDTV : High Definition Television

IEC : International Electrotechnical Commission

ITU : International Telecommunication Union

MFN : Multi-Frequency Network

MPEG-2 : αποτελεί πρότυπο κωδικοποίησης ψηφιακών τηλεοπτικών σημάτων
ανεπτυγμένο από το Moving Pictures Expert Group

MPEG-4 : αποτελεί πρότυπο κωδικοποίησης ψηφιακών τηλεοπτικών σημάτων
ανεπτυγμένο από το Moving Pictures Expert Group

NTSC : National Television Standard Committee

OFCOM : Office of Communications

OFDM : Orthogonal Frequency – Division Multiplexing

OFDMA : Orthogonal Frequency – Division Multiple Access

PAL : Phase Alternate Line

QAM : Quadrature Amplitude Modulation

QPSK : Quadrature Phase Shift Keying

RF : Radio Frequency

RN : Reference Network

RPC : Reference Planning Configuration
RRC : Regional Radiocommunications Conference
SDTV : Standard Definition Television
SECAM : Sequential Couleur Avec Memoire
SFN : Single Frequency Network
SIR: Signal-to-Interference Ratio
SNR : Signal-to-Noise Ratio
T-DAB : Terrestrial-Digital Audio Broadcasting
TPS : Transmission Signaling Parameter
UHF : Ultra High Frequency
USB : Universal Serial Bus
VHF : Very High Frequency

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. EN 300 744 V1.5.1 2004/2006 (Digital Video Broadcasting DVB framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television)
2. ETSI TR 101 190 V1.2.1 2004/2007 (Digital Video Broadcasting DVB implementation guidelines for DVB terrestrial services, transmission aspects),
3. EBU – Technical review: “RRC-06 / Technical basis and planning configurations for T-DAB and DVB-T” (Roland Brugger and Kerstin Mayer) in the bands between 470-600 MHz”
4. EBU – Technical review: “High Definition for Europe – A progressive approach” (David Wood)
5. www.ebu.ch: EBU News: “Future of Digital TV could depend on ITU decisions” (SMC 010)
6. “UHF Technical Compatibility issues” (Prepared for Ofcom by Ægis as part of the “Preparatory study for the UHF spectrum award”)
7. Διπλωματική Εργασία: «Μελέτη περιπτώσεων παρεμβολής μεταξύ συστημάτων αναλογικής και ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης» (Ελένη Ν. Παπανικολάου)
8. Διπλωματική Εργασία: «Μελέτη των προδιαγραφών και των χαρακτηριστικών μετάδοσης σήματος επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. διαφοροποιήσεις στα κράτη που υλοποιήθηκε και μελέτη των χαρακτηριστικών στον Ελλαδικό χώρο» (Μπουλούκος Κ. Βασίλειος)
9. ITU: Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)
10. ETSI TR 101 290 V1.2.1 (2001-2005) Digital Video Broadcasting ;Measurement guidelines for DVB systems
11. Rec. ITU-R SM.851-1: “Sharing between the broadcasting service and the fixed and/or mobile services in the VHF and UHF bands”.
12. ITU: “Final Acts of the European Broadcasting Conference in the VHF and UHF bands” (Stockholm 1961)

13. www.wikipedia.org
14. www.digitalradiotech.co.uk (DVB-T2 to enable HDTV post-switchover)
15. www.itu.int
16. Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, DVB-T Δίκτυο, Ψηφιακή τηλεόραση στην Ελλάδα, Δήμητρα-Θεοδώρα Ι. Κακλαμάνη Αν. Καθηγήτρια ΕΜΠ
17. Analysis and measurements on the DVB-T Spectrum by Juan Navalpotro, Textronix S
18. EBU(D.Wood)-European perspectives on digital television broadcasting
19. IRT (G.Petke) Planning aspects of digital terrestrial television
20. R&S TSM-DVB Operating Manual