



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ**

**Εξέταση συνύπαρξης συστημάτων ευρυεκπομπής με κινητή
υπηρεσία**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αναστάσιος Δ. Κονταράτος
Νικόλαος Ε. Παναγιώτου**

**Επιβλέπων: Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Αθήνα, Ιούλιος 2008



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

**Εξέταση συνύπαρξης συστημάτων ευρυεκπομπής με κινητή
υπηρεσία**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Δ. Κονταράτος
Νικόλαος Ε. Παναγιώτου

Επιβλέπων: Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Ιούλιο 2008

.....
Χρήστος Καψάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παναγιώτης Κωττής
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2008

.....

Αναστάσιος Δ. Κονταράτος

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

.....

Νικόλαος Ε. Παναγιώτου

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

Copyright © Αναστάσιος Κονταράτος, Νικόλαος Παναγιώτου 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.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει τη συνύπαρξη υπηρεσιών τηλεόρασης (αναλογικής και ψηφιακής) και υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας στη UHF ζώνη συχνοτήτων. Εξαιτίας της μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση αναμένεται να απελευθερωθούν νέες συχνότητες προς εκμετάλλευση (digital dividend) στη ζώνη αυτή.

Αρχικά, λοιπόν, γίνεται παρουσίαση της δομής και της λειτουργίας του προτύπου DVB-T για την ψηφιακή τηλεόραση και του συστήματος UMTS/IMT-2000 για την κινητή τηλεφωνία. Γίνεται, επίσης, αναφορά στη δράση των συνεδρίων RRC-06 και WRC-07, οι αποφάσεις των οποίων επηρέασαν τη διαμόρφωση του νέου παγκόσμιου ψηφιακού χάρτη.

Στη συνέχεια γίνεται μελέτη συνύπαρξης στη UHF ζώνη συχνοτήτων της αναλογικής τηλεόρασης με υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας και μελετώνται ζητήματα παρεμβολών. Ακολουθεί όμοια μελέτη συνύπαρξης ψηφιακής τηλεόρασης και υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας, όπου, επίσης, μελετώνται ζητήματα παρεμβολών και προτείνονται τεχνικές μείωσής τους καθώς και λύσεις αρμονικής συνύπαρξης.

Τέλος, προσεγγίζεται το ζήτημα αξιοποίησης των νέων συχνοτήτων τόσο από την πλευρά των παρόχων ψηφιακής τηλεόρασης όσο και από την πλευρά των παρόχων κινητής τηλεφωνίας.

Λέξεις κλειδιά: DVB-T, UMTS, IMT-2000, RRC-06, WRC-07, Καταμερισμός συχνοτήτων, Εκχώρηση συχνοτήτων, Ψηφιακή τηλεόραση, Αναλογική τηλεόραση, Υπηρεσία κινητών επικοινωνιών, Κινητή υπηρεσία πολυμέσων, Ψηφιακός χάρτης, Πλάνο GE06, Εναρμονισμένη υποζώνη συχνοτήτων, Λόγος προστασίας, Διάκριση κεραίας, HDTV, DVB-T2, Digital dividend, Μεταβατική περίοδος, Ψηφιακή είσοδος στο πλάνο, Ευρυεκπομπή

Abstract

This thesis analyzes the feasibility of the coexistence of television systems (analogue or digital) and mobile telephony systems in the UHF frequency band. Due to the transition from analogue to digital television, frequencies from this band are expected to be available for utilization by new telecommunications technologies (digital dividend).

First of all, the structure and operation of the standards DVB-T of digital television and UMTS/IMT-2000 of mobile telephony are presented. In addition, there's a refer to the conferences RRC-06 and WRC-07, the final acts of which affected the formation of the new world digital map.

Following, a study of the coexistence of analogue television with mobile telephony is presented and interference issues between these two systems are studied. In addition, a similar study of the coexistence of digital television and mobile telephony is presented, where, also, interference issues between these two systems are analyzed and some techniques for the reduction of this interference are proposed.

Finally, the issue of the utilization of these new available frequencies is approached both from the point of view of the digital television and the mobile telephony operators.

Key words: DVB-T, UMTS, IMT-2000, RRC-06, WRC-07, Allotment, Assignment, Digital television, Analogue Television, Mobile telecommunications service, Mobile multimedia service, Digital map, GE06 Plan, Harmonizing sub-band, Protection ration, Antenna Discrimination, HDTV, DVB-T2, Digital dividend, Transition period, Digital plan entry, Broadcasting

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε στη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών. Ωστόσο, η πραγματοποίησή της δε θα ήταν εφικτή χωρίς τη βοήθεια συγκεκριμένων ανθρώπων.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντα της διπλωματικής μας εργασίας κ. Χρήστο Καψάλη για την ευκαιρία που μας έδωσε να εργαστούμε σε ένα τόσο σύγχρονο και ταυτόχρονα ενδιαφέρον αντικείμενο, αλλά και για την αμέριστη βοήθεια που μας προσέφερε.

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους ερευνητές του εργαστηρίου Ασυρμάτου και Επικοινωνίας Μεγάλων Αποστάσεων του Ε.Μ.Π., κ. Βασίλειο Καλογήρου και κ. Βασίλειο Τσιαφάκη, για τη συνεχή καθοδήγηση που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της διπλωματικής μας εργασίας.

Τέλος, επιθυμούμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας προς τις οικογένειές μας για την κατανόηση και συμπαράσταση με κάθε δυνατό τρόπο καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Αναστάσιος Κονταράτος
Νικόλαος Παναγιώτου
Ιούλιος 2008

Περιεχόμενα

Ευρετήριο σχημάτων	17
Ευρετήριο πινάκων	21
Εισαγωγή	23
1. Προτυποποίηση DVB-T.....	25
1.1 Γενικά.....	25
1.1.1 Τι είναι Ψηφιακή Τηλεόραση;.....	25
1.1.2 Λόγοι στους οποίους οφείλεται η μετατροπή της αναλογικής τηλεόρασης σε ψηφιακή.	25
1.2 Μοντέλο ευρυεκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης.....	27
1.2.1 Διαθέσιμα πρότυπα ψηφιακής τηλεόρασης.....	28
1.2.2 Γενικά χαρακτηριστικά του DVB	28
1.2.3 Γενικά χαρακτηριστικά του προτύπου DVB-T	30
1.2.4 Μοντέλο ευρυεκπομπής του προτύπου DVB-T	31
1.2.5 Πλεονεκτήματα του συστήματος DVB-T	31
1.2.5.1 Παρεχόμενες υπηρεσίες του DVB-T	32
1.3 ETSI προδιαγραφές – Περιγραφή και αποδοχή από την ITU, ERO και EBU ..	34
1.3.1 Σύστημα μετάδοσης.....	34
1.3.1.1 Αναδιάταξη των bit του ψηφιακού ρεύματος και τυχαιοποίηση για διασπορά ενέργειας.....	36
1.3.1.2 Εξωτερική κωδικοποίηση (Αλγόριθμος Reed-Solomon)	37
1.3.1.3 Συνελκτική και εσωτερική κωδικοποίηση των bytes	37
1.3.1.4 Διαμόρφωση OFDM και μετάδοση	39
1.3.1.5 Δομή πλαισίου OFDM.....	41
1.3.1.6 Παράμετροι Μετάδοσης	43
1.3.1.7 Επιλογή σχήματος διαμόρφωσης και ρυθμού κωδικοποίησης.....	50
1.3.1.8 Επιλογή αριθμού φερόντων	51
1.3.1.9 Επιλογή μεταξύ ιεραρχικού και μη ιεραρχικού τρόπου μετάδοσης...	52
1.3.1.10 Το σήμα εισόδου στον εκπομπό.....	53
1.3.1.11 Κάλυψη και ελάχιστες τιμές πεδίου.....	55
1.4 Δίκτυα συστήματος DVB-T.....	58

1.4.1 Δίκτυα πολλαπλής συχνότητας (MFN)	58
1.4.1.1 Γενικά.....	58
1.4.1.2 Συμβατικός προγραμματισμός MFNs.....	59
1.4.1.3 Σχεδιασμός MFN δικτύων	60
1.4.2 Ενιαία δίκτυα συχνότητας (SFN)	61
1.4.2.1 Γενικά.....	61
1.4.2.2 Αποδοτικότητα φάσματος.....	61
1.4.2.3 Καθυστέρηση ηχούς σε SFN δίκτυα.....	63
1.4.2.4 Κέρδος δικτύων	63
1.4.2.5 Αρχικά προβλήματα εισαγωγής SFN	64
1.4.2.6 Περιορισμοί χρήσης SFN	65
1.4.2.6.1 Συγχρονισμός συχνότητας.....	65
1.4.2.6.2 Συγχρονισμός χρόνου.....	65
1.4.2.6.3 Συγχρονισμός σε επίπεδο bit	66
1.4.2.6.4 Συγχρονισμός ενεργειακής διασποράς.....	66
1.4.2.6.5 Σταθμοί ισχύος	66
1.4.2.7 Στρατηγικές συγχρονισμού SFN δικτύων	67
1.4.2.7.1 Γενικά.....	67
1.4.2.7.2 Μοντέλο σχεδιασμού SFN.....	68
1.4.2.8 Αλγόριθμοι συγχρονισμού σε SFN δίκτυα.....	69
1.4.2.8.1 Γενικά.....	69
1.4.2.8.2 Αλγόριθμος με επιλογή του ισχυρότερου σήματος.....	69
1.4.2.8.3 Αλγόριθμος με επιλογή του πρώτου σήματος που υπερβαίνει το κατώτατο επίπεδο ορίου.....	70
1.4.2.8.4 Αλγόριθμος με επιλογή του κέντρου βάρους.....	72
1.4.2.8.5 Παραλλαγή αλγορίθμου με επιλογή του πρώτου σήματος που ξεπερνάει κάποιο επίπεδο κατωτάτου ορίου.....	73
1.4.2.8.6 Αλγόριθμος μέγιστου λόγου C/I	74
1.4.2.9 Επιλογή διαστήματος προστασίας σε SFN δίκτυα	74
1.4.2.10 Επίδραση του διαστήματος προστασίας στο ποσοστό κάλυψης	75
1.4.2.11 Υλοποίηση SFN δικτύων	78
1.4.2.11.1 Επιλογή παραμέτρων	78
1.4.2.11.2 Κατασκευή δικτύων.....	79
1.4.2.11.3 Πρότυπα δίκτυα αναφοράς (RNs).....	80

2. Προτυποποίηση UMTS/IMT-2000	91
2.1 Τι είναι το UMTS;.....	91
2.2 Υπηρεσίες UMTS/IMT-2000.....	92
2.3 Παρουσίαση του UMTS.....	94
2.3.1 Δίκτυο UMTS.....	94
2.3.2 3G συχνότητες.....	95
2.3.3 Ταχύτητα δεδομένων 3G και LAN.....	98
2.3.4 WCDMA (UMTS).....	98
2.3.5 UMTS Link Budget.....	100
2.3.6 UMTS Codes.....	102
2.3.7 UTRA χρονοθυρίδες (time slots).....	103
2.3.8 UMTS QoS (Quality of Service).....	104
2.3.9 Προσφερόμενη ποσότητα Bit (Offered Bit Quantity, OBQ).....	105
2.3.10 Έλεγχος ισχύος UMTS.....	107
2.4 Το UMTS σήμερα.....	107
2.5 Εφαρμογή του UMTS στις UHF συχνότητες.....	108
2.5.1 Προσομοίωση.....	109
2.5.2 UMTS 500.....	114
2.5.3 UMTS 500 Parameters.....	116
3. Εργασίες των συνεδρίων RRC-06 και WRC-07	119
3.1 RRC-06.....	119
3.1.1 Γενικά.....	119
3.1.2 Ανάλυση συμβατότητας.....	122
3.1.3 Αποτελέσματα σχεδιασμού της RRC-06.....	122
3.1.3.1 Συχνότητες.....	122
3.1.3.2 Διαδικασία σχεδιασμού.....	122
3.1.3.3 Το πλάνο συχνοτήτων.....	123
3.1.3.4 Χρησιμοποίηση καναλιού.....	125
3.1.3.5 Περιορισμοί.....	129
3.1.3.6 Εξασφάλιση συνέχειας της ευρυεκπομπής.....	130
3.1.4 Η μεταβατική περίοδος.....	130
3.1.5 Ευελιξία.....	132
3.1.6 Η «έννοια του φακέλου» ("envelope concept").....	133

3.1.7 Συμμόρφωση με το ψηφιακό πλάνο εκχωρήσεων συχνοτήτων	134
3.1.8 Το Digital Dividend.....	135
3.1.9 Συμπεράσματα	137
3.2 WRC-07	138
3.2.1 Γενικά	138
3.2.2 Αποφάσεις	138
4. Συνύπαρξη Αναλογικής Τηλεόρασης με Κινητή Υπηρεσία.....	141
4.1 Αναλογικό επίγειο τηλεοπτικό σύστημα.....	141
4.1.1 Χρησιμοποιούμενες ζώνες συχνοτήτων από την αναλογική τηλεόραση..	141
4.1.2 Τύπος λήψης που υποστηρίζεται από την αναλογική τηλεόραση.....	144
4.1.3 Ελάχιστη προστατευόμενη ισχύς πεδίου.....	144
4.1.4 Απαιτήσεις ως προς την κάλυψη μιας αναλογικής επίγειας τηλεοπτικής υπηρεσίας.....	144
4.2 Συνύπαρξη αναλογικής τηλεόρασης και υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και σενάρια παρεμβολής	145
4.3 Διαδικασία εκτίμησης απαιτούμενης προστασίας της αναλογική τηλεόρασης από υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας	146
4.3.1 Λόγοι προστασίας.....	146
4.3.1.1 Γενικά.....	146
4.3.1.2 Λόγοι προστασίας για το vision channel	146
4.3.1.3 Λόγοι προστασίας για το sound channel	148
4.3.1.3.1 Αναλογικά συστήματα ήχου (συστήματα ενός ή δύο φερόντων ήχου).....	148
4.3.1.3.2 Ψηφιακά συστήματα ήχου	149
4.3.1.4 Λόγοι προστασίας για την εκτός καναλιού παρεμβολή.....	149
4.3.1.4.1 Γειτονικά κανάλια	149
4.3.1.4.2 Image channels	153
4.3.1.4.3 Άλλοι τύποι παρεμβολών	154
4.3.2 Protection margin για υπηρεσίες αναλογικής τηλεόρασης	154
4.3.3 Επιπλέον παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη.....	155
4.3.3.1 Adjustment factors (AF)	155
4.3.3.1.1 Παρεμβολή από σταθμούς σταθερών υπηρεσιών ή από σταθμούς βάσης επίγειων κινητών υπηρεσιών οι οποίοι είναι ορθογώνια πολωμένοι σε σχέση με το σταθμό υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης	156

4.3.3.1.2 Παρεμβολή από σταθμούς σταθερών υπηρεσιών ή από σταθμούς βάσης επίγειων κινητών υπηρεσιών οι οποίοι έχουν την ίδια πόλωση με το σταθμό υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης.....	156
4.3.3.1.3 Παρεμβολή από έναν σταθμό επίγειων κινητών υπηρεσιών που λειτουργεί σε απόσταση μεγαλύτερη των 40 km έξω από την περιοχή κάλυψης ενός σταθμού υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης	156
4.3.3.1.4 Παρεμβολή από έναν σταθμό επίγειων κινητών υπηρεσιών που λειτουργεί σε απόσταση μικρότερη των 40 km από μια τοποθεσία λήψης ενός σταθμού υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης.....	157
4.3.3.2 Πολλαπλές παρεμβολές από συνεγκατεστημένες πηγές	157
4.3.3.3 Πολλαπλές παρεμβολές από πηγές που δεν είναι συνεγκατεστημένες	157
4.3.3.4 Ενεργό ύψος κεραίας εκπομπής.....	158
4.3.4 Εκτιμήσεις παρεμβολών	158
4.4 Παράδειγμα μελέτης συνύπαρξης αναλογικής τηλεόρασης με υπηρεσία κινητής τηλεφωνίας	158
4.4.1 Σχόλια	160
5. Συνύπαρξη Ψηφιακής Τηλεόρασης και Κινητής Υπηρεσίας στις UHF συχνότητες και θέματα παρεμβολών	161
5.1 Εισαγωγή.....	161
5.2 Συνύπαρξη των RPC1 και RPC2/3 δικτύων στις ζώνες συχνοτήτων IV/V.....	162
5.2.1 Εξέταση του θέματος.....	162
5.2.1.1 Γενική περιγραφή.....	162
5.2.1.2 Το πλάνο GE06	163
5.2.1.3 Βάσεις για τεχνικές λύσεις.....	165
5.2.2 Μελέτη συμβατότητας.....	165
5.2.2.1 Απαιτήσεις προστασίας	165
5.2.2.2 Απαιτούμενη ισχύς πεδίου για σχεδίαση κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων	168
5.2.2.3 Διάκριση cross-polarization κεραίας	170
5.2.2.4 Σύνοψη μελετών συμβατότητας	170
5.2.2.5 Πιθανές τεχνικές μείωσης των παρεμβολών	173
5.2.2.6 Συμπεράσματα	174
5.3 Πιθανότητα εναρμόνισης μιας υποζώνης των ζωνών συχνοτήτων IV/V για τη ζεύξη καθόδου κινητών εφαρμογών πολυμέσων	175

5.3.1 Τεχνικά στοιχεία σε σχέση με τη δυναμική εναρμόνιση μιας υποζώνης συχνοτήτων για την εφαρμογή της κάτω ζεύξης εφαρμογών πολυμέσων στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz	175
5.3.1.1 Σχεδίαση τερματικών.....	175
5.3.1.1.1 Σχέση μεταξύ εύρους ζώνης και απόδοσης κεραίας.....	175
5.3.1.1.2 Φίλτρα	176
5.3.1.1.3 Σύγκριση μεταξύ ενσωματωμένων και εξωτερικών κεραιών.....	176
5.3.1.1.4 Συνέπειες σχετικά με το δικτυακό σχεδιασμό.....	176
5.3.1.2 Η «έννοια του φακέλου» (“envelope concept”) στην παρεμβολή.....	177
5.3.2 Διαχείριση συχνότητας και στοιχεία αγοράς σχετικά με την αναγνώριση μιας υποζώνης συχνοτήτων για την εφαρμογή της κάτω ζεύξης των κινητών εφαρμογών ευρυεκπομπής στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz	178
5.3.2.1 Τρέχουσα κατάσταση της ψηφιακής μετάβασης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz.....	178
5.3.2.1.1 DVB-T.....	178
5.3.2.1.2 Εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων στην Ευρώπη και παγκοσμίως	179
5.3.2.1.3 Άλλες υπηρεσίες.....	180
5.3.2.2 Απαιτήσεις φάσματος για τη λειτουργία κάτω ζεύξης των δικτύων κινητών υπηρεσιών πολυμέσων σε μία υποζώνη συχνοτήτων.....	180
5.3.2.3 Επίδραση της εναρμόνισης της υποζώνης συχνοτήτων στα υπάρχοντα στρώματα και επιπτώσεις σχετικά με διασυνοριακούς συντονισμούς και το πλάνο GE06	181
5.3.2.4 Πιθανές επιπτώσεις σχετικά με το κόστος, την αγορά και την καθυστέρηση.....	183
5.3.2.4.1 Συνέπειες σχετικά με το κόστος.....	183
5.3.2.4.2 Επιπτώσεις σχετικά με τις καθυστερήσεις.....	184
5.3.2.4.3 Μακροπρόθεσμη διάσταση της εναρμόνισης μιας υποζώνης συχνοτήτων	185
5.3.2.5 Κόστος και διαθεσιμότητα τερματικών	185
5.3.2.6 Σενάρια για την εισαγωγή μίας υποζώνης συχνοτήτων.....	186
5.3.3 Πιθανές προσεγγίσεις για την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων	186
5.3.3.1 Προσέγγιση 1: Εφαρμογή βασιζόμενη στο υπάρχον πλάνο ψηφιακών εισόδων GE06.....	186
5.3.3.2 Προσέγγιση 2: Εναρμόνιση μιας στενής ζώνης συχνοτήτων	187
5.3.4 Συμπεράσματα-προτάσεις	188

5.4 Το φάσμα σε σχέση με την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών τηλεφωνίας IMT/UMTS στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz	189
5.4.1 Απαιτήσεις τεχνολογίας και φάσματος για κινητές εφαρμογές	189
5.4.2 Δυνητική οικονομική αξία της αναγνώρισης μιας εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων.....	190
5.4.3 Δυνατές επιλογές σχεδιασμού των ζωνών συχνοτήτων	191
5.4.3.1 Επιλογή του μεγέθους των τμημάτων.....	191
5.4.3.2 Αναγνώριση τεσσάρων τμημάτων	192
5.4.3.3 Δυνατή χρήση των τμημάτων	193
5.4.3.4 Σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή τμημάτων	194
5.4.3.5 Εθνικά ζητήματα σχετικά με την επιλογή μιας υποζώνης.....	195
5.4.4 Ζητήματα συμμόρφωσης σχετικά με το WRC-07 και το WRC-11	195
5.5 Εκτίμηση της δυνατότητας κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz.....	196
5.5.1 Σενάρια παρεμβολών και σχεδιαστικοί περιορισμοί.....	197
5.5.2 Επισκόπηση των διαθέσιμων μελετών συνύπαρξης.....	197
5.5.2.1 Ομοδιαυλική παρεμβολή	198
5.5.2.2 Παρεμβολή γειτονικού καναλιού.....	199
5.5.3 Πιθανές τεχνικές μείωσης παρεμβολών	200
5.5.4 Λειτουργικά σενάρια κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz	203
5.6 Πιθανές προσεγγίσεις για την εφαρμογή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας με άνω ζεύξη στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz.....	205
5.6.1 Χρήση των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο της Γενεύης για κάτω και άνω ζεύξη	205
5.6.2 Χρήση μιας συγκεκριμένης υποζώνης συχνοτήτων στη ζώνη 470-862 MHz για κάτω ζεύξη και μία άλλη ζώνη συχνοτήτων εκτός της ζώνης αυτής για την άνω ζεύξη	206
5.6.3 Εναρμόνιση μίας συγκεκριμένης υποζώνης συχνοτήτων	207
5.7 Αντίκτυπο της εναρμόνισης μίας υποζώνης συχνοτήτων στις υπηρεσίες ευρυεκπομπής.....	208
5.7.1 Αντίκτυπο στο πλάνο της Γενεύης	208
5.7.2 Επανασύσταση των στρωμάτων ευρυεκπομπής.....	209
5.8 Συμπεράσματα	211
5.8.1 Θέματα που απαιτούν περαιτέρω μελέτη	212

6. Απόψεις σχετικά με την εκμετάλλευση του απελευθερωμένου από το Digital Dividend φάσματος συχνοτήτων και αξιολόγησή τους	213
6.1 Εισαγωγή.....	213
6.2 Η πλευρά των παρόχων ψηφιακής τηλεόρασης.....	214
6.2.1 Νέες τάσεις στην αγορά.....	214
6.2.2 Γενικά για την τεχνολογία HDTV	216
6.2.3 Επιλογές ευρυεκπομπής HDTV	217
6.2.4 Η νέα τεχνολογία ευρυεκπομπής DVB-T2.....	218
6.2.5 Συμπέρασμα.....	219
6.3 Η πλευρά των παρόχων υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών.....	220
6.3.1 Εισαγωγή	220
6.3.2 Το υπάρχον φάσμα δεν είναι αρκετό για να ικανοποιήσει τις φασματικές απαιτήσεις του IMT-Advanced	221
6.3.3 Τα κίνητρα για την ανάπτυξη του IMT/UMTS στη UHF ζώνη συχνοτήτων	223
6.3.4 Συμπεράσματα.....	224
Συνοψώσεις.....	226
Βιβλιογραφία	230

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 1.1	Ψηφιακό μοντέλο ασύρματης ευρυεκπομπής της ITU-R	27
Σχήμα 1.2	Παγκόσμιος χάρτης ψηφιακής τηλεόρασης, Φεβρουάριος 2005	32
Σχήμα 1.3	Μπλοκ διάγραμμα ενός διαμορφωτή DVB-T	35
Σχήμα 1.4	Διάγραμμα γεννήτριας ψευδοτυχαίας ακολουθίας	36
Σχήμα 1.5	Διάγραμμα διαδικασίας αναδιάταξης bytes	37
Σχήμα 1.6	Συνελικτική κωδικοποίηση για ρυθμό κωδικοποίησης 1/2	38
Σχήμα 1.7	Διαδικασία της συνελικτικής κωδικοποίησης	39
Σχήμα 1.8	Αστερισμός τρόπου διαμόρφωσης QPSK για $\alpha=1$	40
Σχήμα 1.9	Αστερισμός τρόπου διαμόρφωσης 16-QAM για $\alpha=1$	40
Σχήμα 1.10	Αστερισμός τρόπου διαμόρφωσης 64-QAM για $\alpha=1$	41
Σχήμα 1.11	Διάγραμμα γεννήτριας ψευδοτυχαίας ακολουθίας	42
Σχήμα 1.12	Φάσμα φερόντων του σχήματος πολυπλεξίας COFDM	44
Σχήμα 1.13	Διάγραμμα χρήσιμων ρυθμών μετάδοσης στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)	47
Σχήμα 1.14	Netbitrate σε κανάλι των 8 MHz	48
Σχήμα 1.15	Λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα για σύστημα DVB-T	52
Σχήμα 1.16	Τα HP και LP με ιεραρχικό τρόπο εκπομπής και παραμέτρους $\alpha=2$; HP: QPSK, $r=2/3$; LP: 16-QAM, $r=3/4$	53
Σχήμα 1.17	Δίκτυο MFN με όλους τους πομπούς να χρησιμοποιούν διαφορετικό κανάλι συχνότητας (C_x) και στα μη επικαλυπτόμενα σημεία επαναχρησιμοποίηση του ίδιου καναλιού	58
Σχήμα 1.18	Δίκτυο SFN με όλους τους πομπούς να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι συχνότητας	62
Σχήμα 1.19	Λήψη DVB-T με πολυδιαδρομική διάδοση (Multipath reception)	63
Σχήμα 1.20	Αλγόριθμος συσχέτισης	68
Σχήμα 1.21	Επιλογή FFT ανοίγματος διάρκειας T_u	69
Σχήμα 1.22	Συγχρονισμός στο ισχυρότερο σήμα	70
Σχήμα 1.23	Τοποθέτηση του ανοίγματος του FFT στο ισχυρότερο σήμα	70
Σχήμα 1.24	Συγχρονισμός στο πρώτο σήμα που βρίσκεται πάνω από το επίπεδο στάθμης	71
Σχήμα 1.25	Ευθυγράμμιση του πέρατος των FFT παραθύρων με το σήμα 2	71
Σχήμα 1.26	Εξίσωση που δίνει το κέντρο βάρους t_c	72
Σχήμα 1.27	Συγχρονισμός με το κέντρο βάρους (μεταξύ των σημάτων 2 και 3)	72
Σχήμα 1.28	Τοποθέτηση του FFT παραθύρου με χρήση του κέντρου βάρους μεταξύ των σημάτων 2 και 3	73
Σχήμα 1.29	Διάγραμμα ροής της παραλλαγής αλγορίθμου με επιλογή του πρώτου σήματος επάνω από κάποιο επίπεδο κατώτατου ορίου	73
Σχήμα 1.30	Αύξηση του συμβόλου μετάδοσης λόγω του διαστήματος Προστασίας	75

Σχήμα 1.31	Δομή SFN δικτύου με 33 πομπούς και απόσταση μεταξύ γειτονικών πομπών 60 km	76
Σχήμα 1.32	Επίδραση του διαστήματος προστασίας στην πιθανότητα κάλυψης για κατευθυντική κεραία λήψης σε 8k FFT σύστημα	76
Σχήμα 1.33	Επίδραση του διαστήματος προστασίας στην πιθανότητα κάλυψης για κατευθυντική κεραία λήψης σε 2k FFT σύστημα	77
Σχήμα 1.34	Σχεδιασμός βάσει εκχωρήσεων και βάσει καταμερισμών	79
Σχήμα 1.35	RN1 – Μεγάλης περιοχής κάλυψης SFN	81
Σχήμα 1.36	Προσδιορισμός ισχύος για RN1, ζώνες συχνοτήτων IV/V	82
Σχήμα 1.37	RN2 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN	84
Σχήμα 1.38	Περιοχή κάλυψης από τον κύριο πομπό και χρήση gap fillers για την κάλυψη των συνόρων της περιοχής και/ή για την κάλυψη ιδιόμορφων περιοχών λήψης	86
Σχήμα 1.39	Αρχή λειτουργίας επαναμετάδοσης	86
Σχήμα 1.40:	RN4 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN με χρήση κατευθυντικών κεραιών	89
Σχήμα 2.1	Δομή του δικτύου ασύρματης πρόσβασης του UMTS/IMT-2000	91
Σχήμα 2.2	Δίκτυο UMTS	94
Σχήμα 2.3	Συχνότητες που ανατέθηκαν στο IMT-2000 από το WARC-92	95
Σχήμα 2.4	Ανατεθείσες στο IMT-2000 συχνότητες από το WRC-2000	96
Σχήμα 2.5	Ταχύτητες δεδομένων κινητών συστημάτων και LAN δικτύων	98
Σχήμα 2.6	Εύρος ζώνης καναλιού για W-CDMA	99
Σχήμα 2.7	Δομή DPCCH Time Slot	103
Σχήμα 2.8	Υπολογισμός του OBQ	106
Σχήμα 2.9	Απεικόνιση εξεταζόμενης περιοχής – Κεντρική Γαλλία	110
Σχήμα 2.10	Κεντρική Γαλλία, τυπικά εδαφικά χαρακτηριστικά	111
Σχήμα 2.11	Σύγκριση αριθμού σταθμών βάσης στις 3 ζώνες συχνοτήτων	111
Σχήμα 2.12	Πιθανός καθορισμός καναλιών στο απελευθερωμένο φάσμα συχνοτήτων	115
Σχήμα 3.1	RRC-06	119
Σχήμα 3.2	Μέρη της Περιοχής 1 (Region 1) που θα εφαρμοστεί η κατανομή συχνοτήτων της Geneva 2006	120
Σχήμα 3.3	Πρόγραμμα εργασιών κατά τη διασυνοδική περίοδο	121
Σχήμα 3.4	Διάγραμμα ροής του λογισμικού σχεδίασης	123
Σχήμα 3.5	Γενική όψη του καταμερισμού / εκχωρήσεων που συμφωνήθηκαν για τις ζώνες συχνοτήτων III και IV/V στην Ευρώπη και στις γειτονικές χώρες	125
Σχήμα 3.6	Ένδειξη της χρησιμοποίησης ενός καναλιού στις ζώνες συχνοτήτων IV/V για DVB-T και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού	126
Σχήμα 3.7	Ένδειξη χρησιμοποίησης ενός καναλιού στη ζώνη συχνοτήτων III για DVB-T σε χώρες που χρησιμοποιούν κανάλια των 7 MHz και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού	126

Σχήμα 3.8	Ένδειξη χρησιμοποίησης ενός καναλιού στη ζώνη συχνοτήτων III για DVB-T σε χώρες που χρησιμοποιούν κανάλια των 8 MHz και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού	127
Σχήμα 3.9	Ένδειξη της χρησιμοποίησης ενός καναλιού στη ζώνη συχνοτήτων III για το T-DAB και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού	127
Σχήμα 3.10	Χάρτης του πλάνου καταχωρήσεων για το T-DAB που χρησιμοποιούν το μπλοκ 5A έως 5D και του πλάνου καταχωρήσεων για το DVB-T στο εύρος συχνοτήτων 174-182 MHz (στο κανάλι 5 με καναλοποίηση των 7 MHz και στο κανάλι 6 με καναλοποίηση 8 MHz) στην Ευρώπη και στις γειτονικές χώρες	128
Σχήμα 3.11	Χάρτης του πλάνου καταχωρήσεων για το DVB-T στη UHF ζώνη συχνοτήτων στο κανάλι 21 στην Ευρώπη και στις γειτονικές χώρες	129
Σχήμα 3.12	The “envelope concept”	133
Σχήμα 3.13	Απλοποιημένη περιγραφή του ελέγχου συμμόρφωσης με το πλάνο	135
Σχήμα 3.14	Σήμα του WRC-07	138
Σχήμα 4.1	Τροποσφαιρική παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών	147
Σχήμα 4.2	Συνεχής παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών	148
Σχήμα 4.3	Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625-line systems για τροποσφαιρική παρεμβολή	150
Σχήμα 4.4	Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625-line systems για συνεχή παρεμβολή	151
Σχήμα 4.5.α	Λόγοι προστασίας για το κάτω γειτονικό κανάλι, 625 lines I/PAL systems	151
Σχήμα 4.5.β	Λόγοι προστασίας για το άνω γειτονικό κανάλι, 625 lines I/PAL system	152
Σχήμα 5.1	Παρεμβολή γειτονικού καναλιού σε υπηρεσίες DVB-T από δίκτυο ευρυεκπομπής πολυμέσων	163
Σχήμα 5.2	Επιλεγμένοι κανονισμοί σχεδιασμού αναφοράς από τις ευρωπαϊκές χώρες	164
Σχήμα 5.3	Μετρηθέντες λόγοι προστασίας DVB-T με έναν παρεμβολέα DVB-H συγκρινόμενοι με εκείνους που έχουν καθοριστεί στο EMC πρότυπο IEC 62216-1	168
Σχήμα 5.4	Η «έννοια του φακέλου» (“envelope concept”) στην παρεμβολή	177
Σχήμα 5.5	Κατάσταση της εφαρμογής του DVB-T στην Ευρώπη	178
Σχήμα 5.6	Παράδειγμα σχεδιασμού ζώνης συχνοτήτων με FDD προδιαγραφές για τα δυνατά τμήματα συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz	193

Σχήμα 5.7	Αρχική καταχώρηση των ψηφιακών εισόδων του πλάνου GE06 στις ζώνες συχνοτήτων IV/V για DVB-T και για διαφορετικούς τρόπους λήψης	195
Σχήμα 5.8	Σενάρια παρεμβολών για κοινή χρήση στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz μεταξύ DVB-T και κινητών υπηρεσιών	197
Σχήμα 6.1	Ποσοστό του κοινού που θα αγόραζε διαφορετικά μεγέθη επίπεδων τηλεοράσεων ευρείας οθόνης	215
Σχήμα 6.2	Διακριτικά HDTV	216
Σχήμα 6.3	Διείσδυση του UMTS/WCDMA και του GSM στην αγορά κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας τους	221
Σχήμα 6.4	Φασματικές απαιτήσεις που υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις προβλέψεις σχετικά με το φάσμα στην Ευρώπη	222

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1.1	Συνελικτικοί κώδικες και ακολουθία που εκπέμπεται	38
Πίνακας 1.2	Τιμές παραμέτρων σε κανάλι των 8 MHz για τους 2k και 8k τρόπους λειτουργίας	42
Πίνακας 1.3	Οι προκαθορισμένες τιμές για τα διαστήματα προστασίας	44
Πίνακας 1.4	Χρήσιμοι ρυθμοί μετάδοσης στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)	46
Πίνακας 1.5	Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για μη ιεραρχική εκπομπή για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)	49
Πίνακας 1.6	Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για ιεραρχική εκπομπή (QPSK in 16-QAM) για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)	49
Πίνακας 1.7	Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για ιεραρχική εκπομπή (QPSK in 64-QAM) για επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)	50
Πίνακας 1.8	Απαιτήσεις σε bitrate	54
Πίνακας 1.9	Ελάχιστη ισχύς σήματος στο δέκτη	57
Πίνακας 1.10	Οι θεωρητικά μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των πομπών για όλα τα πιθανά διαστήματα προστασίας και για 2k, 8k τρόπους μετάδοσης	75
Πίνακας 1.11	Τιμές παραμέτρων για τα RPC1, RPC2, RPC3	78
Πίνακας 1.12	Τιμές C/N και E_{med} για τα RPC1, RPC2, RPC3	79
Πίνακας 1.13	Παράμετροι για RN1 – μεγάλης περιοχής κάλυψης SFN	82
Πίνακας 1.14	Παράμετροι για RN2 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN	84
Πίνακας 1.15	Παράμετροι για RN3 – μικρής περιοχής κάλυψης SFN σε αστικό περιβάλλον	89
Πίνακας 1.16	Παράμετροι για RN4 – μικρής περιοχής κάλυψης SFN με χρήση κατευθυντικών κεραιών	90
Πίνακας 2.1	UTRA FDD ζώνες συχνοτήτων	97
Πίνακας 2.2	Διαχωρισμός συχνοτήτων T_X-R_X	97
Πίνακας 2.3	Ορισμός UARFCN	97
Πίνακας 2.4	Ορισμός UARFCN (πρόσθετα κανάλια στη ζώνη συχνοτήτων II)	97
Πίνακας 2.5	UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number	97
Πίνακας 2.6	UMTS link budget	101
Πίνακας 2.7	Κυριότεροι κώδικες που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα UMTS FDD	102
Πίνακας 2.8	UMTS QoS – κατηγορίες	104
Πίνακας 2.9	Αριθμός σταθμών βάσης για την κάλυψη μιας περιοχής 10 km^2 σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων	109
Πίνακας 2.10	Link budget της προσομοίωσης για τη ζώνη συχνοτήτων των 500 MHz	112
Πίνακας 2.11	Link budget της προσομοίωσης για τη ζώνη συχνοτήτων του 1 GHz	113

Πίνακας 2.12	Link budget της προσομοίωσης για τη ζώνη συχνοτήτων των 2 GHz	114
Πίνακας 3.1	Αποτελέσματα των 4 επαναλήψεων για τη ζώνη συχνοτήτων III	124
Πίνακας 3.2	Αποτελέσματα των 4 επαναλήψεων για τις ζώνες συχνοτήτων IV/V	124
Πίνακας 4.1	VHF System B	142
Πίνακας 4.2	UHF Systems D1, G, H, I, I1, K, K1 και L	143
Πίνακας 4.3	Ελάχιστη μέση ένταση πεδίου για αναλογική υπηρεσία	144
Πίνακας 4.4	Τιμές διόρθωσης για διάφορα επιθυμητά και ανεπιθύμητα σήματα	147
Πίνακας 4.5	Τροποσφαιρική παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών	147
Πίνακας 4.6	Συνεχής παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών	148
Πίνακας 4.7	Λόγοι προστασίας για επιθυμητά αναλογικά φέροντα ήχου ενός σήματος τηλεόρασης (dB)	149
Πίνακας 4.8	Λόγοι προστασίας για επιθυμητά ψηφιακά φέροντα ήχου ενός σήματος τηλεόρασης (dB)	149
Πίνακας 4.9	Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625-line systems	150
Πίνακας 4.10	Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625 lines I/PAL system	153
Πίνακας 4.11	Πίνακας εύρεσης λόγων προστασίας συστήματος αναλογικής τηλεόρασης 625-line system PAL G από υπηρεσία GSM, για ομοδιαυλική, τροποσφαιρική παρεμβολή	159
Πίνακας 5.1	Τιμές αναφοράς για την ελάχιστη μέση ισχύ πεδίου ($E_{med})_{ref}$	163
Πίνακας 5.2	Οι χειρότεροι δυνατοί λόγοι προστασίας DVB-T υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας ($f_u=650$ MHz, χωρίς front-end υπερφόρτωση δέκτη)	167
Πίνακας 5.3	Οι χειρότεροι δυνατοί λόγοι προστασίας DVB-T υπό συνθήκες front-end υπερφόρτωσης ($f_u=650$ MHz)	167
Πίνακας 5.4	Πιθανές τιμές ελάχιστης μέσης ισοδύναμης ισχύος πεδίου (dBμV/m) στα 10 m που απαιτείται για κάλυψη μέσω πομπού πολυμέσων στη ζώνη συχνοτήτων IV (500 MHz ονομαστική συχνότητα)	170
Πίνακας 5.5	Αποτελέσματα προσομοίωσης συνύπαρξης DVB-T και DVB-H	174
Πίνακας 5.6	Δυνατά τμήματα συχνοτήτων	194

Εισαγωγή

Η συνεχής εξέλιξη στον τεχνολογικό τομέα, καθώς και οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού κατέστησαν απαραίτητες τις αλλαγές στον ισχύοντα ψηφιακό χάρτη. Η εισαγωγή της ευρυεκπομπής υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης στη ζώνη συχνοτήτων VHF και UHF σταδιακά θα αντικαταστήσει τις υπηρεσίες της αναλογικής τηλεόρασης, ενώ προβλέπεται ότι έως το 2015 οι υπηρεσίες αναλογικής τηλεόρασης θα πάντων να λειτουργούν. Βασικό χαρακτηριστικό της ψηφιακής τεχνολογίας είναι ότι εκμεταλλεύεται αποδοτικότερα το φάσμα συχνοτήτων. Σε αντίθεση, λοιπόν, με την εκπομπή αναλογικών προγραμμάτων, η ψηφιακή ευρυεκπομπή δεν αφήνει ανεκμετάλλευτο φάσμα στα πλαίσια ενός καναλιού, ενώ αποδεικνύεται ότι σε ένα κανάλι των 8 MHz μπορούν να εκπεμφθούν έως και 4 ψηφιακά προγράμματα τηλεόρασης.

Γίνεται σαφές, λοιπόν, ότι με την πλήρη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση, η αποδοτικότερη χρήση του φάσματος θα οδηγήσει στην απελευθέρωση νέων συχνοτήτων στις ζώνες III, IV και V (το ονομαζόμενο Digital Dividend). Η απελευθέρωση, όμως, αυτών των συχνοτήτων αναδεικνύει ένα νέο πρόβλημα. Το πρόβλημα αυτό αφορά στις υπηρεσίες στις οποίες θα δοθούν οι συχνότητες αυτές προς εκμετάλλευση.

Μία από τις ισχύουσες απόψεις είναι να αξιοποιηθεί το νέο αυτό φάσμα από τους παρόχους κινητών υπηρεσιών, που ανέκαθεν αναζητούσαν συχνότητες στις χαμηλές αυτές ζώνες, εξαιτίας των βελτιωμένων χαρακτηριστικών διάδοσης που εμφανίζουν. Η άλλη ισχύουσα άποψη είναι να δοθούν προς αξιοποίηση στους παρόχους ψηφιακής τηλεόρασης, προκειμένου να παρέχουν βελτιωμένες υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης (HDTV, DVB-T2).

Η παρούσα, λοιπόν, διπλωματική εργασία ασχολείται με ζητήματα συνύπαρξης της αναλογικής και ψηφιακής τηλεόρασης στις ζώνες συχνοτήτων IV και V με υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών. Επίσης, αναλύονται ζητήματα συμβατότητας και εμφάνισης επιβλαβών παρεμβολών.

Αρχικά, λοιπόν, γίνεται μια παρουσίαση της προτυποποίησης των υπηρεσιών, των οποίων μελετάται η συνύπαρξη στη UHF ζώνη συχνοτήτων. Η τεχνολογία ευρυεκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης που μελετάται είναι η λεγόμενη DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial). Παρατίθενται, λοιπόν, όλα τα στοιχεία εκείνα που συνθέτουν τη δομή και λειτουργία του συστήματος αυτού (διαμόρφωση-κωδικοποίηση σήματος, επιθυμητή ισχύς πεδίου, Reference Networks κτλ.). Εν συνεχεία, η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Στην προκειμένη περίπτωση, αναφερόμαστε στην τεχνολογία νέας γενιάς UMTS/IMT-2000. Η υπηρεσία UMTS/IMT-2000 αποτελεί βάση για την εξέλιξη των συστημάτων κινητών επικοινωνιών τέταρτης γενιάς. Παράλληλα δεν αποτελεί αντικαταστάτη των τεχνολογιών δεύτερης γενιάς (GSM, CDMA κτλ.), οι οποίες θα συνεχίσουν να εξελίσσονται. Απώτερος στόχος της τεχνολογίας UMTS/IMT-2000 είναι η εφαρμογή τους σε παγκόσμιο επίπεδο με ενιαία παροχή βελτιωμένων και υψηλής ταχύτητας υπηρεσιών.

Στο επόμενο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στα δύο συνέδρια τηλεπικοινωνιών, οι αποφάσεις των οποίων άλλαξαν τα δεδομένα στον παγκόσμιο ψηφιακό χάρτη. Το πιο καινοτόμο συνέδριο ήταν το Regional Radiocommunications Conference που έλαβε χώρα το 2006 στη Γενεύη (RRC-06). Έπειτα από χρονοβόρες διαβουλεύσεις μεταξύ των μελών του συνεδρίου και των αρμόδιων φορέων τους, αποφασίστηκε το χρονικό

πλαίσιο της μετάβασης στην ψηφιακή τηλεόραση. Επιπλέον, ορίστηκαν κανονισμοί και οδηγίες για την έναρξη λειτουργίας υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης, χωρίς τη δημιουργία παρεμβολών στις υπηρεσίες που ήδη λειτουργούν σε αυτές τις ζώνες συχνοτήτων. Το άλλο συνέδριο, στο οποίο γίνεται αναφορά, είναι το World Radiocommunications Conference που έλαβε χώρα το 2007 (WRC-07). Πέραν των άλλων συζητήσεων που έλαβαν χώρα στο συνέδριο αυτό, αποφασίστηκε και η αναγνώριση νέων συχνοτήτων για την τεχνολογία UMTS/ IMT-2000 στη UHF ζώνη συχνοτήτων, ανοίγοντας, έτσι, το δρόμο στους παρόχους κινητών επικοινωνιών στις νέες αυτές συχνοτήτες.

Στη συνέχεια, μελετάται το ζήτημα συνύπαρξης της αναλογικής τηλεόρασης με υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Τα σενάρια παρεμβολών που μπορεί να προκύψουν στην αναλογική τηλεόραση από την κινητή τηλεφωνία διακρίνονται με βάση τη σχετική γεωγραφική θέση του παρεμβολέα, δηλαδή εάν είναι συνεγκατεστημένος με το σταθμό βάσης της αναλογικής τηλεόρασης ή όχι και από τη φασματική θέση της παρεμβολής σε σχέση με το κανάλι της αναλογικής τηλεόρασης, δηλαδή εάν το σήμα παρεμβολής εκπέμπεται στο ίδιο κανάλι με το αναλογικό σήμα ή σε γειτονικό κανάλι. Για όλα αυτά, λοιπόν, τα σενάρια παρεμβολών, παρατίθεται μία προτεινόμενη διαδικασία, ορισμένη από την προτυποποίηση ITU-R SM.851, που κάνει εκτίμηση των πιθανών παρεμβολών και καθορίζει ένα ποιοτικό μέγεθος που ορίζει αν υπάρχει λήψη της επιθυμητής υπηρεσίας σε κάποια περιοχή ή όχι.

Μετάπειτα, μελετάται το αντίστοιχο ζήτημα συνύπαρξης της ψηφιακής τηλεόρασης με υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Όμοια, τα σενάρια παρεμβολών διακρίνονται ανάλογα με τη σχετική γεωγραφική θέση του παρεμβολέα και τη σχετική θέση του καναλιού εκπομπής της παρεμβάλλουσας υπηρεσίας. Ο παρεμβάλλων σταθμός βάσης μπορεί να είναι συνεγκατεστημένος ή όχι με το σταθμό βάσης της ψηφιακής τηλεόρασης, ενώ μπορεί να εκπέμπει στο ίδιο κανάλι με την ψηφιακή τηλεόραση, οπότε υπάρχει εμφάνιση ομοδιαυλικής παρεμβολής, ή να εκπέμπει σε γειτονικό κανάλι, οπότε και εμφανίζεται παρεμβολή γειτονικού καναλιού. Για κάθε σενάριο παρεμβολής, προτείνονται τεχνικές μείωσης των παρεμβολών. Η αντιμετώπιση που προτείνεται για το θέμα συνύπαρξης της ψηφιακής τηλεόρασης με υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας είναι είτε η εκπομπή της παρεμβάλλουσας υπηρεσίας σύμφωνα με το πλάνο που ορίστηκε στο RRC-06 (ύψος σταθμού βάσης, ERP, μάσκα εκπομπής, envelope concept), είτε η αναγνώριση μιας εναρμονισμένης υποζώνης συχνοτήτων στη UHF ζώνη για τη λειτουργία της παρεμβάλλουσας υπηρεσίας.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, γίνεται μια προσέγγιση του θέματος τόσο από την πλευρά των παρόχων ψηφιακής τηλεόρασης όσο και από την πλευρά των παρόχων υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας. Οι μεν πάροχοι ψηφιακής τηλεόρασης επιθυμούν την αξιοποίηση του φάσματος που πρόκειται να απελευθερωθεί για την εκπομπή προγραμμάτων υψηλής ευκρίνειας (HDTV) ή για την εκπομπή προγραμμάτων νέας ψηφιακής τεχνολογίας (DVB-T2, κωδικοποίηση MPEG-4). Οι δε πάροχοι κινητής τηλεφωνίας επιθυμούν την αξιοποίηση των νέων αυτών συχνοτήτων, εξαιτίας των βελτιωμένων χαρακτηριστικών διάδοσης που παρουσιάζουν. Επίσης, αποδεικνύεται ότι οι συχνοτήτες αυτές είναι κατάλληλες για βελτιωμένη κάλυψη αραιοκατοικημένων περιοχών με λιγότερους σταθμούς βάσης. Επομένως, αναμένεται σημαντική εξοικονόμηση κόστους για τους παρόχους.

Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι τα αντικρουόμενα συμφέροντα των παρόχων ψηφιακής τηλεόρασης και υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών καθιστά περίπλοκο το θέμα ανάθεσης των νέων συχνοτήτων που πρόκειται να απελευθερωθούν. Ωστόσο, η τελική απόφαση έγκειται σε κάθε κράτος ξεχωριστά, οι αποφάσεις των οποίων οφείλουν να βασιστούν στα προβλεφθέντα του πλάνου της Γενεύης RRC-06.

1. Προτυποποίηση DVB-T

1.1 Γενικά

1.1.1 Τι είναι Ψηφιακή Τηλεόραση;

Ψηφιακή Τηλεόραση είναι η ψηφιακή μετάδοση τηλεοπτικών σημάτων και αποτελεί μία νέα τεχνολογία που τα τελευταία χρόνια έχει εισέλθει δυναμικά στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Αξιοσημείωτο είναι ότι ενώ η ψηφιακή τεχνολογία κυριαρχεί γενικά σε όλους τους τομείς της σημερινής τεχνολογίας, η ψηφιακή ευρυεκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων (data broadcasting) έγινε μόλις τα τελευταία χρόνια διαθέσιμη ευρέως ανά τον κόσμο και η εμπορευματοποίησή της βρίσκεται σχετικά σε πρώιμο στάδιο. Αυτό αποδίδεται σε δύο κύριους λόγους.

- Η ψηφιακή ευρυεκπομπή τηλεοπτικών σημάτων θεωρούνταν μέχρι προσφάτως εξαιρετικά δύσκολη λόγω της απαίτησης συμβατότητας με την ήδη υπάρχουσα τεχνολογία.
- Η ανάπτυξη προτύπων σε παγκόσμιο επίπεδο για τη μετάδοση ψηφιακών τηλεοπτικών σημάτων καθώς και των προτύπων για την αποδοτική συμπίεση αυτών πραγματοποιήθηκε πολύ πρόσφατα.

Όμως, παρά την προαναφερθείσα καθυστέρηση, η ψηφιακή τηλεόραση έχει αρχίσει να αναπτύσσεται σε πολύ γοργούς ρυθμούς και να εισέρχεται πολύ δυναμικά στην παγκόσμια αγορά και στα τηλεοπτικά δρώμενα και υπόσχεται να μετατρέψει την ήδη υπάρχουσα τηλεόραση σε προσωπική συσκευή καθιστώντας το χρήστη ενεργητικό δέκτη και όχι παθητικό όπως παλιότερα. Γίνεται, λοιπόν, φανερό η παγκόσμια τάση που επικρατεί για την αντικατάσταση της αναλογικής τηλεόρασης από την ψηφιακή μιας και η τελευταία παρέχει σημαντικές διευκολύνσεις που ως τώρα δεν ήταν διαθέσιμες. Παρακάτω αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους πρόκειται να επέλθει η αντικατάσταση αυτή στα επόμενα χρόνια.

1.1.2 Λόγοι στους οποίους οφείλεται η μετατροπή της αναλογικής τηλεόρασης σε ψηφιακή.

Κατά την αναλογική μετάδοση των τηλεοπτικών σημάτων η ποιότητα των εκπεμπόμενων προγραμμάτων υποβαθμίζεται σε σημαντικό βαθμό λόγω της ύπαρξης θορύβου στο κανάλι μετάδοσης, των παρεμβολών που δημιουργούνται από τρίτους και των πολυδιαδρομικών μεταδόσεων, ιδίως στις αστικές περιοχές, μιας και εκεί οι ανακλάσεις σε κτίρια ή σε κινούμενα αντικείμενα μεταξύ πομπού και δέκτη είναι πιο συχνές. Αποτέλεσμα των ανακλάσεων αυτών είναι, εκτός από τη λήψη του απευθείας από τον πομπό μεταδιδόμενου σήματος, η ταυτόχρονη λήψη σημάτων που

προέρχονται από αυτές τις ανακλάσεις, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ειδώλων στην εικόνα που βλέπει ο χρήστης άρα και την υποβάθμιση της ποιότητας αυτής.

Σε αντίθεση με την αναλογική τηλεόραση, η ψηφιακή τηλεόραση χαρακτηρίζεται από άριστη ποιότητα ήχου και απόλυτη ευκρίνεια εικόνας. Αυτό συμβαίνει επειδή η ψηφιακή μετάδοση αντιμετωπίζει επιτυχώς το θόρυβο, τις παρεμβολές και τις πολυδιαδρομικές μεταδόσεις εξαιτίας της χρήσης μηχανισμών και τεχνικών διόρθωσης σφαλμάτων στα ψηφιακά σήματα πληροφορίας. Οι μηχανισμοί αυτοί και οι τεχνικές διόρθωσης πραγματοποιούνται σε διαδοχικά στάδια πριν την ευρυεκπομπή των ψηφιακών σημάτων στα πλαίσια μιας διαδικασίας, η οποία ονομάζεται «κωδικοποίηση καναλιού» και εξασφαλίζει μέχρι ένα ικανοποιητικό ποσοστό την ποιότητα στη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας.

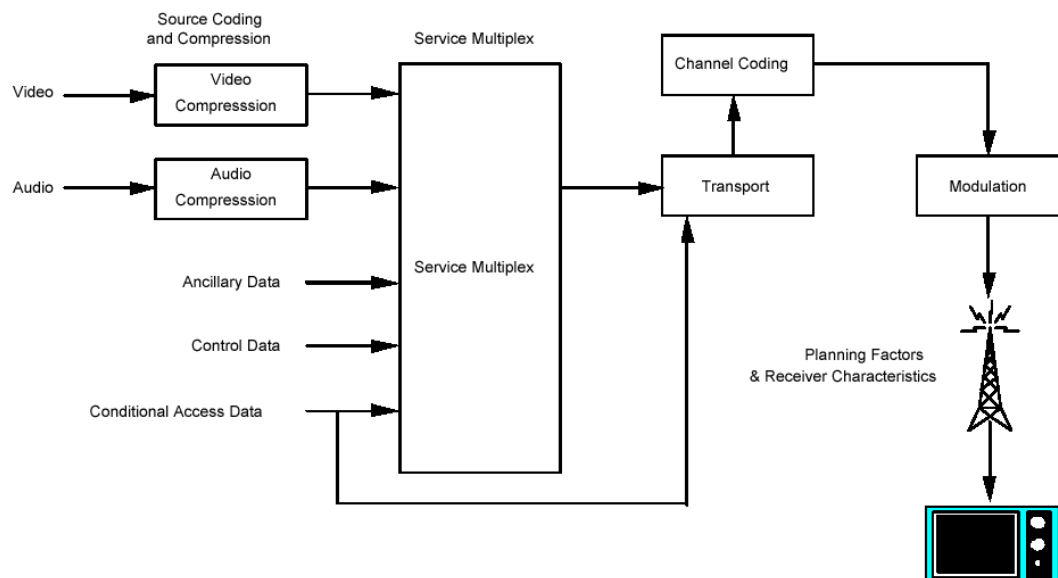
Επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα της ψηφιακής τηλεόρασης αποτελεί η χρήση αποδοτικών τεχνικών συμπίεσης. Η συμπίεση κατά τη μετάδοση αποσκοπεί στη μετάδοση μόνο της ωφέλιμης πληροφορίας που απαιτείται για την παρουσίαση εικόνας και ήχου στο δέκτη, προσδίδοντας στο κανάλι τη δυνατότητα να μεταδώσει επιπλέον υπηρεσίες. Μια βασική προϋπόθεση που πρέπει να τηρείται κατά την ψηφιακή μετάδοση είναι η διατήρηση του επιπέδου της ποιότητας της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Η προϋπόθεση αυτή επιτυγχάνεται μέσα από τις τεχνικές συμπίεσης που χρησιμοποιεί η ψηφιακή τηλεόραση. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται το παγκοσμίως αποδεκτό πρότυπο MPEG-2. Αποτέλεσμα της χρήσης αυτών των τεχνικών συμπίεσης είναι η εξοικονόμηση χωρητικότητας στο κανάλι, γεγονός που επιτρέπει τη μετάδοση πλήθους τηλεοπτικών προγραμμάτων και υπηρεσιών σε εύρος ζώνης που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο από μία αναλογική υπηρεσία.

Σημαντική έννοια που εισάγει η τεχνολογία της ψηφιακής τηλεόρασης είναι η διαδραστικότητα, της οποίας σκοπός είναι η προσαρμογή της παρουσίας της πληροφορίας στις ατομικές ανάγκες του κάθε χρήστη. Η πραγματοποίηση διαδραστικών εφαρμογών απαιτεί την ύπαρξη δύο καναλιών επικοινωνίας, ένα για τη μετάδοση σημάτων από τον πάροχο της υπηρεσίας στο χρήστη (κανάλι προώθησης – forward channel) και ένα για τη μετάδοση κατά την αντίστροφη φορά (κανάλι επιστροφής – reverse path). Με την ύπαρξη του καναλιού επιστροφής, ο χρήστης δεν είναι πλέον παθητικός δέκτης μιας υπηρεσίας, αλλά δρα ενεργά σε μια τεχνολογία που μέχρι πρότινος ήταν εξ' ορισμού παθητική. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδραστικών υπηρεσιών είναι η Video on Demand, η Near Video on Demand, διαδραστικές εφαρμογές εκμάθησης, μετάδοση δεδομένων διαδικτύου και αποστολή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η ψηφιακή τηλεόραση παρέχει υψηλότερη ποιότητα σήματος και μέσα από την αποδοτικότερη αξιοποίηση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων παρέχει περισσότερες υπηρεσίες στο χρήστη και επιτρέπει την ευρυεκπομπή περισσότερων τηλεοπτικών προγραμμάτων στο ίδιο εύρος ζώνης. Επομένως, η αντικατάσταση της αναλογικής τηλεόρασης από την ψηφιακή κρίνεται αναγκαία.

1.2 Μοντέλο ευρυεκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης

Το μοντέλο που ακολουθεί αντιπροσωπεύει το επίγειο ψηφιακό μοντέλο ασύρματης ευρυεκπομπής, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ITU-R.



Σχήμα 1.1: Ψηφιακό μοντέλο ασύρματης ευρυεκπομπής της ITU-R.

Το μοντέλο αυτό αποτελείται από τρία υποσυστήματα. Το πρώτο αφορά στην κωδικοποίηση και συμπίεση πηγής, το δεύτερο στην πολυπλεξία δεδομένων και το τελευταίο στη μετάδοση ραδιοσυχνότητας (RF μετάδοση).

Η κωδικοποίηση και συμπίεση πηγής έχει ως στόχο την ψηφιοποίηση των αναλογικών σημάτων video και ήχου και τη μετέπειτα ελαχιστοποίηση του αριθμού των δυαδικών ψηφίων που απαιτούνται για την αναπαράσταση των ηχητικών και τηλεοπτικών δεδομένων, διατηρώντας το επίπεδο της ποιότητας υψηλό. Εφαρμόζεται στους συρμούς video και ήχου καθώς και σε συμπληρωματικά δεδομένα. Τα τελευταία είναι συνήθως δεδομένα που σχετίζονται με τους συρμούς video και ήχου, δεδομένα ελέγχου ή ανεξάρτητες υπηρεσίες προγράμματος. Το ψηφιακό τηλεοπτικό μοντέλο της ITU-R έχει υιοθετήσει το παγκοσμίως αποδεκτό πρότυπο MPEG-2 για την επιτέλεση των διαδικασιών κωδικοποίησης και συμπίεσης. Ακολουθεί η διαδικασία της πολυπλεξίας, για την παραγωγή ενός συρμού μεταφοράς (transport stream), ο οποίος φέρει τα ηχητικά, τηλεοπτικά και συμπληρωματικά δεδομένα. Ένας συρμός μεταφοράς απαρτίζεται από μία ακολουθία πακέτων, τα οποία έχουν μήκος σταθερό 188 bytes, εκ των οποίων 4 bytes αντιπροσωπεύουν την επικεφαλίδα του πακέτου, ενώ τα υπόλοιπα 184 bytes το ωφέλιμο φορτίο. Το ψηφιακό σύστημα τηλεοπτικής ευρυεκπομπής χρησιμοποιεί το πρότυπο MPEG-2 για τη διαδικασία της πολυπλεξίας. Μετά τη διαδικασία της πολυπλεξίας και πριν την ασύρματη μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων παρεμβάλλεται η κωδικοποίηση καναλιού και η διαμόρφωση των σημάτων. Κατά τη διαδικασία της κωδικοποίησης καναλιού και της διαμόρφωσης, εφαρμόζονται τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων, κατά τις οποίες προστίθενται στο συρμό μεταφοράς επιπρόσθετες πληροφορίες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το δέκτη για να αναδημιουργήσουν τα στοιχεία του

λαμβανόμενου σήματος, το οποίο έχει πιθανόν υποστεί αλλοιώσεις, εξαιτίας της εξασθένισης από τη μετάδοση και του θορύβου που παρεμβάλλεται. Σε τελικό στάδιο πραγματοποιείται η ασύρματη μετάδοση του ψηφιακού σήματος.

1.2.1 Διαθέσιμα πρότυπα ψηφιακής τηλεόρασης

Η τυποποίηση της ψηφιακής μετάδοσης θεωρείται απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι διάφοροι τύποι εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται μπορούν να συνδεθούν και να είναι διαθέσιμοι σε ετερογενή δίκτυα και ότι διαφορετικές υπηρεσίες μπορούν να εργάζονται παράλληλα. Η μετάδοση της ψηφιακής τηλεόρασης υποστηρίζει τρεις ανταγωνιστικές τεχνικές. Η πρώτη είναι η 8-Level Vestigial Side-Band (8-VSB), η δεύτερη η Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (COFDM) και η Τρίτη η Bandwidth Segmented Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing (BSTOFDM).

Τα πρότυπα που υποστηρίζουν τις παραπάνω τεχνικές είναι αντίστοιχα τα Advanced Television Systems Committee (ATSC), το Digital Video Broadcasting (DVB) και το Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB). Ειδικότερα, το ATSC καθιερώθηκε το 1996 από την Federal Communications Commission (FCC) και χρησιμοποιείται στην Αμερική, το DVB καθιερώθηκε το 1993 κυρίως από τις χώρες της Ευρώπης, ενώ το ISDB υιοθετήθηκε το 1999 από την Ιαπωνία.

Τα παραπάνω πρότυπα ελέγχονται σε παγκόσμιο επίπεδο από την ITU, η οποία υποστήριξε την ύπαρξη τριών προτύπων αντί του ενός κυρίως για τη βέλτιστη κάλυψη των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει κάθε χώρα καθώς και την αποφυγή των αρνητικών συνεπειών που θα προκαλούσε το μονοπώλιο στη μετάδοση ψηφιακών τηλεοπτικών σημάτων.

1.2.2 Γενικά χαρακτηριστικά του DVB

Η ανάπτυξη των προτύπων για την εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης στην Ευρώπη, όπως και η προετοιμασία για την παρουσίαση των υπηρεσιών που αυτή μπορεί να προσφέρει συντονίστηκαν από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα ψηφιακής ευρυεκπομπής DVB Project (Digital Video Broadcasting Project). Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα DVB εγκαινιάστηκε επίσημα το Σεπτέμβριο του 1993. Αποτελείτο από μία ομάδα περισσότερων των 180 τηλεπικοινωνιακών οργανώσεων, οι οποίες συνεργάστηκαν για την ανάπτυξη των προτύπων του DVB στην Ευρώπη και κατ' επέκταση για την υιοθέτησή τους σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η δραστηριότητα του DVB δε χρηματοδοτείται ούτε ελέγχεται από κάποιο πολιτικό οργανισμό, αλλά το συγκεκριμένο πρότυπο έχει αναπτύξει τη δική του πολιτική και τους δικούς του κανόνες, οι οποίοι βασίζονται στο γεγονός ότι τα σημερινά περιβάλλοντα εκπομπής απαιτούν πρωτοποριακές προσεγγίσεις στις νέες τεχνολογίες. Αρκετές από τις προδιαγραφές που αναπτύσσονται από το πρόγραμμα σχεδιάζονται για να γίνουν ευρωπαϊκά πρότυπα τηλεπικοινωνιών με αποτέλεσμα να έχει δημιουργηθεί ένας στενός δεσμός του προγράμματος αυτού με τον οργανισμό ETSI (European Telecommunications Standard Institute) και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης (CELENEC).

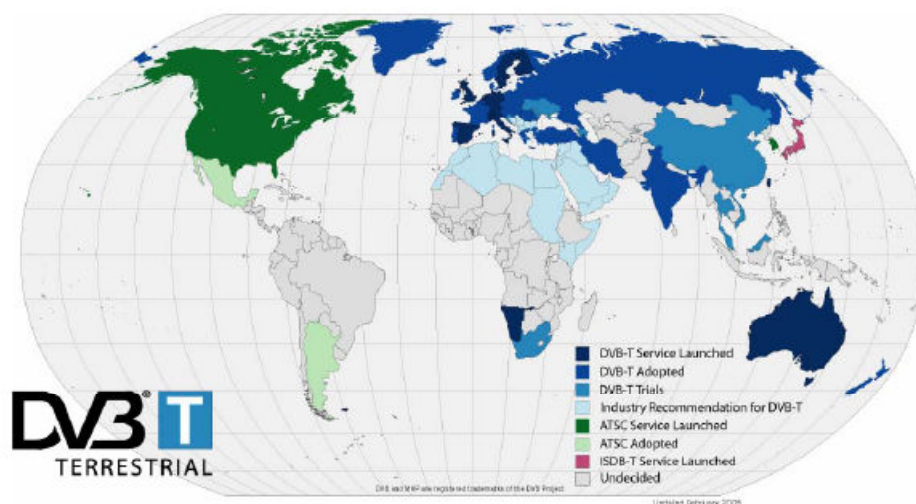
Για τον καθορισμό του προτύπου DVB και των παραγώγων προτύπων του, αποφασίστηκε ότι για την κωδικοποίηση των τηλεοπτικών και ηχητικών σημάτων καθώς και για την πολυπλεξία τους θα χρησιμοποιείται το ήδη παγκοσμίως αποδεκτό πρότυπο MPEG-2. Στη χρήση του προτύπου αυτού οφείλεται η απόλυτη ευκρίνεια των μεταδιδόμενων εικόνων συνοδευόμενη από ήχο άριστης ποιότητας. Οι εικόνες μπορούν να είναι ορατές στην τυποποίηση που έχει αναλογία ανάλυσης εικόνας ίση με 4:3 και στην τυποποίηση ευρείας οθόνης, η οποία έχει αντίστοιχη αναλογία ανάλυσης ίση με 16:9, ενώ ο ήχος μπορεί να είναι μονοφωνικός, πολυφωνικός ή στερεοφωνικός. Επιπρόσθετα, η καθιέρωση του προτύπου MPEG-2 σε παγκόσμιο επίπεδο συνέβαλλε στην αβίαστη μετάδοση των σημάτων DVB ανάμεσα σε διαφορετικά μέσα, ανάγκη επιτακτική στο σημερινό περιβάλλον τηλεπικοινωνιών.

Χάρη στη χρήση των πακέτων μεταφοράς MPEG-2 ως γενικευμένων «μεταφορέων δεδομένων» (data containers), ένας MPEG-2 συρμός μεταφοράς και συνεπώς ένα σύστημα DVB μπορεί να μεταφέρει σχεδόν οτιδήποτε ψηφιοποιείται, από τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), πολλαπλά κανάλια SDTV (PAL / SECAM / NTSC / 3PAL) μέχρι και υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένων. Το PAL (Phase Alternate Line) και το SECAM (Sequential Couleur Avec Memoire) είναι ευρωπαϊκά πρότυπα αναλογικής τηλεόρασης και το NTSC (National Television Standard Committee) είναι αμερικάνικο πρότυπο αναλογικής τηλεόρασης. Τόσο ο χρήστης όσο και ο αποκωδικοποιητής χρειάζονται βοηθητικές πληροφορίες για τη σωστή διαχείριση των διαφορετικών προγραμμάτων. Την ανάγκη αυτή καλύπτει η προδιαγραφή DVB-SI (DVB-Service Information). Οι πληροφορίες αυτές εμπεριέχονται στο συρμό μεταφοράς και μεταφέρει τεχνικές πληροφορίες για την ομαλή λειτουργία των αποκωδικοποιητών ή πληροφορίες ηλεκτρονικών οδηγών προγράμματος. Υπό την έννοια αυτή, το DVB αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευέλικτο πρότυπο ευρυεκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης και όχι μία απλή αντικατάσταση της υπάρχουσας αναλογικής τηλεοπτικής μετάδοσης. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα πιο ποιοτικά χαρακτηριστικά του DVB που αποδεικνύουν αυτή την ευελιξία του.

Το DVB παρουσιάζει πολύ ικανοποιητική συμπεριφορά σε περιβάλλοντα πολυδιαδρομικών μεταδόσεων και χρησιμοποιεί την τεχνική OFDM, η οποία κάνει χρήση ενός μεγάλου αριθμού φερόντων (multi carrier frequency). Καθένα από τα φέροντα αυτά διαμορφώνεται σύμφωνα με μία από τις τεχνικές διαμόρφωσης Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), 16 Quadrature Amplitude Modulation (16-QAM) ή 64 Quadrature Amplitude Modulation (64-QAM). Η ωφέλιμη πληροφορία κατανέμεται ομοιόμορφα στο διαθέσιμο φάσμα, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ευρωστίας του σήματος στο θόρυβο και στα φαινόμενα πολυδιαδρομικών μεταδόσεων. Κατ' επέκταση, το DVB ευνοεί τη χρήση Single Frequency Networks (SFN's), τα οποία αφενός χρησιμοποιούν πολύ αποδοτικά το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων και αφετέρου βελτιώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της κάλυψης. Επίσης, το DVB μπορεί να υποστηρίξει και κινητή λήψη π.χ. τη μετάδοση δεδομένων σε φορητούς δέκτες τηλεόρασης, σε υπολογιστές χειρός και σε άλλου τύπου φορητές συσκευές. Όσον αφορά στο ρυθμό μετάδοσης, το DVB είναι επίσης πολύ ευέλικτο μιας και προσαρμόζεται κάθε φορά στις ανάγκες της παρεχόμενης υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, παρέχει ρυθμό μετάδοσης που κυμαίνεται από 4.98 Mbps μέχρι και 31.67 Mbps για κανάλια εύρους ζώνης 8 MHz.

1.2.3 Γενικά χαρακτηριστικά του προτύπου DVB-T

Το DVB-Terrestrial είναι το επίγειο σύστημα ασύρματης ευρυεκπομπής για τη UHF και VHF περιοχή συχνοτήτων, το οποίο εκδόθηκε από τον ETSI και δημοσιεύτηκε στην αναφορά ETSI/EBU 300 744 το Δεκέμβριο του 1995. Αποτελεί το πιο πολύπλοκο αλλά και το πιο ευέλικτο πρότυπο επίγειας ασύρματης ευρυεκπομπής ψηφιακών προγραμμάτων που είναι διαθέσιμο σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα. Επιπλέον, προσφέρει την ταχύτερη μετάδοση δεδομένων για κινητή λήψη σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο ασύρματο δίκτυο. Το DVB-T σχεδιάστηκε ώστε να επιτρέψει τη βέλτιστη χρήση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων και έχει τέτοια δομή που είναι σε θέση να μεταδίδει πλήθος ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων σε εύρος ζώνης που μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιείτο μόνο από μία αναλογική υπηρεσία. Ήδη χρησιμοποιείται από τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, ενώ τα πλεονεκτήματά του δεν άργησαν να γίνουν αντιληπτά από άλλους οργανισμούς εκτός Ευρώπης που προχώρησαν στην υιοθέτηση του εν λόγω προτύπου.



Σχήμα 1.2: Παγκόσμιος χάρτης ψηφιακής τηλεόρασης, Φεβρουάριος 2005

Το DVB-T τυποποιήθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος ψηφιακής ευρυεκπομπής DVB, γι' αυτό και συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά αυτού. Δεδομένου, όμως, ότι σχεδιάστηκε ώστε οι ψηφιακές υπηρεσίες να λειτουργήσουν σε μέρος της UHF (Ultra High Frequency, 470-862 MHz) και της VHF ζώνης συχνοτήτων (Very High Frequency), απαιτεί την παροχή ικανοποιητικής προστασίας έναντι των παρεμβολών από τις αναλογικές μεταδόσεις. Έτσι, λοιπόν, τα δεδομένα που εκπέμπει υπόκεινται σε ισχυρή διόρθωση σφαλμάτων, η οποία πραγματοποιείται σε διαδοχικά στάδια προκειμένου να εξασφαλιστεί υψηλότερη αποδοτικότητα. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται ως κωδικοποίηση καναλιού. Επιπλέον, συγκεκριμένα κανάλια (taboo channels) της UHF ζώνης συχνοτήτων που δε χρησιμοποιούνται από αναλογικές μεταδόσεις, λόγω των έντονων παρεμβολών που προκαλούν σε άλλα αναλογικά κανάλια, χρησιμοποιούνται από το DVB-T, καθιστώντας δυνατή τη συνύπαρξη αναλογικής και ψηφιακής τεχνολογίας.

Στο πρότυπο DVB-T γίνεται χρήση διαμόρφωσης πολλαπλών φερόντων στο σχήμα της πολυπλεξίας με ορθογωνική διαίρεση συχνότητας COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Το σχήμα COFDM του DVB-T χρησιμοποιεί ένα μεγάλο αριθμό φερόντων (6817 φέροντα στον 8k τρόπο, ο οποίος εφαρμόζεται σε μικρά και μεγάλα δίκτυα SFN και 1705 φέροντα στο 2k τρόπο, ο οποίος είναι κατάλληλος για μικρά SFN δίκτυα με περιορισμένες αποστάσεις μετάδοσης), καθένα από τα οποία διαμορφώνεται σύμφωνα με τις τεχνικές QPSK, 16-QAM ή 64-QAM. Η μεταδιδόμενη πληροφορία κατανέμεται ομοιόμορφα στο διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων, οπότε το σήμα αποκτά μεγάλη ευρωστία στο θόρυβο καθώς και σε φαινόμενα πολυδιαδρομικών μεταδόσεων. Επιπλέον, το σχήμα COFDM επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση μιας συχνότητας από γειτονικούς μεταδότες, γεγονός το οποίο συντελεί στη χρήση SFN δικτύων, τα αποτελέσματα των οποίων είναι ευνοϊκά, όσον αφορά στη χρήση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων και την ποιότητα της προσφερόμενης κάλυψης.

Διαμόρφωση των φερόντων COFDM κατά QPSK, 16-QAM ή 64-QAM, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μεταβάλλει το ρυθμό μετάδοσης ενός καναλιού εύρους ζώνης 8 MHz από 4.98 Mbps σε 31.67 Mbps. Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται εξαρτώνται από τον τύπο της διαμόρφωσης και τις τιμές που θα δοθούν στο διάστημα φρούρησης (guard interval) και στο ρυθμό κωδικοποίησης (code rate). Ο σχεδιασμός των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν βρίσκεται στη διακριτική ευχέρεια του παρόχου υπηρεσίας, ο οποίος καλείται να συμβιβαστεί μεταξύ του ρυθμού μετάδοσης και της ευρωστίας του σήματος.

1.2.4 Μοντέλο ευρυεκπομπής του προτύπου DVB-T

Ο παροχέας υπηρεσίας ευρυεκπομπής (Broadcast Service Provider) είναι αρμόδιος για τη διανομή των προγραμμάτων, τα οποία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ακολουθούν το MPEG-2 πρότυπο συμπίεσης. Οι υπηρεσίες ευρυεκπομπής πολυπλέκονται σε ένα ρυθμό μεταφοράς (transport stream) από τον προσαρμογέα δικτύου ευρυεκπομπής (Broadcast Network Adapter) που αποτελείται από έναν COFDM διαμορφωτή, έναν άνω μετατροπέα κι έναν ενισχυτή. Η διαδικασία λήψης των σημάτων πραγματοποιείται μέσω μιας μονάδας διεπαφής ευρυεκπομπής (Broadcast Interface Module), η οποία αναλαμβάνει τη μετάδοση των σημάτων στη συσκευή του τελικού χρήστη, που μπορεί να είναι ένας δέκτης τηλεόρασης ή ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Στην πρώτη περίπτωση, κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη ενός αποκωδικοποιητή/αποπολυπλέκτη (set top box) για τη μετατροπή των σημάτων σε μορφή που να υποστηρίζεται από την αναλογική συσκευή της τηλεόρασης, ενώ στη δεύτερη είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας κάρτας DVB-T για τη λήψη και αποκωδικοποίηση των σημάτων.

1.2.5 Πλεονεκτήματα του συστήματος DVB-T

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Βασικό πλεονέκτημα της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης είναι η οικονομία συχνοτήτων, αφού τέσσερα συμβατικά κανάλια, ή ένα τηλεόρασης μεγάλης ευκρίνειας, χωρούν σ' ένα

κανάλι των 8 MHz. Επιπλέον, η κατά πολύ μικρότερη απαιτούμενη ισχύς καθιστά δυνατή την επαναλαμβανόμενη χρήση της ίδιας συχνότητας σε μικρότερες αποστάσεις. Η απελευθέρωση συχνοτήτων έχει τεράστια σημασία και πολλά πλεονεκτήματα.

Η δυνατότητα κατασκευής μονοσυχνοτικών δικτύων (SFN's) είναι ένα βασικό πλεονέκτημα, αφού με μία μόνο συχνότητα, αν ικανοποιούνταν προϋποθέσεις μορφολογίας του εδάφους, θα ήταν δυνατό να καλυφθεί, για παράδειγμα, ολόκληρος ο ελλαδικός χώρος με 4 κανάλια, γεγονός που συντελεί και σε ακόμα μεγαλύτερη οικονομία συχνοτήτων. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα κατασκευής τοπικών τηλεοπτικών δικτύων, ή δικτύων μεταφοράς δεδομένων με μικρή ισχύ από επιχειρήσεις ή τοπικές κοινωνίες με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Το DVB-T έχει μεγάλο πλεονέκτημα στο μικρό κόστος που απαιτείται για την εφαρμογή του σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη ψηφιακή πλατφόρμα. Το πλεονέκτημα αυτό για το DVB-T προκύπτει από τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ήδη υπάρχοντων επίγειων αναλογικών σταθμών και της χρήσης της ίδιας κεραίας από τους χρήστες. Εξαιτίας της επαρκούς κάλυψης μεγάλου ποσοστού νοικοκυριών με μικρό κόστος, δίνεται η περαιτέρω δυνατότητα ανάπτυξης δωρεάν ψηφιακών εκπομπών. Επίσης, παρέχει μεγάλο βαθμό ασφάλειας και ευελιξίας, διότι, αν μέρος του δικτύου πάψει να λειτουργεί, αυτό δε συνεπάγεται ότι θα χαθεί ο έλεγχος για τα προγράμματα που μεταδίδονται σε μια χώρα.

Τέλος, η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση παρέχει στο χρήστη υπηρεσίες που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- Εμπλουτισμένη ευρυεκπομπή (Enhanced Broadcasting)
- Διαδραστική ευρυεκπομπή (Interactive Broadcasting)
- Πρόσβαση στο διαδίκτυο (Internet access)

Οι οποίες και αναλύονται στη συνέχεια.

1.2.5.1 Παρεχόμενες υπηρεσίες του DVB-T

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει περιγραφή της εμπλουτισμένης ευρυεκπομπής, η οποία είναι η ψηφιακή ευρυεκπομπή τηλεοπτικών και ηχητικών σημάτων μαζί με εφαρμογές που έχουν εγκατασταθεί στο τερματικό του χρήστη και εξασφαλίζουν τοπική διαδραστικότητα. Η τοπική διαδραστικότητα επιτρέπει σε σελίδες πληροφοριών, οι οποίες είναι αποθηκευμένες σε επίπεδο τοπικό, να παρουσιάζονται κατά την επιθυμία του χρήστη, χωρίς να απαιτείται κανάλι επιστροφής. Τα δεδομένα, στην περίπτωση αυτή, εκπέμπονται σύμφωνα με τη μέθοδο "data carousel", υπό την έννοια ότι εκπέμπεται ένας μεγάλος αριθμός σελίδων πληροφοριών με τρόπο ακολουθιακό προς το πλήθος χρηστών και το περιεχόμενο των σελίδων μπορεί να αναβαθμιστεί ανά πάσα στιγμή από τον πάροχο υπηρεσίας. Υλοποίηση αυτής της τεχνικής παρατηρεί κανείς στην τηλεοπτική βιντεογραφία (teletext) και στους ηλεκτρονικούς οδηγούς προγράμματος (electronic program guide):

- Τηλεοπτική βιντεογραφία (Teletext)

Η τηλεοπτική βιντεογραφία αποτελεί ένα σύστημα μετάδοσης πληροφοριών, το οποίο μεταφέρει πληροφορίες μέσω των τηλεοπτικών σημάτων σε κοινούς δέκτες τηλεόρασης. Οι πληροφορίες που εκπέμπονται είναι γενικού ενδιαφέροντος, όπως μετεωρολογικές προβλέψεις, δρομολόγια μέσω συγκοινωνίας, προγράμματα τηλεοπτικών σταθμών, εμπορικές πληροφορίες, σύντομες ειδήσεις ή ακόμα και πληροφορίες χρηματοοικονομικής χρήσης.

Οι δέκτες της υπηρεσίας αυτής είναι εφοδιασμένοι με έναν αποκωδικοποιητή, ο οποίος μπορεί είτε να προστεθεί εκ των υστέρων, είτε να υπάρχει ενσωματωμένος στο δέκτη από το εργοστάσιο κατασκευής του. Οι πληροφορίες εκπέμπονται κωδικοποιημένες μαζί με το πρόγραμμα του σταθμού, χωρίς να παρενοχλούν το τηλεοπτικό σήμα και χωρίς να απαιτούνται νέες συχνότητες εκπομπής. Ο αποκωδικοποιητής, αφού λάβει τα σήματα που εκπέμπονται αποκωδικοποιεί και εμφανίζει τα στοιχεία στην οθόνη σε μορφή γραμμάτων, αριθμών ή γραφικών συμβόλων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η υπηρεσία της τηλεοπτικής βιντεογραφίας μπορεί να υποστηρίζεται τόσο σε ψηφιακή όσο και αναλογική μορφή. Η ψηφιακή μορφή υπερτερεί συγκρινόμενη με την αναλογική, εφόσον υποστηρίζει πλήθος γραφικών, συνδέσμους προς άλλες σελίδες, δυνατότητα υποστήριξης μεγαλύτερης ποσότητας πληροφορίας, 256 χρώματα αντί για 8, ποικιλία γραμματοσειρών και γραμμάτων, φωτογραφίες και πιο γρήγορη προσπέλαση σελίδων.

- Ηλεκτρονικός οδηγός προγράμματος (electronic program guide)

Ένας ηλεκτρονικός οδηγός προγράμματος προσφέρει στους χρήστες πληροφορίες και θα μπορούσε κάποιος να το παρομοιάσει με την ηλεκτρονική μορφή ενός τηλεοπτικού προγράμματος. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποιον αποκωδικοποιητή (set top box), ενώ πρόσβαση στις υπηρεσίες του μπορεί να έχει ο χρήστης με τη βοήθεια ενός τηλεχειριστηρίου. Συγκεντρωτικά, ένας ηλεκτρονικός οδηγός προγράμματος παρέχει στους χρήστες τα εξής:

1. Παρουσίαση τηλεοπτικών προγραμμάτων που πρόκειται να προβληθούν, καθώς και λεπτομέρειες που τα αφορούν, όπως την ημερομηνία και τον ακριβή χρόνο της προβολής τους ή το θέμα που πραγματεύονται.
2. Παροχή πληροφοριών που αφορούν τις ταινίες που πρόκειται να προβληθούν.
3. Δημιουργία καταλόγων με προεπιλεγμένα από το χρήστη προγράμματα, που πρόκειται να προβληθούν στις προσεχείς ώρες.
4. Ενημέρωση του χρήστη για την έναρξη προγραμμάτων που έχει επιλέξει ή ακόμα και ενεργοποίηση κάποιου εγγραφέα για την εγγραφή τους.
5. Δυνατότητα αγοράς κάποιας ταινίας.
6. Αποθήκευση στη μνήμη του οδηγού προγράμματος των προτιμήσεων του χρήστη και τη δυνατότητα ενημέρωσής του για προγράμματα που πραγματεύονται σχετικά θέματα.

- Διαδραστικές υπηρεσίες

Ουσιαστική διαδραστικότητα μπορεί να επιτευχθεί με την ύπαρξη ενός καναλιού επιστροφής (return channel), ενός δηλαδή νέου μηχανισμού για τη μεταφορά των δεδομένων από το χρήστη στο φορέα ευρυεκπομπής.

Ο χρήστης, λοιπόν, μέσω του καναλιού επιστροφής, στέλνει τις αιτήσεις του στο φορέα ευρυεκπομπής, διαμορφώνοντας το περιεχόμενο του προγράμματος και ζητώντας υπηρεσίες σύμφωνα με τις επιθυμίες του. Με τον τρόπο αυτό, αποκτά ευχέρεια πρόσβασης σε μεγάλο όγκο προγραμμάτων και υπηρεσιών. Συγκεκριμένα, του παρέχεται η δυνατότητα συμμετοχής σε τηλεπαιχνίδια, συμμετοχής σε ζωντανές ψηφοφορίες, υποβολής ερωτήσεων σε συνεντεύξεις, όπως, επίσης, και η δυνατότητα αγοράς προϊόντων (ενώ πραγματοποιείται ένα πρόγραμμα telesales), κράτησης ή αγοράς εισιτηρίων και διεκπεραίωσης τραπεζικών συναλλαγών.

Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό των διαδραστικών εφαρμογών είναι ότι ο χρήστης καθίσταται ικανός να παρεμβαίνει στο περιεχόμενο των προγραμμάτων που παρακολουθεί, έχοντας τη δυνατότητα, σε περιπτώσεις ποδοσφαιρικών αγώνων, να ξαναπαρακολουθεί τα χρονικά σημεία που επιθυμεί ή να επιλέγει την οπτική γωνία από την οποία θα παρακολουθεί τις εξελίξεις ενός reality παιχνιδιού.

Η διαδραστική τηλεόραση παρουσιάζει ακόμα ένα ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα που αφορά στη δυνατότητα λήψης προγραμμάτων on-demand σε πραγματικό χρόνο. Μια τέτοια τύπου υπηρεσία είναι η Video on demand. Κατ' επέκταση, δίνει τη δυνατότητα για παροχή νέων διαδραστικών εφαρμογών πολυμέσων στους πελάτες Μέσων Μαζικής Μεταφοράς, κυρίως λεωφορείων μεγάλων αποστάσεων, τρένων και πλοίων, αρκεί βέβαια το κανάλι επιστροφής να υλοποιείται με τεχνολογία, η οποία υποστηρίζει κινητή λήψη.

Στις υπηρεσίες που προσφέρουν οι διαδραστικές εφαρμογές συγκαταλέγεται και η ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο από το δέκτη της τηλεόρασης και από φορητά τερματικά σε ταχύτητες πολύ υψηλότερες από αυτές των κινητών τερματικών τρίτης γενιάς (3G). Έτσι, η τηλεόραση ή άλλου τύπου τερματικά είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως μέσα περιήγησης στο διαδίκτυο και ως πύλες για τη μεταφορά («κατέβασμα») προϊόντων λογισμικού.

1.3 ETSI προδιαγραφές – Περιγραφή και αποδοχή από την ITU, ERO και EBU

1.3.1 Σύστημα μετάδοσης

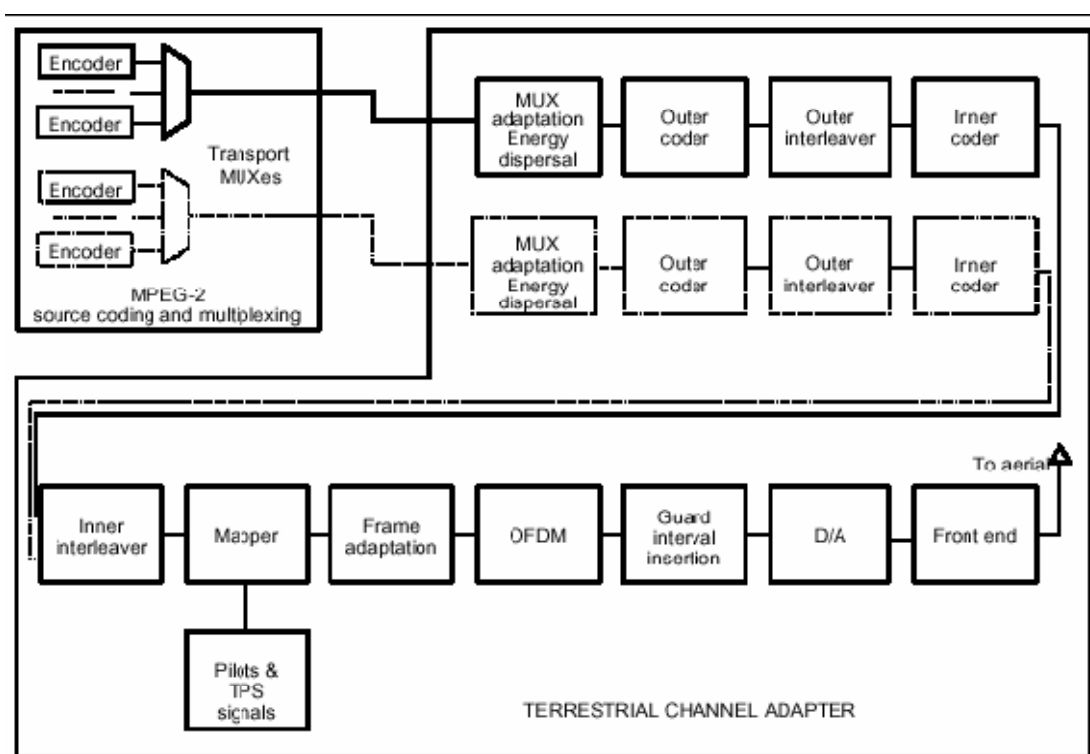
Το σύστημα μετάδοσης ορίζεται ως η διαδικασία που προσαρμόζει το σήμα βασικής ζώνης, που προέρχεται από την έξοδο του MPEG-2 πολυπλέκτη, στα χαρακτηριστικά του επίγειου καναλιού. Στο ρεύμα δεδομένων εφαρμόζονται οι παρακάτω διαδικασίες:

- Αναδιάταξη των bit του ψηφιακού ρεύματος και τυχαιοποίηση για διασπορά ενέργειας (Transport multiplex adaption and randomization for energy dispersal)
- Εξωτερική κωδικοποίηση (Αλγόριθμος Reed-Solomon, outer coding)

- Εξωτερική αναδιάταξη των bytes για προστασία από ριπές λανθασμένων bytes (convolutional interleaving)
- Εσωτερική κωδικοποίηση (συνελκτική) (inner coding)
- Εσωτερική αναδιάταξη των bytes
- Διαμόρφωση βασικής ζώνης (baseband shaping for modulation)
- Διαμόρφωση OFDM και μετάδοση (OFDM modulation)

Στο παρακάτω σχήμα, οι μονάδες που σημειώνονται με διακεκομμένες γραμμές αφορούν στην επιλογή της ιεραρχικής διαμόρφωσης (hierarchical modulation). Στην περίπτωση της ιεραρχικής διαμόρφωσης, το σήμα βασικής ζώνης προϋπάρχει διαιρεμένο σε δύο συρμούς μεταφοράς: α) ένα συρμό υψηλής προτεραιότητας (high priority TS) και β) ένα χαμηλής (low priority TS).

Το διάγραμμα του συστήματος δίνεται παρακάτω:



Σχήμα 1.3: Μπλοκ διάγραμμα ενός διαμορφωτή DVB-T

Το σύστημα αυτό είναι σχεδιασμένο για υπηρεσίες επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης στις ζώνες συχνοτήτων VHF/UHF, όπου λειτουργούν παράλληλα τα αναλογικά τηλεοπτικά κανάλια. Για το λόγο αυτό, η μορφή του σήματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε να προσφέρει επαρκή προστασία απέναντι σε υψηλά επίπεδα ομοδιαυλικής παρεμβολής και παρεμβολής γειτονικού διαύλου καθώς και στην εξασθένιση και τις διαλείψεις λόγω πολλαπλών διαδρομών. Πρέπει, επίσης, να χειρίζεται αποδοτικά το φάσμα συχνοτήτων στις ζώνες συχνοτήτων VHF/UHF. Η μορφή του σήματος που εκπληρώνει αυτά τα κριτήρια είναι η ορθογωνική πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplex, OFDM). Το σύστημα OFDM χρησιμοποιεί πολλαπλά φέροντα για τη μετάδοση, έτσι ώστε να αποκτήσει αντοχή απέναντι στις απώλειες πολλαπλών διαδρομών. Οι απώλειες αυτές συμβαίνουν όταν το σήμα από τον εκπομπό φτάνει στο δέκτη από πολλαπλά μονοπάτια. Τα μονοπάτια

αυτά οφείλονται σε ανακλάσεις του σήματος σε βουνά, κτίρια κτλ. με αποτέλεσμα το σήμα να φτάνει στο δέκτη σε διαφορετικούς χρόνους. Χρησιμοποιώντας πολλαπλά φέροντα, ο ρυθμός συμβόλων ανά φέρον είναι μικρός ή ισοδύναμα η διάρκεια κάθε συμβόλου είναι μεγάλη. Αυξάνοντας τον αριθμό των φερόντων, η καθυστέρηση λόγω πολλαπλών διαδρομών είναι μικρή σε σύγκριση με τη διάρκεια κάθε συμβόλου. Η μείωση της απόδοσης λόγω διασυμβολικής παρεμβολής μπορεί, έτσι, να περιοριστεί πάρα πολύ. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει 1705 ή 6817 φέροντα και ονομάζεται αντίστοιχα 2K OFDM και 8K OFDM.

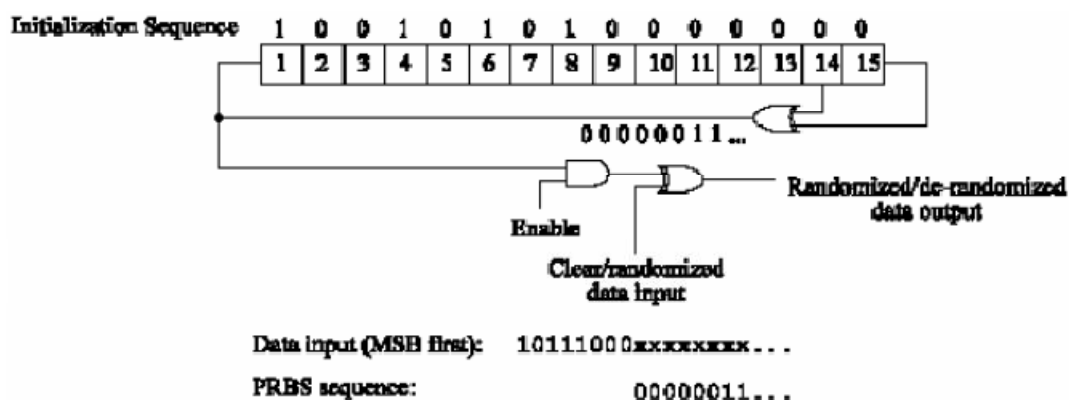
Η απόδοση σε ένα περιβάλλον πολλαπλών διαδρομών μπορεί να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο εισάγοντας τα διαστήματα προστασίας που είναι διαστήματα σιωπής μετά την εκπομπή κάθε συμβόλου για χρόνο ίσο με το 1/4, 1/8, 1/16 ή 1/32 του χρόνου ενός συμβόλου. Στο 8k OFDM έχει τιμή από 28 ms έως 224 ms, ενώ στο 2k OFDM από 7 ms έως 56 ms.

1.3.1.1 Αναδιάταξη των bit του ψηφιακού ρεύματος και τυχαιοποίηση για διασπορά ενέργειας.

Το βήμα αυτό, παρόλο που δεν αποτελεί μέρος της διαδικασίας διόρθωσης σφαλμάτων, απαιτείται να πραγματοποιηθεί από το πρότυπο DVB-T πριν τη διαδικασία διόρθωσης, για να επιτευχθεί μία ομοιόμορφα κατανομημένη ενέργεια μέσα στο κανάλι. Το ρεύμα εξόδου του MPEG-2 πολυπλέκτη οργανώνεται σε πακέτα σταθερού μήκους των 188 bytes. Το πρώτο byte είναι το byte συγχρονισμού και έχει τιμή 47_{HEX}. Για να διασφαλιστεί ότι θα υπάρχουν αρκετές μεταβάσεις από το 0 στο 1 και αντίστροφα, το ρεύμα δεδομένων περνά από μια γεννήτρια δυαδικής ψευδοτυχαίας ακολουθίας, της οποίας το πολυώνυμο είναι το:

$$1 + X^{14} + X^{15}$$

Κάθε 8 πακέτα των 188 bytes, φορτώνεται στον καταχωρητή της γεννήτριας η τιμή «10010101000000» και, για να μπορέσει η αντίστοιχη γεννήτρια στο δέκτη να συγχρονιστεί, το πρώτο byte συγχρονισμού σε μια ομάδα 8 πακέτων αντιστρέφεται από 47_{HEX} σε BB_{HEX} και περνά όπως είναι από τη γεννήτρια. Έτσι, η περίοδος της ακολουθίας είναι 1503 bytes. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

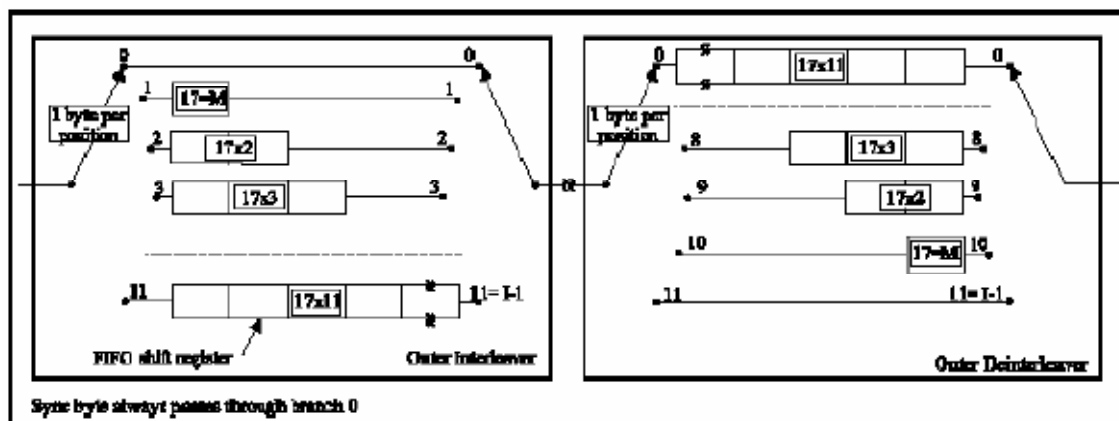


Σχήμα 1.4: Διάγραμμα γεννήτριας ψευδοτυχαίας ακολουθίας

Η διαδικασία αυτή είναι ενεργή ακόμα και όταν δεν υπάρχει ρεύμα εισόδου, έτσι ώστε να αποφεύγεται η εκπομπή αδιαμόρφωτου από το διαμορφωτή.

1.3.1.2 Εξωτερική κωδικοποίηση (Αλγόριθμος Reed-Solomon)

Σε κάθε πακέτο των 188 bytes εφαρμόζεται ο κώδικας διόρθωσης λαθών Reed-Solomon (204,188, t=8) και παράγεται ένα πακέτο των 204 bytes προστατευμένο από λάθη. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια αναδιάταξη των bytes για προστασία από ριπές λαθών. Αν έχουμε μια ριπή λανθασμένων bytes, είναι πιθανό τα bytes αυτά να είναι περισσότερα από όσα μπορεί να διορθώσει ο κώδικας διόρθωσης λαθών Reed-Solomon (204,188, t=8). Αν, όμως, πραγματοποιηθεί μια αναδιάταξη των bytes, έτσι ώστε γειτονικά bytes κατά τη μετάδοση να ανήκουν σε διαφορετικά πακέτα, τότε τα λανθασμένα bytes θα κατανεμηθούν και θα είναι πιο εύκολη η διόρθωσή τους. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τον παρακάτω τρόπο: 12 κλάδοι συνδέονται κυκλικά στο ρεύμα εισόδου με ένα μεταγωγέα. Κάθε κλάδος είναι ένας καταχωρητής ολίσθησης FIFO (First-In, First-Out) με βάθος $17 \cdot j$ κύτταρα, όπου j ο αριθμός του κλάδου. Κάθε κύτταρο περιέχει ένα byte και οι μεταγωγείς εισόδου και εξόδου είναι συγχρονισμένοι. Για λόγους συγχρονισμού, τα bytes συγχρονισμού οδηγούνται πάντα στον κλάδο 0. Η διαδικασία αυτή, καθώς και η αντίστροφή της στο δέκτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1.5: Διάγραμμα διαδικασίας αναδιάταξης bytes

1.3.1.3 Συνελικτική και εσωτερική κωδικοποίηση των bytes

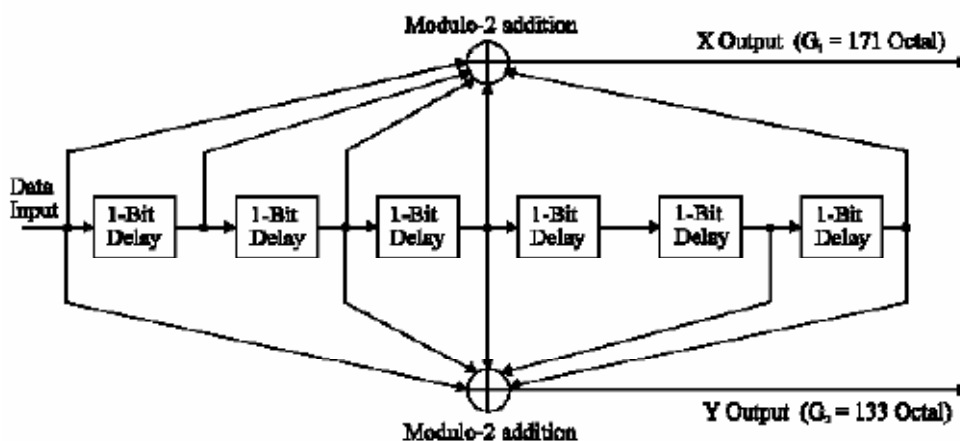
Τη διαδικασία της εξωτερικής κωδικοποίησης ακολουθεί η τεχνική της συνελικτικής κωδικοποίησης, σκοπός της οποίας είναι η αύξηση της απόδοσης της κωδικοποίησης Reed-Solomon. Ο λόγος για τον οποίο απαιτείται αποδοτικότερη προστασία έναντι στα σφάλματα είναι ότι στα κανάλια μετάδοσης η ποιότητα των σημάτων μεταβάλλεται και είναι δυνατόν ένας μεγάλος αριθμός από δυαδικά ψηφία, ο οποίος υπερβαίνει τη δυνατότητα διόρθωσης της κωδικοποίησης RS, να υποστεί αλλοίωση (από πιθανό χτύπημα κεραυνού ή από παρεμβολές ηλεκτρικών συσκευών). Η προστασία κάθε πακέτου μετάδοσης από τέτοιου είδους αλλοιώσεις δεν είναι ιδιαίτερα οικονομική, εφόσον αυτά δε συμβαίνουν αρκετά συχνά. Σε αυτή την

περίπτωση, εφαρμόζεται συνελκτική κωδικοποίηση, σύμφωνα με την οποία τα δεδομένα, αφού κωδικοποιηθούν με την Εμπρόσθια Διόρθωση Σφαλμάτων, τροφοδοτούνται σε μια μνήμη RAM και μεταδίδονται αναδιαταγμένα. Με τη χρήση μιας δεύτερης RAM κατά τη λήψη, τα δεδομένα τοποθετούνται στην αρχική τους δομή. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας της κωδικοποίησης είναι ότι το συσσωμάτωμα των δυαδικών ψηφίων που έχουν υποστεί σφάλμα μετατρέπεται σε ένα μεγάλο αριθμό ενιαίων εσφαλμένων συμβόλων, τα οποία είναι εύκολα διορθώσιμα. Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική περιγραφή της λειτουργίας του.

Στο ρεύμα δεδομένων εφαρμόζεται ένας συνελκτικός κώδικας που βασίζεται σε ρυθμό 1/2 και μήκος 7. Ο συνελκτικός κώδικας παράγει, ανάλογα με το ρυθμό του, περισσότερα bit από τα αρχικά, αλλά δίνει τη δυνατότητα διόρθωσης τόσων bit όση είναι η παράμετρος d. Το σύστημα επιτρέπει συνελκτικούς κώδικες με ρυθμούς 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 και 7/8. Οι συνελκτικοί κώδικες και η ακολουθία που εκπέμπεται κάθε φορά φαίνεται παρακάτω:

Code Rates r	Puncturing pattern	Transmitted sequence (after parallel-to-serial conversion)
1/2	X: 1 Y: 1	$X_1 Y_1$
2/3	X: 1 0 Y: 1 1	$X_1 Y_1 Y_2$
3/4	X: 1 0 1 Y: 1 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 X_3$
5/6	X: 1 0 1 0 1 Y: 1 1 0 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 X_3 Y_4 X_5$
7/8	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y: 1 1 1 1 0 1 0	$X_1 Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 X_5 Y_6 X_7$

Πίνακας 1.1: Συνελκτικοί κώδικες και ακολουθία που εκπέμπεται

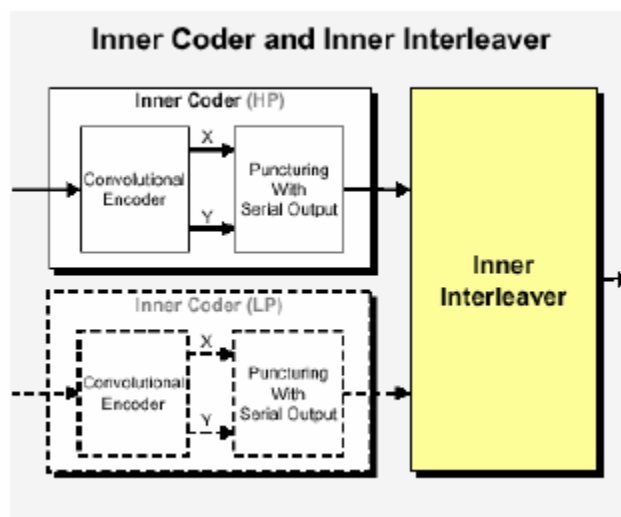


Σχήμα 1.6: Συνελκτική κωδικοποίηση για ρυθμό κωδικοποίησης 1/2

Η εσωτερική κωδικοποίηση ακολουθεί τη συνελκτική διεμπλοκή και την συμπληρώνει αποδοτικά, καθώς διορθώνει άλλου είδους σφάλματα. Ο ισχυρός πλεονασμός που εισάγεται από αυτή (100%, καθώς ο συνελκτικός κωδικοποιητής παράγει δύο ροές εξόδου, καθεμιά με τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης, όπως η ροή εισόδου) επιτρέπει μια πολύ ισχυρή διόρθωση λαθών. Αυτό μπορεί να είναι αναγκαίο για σήματα με πολύ χαμηλό σηματοθορυβικό λόγο (SNR, Signal-to-Noise Ratio) στην

είσοδο του δέκτη, αλλά έχει ως αποτέλεσμα τον υποδιπλασιασμό της φασματικής απόδοσης του καναλιού. Ωστόσο, αυτού του τύπου η συνελκτική κωδικοποίηση επιτρέπει ο πλεονασμός που εισάγεται να μειωθεί διαμέσου της διάτρησης (puncturing) της εξόδου του συνελκτικού κωδικοποιητή. Αυτός καθιστά δυνατή τη μη λήψη όλων των διαδοχικών bits των ακολουθιών εξόδου, αλλά μόνο ένα από τα δύο ταυτόχρονα bits με ένα συγκεκριμένο λόγο διάτρησης (puncturing ratio).

Η εσωτερική κωδικοποίηση των bytes χωρίζεται σε δύο μέρη. Αρχικά, έχουμε αναδιάταξη bit και στη συνέχεια αναδιάταξη συμβόλου. Η διαδικασία της συνελκτικής κωδικοποίησης δίνεται σχηματικά παρακάτω:



Σχήμα 1.7: Διαδικασία της συνελκτικής κωδικοποίησης

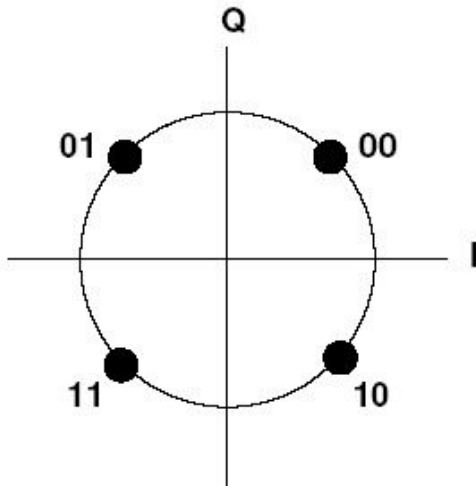
Στην αναδιάταξη bit, η είσοδος αποπολυπλέκεται σε v υπο-ρεύματα, όπου $v=2$ για QPSK, $v=4$ για 16-QAM και $v=6$ για 64-QAM. Μετά από μια διαδικασία, κάθε σύμβολο στην έξοδο του bit interleaver αποτελείται από v bits, ένα bit από κάθε υπο-ρεύμα. Στην αναδιάταξη συμβόλου, σκοπός είναι να αντιστοιχήσουμε τις λέξεις των v bits στα 1512 (2K OFDM) ή 6048 (8K OFDM) ενεργά φέροντα κάθε συμβόλου OFDM.

1.3.1.4 Διαμόρφωση OFDM και μετάδοση

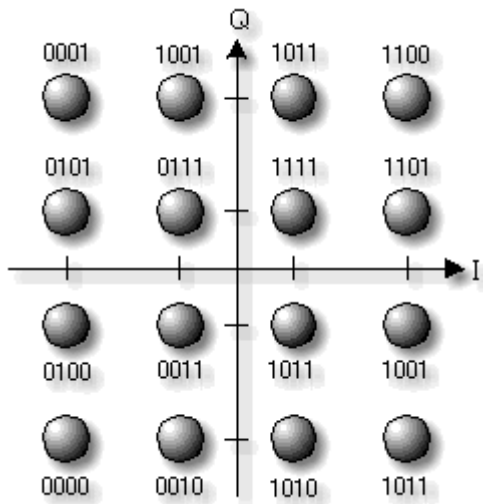
Το σύστημα χρησιμοποιεί μετάδοση OFDM. Κάθε φέρον με δεδομένα διαμορφώνεται κατά QPSK, 16-QAM, 64-QAM, non-uniform 16-QAM, non-uniform 64-QAM.

Η ακριβής συμμετρία των αστερισμών για τους παραπάνω τρόπους διαμόρφωσης εξαρτάται από μία παράμετρο α , η οποία μπορεί να πάρει τις τιμές 1, 2 και 4. Η παράμετρος α είναι η ελάχιστη απόσταση που χωρίζει δύο σημεία αστερισμού για τη μεταφορά διαφορετικών τιμών HP. Η μη-ιεραρχική μετάδοση χρησιμοποιεί τον ίδιο ομοιόμορφο αστερισμό με την περίπτωση όπου $\alpha=1$.

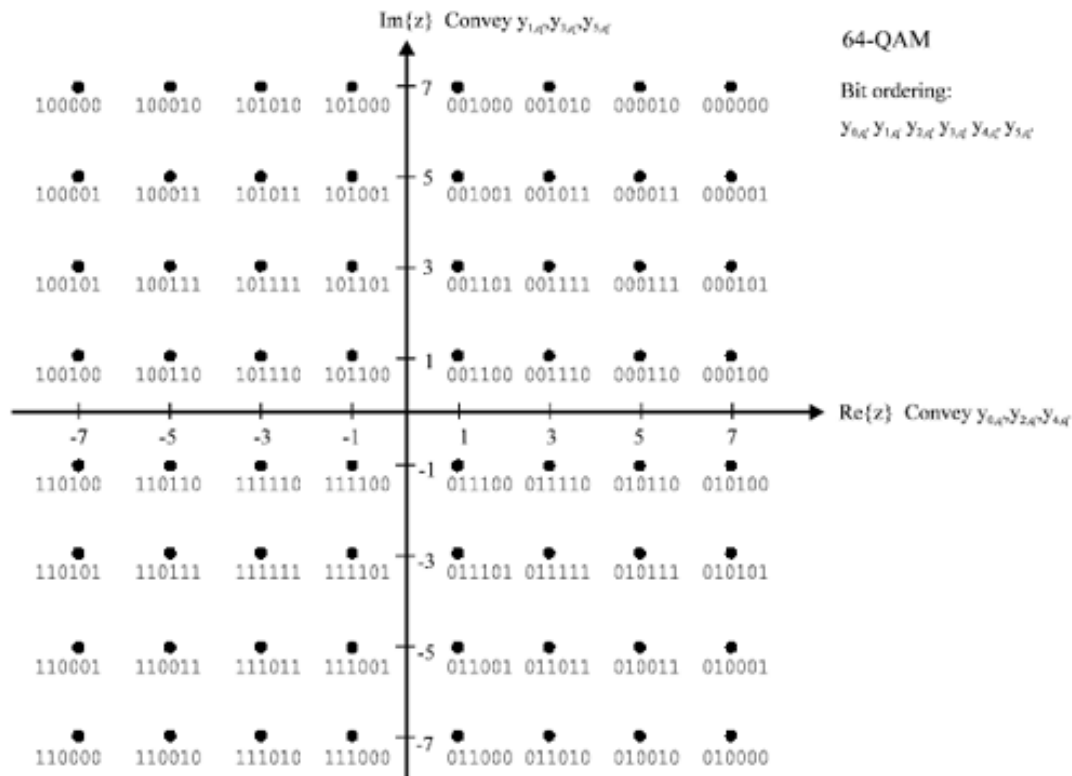
Οι αστερισμοί για καθέναν από τους τρόπους διαμόρφωσης QPSK, 16-QAM, 64-QAM με παράμετρο $\alpha=1$ φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 1.8: Αστερισμός τρόπου διαμόρφωσης QPSK για $\alpha=1$



Σχήμα 1.9: Αστερισμός τρόπου διαμόρφωσης 16-QAM για $\alpha=1$



Σχήμα 1.10: Αστερισμός τρόπου διαμόρφωσης 64-QAM για $\alpha=1$

1.3.1.5 Δομή πλαισίου OFDM

Το εκπεμπόμενο σήμα οργανώνεται σε πλαίσια. Κάθε πλαίσιο έχει διάρκεια T_f και αποτελείται από 68 σύμβολα OFDM. Τέσσερα πλαίσια αποτελούν ένα υπερ-πλαίσιο. Κάθε σύμβολο αποτελείται από ένα σύνολο $k=6817$ φερόντων στο 8k OFDM και $k=1705$ φερόντων στο 2k OFDM και μεταδίδεται με διάρκεια T_s . Αποτελείται από δυο μέρη: ένα χρήσιμο μέρος με διάρκεια T_u και ένα διάστημα εμπιστοσύνης με διάρκεια Δ . Τα σύμβολα σε ένα πλαίσιο OFDM παίρνουν τιμές από 0 έως 67. Όλα τα σύμβολα περιέχουν δεδομένα και πληροφορία αναφοράς. Αφού κάθε 1 σύμβολο OFDM αποτελείται από διαφορετικά διαμορφωμένα φέροντα κάθε σύμβολο μπορεί να θεωρηθεί ότι χωρίζεται σε κύτταρα, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί στο αντίστοιχο διαμορφωμένο φέρον.

Εκτός από τα δεδομένα που εκπέμπονται το πλαίσιο OFDM περιέχει επίσης και διασκορπισμένα κύτταρα πιλότους, συνεχόμενα πιλοτικά φέροντα και φέροντα πληροφορίας μετάδοσης. Οι πιλότοι χρησιμοποιούνται για συγχρονισμό πλαισίου, συγχρονισμό συχνότητας, χρονικό συγχρονισμό, εκτίμηση καναλιού, αναγνώριση τρόπου μετάδοσης και μπορούν τέλος να ακολουθούν το θόρυβο φάσης.

Τα φέροντα έχουν ενδείκτη k όπου $k \in [0, 1704]$ για 2k OFDM και $k \in [0, 6816]$ για 8k OFDM. Η απόσταση ανάμεσα σε δύο γειτονικά φέροντα είναι $1/T_u$, ενώ το εύρος ζώνης του σήματος είναι $(k-1)/T_u$.

Οι παράμετροι αυτοί για ένα κανάλι 8 MHz για τους τρόπους λειτουργίας 2k OFDM και 8K OFDM φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

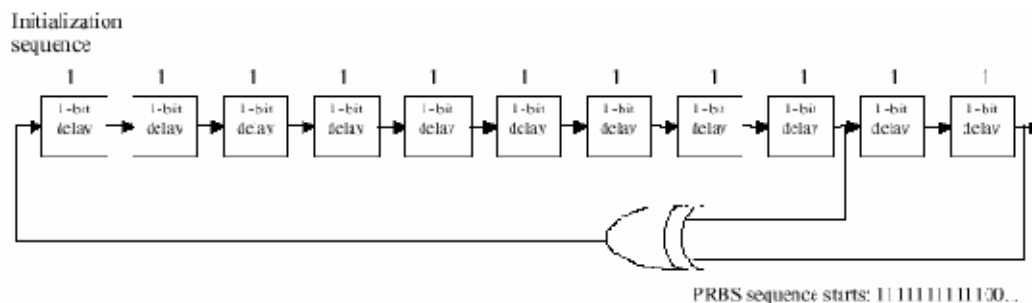
Parameter	8K mode	2K mode
Number of carriers K	6 817	1 705
Value of carrier number K_{min}	0	0
Value of carrier number K_{max}	6 816	1 704
Duration T_U (note 2)	896 μ s	224 μ s
Carrier spacing $1/T_U$ (note 1) (note 2)	1 116 Hz	4 464 Hz
Spacing between carriers K_{min} and K_{max} $(K-1)/T_U$ (note 2)	7,61 MHz	7,61 MHz
NOTE 1: Values in italics are approximate values.		
NOTE 2: Values for 8 MHz and 7 MHz channels are given in annex E, tables E.1 and E.2.		

Πίνακας 1.2: Τιμές παραμέτρων σε κανάλι των 8 MHz για τους 2k και 8k τρόπους λειτουργίας

Τα σήματα πιλότοι διαμορφώνονται με πληροφορίες αναφοράς που η εκπεμπόμενη τιμή τους είναι γνωστή στο δέκτη και το επίπεδο ενέργειας τους είναι μεγαλύτερο από αυτή των σημάτων-δεδομένων. Ο αριθμός των χρήσιμων φερόντων δεδομένων είναι 1512 για 2k OFDM και 6048 για 8k OFDM. Η τιμή για την πληροφορία που μεταδίδεται από τους διασκορπισμένους και τους συνεχόμενους πιλότους προέρχεται από μία ψευδοτυχαία δυαδική ακολουθία. Η ακολουθία αυτή αρχικοποιείται, έτσι ώστε το πρώτο bit εξόδου να αντιστοιχεί στο πρώτο ενεργό φέρον ενώ παράγεται τιμή για κάθε φέρον ανεξάρτητα αν είναι πιλότος η όχι. Το πολυώνυμο της δυαδικής ψευδοτυχαίας ακολουθίας είναι το:

$$1 + x^2 + x^{11}$$

και το διάγραμμα του ακολουθεί στη συνέχεια:



Σχήμα 1.11: Διάγραμμα γεννήτριας ψευδοτυχαίας ακολουθίας

Τα σήματα παραμέτρων μετάδοσης (Transmission Parameter Signaling TPS), από την άλλη πλευρά, χρησιμοποιούνται για εκπομπή πληροφοριών σχετικών με την κωδικοποίηση του καναλιού και τη διαμόρφωση. Το σήμα αυτό μεταδίδεται παράλληλα σε 17 TPS φέροντα για το 2k OFDM και σε 68 για το 8k OFDM. Κάθε φέρον στο ίδιο σύμβολο περιέχει το ίδιο διαφορετικά κωδικοποιημένο bit πληροφορίας για λόγους προστασίας από λάθη, αφού η πληροφορία που περιέχει αυτό το σήμα είναι ζωτική για το συγχρονισμό του δέκτη και τον ορισμό των παραμέτρων λήψης.

Οι πληροφορίες που περιέχουν τα φέροντα TPS είναι:

- διαμόρφωση που περιλαμβάνει την παράμετρο α της διαμόρφωσης QAM
- πληροφορίες για ιεραρχική μετάδοση
- διάστημα εμπιστοσύνης
- ρυθμοί εσωτερικής κωδικοποίησης
- τρόπος μετάδοσης (2k OFDM ή 8k OFDM)
- αριθμός πλαισίου μέσα στο υπέρ-πλαίσιο
- αναγνώριση κελιού

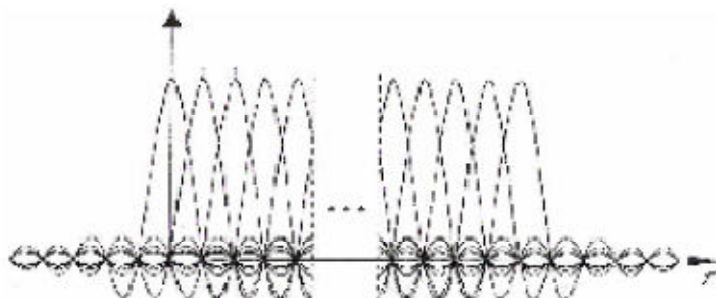
Κάθε OFDM σύμβολο μεταφέρει ένα TPS bit. Κάθε block TPS αποτελείται από 68 bits .Ο ρόλος των κάθε bits περιγράφεται στη συνέχεια :

- 1 bit για αρχικοποίηση
- 16 bits για συγχρονισμό
- 37 bits για πληροφορία (από τα 37 bits, τα 31 χρησιμοποιούνται, τα υπόλοιπα έξι έχουν τιμή μηδέν)
- 14 bits για προστασία από λάθη

1.3.1.6 Παράμετροι Μετάδοσης

Στη συνέχεια θα δούμε πιο αναλυτικά κάποια θέματα που αφορούν την εφαρμογή ενός δικτύου επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και διάφορες παραμέτρους μετάδοσης. Η τεχνική OFDM δίνει επιλογή για δύο αριθμούς φερόντων, τρία σχήματα διαμόρφωσης, πέντε ρυθμούς κωδικοποίησης, διάφορα διαστήματα εμπιστοσύνης και επιλογή ιεραρχικής και μη ιεραρχικής διαμόρφωσης. Τα χαρακτηριστικά αυτού του πολύ ευέλικτου συστήματος μετάδοσης περιγράφονται παρακάτω. Για να αποφευχθούν οι παρεμβολές από την ηχώ ή από σήματα γειτονικών εκπομπών σε δίκτυα μιας συχνότητας, εισέρχεται ανάμεσα στα σύμβολα OFDM ένα διάστημα εμπιστοσύνης ή φύλαξης. Το διάστημα αυτό, που ουσιαστικά σημαίνει ότι τα σύμβολα δε μεταδίδονται συνεχόμενα, προηγείται κάθε συμβόλου OFDM. Η ηχώ από το προηγούμενο σύμβολο θα πρέπει να φτάνει μέσα στο διάστημα φύλαξης, αλλιώς προκαλεί παρεμβολή στο σύμβολο που ακολουθεί και αυξάνεται ο ρυθμός σφαλμάτων (BER). Γι' αυτό το λόγο, το απαιτούμενο μήκος του διαστήματος φύλαξης εξαρτάται από την εφαρμογή για την οποία προορίζεται το δίκτυο. Για δίκτυα μιας συχνότητας (Single Frequency Network, SFN), δίκτυα δηλαδή στα οποία όλοι οι πομποί στις διάφορες περιοχές είναι συντονισμένοι και εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα, το σήμα φτάνει στο δέκτη από όλους τους πομπούς με διαφορετική καθυστέρηση. Έτσι, η απόσταση ανάμεσα στους δυο πιο απομακρυσμένους πομπούς καθορίζει το απαραίτητο μήκος του διαστήματος αυτού. Προσομοιώσεις έχουν δείξει ότι, για συστήματα SFN, είναι απαραίτητο ένα διάστημα φύλαξης τουλάχιστον 200 μ s. Αν, όμως, αυξηθεί το διάστημα φύλαξης, χωρίς να αυξηθεί και η διάρκεια ενός συμβόλου, θα μειωθεί η χωρητικότητα του καναλιού και ο χρήσιμος ρυθμός μετάδοσης. Αν αυξηθεί και η διάρκεια του συμβόλου, τότε η χωρητικότητα του καναλιού δεν θα επηρεαστεί, αλλά

θα γίνει πιο δύσκολη η επεξεργασία του σήματος, λόγω του μεγαλύτερου αριθμού φερόντων που χρειάζονται αν αυξηθεί η διάρκεια του συμβόλου.



Σχήμα 1.12: Φάσμα φερόντων του σήματος πολυπλεξίας COFDM

Τα μεγαλύτερα διαστήματα είναι κατάλληλα για δίκτυα με μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στους πομπούς, όπως είναι ένα εθνικό δίκτυο, ενώ τα μικρότερα είναι κατάλληλα για τοπικές μεταδόσεις.

proportion to the length of the useful interval	Length of the guard interval	
	8k-mode	2k-mode
1/4	224 μ s	56 μ s
1/8	112 μ s	28 μ s
1/16	56 μ s	14 μ s
1/32	28 μ s	7 μ s

Πίνακας 1.3: Οι προκαθορισμένες τιμές για τα διαστήματα προστασίας

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, υπάρχουν δυο τρόποι λειτουργίας σχετικοί με τον αριθμό των φερόντων. Το μήκος του χρήσιμου διαστήματος είναι $T_u=896\mu$ s για το 8k OFDM και $T_u=224\mu$ s για το 2k OFDM. Λόγω της ορθογωνιότητας του συστήματος, αυτό αντιστοιχεί σε απόσταση φερόντων 1116 HZ και 4464 HZ αντίστοιχα. Μια βασική απαίτηση του συστήματος ήταν το εύρος ζώνης να ταιριάζει σε ένα κανάλι 8 MHz. Από αυτή την απαίτηση βγαίνει ο αριθμός των πιθανών φερόντων, 6817 για κάθε σύμβολο OFDM για τον 8k τύπο (από αυτά τα 6048 είναι χρήσιμα για πληροφορία, τα υπόλοιπα χρησιμοποιούνται για συγχρονισμό και σηματοδότηση) και 1705 για το 2k OFDM (τα 1512 είναι χρήσιμα για πληροφορία). Τα σύμβολα αυτά αποκωδικοποιούνται στο δέκτη με τη βοήθεια του IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform) και μετά εισάγονται εικονικά φέροντα για να γίνει ο συνολικός αριθμός δύναμη του δυο, ώστε να μπορεί ύστερα να χρησιμοποιηθεί ο ταχύτερος αλγόριθμος IFFT (Inverse Fast Fourier Transform).

Για την επίτευξη των μεταδόσεων έχει προστεθεί και ο κώδικας Rate Compatible Punctured Convolutional (RCPC), ο οποίος έχει οριστεί για την DVB-T και είναι ίδιος με αυτόν που εφαρμόζεται για την DVB-S. Για να προσαρμοστεί η προστασία από λάθη στις πραγματικές συνθήκες μετάδοσης, υπάρχει επιλογή ανάμεσα σε 5 ρυθμούς κωδικοποίησης. Οι ρυθμοί αυτοί είναι: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8. Ο ρυθμός 1/2

έχει το μεγαλύτερο πλεόνασμα, αλλά παρέχει τη μεγαλύτερη ασφάλεια μετάδοσης. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κανάλια με πολύ θόρυβο. Από την άλλη, ο ρυθμός 7/8 έχει μικρό πλεόνασμα, αλλά παρέχει μικρή ασφάλεια και είναι κατάλληλος για κανάλια με χαμηλά επίπεδα παρεμβολών.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η ιεραρχική διαμόρφωση, ενώ η επιλογή είδους διαμόρφωσης (QPSK, 16-QAM, 64-QAM) αναλύεται σε άλλη ενότητα. Ενώ η ποιότητα του ήχου και του βίντεο μειώνεται σταδιακά στην αναλογική τηλεόραση, οι τεχνικές ψηφιακής μετάδοσης διατηρούν την ποιότητα λήψης σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο και ξαφνικά το σήμα καταστρέφεται τελείως, καθώς οι συνθήκες μετάδοσης χειροτερεύουν σταδιακά. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, τα δεδομένα που πρόκειται να μεταδοθούν χωρίζονται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος παρέχει τη βασική υπηρεσία τηλεόρασης με ένα σχετικά μικρό ρυθμό μετάδοσης και υψηλή προστασία από λάθη. Το δεύτερο μέρος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για επιπρόσθετες υπηρεσίες με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης και μικρότερη προστασία από λάθη. Γενικά, υπάρχουν δύο πιθανές χρήσεις του δεύτερου μέρους. Η μία είναι να μεταδίδονται επιπρόσθετα προγράμματα και η άλλη ο υψηλός ρυθμός να χρησιμοποιείται για αύξηση της ποιότητας της βασικής υπηρεσίας. Το επίπεδο προστασίας μπορεί να προσαρμοστεί διαλέγοντας διαφορετικούς ρυθμούς κωδικοποίησης του συνελκτικού κωδικοποιητή, ενώ και τα δυο ρεύματα δεδομένων διαμορφώνονται ταυτόχρονα.

Συνοψίζοντας, στο σύστημα μετάδοσης υπάρχει επιλογή για τις παρακάτω παραμέτρους:

- . BANDWIDTH: 8 MHz, 7 MHz, 6 MHz
- . MODULATION: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
- . HIERARCHY: QPSK in 16-QAM or in 64-QAM
- . CARRIERS: 6817 (8K-FFT), 1705 (2K-FFT)
- . SPACING: 1116 Hz (8K), 4464 Hz (2K)
- . USEFUL SYMBOL
- . DURATION: 896 ms (8K), 224 ms (2K)
- . GUARD INTERVAL: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
- . DURATION: 224, 112, 56, 28, 14, 7 ms
- . INNER CODE RATE: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8

Ο χρήσιμος ρυθμός μετάδοσης υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$R_u = R_s \times b \times CR_i \times CR_{rs} \times (T_u/T_s)$$

R_u : ο χρήσιμος ρυθμός μετάδοσης σε Mbit/s

R_s : ο ρυθμός συμβόλων 6,75 Msymbols/s b : bit ανά φέρων

CR_i : ρυθμός κωδικοποίησης

CR_{rs} : κωδικοποίηση Reed Solomon, 188/204

T_u : διάρκεια χρήσιμου μέρους συμβόλου

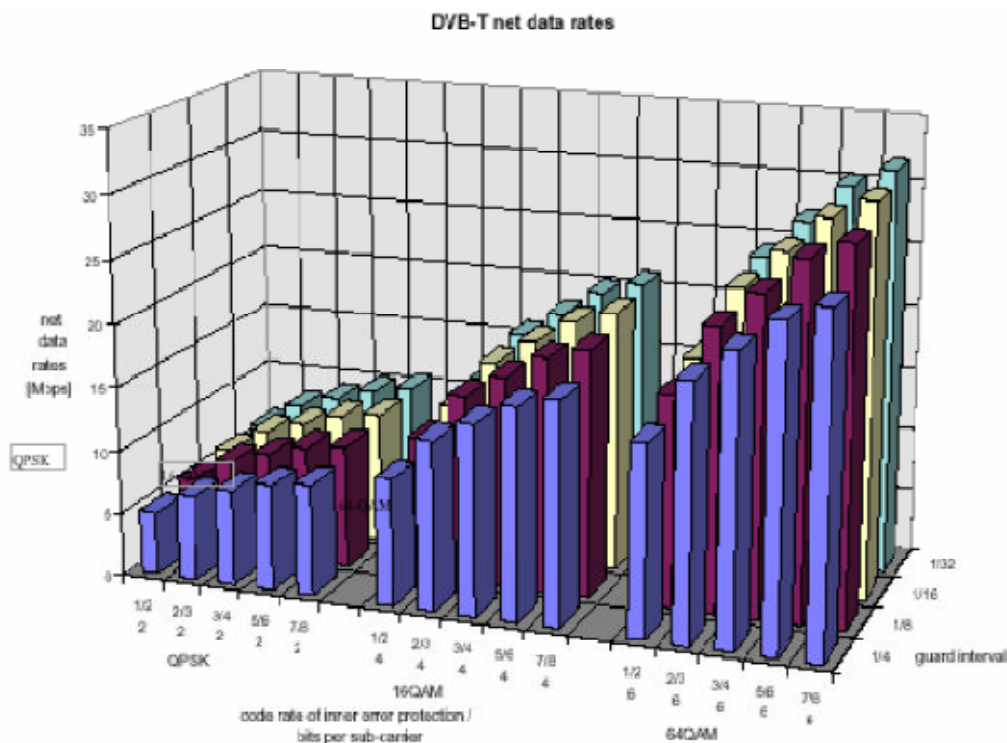
T_s : διάρκεια συμβόλου

T_u/T_s : 4/5, 8/9, 16/17 ή 32/33, ανάλογα με το διάστημα φύλαξης

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τους χρήσιμους ρυθμούς μετάδοσης για όλες τις παραπάνω παραμέτρους, ενώ στη συνέχεια τα ίδια δεδομένα δίνονται σχηματικά:

Modulation	Bits per sub-carrier	Inner code rate	Guard interval			
			1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	2	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	2	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	2	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	2	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	4	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	4	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	4	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	4	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	4	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	6	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	6	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	6	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	6	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	6	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

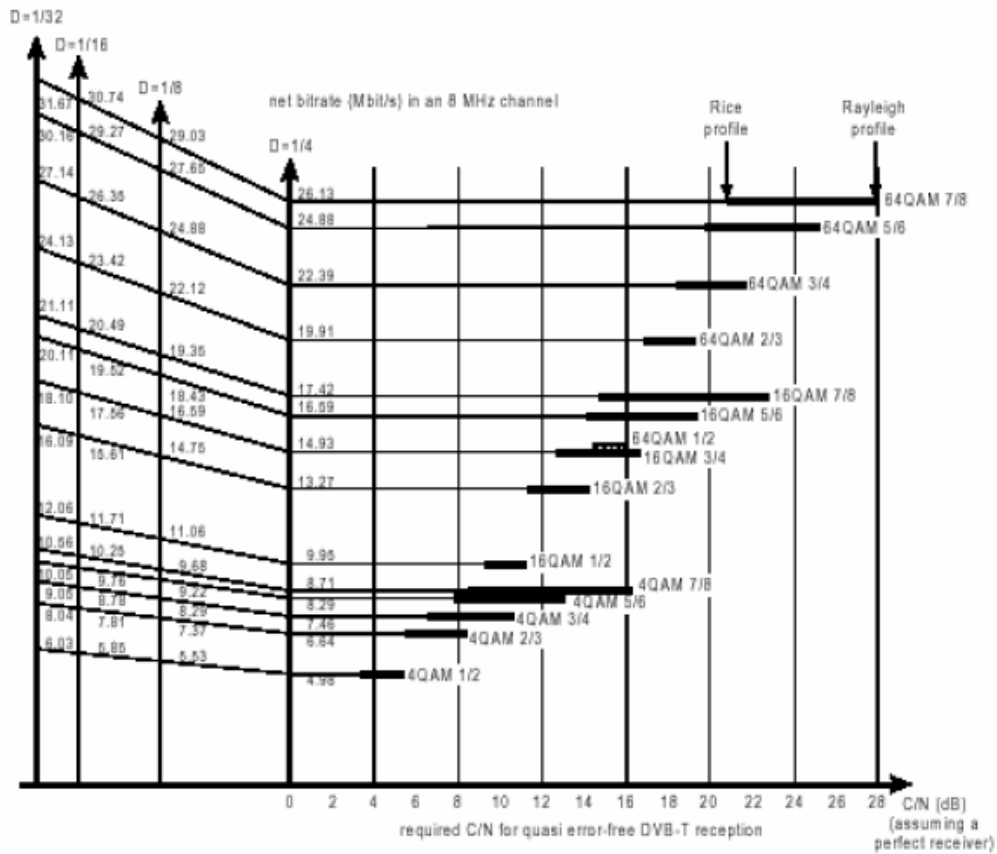
Πίνακας 1.4: Χρήσιμοι ρυθμοί μετάδοσης στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)



Σχήμα 1.13: Διάγραμμα χρήσιμων ρυθμών μετάδοσης στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)

Εξετάζοντας το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι ο ρυθμός μετάδοσης αυξάνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς κωδικοποίησης, μικρότερα διαστήματα φύλαξης και μεγαλύτερα στάδια διαμόρφωσης φέροντος. Αυτό σημαίνει ότι ένας υψηλός ρυθμός μετάδοσης μπορεί να επιτευχθεί μόνο εάν μειωθεί η προστασία από λάθη. Έτσι, ο μικρότερος δυνατός ρυθμός (4,98 Mbit/s) αντιστοιχεί στην καλύτερα προστατευμένη μετάδοση (guard interval=1/4; inner code rate=1/2; QPSK modulation), ενώ ο μεγαλύτερος (31,67Mbit/s) έχει τη μικρότερη προστασία από λάθη (guard interval=1/32; inner code rate=7/8; 64-QAM modulation). Πρακτικά, είναι απαραίτητος ένας συμβιβασμός ανάμεσα στο χρήσιμο ρυθμό μετάδοσης και στην προστασία από λάθη για κάθε εφαρμογή.

Το επόμενο σχήμα δίνει το λόγο σήματος προς θόρυβο (C/N) και το χρήσιμο ρυθμό μετάδοσης ως συνάρτηση της διαμόρφωσης φέροντος, του ρυθμού κωδικοποίησης, του μήκους διαστήματος φύλαξης και των διαφορετικών χαρακτηριστικών των καναλιών μετάδοσης:



Σχήμα 1.14: Netbitrate σε κανάλι των 8 MHz

Οι επόμενοι πίνακες περιέχουν τις απαιτούμενες τιμές του λόγου σήματος προς θόρυβο, C/N, για ρυθμό σφαλμάτων μικρότερο από 2×10^{-4} , για όλους τους συνδυασμούς ρυθμών κωδικοποίησης, ειδών διαμόρφωσης, διαστημάτων προστασίας με ιεραρχική και μη ιεραρχική μετάδοση, για τύπο καναλιού Gaussian, Ricean και Rayleigh:

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 1.5: 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	1/2	2	4,8	5,4	6,9	4,98	5,53	5,85	6,03	
	2/3		7,1	7,7	9,8	6,64	7,37	7,81	8,04	
	3/4		8,4	9,0	11,8	7,46	8,29	8,78	9,05	
	+									
	1/2		13,0	13,3	14,9	4,98	5,53	5,85	6,03	
	2/3		15,1	15,3	17,9	6,64	7,37	7,81	8,04	
non-uniform 16-QAM	3/4	16,3	16,9	20,0	7,46	8,29	8,78	9,05		
	5/6	16,9	17,8	22,4	8,29	9,22	9,76	10,05		
	7/8	17,9	18,7	24,1	8,71	9,68	10,25	10,56		
	+									
QPSK in	1/2	4	3,8	4,4	6,0	4,98	5,53	5,85	6,03	
	2/3		5,9	6,6	8,6	6,64	7,37	7,81	8,04	
	3/4		7,1	7,9	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05	
	+									
	1/2		17,3	17,8	19,6	4,98	5,53	5,85	6,03	
	2/3		19,1	19,6	22,3	6,64	7,37	7,81	8,04	
non-uniform 16-QAM	3/4	20,1	20,8	24,2	7,46	8,29	8,78	9,05		
	5/6	21,1	22,0	26,0	8,29	9,22	9,76	10,05		
	7/8	21,9	22,8	28,5	8,71	9,68	10,25	10,56		

NOTE: Figures in italics are approximate values.

Πίνακας 1.6: Απαιτούμενες τιμές του λόγου C/N για ιεραρχική εκπομπή (QPSK in 16-QAM) 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	1/2	1	8,9	9,5	11,4	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3		12,1	12,7	14,8	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4		13,7	14,3	17,5	7,46	8,29	8,78	9,05
in			+						
uniform 64-QAM	1/2	1	14,6	14,9	16,4	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3		16,9	17,6	19,4	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4		18,6	19,1	22,2	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6		20,1	20,8	25,8	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8		21,1	22,2	27,6	17,42	19,35	20,49	21,11
QPSK	1/2	2	6,5	7,1	8,7	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3		9,0	9,9	11,7	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4		10,8	11,5	14,5	7,46	8,29	8,78	9,05
in			+						
non-uniform 64-QAM	1/2	2	16,3	16,7	18,2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3		18,9	19,5	21,7	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4		21,0	21,6	24,5	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6		21,9	22,7	27,3	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8		22,9	23,8	29,6	17,42	19,35	20,49	21,11

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

1.3.1.7 Επιλογή σχήματος διαμόρφωσης και ρυθμού κωδικοποίησης

Στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση είναι διαθέσιμα τρία σχήματα διαμόρφωσης, το QPSK, το 16-QAM και το 64-QAM, καθένα από τα οποία συνδυάζεται με πέντε ρυθμούς κωδικοποίησης. Η επίδοση ενός συγκεκριμένου σχήματος μετάδοσης εξαρτάται, από το συνδυασμό του σχήματος διαμόρφωσης και του ρυθμού κωδικοποίησης. Συγκρινόμενη με τη διαμόρφωση QPSK, για δεδομένο ρυθμό κωδικοποίησης, η χωρητικότητα δεδομένων για 16-QAM διπλασιάζεται και για 64-QAM τριπλασιάζεται, ενώ ο αντίστοιχος λόγος σήματος προς θόρυβο για καλή λήψη είναι αντίστοιχα 6 dB και 12 dB υψηλότερος.

Με τον ίδιο τρόπο αυξάνεται η χωρητικότητα δεδομένων και ο απαιτούμενος λόγος σήματος προς θόρυβο αυξάνοντας το ρυθμό κωδικοποίησης. Προσομοιώσεις δείχνουν ότι ο ρυθμός 7/8 απαιτεί 6 dB μεγαλύτερο λόγο C/N, ενώ η χωρητικότητα δεδομένων αυξάνεται κατά 7/4. Ο απαιτούμενος λόγος C/N στο δεκτή εξαρτάται άμεσα από την τιμή ERP (Effective Radiated Power) του πομπού που πρέπει να αυξάνεται αντίστοιχα, αλλά η οποία σε πολλές περιπτώσεις περιορίζεται από την πιθανή παρεμβολή σε υπάρχοντες αναλογικές υπηρεσίες.

Οι επιλογές που θα γίνουν εξαρτώνται άμεσα από τα χαρακτηριστικά του καναλιού μετάδοσης. Το διάγραμμα του σχήματος 1.13 δείχνει τη διαφορά ανάμεσα στον απαιτούμενο λόγο σήματος προς θόρυβο για λήψη σε ταράτσα (προφίλ Rice) και για κινητή λήψη (προφίλ Rayleigh), που είναι πολύ μικρή για ρυθμό 1/2, αλλά φτάνει την τιμή των 8dB για ρυθμό κωδικοποίησης 7/8. Αυτό συμβαίνει γιατί οι προδιαγραφές του συστήματος το καθιστούν ανθεκτικό σε παρεμβολές που

εξαρτώνται από τη συχνότητα και δεν αλλάζουν πολύ από ένα σύμβολο OFDM στο άλλο. Έτσι, αν η ηχώ ή η παρεμβολή αναμένεται να είναι ο κυριότερος περιορισμός στη λήψη, τότε ένας χαμηλότερος ρυθμός θα προσφέρει σημαντικά καλύτερη απόδοση.

Μια σύγκριση ανάμεσα στο 64-QAM $R=1/2$ και στο 16-QAM $R=3/4$ φανερώνει την επίδραση του ρυθμού κωδικοποίησης. Τα δυο αυτά σχήματα έχουν τον ίδιο ρυθμό δεδομένων (14,93 με 18,1 Mbit/s, ανάλογα με το διάστημα φύλαξης), αλλά η απόδοση εξαρτάται από το κανάλι. Σε κανάλια Gaussian και Ricean (σταθερή λήψη) η 16-QAM $R=3/4$ είναι καλύτερη, ενώ σε ένα ιδιαίτερα επιλεκτικό κανάλι, όπως είναι το κανάλι Rayleigh, η 64-QAM $R=1/2$ υπερέχει. Η λήψη από κινητούς δέκτες είναι μία προφανής περίπτωση, όπου η ηχώ και η παρεμβολή αναμένονται να είναι ο κύριος περιορισμός. Ακόμη, όμως, και για λήψη με σταθερές κεραιές, υπάρχουν πολλές παρεμβολές από τους αναλογικούς εκπομπούς. Είναι γενικά προτιμότερο να διαλέγεται χαμηλός ρυθμός κωδικοποίησης για το σύστημα, αφού η αντοχή στην παρεμβολή και στην πολυδιαδρομική λήψη σχετίζεται άμεσα με το ρυθμό κωδικοποίησης παρά με το σχήμα διαμόρφωσης.

1.3.1.8 Επιλογή αριθμού φερόντων

Το μέγιστο μήκος του διαστήματος φύλαξης είναι 224 μ s για το 8k OFDM και 56 μ s για το 2k OFDM. Το διάστημα φύλαξης προστατεύει το σήμα από τη φυσική και την τεχνητή ηχώ. Το μικρότερο διάστημα για το 2k OFDM (7 μ s) είναι συνήθως αρκετό για να προστατέψει το σήμα από τη φυσική ηχώ. Μόνο σε μερικές περιπτώσεις, όπως είναι περιοχές με βουνά, η φυσική ηχώ είναι μεγαλύτερη από 7 μ s. Οι κύριες παράμετροι για την επιλογή του μήκους του διαστήματος φύλαξης είναι οι αποστάσεις ανάμεσα στους σταθμούς και το μέγεθος του δικτύου. Η επιλογή του αριθμού των φερόντων εξαρτάται από το κατά πόσο το δίκτυο θα είναι δίκτυο μιας συχνότητας (SFN). Αν δεν είναι, τότε τα διαθέσιμα μήκη του 2k OFDM είναι επαρκή για την προστασία από τη φυσική ηχώ, αν και, για μεγαλύτερη ηχώ, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερος ρυθμός δεδομένων με το 8k OFDM.

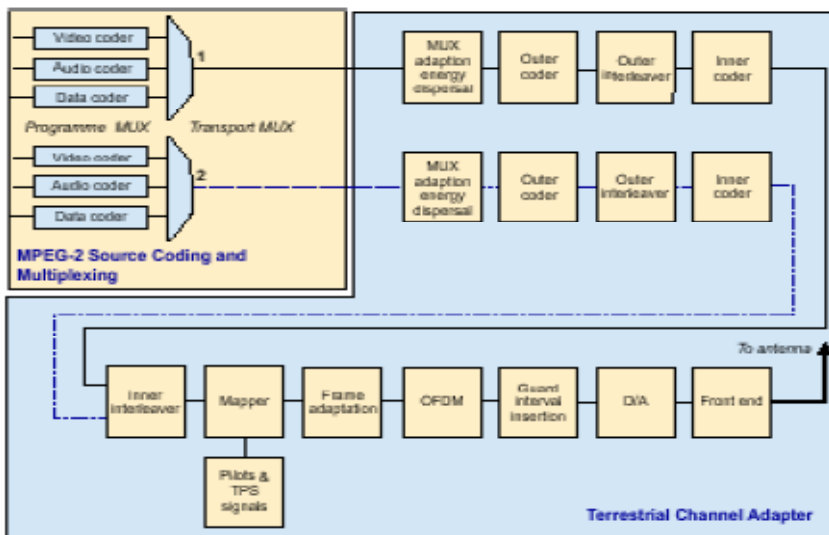
Γενικά υπάρχουν τέσσερα είδη SFN:

- SFN μεγάλης περιοχής με εκπομπούς μεγάλης ισχύος και μεγάλη απόσταση ανάμεσα στους πομπούς
- Τοπικά SFN με λίγους εκπομπούς μεγάλης ισχύος και μεγάλη απόσταση ανάμεσά τους
- Δίκτυα πολλών συχνοτήτων με ένα SFN τοπικής εμβέλειας γύρω από κάθε εκπομπό ξεχωριστής συχνότητας
- Δίκτυα SFN με εκπομπούς μικρής ισχύος που γεμίζουν τα κενά σε ένα δίκτυο πολλών συχνοτήτων (MFN)

Το 8k OFDM μπορεί να λειτουργήσει σε όλα τα παραπάνω δίκτυα, ενώ το 2k OFDM μόνο στο τελευταίο. Για ένα δεδομένο μήκος του διαστήματος φύλαξης, το 8k OFDM προσφέρει μεγαλύτερο χρήσιμο ρυθμό μετάδοσης. Η επιλογή ανάμεσα στα δυο εξαρτάται από την ανάγκη για δίκτυο μιας μόνο συχνότητας και το κόστος των δεκτών. Οι αποκωδικοποιητές 2k OFDM δεν μπορούν να λάβουν μεταδόσεις 8k OFDM, ενώ οι αποκωδικοποιητές 8k OFDM μπορούν να λάβουν και από τις δύο μεταδόσεις.

1.3.1.9 Επιλογή μεταξύ ιεραρχικού και μη ιεραρχικού τρόπου μετάδοσης

Οι προδιαγραφές της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ ιεραρχικού και μη ιεραρχικού τρόπου εκπομπής. Στο μη ιεραρχικό τρόπο εκπομπής, το σύστημα ορίζεται μόνο από τα τμήματα που ενώνει η συνεχής γραμμή. Όλα τα MPEG πακέτα μεταφοράς υποβάλλονται στον ίδιο αριθμό στρωμάτων και υφίστανται την ίδια διαδικασία κωδικοποίησης, για να τοποθετηθούν ύστερα στην κατάλληλη θέση στο διάγραμμα αστερισμού. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα πακέτα μετάδοσης MPEG θα αντιμετωπιστούν ισοδύναμα από το διαμορφωτή και, έτσι, θα είναι εξίσου ενισχυμένα. Το κανάλι διαδικασίας κωδικοποίησης δεν επιτρέπει σε συγκεκριμένα bits να τοποθετηθούν σε καθορισμένες θέσεις στο διάγραμμα αστερισμού, έτσι δεν έχει νόημα να χρησιμοποιηθούν non-uniform παράμετροι διαμόρφωσης στο διαμορφωτή και, γι' αυτό το λόγο, η τιμή του παράγοντα a είναι ίση με 1 στο μη ιεραρχικό τρόπο μετάδοσης.

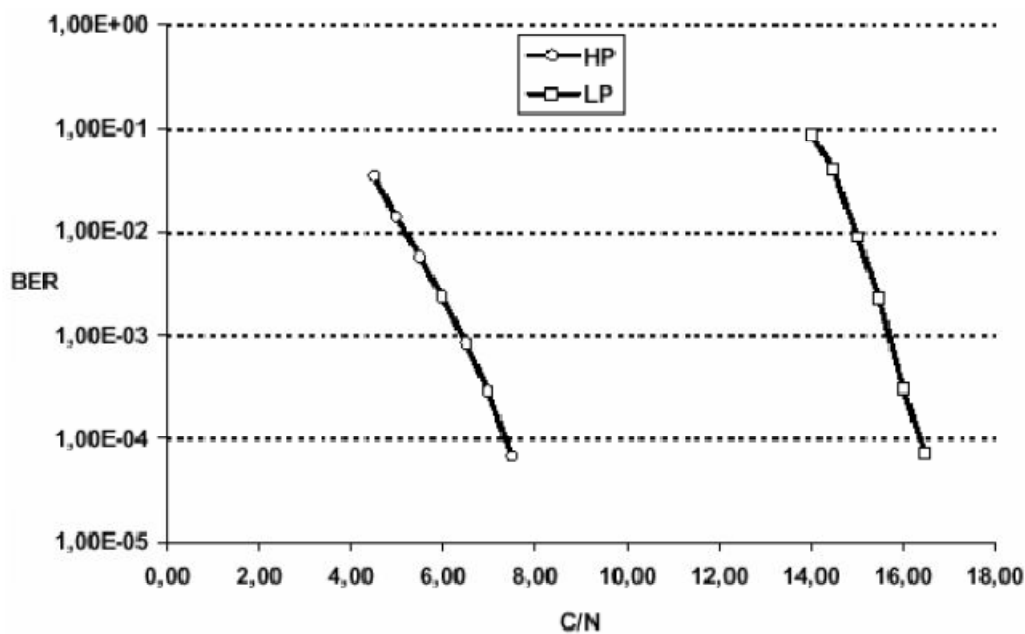


Σχήμα 1.15: Λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα για σύστημα DVB-T

Τυπικές εφαρμογές του μη ιεραρχικού τρόπου μετάδοσης μπορούν γενικά να διακριθούν σε ένα ή πολλαπλά προγράμματα εκπομπής. Η μία απλή εκπομπή προγράμματος είναι κατάλληλη σε περιπτώσεις που ο αστερισμός της εκπομπής απαιτεί όλο το εύρος ζώνης για το μεταδιδόμενο πρόγραμμα π.χ. για επίτευξη υψηλής ποιότητας ή για κάλυψη μεγάλης περιοχής. Στα πολλαπλά προγράμματα εκπομπής, η χωρητικότητα του καναλιού μοιράζεται σε περισσότερα από ένα προγράμματα π.χ. ένας πολυπλέκτης με τέσσερα διαφορετικά προγράμματα.

Ο ιεραρχικός τρόπος εκπομπής επιτρέπει τη δυνατότητα εκπομπής μίας πολλαπλής υπηρεσίας σε δύο ανεξάρτητα κανάλια, τα οποία, κατά συνέπεια, μπορούν να προστατευτούν διαφορετικά, προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο ταίριασμα, ανάλογα με τις απαιτήσεις καναλιών ή κάλυψης. Δύο διαφορετικοί τρόποι είναι εφικτοί με αυτόν τον τρόπο εκπομπής, οι οποίοι αναφέρονται ως "simulcast" και "multi-programme" μεταδόσεις. Η εκπομπή με ιεραρχικό τρόπο δημιουργεί δύο

τελείως διαφορετικά MPEG ρεύματα, ένα χαμηλού ρυθμού και ένα υψηλού ρυθμού. Το παρακάτω σχήμα δείχνει την πιθανότητα λάθους (BER) συναρτήσει του σηματοθορυβικού λόγου C/N για τα υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας ρεύματα. Ο ιεραρχικός τρόπος εκπομπής δεν περιορίζεται μόνο σε simulcast χρήσεις. Το LP ρεύμα δεν είναι ανάγκη να περιέχει το ίδιο πρόγραμμα, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει ένα ή πολλά διαφορετικά προγράμματα.



Σχήμα 1.16: Τα HP και LP με ιεραρχικό τρόπο εκπομπής και παραμέτρους $a=2$; HP: QPSK, $r=2/3$; LP: 16-QAM, $r=3/4$

1.3.1.10 Το σήμα εισόδου στον εκπομπό

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 από 4,98 Mbit/s έως 31,67 Mbit/s (βλέπε Πίνακα 1.4).

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 έως 4,5 Mbit/s για το τμήμα του βίντεο, ενώ, για προγράμματα πιο σημαντικά, όπως είναι οι αθλητικές μεταδόσεις, είναι απαραίτητα τουλάχιστον 6 Mbit/s. Βελτιώσεις στην κωδικοποίηση MPEG μπορούν να μειώσουν αυτές τις τιμές κατά 10% στα επόμενα χρόνια, αλλά αυτές οι βελτιώσεις θα βελτιώνουν ένα μικρό κομμάτι σκηνών, όπου οι τωρινοί κωδικοποιητές αποτυγχάνουν. Επιπλέον βελτιώσεις θα χρειαστούν μάλλον καινούριες τεχνικές κωδικοποίησης, οι οποίες δε θα είναι συμβατές με τους τωρινούς αποκωδικοποιητές.

Η κωδικοποίηση του ηχητικού σήματος γίνεται κατά MPEG Layer II, 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/s, ενώ ο πολυκάναλος ήχος surround απαιτεί από 384 Kbit/s έως 900 Kbit/s, ανάλογα με την τεχνική που χρησιμοποιείται και εφόσον αυτή είναι συμβατή με στερεοφωνικούς αποκωδικοποιητές. Πρόσθετες υπηρεσίες, όπως Teletext, Videotext, καθώς και διαφορετικά σετ υποτίτλων χρειάζονται περίπου 100 Kbps. 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 Mbit/s έως 0,5 Mbit/s. 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 ακόμη και πληροφορίες προγράμματος. Οι απαιτήσεις αυτού του διαύλου ελέγχου είναι περίπου 500 kbps.

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 1.8: Απαιτήσεις σε bitrate

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. Αυτό, όμως, δημιουργεί άλλα προβλήματα, όπως την ανάγκη να βρίσκονται οι κωδικοποιητές MPEG-2 και ο πολυπλέκτης κοντά και να ελέγχονται από τον ίδιο υπολογιστή. Όταν ο ρυθμός bit είναι σταθερός τότε ο πολυπλέκτης εισάγει μηδενικά πακέτα για να προσαρμόσει το σύνολο των ρυθμών των εισόδων του στον απαιτούμενο ρυθμό εξόδου. Η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται, όταν ένα σήμα περνά από το επίγειο δίκτυο στο δορυφορικό ή στο καλωδιακό, όπου οι ρυθμοί είναι υψηλότεροι (35-40 Mbit/s).

1.3.1.11 Κάλυψη και ελάχιστες τιμές πεδίου

Στην ενότητα αυτή, γίνεται περιγραφή των ορισμών κάλυψης για σταθερή και για κινητή λήψη, καθώς και οι ελάχιστες τιμές του πεδίου, που απαιτούνται για τη σωστή λήψη σε όλες τις περιπτώσεις λήψεων.

Η ψηφιακή τηλεοπτική κάλυψη χαρακτηρίζεται από μια απότομη μετάβαση από σχεδόν τέλεια λήψη σε αδυναμία λήψης και, έτσι, είναι πολύ κρίσιμη η δυνατότητα ορισμού των περιοχών που πρόκειται να καλυφθούν. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι, σε μια συγκεκριμένη κατάσταση, είναι δυνατό να βελτιωθεί η λήψη, βρίσκοντας μια καλύτερη θέση για την κεραία, χρησιμοποιώντας μια πιο κατευθυντική κεραία ή έναν ενισχυτή κεραίας χαμηλού θορύβου.

Η σταθερή λήψη ορίζεται ως η λήψη με μια κατευθυντική κεραία που βρίσκεται στο επίπεδο της στέγης των κτιρίων. Στον υπολογισμό της ισοδύναμης τιμής πεδίου, που απαιτείται για σταθερή λήψη, θεωρούμε ότι η κεραία βρίσκεται σε ύψος 10 m και ότι οι συνθήκες λήψης στο σημείο εγκατάστασης της κεραίας είναι κοντά στις ιδανικές, για το δεδομένο κανάλι.

Η φορητή λήψη χωρίζεται σε λήψη κλάσης A και σε κλάσης B. Στη λήψη κλάσης A, ο κινητός δέκτης βρίσκεται σε εξωτερικούς χώρους σε ύψος όχι λιγότερο από 1.5 m και, κατά τη διάρκεια της λήψης, τόσο ο δέκτης όσο και ογκώδη αντικείμενα που βρίσκονται κοντά του δε μετακινούνται.

Στη λήψη κλάσης B θεωρείται ότι:

- α) Η λήψη γίνεται στο εσωτερικό κτιρίου, στο επίπεδο του ισογείου, με εφαρμογή συντελεστών διόρθωσης για λήψη σε μεγαλύτερο ύψος.
- β) Η κεραία λήψης βρίσκεται τουλάχιστον 1,5 m πάνω από το έδαφος.
- γ) Στο χώρο λήψης υπάρχει τουλάχιστον ένα παράθυρο που βλέπει προς το εξωτερικό του κτιρίου.
- δ) Κατά τη διάρκεια της λήψης, τόσο ο δέκτης όσο και ογκώδη αντικείμενα που βρίσκονται κοντά του δεν μετακινούνται .
- ε) Η κεραία του φορητού δέκτη μπορεί να μετακινηθεί έως 0,5 m προς κάθε κατεύθυνση, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα λήψης.

Η κλάση B αφορά κυρίως αστικές περιοχές και είναι η πιο πιθανή, ενώ αναμένεται η λήψη να είναι πιο εύκολη σε δωμάτια πάνω από το ισόγειο.

Ορίζοντας την περιοχή κάλυψης για τις διάφορες συνθήκες λήψης, ακολουθείται μία προσέγγιση τριών επιπέδων:

- Τοποθεσία λήψης (Receiving location)

Πρόκειται ουσιαστικά για τη «μονάδα» μέτρησης μιας περιοχής λήψης. Είναι μια περιοχή 0,5m x 0,5m, οπού θεωρείται ότι με τη μετακίνηση της κεραίας εντός αυτών των ορίων εξασφαλίζεται η βέλτιστη δυνατή ποιότητα λήψης. Η περιοχή αυτή θεωρείται ότι καλύπτεται, αν οι απαιτούμενοι λόγοι σήματος προς θόρυβο (C/N) και σήματος προς παρεμβολή (C/I) επιτυγχάνονται για ποσοστό χρόνου μεγαλύτερο του 99%.

- Μικρή περιοχή κάλυψης (Small coverage area)

Το δεύτερο αυτό επίπεδο είναι περιοχή 100m x 100m. Η κάλυψη της περιοχής αυτής χαρακτηρίζεται «αποδεκτή» (Acceptable), αν καλύπτεται 70% της έκτασής της και «καλή» (Good), αν καλύπτεται 95% της έκτασής της.

- Περιοχή κάλυψης (Coverage area)

Πρόκειται για το σύνολο της περιοχής λήψης, ο χαρακτηρισμός του οποίου προκύπτει από το σύνολο των συνθηκών λήψης στα επιμέρους μικρότερα τμήματά του. Στη συνέχεια, θα δοθούν οι τύποι από τους οποίους υπολογίζονται οι ελάχιστες τιμές του πεδίου για σωστή λήψη σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις λήψης. Για να γίνει αυτό, θα υπολογιστεί αρχικά το ελάχιστο επίπεδο σήματος στο δέκτη για πέντε αντιπροσωπευτικούς λόγους σήματος προς θόρυβο από 2 dB έως 26 dB (για διαφορετικές τιμές μπορεί να χρησιμοποιηθεί γραμμική παρεμβολή), θεωρώντας ότι ο συντελεστής θορύβου του δέκτη είναι 7 dB, για όλες τις ζώνες συχνοτήτων από I έως και V. Αν χρησιμοποιείται άλλος συντελεστής θορύβου, τότε το επίπεδο σήματος στο δέκτη αλλάζει κατά την ίδια ποσότητα. Οι τύποι που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι ακόλουθοι:

$$P_n = F + 10 \log (k \times T_o \times B)$$

$$P_{s \min} = P_n + C/N$$

$$U_{s \min} = P_{s \min} + 120 + 10 \log(Z_i)$$

Όπου:

B: εύρος ζώνης του δέκτη (Hz)

F: συντελεστής θορύβου δέκτη (dB)

P_n : ισχύς θορύβου στο δέκτη (dBW)

C/N: λόγος σήματος προς θόρυβο που απαιτείται από το σύστημα (dB)

$P_{s \min}$: ελάχιστη ισχύς σήματος στο δέκτη (dBW)

Z_i : αντίσταση εισόδου του δέκτη (75Ω)

$U_{s \min}$: ελάχιστη ισοδύναμη τάση εισόδου στο δέκτη στην Z_i (dBμV)

k : σταθερά του Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ Ws/K

T_o : απόλυτη θερμοκρασία (290K)

Από τις σχέσεις αυτές προκύπτει ο παρακάτω πίνακας :

Frequency Band I, III, IV, V						
Equivalent noise band width	B (Hz)	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$
Receiver noise figure	F (dB)	7	7	7	7	7
Receiver noise input power	P_n (dBW)	-128,2	-128,2	-128,2	-128,2	-128,2
RF signal/noise ratio	C/N (dB)	2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s \min}$ (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s \min}$ (dB μ V)	13	19	25	31	37

Πίνακας 1.9: Ελάχιστη ισχύς σήματος στο δέκτη

Στον πίνακα αυτό, φαίνονται η ελάχιστη ισχύς σήματος στο δέκτη και η ισοδύναμη ελάχιστη τάση εισόδου, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη φαινόμενα διάδοσης. Τα φαινόμενα αυτά, όμως, πρέπει να ληφθούν υπόψη, όταν αναφερόμαστε σε τηλεοπτική λήψη σε ένα πρακτικό περιβάλλον. Στον ορισμό της κάλυψης σημειώνεται ότι, λόγω της απότομης μετάβασης από τέλεια λήψη σε καθόλου λήψη, το ελάχιστο απαιτούμενο επίπεδο σήματος πρέπει να επιτυγχάνεται σε μεγάλο ποσοστό περιοχών. Τα ποσοστά αυτά είναι 95% για καλή λήψη και 70% για αποδεκτή. Οι τύποι που δίνουν την ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος ακολουθούν στη συνέχεια, για τρεις συνθήκες λήψης, σταθερή, κινητή σε εξωτερικούς χώρους και κινητή σε εσωτερικούς χώρους:

$$\Phi_{\min} = P_{s \min} - A_a + L_f \quad (\text{για σταθερή λήψη})$$

$$\Phi_{\min} = P_{s \min} - A_a \quad (\text{για κινητή λήψη})$$

$$E_{\min} = \Phi_{\min} + 120 + 10 \log(120\pi) = \Phi_{\min} + 145,8$$

$$\Phi_{\text{med}} = \Phi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_I \quad (\text{για σταθερή λήψη})$$

$$\Phi_{\text{med}} = \Phi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_I + L_h \quad (\text{για κινητή λήψη σε εξωτερικούς χώρους})$$

$$\Phi_{\text{med}} = \Phi_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_I + L_h + L_b \quad (\text{για κινητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους})$$

$$E_{\text{med}} = \Phi_{\text{med}} + 120 + 10 \log(120\pi) = \Phi_{\text{med}} + 145,8$$

Όπου:

C/N: λόγος σήματος προς θόρυβο που απαιτείται από το σύστημα (dB)

Φ_{\min} : ελάχιστη πυκνότητα ισχύος στο σημείο λήψης (dBW/m²)

E_{\min} : ελάχιστη ισοδύναμη τιμή πεδίου (dBmV/m)

L_f : απώλειες τροφοδοσίας (dB)

L_b : απώλεια λόγω διάδοσης σε κτίριο (dB)

P_{mmn} : ανοχή σε θόρυβο που προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες (dB)

C_I : συντελεστής διόρθωσης τοποθεσίας (dB)

Φ_{med} : ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος στο σημείο λήψης, τιμή σχεδιασμού (dBW/m²)

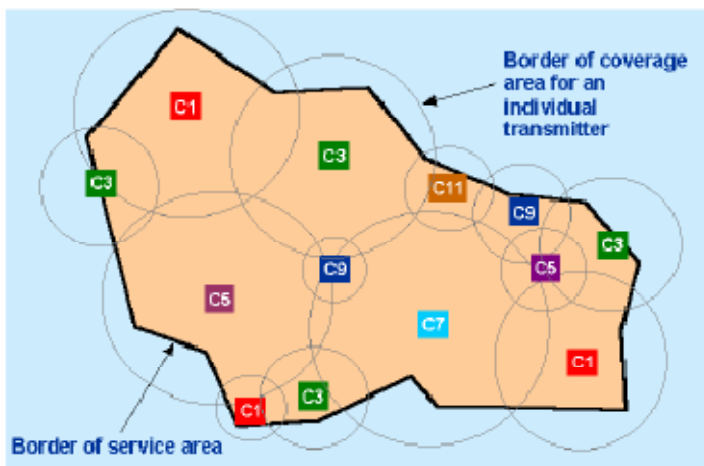
E_{med} : ελάχιστη μέση ισοδύναμη τιμή πεδίου, τιμή σχεδιασμού (dB μ V/m)

1.4 Δίκτυα συστήματος DVB-T

1.4.1 Δίκτυα πολλαπλής συχνότητας (MFN)

1.4.1.1 Γενικά

Το πλεονέκτημα των δικτύων πολλαπλής συχνότητας (MFN) είναι ότι ένα μεγάλο μέρος της ήδη υπάρχουσας αναλογικής υποδομής δικτύων μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Το γεγονός αυτό έχει προφανείς θετικές επιπτώσεις στην οικονομία για τους εκπομπούς ψηφιακής τηλεόρασης, άρα και για τους παρόχους, αλλά πρέπει να παρέχει οφέλη και στον πελάτη. Οι χρήστες θα ωφεληθούν στην περίπτωση όπου είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν κανάλια για τις ψηφιακές μεταδόσεις από ένα συγκεκριμένο σταθμό, τα οποία είναι κοντά στα κανάλια, που ήδη χρησιμοποιούνται για τις αναλογικές μεταδόσεις από τον ίδιο σταθμό και, ειδικά, εάν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ίδια πόλωση. Αυτό θα επιτρέψει στους πελάτες την επαναχρησιμοποίηση της ήδη υπάρχουσας κεραίας και τροφοδοσίας. Κάποιας μορφής διακόπτης σημάτων μπορεί να απαιτηθεί, ώστε να επιτρέψει ξεχωριστά την τροφοδοσία στους αναλογικούς και ψηφιακούς δέκτες, αν και αυτό θα μπορούσε να αποφευχθεί, εάν ο ψηφιακός δέκτης παρέχει βρόχο για κατευθείαν δυνατότητα ψηφιακής λειτουργίας.



Σχήμα 1.17: Δίκτυο MFN με όλους τους πομπούς να χρησιμοποιούν διαφορετικό κανάλι συχνότητας (Cx) και στα μη επικαλυπτόμενα σημεία επαναχρησιμοποίηση του ίδιου καναλιού

Οι πομποί MFN δε χρειάζεται να συγχρονίζουν τον τρόπο εκπομπής τους. Επομένως, δεν είναι απαραίτητος κανένας συντονισμός μεταξύ των πομπών. Η εγκατάσταση τοπικών ή περιφερειακών υπηρεσιών είναι εύκολη με τη χρήση MFN έναντι του SFN. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα SFN δίκτυο δεν είναι δυνατό να παρέχει μία πρόσθετη υπηρεσία για μόνο ένα τμήμα της κοινής περιοχής κάλυψης. Ωστόσο, για περιφερειακές υπηρεσίες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και SFN, καθώς μπορεί να γίνει χρήση μόνο ορισμένων πομπών.

Κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου και της συνύπαρξης των αναλογικών και ψηφιακών υπηρεσιών και κυρίως τον πρώτο καιρό εισαγωγής των ψηφιακών υπηρεσιών, είναι σημαντικό να περιοριστούν οποιεσδήποτε περιττές δυσκολίες για

τους πελάτες, ενώ το γεγονός να αποφευχθεί η ανάγκη αγοράς μιας νέας κεραίας λήψης είναι ιδιαίτερα επιθυμητό.

Μια άλλη πτυχή του πολυσυχνотικού σχεδιασμού δικτύων είναι ότι γίνεται η υπόθεση ότι οι υπάρχουσες αναλογικές υπηρεσίες, οι οποίες εξυπηρετούν αυτήν την περίοδο περισσότερο από 98% του πληθυσμού στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, θα παραμείνουν σε χρήση για πολλά έτη και ότι σχετικά μικρές αλλαγές στους αναλογικούς σταθμούς θα χρειαστούν σε εκείνο το χρονικό διάστημα. Ειδικότερα, δεν είναι πιθανό να υπάρξουν αλλαγές στα κανάλια ή στην τοποθεσία των σταθμών εκπομπής που εφαρμόζονται σήμερα στα υπάρχοντα αναλογικά δίκτυα.

Εντούτοις, μπορεί να κριθεί σκόπιμο να πραγματοποιηθεί ένας περιορισμένος αριθμός αλλαγών στα κανάλια ή ακόμα και στην τοποθεσία των αναλογικών σταθμών εκπομπής χαμηλής ισχύος, γεγονός που μπορεί να αποδειχθεί ότι θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην εφαρμογή ψηφιακών υπηρεσιών.

Στις περισσότερες χώρες υπάρχουν περιορισμένες (ή ακόμα και καθόλου) ευκαιρίες για την εισαγωγή νέων αναλογικών σταθμών, που θα παρέχουν σημαντική κάλυψη πληθυσμού. Αντίθετα, υπάρχουν ευκαιρίες για την εισαγωγή νέων ψηφιακών σταθμών, λόγω της μεγαλύτερης ανοχής τους σε παρεμβολές και της δυνατότητας των ψηφιακών δεκτών να χρησιμοποιούν χαμηλότερα επίπεδα σημάτων εισόδου. Ακόμα κι έτσι, αυτές οι ευκαιρίες περιορίζονται από την ανάγκη να προστατευθούν παράλληλα οι πελάτες αναλογικών υπηρεσιών από τις πρόσθετες παρεμβολές.

1.4.1.2 Συμβατικός προγραμματισμός MFNs

Ο όρος "συμβατικός προγραμματισμός" χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατάσταση, κατά την οποία το δίκτυο για μία ψηφιακή υπηρεσία έχει παρόμοιο σχηματισμό με αυτή μιας αναλογικής υπηρεσίας, τουλάχιστον για τους υψηλής ισχύος σταθμούς (δηλαδή σταθμοί με e.i.p. της τάξης των 10 kW και ύψος κεραίας μεγαλύτερο από 150m). Αυτό σημαίνει ότι οι ψηφιακοί σταθμοί θα χρησιμοποιούν τις ίδιες σχεδόν περιοχές εκπομπής σήματος, που χρησιμοποιούν οι αναλογικοί σταθμοί και θα έχουν συγκρίσιμα ύψη κεραίων, αν και οι τιμές του e.i.p. των ψηφιακών δεκτών είναι χαμηλότερες.

Οι πρωταρχικοί λόγοι για τις χαμηλότερες τιμές e.i.p. είναι:

- Η χαμηλότερη ελάχιστη πεδιακή ένταση που απαιτείται
- Η ανάγκη να προστατευθούν οι ήδη υπάρχοντες πελάτες αναλογικών υπηρεσιών

Εξαιτίας της επίδρασης του επίγειου τρόπου μετάδοσης, η λαμβανόμενη ισχύς σε μια δεδομένη απόσταση από τον πομπό ποικίλει σημαντικά, ανάλογα, κυρίως, με τη θέση και, σε πολύ μικρότερο βαθμό, από το χρόνο. Καθώς η ψηφιακή μετάδοση δεν υποβιβάζει το επίπεδο λήψης, όταν η ισχύς του σήματος μειώνεται, αλλά ξαφνικά χάνει το σήμα, απαιτείται μία αύξηση της ισχύος στους πομπούς για να αντισταθμίσει αυτές τις μεταβολές. Η αύξηση της ισχύος του σήματος απαιτείται κυρίως στα όρια της περιοχής παροχής υπηρεσιών. Οι πιθανές τιμές για την αύξηση της ισχύος σε αυτή την περίπτωση είναι οι ίδιες με αυτές που προβλέπονται για την αύξηση του λόγου προστασίας και συγκεκριμένα της τάξης των 10 dB έως 20 dB.

Εάν η πλήρης κάλυψη της περιοχής επιτυγχάνεται με επικάλυψη των περιοχών των παρακείμενων πομπών, η διαφορά των τιμών της ισχύος σήματος από διαφορετικούς πομπούς δεν μπορεί να συσχετιστεί και, έτσι, όλοι οι πομποί σήματος δε θα υποφέρουν από την ίδια εξασθένιση σε μια δεδομένη θέση στην περιοχή επικάλυψης. Κατά συνέπεια, ο δέκτης μπορεί να επιλέξει το ισχυρότερο σήμα και τότε η αύξηση ισχύος, που περιγράφηκε στην παραπάνω παράγραφο, δεν απαιτείται να είναι τόσο υψηλή.

Είναι πιθανό, σε πολλές περιπτώσεις, οι ψηφιακές υπηρεσίες να χρησιμοποιούν κανάλια κοντά σε εκείνα που χρησιμοποιούνται για αναλογικές υπηρεσίες, παραδείγματος χάριν γειτονικά κανάλια. Γενικεύσεις, όσον αφορά στην επιλογή πόλωσης, δεν είναι δυνατή, αλλά η χρήση της ίδιας πόλωσης για ψηφιακές και αναλογικές υπηρεσίες θα σήμαινε, τουλάχιστον, ότι οι υπάρχουσες κεραιές λήψης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για ψηφιακές υπηρεσίες χωρίς καμία αλλαγή. Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι αναλογικές και ψηφιακές υπηρεσίες θα παρέχονται από τον ίδιο επίγειο σταθμό εκπομπής και επειδή η e.i.p. των ψηφιακών υπηρεσιών θα είναι χαμηλότερη από αυτή των αναλογικών υπηρεσιών, θα υπάρχει κάποιος κίνδυνος παρεμβολών στα παρακείμενα κανάλια των αναλογικών υπηρεσιών. Εάν υφίσταται αυτός ο τύπος παρεμβολής, αυτό θα συμβαίνει για το 100% του χρόνου και, επομένως, πρέπει να αποφευχθεί. Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές από τις τεχνικές πτυχές, που σχετίζονται με τη χρήση των παρακείμενων μεταδόσεων καναλιών από την ίδια περιοχή, είναι ακόμα υπό έρευνα.

Οι περιοχές κάλυψης για τις ψηφιακές υπηρεσίες είναι πιθανό να μειωθούν κατά μέγεθος έναντι εκείνων για αναλογικές υπηρεσίες. Το ποσοστό μείωσης εξαρτάται από την τιμή του σηματοθορυβικού λόγου C/N που απαιτείται. Εν τούτοις, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι σημαντικές καλύψεις πληθυσμών μπορούν να αναμένονται, στην περίπτωση που γίνει αποδεκτή κάποια υποβάθμιση των αναλογικών υπηρεσιών, λόγω παρεμβολών από διπλανά κανάλια. Φαίνεται απίθανο, πάντως, να μπορούσαν να βρεθούν κανάλια που θα επέτρεπαν τον διπλασιασμό της ύπαρξης αναλογικών και ψηφιακών υπηρεσιών επί όλων των αναλογικών πομπών υψηλής ισχύος σε όλες τις χώρες.

1.4.1.3 Σχεδιασμός MFN δικτύων

Στο σχεδιασμό MFN δικτύων, θεωρείται ότι ένα σύστημα DVB-T μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά σε μία δεδομένη θέση, όταν ο διαθέσιμος C/N είναι μεγαλύτερος ή ίσος με την απαιτούμενη αποτελεσματική τιμή προστασίας EPT (Effective Protection Target):

$$C/N|_{Available} \geq EPT$$

Η τιμή του EPT εξαρτάται από τις παραμέτρους του συστήματος και από τα χαρακτηριστικά των ηχών μέσα και έξω από το διάστημα προστασίας, το οποίο καθορίζει την επιλογή συχνότητας του καναλιού. Από τη στιγμή που η κατανομή της ηχούς δεν μπορεί να ελεγχθεί από το σχεδιαστή δικτύου, υποτίθεται ότι σε MFN όλες οι ηχώ πέφτουν μέσα στο διάστημα προστασίας. Το EPT σχετίζεται με το Ricean κανάλι για τη σταθερή λήψη και με το κανάλι Rayleigh για φορητή λήψη και υπολογίζεται με πρόσθεση της συνολικής απώλειας του συστήματος στην κατάλληλη

τιμή C/N για έναν ιδανικό δέκτη.

$$EPT = \begin{cases} C/N|_F + \Delta_1 \\ C/N|_P + \Delta_1 \end{cases}$$

Όπου F δηλώνει σταθερή λήψη (fixed reception) και P δηλώνει φορητή λήψη (portable reception).

1.4.2 Ενιαία δίκτυα συχνότητας (SFN)

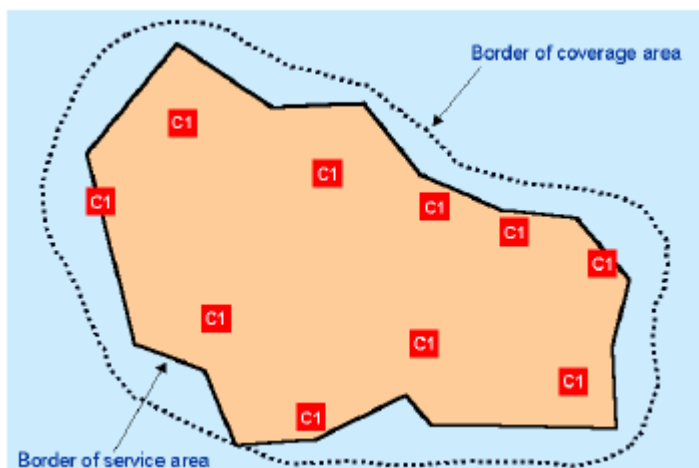
1.4.2.1 Γενικά

Σε ένα ενιαίο δίκτυο συχνότητας (SFN), όλοι οι πομποί του δικτύου χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι. Αυτοί εκπέμπουν σε μία κοινή περιοχή κάλυψης και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα. Τα MFN και SFN δίκτυα είναι έννοιες βασισμένες, σε γενικές γραμμές, στη ίδια τοπολογία δικτύων, δηλαδή κύριοι πομποί μαζί με βοηθητικά gap fillers, εάν είναι απαραίτητο. Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δικτύων SFN είναι τα εξής:

- Αποδοτικότητα φάσματος
- Μικρότερη απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας
- Δυνατότητα gap filling
- Δυνατότητα περαιτέρω επέκτασης της περιοχής κάλυψης
- Ομαλότερη κάλυψη
- Η κατάλληλη ισχύς στην κατάλληλη θέση συνεπάγεται αποδοτικότητα ισχύος

1.4.2.2 Αποδοτικότητα φάσματος

Η αποδοτικότητα φάσματος θεωρείται σημαντικό πλεονέκτημα της αρχής χρήσης των SFN δικτύων, σε σύγκριση με την MFN προσέγγιση. Με το σχεδιασμό δικτύων SFN, μεγάλες περιοχές μπορούν να εξυπηρετηθούν με έναν πολυπλέκτη σε μια κοινή κεντρική ραδιοσυχνότητα. Τα οποιαδήποτε κενά που προκύπτουν στην περιοχή κάλυψης καλύπτονται εύκολα με την προσθήκη ενός νέου πομπού, χωρίς την ανάγκη για πρόσθετες συχνότητες.



Σχήμα 1.18: Δίκτυο SFN με όλους τους πομπούς να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι συχνότητας

Η αποδοτικότητα φάσματος θεωρείται σημαντικό πλεονέκτημα της αρχής χρήσης των SFN δικτύων, σε σύγκριση με την MFN προσέγγιση. Με το σχεδιασμό δικτύων SFN, μεγάλες περιοχές μπορούν να εξυπηρετηθούν με έναν πολυπλέκτη σε μια κοινή κεντρική ραδιοσυχνότητα. Τα οποιαδήποτε κενά που προκύπτουν στην περιοχή κάλυψης καλύπτονται εύκολα με την προσθήκη ενός νέου πομπού, χωρίς την ανάγκη για πρόσθετες συχνότητες.

Η αποδοτικότητα φάσματος είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα σε περιπτώσεις, όπου το φάσμα είναι περιορισμένο. Για παράδειγμα, στην εισαγωγική φάση της ψηφιακής τηλεόρασης, όπου και το μεγαλύτερο μέρος του φάσματος της τηλεόρασης καταλαμβάνεται ακόμα από τις αναλογικές υπηρεσίες, καθώς, επίσης, και αργότερα, όταν ένας μεγάλος αριθμός προγραμμάτων θα πρέπει να προστεθεί για να καταστήσει την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση ελκυστική για τον καταναλωτή.

Οι τρέχουσες αναλογικές υπηρεσίες διεκπεραιώνονται σε MFN δίκτυα. Στη UHF ζώνη συχνοτήτων με 40 κανάλια, 2 έως 4 καλά-προστατευμένα και πλήρης κάλυψης αναλογικά προγράμματα μπορούν να επιτευχθούν (ανάλογα βέβαια με τη γεωγραφική κατάσταση κάθε μεμονωμένης χώρας). Τα ψηφιακά συστήματα θα είναι αποδοτικότερα από τα ήδη υπάρχοντα αναλογικά. Χρησιμοποιώντας MFNs, υπολογίζεται ότι 3 έως 6 πλήρης κάλυψης δίκτυα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν, με 4 προγράμματα ανά κανάλι, γεγονός που σημαίνει ότι ο αριθμός των προγραμμάτων θα ανέρχονταν από 12 έως 24 προγράμματα. Χρησιμοποιώντας SFNs, αναμένεται ο αριθμός δικτύων πλήρους κάλυψης (και ο αντίστοιχος αριθμός προγραμμάτων) να είναι δύο έως τρεις φορές υψηλότερος. Εάν ως κύριος στόχος κάλυψης είναι μόνο οι πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές, ο αριθμός διαθέσιμων καναλιών θα μπορούσαν, θεωρητικά, να είναι περίπου 40. Όλοι οι παραπάνω αριθμοί είναι βασισμένοι σε θεωρητικές εκτιμήσεις και, για την εκτίμηση πρακτικών περιπτώσεων, πρέπει να ελεγχθεί κάθε περίπτωση ξεχωριστά, όπως, παραδείγματος χάριν, οι τηλεοπτικές υπηρεσίες που παρέχονται στα γειτονικά κράτη.

1.4.2.3 Καθυστέρηση ηχούς σε SFN δίκτυα

Η επίγεια τηλεοπτική μετάδοση στις ζώνες VHF/UHF χαρακτηρίζεται από την εξασθένιση και την πολυδιαδρομική διάδοση, λόγω της παρουσίας εμποδίων και αντανάκλασεων στο περιβάλλον διάδοσης. Επομένως, το σήμα στο δέκτη χαρακτηρίζεται από την παρουσία μίας κύριας συνιστώσας σήματος και πολλών ηχών, με διαφορετικό πλάτος και καθυστέρηση (κανάλι Ricean). Στην περίπτωση της φορητής λήψης, η κύρια συνιστώσα του σήματος μπορεί να απουσιάζει (κανάλι Rayleigh). Η καθυστέρηση από αυτές τις "φυσικές ηχώ" περιορίζεται, συνήθως, σε 20 έως 30 μsec , που αντιστοιχούν σε διαφορετική πορεία διάδοσης από περίπου 6 έως 9 km.



Σχήμα 1.19: Λήψη DVB-T με πολυδιαδρομική διάδοση (Multipath reception)

Η παρουσία πομπών SFN και gap-fillers παράγει ένα σημαντικά κρισιμότερο περιβάλλον διάδοσης πολλαπλών διαδρομών, που εισάγει τις "τεχνητές ηχώ" υψηλού πλάτους και μεγάλης καθυστέρησης. Αυτές οι τεχνητές ηχώ συνυπάρχουν με τις φυσικές ηχώ. Οι τιμές των χρόνων καθυστέρησης από τις τεχνητές ηχώ είναι ανάλογες με την απόσταση μεταξύ των πομπών και καθορίζονται από τη γεωμετρία του δικτύου πομπών. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ένα μεγάλο δίκτυο SFN με απόσταση μεταξύ γειτονικών πομπών $D=100$ km, τότε η τιμή του χρόνου καθυστέρησης είναι 330 μsec , ενώ, για ένα πυκνό δίκτυο SFN με απόσταση μεταξύ γειτονικών πομπών $D=10$ km, η τιμή του χρόνου καθυστέρησης θα είναι μόνο 33 μs .

1.4.2.4 Κέρδος δικτύων

Σε ένα SFN πολλές θέσεις λήψης μπορούν να καλυφθούν από περισσότερους από έναν πομπούς. Κατά συνέπεια, εισάγεται ένα ορισμένο πλεονασμού στις πηγές σημάτων βελτιώνοντας, έτσι, την παροχή υπηρεσιών, ειδικά όταν απαιτείται η φορητή λήψη. Ιδιαίτερα στη φορητή λήψη, η πεδιακή ισχύς από έναν πομπό παρουσιάζει στατιστικές αλλαγές στην τιμή της, λόγω της παρουσίας εμποδίων στην πορεία διάδοσης. Η πεδιακή ισχύς μπορεί να μειωθεί, επειδή, όταν σκιάζεται μια πηγή, εξαιτίας της παρουσίας διαφορετικών πομπών τοποθετημένων σε

διαφορετικές κατευθύνσεις, μπορεί εύκολα να λαμβάνει σήμα από τους υπόλοιπους πομπούς. Αυτός ο τρόπος λήψης οδηγεί σε μικρότερες μεταβολές της ισχύος πεδίου, είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τις απομακρυσμένες από τον πομπό περιοχές και είναι γνωστός ως "κέρδος δικτύων" (network gain).

Ως αποτέλεσμα του κέρδους δικτύων, τα SFN δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιούν χαμηλότερη ισχύ για τους κυρίους πομπούς εκπομπής, ενώ και η κατανομή ισχύος πεδίου είναι πιο ομοιογενής, σε σύγκριση με τα MFN δίκτυα. Τα παραπάνω ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των SFN μπορεί για τη σταθερή λήψη να μην έχουν ιδιαίτερη σημασία, αλλά στη φορητή λήψη, όπου οι συνθήκες λήψης δεν είναι ευνοϊκές, θα υπάρξει όφελος σε μεγάλο βαθμό από αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Τα τυπικά δίκτυα προσφέρουν ένα αντίστοιχο όφελος, μόνο εάν ο δέκτης είναι συντονισμένος στη συχνότητα του ισχυρότερου σήματος μετά από κάθε αλλαγή θέσης. Η προσέγγιση SFN φαίνεται να είναι ο πιο κατάλληλος τρόπος για την παροχή ικανοποιητικής κάλυψης σε ευρεία περιοχή, όταν προβλέπεται ο φορητός τρόπος λήψης.

1.4.2.5 Αρχικά προβλήματα εισαγωγής SFN

Η εισαγωγή DVB-T υπηρεσιών που βασίζονται σε SFN δίκτυα βρίσκεται αντιμέτωπη με το σημαντικό πρόβλημα ότι το μεγαλύτερο τμήμα (ή όλο, σε μερικές χώρες) του τηλεοπτικού ραδιοφάσματος καταλαμβάνεται από τις αναλογικές υπηρεσίες, που χρησιμοποιούν MFN δομή δικτύου. Ακόμα και αν υπάρχει κάποια αχρησιμοποίητη περιοχή του φάσματος, σύμφωνα με τις αναθέσεις της Στοκχόλμης 61 (σε μια δεδομένη χώρα), που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ψηφιακή τηλεόραση, αυτό είναι μόνο περιορισμένης χρήσης για την εισαγωγή μεγάλων περιοχών δικτύων βασισμένων σε SFN, αφού ένα δίκτυο μπορεί να παρέχει υπηρεσίες με χρήση SFN, μόνο όταν το κανάλι είναι ελεύθερο για όλη την περιοχή που εξυπηρετεί. Εάν υπάρχουν ακόμα αναλογικές υπηρεσίες που χρησιμοποιούν αυτό το κανάλι (αυτό είναι πιθανό όσο υπάρχει οποιαδήποτε εθνική ή περιφερειακή αναλογική υπηρεσία σε λειτουργία), οι επηρεασθέντες αναλογικοί πομποί θα πρέπει να μετατοπίσουν τη συχνότητα λειτουργίας τους. Μεταξύ αυτών των πομπών θα υπάρξουν και κύριοι σταθμοί, οι οποίοι θα παρέχουν κάλυψη σε ένα όχι αμελητέο ποσοστό του πληθυσμού. Δημιουργεί ερωτηματικά το γεγονός ότι οι υπεύθυνοι εκπομπής και οι καταναλωτές θα πρέπει να ξοδέψουν μεγάλα ποσά, ώστε να ρυθμιστεί εκ νέου μια αναλογική υπηρεσία, η οποία αργότερα θα αποσυρθεί σταδιακά. Εντούτοις, μπορούν να γίνουν κατάλληλες διαμορφώσεις στα κανάλια που θα κάνουν τον παραπάνω μετασχηματισμό εφαρμόσιμο και οικονομικό. Ειδικότερα, για τα δίκτυα μικρής κάλυψης, που περιλαμβάνουν μόνο δύο ή τρεις πομπούς υψηλής ισχύος, η προσέγγιση με SFN μπορεί να είναι εφαρμόσιμη και οικονομικά ελκυστική.

Σε μερικές χώρες, υπάρχει η δυνατότητα στη ζώνη UHF ένα ή περισσότερα κανάλια να απελευθερωθούν για την εφαρμογή ψηφιακών υπηρεσιών σε εθνικό επίπεδο. Αυτά τα κανάλια είναι είτε όχι ακόμα διατεθημένα στην τηλεοπτική αναμετάδοση, είτε διατίθενται ήδη, αλλά δε χρησιμοποιούνται για τηλεοπτικές υπηρεσίες. Σε αυτές τις χώρες, προσφέρεται μια καλή πιθανότητα να εφαρμόσουν ψηφιακές υπηρεσίες βασισμένες σε SFN δίκτυα με εθνική ή περιφερειακή κάλυψη, η οποία, ενδεχομένως, θα αποτελεί και την εισαγωγή για την έναρξη ενός μακροπρόθεσμου ελκυστικού σεναρίου χρήσης SFN δικτύων. Γενικά, η χρήση αυτών των καναλιών μπορεί, πιθανώς, να μην είναι εφικτή να πραγματοποιηθεί σε εθνικό

επίπεδο, λόγω των γειτονικών χωρών που πιθανώς χρησιμοποιούν αυτά τα κανάλια για την αναλογική τηλεόραση ή για άλλες υπηρεσίες.

1.4.2.6 Περιορισμοί χρήσης SFN

Για τη χρήση δικτύων ενιαίας συχνότητας, πρέπει όλα τα σχετικά σήματα μετάδοσης να είναι συγχρονισμένα ως προς τη συχνότητα, το χρόνο και τα bits. Έτσι, επιτυγχάνεται κάθε σήμα που εκπέμπεται από οποιονδήποτε πομπό του ίδιου δικτύου να μην παρεμβάλλει στο σήμα, αλλά να το ενισχύει.

1.4.2.6.1 Συγχρονισμός συχνότητας

Το σήμα OFDM αποτελείται από ένα πλήθος παράλληλων φερόντων. Κάθε ένα από τα χιλιάδες αυτά φέροντα RF, όταν η ραδιοηλεκτρονική μετάδοση προέρχεται από διαφορετικούς πομπούς που λειτουργούν σε ένα SFN δίκτυο, πρέπει να εκπέμπονται στην ίδια συχνότητα. Η αναγκαία ακρίβεια στη συχνότητα εξαρτάται από το διάστημα μεταξύ των φερόντων, ή με άλλα λόγια, από την απόσταση συχνότητας μεταξύ δύο γειτονικών φερόντων, το οποίο αναφέρεται και συχνά ως "διάστημα φέροντος" και συμβολίζεται με Δf . Εάν το f_k δηλώνει την ιδανική RF θέση του k φέροντος, έπειτα κάθε πομπός πρέπει να μεταδίδει το φέρον k στη συχνότητα $f_k \pm (\Delta f/1000)$, που αποτελεί και τη μέγιστη τιμή ανοχής που επιβεβαιώνεται από πειραματικές δοκιμές πεδίου.

Για να επιτευχθεί αυτή η απαίτηση, πρέπει όλοι στη σειρά ταλαντωτές, μέσα σε κάθε πομπό, να παρέχουν μια τέτοια ανοχή, ώστε να μπορούν να συντηρήσουν στο εκπεμπόμενο σήμα την απαραίτητη ακρίβεια. Ένας τρόπος για να υλοποιηθεί το παραπάνω είναι κάθε ταλαντωτής να καθοδηγείται από έναν ταλαντωτή αναφοράς, ο οποίος κατά προτίμηση θα 'ναι προσιτός σε όλους τους διαφορετικούς σταθμούς εκπομπής.

1.4.2.6.2 Συγχρονισμός χρόνου

Θεωρητικά, το σύστημα COFDM έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ενισχύεται το σήμα από τις ηχώ, εφόσον αυτές βρίσκονται μέσα στο διάστημα προστασίας. Αυτός ο όρος απαιτεί το χρονικό συγχρονισμό των διάφορων πομπών, δεδομένου ότι το ίδιο σύμβολο πρέπει να εκπέμφθει την ίδια χρονική στιγμή από διαφορετικές θέσεις, οποιαδήποτε και αν είναι η χρονική καθυστέρηση που εισάγεται από το δίκτυο. Η χρονική ακρίβεια που απαιτείται δεν είναι πολύ μεγάλη, λόγω της εγγενούς ανοχής που παρουσιάζεται από τη διάρκεια του διαστήματος προστασίας, το οποίο συχνά συμβολίζεται ως ΔT . Εντούτοις, δεδομένου ότι το διάστημα προστασίας του επίγειου καναλιού πρέπει να χρησιμοποιείται για να διορθώνει τη χρονική καθυστέρηση διάδοσης και όχι για να εξουδετερώνει τον ανακριβή χρονικό συγχρονισμό δικτύων, μια ακρίβεια $\pm 1 \mu s$ αποτελεί μία καλή βάση. Στην πράξη, όταν οι ηχώ υπερβαίνουν τη διάρκεια διαστήματος προστασίας, η απόδοση μειώνεται γρήγορα για δύο λόγους:

- Η αρχή της ορθογωνιότητας παραβιάζεται, λόγω των παρεμβολών. Αυτό οδηγεί σε μια αύξηση του BER, η οποία είναι μικρότερη όσο ο ρυθμός αποστολής δεδομένων είναι υψηλότερος. Η διαμόρφωση 64-QAM, παραδείγματος χάριν, θα υποφέρει από αυτό το πρόβλημα με μεγαλύτερο ρυθμό, σε σχέση με την QPSK διαμόρφωση.
- Το κανάλι δεν μπορεί να εκτιμήσει σωστά τις ηχώ που είναι μεγαλύτερες από το ένα τέταρτο της χρήσιμης διάρκειας του συμβόλου T_u . Αν και αυτό μπορεί να εξαρτηθεί από το σχεδιασμό κάθε δέκτη, πρέπει να γνωρίζουμε ότι ο τρόπος εκπομπής, όπου $\Delta T = T_u/4$, αναμένεται να είναι λιγότερο σταθερός από άλλους τρόπους εκπομπής, όσον αφορά στο ζήτημα υπέρβασης της ηχούς της διάρκειας του διαστήματος προστασίας.

Σαν επακόλουθο της διαχείρισης της ηχούς σε έναν COFDM δέκτη, η πραγματική περιοχή κάλυψης που προκύπτει από ένα σύνολο πομπών SFN εξαρτάται κυρίως από την απόδοση χρονικού συγχρονισμού του υποσυστήματος. Η χρήση ενός χρονικού αντισταθμιστή (time offset) σε ένα δεδομένο κόμβο του δικτύου μπορεί, σε μερικές περιπτώσεις, να επιτρέψει μια καλύτερη ρύθμιση στην περιοχή κάλυψης ή μία μεγαλύτερη ομαλότητα του διαθέσιμου σηματοθορυβικού λόγου (C/N).

1.4.2.6.3 Συγχρονισμός σε επίπεδο bit

Η ταυτόχρονη εκπομπή του ίδιου συμβόλου απαιτεί όλα τα φέροντα να είναι όμοια διαμορφωμένα. Συνεπώς, το ίδιο bit πρέπει να διαμορφώνει το ίδιο k-στο φέρον. Η ανοχή σε αυτό τον κανόνα είναι μηδενική.

1.4.2.6.4 Συγχρονισμός ενεργειακής διασποράς

Προκειμένου να εξασφαλιστούν επαρκείς δυαδικές μεταβάσεις, τα δεδομένα του MPEG-2-TS εισάγονται στον διαμορφωτή με τυχαίο τρόπο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της δυαδικής προσθήκης στο εισερχόμενο ρεύμα με ένα τυποποιημένο PRBS, το οποίο επαναρυθμίζεται κάθε οκτώ πακέτα MPEG-2. Για να είναι το τυχαίο ρεύμα απολύτως ίδιο σε όλους τους διαμορφωτές, κάθε PRBS γεννήτρια επαναρυθμίζεται από έναν αιτιοκρατικό μηχανισμό.

1.4.2.6.5 Σταθμοί ισχύος

Η απόσταση που χωρίζει δύο πομπούς μεταξύ τους επηρεάζει την επιλογή του διαστήματος προστασίας, το οποίο, στη συνέχεια, περιορίζει το μέγεθος των δικτύων SFN. Το ενεργό ύψος επηρεάζει την τιμή του ERP. Οι παραπάνω αυτοί λόγοι συμβάλλουν στην κατάλληλη επιλογή των μεταβλητών παραμέτρων του DVB-T και τις απαιτήσεις συχνότητας.

Οι σταθμοί εκπομπής για τις ψηφιακές υπηρεσίες μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Σταθμοί υψηλής ισχύος είναι σταθμοί με ERP μεγαλύτερο από 10 kW και ενεργό ύψος κεραιών μεγαλύτερο από 150 m.
- Σταθμοί μέσης ισχύος είναι σταθμοί με ERP από 100 W έως 10 kW (συμπεριλαμβανομένου και των 10 kW) και με ενεργό ύψος κεραιών από 75 m έως 150m.
- Σταθμοί χαμηλής ισχύος είναι σταθμοί με ERP χαμηλότερο από 100 W και ενεργό ύψος κεραιών συνήθως κάτω από 75 m.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι αναλογικές μεταδόσεις πρέπει να προστατευθούν κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου συνύπαρξης αναλογικών και ψηφιακών υπηρεσιών, έχουν προγραμματιστεί στην Ευρώπη σταθμοί μέσης ισχύος (με ERP κατά μέσον όρο 10 kW). Σε πολλές περιπτώσεις, έχουν τοποθετηθεί χαμηλής ισχύος σταθμοί για να συμπληρώσουν τα κενά κάλυψης. Οι πολύ υψηλής ισχύος αναλογικοί σταθμοί πιθανώς να χρησιμοποιηθούν και για μεταδόσεις DVB-T, αλλά όχι με τα ίδια υψηλά επίπεδα ισχύος.

Ο αριθμός των σταθμών εκπομπής και η απόσταση μεταξύ τους, ποικίλει σημαντικά από χώρα σε χώρα. Εξαρτάται μεταξύ άλλων, από τις παραμέτρους του συστήματος, τον τρόπο λήψης (σταθερό, φορητό ή κινητό), το μέγεθος χωρών και των συνόρων τους. Γενικά, ο αριθμός ψηφιακών σταθμών εκπομπής σε μία χώρα κυμαίνεται μεταξύ 50 και 100. Η απόσταση χωρισμού μεταξύ των πομπών μπορεί να ποικίλει μεταξύ 30 και 50 km στις πυκνοκατοικημένες περιοχές, και μεταξύ 75 και 125 km στις αραιοκατοικημένες περιοχές.

1.4.2.7 Στρατηγικές συγχρονισμού SFN δικτύων

1.4.2.7.1 Γενικά

Σε ένα SFN δίκτυο, όλοι οι πομποί είναι συντονισμένοι με το ίδιο σήμα και ακτινοβολούν στην ίδια συχνότητα. Λόγω του φαινομένου πολλαπλών διαδρομών και της υποστήριξης από το σύστημα του τρόπου πολλαπλής μετάδοσης φέροντος (COFDM) από διαφορετικούς πομπούς, το σήμα που φθάνει στην κεραία λήψης μπορεί να συμβάλει εποικοδομητικά στο επιθυμητό συνολικό σήμα.

Η περιοριστική χρήση της τεχνικής SFN οφείλεται στις παρεμβολές γειτονικών πομπών του δικτύου (self interference). Εάν σήματα από απομακρυσμένους πομπούς καθυστερούν περισσότερο από όσο επιτρέπει το διάστημα προστασίας, τότε συμπεριφέρονται ως θόρυβος. Η ισχύς τέτοιων σημάτων εξαρτάται από τις συνθήκες διάδοσης, οι οποίες ποικίλουν, ανάλογα με το χρόνο. Οι παρεμβολές γειτονικών πομπών ενός δικτύου SFN, για μία δεδομένη απόσταση μεταξύ των πομπών, μειώνονται με την επιλογή ενός μεγάλου διαστήματος προστασίας. Επιπλέον, η επίδραση των καθυστερημένων σημάτων, που είναι έξω από το διάστημα προστασίας, μπορεί να επηρεάζεται και από το σχεδιασμό του δέκτη. Ένας εμπειρικός κανόνας, που με επιτυχία μειώνει τις παρεμβολές γειτονικών πομπών σε μία αποδεκτή τιμή, είναι ότι πρέπει να γίνεται τέτοια επιλογή της διάρκειας διαστήματος προστασίας του σήματος, ώστε να επιτρέπει τη διάδοσή του πέρα από την απόσταση μεταξύ των δύο πομπών του δικτύου.

Προκειμένου να διατηρηθεί το πλεόνασμα του διαστήματος προστασίας σε μία λογικά χαμηλή τιμή (25%), το μήκος του χρήσιμου συμβόλου πρέπει να είναι επίσης μεγάλο, λαμβάνοντας υπόψη και την απόσταση μεταξύ των πομπών στις ευρωπαϊκές χώρες. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εισαγωγή του 8k αριθμού φερόντων. Αντίθετα, ένα μικρό διάστημα προστασίας θα οδηγούσε σε έναν υψηλότερο αριθμό πομπών.

1.4.2.7.2 Μοντέλο σχεδιασμού SFN

Για τα δίκτυα MFN, τα χαρακτηριστικά πλάτους και καθυστέρησης των φυσικών ηχών σε κάθε θέση δεν μπορούν να εκτιμηθούν από το σχεδιαστή του δικτύου. Αντίθετα, στα SFNs, τα χαρακτηριστικά των "τεχνητών" ηχών στους διάφορους πομπούς μπορούν να εκτιμηθούν με μία καλή προσέγγιση. Τα σήματα SFN επηρεάζονται, επίσης, από τις "φυσικές ηχώ" που οφείλονται στις αντανακλάσεις και την πορεία διάδοσης.

Η αποτελεσματική τιμή προστασίας EPT (Effective Protection Target) εξαρτάται από τις παραμέτρους του συστήματος και από τα χαρακτηριστικά των ηχών μέσα και έξω από το διάστημα προστασίας, το οποίο καθορίζει την επιλεκτικότητα συχνότητας του καναλιού (κρισιμότητα).

Ο μηχανισμός, με τον οποίο ο δέκτης OFDM σήματος χρησιμοποιεί το διάστημα φύλαξης, ώστε να συσχετίσει δύο ή περισσότερα σήματα που έχουν ληφθεί ετεροχρονισμένα, φαίνεται στις παρακάτω εξισώσεις:

$$w_i = \begin{cases} 0 & \text{if } t \leq \Delta - T_p \\ \left(\frac{T_u + t}{T_u}\right)^2 & \text{if } \Delta - T_p < t \leq 0 \\ 1 & \text{if } 0 \leq t \leq \Delta \\ \left(\frac{(T_u + \Delta) - t}{T_u}\right)^2 & \text{if } \Delta < t \leq T_p \\ 0 & \text{if } T_p < t \end{cases}$$

$$C = \sum_i w_i C_i$$

$$I = \sum_i (1 - w_i) C_i$$

Equation 2

Where:

- C_i = the power contribution from the i-th signal at the receiver input
- C = the total power of the effective useful signal
- I = the total effective interfering power
- w_i = the weighting coefficient for the i-th component
- T_u = the useful symbol length
- Δ = the guard interval length
- t = the signal arrival time
- T_p = the interval during which signals usefully contribute

Σχήμα 1.20: Αλγόριθμος συσχέτισης

Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά σε μια δεδομένη θέση, όταν τα συνολικά διαθέσιμα $C/(N+I)$ είναι μεγαλύτερα ή ίσα από το απαραίτητο EPT:

$$C/(N+I)|_{Available} = \frac{1}{(C/N)^{-1} + (C/I)^{-1}} \geq EPT$$

Η διάρκεια T_p , όπου η λήψη ενός καθυστερημένου ή προπορευόμενου σήματος έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει θετικά, έστω και εν μέρει, είναι, θεωρητικά, μέχρι $T_u/3$, αν και στην πράξη δεν ξεπερνάει τα $7T_u/24$, με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα στην κατασκευή των φίλτρων που χρειάζονται. Ο αλγόριθμος, με τον οποίο επιλέγεται ποιο από τα ληφθέντα σήματα χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό του αποκωδικοποιητή του δέκτη δεν είναι κοινός σε όλους τους δέκτες. Από τους κατασκευαστές ψηφιακών δεκτών χρησιμοποιούνται τουλάχιστον 5 διαφορετικοί αλγόριθμοι, οι οποίοι έχουν τα πλεονεκτήματά και τα μειονεκτήματά τους ο για συγκεκριμένες συνθήκες λήψης. Η διαφοροποίηση ως προς τον τρόπο συγχρονισμού δεν παίζει τόσο μεγάλο ρόλο σε συνθήκες σταθερής λήψης, όμως μπορεί να κάνει τη διαφορά σε απαιτήσεις φορητής ή πλήρως κινητής λήψης, όπου οι συνθήκες μεταβάλλονται ταχύτατα. Προς το παρόν, όμως, δεν υπάρχουν αρκετά πειραματικά δεδομένα για όλο το φάσμα των εφαρμογών DVB-T και για διαφορετικές συνθήκες, ώστε να ξεχωρίσει για τις επιδόσεις του κάποιος από τους αλγορίθμους αυτούς και να καθιερωθεί από τους κατασκευαστές δεκτών. Στην ενότητα που ακολουθεί γίνεται αναλυτική περιγραφή των παραπάνω πέντε αλγορίθμων.

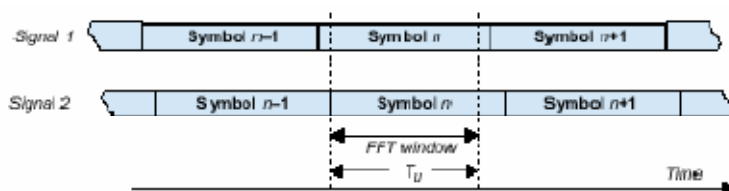
1.4.2.8 Αλγόριθμοι συγχρονισμού σε SFN δίκτυα

1.4.2.8.1 Γενικά

Στα SFN δίκτυα, όλοι οι πομποί χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι και συχνότητα. Σε αυτή την περίπτωση, ο δέκτης λαμβάνει διάφορα κύρια σήματα και διάφορες σκόρπιες ηχούς. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχουν πέντε διαφορετικές στρατηγικές που χρησιμοποιούνται πιο συχνά για τη διαμόρφωση του δέκτη. Τέσσερις από αυτές τις στρατηγικές είναι σχετικά απλές και ακριβείς, ενώ η πέμπτη αποτελεί μία εξιδανικευμένη βέλτιστη στρατηγική.

1.4.2.8.2 Αλγόριθμος με επιλογή του ισχυρότερου σήματος

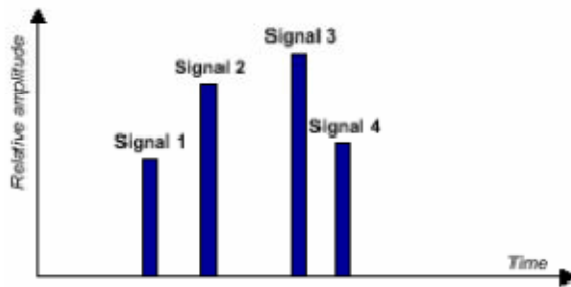
Μια απλή προσέγγιση για τον προσδιορισμό της θέσης ανοίγματος στον Ταχύ Μετασχηματισμό Fourier (Fast Fourier Transformation, FFT) είναι ο συγχρονισμός του με το ισχυρότερο σήμα, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.21: Επιλογή FFT ανοίγματος διάρκειας T_u

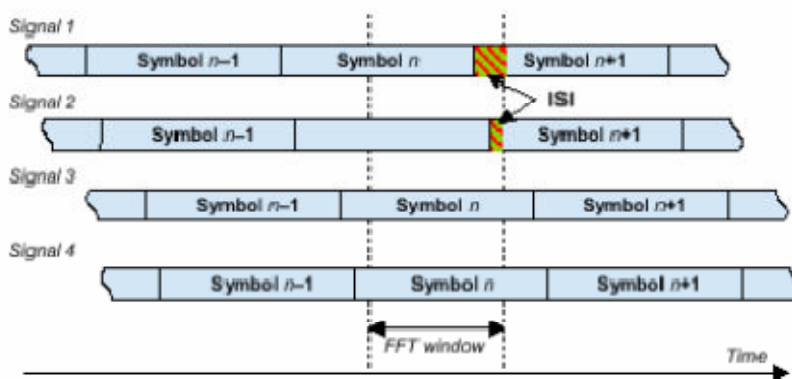
Στη συνέχεια, θα δείξουμε πως υλοποιείται ο αλγόριθμος σε 4 τυχαία σήματα. Στο ακόλουθο σχήμα, οι κορυφές των σημάτων αντιστοιχούν σε μία χαρακτηριστική ιδιότητα του σήματος σε μία στιγμιαία χρονική στιγμή, όπως, για παράδειγμα η αρχή

του συμβόλου n .



Σχήμα 1.22: Συγχρονισμός στο ισχυρότερο σήμα (σήμα 3)

Το σήμα 3 είναι το ισχυρότερο σήμα. Συνεπώς, το άνοιγμα του FFT συγχρονίζεται στο σήμα 3, καθώς μπορεί να προκύψει συμβολή από άλλα σχετικά σήματα που μπορούν να προηγηθούν ή να έπονται του σήματος 3. Επομένως, το κέντρο του ανοίγματος του FFT τοποθετείται στο κέντρο του συμβόλου n του σήματος 3. Τα παραπάνω φαίνονται στο επόμενο σχήμα που αναφέρεται πάντα στο παράδειγμα.

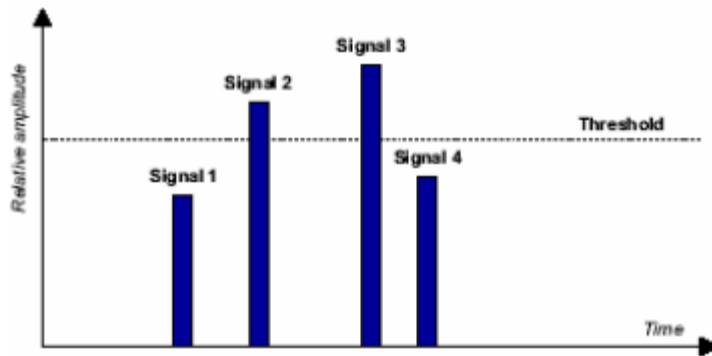


Σχήμα 1.23: Τοποθέτηση του ανοίγματος του FFT στο ισχυρότερο σήμα (σήμα 3)

Τα σήματα 3 και 4 συμβάλλουν πλήρως στην αποτίμηση του συμβόλου n , ενώ το άνοιγμα επικαλύπτει και το σύμβολο $n+1$ των σημάτων 1 και 2, το οποίο οδηγεί σε διασυμβολικές παρεμβολές ISI (Inter-Symbol Interference, ISI).

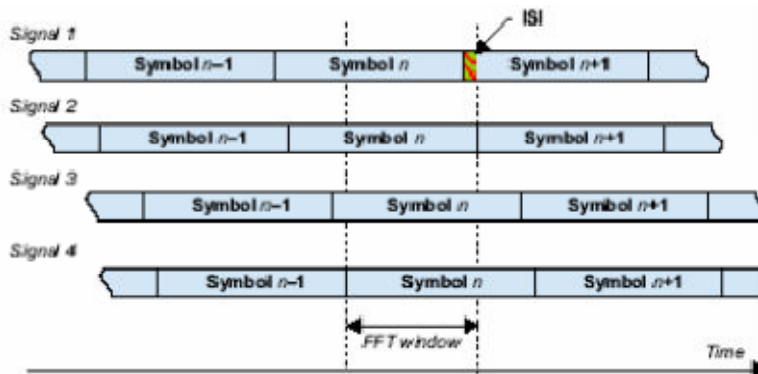
1.4.2.8.3 Αλγόριθμος με επιλογή του πρώτου σήματος που υπερβαίνει το κατώτατο επίπεδο ορίου

Αυτός ο αλγόριθμος παίρνει το πρώτο σήμα που εμφανίζεται ως αναφορά για το παράθυρο FFT. Ένα ελάχιστο επίπεδο κατωφλίου είναι απαραίτητο για ένα σήμα προκειμένου να γίνει αποδεκτό. Πάλι επιλέγεται η διαμόρφωση 4 σημάτων, όπως και στην προηγούμενη ενότητα, σαν παράδειγμα.



Σχήμα 1.24: Συγχρονισμός στο πρώτο σήμα που βρίσκεται πάνω από το επίπεδο στάθμης (σήμα 2)

Το πρώτο σήμα επάνω από το κατώτατο επίπεδο στάθμης είναι το σήμα 2 και θα καθορίσει το άνοιγμα του FFT. Η λογική του παραπάνω αλγορίθμου είναι ότι ως επίπεδο στάθμης επιλέγεται, τέτοιο ώστε τα σήματα που συμβάλλουν να μη διαφέρουν σημαντικά από το πρώτο σήμα που ξεπερνάει το επίπεδο στάθμης. Τελικά, το πέρας του ανοίγματος του παραθύρου FFT, που ικανοποιεί τις προϋποθέσεις, ευθυγραμμίζεται με τα υπόλοιπα σήματα που συμβάλλουν. Για το παράδειγμά μας, όλα τα παραπάνω φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 1.25: Ευθυγράμμιση του πέρατος των FFT παραθύρων με το σήμα 2

Με αυτό τον αλγόριθμο συγχρονισμού, τα σήματα 2,3 και 4 συμβάλλουν πλήρως ενισχύοντας το σήμα 2, ενώ το σήμα 1 προσθέτει ένα μικρό ποσοστό διασυμβολικής παρεμβολής ISI.

Η κατάλληλη επιλογή του ελάχιστου επιπέδου στάθμης αναφοράς είναι ένα ιδιαίτερο ζήτημα γι' αυτό τον αλγόριθμο συγχρονισμού. Μπορεί να πάρει την τιμή της ισχύος που αντιστοιχεί στην ελάχιστη ισχύ πεδίου ή εμπειρικά 6 dB έως 10 dB λιγότερο από το ισχυρότερο σήμα.

1.4.2.8.4 Αλγόριθμος με επιλογή του κέντρου βάρους

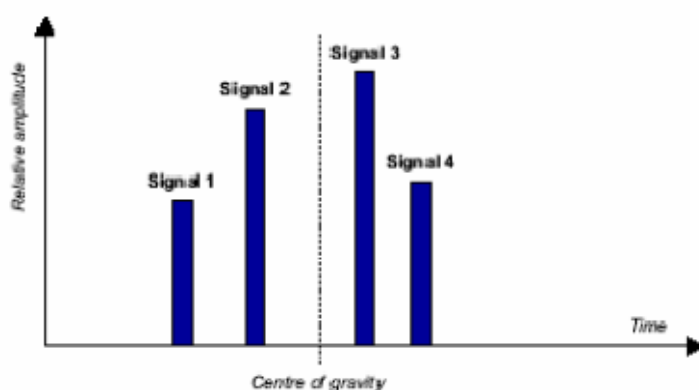
Σε αυτό τον αλγόριθμο, υπολογίζεται το «κέντρο βάρους», όπου κεντράρει το FFT παράθυρο και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$t_c = \frac{\sum_i p_i t_i}{\sum_i p_i}$$

where
 t_c = centre of gravity
 p_i = power of the i -th signal of the impulse response
 t_i = time of the i -th signal of the impulse response

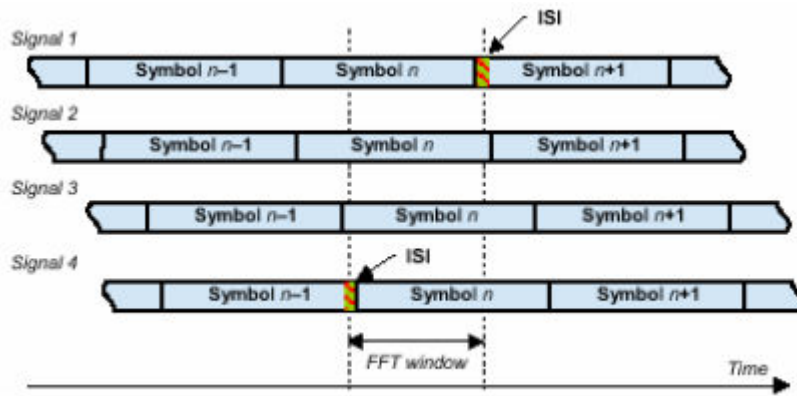
Σχήμα 1.26: Εξίσωση που δίνει το κέντρο βάρους t_c

Στο παράδειγμα με τα πέντε σήματα, το οποίο εξετάστηκε και στις προηγούμενες ενότητες, το κέντρο βαρύτητας απεικονίζεται με τη διακεκομμένη γραμμή, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.27: Συγχρονισμός με το κέντρο βάρους (μεταξύ των σημάτων 2 και 3)

Στο παράδειγμα τα σήματα 2 και 3 συμβάλλουν πλήρως ενισχύοντας το συνολικό σήμα. Τα σήματα 1 και 4 προκαλούν διασυμβολική παρεμβολή, αφού περιέχουν ένα μικρό ποσοστό, που οφείλεται στην επικάλυψη του FFT παραθύρου με το σύμβολο $n+1$ για το σήμα 1 και με το $n-1$ για το σήμα 4, όπως φαίνεται και παρακάτω.

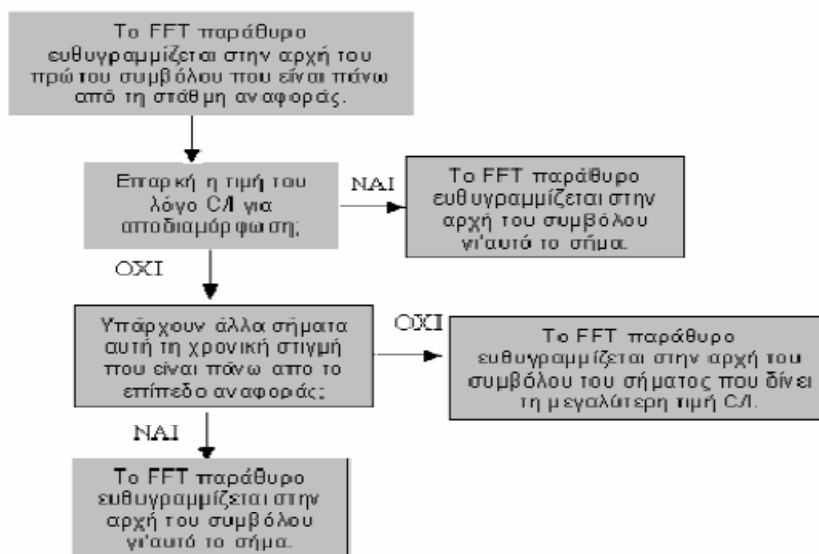


Σχήμα 1.28: Τοποθέτηση του FFT παραθύρου με χρήση του κέντρου βάρους μεταξύ των σημάτων 2 και 3

Αυτός ο αλγόριθμος αποδίδει καλά σε περιπτώσεις, όπου οι ηχώ και τα σήματα είναι ίδιου ή σχεδόν ίδιου πλάτους, αφού δεν προσαρμόζει το άνοιγμα του FFT παραθύρου σε ένα συγκεκριμένο σήμα, αλλά παίρνει το μέσο όρο των σημάτων του προς μετάδοση καναλιού. Αντίθετα, μπορεί να οδηγήσει σε διασυμβολικές παρεμβολές σε περιπτώσεις, που δε θα συνέβαινε με τους άλλους αλγορίθμους. Για παράδειγμα δύο ηχώ, που έχουν χωριστεί από το διάστημα προστασίας και τα πλάτη τους δεν είναι ίσα.

1.4.2.8.5 Παραλλαγή αλγορίθμου με επιλογή του πρώτου σήματος που ξεπερνάει κάποιο επίπεδο κατωτάτου ορίου

Στον αλγόριθμο αυτό, το πρώτο σήμα που είναι πάνω από το επίπεδο αναφοράς λαμβάνεται ως παρεμβολή για το FFT παράθυρο. Η διαδικασία φαίνεται στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί.



Σχήμα 1.29: Διάγραμμα ροής της παραλλαγής αλγορίθμου με επιλογή του πρώτου σήματος επάνω από κάποιο επίπεδο κατώτατου ορίου

1.4.2.8.6 Αλγόριθμος μέγιστου λόγου C/I

Σε όλους τους προηγούμενους αλγορίθμους, ο κύριος σκοπός τους είναι η όσο το δυνατό πιο γρήγορη και κατάλληλη εύρεση μιας ορθής θέσης για το παράθυρο FFT. Η βέλτιστη επιλογή θα ήταν μία θέση, όπου ο ενεργός C/I λόγος μεγιστοποιείται. Αυτή η θέση δεν είναι εύκολο να βρεθεί και γενικά θα έπαιρνε πολύ χρόνο για να υπολογιστεί. Επομένως, εφαρμόζεται ένας από τους αλγορίθμους που περιγράφηκαν παραπάνω ή κάποιος συνδυασμός τους.

Τέτοιες απλούστερες προσεγγίσεις μπορούν να δικαιολογηθούν από το γεγονός ότι το βέλτιστο C/I παρουσιάζει συχνά ένα σχετικά επίπεδο μέγιστο, όπως για παράδειγμα, από τα λάθη που εισάγονται κατά το συγχρονισμό που είναι μικρά. Όμως υπάρχουν και πιθανές δυσκολίες στη διαμόρφωση π.χ. στην περίπτωση παρουσίας δύο ηχών, εάν η διαφορά στην καθυστέρηση είναι κοντά στο διάστημα προστασίας, θα υπάρχει μόνο μια θέση που θα οδηγήσει σε μηδενικές διασυμβολικές παρεμβολές, έτσι θα ήταν πολύ δύσκολο να επιτευχθεί το βέλτιστο.

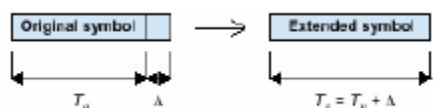
Η μέθοδος που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα δεν προσπαθεί να βρει μία θέση για το παράθυρο FFT που δίνει το καλύτερο δυνατό C/I. Επιδιώκει μόνο να βρει μία θέση για το παράθυρο, στην οποία το C/I είναι αρκετό, ώστε να επιτρέψει την αποδιαμόρφωση και αποκωδικοποίηση με ένα αποδεκτό ρυθμό λαθών (BER).

Οι κατασκευαστές δεκτών σημειώνουν ότι η αποτίμηση του λόγου C/I έχει επουσιώδη σημασία για έναν δέκτη DVB-T. Ακόμη για εκπομπή DVB-T με μεγάλα διαστήματα προστασίας $T_U/4$, φαίνεται να υπάρχουν θεωρητικά όρια για την αξιολόγηση του λόγου C/I, τα οποία θα απέτρεπαν το συγχρονισμό του σήματος με την εφαρμογή του αλγορίθμου «μέγιστου λόγου C/I».

Η επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου έχει καθοριστική σημασία για τα ποσοστά κάλυψης στο δίκτυο. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελβετία σε δίκτυο SFN με τρεις πομπούς έδειξε ότι η εφαρμογή του αλγορίθμου που ευθυγραμμίζει το FFT παράθυρο με την αρχή του πρώτου σήματος που ξεπερνάει τη στάθμη αναφοράς (20dB) αποτέλεσε την καλύτερη επιλογή.

1.4.2.9 Επιλογή διαστήματος προστασίας σε SFN δίκτυα

Τα ευρωπαϊκά κράτη απαίτησαν από τους οργανισμούς τυποποίησης της DVB-T τη δυνατότητα επιλογής χρήσης SFN δικτύων, έτσι ώστε να μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά οι συχνότητες. Η διαμόρφωση COFDM, επομένως, μπορεί να χρησιμοποιεί ως και 8k φέροντα που επιτρέπουν μέγιστο διάστημα προστασίας $T_g=224\mu\text{sec}$, το οποίο αντιστοιχεί στο 25% του $T_U=896\mu\text{sec}$, που είναι ο χρήσιμος χρόνος του συμβόλου. Αυτό σημαίνει ότι οι επιτρεπόμενοι χρόνοι καθυστέρησης σημάτων επιτρέπουν μία μέγιστη απόσταση 67 km μεταξύ των γειτονικών πομπών.



Σχήμα 1.30: Αύξηση του συμβόλου μετάδοσης λόγω του διαστήματος προστασίας

Η επιλογή ενός μεγάλου διαστήματος προστασίας έχει επιπτώσεις στη χωρητικότητα του καναλιού. Επίσης, επηρεάζεται το κόστος του υλικού στο δέκτη, το οποίο αυξάνεται, λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας των συμβόλων OFDM. Η επιλογή μεγάλου διαστήματος προστασίας συμβάλλει στην οικονομία συχνοτήτων (SFN δίκτυα), αλλά και στην πώση της αποδοτικότητας μετάδοσης (χαμηλός ρυθμός μετάδοσης). Η χρήση μεγάλου διαστήματος προστασίας δεν είναι απαραίτητη για όλους τους τρόπους κάλυψης επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Στις τοπικές ή περιφερειακές υπηρεσίες μπορούν να εφαρμοστούν αρκετά πιο μικρά διαστήματα προστασίας σε σχέση με αυτά των μεγάλων SFN δικτύων. MFN και SFN δίκτυα χαμηλής ισχύος χρησιμοποιούν το 2k τρόπο μετάδοσης. Ο 8k τρόπος μετάδοσης, ο οποίος είναι συμβατός και με 2k συστήματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα MFN και SFN δίκτυα.

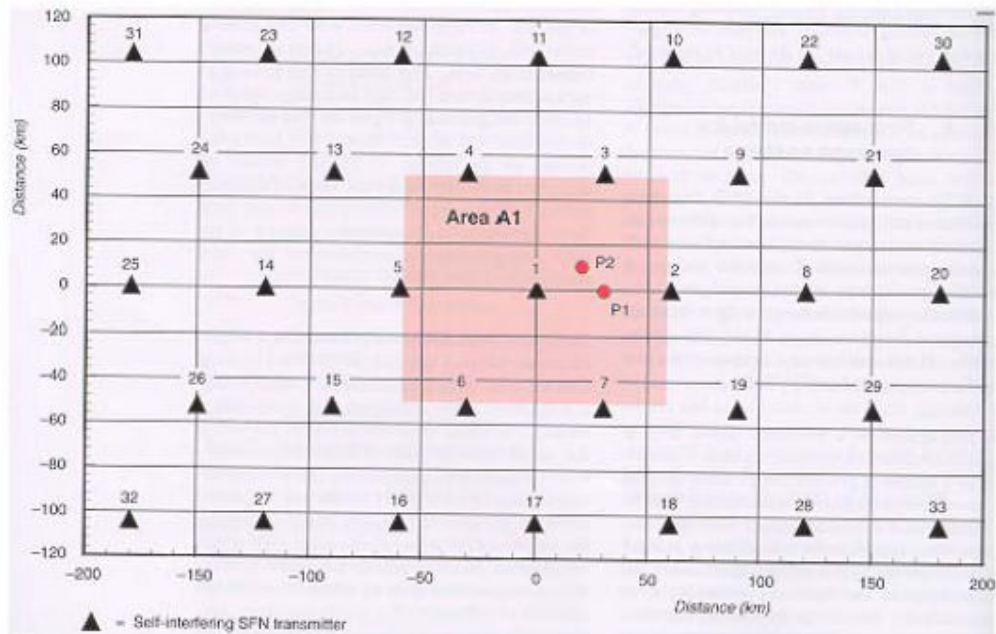
Table A		COFDM parameters, guard interval, symbol duration, maximum transmitter distance							
IFFT mode	2k				8k				
Number of carries	1705				6817				
Spacing of carries	4464 Hz				1116 Hz				
Bandwidth	7.61 MHz				7.61MHz				
Symbol duration	224μs				890μs				
Guard interval	1/4 (56μs)	1/8 (28μs)	1/16 (14μs)	1/32 (7μs)	1/4 (224μs)	1/8 (112μs)	1/16 (56μs)	1/32 (28μs)	
Total symbol duration	280μs	252μs	236μs	231μs	1120μs	1090μs	952μs	924μs	
Max. tx distance (theoretical)	16.8 km	8.4km	4.2km	2.1km	67.2km	33.6km	16.8km	8.4km	

Πίνακας 1.10: Οι θεωρητικά μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των πομπών για όλα τα πιθανά διαστήματα προστασίας και για 2k, 8k τρόπους μετάδοσης

Οι προδιαγραφές DVB-T παρέχουν διαφορετικά μήκη διαστήματος προστασίας (1/4, 1/8, 1/16 και 1/32 του αποτελεσματικού χρόνου του συμβόλου) και δύο χρήσιμους χρόνους $T_U=896\mu\text{sec}$ και $T_U=224\mu\text{sec}$. Ο μικρότερος χρόνος συμβόλου T_U αντιστοιχεί σε αριθμός φερόντων 2k, ενώ ο μεγαλύτερος σε 8k. Οι προδιαγραφές DVB-T επιτρέπουν έξι διαφορετικές τιμές για το διάστημα προστασίας από 7 έως 224 μsec.

1.4.2.10 Επίδραση του διαστήματος προστασίας στο ποσοστό κάλυψης

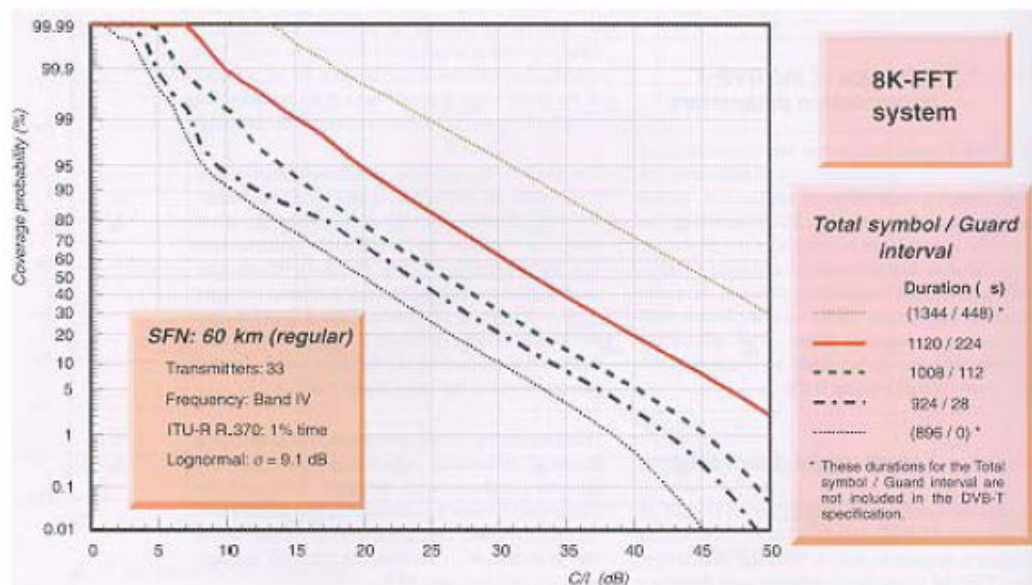
Για την μελέτη της επίδρασης του διαστήματος προστασίας στο ποσοστό κάλυψης, θεωρείται ένα δίκτυο SFN, το οποίο καλύπτει μία περιοχή περίπου 400km X 240km. Περιλαμβάνει 33 πομπούς που είναι τοποθετημένοι συμμετρικά, με ένα διάστημα μεταξύ των πομπών ίσο με 60 km, απόσταση, η οποία αντιστοιχεί στο μέσο διάστημα μεταξύ των πομπών των σύγχρονων τηλεοπτικών δικτύων.



Σχήμα 1.31: Δομή SFN δικτύου με 33 πομπούς και απόσταση μεταξύ γειτονικών πομπών 60 km

Όλοι οι πομποί μεταδίδουν συγχρόνως το σήμα με την ίδια ισχύ. Επιλέγεται το ύψος πομπού 150m από την επιφάνεια της γης, και το ύψος της κεραίας δέκτη 10m από την επιφάνεια της γης, για κατευθυντική λήψη. Οι πιθανότητες κάλυψης πραγματοποιήθηκαν σε μία ορθογώνια περιοχή (περιοχή A1, βλ. σχήμα), με διαστάσεις 60 X 52 km², η οποία αντιστοιχεί σε μεγάλης περιοχής SFN δίκτυο.

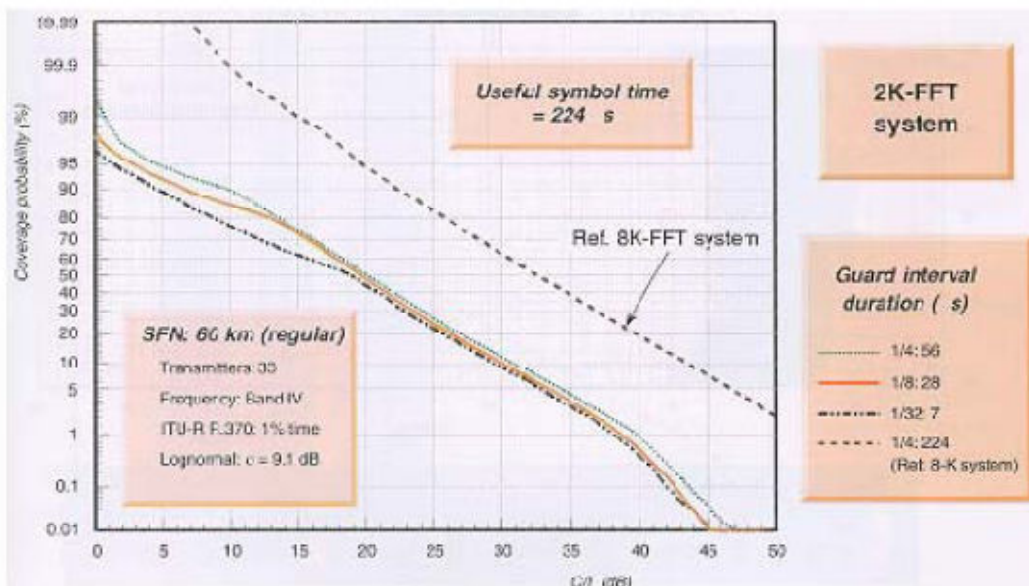
Το διάγραμμα που ακολουθεί στη συνέχεια αναφέρεται στο παραπάνω SFN δίκτυο. Παρατηρείται μείωση της πιθανότητας κάλυψης, όταν χρησιμοποιείται ένα μικρότερο διάστημα προστασίας.



Σχήμα 1.32: Επίδραση του διαστήματος προστασίας στην πιθανότητα κάλυψης για κατευθυντική κεραία λήψης σε 8k FFT σύστημα

Για τα τέσσερα διάστημα προστασίας που παρέχονται για τη μετάδοση DVB-T με 8k FFT, τρία από αυτά (28, 112 και 224) παρουσιάζονται στην παραπάνω γραφική παράσταση, όπως και άλλες δύο περιπτώσεις (0 και 448 msec) για σκοπούς διευκρίνησης. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν σαφώς ότι το μεγαλύτερο διάστημα προστασίας που επιλέχθηκε για τον 8k τρόπο μετάδοσης (δηλ. 224 msec) ήταν ένας συμβιβασμός, προκειμένου να κρατηθεί το συνολικό προς μετάδοση σύμβολο μέσα σε αποδεκτό χρονικό όριο (25% του ενεργού χρόνου $T_u=896$ msec). Από το σχήμα, βγαίνει, επίσης, το συμπέρασμα ότι το 8k σύστημα παρέχει ακόμα καλύτερη πιθανότητα κάλυψης, εάν το διάστημα προστασίας πάρει θεωρητικά την τιμή των 448 msec. Παρά τη συνολική αύξηση του προς μετάδοση συμβόλου (50% σε αυτή την περίπτωση), μπορεί να υπάρξουν μερικές εφαρμογές πολύ μεγάλων SFN δικτύων με τέτοια μεγάλα διαστήματα προστασίας, με σκοπό τη βέλτιστη αποδοτικότητα του φάσματος συχνοτήτων. Επίσης, εξαιτίας του σχετικά μεγάλου ενεργού χρόνου μετάδοσης του συμβόλου, σε 8k σύστημα μετάδοσης ($T_u=896$ msec) υπάρχει μία ορισμένη πιθανότητα κάλυψης ακόμη και χωρίς να χρησιμοποιείται διάστημα προστασίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι παρεμβολές από τις ηχούς εξασθενούν κατά ένα μεγάλο μέρος μέσα στο πρώτο τέταρτο της διάρκειας μετάδοσης του συμβόλου.

Σε ένα σύστημα μετάδοσης 2k, οι καθυστερήσεις σημάτων που υπερβαίνουν το διάστημα προστασίας είναι πάρα πολύ πιο έντονες, λόγω του αρκετά μικρότερου χρησιμοποιήσιμου χρόνου μετάδοσης του συμβόλου ($T_u=224$ msec). Οι χρονικές καθυστερήσεις των σημάτων που εμφανίζονται στο μεγάλης περιοχής SFN δίκτυο που εξετάζεται, στο οποίο η απόσταση μεταξύ των πομπών είναι 60 km, είναι σημαντικά υψηλότερη από 56 msec. Συνεπώς, αύξηση του διαστήματος προστασίας από το 1/32 σε 1/4 του χρήσιμου χρόνου μετάδοσης δεν έχει σχεδόν καμία θετική επίδραση, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 1.33: Επίδραση του διαστήματος προστασίας στην πιθανότητα κάλυψης για κατευθυντική κεραία λήψης σε 2k FFT σύστημα

1.4.2.11 Υλοποίηση SFN δικτύων

1.4.2.11.1 Επιλογή παραμέτρων

Ένα θεμελιώδες στοιχείο στη διαδικασία σχεδιασμού δικτύων είναι η αξιολόγηση της συμβατότητας μεταξύ των περιοχών που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα, καθώς και η δυνατότητα αναβάθμισής τους στο εγγύς μέλλον. Υπάρχουν πολλές επιλογές για τον σχεδιασμό δικτύων και, λόγω αυτού, προκύπτει, επίσης, ένας μεγάλος αριθμός πιθανών συνδυασμών. Για τους συνδυασμούς αυτούς, θα πρέπει να μελετηθεί η συμβατότητά τους πριν υλοποιηθούν σε ένα δίκτυο.

Με σκοπό να απλοποιηθεί η διαδικασία σχεδιασμού δικτύων, είναι χρήσιμο να μειωθεί ο αριθμός πιθανών διαμορφώσεων δικτύων μόνο σε ορισμένες, που θα είναι οι πιο αντιπροσωπευτικές και εύχρηστες. Αυτές οι αντιπροσωπευτικές εφαρμογές δικτύων για το σχεδιασμό δικτύων καλούνται Reference Planning Configurations (RPCs). Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν επακριβώς σε "πραγματικές" εφαρμογές δικτύων, αλλά είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την ανάλυση συμβατότητας. Τα RPCs μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε DVB-T και T-DAB δίκτυα, αλλά και να εφαρμοστούν σε άλλα συστήματα, όπως π.χ. DVB-H, εφόσον διατηρούνται τα κριτήρια συμβατότητας.

Οι πιο κοινές διαμορφώσεις DVB-T, που χαρακτηρίζονται από τον τρόπο λήψης τους, την επιλογή παραμέτρων DVB-T (είδος διαμόρφωσης και κωδικοποίηση) και την ποιότητα κάλυψης, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

DVB-T planning configuration	Reception mode	Fixed	Fixed	Portable outdoor	Portable outdoor
	Modulation	64-QAM	64-QAM	16-QAM	64-QAM
	Code rate	2/3	3/4	2/3	2/3
	Location probability	95%	95%	95%	95%
DVB-T planning configuration	Reception mode	Mobile	Mobile	Portable indoor	Portable indoor
	Modulation	QPSK	16-QAM	16-QAM	16-QAM
	Code rate	2/3	1/2	2/3	2/3
	Location probability	99%	99%	70%	95%

Πίνακας 1.11: Τιμές παραμέτρων για τα RPC1, RPC2, RPC3

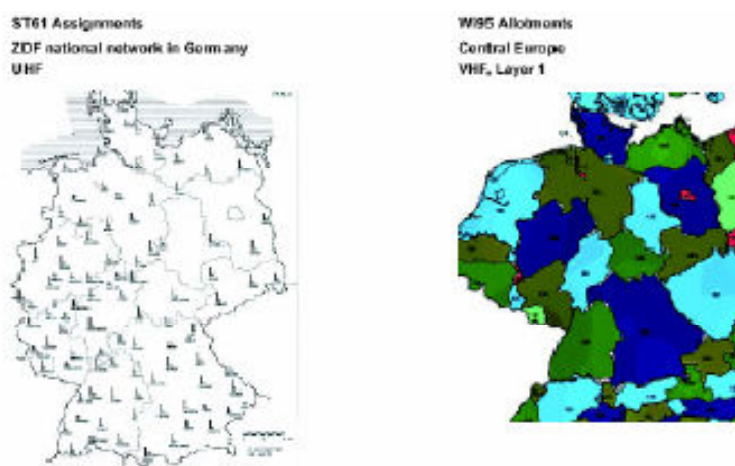
Στα παραπάνω πιο συχνά χρησιμοποιούμενα δίκτυα (RPC1, RPC2, RPC3), η τιμή C/N προκύπτει από το μέσο όρο των τιμών C/N που δίνονται στην προδιαγραφή του DVB-T (ETSI EN 300 744). Η ελάχιστη τιμή πεδίου ($E_{med})_{ref}$ ορίζεται για το 50% του χώρου και το 50% του χρόνου, ενώ οι απώλειες δίνονται σύμφωνα με το ITU-R Recommendation P.1546. Οι παράμετροι του συστήματος για ένα δύσκολο τρόπο λήψης π.χ. για κινητή εσωτερική λήψη (portable indoor) πρέπει να την καθιστούν πιο ανθεκτική σε σχέση με μία λιγότερο δύσκολη λήψη, όπως π.χ. σταθερή λήψη (fixed roof-level). Επομένως, η αντίστοιχη τιμή του C/N μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της δυσκολίας του τρόπου λήψης.

RPC	RPC1	RPC2	RPC3
Reception mode	Fixed roof-level	Portable outdoor, or lower-coverage portable indoor, or mobile	Higher-coverage portable indoor
Reference location probability	95%	95%	95%
Reference C/N (dB)	21	19	17
Reference ($E_{\text{med}}/\text{ref}$) [dB($\mu\text{W}/\text{m}^2$)] at 200 MHz	50	67	75
Reference ($E_{\text{med}}/\text{ref}$) [dB($\mu\text{W}/\text{m}^2$)] at 650 MHz	56	78	88

Πίνακας 1.12: Τιμές C/N και E_{med} για τα RPC1, RPC2, RPC3

1.4.2.11.2 Κατασκευή δικτύων

Στη διαδικασία RRC σχεδιασμού δικτύου, δίνεται η δυνατότητα επιλογής προσέγγισης τόσο ανάμεσα σε εκχωρήσεις και καταμερισμούς συχνοτήτων όσο και σε MFN και SFN δίκτυα. Σε προσέγγιση εκχωρήσεων, κάθε σχεδιαζόμενος πομπός προσδιορίζεται μαζί με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Αντίθετα, σε προσέγγιση καταμερισμών, προσδιορίζεται η εξυπηρετούμενη περιοχή μαζί με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτής. Εκχωρήσεις και καταμερισμοί συχνοτήτων περιγράφουν τον τρόπο κάλυψης μιας περιοχής, αλλά με διαφορετικό τρόπο και είναι δυνατή η μετατροπή από τον ένα στον άλλο τρόπο. Ο σχεδιασμός βάσει εκχωρήσεων αναφέρεται σε MFN ενώ ο σχεδιασμός βάσει καταμερισμών σε SFN δίκτυα.



Σχήμα 1.34: Σχεδιασμός βάσει εκχωρήσεων (αριστερά) και βάσει καταμερισμών (δεξιά)

Ένα βασικό στοιχείο για την κατασκευή δικτύων συχνότητας (FN) είναι η πραγματοποίηση συμβατότητας μεταξύ των πομπών ή/και των δικτύων που εξυπηρετούν. Για το λόγο αυτό, τα χαρακτηριστικά των πομπών που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να είναι γνωστά. Παρόλα αυτά, θα υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα ακριβή χαρακτηριστικά των πομπών ενός δικτύου δε θα είναι γνωστά κατά το σχεδιασμό ενός δικτύου συχνότητας. Αυτό, ειδικότερα, ισχύει για την περίπτωση εφαρμογών SFN δικτύων, όπου μπορεί να γνωρίζουμε την επιθυμητή περιοχή κάλυψης, αλλά όχι ακόμα τον ακριβή αριθμό, θέση και ισχύ των πομπών SFN. Παρά αυτήν την έλλειψη γνώσης, είναι απαραίτητο να εκτελεστούν

υπολογισμοί που θα ελέγξουν τη συμβατότητα, προκειμένου να υλοποιηθεί το πλάνο κάλυψης. Για το λόγο αυτό, είναι χρήσιμο να καθοριστούν οι γενικές δομές των δικτύων που μπορούν να ενεργήσουν ως αντιπροσωπευτικά, των ακόμα άγνωστων πραγματικών δικτύων, σε μια ανάλυση συμβατότητας. Τέτοια γενικά δίκτυα καλούνται δίκτυα αναφοράς (RNs).

Υπάρχουν κι άλλες πτυχές που πρέπει να εξεταστούν για το σχεδιασμό των δικτύων αναφοράς. Πρώτον, για το σχεδιασμό του δικτύου, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη αν το δίκτυο θα χρησιμοποιεί MFN ή SFN. Σε περίπτωση που το δίκτυο χρησιμοποιεί MFN, χρησιμοποιείται ένας απλός πομπός ως πομπός αναφοράς, ενώ, στην SFN περίπτωση, ένα σύνολο από πομπούς ομαδοποιείται και αποτελεί το δίκτυο αναφοράς. Δεύτερον, το μέγεθος της προοριζόμενης περιοχής κάλυψης πρέπει, επίσης, να ληφθεί υπόψη. Αυτό συμβαίνει και για τους δύο τρόπους εκπομπής, όπου μια μεγάλη περιοχή μπορεί να εξυπηρετηθεί από ένα πομπό υψηλής ισχύος και μία μικρή περιοχή από έναν χαμηλής ισχύος πομπό. Το ίδιο ισχύει και για SFN, το οποίο, σε γενικές γραμμές, δεν έχει κανένα περιορισμό στο μέγεθος της περιοχής που εξυπηρετεί, που μπορεί να είναι από τοπικό, μικρό ως πολύ μεγάλο δίκτυο. Είναι προφανές ότι τα δίκτυα αναφοράς (RNs) που αντιπροσωπεύουν λογικές εφαρμογές αυτών των διάφορων περιπτώσεων θα διαφέρουν σημαντικά στις ιδιότητές τους. Τρίτον, η μορφολογία του εδάφους και το είδος της προοριζόμενης περιοχής υπηρεσιών έχει σημαντική επίδραση στο σχεδιασμό του δικτύου. Έτσι, ένα δίκτυο για αστικές ή πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές θα χρειαστεί σημαντικά υψηλότερης ισχύος πομπούς σε σχέση με ένα δίκτυο αγροτικής περιοχής του ίδιου μεγέθους. Τέλος, θα πρέπει να εξεταστεί λεπτομερώς η τοποθεσία του σταθμού εκπομπής, καθώς και το είδος εκπομπής της κεραίας, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι περιπτώσεις παρεμβολών μεταξύ γειτονικών δικτύων.

Τα δίκτυα αναφοράς θεωρούνται οι κατάλληλοι αντιπρόσωποι των πραγματικών εφαρμογών δικτύων. Παρουσιάζουν έναν υψηλό βαθμό γεωμετρικής συμμετρίας και ομοιογένειας, ανάλογα, βέβαια, και με τα χαρακτηριστικά του πομπού. Μπορούν να χαρακτηριστούν από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Αριθμός πομπών
- Απόσταση μεταξύ των πομπών
- Γεωμετρία πομπών
- Ισχύς πομπών
- Ύψος πομπού
- Τρόπος ακτινοβολίας πομπού
- Περιοχή κάλυψης

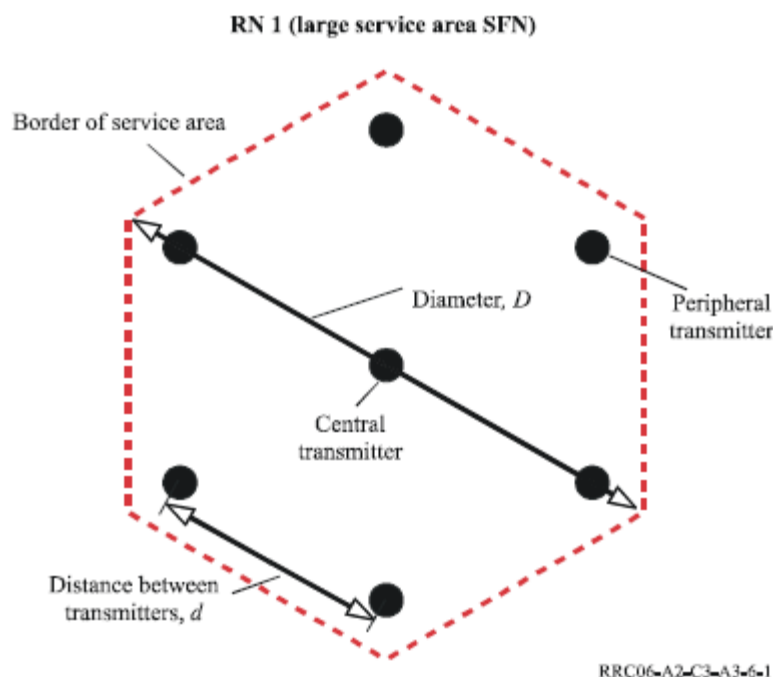
1.4.2.11.3 Πρότυπα δίκτυα αναφοράς (RNs)

Στην παρούσα ενότητα, θα περιγραφούν τα δίκτυα αναφοράς RN για τα RPCs δίκτυα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Για κάθε δίκτυο αναφοράς, θα δίνονται οι τιμές των παραμέτρων και η γεωμετρία του δικτύου.

• Δίκτυο αναφοράς RN1 – Μεγάλης περιοχής κάλυψης SFN

Το RN1 αποτελείται από ένα σύνολο 6 ξεχωριστών RNs. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για σταθερή όσο και για εξωτερική / εσωτερική κινητή λήψη, στις ζώνες συχνοτήτων III, IV και V. Το RN1 προορίζεται για μεγάλα SFN δίκτυα κάλυψης. Κύριοι πομποί με ένα λογικό ύψος κεραίας αποτελούν τον πυρήνα για αυτό τον τύπο δικτύου. Τουλάχιστον για τη φορητή και κινητή λήψη, το μέγεθος των πραγματικών περιοχών υπηρεσιών, για αυτό τον τύπο κάλυψης SFN, περιορίζεται σε διάμετρο 150 έως 200 km, λόγω της υποβάθμισης που υφίσταται τότε εξαιτίας των ιδίων-παρεμβολών (self-interference), εκτός κι αν επιλεγούν μεταβλητές που θα κάνουν το σύστημα πολύ ανθεκτικό, με άμεση επίπτωση στο ρυθμό απόδοσης ή αν επιλεγεί η λύση του πυκνού δικτύου SFN (dense network SFN).

Το δίκτυο αποτελείται από επτά πομπούς που τοποθετούνται στις κορυφές ενός εξαγώνου. Επιλέγεται ένα ανοικτού τύπου δίκτυο π.χ. χρησιμοποιούνται μη κατευθυντικές κεραίες και η περιοχή εξυπηρέτησης θεωρείται ότι ξεπερνάει κατά 15% το εξάγωνο κάλυψης.



Σχήμα 1.35: RN1 – Μεγάλης περιοχής κάλυψης SFN

Για διάστημα προστασίας, επιλέγεται η μέγιστη τιμή $1/4 T_u$ με 8k αριθμό φερόντων. Το διάστημα μεταξύ των πομπών δεν πρέπει να ξεπερνά το μέγιστο διάστημα που επιτρέπει το διάστημα προστασίας. Σε αυτήν την περίπτωση, όπου $GI_{max}=224\mu s$, ανταποκρίνεται σε απόσταση 67km. Η απόσταση μεταξύ των πομπών για το RPC1 δίκτυο θεωρείται 70 km. Για τα RPC2 και 3, τα 70 km θεωρούνται πολύ μεγάλη απόσταση, για τις τιμές των ισχύων που απαιτούνται. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση RPC3 δικτύου απαιτείται ισχύς πομπού της τάξης των μερικών kW, κάτι που θεωρείται ουσιαστικά αδύνατο. Επομένως, απαιτούνται μικρότερες τιμές για την απόσταση μεταξύ των πομπών, οι οποίες είναι 50 km για το RPC2 και 40 km για το RPC3.

Parameters of RN 1 (large service area SFN)

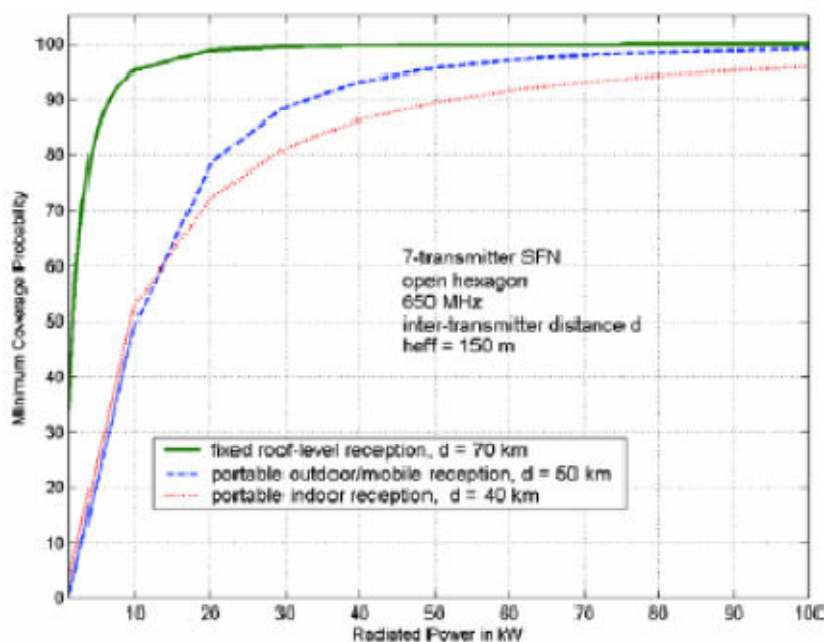
RPC and reception type		RPC 1 Fixed antenna	RPC 2 Portable outdoor and mobile	RPC 3 Portable indoor
Type of network		Open	Open	Open
Geometry of service area		Hexagon	Hexagon	Hexagon
Number of transmitters		7	7	7
Geometry of transmitter lattice		Hexagon	Hexagon	Hexagon
Distance between transmitters <i>d</i> (km)		70	50	40
Service area diameter <i>D</i> (km)		161	115	92
Tx effective antenna height (m)		150	150	150
Tx antenna pattern		Non-directional	Non-directional	Non-directional
e.r.p.* (dBW)	Band III	34.1	36.2	40.0
	Bands IV/V	42.8	49.7	52.4

The e.r.p. is given for 200 MHz in Band III and 650 MHz in Bands IV/V; for other frequencies (*f* in MHz) the frequency correction factor to be added is: $20 \log_{10}(f/200 \text{ or } f/650)$ for RPC 1 and $30 \log_{10}(f/200 \text{ or } f/650)$ for RPC 2 and RPC 3.

* The e.r.p. values indicated in this table incorporate an additional power margin of 3 dB.

Πίνακας 1.13: Παράμετροι για RN1 – μεγάλης περιοχής κάλυψης SFN

Στο επόμενο σχήμα, δίνεται ενδεικτικά η καμπύλη του ποσοστού κάλυψης σε συνάρτηση με την ισχύ ακτινοβολίας για τις IV/V ζώνες συχνοτήτων και για όλους τους πιθανούς τρόπους κάλυψης. Αναφέρεται στο δίκτυο RN1, ενώ η ισχύς που δίνεται είναι αυτή που αντιστοιχεί στον ένα πομπό. Μέσω της καμπύλης, μπορεί να βρεθεί η ισχύς που απαιτείται, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό ποσοστό κάλυψης σε όλη την εξυπηρετούμενη περιοχή.



Σχήμα 1.36: Προσδιορισμός ισχύος για RN1, ζώνες συχνοτήτων IV/V

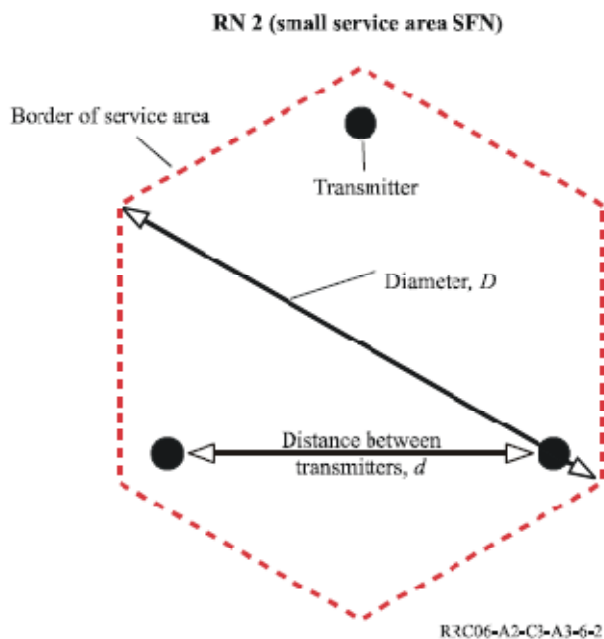
Στην περίπτωση που μία ομάδα νέων συχνοτήτων διατίθεται για τις νέες ψηφιακές υπηρεσίες, μία άμεση προσέγγιση είναι η εισαγωγή κάποιου εθνικού SFN και μερικών μικρότερων δικτύων SFN, για περιφερειακή κάλυψη. Αυτό το σενάριο θα μπορούσε εξίσου να υλοποιηθεί και ύστερα από το μεταβατικό στάδιο εισαγωγής της ψηφιακής τηλεόρασης, όπου, σταδιακά, θα καταργούνται όλες οι αναλογικές υπηρεσίες. Τοποθετούνται έτσι ώστε να προκύπτει η μέγιστη εκμετάλλευση ραδιοφάσματος.

Από την άλλη μεριά, σε μια χώρα με πλήρως αναπτυγμένα αναλογικά δίκτυα και με λίγες αχρησιμοποίητες συχνότητες, θεωρείται απίθανο να μπορέσουν να εφαρμοστούν μεγάλης κλίμακας SFN δίκτυα. Μία δυνατότητα που θα μπορούσε να διερευνηθεί είναι να εφαρμοστούν γενικές αλλαγές στα κανάλια των ήδη υπάρχοντων αναλογικών σταθμών. Εντούτοις, και η λύση αυτή φαίνεται να αντιμετωπίζει δυσκολίες στην πράξη, εξαιτίας της ευρείας χρήσης των καναλιών που αφορούν όχι μόνο την ενδιαφερόμενη χώρα αλλά και τα γειτονικά κράτη.

- **Δίκτυο αναφοράς RN2 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN, dense SFN**

Το RN2 αποτελείται από ένα σύνολο 6 ξεχωριστών RNs και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με τους τρεις τρόπους εκπομπής στις ζώνες συχνοτήτων III, IV και V. Το RN2 δίκτυο χρησιμοποιείται για μικρά SFN δίκτυα κάλυψης. Πομποί με λογικές τιμές ενεργού ύψους θεωρούνται κατάλληλοι, για αυτό τον τύπο δικτύου, ενώ οι self-interferences αναμένονται να είναι περιορισμένες. Τυπικές περιοχές κάλυψης είναι διαμέτρου 30 έως 50 km. Είναι, επίσης, δυνατό να καλυφθούν και μεγαλύτερης διαμέτρου περιοχές με χρήση πυκνών SFN δικτύων, όμως, τότε, ένας πολύ μεγαλύτερος αριθμός πομπών απαιτείται. Γι' αυτό το λόγο, είναι καλύτερο, σε αυτή την περίπτωση, να επιλεγεί δίκτυο τύπου RN1 από το να γίνει χρήση dense SFN network.

Το δίκτυο αποτελείται από τρεις πομπούς τοποθετημένους στις κορυφές ενός ισόπλευρου τριγώνου. Επιλέγεται ένα ανοιχτού τύπου δίκτυο π.χ. δε χρησιμοποιούνται κατευθυντικές κεραίες. Η εξυπηρετούμενη περιοχή θεωρείται εξαγωνική.



Σχήμα 1.37: RN2 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN

Στα RN2 δίκτυα, η απόσταση μεταξύ των πομπών είναι ίση με 25 km, στην περίπτωση των RPC 2 και 3. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί διάστημα προστασίας $1/8 T_u$ (8k FFT), το οποίο θα του προσδίδει και μεγαλύτερους ρυθμούς δεδομένων, σε σχέση με το RN1. Το ίδιο διάστημα προστασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για το RPC1, όπου η απόσταση μεταξύ των πομπών είναι 40km, καθώς στο σταθερό τρόπο λήψης οι self-interferences δεν επηρεάζουν τόσο το δίκτυο, εξαιτίας της κατευθυντικότητας της κεραίας του δέκτη. Στη συνέχεια, δίνονται οι τιμές των παραμέτρων για το δίκτυο αναφοράς 2 (RN2).

Parameters of RN 2 (small service area SFN)

RPC and reception type	RPC 1 Fixed antenna	RPC 2 Portable outdoor and mobile	RPC 3 Portable indoor
Type of network	Open	Open	Open
Geometry of service area	Hexagon	Hexagon	Hexagon
Number of transmitters	3	3	3
Geometry of transmitter lattice	Triangle	Triangle	Triangle
Distance between transmitters d (km)	40	25	25
Service area diameter D (km)	53	33	33
Tx effective antenna height (m)	150	150	150
Tx antenna pattern	Non-directional	Non-directional	Non-directional
e.r.p.* (dBW)	Band III	24.1	34.1
	Bands IV/V	31.8	46.3

The e.r.p. is given for 200 MHz in Band III and 650 MHz in Bands IV/V; for other frequencies (f in MHz) the frequency correction factor to be added is: $20 \log_{10}(f/200 \text{ or } f/650)$ for RPC 1 and $30 \log_{10}(f/200 \text{ or } f/650)$ for RPC 2 and RPC 3.

* The e.r.p. values indicated in this table incorporate an additional power margin of 3 dB.

Πίνακας 1.14: Παράμετροι για RN2 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN

Σε ένα μικρής περιοχής κάλυψης SFN δίκτυο, ένας υπάρχων κύριος σταθμός και πολλοί (ίσως όλοι) από τους βοηθητικούς σταθμούς χαμηλής ισχύος μοιράζονται το ίδιο κανάλι. Η χρήση του ίδιου καναλιού αποτελεί μια ελκυστική ιδέα, καθώς, έτσι, γίνεται οικονομία στον αριθμό καναλιών, ενώ υφίσταται και ομοιογένεια στην ισχύ πεδίου που κατανέμεται. Όμως, υπάρχουν ακόμα διάφορα τεχνικά θέματα που πρέπει να εξεταστούν.

Μεταξύ αυτών των θεμάτων, είναι το γεγονός ότι είναι πιθανό να υπάρχουν πελάτες που λαμβάνουν από τον κύριο σταθμό του ήδη υπάρχοντος αναλογικού δικτύου, ο οποίος μπορεί να είναι τοποθετημένος κοντά σε περιοχές με άλλους σταθμούς αναμετάδοσης. Σε αυτή την περίπτωση, είναι πιθανό οι πελάτες να δέχονται παρεμβολές από τους σταθμούς αναμετάδοσης ψηφιακών υπηρεσιών, εάν αυτοί χρησιμοποιούν γειτονικά κανάλια με εκείνα των αναλογικών υπηρεσιών. Επιπλέον, στην περίπτωση σταθερής λήψης, οι κεραιές λήψης, που χρησιμοποιούνται από τους πελάτες των αναλογικών υπηρεσιών για τη λήψη των νέων ψηφιακών υπηρεσιών από τους σταθμούς αναμετάδοσης, μπορεί να μην είναι κατάλληλες, λόγω των νέων διαφορών στα κανάλια. Από την άλλη μεριά, για τη φορητή λήψη, η χρήση μικρής κάλυψης SFN δικτύων αποτελούν την κατάλληλη επιλογή, καθώς παρέχουν αυξημένο επίπεδο κάλυψης ψηφιακής τηλεόρασης.

- **MFN με τοπικό πυκνό SFN δίκτυο γύρω από κάθε MFN πομπό**

Ένα MFN δίκτυο, βασισμένο σε μία ήδη υπάρχουσα υποδομή πομπών, με κατάλληλο σχεδιασμό μπορεί να κάνει χρήση SFN, γεγονός που έχει μεγάλη σημασία, δεδομένου ότι έτσι επιτρέπεται μία μελλοντική βαθμιαία βελτίωση στην κάλυψη γενικότερα και, πιο συγκεκριμένα, στη φορητή κάλυψη, χωρίς να είναι απαραίτητες νέες αναθέσεις συχνοτήτων. Με την εισαγωγή πρόσθετων πομπών SFN μέσης και υψηλής ισχύος (με ξεχωριστή τροφοδοσία) γύρω από ένα κύριο πομπό δημιουργείται ένα τοπικό πυκνό SFN δίκτυο. Η χρήση 8k αριθμού φερόντων είναι απαραίτητη για τη λειτουργία αυτού του είδους εφαρμογής, εκτός και αν η απόσταση μεταξύ των γειτονικών πομπών είναι της τάξεως των 15 km, οπότε και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αριθμός φερόντων 2k με διάστημα προστασίας 56 μsec .

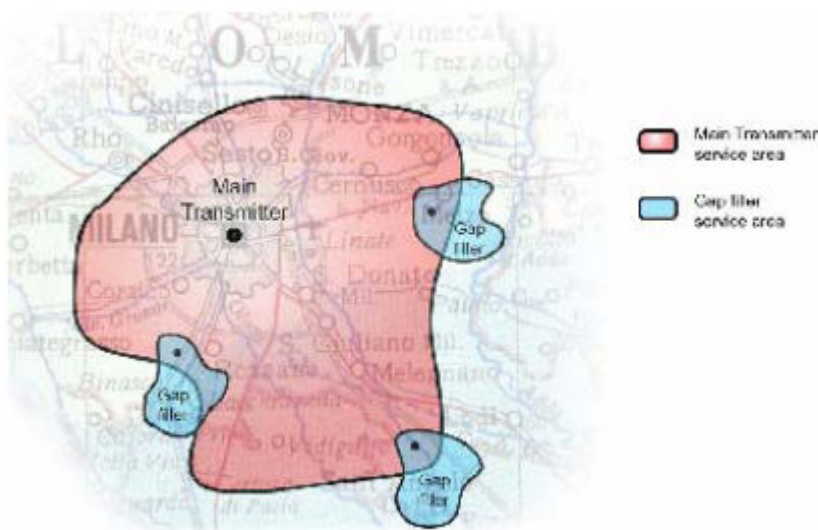
- **Σχεδιασμός SFNs με gap fillers**

Ο σχεδιασμός δικτύων, τόσο των MFN όσο και των SFN, είναι σε γενικές γραμμές ίδιος, επομένως η σχεδίαση SFN μπορεί να βασιστεί στη δομή του ήδη υπάρχοντος αναλογικού δικτύου MFN. Γενικά, στην SFN τοπολογία, μπορεί να χρειάζονται και μερικά gap fillers, λόγω της περισσότερο όμοιας κατανομής ισχύος πεδίου που απαιτείται.

- **SFN gap fillers**

Εάν εμφανίζονται κενά σε μια περιοχή κάλυψης, όπως μπορεί να συμβεί σε βαθιές κοιλάδες, σήραγγες, υπόγειες τοποθεσίες ή στο εσωτερικό σπιτιών, η ικανότητα πολλαπλών διαδρομών της DVB-T επιτρέπει σε αυτά τα κενά να συμπληρωθούν με έναν πολύ αποδοτικό τρόπο. Είναι, επίσης, δυνατό να επεκταθεί η περιοχή κάλυψης με

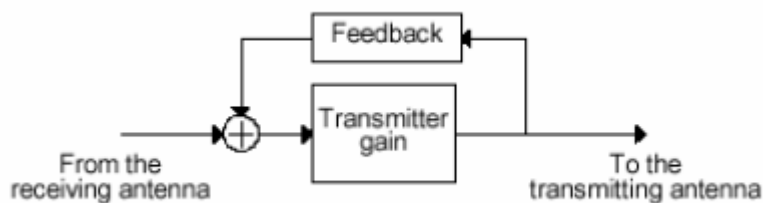
τη χρήση επαναληπτών εκπομπής (re-transmitters), χωρίς, έτσι, να χρειάζονται συμπληρωματικές δαπάνες, πέρα από την αρχική διαρρύθμιση και διαμόρφωση.



Σχήμα 1.38: Περιοχή κάλυψης από τον κύριο πομπό και χρήση gap fillers για την κάλυψη των συνόρων της περιοχής και/ή για την κάλυψη ιδιόμορφων περιοχών λήψης

Η αρχή λειτουργίας των SFN Gap Fillers είναι η εξής: έξω από το κενό κάλυψης ή την ακάλυπτη υποπεριοχή το σήμα DVB-T λαμβάνεται από μία κατευθυντική κεραία. Ύστερα, το σήμα περνάει από φίλτρο, στη συνέχεια ενισχύεται και τελικά αναμεταδίδεται (με την ίδια συχνότητα) στη μη καλυπτόμενη από το σήμα περιοχή.

Η σημαντικότερη προϋπόθεση για την εφαρμογή gap filler είναι η επίτευξη ικανοποιητικής απομόνωσης μεταξύ των κεραιών. Για να αποφευχθεί η ταλάντευση της επανεκπομπής του σήματος, το κέρδος επανεκπομπής πρέπει να είναι λιγότερο από την ανατροφοδότηση.



Σχήμα 1.39: Αρχή λειτουργίας επαναμετάδοσης

- **Επαγγελματικά gap fillers**

Ένας επαγγελματικός Gap Filler πρέπει να έχει επαρκή ισχύ, ώστε να μπορεί να παρέχει σήμα σε μία ακάλυπτη περιοχή. Η μέγιστη πιθανή ακτινοβολούσα ισχύς εξαρτάται τόσο από την απομόνωση μεταξύ των κεραιών λήψης και εκπομπής όσο και από την απόδοση του ενισχυτή ισχύος του επαναλήπτη. Η απομόνωση κεραιών εξαρτάται από:

- το ύψος και τις διαστάσεις του πύργου ή του κτιρίου, όπου βρίσκεται ο επαναλήπτης,
- τη θέση των κεραιών στον πύργο ή στο κτίριο
- το διάγραμμα ακτινοβολίας των κεραιών
- τη θέση της περιοχής που πρέπει να καλυφθεί, σε σχέση με την κατευθυντικότητα του κύριου πομπού
- το περιβάλλον γύρω από τον επαναλήπτη (κτίρια ή άλλα αντικείμενα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν πολλαπλές διαδρομές).

Εκτός από το γενικό πρόβλημα της απομόνωσης κεραιών, ακόμα και αν η ανατροφοδότηση είναι χαμηλότερη από το κέρδος ενίσχυσης, αναμένεται μία μείωση στην απόδοση συστημάτων. Μεταξύ όλων των ανακλάσεων θα υπάρχει μία κύρια διαδρομή, που θα προέρχεται είτε από την περιορισμένη απομόνωση μεταξύ των κεραιών είτε από την ανατροφοδότηση των ανακλαστήρων γύρω από το σταθμό επαναληπτών. Γενικά, υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου ενός gap filler, που οφείλεται, κυρίως, στο SAW - φίλτρο που βρίσκεται μέσα στη συσκευή. Η καθυστέρηση αυτή είναι της τάξης του 1,5 μsec , η οποία μπορεί να θεωρηθεί μικρή σε σχέση με το διάστημα προστασίας που εισάγει το guard interval και, κυρίως, αν χρησιμοποιούνται και 8k φέροντα. Αυτό θα προκαλέσει εξασθένηση στη συχνότητα του σήματος παρόμοια με αυτή που συντελείται στη λήψη πολλαπλών διαδρομών, με συνέπεια μια υποβάθμιση στην απόδοση του συστήματος. Πρακτικές δοκιμές παρουσιάζουν, εντούτοις, ότι αυτή η επίδραση είναι αμελητέα, εάν η εξασθένηση συχνότητας δεν υπερβαίνει τα 10 dB.

Ένα παράδειγμα για τα παραπάνω, που βασίζεται σε πραγματικά στοιχεία, ακολουθεί στη συνέχεια. Με την υπόθεση ότι μεταξύ κεραιών λήψης και εκπομπής υπάρχει απομόνωση 80 dB, οι κεραιές θα έχουν ικανοποιητική κατευθυντικότητα και επαρκές κέρδος π.χ. 15dBi και θα λαμβάνουν ένα σήμα -40dBm (που αντιστοιχεί σε 67 dB μ V). Η ισχύς εξόδου, τότε, του Gap Filler μπορεί να πάρει μία τιμή περίπου στο 1W. Ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων 1W ισχύος ενός ψηφιακού DVB-T, μπορεί να συγκριθεί με 100 W ισχύος ενός αναλογικού πομπού.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η απομόνωση εξαρτάται από το γενικό σχεδιασμό τοποθέτησης επαναληπτών. Πειράματα έχουν δείξει ότι μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική απομόνωση μεταξύ των κεραιών, εάν ένας μεγάλος ραδιοπύργος από σκυρόδεμα χρησιμοποιηθεί και ως σταθμός επαναληπτών. Τιμές απομόνωσης περίπου 80 dB είναι ρεαλιστικές. Εάν υπάρχουν περισσότερα επίπεδα (όπως πλατφόρμες, όπου οι κεραιές είναι σταθερές), είναι χρήσιμο να εγκατασταθούν οι κεραιές σε διαφορετικά επίπεδα.

- **Εσωτερικά Gap fillers**

Το εσωτερικό gap filler είναι μια συσκευή που ενισχύει το σήμα από μια εσωτερική κεραία στέγης και το αναμεταδίδει μέσα στο σπίτι. Με αυτό τον τρόπο, αποφεύγονται οι απώλειες που σχετίζονται με τη διείσδυση και το ύψος του κτιρίου.

Έτσι, επιτρέπεται η φορητή λήψη μέσα στα σπίτια, σε περιοχές με χαμηλή ισχύ. Η ισχύς πεδίου στα δωμάτια πρέπει να είναι όχι υψηλότερη απ' ό,τι έξω από το κτίριο, για να μην υπάρξει κανένα πρόβλημα με το EMC. Εντούτοις, δεν πρέπει να ξεπεραστούν τα όρια ανθρώπινης έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Για εσωτερικά gap fillers, εξετάζονται δύο εφαρμογές. Η πρώτη είναι ένας ευρείας ζώνης ενισχυτής και η δεύτερη είναι κάποια φιλτραρισμένη έκδοση. Η δυνατότητα των gap fillers να μετατρέπουν την ενδιάμεση συχνότητα (IF), με φιλτράρισμα και επάνω-μετατροπή, έχει εκτιμηθεί ως πολύ δαπανηρή για χρήση στον απλό καταναλωτή και έχει και το μειονέκτημα ότι είναι κατάλληλο για ένα μόνο κανάλι. Πρόσφατες δοκιμές έχουν δείξει ότι η χρήση εσωτερικού gap-filler είναι σχεδόν εφικτή. Το κύριο πρόβλημα που εξετάζεται είναι η απομόνωση μεταξύ των κεραιών λήψης και εκπομπής. Σε περιπτώσεις λήψης σε MATV δίκτυα, η απομόνωση δε φαίνεται να αποτελεί πρόβλημα. Δοκιμές σε σπίτια με ξεχωριστή κεραία λήψης έχουν δείξει ότι καλή απομόνωση μπορεί να επιτευχθεί στην περίπτωση μιας κεραίας λήψης από τη στέγη, αλλά μπορεί να είναι χειρότερη συγκριτικά με την τοποθεσία λήψης της κεραίας στη σοφίτα. Ένα άλλο πιθανό πρόβλημα αποτελούν οι περιοχές, όπου τα ψηφιακά σήματα παρεμβάλλουν με τα αναλογικά κανάλια. Τα αναλογικά σήματα θα μπορούσαν, επίσης, να ενισχυθούν προκαλώντας, έτσι, προβλήματα για τη φορητή αναλογική λήψη.

Σε κάθε περίπτωση, είναι σαφές ότι υπάρχει ανάγκη να πραγματοποιηθούν περισσότερες δοκιμές, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο τους όρους λήψης (δίκτυο MATV, μεμονωμένη στέγη, σοφίτα ή ακόμα και εσωτερική κεραία), αλλά και τις διάφορες απώλειες διείσδυσης που παρουσιάζουν τα διάφορα υλικά (σκυρόδεμα, ξύλο, κλπ) που χρησιμοποιούνται στα ευρωπαϊκά σπίτια.

- **Δίκτυο αναφοράς RN3 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN σε αστικό περιβάλλον**

Το RN3 αποτελείται από ένα σύνολο 6 ξεχωριστών RNs και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με τους τρεις τρόπους εκπομπής στις συχνότητες III, IV και V. Το RN3 προορίζεται, κυρίως, για μικρής περιοχής κάλυψης SFN δίκτυα, σε αστικό, όμως, περιβάλλον. Είναι ίδιο με το RN2, εκτός του ότι τώρα χρησιμοποιούνται αστικοί παράμετροι απωλειών. Το γεγονός αυτό αυξάνει την απαιτούμενη ισχύ των SFN πομπών κατά 5 dB. Η τοποθέτηση των πομπών είναι ίδια με την RN2 που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Parameters of RN 3 (small service area SFN for urban environment)

RPC and reception type		RPC 1 Fixed antenna	RPC 2 Portable outdoor and mobile	RPC 3 Portable indoor
Type of network		Open	Open	Open
Geometry of service area		Hexagon	Hexagon	hexagon
Number of transmitters		3	3	3
Geometry of transmitter lattice		Triangle	Triangle	Triangle
Distance d (km)		40	25	25
Service area diameter D (km)		53	33	33
Tx effective antenna height (m)		150	150	150
Tx antenna pattern		Non-directional	Non-directional	Non-directional
e.r.p.* (dBW)	Band III	24.1	32.5	40.1
	Bands IV/V	31.8	44.9	52.2

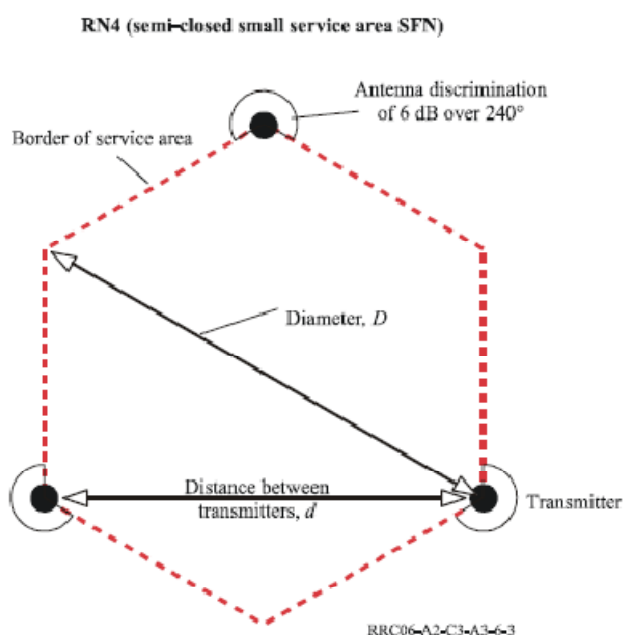
The e.r.p. is given for 200 MHz in Band III and 650 MHz in Bands IV/V; for other frequencies (f in MHz) the frequency correction factor to be added is: $20 \log_{10} (f/200$ or $f/650)$ for RPC 1 and $30 \log_{10} (f/200$ or $f/650)$ for RPC 2 and RPC 3.

* The e.r.p. values indicated in this table incorporate an additional power margin of 3 dB.

Πίνακας 1.15: Παράμετροι για RN3 – μικρής περιοχής κάλυψης SFN σε αστικό περιβάλλον

- **Δίκτυο αναφοράς RN4 – μικρής περιοχής κάλυψης SFN με χρήση κατευθυντικών κεραιών**

Η γεωμετρία του δικτύου RN4 είναι ίδια με αυτή του RN2 εκτός του γεγονότος ότι χρησιμοποιεί κατευθυντικές κεραιές, που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ισχύος πεδίου κατά 6 dB για πάνω από τις 240° . Η περιοχή κάλυψης ακολουθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 1.40: RN4 – Μικρής περιοχής κάλυψης SFN με χρήση κατευθυντικών κεραιών

Η διαφορά μεταξύ των δικτύων RN4 και RN2 έγκειται στις παρεμβολές. Το RN4 εμφανίζει τις λιγότερες παρεμβολές, σε σχέση με τα υπόλοιπα RNs. Έτσι, η απόσταση, στην οποία τα δίκτυα μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν την ίδια συχνότητα είναι η μικρότερη δυνατή, με την προϋπόθεση, πάντα, ότι όλοι οι καταμερισμοί συχνοτήτων είναι σχεδιασμένοι με βάση τη δομή RN4. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να επιλέξουμε μεταξύ των λιγότερων παρεμβολών που προσφέρει το RN4 δίκτυο αναφοράς και του μεγαλύτερου κόστους που επιφέρει για την επίτευξη κατευθυντικότητας της κεραίας. Επιπλέον, παρατηρείται και μία μείωση στη διάμετρο κάλυψης της εξυπηρετούμενης περιοχής, σε σχέση με το RN2 δίκτυο.

Parameters of RN 4 (semi-closed small service area SFN)

RPC		RPC 1	RPC 2	RPC 3
Type of network and reception type		Semi-closed Fixed antenna	Semi-closed Portable outdoor and mobile	Semi-closed Portable indoor
Geometry of service area		Hexagon	Hexagon	Hexagon
Number of transmitters		3	3	3
Geometry of transmitter lattice		Triangle	Triangle	Triangle
Distance between transmitters d (km)		40	25	25
Service area diameter D (km)		46	29	29
Tx effective antenna height (m)		150	150	150
Tx antenna pattern		Directional 6 dB reduction over 240°	Directional 6 dB reduction over 240°	Directional 6 dB reduction over 240°
e.r.p.*(dBW)	Band III	22.0	24.0	32.5
	Bands IV/V	29.4	37.2	44.8

The e.r.p. is given for 200 MHz in Band III and 650 MHz in Bands IV/V; for other frequencies (f in MHz) the frequency correction factor to be added is: $20 \log_{10}(f/200$ or $f/650)$ for RPC 1 and $30 \log_{10}(f/200$ or $f/650)$ for RPC 2 and RPC 3.

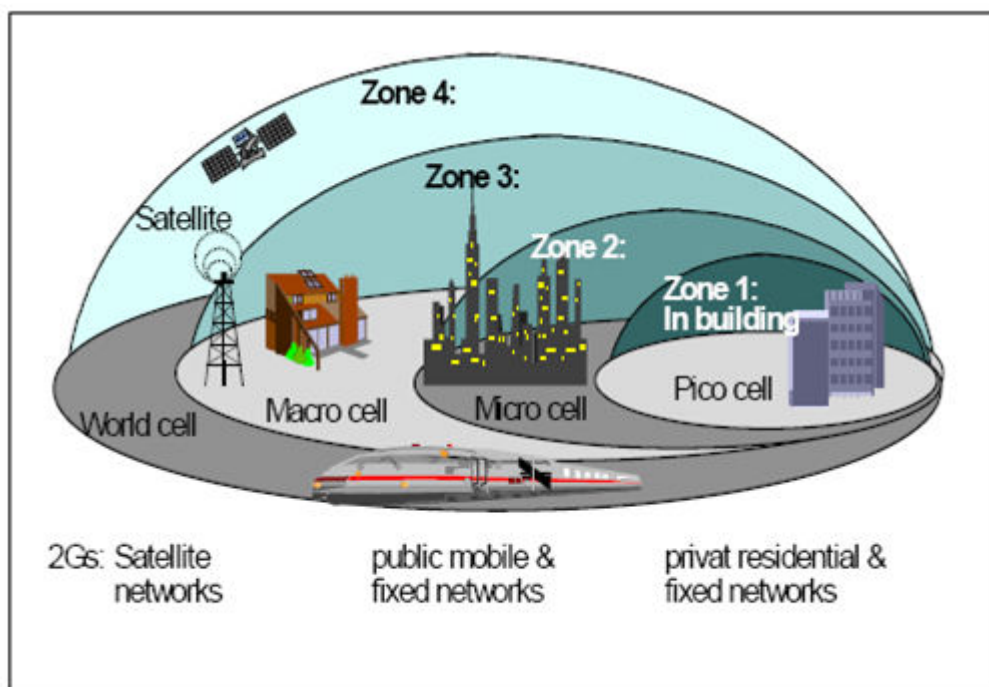
* The e.r.p. values indicated in this table incorporate an additional power margin of 3 dB.

Πίνακας 1.16: Παράμετροι για RN4 – μικρής περιοχής κάλυψης SFN με χρήση κατευθυντικών κεραίων

2. Προτυποποίηση UMTS/IMT-2000

2.1 Τι είναι το UMTS;

Το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) είναι ένα από τα κινητά συστήματα τηλεπικοινωνιών τρίτης γενιάς (3G), το οποίο αναπτύσσεται στα πλαίσια του IMT-2000 της ITU και αποτελεί την υλοποίηση μίας καινούριας γενιάς ευρυζωνικών κινητών τηλεπικοινωνιών. Το UMTS αποτελεί τη βάση για την εξέλιξη των συστημάτων κινητών τηλεπικοινωνιών 4^{ης} γενιάς (4G). Απώτερος στόχος της τεχνολογίας αυτής είναι να εφαρμοστεί σε παγκόσμιο επίπεδο με ενιαία παροχή των υπηρεσιών του με πρότυπο το IMT-2000. Η κάλυψη θα παρέχεται από ένα συνδυασμό κυψελών διαφόρων μεγεθών, δηλαδή από pico-κυψέλες που προορίζονται για εσωτερικούς χώρους μέχρι παγκόσμιες κυψέλες που παρέχονται από δορυφόρους, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα παροχής υπηρεσιών στις πιο απομακρυσμένες περιοχές του κόσμου.



Σχήμα 2.1: Δομή του δικτύου ασύρματης πρόσβασης του UMTS/IMT-2000

Το UMTS δεν αποτελεί αντικαταστάτη των τεχνολογιών 2^{ης} γενιάς (π.χ. GSM, DCS1800, CDMA, DECT), οι οποίες θα συνεχίσουν να εξελίσσονται μέχρι την πλήρη αξιοποίησή τους. Συγκεκριμένα, οι διαφορές τους εντοπίζονται στα εξής σημεία:

- Τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν υψηλή ηχητική ποιότητα ομιλίας, που σε συνδυασμό με τη μεταφορά δεδομένων και την παροχή υπηρεσιών θα συντελέσουν ένα ολοκληρωμένο δίκτυο πολυμέσων.
- Το UMTS υπερέρχει σε σχέση με τα δίκτυα 2^{ης} γενιάς, παρέχοντας υψηλότερη ονομαστική ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων (2Mbps).

- Το UMTS αποτελεί ένα πραγματικά «παγκόσμιο» σύστημα παροχής κινητών τηλεπικοινωνιών, συνδυάζοντας επίγεια και δορυφορικά στοιχεία.
- Τα δίκτυα 3^{ης} γενιάς εξασφαλίζουν ένα αξιόπιστο περιβάλλον παροχής υπηρεσιών ακόμα και σε περιπτώσεις περιαγωγής μέσω VHE (Virtual Home Environment). Το VHE αφορά στην περίπτωση όπου ένας χρήστης πραγματοποιεί περιαγωγή από το δίκτυό του σε δίκτυο άλλου παρόχου UMTS υπηρεσιών. Το αποτέλεσμα θα είναι να συνεχίσει να απολαμβάνει των υπηρεσιών του UMTS με την ίδια αξιοπιστία ανεξάρτητα από την τοποθεσία και τον τρόπο πρόσβασης σε αυτές.

Προκειμένου να διαφοροποιηθεί το UMTS από άλλες ανταγωνιστικές τεχνολογίες, μερικές φορές αναφέρεται ως 3GSM, δίνοντας έμφαση στο συνδυασμό της 3G τεχνολογίας με τα πρότυπα του GSM, τα οποία το διέπουν. Μία από τις ανταγωνιστικές τεχνολογίες είναι και το CDMA2000. Το UMTS και το CDMA2000 σχεδιάστηκαν ξεχωριστά και αποτελούν δύο διαφορετικά, εγκεκριμένα από την ITU, πρότυπα 3^{ης} γενιάς.

Τα πρότυπα CDMA2000 1xRTT, CDMA2000 1xEV-DO (EVolution, Data Only) και το μελλοντικό CDMA2000 3x σχεδιάστηκαν για να είναι συμβατά με το προγενέστερο CDMAone. Και οι δύο τύποι 1x έχουν το ίδιο εύρος ζώνης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε δίκτυο CDMAone κάθε ζώνης συχνοτήτων. Η συμβατότητα με το προγενέστερο πρότυπο αποτελούσε απαίτηση για επιτυχή εφαρμογή στην αγορά των ΗΠΑ και ήταν εύκολη η υλοποίησή τους, γιατί οι πάροχοι δε χρειαζόταν να δεσμεύσουν νέες συχνοτήτες.

Αντιθέτως, το UMTS σχεδιάστηκε κυρίως για χώρες στις οποίες ήδη λειτουργούσαν GSM δίκτυα, γιατί αυτές οι χώρες έχουν συμφωνήσει να απελευθερώσουν νέες ζώνες συχνοτήτων για δίκτυα UMTS. Επειδή αποτελεί μία νέα τεχνολογία σε μία νέα ζώνη συχνοτήτων, απαιτείται να σχεδιαστεί ένα εντελώς νέο δίκτυο ραδιοκάλυψης. Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι προσφέρονται στους παρόχους νέες ζώνες συχνοτήτων για πλήρη αξιοποίηση. Το 3GPP (3rd Generation Partnership Project), που στόχο έχει την ενιαία παγκόσμια εφαρμογή του προτύπου UMTS, επιβλέπει την ανάπτυξη του προτύπου και ορθά έχει διατηρήσει τον πυρήνα του δικτύου όμοιο με αυτό του GSM όσο το δυνατόν περισσότερο. Τα UMTS τερματικά δεν προβλέπεται να είναι συμβατά με τα προγενέστερα δίκτυα GSM. Εξαιρέση αποτελούν οι κάρτες SIM, οι οποίες μπορεί να παραμείνουν ίδιες, ενώ μελλοντικά ίσως κατασκευαστούν τερματικά με συμβατότητα και στα δύο δίκτυα, που ενδεχομένως να λύσουν το πρόβλημα.

2.2 Υπηρεσίες UMTS/IMT-2000

Τα δίκτυα UMTS/IMT-2000 θα προσφέρουν κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες πολυμέσων με υψηλή ταχύτητα δεδομένων έως 2 Mbps, παρέχοντας υπηρεσίες ποιότητας συγκρίσιμης με αυτής των σταθερών δικτύων. Αυτό προαπαιτεί τεράστια χωρητικότητα εκπομπής, ειδικά σε τοπικές περιοχές που χαρακτηρίζονται από:

- Μεγάλο πληθυσμό
- Συγκεντρωμένη βιομηχανική δραστηριότητα
- Πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις

Οι απαιτήσεις της αγοράς σε χωρητικότητα θα καθορίσουν τη δικτυακή δομή του UMTS/IMT-2000. Οι απαιτούμενες τιμές της χωρητικότητας που θα υπολογιστούν για επίγεια δίκτυα θα πρέπει να βασίζονται σε διάφορους παράγοντες, όπως:

- Πρόβλεψη αγοράς και διείσδυση σε αυτήν
- Δυναμική πυκνότητα χρηστών
- Χαρακτηριστικά υπηρεσιών και κίνησης
- Εσωτερική δομή και τεχνικά χαρακτηριστικά

Το UMTS/IMT-2000 παρέχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε έξι κύριες κλάσεις υπηρεσιών, ως ακολούθως:

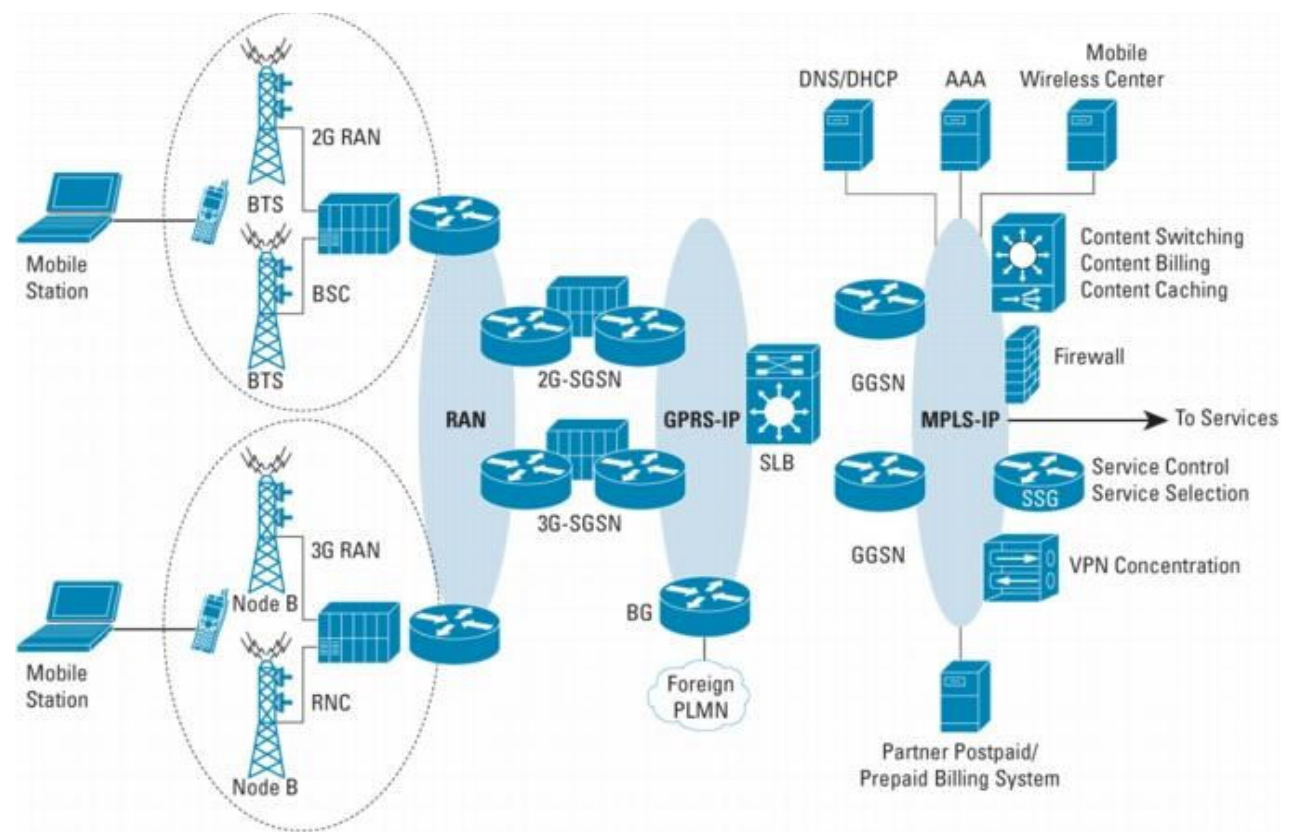
- **Speech symmetric (S):** Υπηρεσίες φωνητικού ταχυδρομείου (Voicemail) είτε ένας προς έναν είτε ένας προς πολλούς (Τηλεσυνδιάσκεψη).
- **Simple Messaging (SM): (asymmetric):** SMS (Short message delivery) και paging, διανομή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail), ευρυεκπομπή και μηνύματα δημόσιων πληροφοριών, ηλεκτρονικές συναλλαγές.
- **Switched data (SD): (symmetric):** πρόσβαση σε τοπικό δίκτυο (LAN) με χαμηλή ταχύτητα μέσω τηλεφωνικής κλήσης (dial-up), πρόσβαση σε internet/intranet, αποστολή και λήψη fax.
- **Medium Multimedia (MMM) (asymmetric):** Ασύμμετρες υπηρεσίες που τείνουν να γίνουν «εκρηκτικές» (με έντονες διακυμάνσεις στην απαιτούμενη ταχύτητα δεδομένων) απαιτούν μέτριες ταχύτητες δεδομένων και χαρακτηρίζονται από ένα τυπικό μέγεθος αρχείου 0.5 Mbytes με μία ανοχή σε ένα εύρος καθυστερήσεων. Κατηγοριοποιούνται ως υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου (packet switched services). Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν:
 - Πρόσβαση σε LAN, Internet/Intranet
 - Κοινή χρήση εφαρμογών
 - Interactive παιχνίδια
 - Υπηρεσίες τυχερών παιχνιδιών και στοιχημάτων
 - Ευρυεκπομπή και μηνύματα δημόσιων πληροφοριών
 - Απλές online υπηρεσίες αγορών και τραπεζικών συναλλαγών.
- **High multimedia (HMM): (asymmetric):** Ασύμμετρες υπηρεσίες, οι οποίες επίσης τείνουν να γίνουν «εκρηκτικές» (με έντονες διακυμάνσεις στην απαιτούμενη ταχύτητα δεδομένων) και απαιτούν υψηλές ταχύτητες. Επίσης χαρακτηρίζονται από ένα τυπικό μέγεθος αρχείου 10 Mbytes με μια ανοχή σε ένα εύρος καθυστερήσεων. Κατηγοριοποιούνται ως υπηρεσίες μεταγωγής πακέτου (packet switched services). Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν:
 - Γρήγορη πρόσβαση σε LAN, Internet/Intranet
 - Video clips on demand
 - Audio clips on demand
 - On line αγορές

- **High Interactive Multimedia (HIMM) (symmetric):** Είναι οι υπηρεσίες, οι οποίες απαιτούν συνεχείς και υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων με την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν:
 - Κλήσεις video και τηλεσυνδιασκέψεις μέσω video
 - Συνεργασία μέσω τηλε-παρουσίας

2.3 Παρουσίαση του UMTS

2.3.1 Δίκτυο UMTS

Παρακάτω δίνεται ένα γράφημα που απεικονίζει πως μπορεί να δομηθεί ένα UMTS δίκτυο :



AAA = Authentication, Authorization, and Accounting
 BTS = Binary Synchronous Communications Protocol
 GPRS = General Packet Radio Service
 GGSN = GPRS Gateway Support Node
 RAN = Radio Access Network
 SLB = Server Load Balancing

Σχήμα 2.2: Δίκτυο UMTS

2.3.2 3G συχότητες

Το παγκόσμιο διοικητικό συνέδριο τηλεπικοινωνιών που έλαβε χώρα το 1992 (WARC-92) ανέθεσε κάποιες ζώνες συχνοτήτων για την εφαρμογή του IMT-2000. Μάλιστα διατυπώθηκε ότι : «Οι ζώνες συχνοτήτων 1885-2025 MHz και 2110-2200 MHz προορίζονται για χρήση, σε παγκόσμιο επίπεδο, από τις αρχές των κρατών που επιθυμούν να εφαρμόσουν το IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). Αυτού του είδους η χρήση δεν αποκλείει την χρήση των ζωνών αυτών από άλλες υπηρεσίες στις οποίες έχουν ανατεθεί».

Παρακάτω ακολουθεί μια σύνοψη των UMTS συχνοτήτων :

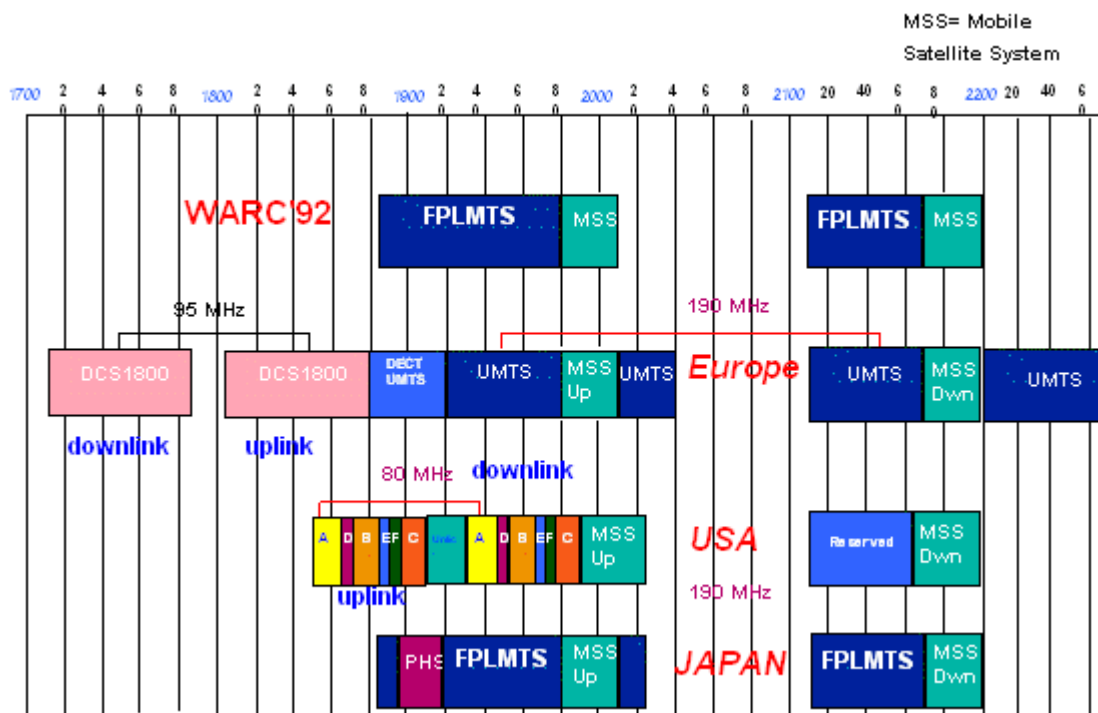
1920-1980 MHz και 2110-2170 MHz Frequency Division Duplex (FDD, W-CDMA)
Paired uplink and downlink, η απόσταση καναλιών είναι 5 MHz και το raster είναι 200 kHz. Ένας πάροχος χρειάζεται 3-4 κανάλια (2x15 MHz or 2x20 MHz) προκειμένου να είναι ικανός να χτίσει ένα δίκτυο υψηλής ταχύτητας και υψηλής χωρητικότητας.

1900-1920 MHz και 2010-2025 MHz Time Division Duplex (TDD, TD/CDMA)
Unpaired, η απόσταση καναλιών είναι 5 MHz και το raster είναι 200 kHz. T_x και R_x δεν είναι διαχωρισμένα στη συχνότητα.

1980-2010 MHz και 2170-2200 MHz Satellite uplink και downlink.

Οι συχότητες των φερόντων ορίζονται από ένα UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number (UARFCN). Η σχέση που συνδέει τη συχνότητα με το UARFCN είναι:

$$\text{UARFCN} = 5 * (\text{συχνότητα σε MHz})$$

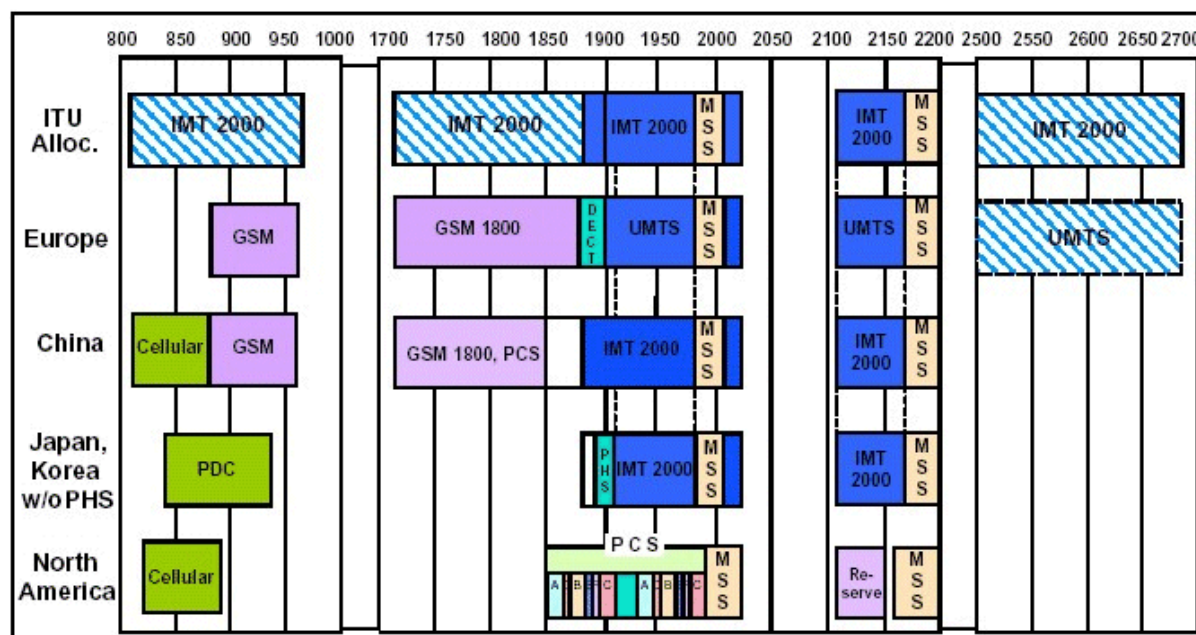


Σχήμα 2.3: Συχότητες που ανατέθηκαν στο IMT-2000 από το WARC-92

Στη συνέχεια το παγκόσμιο συνέδριο τηλεπικοινωνιών το 2000 που έλαβε χώρα στην Κωνσταντινούπολη (WRC-2000) αποφάσισε τα παρακάτω:

- Αναγνώρισε τις ζώνες συχνοτήτων 1710-1885 και 2500-2690 MHz για χρήση από το IMT-2000.
- Αναγνώρισε τα μέρη εκείνα της ζώνης συχνοτήτων 806-960 MHz, τα οποία αρχικά είχαν ανατεθεί στις κινητές υπηρεσίες.
- Διατύπωσε ότι οι σταθμοί που βρίσκονται σε υψηλό υψόμετρο (High Altitude Platform Stations, HAPS) μπορούν να χρησιμοποιούν τις ζώνες συχνοτήτων που αναγνωρίστηκαν από το WARC-92 για τη επίγεια εκπομπή του IMT-2000, υπό περιοριστικούς όμως όρους.
- Αποφασίστηκε ότι οι ζώνες συχνοτήτων 1525-1544 MHz, 1545-1559 MHz, 1610-1626.5 MHz, 1626.5-1645.5 MHz, 1646.5-1660.5 MHz και 2483.5-2500 MHz μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δορυφορική πτυχή του IMT-2000, όπως επίσης και οι ζώνες 2500-2520 MHz και 2670-2690 MHz , ανάλογα με την ανάπτυξη της αγοράς.

Τέλος αποφασίστηκε ότι οι ζώνες συχνοτήτων, ή τμήμα των ζωνών αυτών, 1710-1885 MHz και 2500-2690 MHz, αναγνωρίζονται για χρήση από τις αρχές που επιθυμούν να εφαρμόσουν το IMT-2000. Η αναγνώριση αυτή δεν αποκλείει τη χρήση των ζωνών αυτών από άλλες υπηρεσίες στις οποίες έχουν ήδη ανατεθεί και ούτε αποτελεί προτεραιότητα του συντονισμού ραδιοφάσματος (Radio Regulations).



Σχήμα 2.4: Ανατεθείσες στο IMT-2000 συχνότητες από το WRC-2000

Τα παρακάτω προέρχονται από την προδιαγραφή TS 25.101:

Operating Band	UL Frequencies UE transmit, Node B receive	DL frequencies UE receive, Node B transmit
I	1920 – 1980 MHz	2110 – 2170 MHz
II	1850 – 1910 MHz	1930 – 1990 MHz
III	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz

Πίνακας 2.1: UTRA FDD ζώνες συχνοτήτων

Operating Band	TX-RX frequency separation
I	190 MHz
II	80 MHz.
III	95 MHz.

Πίνακας 2.2: Διαχωρισμός συχνοτήτων T_X-R_X

	UARFCN	Carrier frequency [MHz]
Uplink	$N_k = 5 * F_{\text{uplink}}$	$0.0 \text{ MHz} \leq F_{\text{uplink}} \leq 3276.6 \text{ MHz}$ where F_{uplink} is the uplink frequency in MHz
Downlink	$N_d = 5 * F_{\text{downlink}}$	$0.0 \text{ MHz} \leq F_{\text{downlink}} \leq 3276.6 \text{ MHz}$ where F_{downlink} is the downlink frequency in MHz

Πίνακας 2.3: Ορισμός UARFCN

	UARFCN	Carrier frequency [MHz]
Uplink	$N_k = 5 * (F_{\text{uplink}} - 1850.1 \text{ MHz})$	$F_{\text{uplink}} = 1852.5, 1857.5, 1862.5, 1867.5,$ $1872.5, 1877.5, 1882.5, 1887.5, 1892.5,$ $1897.5, 1902.5, 1907.5$
Downlink	$N_d = 5 * (F_{\text{downlink}} - 1850.1 \text{ MHz})$	$F_{\text{downlink}} = 1932.5, 1937.5, 1942.5, 1947.5,$ $1952.5, 1957.5, 1962.5, 1967.5, 1972.5,$ $1977.5, 1982.5, 1987.5$

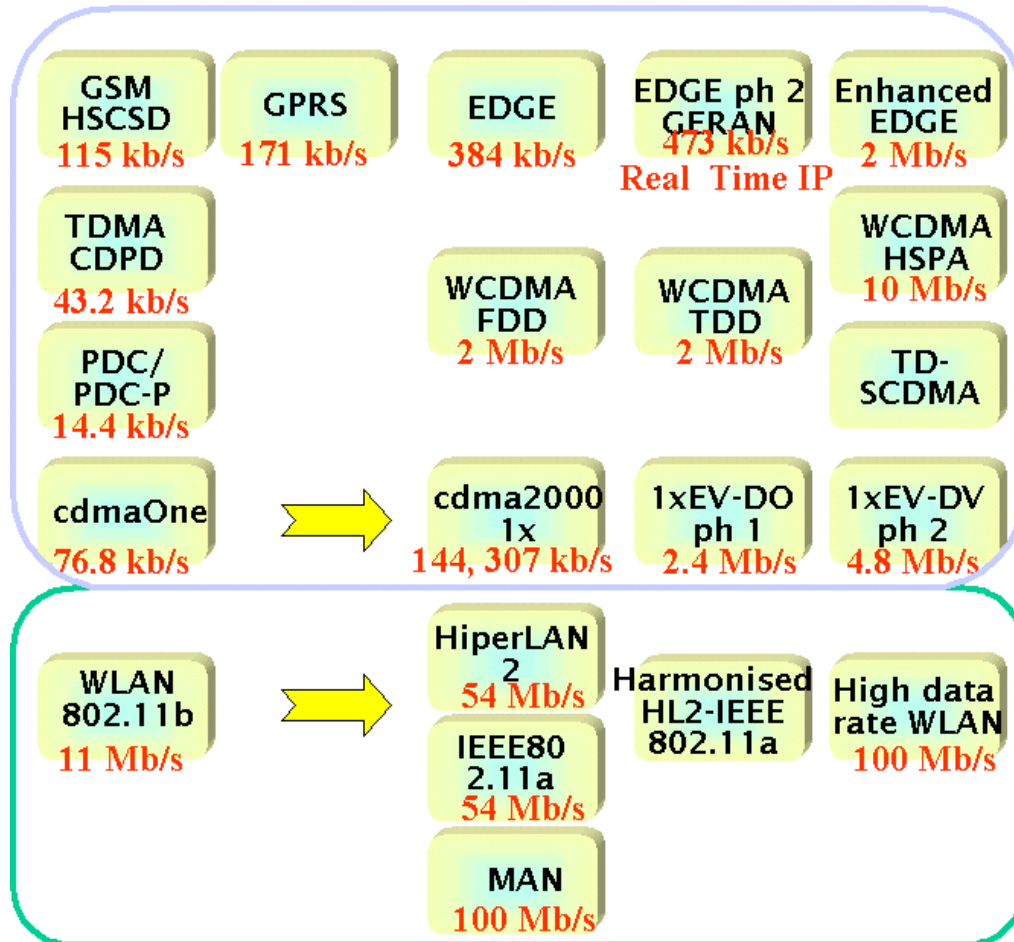
Πίνακας 2.4: Ορισμός UARFCN (πρόσθετα κανάλια στη ζώνη συχνοτήτων II)

Operating Band	Uplink UE transmit, Node B receive	Downlink UE receive, Node B transmit
I	9612 to 9888	10562 to 10838
II	9262 to 9538 and 12, 37, 62, 87, 112, 137, 162, 187, 212, 237, 262, 287	9862 to 9938 and 412, 437, 462, 487, 512, 537, 562, 587, 612, 637, 662, 687
III	8562 to 8913	9037 to 9388

Πίνακας 2.5: UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number

2.3.3 Ταχύτητα δεδομένων 3G και LAN

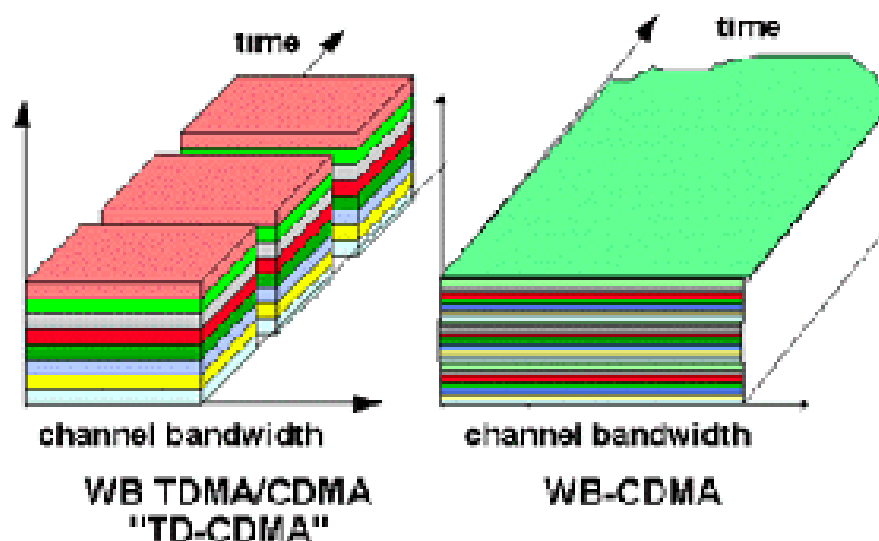
Παρακάτω παρατίθενται οι θεωρητικές μέγιστες ταχύτητες δεδομένων δικτύων 2G, 2.5G, 3G και συγκρίνονται με τις ταχύτητες των LAN δικτύων.



Σχήμα 2.5: Ταχύτητες δεδομένων κινητών συστημάτων (πάνω γράφημα) και LAN δικτύων (κάτω γράφημα)

2.3.4 WCDMA (UMTS)

Το W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) είναι μια από τις κύριες τεχνολογίες για την εφαρμογή κυψελωτών συστημάτων τρίτης γενιάς (3G). Βασίζεται στην τεχνική της ασύρματης πρόσβασης που προτάθηκε από το ETSI Alpha group, ενώ η προδιαγραφή ολοκληρώθηκε το 1999.



Σχήμα 2.6: Εύρος ζώνης καναλιού για W-CDMA

Η εφαρμογή του W-CDMA αποτελεί μια τεχνολογική πρόκληση, εξαιτίας της πολυπλοκότητας και της μεταβλητότητας που αυτό παρουσιάζει. Η πολυπλοκότητα του W-CDMA γίνεται αντιληπτή από διάφορες οπτικές γωνίες: από την πολυπλοκότητα κάθε απλού αλγορίθμου, μέχρι την πολυπλοκότητα του συνολικού συστήματος και την υπολογιστική πολυπλοκότητα ενός δέκτη. Το επίπεδο σύνδεσης του W-CDMA είναι πάνω από δέκα φορές πιο γρήγορο σε υπολογισμούς από ότι των τωρινών συστημάτων δεύτερης γενιάς. Στο περιβάλλον του W-CDMA διαφορετικοί χρήστες μπορούν ταυτοχρόνως να εκπέμπουν σε διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων οι οποίοι μπορούν να διαφέρουν στο χρόνο. Έτσι, λοιπόν, τα W-CDMA δίκτυα θα πρέπει να υποστηρίζουν όλες τις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες δεύτερης γενιάς καθώς και τις πολυάριθμες νέες εφαρμογές και υπηρεσίες.

FDD Τεχνική περίληψη:

Ζώνη συχνοτήτων: 1920 MHz - 1980 MHz and 2110 MHz - 2170 MHz (Frequency Division Duplex) UL and DL

Ελάχιστη απαιτούμενη ζώνη συχνοτήτων: 2x5MHz

Συχνότητα επαναχρησιμοποίησης: 1

Απόσταση φέροντος: 4.4MHz - 5.2 MHz

Μέγιστος αριθμός καναλιών φωνής στα 2x5MHz: ~196 (παράγοντας διασποράς 256 UL, AMR 7.95kbps) / ~98 (παράγοντας διασποράς 128 UL, AMR 12.2kbps)

Κωδικοποίηση φωνής: AMR codecs (4.75 kHz - 12.2 kHz, GSM EFR=12.2 kHz) και SID (1.8 kHz)

Κωδικοποίηση καναλιού: Convolutional coding, Turbo code για υψηλούς ρυθμούς δεδομένων.

Απαιτούμενος Διπλέκτης (διαχωρισμός 190MHz), Υποστηριζόμενη «Ασυμμετρική» σύνδεση.

T_x/R_x απομόνωση: MS: 55dB, BS: 80dB

Δέκτης: Rake

Εναισθησία δέκτη: Node B: -121dBm, Mobile -117dBm για BER της τάξης 10⁻³

Τύπος δεδομένων: Μεταγωγή πακέτου και κυκλώματος

Διαμόρφωση: QPSK

Μορφοποίηση παλμού: Root raised cosine, roll-off = 0.22

Chip rate: 3.84 Mbps

Channel raster: 200 kHz

Μέγιστος ρυθμός δεδομένων χρήστη (Φυσικό κανάλι): ~ 2.3Mbps (παράγοντας διασποράς 4, παράλληλοι κώδικες (3 DL / 6 UL), 1/2 rate coding), αλλά περιορισμένη παρεμβολή.

Μέγιστος ρυθμός δεδομένων χρήστη (προσφερόμενος): 384 kbps (έτος 2002), υψηλότεροι ρυθμοί (~ 2 Mbps) στο κοντινό μέλλον. Το HSPDA θα προσφέρει ταχύτητες δεδομένων έως 8-10 Mbps (και 20 Mbps για συστήματα MIMO)

Ρυθμός bit καναλιού: 5.76Mbps

Μήκος πλαισίου: 10ms (38400 chips)

Αριθμός slots / πλαίσιο: 15

Αριθμός chips / slot: 2560 chips

Handovers: Soft, Softer, (interfrequency: Hard)

Περίοδος ελέγχου ισχύος: Time slot = 1500 Hz rate

Step size ελέγχου ισχύος: 0.5, 1, 1.5 and 2 dB (μεταβλητό)

Εμβέλεια ελέγχου ισχύος: UL 80dB, DL 30dB

Mobile peak power: Power class 1: +33 dBm (+1dB/-3dB) = 2W; class 2 +27 dBm, class 3 +24 dBm, class 4 +21 dBm

Number of unique base station identification codes: 512 / συχνότητα

Παράγοντες διασποράς φυσικού στρώματος: 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL

2.3.5 UMTS Link Budget

Ο σχεδιασμός του link budget αποτελεί μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού του δικτύου και βοηθά στο να δοθούν διαστάσεις για την απαιτούμενη κάλυψη, τη χωρητικότητα καθώς και την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service) του δικτύου. Η κάλυψη μακρο-κυψελών του UMTS WCDMA είναι περιορισμένη για το uplink κανάλι, διότι το επίπεδο ισχύος στις κινητές επικοινωνίες είναι περιορισμένο (τερματικό φωνής 125mW). Η downlink κατεύθυνση περιορίζει την χωρητικότητα της κυψέλης, καθώς η ισχύς εκπομπής πρέπει να διανεμηθεί σε όλους τους χρήστες. Σε ένα περιβάλλον δικτύου η κάλυψη καθώς και η χωρητικότητα αλληλοεξαρτώνται και επηρεάζονται από παρεμβολές. Έτσι, λοιπόν, βελτιώνοντας έναν από τους δυο παράγοντες, θα επηρεαζόταν αρνητικά ο άλλος. Στην πραγματικότητα το σύστημα είναι ελεύθερα ισορροπημένο από τη σχεδίαση. Έτσι, λοιπόν, ο αντικειμενικός στόχος της σχεδίασης του link budget είναι ο υπολογισμός του μέγιστου μεγέθους της κυψέλης δεδομένου κάποιων δοσμένων κριτηρίων:

- Τύπος υπηρεσίας (τύπος δεδομένων και ταχύτητα)
- Τύπος περιβάλλοντος (ανάγλυφο εδάφους, διείσδυση κτιρίων)
- Συμπεριφορά και τύπος κινητικότητας (ταχύτητα, μέγιστο επίπεδο ισχύος)
- Σύνθεση τμημάτων συστήματος (BTS κεραιές, ισχύς BTS, ενσύρματες απώλειες, handover κέρδος)
- Απαιτούμενη πιθανότητα κάλυψης (coverage propability)
- Οικονομικοί παράγοντες (χρήση ακριβότερου και καλύτερης ποιότητας εξοπλισμού ή εγκατάσταση φθηνότερου;)

Το τελικό στάδιο του σχεδιασμού αφορά τον συνδυασμό όλων των επιμέρους τμημάτων για την επίτευξη της απαιτούμενης κάλυψης, χωρητικότητας και ποιότητας που χρειάζεται κάθε περιοχή και υπηρεσία.

Σε μια αστική περιοχή, η χωρητικότητα θα αποτελέσει τον περιοριστικό παράγοντα, έτσι ώστε το μέγεθος των κυψελών στο εσωτερικό των πόλεων να καθορίζεται από τα απαιτούμενα Erlangs/km² για ομιλία και δεδομένα. Ακόμα και αν θεωρηθεί 25 dB απώλεια λόγω διείσδυσης στο εσωτερικό των κτιρίων στο κέντρο της αστικής περιοχής, το link budget τυπικά θα επέτρεπε κυψέλες μεγέθους περίπου 300m, πράγμα που είναι υπερβολικό για τη χωρητικότητα που θέλουμε να επιτύχουμε. Από την άλλη μεριά, σε μια αγροτική περιοχή το budget ισχύος για το uplink κανάλι θα καθορίσει το μέγιστο μέγεθος της κυψέλης, όταν οι κυψέλες τυπικού μεγέθους είναι λιγότερο φορτωμένες. Ένα τυπικό μέγεθος κυψέλης σε αγροτική περιοχή είναι αρκετά χιλιόμετρα, αριθμός που διαφέρει ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους.

Παρακάτω ακολουθεί ένα παράδειγμα υπολογισμού του link budget για κλήσεις φωνής WCDMA. Μερικές από τις τιμές που προκύπτουν θα μπορούσαν να εξεταστούν περαιτέρω, όπως το μοντέλο διάδοσης. Παρόλα αυτά δίνεται μια γενική εικόνα της μεθοδολογίας του υπολογισμού.

UMTS UL Link budget example, (c) UMTSWorld.com	
TX	
Mobile max power = 0.125W (dBm)	21
Body loss - Antenna gain (dB)	2
EIRP (dBm)	19
RX	
BTS noise density (dBm/Hz) = Thermal noise density + BTS noise figure	-168
RX noise power (dBm) = -168 + 10 * log(3840000)	-102.2
Interference margin (dB)	3
RX interference power (dBm) = 10 * LOG(10 ^{^((-102.2+3)/10)} - 10 ^{^(-102.2/10)})	-102.2
Noise & interference (dBm) = 10 * LOG(10 ^{^((-102.2)/10)} + 10 ^{^(-102.2/10)})	-99.2
Process gain (dB), 12.2k voice = 10 * log(3840/12.2)	25.0
Required Eb/No for speech (dB)	5
Antenna gain (dBi)	17
Cable and connector losses (dB)	3
Fast fading margin (dB) = slow moving mobile	4
RX sensitivity (dBm)	-129.2
Total available path loss (dB)	148.2
Dimensioning	
Log normal fading margin (dB)	7
Indoor / In-vehicle loss (dB)	0
Soft handover gain (dB)	3
Cell edge target propagation loss (dB)	144.2
Okamura-Hata cell range (km) L=137.4+35.2LOG(R)	1.56

Πίνακας 2.6: UMTS link budget

2.3.6 UMTS Codes

Η κωδικοποίηση καναλιού διαχωρίζει διαφορετικές συνδέσεις downlink στους χρήστες μέσα σε μια κυψέλη. Στην uplink κατεύθυνση η κωδικοποίηση καναλιού χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των φυσικών δεδομένων (physical data) και του ελέγχου καναλιών (control channel). Για χαμηλούς ρυθμούς δεδομένων, χρησιμοποιούνται «περιελκτικοί» κώδικες ρυθμού 1/2 και 1/3, ενώ για υψηλότερους ρυθμούς bit χρησιμοποιείται η turbo κωδικοποίηση (turbo coding). Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί ότι η κωδικοποίηση καναλιού χαρακτηρίζεται από διασπορά. Η αντιστοίχιση ρυθμού είναι μια δυναμική «frame by frame» διαδικασία και πραγματοποιείται είτε κάνοντας περικοπή είτε επαναλαμβάνοντας την ροή δεδομένων.

Στη συνέχεια, παρατίθεται μια σύνοψη των κυριότερων κωδικών που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα UMTS FDD:

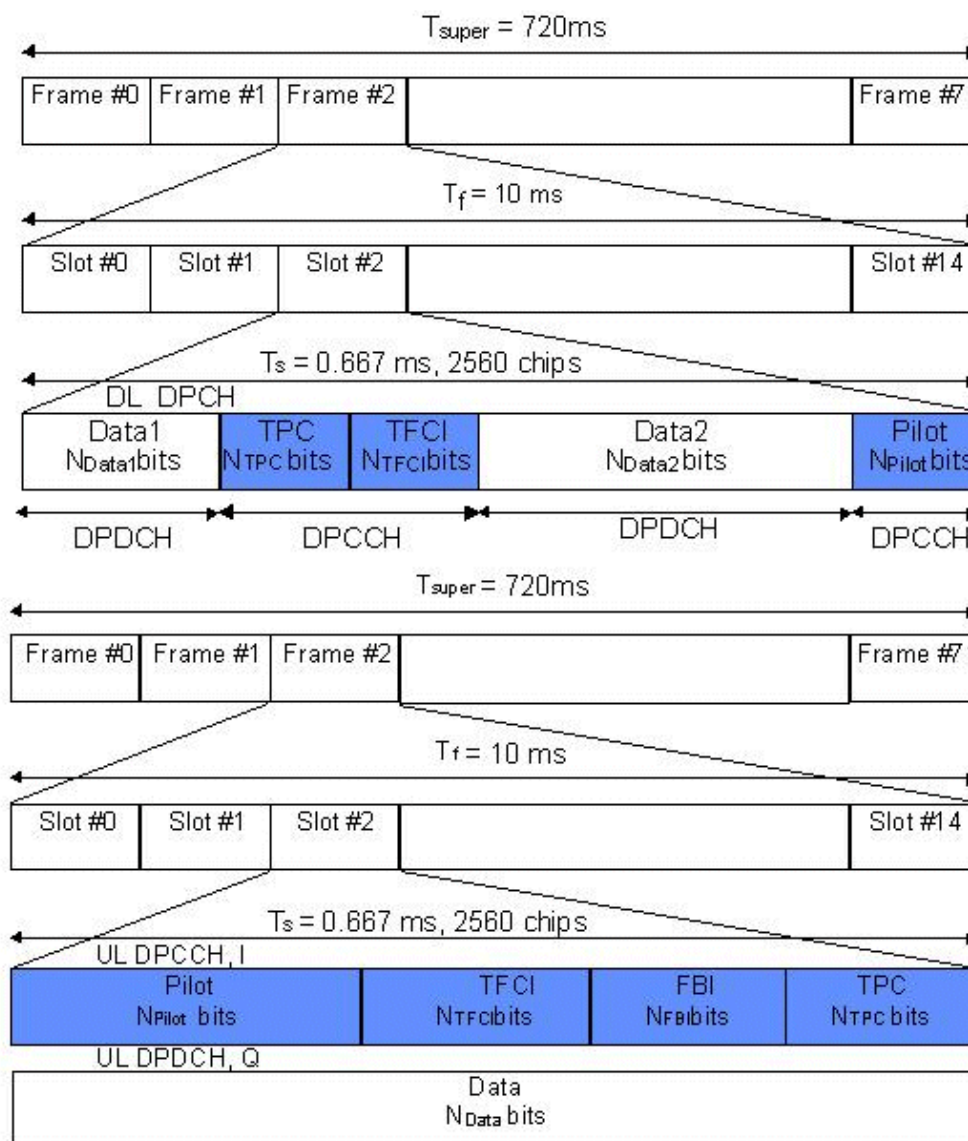
	Synchronisation Codes	Channelisation Codes	Scrambling Codes, UL	Scrambling Codes, DL
Type	Gold Codes Primary Synchronization Codes (PSC) and Secondary Synchronization Codes (SSC)	Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) codes sometimes called Walsh Codes	Complex-Valued Gold Code Segments (long) or Complex-Valued S(2) Codes (short) Pseudo Noise (PN) codes	Complex-Valued Gold Code Segments Pseudo Noise (PN) codes
Length	256 chips	4-512 chips	38400 chips / 256 chips	38400 chips
Duration	66.67 μ s	1.04 μ s - 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Number of codes	1 primary code / 16 secondary codes	= spreading factor 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL	16,777,216	512 primary / 15 secondary for each primary code
Spreading	No, does not change bandwidth	Yes, increases bandwidth	No, does not change bandwidth	No, does not change bandwidth
Usage	To enable terminals to locate and synchronise to the cells' main control channels	UL: to separate physical data and control data from same terminal DL: to separate connection to different terminals in a same cell	Separation of terminal	Separation of sectors

Πίνακας 2.7: Κυριότεροι κώδικες που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα UMTS FDD

2.3.7 UTRA χρονοθυρίδες (time slots)

Το UMTS δίκτυο χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό διαφορετικών time slots, που εξαρτώνται από το χρησιμοποιούμενο κανάλι. Στη συνέχεια, ακολουθεί ένα παράδειγμα ανάθεσης χρονοθυρίδων για ένα κανάλι downlink και uplink DPCH (Dedicated Physical Channel).

Στο παράδειγμά μας, το TCP εκφράζει τον έλεγχο ισχύος εκπομπής (Transmit Power Control), το FBI περιέχει τις πληροφορίες ανάδρασης (Feedback Information) και χρησιμοποιείται σε διάφορες εκπομπές κλειστού βρόχου, το TFCI (Transform Format Combination Indicator) περιέχει τις πληροφορίες που σχετίζονται με τους ρυθμούς δεδομένων, ενώ, τέλος, τα πιλοτικά bit (pilot bits) είναι πάντοτε τα ίδια και χρησιμοποιούνται για τον συγχρονισμό των καναλιών.



Σχήμα 2.7: Δομή DPCH Time Slot

2.3.8 UMTS QoS (Quality of Service)

Οι υπηρεσίες δικτύου θεωρούνται end-to-end υπηρεσίες, κάτι που σημαίνει ότι απευθύνονται από έναν τερματικό εξοπλισμό σε έναν άλλο. Έτσι, λοιπόν, αυτού του είδους οι υπηρεσίες μπορεί να έχουν ένα συγκεκριμένο QoS που παρέχεται στους χρήστες του δικτύου. Όμως ο χρήστης είναι εκείνος που θα αποφασίσει εάν είναι ικανοποιημένος ή όχι με το QoS που του παρέχεται.

Οι παρεχόμενες αυτές υπηρεσίες περιλαμβάνουν όλες τις παραμέτρους προκειμένου να επιτευχθεί το υποσχόμενο QoS. Τέτοιες παράμετροι είναι μεταξύ άλλων η σηματοδότηση ελέγχου (control signaling), το επίπεδο μεταφοράς χρήστη (user plane transport) και η διαχείριση λειτουργικότητας του QoS (QoS management functionality). Υπάρχουν 4 κατηγορίες QoS:

- conversational
- streaming
- interactive
- background

Traffic class	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
	Real Time	Real Time	Best Effort	Best Effort
Fundamental characteristics	- Preserve time relation (variation) between information entities of the stream - Conversational pattern (stringent and low delay)	- Preserve time relation (variation) between information entities of the stream	- Request response pattern - Preserve payload content	- Destination is not expecting the data within a certain time - Preserve payload content
Example of the application	voice	streaming video	web browsing	telemetry, emails

Πίνακας 2.8: UMTS QoS – κατηγορίες

Οι ιδιότητες παρεχόμενων των UMTS υπηρεσιών είναι:

- Κατηγορία κίνησης (Συνομιλητική (conversational), ροής δεδομένων (streaming), διαδραστική (interactive) και «background»).
- Μέγιστος ρυθμός bit (kbps)
- Εγγυημένος ρυθμός bit (kbps)
- Delivery order (y/n)
- Μέγιστο μέγεθος SDU (Service Data Unit) (octets)
- Πληροφορίες διαμόρφωσης SDU (bits)
- SDU error ratio
- Παραμένων (residual) bit error ratio

- Παράδοση λανθασμένων SDUs (y/n/-)
- Καθυστέρηση μετάδοσης (ms)
- Χειρισμός προτεραιότητας κίνησης (Traffic handling priority)
- Καταμερισμός/Διατήρηση προτεραιότητας

2.3.9 Προσφερόμενη ποσότητα Bit (Offered Bit Quantity, OBQ)

Προκειμένου να λάβουμε αποτελέσματα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των διάφορων τύπων χρηστών των διαθέσιμων υπηρεσιών, θα πρέπει να θεωρηθούν για τη διαδικασία της σχεδίασης διαφορετικά γεωγραφικά περιβάλλοντα, ανάλογα με τη χρήση που γίνεται. Έτσι, λοιπόν, έχουμε ως εξής:

- Κεντρική περιοχή επιχειρήσεων (Central Business District, CBD)
- Αστική περιοχή με χρήστες που κινούνται πεζοί
- Αστική περιοχή με χρήστες που κινούνται μέσα σε όχημα
- Προάστιο
- Αγροτική περιοχή

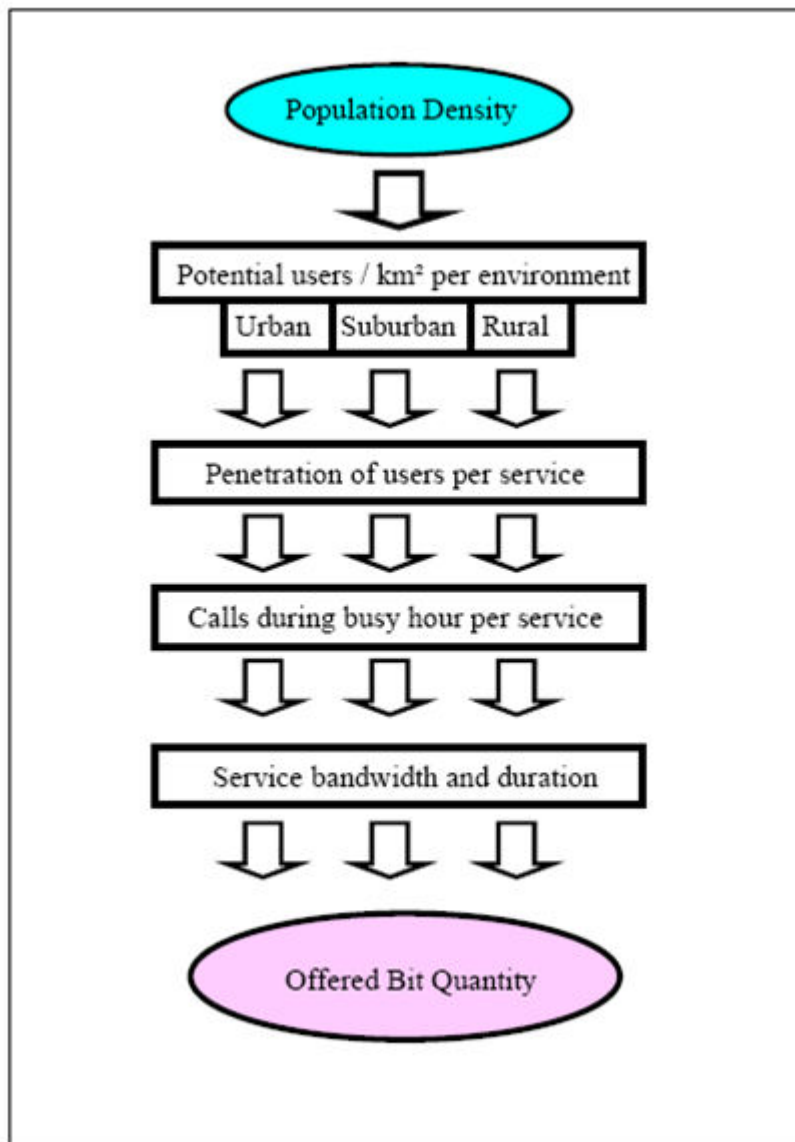
Ο υπολογισμός για τις απαιτήσεις σε χωρητικότητα θα πρέπει να γίνει ανεξάρτητα για κάθε περίπτωση και στο τέλος μια ολική άθροιση θα δώσει τη συνολική χωρητικότητα για όλα τα περιβάλλοντα.

Το πρώτο στάδιο στον υπολογισμό είναι να εξάγεις τον συνολικό αριθμό χρηστών ανά km^2 για κάθε γεωγραφική κλάση. Αυτό μπορεί να προκύψει από τον πολλαπλασιασμό της πυκνότητας πληθυσμού με την εισχώρηση της υπηρεσίας.

Έτσι, λοιπόν, κάθε υπηρεσία σε κάθε περιβάλλον παράγει:

- Ένα συγκεκριμένο ρυθμό κλήσεων (κλήσεις/ώρα)
- Μια συγκεκριμένη διάρκεια κλήσεων (sec)
- Ένα συγκεκριμένο ρυθμό bit (Kb/s)

Ο περαιτέρω πολλαπλασιασμός παράγει την απαίτηση σε bit (kbit/hour/ km^2). Αυτή η απαίτηση, όμως, θα πρέπει να αυξηθεί, προκειμένου να ληφθεί υπόψη ο παράγοντας της κωδικοποίησης, η σηματοδότηση και η επανάληψη αποστολής πακέτων που απέτυχαν σε κύκλωμα μεταγωγής υπηρεσιών. Το παρακάτω γράφημα απεικονίζει αυτήν ακριβώς τη διαδικασία.



Σχήμα 2.8: Υπολογισμός του OBQ

Έτσι, λοιπόν, η μεθοδολογία υπολογισμού της προσφερόμενης ποσότητας bit (Offered Bit Quantity, OBQ), που περιγράφεται παραπάνω, θα πρέπει να βασίζεται στην πυκνότητα πληθυσμού της περιοχής, η οποία εξετάζεται. Αυτή η πυκνότητα πληθυσμού μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις κύριες κατηγορίες περιβάλλοντος:

- Αστική περιοχή
- Προάστιο
- Αγροτική περιοχή

Επομένως, η προσφερόμενη ποσότητα bit μπορεί να προκύψει με την εφαρμογή της ακόλουθης εξίσωσης:

$$OBQ = \text{busy hour call attempts} \times \text{penetration} \times (\text{pot. users}/\text{km}^2) \times \text{service bandwidth} \times \text{effective call duration}$$

2.3.10 Έλεγχος ισχύος UMTS

Έλεγχος ισχύος ανοιχτού βρόχου καλείται η ικανότητα ενός UE (User Equipment) πομπού να ρυθμίζει την ισχύ εξόδου του σε μια συγκεκριμένη τιμή. Συνήθως, χρησιμοποιείται για να τεθούν οι αρχικές uplink και downlink ισχείς εκπομπής, όταν πραγματοποιείται η πρόσβαση του UE πομπού στο δίκτυο. Η ανοχή του ελέγχου ισχύος ανοιχτού βρόχου είναι ± 9 dB (υπό κανονικές συνθήκες) ή ± 12 dB (υπό ακραίες συνθήκες).

Έλεγχος ισχύος εσωτερικού βρόχου (ή αλλιώς έλεγχος ισχύος ταχέως κλειστού βρόχου) στην uplink ζεύξη καλείται η ικανότητα ενός UE πομπού να προσαρμόζει την ισχύ εξόδου του σε συμφωνία με μια ή περισσότερες εντολές ελέγχου ισχύος εκπομπής (Transmit Power Control, TCP). Οι εντολές αυτές λαμβάνονται στην downlink ζεύξη με σκοπό να διατηρήσουν το λαμβανόμενο σήμα uplink σε ένα δεδομένο λόγο σήματος προς παρεμβολή (Signal-to-Interference ratio, SIR). Ο UE πομπός έχει την ικανότητα να αλλάζει την ισχύ εξόδου του με βήμα 1,2 και 3 dB, στη θυρίδα εκείνη που ακολουθεί της TCP εντολής. Η συχνότητα ελέγχου ισχύος εσωτερικού βρόχου είναι 1500 Hz.

Ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου χρησιμοποιείται για να διατηρηθεί σε ένα επιθυμητό επίπεδο η απαιτούμενη ποιότητα μιας παρεχόμενης υπηρεσίας με τη χρήση της χαμηλότερης δυνατής ισχύος. Ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου για την uplink ζεύξη ευθύνεται για τον καθορισμό του απαιτούμενου SIR (Signal-to-Interference Ratio), για κάθε ανεξάρτητο έλεγχο ισχύος εσωτερικού βρόχου uplink ζεύξης. Ο απαιτούμενος αυτός SIR ενημερώνεται για κάθε UE, σύμφωνα με την υπολογιζόμενη ποιότητα της uplink ζεύξης (Block Error Ratio, Bit Error Ratio) για κάθε Radio Resource Control σύνδεση. Ο έλεγχος ισχύος εξωτερικού βρόχου για την downlink ζεύξη είναι η ικανότητα ενός UE δέκτη να επιτύχει σύγκλιση με την απαιτούμενη ποιότητα ζεύξης (BLER), που έχει τεθεί από το δίκτυο (RNC).

Ο έλεγχος ισχύος των κοινών καναλιών της downlink ζεύξης καθορίζεται από το δίκτυο. Γενικότερα, ο λόγος της ισχύος εκπομπής μεταξύ διαφόρων downlink καναλιών δεν έχει καθοριστεί λεπτομερώς από τον οργανισμό 3GPP (3rd Generation Partnership Project) και για αυτό μπορεί να αλλάξει οποιαδήποτε στιγμή, ακόμα και δυναμικά.

Τέλος, επιπλέον περιπτώσεις ελέγχου ισχύος αποτελούν: ο έλεγχος ισχύος με τη μέθοδο συμπίεσης (Power control in compressed mode) και ο έλεγχος downlink ισχύος κατά τη διάρκεια μεταβίβασης (Downlink power during handover).

2.4 Το UMTS σήμερα

Υπηρεσίες UMTS εφαρμόζονται στη ζώνη συχνοτήτων 2 GHz (1920-1980 MHz / 2110-2170 MHz) από το έτος 2001. Υπάρχουν περίπου 180 πάροχοι υπηρεσιών UMTS/IMT-2000 με άδεια και σχέδια για την εφαρμογή δικτύων που δραστηριοποιούνται σε περίπου 80 χώρες εξυπηρετώντας πάνω από 160 εκατομμύρια εγγεγραμμένους χρήστες παγκοσμίως (σύμφωνα με στοιχεία του Σεπτεμβρίου του 2007) με αυξανόμενους ρυθμούς σε Ευρώπη και Ασία. Αξίζει να αναφερθεί ότι η

αρχική διείσδυση του UMTS/WCDMA στην αγορά σε σύγκριση με το σύστημα GSM είναι ισχυρότερη.

Από τα μέσα του 2007 περισσότεροι από 120 πάροχοι κινητών επικοινωνιών είχαν ήδη εφαρμόσει την υπηρεσία HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) σε περίπου 60 χώρες, δίνοντας τη δυνατότητα υψηλότερων ρυθμών δεδομένων στους πελάτες τους και πρόσβασης σε νέες υπηρεσίες. Μάλιστα ένας αυξανόμενος αριθμός από αυτά τα δίκτυα HSDPA υποστηρίζουν τον υψηλότερο ρυθμό bit 3.6 Mbps. Οι εγγεγραμμένοι χρήστες δικτύων HSDPA έχουν ήδη ξεπεράσει τα 7 εκατομμύρια παγκοσμίως (ως τα μέσα του 2007), ενώ έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται και HSDPA δίκτυα που υποστηρίζουν ρυθμούς δεδομένων έως και 7.2 Mbps. Στο ίδιο χρονικό πλαίσιο, τουλάχιστον δύο πάροχοι παρουσίασαν εμπορικά HSUPA δίκτυα (High Speed Uplink Packet Access) παρέχοντας αντίστοιχες ταχύτητες και για τις uplink ζεύξεις. Υπάρχει ήδη μία ποικιλία περισσότερων από 900 συσκευών UMTS στις οποίες περιλαμβάνονται 200 HSDPA συσκευές, κάρτες PC, USB modem και κάρτες φορητών PC με ενσωματωμένες κάρτες SIM.

Η τεχνολογία 3G/UMTS θα εξελίσσεται συνεχώς προκειμένου να παρέχει αυξημένους ρυθμούς δεδομένων. Αυτή η νέα τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες λαμβάνουν, καταναλώνουν και αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο της πληροφορίας που διανέμεται μέσα από τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών.

2.5 Εφαρμογή του UMTS στις UHF συχνότητες

Στο παγκόσμιο συνέδριο τηλεπικοινωνιών που έλαβε χώρα το 2000, η ITU αναγνώρισε τη ζώνη συχνοτήτων 806-960 MHz για την επίγεια εφαρμογή του IMT-2000. Ο οργανισμός CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) και η E.E. έχει εναρμονίσει τις ζώνες συχνοτήτων 880-915 MHz / 925-960 MHz για το σύστημα GSM900. Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, η ονομαζόμενη «εκτεταμένη ζώνη συχνοτήτων GSM» στα 880-890MHz / 925-935 MHz δε χρησιμοποιείται από το GSM για διάφορους λόγους.

Σε πολλές χώρες παγκοσμίως, η ονομαζόμενη κύρια ζώνη συχνοτήτων GSM 890-915 MHz / 935-960 MHz χρησιμοποιείται κατά κόρον από συστήματα GSM με 3 ή 4 παρόχους στη ζώνη αυτή και τυπικά με όλα τα διαθέσιμα κανάλια κατειλημμένα. Για τους παρόχους η ζώνη των 900 MHz είναι ιδιαίτερος σημαντική. Εξαιτίας των καλύτερων χαρακτηριστικών διάδοσης ραδιοκυμάτων στη ζώνη αυτή σε σύγκριση με τις υψηλότερες GSM ζώνες συχνοτήτων 1710-1880 MHz, όπως, επίσης, συγκρινόμενη και με τις υψηλότερες UMTS / IMT-2000 ζώνες συχνοτήτων 1920-1980 MHz / 2110-2170 MHz, καθίσταται καταλληλότερη δίνοντας τη δυνατότητα στους παρόχους να εφαρμόσουν και να προσφέρουν διεθνώς τις υπηρεσίες τους αποδοτικότερα.

Προβλέπεται ότι αυτή η κύρια ζώνη θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται από τους παρόχους GSM για μία εκτεταμένη περίοδο εξαιτίας της θετικής ανάπτυξης και του συνεχιζόμενα αυξανόμενου αριθμού παρόχων που θα εφαρμόσουν βελτιώσεις τύπου EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) στα δίκτυα αυτά. Οι πάροχοι υπόσχονται ότι θα επιτύχουν ρυθμούς δεδομένων 3 φορές υψηλότερους από αυτούς του συστήματος GSM/GPRS. Συμπερασματικά, το GSM, μαζί με τις εξελισσόμενες βελτιώσεις του θα συνεχίσει να χρησιμοποιεί τη ζώνη των 900 MHz για πολύ καιρό.

Γι' αυτό το λόγο, η ζώνη συχνοτήτων GSM900 δεν αναμένεται να αποτελέσει απλή και άμεση λύση για το UMTS/IMT-2000.

Παρά τις προαναφερθείσες δυσκολίες, που παρουσιάζονται για την εφαρμογή του UMTS/IMT-2000 στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται τώρα από το GSM900, υπάρχουν λόγοι που καθιστούν τη μετάβαση αυτή αναγκαία. Ειδικότερα, σε αγροτικές περιοχές με μικρή πυκνότητα πληθυσμού, οι χαμηλότερες ζώνες συχνοτήτων, ονομαζόμενες και ως «εκτεταμένες ζώνες κάλυψης» (Coverage Extension Bands), μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένη γεωγραφική κάλυψη και αποδοτικότερη παροχή υπηρεσιών συγκριτικά με τις ζώνες που χρησιμοποιούνται τώρα για το UMTS/IMT-2000. Η ανάπτυξη δικτύων UMTS/IMT-2000 σε αγροτικές περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού καθοδηγείται από την ανάγκη επέκτασης της γεωγραφικής κάλυψης υπηρεσιών δικτύου και όχι από την ανάγκη επέκτασης των απαιτήσεων χωρητικότητας. Οι περιορισμοί στη χωρητικότητα, που αποτελούν τυπικούς λόγους για επιπλέον φάσμα, συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα στις αγροτικές αυτές περιοχές, εξαιτίας της χαμηλής πυκνότητας χρηστών και της χαμηλής κίνησης ανά χρήστη.

Το μέγεθος του φάσματος που πρέπει να αναγνωριστεί για το UMTS/IMT-2000 ως εκτεταμένη ζώνη κάλυψης, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να ικανοποιήσει τις ανάγκες κάλυψης μεγάλων περιοχών χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού. Το ελάχιστο εύρος ζώνης που απαιτείται από κάθε πάροχο, καθώς και το ελάχιστο φάσμα, το οποίο απαιτείται για να προσφέρει παγκοσμίως δίκαιες και ανταγωνιστικές συνθήκες μεταξύ των παρόχων κινητών τηλεπικοινωνιών, χρήζει περαιτέρω μελέτης.

Παρακάτω ακολουθεί η παρουσίαση μίας προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκε από το UMTS Forum που επιβεβαιώνει τα καθαρά οφέλη της εφαρμογής του UMTS/IMT-2000 στη ζώνη συχνοτήτων 470-600 MHz σε σύγκριση με τη ζώνη των 1 και 2 GHz σε μεγάλες περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού.

2.5.1 Προσομοίωση

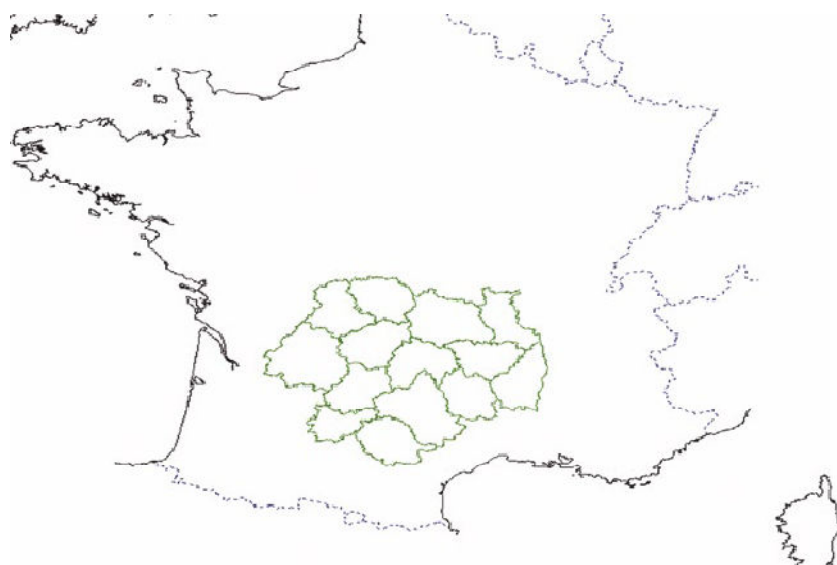
Προκειμένου να υπολογιστούν τα οφέλη της ζώνης συχνοτήτων 470-600 MHz σε σύγκριση με τις ζώνες των 900 MHz και 2 GHz, έγινε μία μελέτη για να προσδιοριστεί ο αριθμός των σταθμών βάσης που απαιτείται σε κάθε ζώνη για την κάλυψη της ίδιας περιοχής. Αρχικά, διενεργήθηκε αριθμητικός υπολογισμός και στη συνέχεια προσομοίωση με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα της βασικής ανάλυσης που προέκυψαν έπειτα από αριθμητικούς υπολογισμούς.

Frequency Band	AMR UL/DL	64 kbps UL/DL	64 kbps UL/384 kbps DL
2000 MHz	454 sites	887 sites	1980 sites
1000 MHz	174 sites	340 sites	665 sites
500 MHz	91 sites	178 sites	304 sites

Πίνακας 2.9: Αριθμός σταθμών βάσης για την κάλυψη μιας περιοχής 10 km² σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει ότι στη ζώνη των 1000 MHz οι πάροχοι μπορούν να εξοικονομήσουν περίπου τα 2/3 των σταθμών βάσης (οικονομία κόστους 66%) που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη της περιοχής στα 2000 MHz, κατά τη σχεδίαση δικτύου κάλυψης προαστιακών και αγροτικών περιοχών. Στη ζώνη συχνοτήτων των 500 MHz οι πάροχοι μπορούν να εξοικονομήσουν περίπου τα 4/5 των σταθμών βάσης (οικονομία κόστους 80%) που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη της ίδιας περιοχής στα 2000 MHz. Αυτό το αποτέλεσμα καθιστά αξιοσημείωτη την εξοικονόμηση κόστους στις επενδύσεις δικτύου, καθώς τα υποσυστήματα των σταθμών βάσης και τα κόστη εκπομπής διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στον καθορισμό των σταθερών και λειτουργικών εξόδων των παρόχων κινητών τηλεπικοινωνιών.

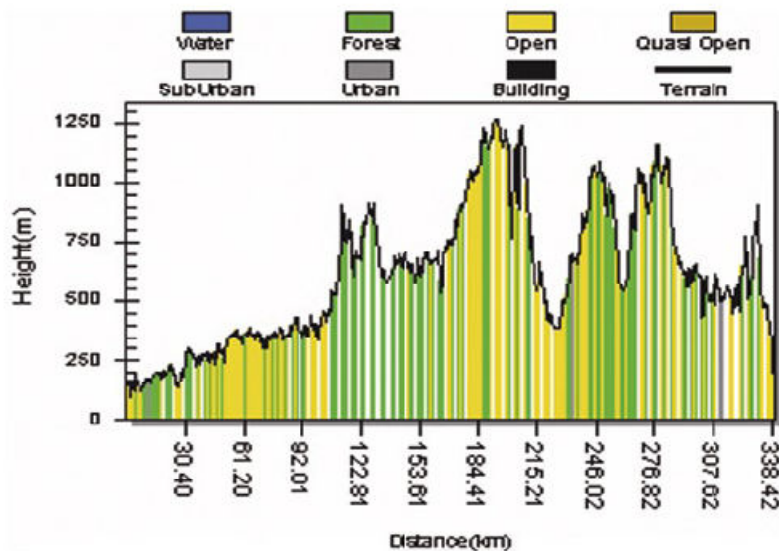
Η προσομοίωση που ακολουθεί έλαβε χώρα σε μία αγροτική περιοχή της Κεντρικής Γαλλίας που έχει έκταση 63883 km² και απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 2.9: Απεικόνιση εξεταζόμενης περιοχής – Κεντρική Γαλλία

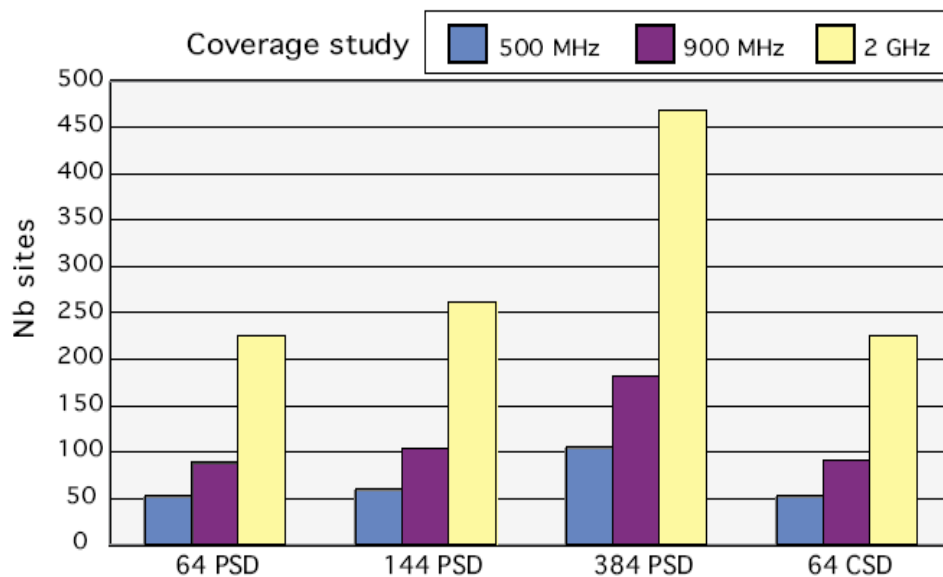
Η περιοχή αυτή, επίσης, χαρακτηρίζεται από ένα συνδυασμό εδαφικών χαρακτηριστικών περιλαμβανομένων βουνών, δασών και πεδιάδων.

Η εφαρμογή του δικτύου UMTS/IMT-2000 στην προσομοίωση στα 500 MHz, 900 MHz και 2 GHz λαμβάνουν υπόψη τόσο τα εδαφικά χαρακτηριστικά όσο και τις απαιτήσεις για προσφερόμενες υπηρεσίες (ομιλία, 64 kbps CSD, 144 kbps PSD and 384 kbps PSD).



Σχήμα 2.10: Κεντρική Γαλλία, τυπικά εδαφικά χαρακτηριστικά

Στη συνέχεια, παρατίθεται ένα διάγραμμα που παρουσιάζει τη σύγκριση του αριθμού των σταθμών βάσης στις προαναφερθείσες ζώνες συχνοτήτων για διάφορες υπηρεσίες 3G.



Σχήμα 2.11: Σύγκριση αριθμού σταθμών βάσης στις 3 ζώνες συχνοτήτων. (PSD: Packet Switched Data – Μεταγωγή πακέτου, CSD: Circuit Switched Data – Μεταγωγή κυκλώματος)

Η ανάλυση που διενεργήθηκε παραπάνω για τα οφέλη της ζώνης συχνοτήτων 470-600 MHz, συγκριτικά με τις ζώνες 900 MHz και 2 GHz, για την εφαρμογή του UMTS/IMT-2000 σε αγροτικές περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού, δείχνει ότι η ζώνη 470-600 MHz επιτρέπει στους παρόχους UMTS/IMT-2000 να επεκτείνουν την κάλυψη των δικτύων στις περιοχές αυτές με σημαντικά χαμηλότερα κόστη.

Είναι εμφανές ότι οι πάροχοι θα έπρεπε να εγκαταστήσουν πενταπλάσιους σταθμούς βάσης στα 2 GHz συγκριτικά με τη ζώνη των 500 MHz και πάνω από διπλάσιους

σταθμούς βάσης στα 900 MHz συγκριτικά με τα 500 MHz, με άμεσο επακόλουθο τη μείωση των λειτουργικών και σταθερών τους εξόδων. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αυτής είναι σύμφωνα με τους υπολογισμούς της βασικής ανάλυσης που παρουσιάστηκε ωρίτερα.

Παρακάτω ακολουθεί το link budget για κάθε ζώνη συχνοτήτων, που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του αριθμού των σταθμών βάσης για την κάλυψη της ίδιας περιοχής.

Link budgets used in the calculations of number of base station sites

NB. Man-made noise is known to be higher in the lower bands, however, it is seen here not an issue in rural coverage, where the impact of man-made noise is generally minor.

500 MHz band

SERVICE INFORMATION	Unit	AMR		384 kbps	
		UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Load	%	50 %	50 %	50 %	50 %
Bit rate	kbps	12.2	12.2	64.0	384.0
RECEIVING END	Unit	UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Receiver noise figure	dB	3.00	6.00	3.00	6.00
Receiver noise power	dBm	-105.09	-102.09	-105.09	-102.09
Interference margin	dB	3.01	3.01	3.01	3.01
Total effective noise + interference	dBm	-102.08	-99.08	-102.08	-99.08
Processing gain	dB	24.98	24.98	17.78	10.00
Required E_b/N_0	dB	5.00	7.00	2.00	4.00
Receiver sensitivity	dBm	-122.06	-117.06	-117.86	-105.08
RX antenna gain	dBi	12.00	0.00	12.00	0.00
Cable loss	dB	2.00	0.00	2.00	0.00
Mast head amplifier gain	dB	2.00	0.00	2.00	0.00
Antenna diversity gain	dB	3.00	0.00	3.00	0.00
Soft handover gain	dB	1.00	2.00	1.00	2.00
Required signal power	dBm	-138.06	-119.06	-133.86	-107.08
TRANSMITTING END	Unit	UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Tx power per connection	W	0.126	2.00	0.126	2.00
Tx power per connection	dBm	21.00	33.00	21.00	33.00
Cable loss	dB	0.00	2.00	0.00	2.00
Tx antenna gain	dBi	0.00	12.00	0.00	12.00
Peak EIRP	dBm	21.00	43.00	21.00	43.00
Maximum path loss	dB	159.06	162.06	154.86	150.08

CELL SIZES	Unit	AMR	384 kbps
MS antenna height	m	1.5	1.5
BS antenna height	m	40.0	40.0
Standard deviation	dB	7.0	7.0
Building penetration loss (BPL)	dB	12.0	12.0
Std. of building penetration loss	dB	8.0	8.0
OKUMURA-HATA	Unit	AMR	384 kbps
Correction factor	dB	-6.5	-6.5
INDOOR COVERAGE	Unit	AMR	384 kbps
Location probability over a cell	%	90.0%	90.0%
Slow fading margin + BPL	dB	17.6	17.6
		UPLINK	DOWNLINK
Cell size	km	7.43	4.08
CELL SIZE		Indoor Uplink	Indoor Downlink
		7.43 km	4.08 km

Πίνακας 2.10: Link budget της προσομοίωσης για τη ζώνη συχνοτήτων των 500 MHz

1 GHz band

SERVICE INFORMATION	Unit	AMR		384 kbps	
		UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Load	%	50 %	50 %	50 %	50 %
Bit rate	kbps	12.2	12.2	64.0	384.0
RECEIVING END	Unit	UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Receiver noise figure	dB	3.00	6.00	3.00	6.00
Receiver noise power	dBm	105.09	102.09	105.09	102.09
Interference margin	dB	3.01	3.01	3.01	3.01
Total effective noise + interference	dBm	-102.08	-99.08	-102.08	-99.08
Processing gain	dB	24.98	24.98	17.78	10.00
Required E_b/N_0	dB	5.00	7.00	2.00	4.00
Receiver sensitivity	dBm	-122.06	-117.06	-117.86	-105.08
RX antenna gain	dBi	15.00	0.00	15.00	0.00
Cable loss	dB	3.00	0.00	3.00	0.00
Mast head amplifier gain	dB	3.00	0.00	3.00	0.00
Antenna diversity gain	dB	3.00	0.00	3.00	0.00
Soft handover gain	dB	1.00	2.00	1.00	2.00
Required signal power	dBm	-141.06	-119.06	-136.86	-107.08
TRANSMITTING END	Unit	UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Tx power per connection	W	0.126	2.00	0.126	2.00
Tx power per connection	dBm	21.00	33.00	21.00	33.00
Cable loss	dB	0.00	3.00	0.00	3.00
Tx antenna gain	dBi	0.00	15.00	0.00	15.00
Peak EIRP	dBm	21.00	45.00	21.00	45.00
Maximum path loss	dB	162.06	164.06	157.86	152.08
CELL SIZES	Unit	AMR		384 kbps	
MS antenna height	m	1.5		1.5	
BS antenna height	m	40.0		40.0	
Standard deviation	dB	7.0		7.0	
Building penetration loss (BPL)	dB	12.0		12.0	
Std. of building penetration loss	dB	8.0		8.0	
OKUMURA-HATA	Unit	AMR		384 kbps	
Correction factor	dB	-6.5		-6.5	
INDOOR COVERAGE	Unit	AMR		384 kbps	
Location probability over a cell	%	90.0%		90.0%	
Slow fading margin + BPL	dB	17.6		17.6	
		UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Cell size	km	5.37	6.14	4.06	2.76
CELL SIZE		Indoor Uplink	5.37 km	Indoor Downlink	2.76 km

Πίνακας 2.11: Link budget της προσομοίωσης για τη ζώνη συχνοτήτων του 1 GHz

2 GHz band

SERVICE INFORMATION	Unit	AMR		384 kbps	
		UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Load	%	50 %	50 %	50 %	50 %
Bit rate	kbps	12.2	12.2	64.0	384.0
RECEIVING END	Unit	UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Receiver noise figure	dB	3.00	6.00	3.00	6.00
Receiver noise power	dBm	-105.09	-102.09	-105.09	-102.09
Interference margin	dB	3.01	3.01	3.01	3.01
Total effective noise + interference	dBm	-102.08	-99.08	-102.08	-99.08
Processing gain	dB	24.98	24.98	17.78	10.00
Required E_b/N_0	dB	5.00	7.00	2.00	4.00
Receiver sensitivity	dBm	-122.06	-117.06	-117.86	-105.08
RX antenna gain	dBi	18.00	0.00	18.00	0.00
Cable loss	dB	4.00	0.00	4.00	0.00
Mast head amplifier gain	dB	4.00	0.00	4.00	0.00
Antenna diversity gain	dB	3.00	0.00	3.00	0.00
Soft handover gain	dB	1.00	2.00	1.00	2.00
Required signal power	dBm	-144.06	-119.06	-139.86	-107.08
TRANSMITTING END	Unit	UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Tx power per connection	W	0.126	2.00	0.126	2.00
Tx power per connection	dBm	21.00	33.00	21.00	33.00
Cable loss	dB	0.00	4.00	0.00	4.00
Tx antenna gain	dBi	0.00	18.00	0.00	18.00
Peak EIRP	dBm	21.00	47.00	21.00	47.00
Maximum path loss	dB	165.06	166.06	160.86	154.08

CELL SIZES	Unit	AMR		384 kbps	
MS antenna height	m	1.5		1.5	
BS antenna height	m	40.0		40.0	
Standard deviation	dB	7.0		7.0	
Building penetration loss (BPL)	dB	12.0		12.0	
Std. of building penetration loss	dB	8.0		8.0	
OKUMURA-HATA	Unit	AMR		384 kbps	
Correction factor	dB	-6.5		-6.5	
INDOOR COVERAGE	Unit	AMR		384 kbps	
Location probability over a cell	%	90.0%		90.0%	
Slow fading margin + BPL	dB	17.6		17.6	
		UPLINK	DOWNLINK	UPLINK	DOWNLINK
Cell size	km	3.33	3.56	2.51	1.60
CELL SIZE		Indoor Uplink	3.33 km	Indoor Downlink	1.6 km

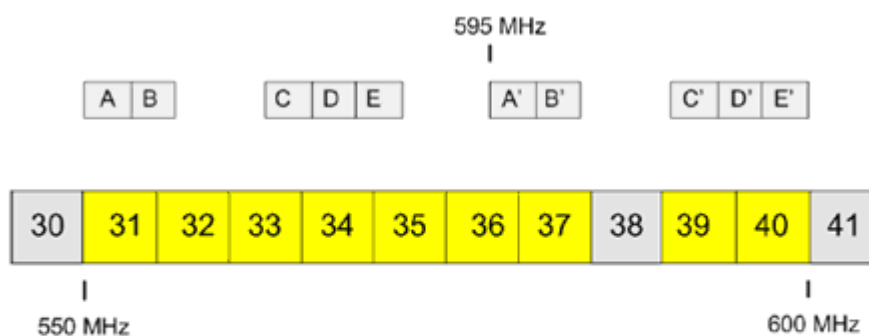
Πίνακας 2.12: Link budget της προσομοίωσης για τη ζώνη συχνοτήτων των 2 GHz

2.5.2 UMTS 500

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, είναι εμφανή τα οφέλη της εφαρμογής του UMTS/IMT-2000 στη ζώνη συχνοτήτων 470-600 MHz. Οι αρμόδιοι οργανισμοί έχουν ήδη αποφασίσει ότι: α) το RRC (Regional Radiocommunications Conference) θα πρέπει να εναρμονίσει, έπειτα από τη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση, τη ζώνη συχνοτήτων 470-600 MHz, β) μία νέα «εκτεταμένη ζώνη κάλυψης» για το UMTS/IMT-2000 θα πρέπει να αναγνωριστεί στις συχότητες αυτές στο περιεχόμενο των συζητήσεων του WRC-07 (World Radiocommunications Conference) και γ) ένα τμήμα φάσματος 2x30 MHz με ζεύγη συχνοτήτων, χρησιμοποιώντας κανάλια των 5 MHz αποτελεί το ελάχιστο δυνατό εύρος ζώνης για την υλοποίηση του UMTS/IMT-2000.

Καθώς το φάσμα απαιτείται για κάλυψη ευρείας περιοχής και όχι για κάλυψη σημείου υψηλής χωρητικότητας, η τεχνολογία TDD (Time Division Duplex) δεν είναι η κατάλληλη εξαιτίας των διαστημάτων προστασίας που απαιτούνται μεταξύ των uplink και downlink θυρίδων εκπομπής. Αν, ωστόσο, χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία FDD (Frequency Division Duplex), είναι αναγκαίο να καθοριστεί (και αν είναι δυνατό να εναρμονιστεί) η απόσταση μεταξύ των uplink και downlink συχνοτήτων. Η απόσταση αυτή αντανακλάται στην ανάγκη φιλτραρίσματος στις συσκευές, το οποίο έχει σημαντικό αντίκτυπο στο κόστος και, σε αντίθεση με άλλες παραμέτρους, δεν μπορεί εύκολα να γίνει ευέλικτο μέσα από τη διαδικασία ψηφιακής σηματοδότησης. Προς το παρόν, δεν υπάρχει πρόταση για ένα συγκεκριμένο διάστημα μεταξύ των συχνοτήτων.

Όπως προαναφέρθηκε, στο WRC-2000 αναγνωρίστηκε μία επιπλέον «εκτεταμένη ζώνη συχνοτήτων» στα 900 MHz για το UMTS/IMT-2000, με προτεινόμενη τεχνολογία FDD και διαχωρισμό συχνοτήτων 45 MHz μεταξύ uplink και downlink. Μία ανάλογη μελέτη της OFCOM (αρμόδια αρχή τηλεπικοινωνιών στο Ηνωμένο Βασίλειο) έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι, αν υποτεθεί ο ίδιος διαχωρισμός για τις χαμηλότερες συχνότητες και εφαρμοστεί για το χαμηλότερο απελευθερωμένο μπλοκ συχνοτήτων (βλ. σχήμα 2.12), αυτό θα σήμαινε ότι θα μπορούσαν να ανατεθούν πέντε κανάλια των 5 MHz με ένα κεντρικό αχρησιμοποίητο διάστημα των 10 MHz (κατάλληλο για TDD χρήση) και ένα επιπλέον κενό διάστημα των 10 MHz ανταποκρινόμενο στην ανάθεση του καναλιού 38 στην αστρονομία. Εάν υποτεθεί ότι η εκπομπή κινητών τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιεί τη χαμηλότερη ζώνη, αυτό θα απλοποιούσε τη συνύπαρξη με την αστρονομία. Παρόλα αυτά, παρεμβολές γειτονικού καναλιού από κινητά τερματικά σε DTT (Digital Terrestrial Television) δέκτες ίσως είναι προβληματικές. Βεβαίως, καθώς δεν υπάρχει επικείμενη εναρμόνιση ενός τέτοιου FDD διαστήματος, θα ήταν δυνατό για το Ηνωμένο Βασίλειο να ενεργήσει αυτόνομα ή να πραγματοποιήσει εναρμόνιση ενός διαστήματος σε οποιαδήποτε βάση, που μπορεί να είναι κατάλληλη για το φάσμα αυτό.



Possible FDD arrangement in DDR cleared spectrum
(Source: Aegis)

Σχήμα 2.12: Πιθανός καθορισμός καναλιών στο απελευθερωμένο φάσμα συχνοτήτων

Ένας παράγοντας που απαιτεί περαιτέρω ανάλυση είναι η καναλοποίηση τέτοιων υπηρεσιών. Οι πιο πρόσφατες μελέτες υποθέτουν ότι για τέτοιες UMTS υπηρεσίες είναι απαραίτητο να διατηρηθεί το πρότυπο καναλιού των 5 MHz. Αυτό θα περιπλέξει περισσότερο ζητήματα συντονισμού, όπου τα κράτη θα πρέπει να είναι σε

θέση να διαβεβαιώσουν ότι μία υπηρεσία που χρησιμοποιεί κανάλια των 5 MHz είναι σύμφωνη με τις αποφάσεις του RRC, που αναθέτει δικαιώματα φάσματος με βάση την καναλοποίηση των 8 MHz. Αυτό ίσως μειώσει σημαντικά την ευελιξία, καθώς τα UMTS κανάλια θα επικαλύπτουν δύο κανάλια RRC και θα πρέπει να προσαρμοστούν στις αυστηρότερες απαιτήσεις συντονισμού.

Οι μέχρι τώρα μελέτες υποθέτουν ότι η λειτουργία FDD είναι απαραίτητη, αφού οι απαιτήσεις για το φάσμα αυτό αφορούν στην κάλυψη αγροτικών περιοχών ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες. Αν η εφαρμογή προοριζόταν για νέα είσοδο στην αγορά ή για επέκταση χωρητικότητας σε αστικά σημεία υψηλής κινητικότητας, τότε θα έπρεπε να προβλεφθεί η χρήση της TDD τεχνολογίας. Στην περίπτωση αυτή, τα προβλήματα που αφορούν την εναρμόνιση απλοποιούνται αρκετά, μιας και δεν είναι απαραίτητο να καθοριστεί ένα σταθερό FDD διάστημα. Η τεχνολογία TDD, λοιπόν, θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί για παροχή εκτεταμένης χωρητικότητας, παρά για βασική κάλυψη, εξαιτίας των προβλημάτων του σχεδιασμού συχνοτήτων για γειτονικές ευρείες περιοχές (δηλαδή η ανάγκη διαβεβαίωσης ότι ο σταθμός βάσης σε μία κυψέλη δεν εκπέμπει, ενώ σταθμοί γειτονικής βάσης λαμβάνουν).

2.5.3 UMTS 500 Parameters

Καθώς δεν υπάρχουν προδιαγραφές για αυτό το σύστημα, τα χαρακτηριστικά που παρατίθενται παρακάτω βασίζονται σε εκείνα που δίνονται για συστήματα των 2 GHz σε αναφορά της ITU σχετικά με υπολογισμούς συμβατότητας για το UMTS. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα παρακάτω έχουν σκοπό μόνο να δώσουν μία εικόνα του μεγέθους της σπουδαιότητας των θεμάτων συνύπαρξης.

- Σταθμός βάσης UMTS 500

- Τυπικός σταθμός βάσης εκπομπής (BS) ERP: 100W
- Υποτιθέμενο κέρδος κεραίας BS: 10dBd
- BS επίπεδο θορύβου δέκτη: - 98 dBm/3.84 MHz (-103.8dBm/MHz)
- BS ευαισθησία δέκτη: -121 dBm/3.84 MHz (-126.8 dBm/MHz)
- BS κατώφλι παρεμβολής: -108 dBm/ 3.84MHz (-113.8dBm/MHz)
- BS Adjacent channel selectivity (ACS): 46dB

Η ένταση πεδίου που ανταποκρίνεται στο κατώφλι παρεμβολής είναι στα 600 MHz, $4.8 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}\text{MHz}^{-1}$. Η τιμή της επίδοσης ACS υποδηλώνει ότι μπορεί να ανεχτεί ένταση πεδίου γειτονικού καναλιού περίπου $51 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}\text{MHz}^{-1}$.

Πιο συγκεκριμένα, ένα σήμα DTT έχει εύρος 7.6 MHz (8.8 dBMHz). Επομένως, εάν το σήμα παρεμβολής γειτονικού καναλιού ήταν μία DTT υπηρεσία και εφαρμόζεται επιλογή με βάση την πόλωση, το εφαρμόσιμο όριο θα ήταν $76 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}$. Αυτό αποτελεί την ένταση πεδίου που αναμένεται σε μία απόσταση περίπου 23 km από έναν πομπό 10 kW με ενεργό ύψος 300 m. Είναι σχετικά σαφές ότι πρέπει να εγκατασταθούν δέκτες σταθμών βάσης και να προσαρμοστούν τα χαρακτηριστικά των κεραιών, ούτως ώστε να αποφευχθούν τέτοιου είδους παρεμβολές γειτονικού καναλιού από τοπικούς δέκτες DTT. Επιπρόσθετα, φαίνεται πολύ πιθανό ότι, εάν αναπτυχθεί μία προτυποποίηση για χρήση σε αυτή τη ζώνη συχνοτήτων, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη βελτίωση του φιλτραρίσματος του δέκτη σταθμού βάσης.

Το πρόβλημα της ομοδιαυλικής παρεμβολής από απομακρυσμένους πομπούς ίσως είναι δυσκολότερο να αποφευχθεί, παρόλο που τέτοιου είδους παρεμβολές παρατηρούνται μόνο για ένα μικρό ποσοστό του χρόνου. Το κατώφλι παρεμβολής που προαναφέρθηκε σχετίζεται με μία μείωση του περιθωρίου θορύβου του δέκτη ($I/N = -10$ dB) κατά 0.4 dB. Για βραχείες τροποσφαιρικές παρεμβολές, είναι πιθανόν αυτός ο περιορισμός να μπορεί να μειωθεί έως και 0 dB I/N . Παρόλα αυτά, οι συζητήσεις μεταξύ εταιρειών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως παρουσιαστούν μη αποδεκτές ελλείψεις στην κάλυψη. Με συνέπεια προς το εύρος ζώνης του DTT, το όριο ομοδιαυλικής παρεμβολής για έναν δέκτη σταθμού βάσης είναι $13.6 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}$.

- Κινητά τερματικά UMTS 500

Τα κινητά τερματικά (MS) θα είναι επίσης ευάλωτα σε παρεμβολή γειτονικού καναλιού. Τα ισοδύναμα υποτιθέμενα χαρακτηριστικά είναι:

- Τυπικός κινητός σταθμός (MS) εκπομπής ERP: 100mW
- Υποτιθέμενο κέρδος κεραίας MS: -7dBd
- Επίπεδο θορύβου δέκτη MS: - 99 dBm/3.84 MHz (-103.8dBm/MHz)
- MS ευαισθησία δέκτη: -117 dBm/3.84 MHz (-122.8 dBm/MHz)
- MS κατώφλι παρεμβολής: -105 dBm/ 3.84MHz (-110.8dBm/MHz)
- MS Adjacent channel selectivity (ACS): 33dB

Η ένταση πεδίου που ανταποκρίνεται στο κατώφλι παρεμβολής στα 600 MHz είναι $24.9 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}\text{MHz}^{-1}$. Η τιμή της επίδοσης ACS υποδηλώνει ότι μπορεί να ανεχτεί ένταση πεδίου γειτονικού καναλιού περίπου $58 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}\text{MHz}^{-1}$, ή $67 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}$ από έναν πομπό με 8 MHz ονομαστικό εύρος ζώνης. Επιτρέποντας απώλειες λόγω ύψους 10 dB, αυτό αντιστοιχεί σε μία απόσταση 21 km από έναν κύριο σταθμό εκπομπής DTT. Αυτές οι απαιτήσεις διαχωρισμού φαίνονται αυστηρές, ειδικά όταν συγκρίνονται με αυτές που αφορούν το δέκτη σταθμού βάσης (22 km), αλλά οφείλεται στη χαμηλότερη τιμή επίδοσης ACS του κινητού δέκτη και την έλλειψη επιλογής με βάση την πόλωση.

Από την άλλη μεριά, όπως έχει προαναφερθεί, ένας DTT δέκτης μπορεί να προσφέρει στη χειρότερη περίπτωση λόγο προστασίας γειτονικού καναλιού -25 dB. Για μία 64-QAM υπηρεσία, το μέσο επιθυμητό σήμα θα είναι $53 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}$ στα σύνορα της κάλυψης, επιτρέποντας μία παρεμβαλλόμενη ισχύ πεδίου $78 \text{ dB}\mu\text{V}\text{m}^{-1}7.6 \text{ MHz}^{-1}$.

Για ένα κινητό τερματικό MS στην εγγύς περιοχή ενός DTT νοικοκυριού με οπτική επαφή στην κεραία στη στέγη του σπιτιού, αντιστοιχεί μία απαιτούμενη απόσταση διαχωρισμού περίπου 300 m.

Αυτό αποτελεί το χειρίστο δυνατό σενάριο, όπου ,στις περισσότερες περιπτώσεις: α) ο DTT δέκτης δε θα βρίσκεται στα σύνορα κάλυψης και β) θα υπάρχει έως και 16 dB κατευθυντικότητα κεραίας ή θα είναι διαθέσιμη η επιλογή με βάση την πόλωση. Μία επιπρόσθετη απόρριψη των 16 dB θα μείωνε την απαιτούμενη απόσταση διαχωρισμού στα 45 m, το οποίο αντιπροσωπεύει ένα ανεκτό ρίσκο, σε περιοχές όπου η χρήση του UMTS δεν είναι πυκνή.

Οι ίδιοι υπολογισμοί για την περίπτωση παρεμβολής «image καναλιού» (ο παρεμβολέας βρίσκεται σε μία συχνότητα 9 καναλιών πάνω από αυτό στο οποίο ο DTT δέκτης είναι συντονισμένος) δίνουν αποστάσεις διαχωρισμού 110 m και 18 m αντίστοιχα.

Για παρεμβολή γειτονικού καναλιού σε άλλες κυψελωτές/BWA υπηρεσίες και χρησιμοποιώντας το μοντέλο διάδοσης Okumura-Hata, μία απόσταση διαχωρισμού των 2.2 km είναι απαραίτητη για ένα δέκτη σταθμού βάσης και περίπου 350 m για άλλο κινητό τερματικό. Η τελευταία τιμή συγκεκριμένα θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με επιφύλαξη, καθώς η διάδοση σε αυτές τις αποστάσεις θα καθορίζεται ολοκληρωτικά από συγκεκριμένα τοπικά χαρακτηριστικά. Είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε ότι κινητά τερματικά που ίσως να έχουν οπτική επαφή μεταξύ τους, μπορεί να μην είναι δυνατό να διαμοιράζονται.. Αυτό ίσως αποτελέσει πρόβλημα εάν οι TDD υπηρεσίες πρόκειται να χρησιμοποιήσουν γειτονικά κανάλια χωρίς χρονικό συγχρονισμό.

3. Εργασίες των συνεδρίων RRC-06 και WRC-07

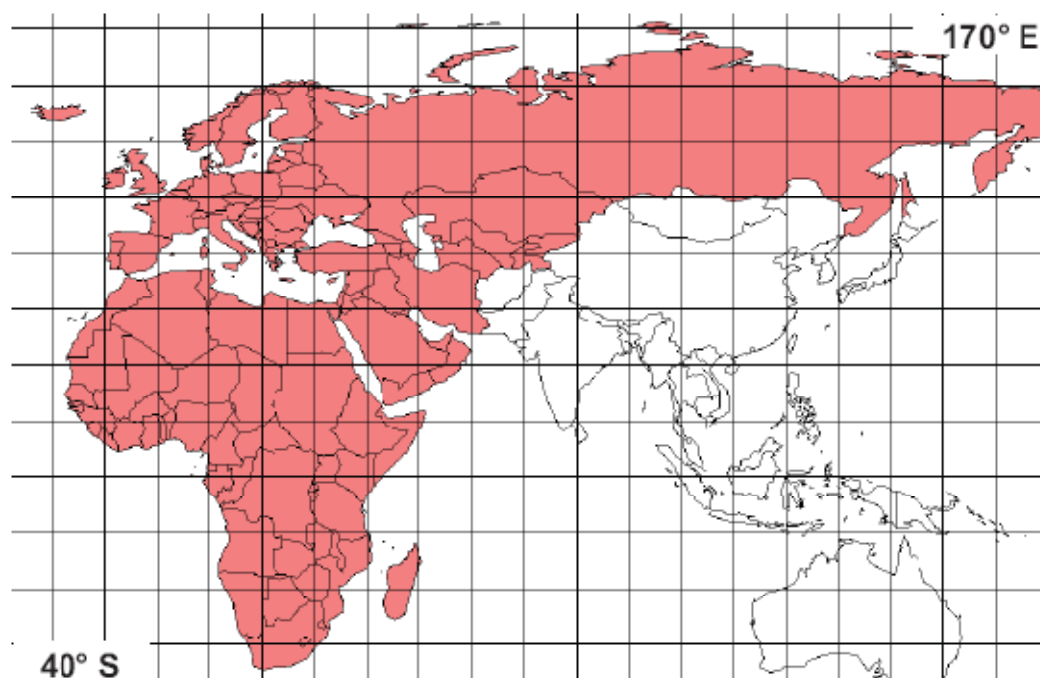
3.1 RRC-06



Σχήμα 3.1: RRC-06

3.1.1 Γενικά

Το πλάνο για την κατανομή των συχνοτήτων που διενεργήθηκε στη Γενεύη το 2006 (Geneva 2006) είχε σκοπό να αντικαταστήσει το αντίστοιχο πλάνο της Στοκχόλμης του 1961, παρέχοντας για τις ψηφιακές υπηρεσίες T-DAB και DVB-T το απαραίτητο φάσμα στις ζώνες συχνοτήτων VHF και UHF (Ζώνες συχνοτήτων III και IV/V) στο μεγαλύτερο μέρος της Περιοχής 1 (Region 1), που απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 3.2: Μέρη της Περιοχής 1 (Region 1) που θα εφαρμοστεί η κατανομή συχνοτήτων της Geneva 2006

Η συμφωνία της Στοκχόλμης '61 (ST61), η οποία είναι ένας σχεδιασμός εκχώρησης συχνοτήτων για την αναλογική τηλεόραση, αποτέλεσε τη βάση για την εξέλιξη της ψηφιακής τηλεόρασης στην Ευρωπαϊκή Περιοχή Ευρυεκπομπής (European Broadcasting Area – EBA) για τα τελευταία 45 χρόνια.

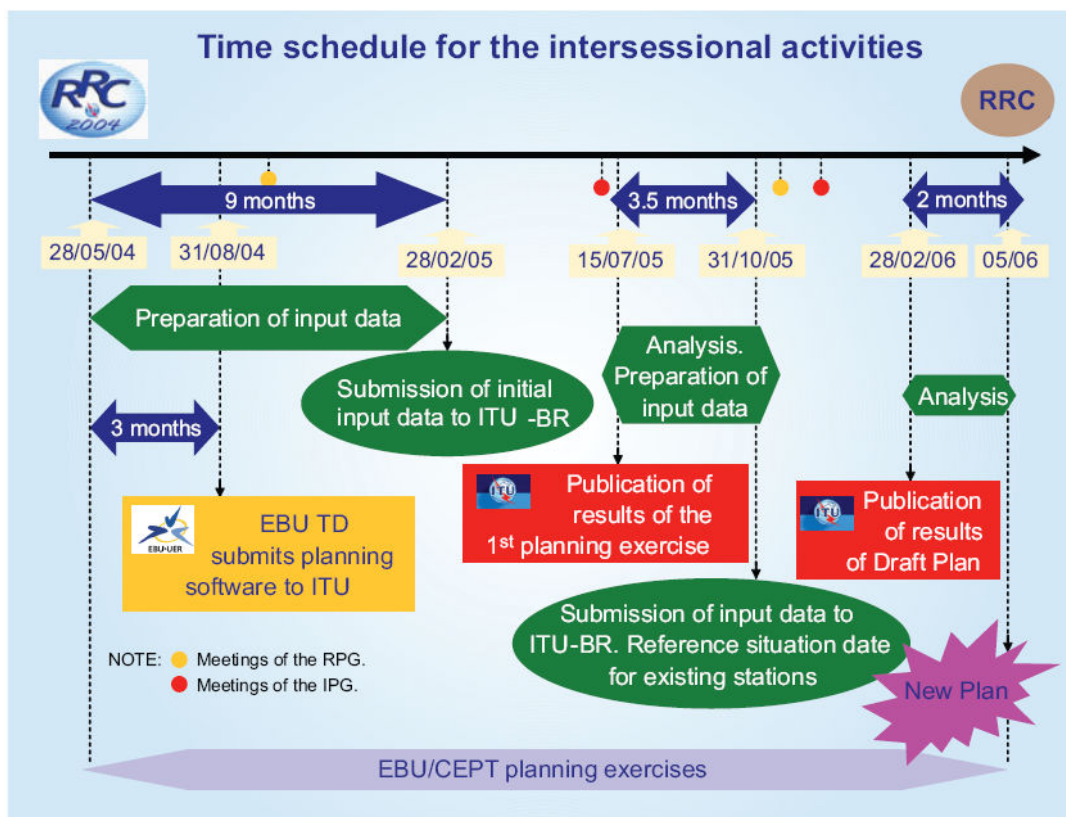
Στο μεσοδιάστημα, η ψηφιακή τεχνολογία έχει κάνει άλματα προόδου, ειδικά τις δύο τελευταίες δεκαετίες. Η ψηφιακή ευρυεκπομπή (DVB, DAB για παράδειγμα) υπόσχεται παροχή περισσότερων τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών προγραμμάτων με βελτιωμένη ποιότητα και με αποδοτική χρήση του διαθέσιμου φάσματος ευρυεκπομπής. Δυστυχώς, οι εκχωρήσεις, χρησιμοποιώντας τη νέα ψηφιακή τεχνολογία, δεν προσαρμόζονται εύκολα στη δομή του πλάνου ST61. Γι' αυτό το λόγο, ένα νέο πλάνο εκχώρησης συχνοτήτων φάνηκε να είναι απαραίτητο.

Μετά από πολλές διαβουλεύσεις, κατά τη διάρκεια συνόδων της ITU την περίοδο 2001-2003, το συμβούλιο της ITU αποφάσισε να διοργανώσει ένα σχετικό RRC (Regional Radiocommunication Conference) για το σχεδιασμό ψηφιακών επίγειων υπηρεσιών ευρυεκπομπής στην Περιοχή 1 (βλ. Σχήμα 3.2) και στην Ισλαμική Δημοκρατία του Ιράν, στις ζώνες συχνοτήτων 174-230 MHz και 470-862 MHz, σε δύο συνέδους.

Η πρώτη σύνοδος, RRC-04 (έλαβε χώρα στη Γενεύη το Μάιο του 2004), καθιέρωσε την τεχνική βάση (κριτήρια και παράμετροι σχεδιασμού) για το νέο πλάνο π.χ. η εφαρμογή του DVB-T και T-DAB στη ζώνη συχνοτήτων III και η εφαρμογή του DVB-T στις ζώνες IV/V. Η δεύτερη σύνοδος RRC-06, η οποία έλαβε χώρα στη Γενεύη από τις 15 Μαΐου έως τις 16 Ιουνίου 2006, υιοθέτησε μία νέα συμφωνία που περιελάμβανε το σχετικό σχεδιασμό εκχώρησης συχνοτήτων.

Η RRC-04 αποτέλεσε μόνο το προλόγιο για πραγματική μελέτη σχεδιασμού, η οποία ολοκληρώθηκε στο RRC-06. Κατά τη διάρκεια των δύο αυτών ετών, η οποία ονομάστηκε «διασυνοδική περίοδος» (Intersessional period), διενεργήθηκαν πολλές εργασίες από τους οργανισμούς ITU (International Telecommunications Union), EBU (European Broadcasting Union) και CEPT (European Conference of Postal and

Telecommunications Administrations). Παρακάτω παρατίθεται σχήμα που απεικονίζει τις εργασίες που έγιναν κατά τη «διασυνοδική περίοδο».



Σχήμα 3.3: Πρόγραμμα εργασιών κατά τη διασυνοδική περίοδο

Η ITU ίδρυσε ομάδες εργασίας για να αντιμετωπίσει το μεγάλο αριθμό των εργασιών για την προετοιμασία του RRC-06. Αντικείμενο των ομάδων εργασιών ήταν η ανάπτυξη πρόχειρων σχεδίων (draft plans) κατά τη διάρκεια της διασυνοδικής περιόδου, λαμβάνοντας υπόψη τις αμφίπλευρες και πολυμερείς διαπραγματεύσεις μεταξύ των διοικήσεων των κρατών, και η αντιμετώπιση διαδικαστικών ζητημάτων που σχετίζονται με τα σχετικά μέρη της ατζέντας της RRC-06.

Η EBU, έπειτα από απόφαση της πρώτης συνόδου RRC-04, συνετέλεσε στην ανάπτυξη και εξέλιξη του λογισμικού υπολογισμού της κατανομής συχνοτήτων, με τη βοήθεια του τεχνικού της τμήματος. Το λογισμικό εισαγωγής δεδομένων και ελέγχου αξιοπιστίας δεδομένων και το λογισμικό παρουσίασης των αποτελεσμάτων των υπολογισμών τα ανέλαβε η ITU.

Ο οργανισμός CEPT διενήργησε εργασίες σχεδιασμού, κατά τη διασυνοδική περίοδο, με έμφαση στους αμφίπλευρους και πολυμερείς συντονισμούς μεταξύ των διοικήσεων των κρατών-μελών, καθώς και στην καθιέρωση σωστών δεδομένων για τις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες ευρυεκπομπής και τις σχετικές υπηρεσίες μη ευρυεκπομπής.

3.1.2 Ανάλυση συμβατότητας

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού, ήταν απαραίτητη η ανάλυση συμβατότητας και κατά τη διάρκεια της διασυνοδικής περιόδου αλλά και κατά τη διάρκεια του RRC-06, προκειμένου να καθοριστεί η απαιτούμενη προστασία, π.χ. για να καθοριστεί ποιες ψηφιακές υπηρεσίες μπορούν ή όχι να μοιράζονται κάποιο δεδομένο κανάλι και ποιες μπορούν ή όχι να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε κανάλι. Αυτό περιλαμβάνει υπολογισμούς μεταξύ των ψηφιακών απαιτήσεων καθώς επίσης και μεταξύ των ψηφιακών απαιτήσεων και άλλων βασικών υπηρεσιών που προστατεύονται από το νέο πλάνο.

3.1.3 Αποτελέσματα σχεδιασμού της RRC-06

118 αρμόδιες αρχές κρατών κατέθεσαν τις ψηφιακές τους απαιτήσεις. Αρχικά, είχαν συμπεριληφθεί 120 αρμόδιες αρχές κρατών, αλλά οι Σεϋχέλλες και η Ισλανδία αργότερα δήλωσαν ότι δε θα ήθελαν να συμπεριληφθούν στη διαδικασία σχεδιασμού. Η περιοχή σχεδιασμού φαίνεται στο Σχήμα 3.2.

3.1.3.1 Συχνότητες

Η ζώνη συχνοτήτων 174-230 MHz (ζώνη συχνοτήτων III) υποδιαιρείται, αναλόγως με τη χώρα, σε 7 ή 8 DVB-T κανάλια με 8 ή 7 MHz εύρος ζώνης αντίστοιχα. Η ίδια ζώνη συχνοτήτων υποδιαιρείται σε 32 T-DAB blocks με εύρος ζώνης 1.75 MHz. Η ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz (ζώνες IV/V) υποδιαιρείται σε 49 κανάλια με εύρος ζώνης 8 MHz.

3.1.3.2 Διαδικασία σχεδιασμού

Η διαδικασία σχεδιασμού συνεχίστηκε κατά τη διάρκεια ολόκληρης της διασυνοδικής περιόδου και επιταχύνθηκε κατά τη διάρκεια των 5 εβδομάδων της RRC-06. Αποτελείται από επιτυχείς επαναλήψεις σχεδιασμού: δύο επαναλήψεις διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια της διετούς διασυνοδικής περιόδου και τέσσερις επαναλήψεις διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια του RRC-06.

Για κάθε επανάληψη, οι αρμόδιες αρχές των κρατών κατέθεσαν τις ψηφιακές τους απαιτήσεις και στη συνέχεια διενεργήθηκαν υπολογισμοί με το λογισμικό σχεδιασμού προκειμένου να ικανοποιήσουν το μέγιστο αριθμό αυτών των απαιτήσεων. Επιπρόσθετα με τις ψηφιακές απαιτήσεις, κατατέθηκαν στις «δηλώσεις των διοικήσεων» (Administrative declarations) οι αμφίπλευρες και πολυμερείς συμφωνίες που πάρθηκαν μεταξύ των αρμόδιων αρχών των κρατών. Αυτές οι δηλώσεις συχνά υποδείκνυαν ότι ενδιαφερόμενες διοικήσεις συμφωνούσαν ότι δύο ή περισσότερες ψηφιακές απαιτήσεις μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο κανάλι, παρόλο που η ανάλυση συμβατότητας μπορεί να έδειχνε ότι υπήρχε παρεμβολή μεταξύ τους.

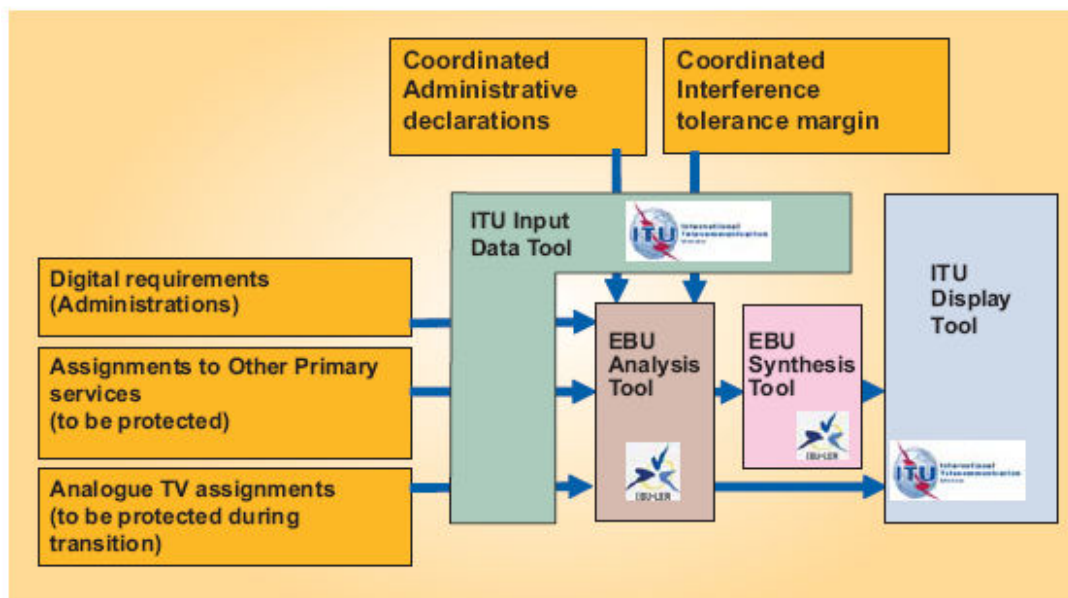
Κατά τη διάρκεια του RRC-06, χρησιμοποιήθηκε ένας επιπρόσθετος τρόπος μείωσης των περιορισμών σχεδίασης που βασιζόταν στην κοινή δήλωση των διοικήσεων ότι αποδέχονται ένα υψηλότερο επίπεδο παρεμβολής σε σχέση με εκείνο που είχε συμφωνηθεί αρχικά. Μία αύξηση έως και 5 dB του αποδεκτού επιπέδου παρεμβολής

συμφωνήθηκε μεταξύ κάποιων αρμοδίων αρχών. Αυτές οι κοινές δηλώσεις αφορούσαν κυρίως περιοχές, όπου οι αρμόδιες αρχές δεν είχαν συντονίσει τις απαιτήσεις κατά τη διάρκεια της διασυνοδικής περιόδου και δεν ήταν σε θέση να διενεργήσουν λεπτομερή συντονισμό στο σχετικά μικρό χρόνο του συνεδρίου.

Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν σαν είσοδοι στο λογισμικό σχεδιασμού οι εκχωρήσεις στην αναλογική τηλεόραση και στις άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες, για τις οποίες οι ενδιαφερόμενες αρμόδιες αρχές απαιτούσαν προστασία. Παρόλα αυτά, κοντά στην έναρξη του συνεδρίου, οι διοικήσεις συμφώνησαν να αγνοήσουν την προστασία της αναλογικής τηλεόρασης στη διαδικασία σχεδιασμού, διασφαλίζοντας, όμως την προστασία της κατά τη διάρκεια της φάσης εφαρμογής.

Μία επιπρόσθετη ανάλυση συμβατότητας μεταξύ του τελικού ψηφιακού σχεδιασμού και του αναλογικού σχεδιασμού διενεργήθηκε μετά την τελευταία επανάληψη. Αυτό επέτρεψε την αναγνώριση ψηφιακών εκχωρήσεων που υπόκεινται σε συντονισμό μεταξύ γειτονικών διοικήσεων, προκειμένου να διασφαλίσουν την προστασία της αναλογικής τους τηλεόρασης.

Το διάγραμμα ροής που ακολουθεί απεικονίζει τις κύριες λειτουργίες του λογισμικού σχεδίασης:



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα ροής του λογισμικού σχεδίασης

3.1.3.3 Το πλάνο συχνοτήτων

Τα αποτελέσματα κάθε επανάληψης αξιολογήθηκαν με βάση την αναλογία των εκχωρημένων απαιτήσεων σε σχέση με τις αρχικές απαιτήσεις. Οι πίνακες παρακάτω δείχνουν την εξέλιξη των αποτελεσμάτων από την πρώτη έως και την τέταρτη επανάληψη που διενεργήθηκε κατά τη διάρκεια του RRC-06.

Band III

	Fourth Iteration			Third Iteration			Second Iteration			First Iteration		
	T-DAB	DVB-T	Total	T-DAB	DVB-T	Total	T-DAB	DVB-T	Total	T-DAB	DVB-T	Total
Total	8817	7411	16228	9061	7309	16370	10446	8402	18848	10755	8341	19096
Assigned	8379	6703	15082	8037	5745	13782	8151	5599	13750	7502	4831	12333
%Assigned	95.0	90.4	92.9	88.7	78.6	84.2	78.0	66.6	73.0	69.8	57.9	64.6

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα των 4 επαναλήψεων για τη ζώνη συχνοτήτων III

Bands IV/V

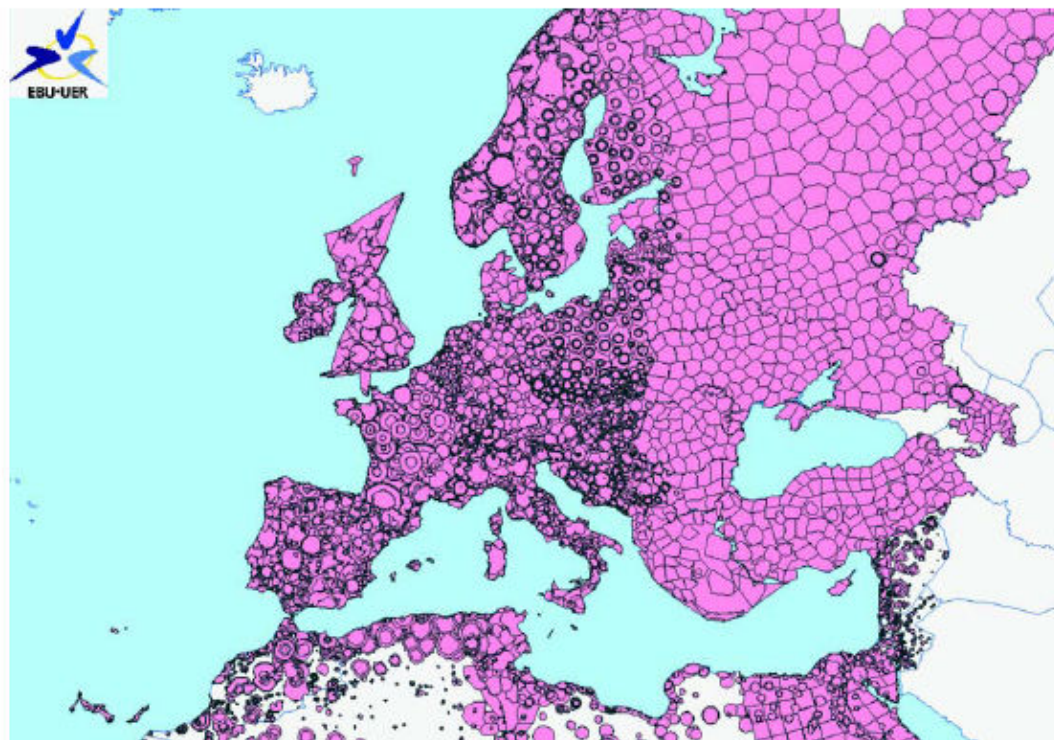
DVB-T	Fourth Iteration	Third iteration	Second Iteration	First Iteration
Total	56533	55876	60227	62692
Assigned	55409	52229	51222	46333
% assigned	98.0	93.5	85.0	73.9

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα των 4 επαναλήψεων για τις ζώνες συχνοτήτων IV/V

Η διαδικασία σχεδιασμού του RRC-06 παράγαγε 3 σειρές αποτελεσμάτων:

- Ένα ψηφιακό πλάνο αποτελούμενο από:
 - Πλάνο εκχωρήσεων T-DAB
 - Πλάνο καταμερισμού T-DAB
 - Πλάνο εκχωρήσεων DVB-T
 - Πλάνο καταμερισμού DVB-T
- Ένα πλάνο εκχώρησης συχνοτήτων για την αναλογική τηλεόραση ευρυεκπομπής στις σχετικές ζώνες συχνοτήτων κατά την περίοδο μετάβασης.
- Μία σειρά εκχωρήσεων σε άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες στις σχετικές ζώνες συχνοτήτων.

Οι καταμερισμοί και εκχωρήσεις που προέκυψαν από το σχεδιασμό για την περιοχή της κεντρικής Ευρώπης δείχνονται στο παρακάτω σχήμα για όλες τις ζώνες συχνοτήτων.



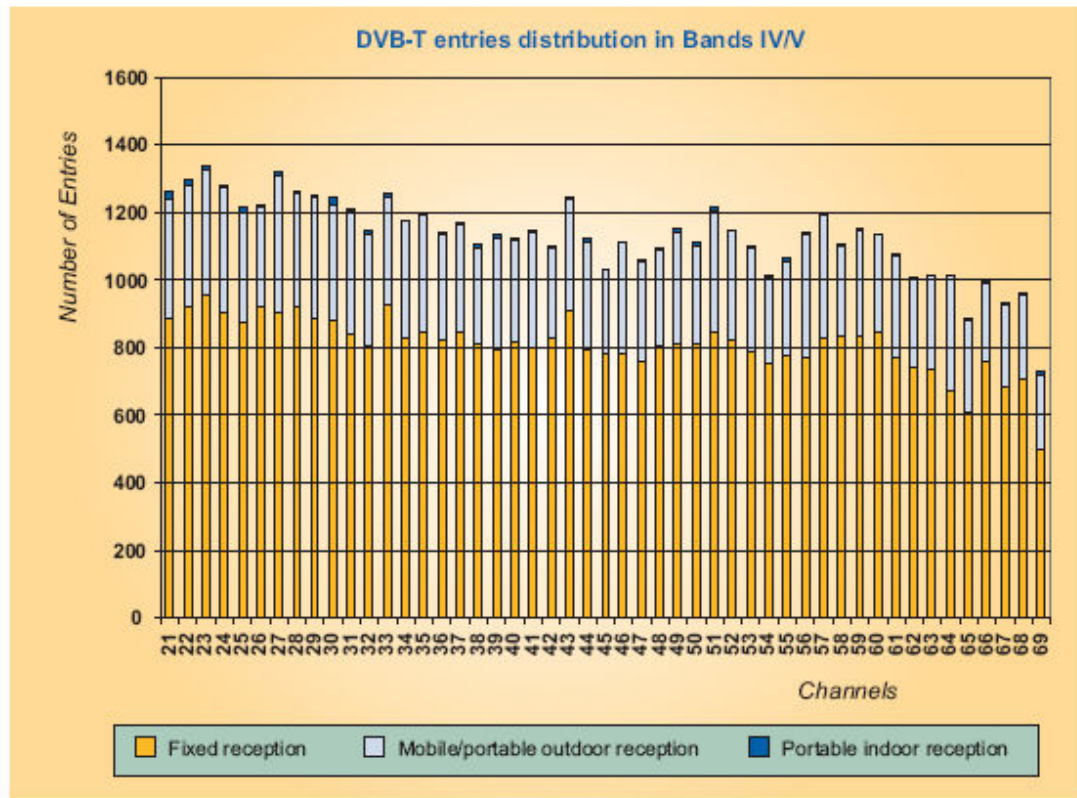
Σχήμα 3.5: Γενική όψη του καταμερισμού / εκχωρήσεων που συμφωνήθηκαν για τις ζώνες συχνοτήτων III και IV/V στην Ευρώπη και στις γειτονικές χώρες

Σύμφωνα με αυστηρές εκτιμήσεις, η πλειοψηφία των ευρωπαϊκών κρατών θα αποκτήσουν 7 δίκτυα εθνικής κάλυψης για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση στις ζώνες συχνοτήτων IV/V και 1 στη ζώνη συχνοτήτων III. Σε μερικά σημεία των συνόρων τους, μερικές χώρες θα αποκτήσουν ένα συγκεκριμένο αριθμό επιπλέον δικτύων τοπικής κάλυψης.

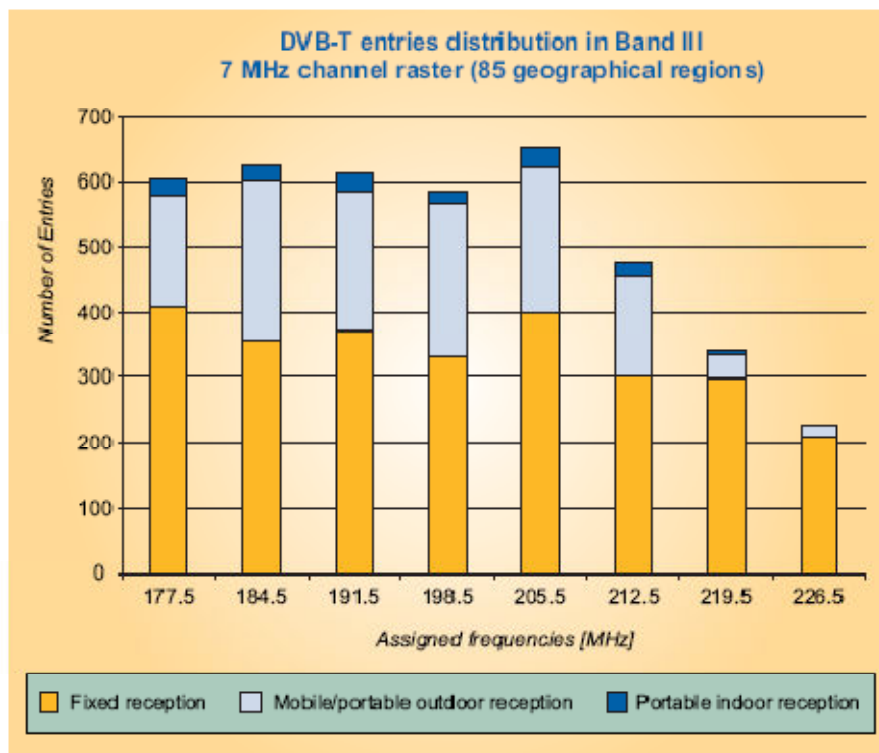
Για το T-DAB στη ζώνη συχνοτήτων III η πλειονότητα των ευρωπαϊκών χωρών θα αποκτήσει έναν παραπάνω από ικανοποιητικό αριθμό δικτύων εθνικής κάλυψης και μερικές από αυτές θα αποκτήσουν επιπλέον δίκτυα τοπικής κάλυψης σε μέρη των συνόρων τους.

3.1.3.4 Χρησιμοποίηση καναλιού

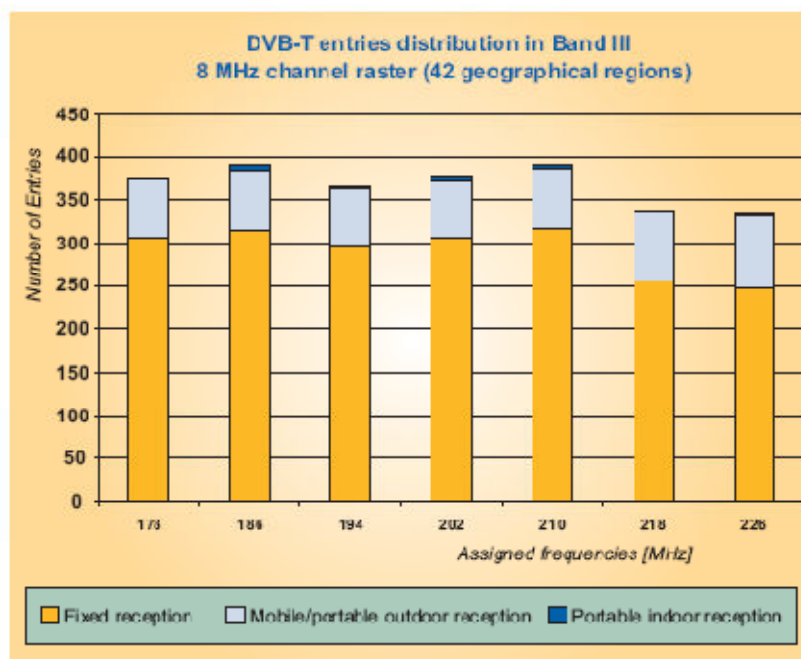
Το επίπεδο χρησιμοποίησης ενός συγκεκριμένου καναλιού μπορεί να οριστεί από έναν αριθμό απαιτήσεων, οι οποίες έχουν ανατεθεί στο δεδομένο κανάλι, όπως φαίνεται και στα παρακάτω σχήματα:



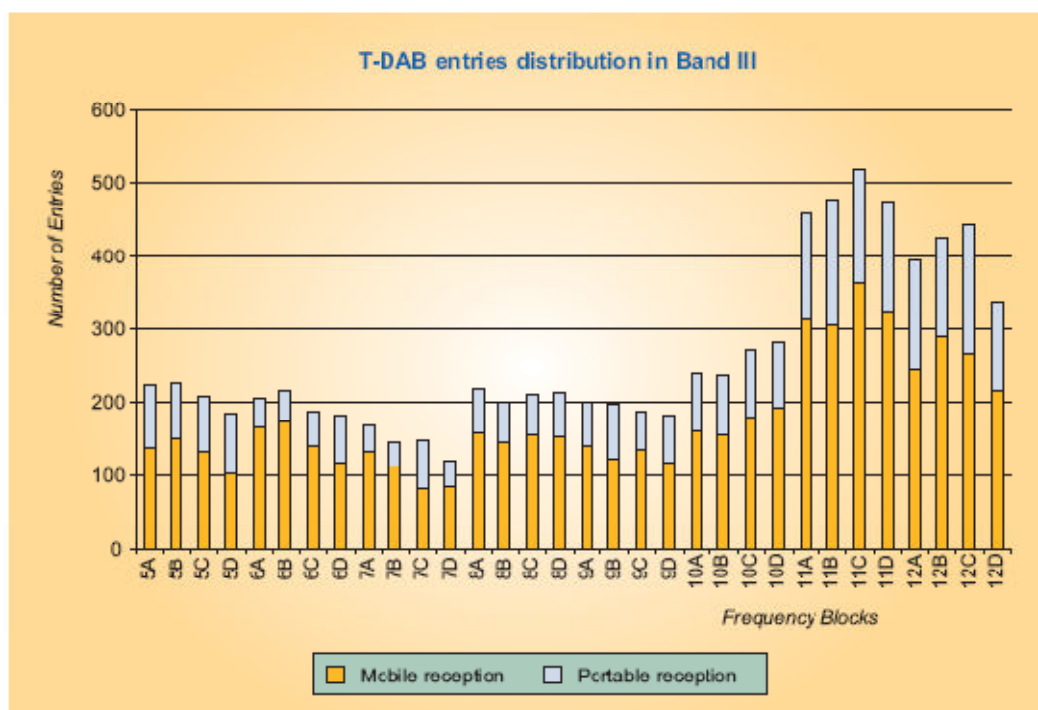
Σχήμα 3.6: Ένδειξη της χρησιμοποίησης ενός καναλιού στις ζώνες συχνοτήτων IV/V για DVB-T και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού



Σχήμα 3.7: Ένδειξη χρησιμοποίησης ενός καναλιού στη ζώνη συχνοτήτων III για DVB-T σε χώρες που χρησιμοποιούν κανάλια των 7 MHz και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού



Σχήμα 3.8: Ένδειξη χρησιμοποίησης ενός καναλιού στη ζώνη συχνοτήτων III για DVB-T σε χώρες που χρησιμοποιούν κανάλια των 8 MHz και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού



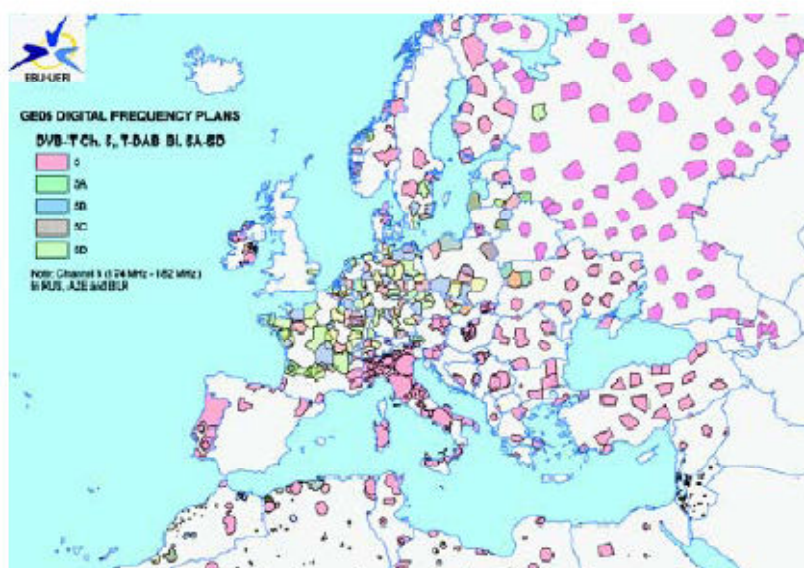
Σχήμα 3.9: Ένδειξη της χρησιμοποίησης ενός καναλιού στη ζώνη συχνοτήτων III για το T-DAB και για διαφορετικούς τρόπους λήψης σε όλη την περιοχή σχεδιασμού

Τα σχήματα αυτά αποτελούν μία πρώτη ένδειξη ότι κάποιες καταχωρήσεις στο πλάνου του RRC-06 συνδέονται μεταξύ τους. Ένας πιο ακριβής υπολογισμός απαιτεί γεωγραφική ανάλυση των περιοχών που καλύπτονται από τις καταμερισμένες και εκχωρημένες συχνότητες του ίδιου καναλιού. Τα παραπάνω σχήματα δείχνουν ότι:

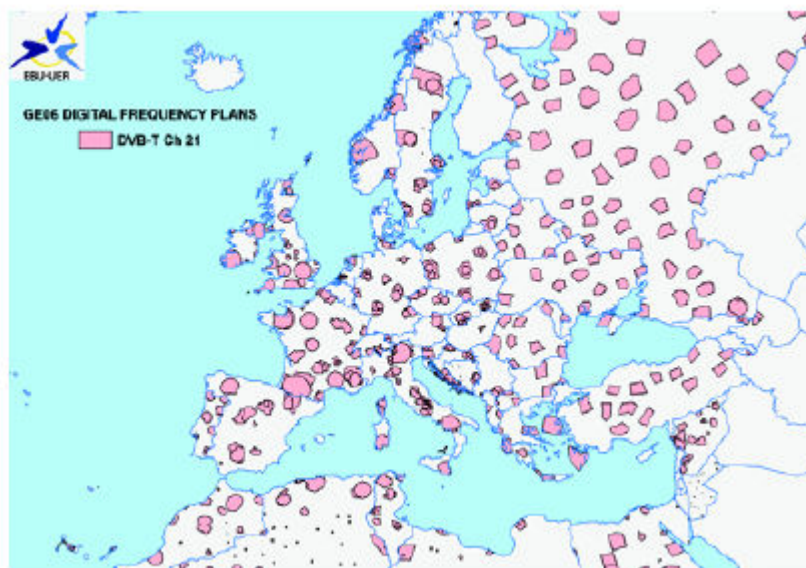
- Η σταθερή λήψη αντιπροσωπεύει το κύριο ποσοστό των απαιτήσεων του DVB-T σε όλες τις θεωρούμενες ζώνες συχνοτήτων.
- Η φορητή λήψη εσωτερικού χώρου αντιπροσωπεύει ένα μικρό ποσοστό των απαιτήσεων, σχεδόν μηδενικό σε σύγκριση με τους άλλους δύο τρόπους λήψης.
- Η κινητή λήψη του T-DAB αντιπροσωπεύει το κύριο ποσοστό απαιτήσεων για το T-DAB.
- Η χρησιμοποίηση καναλιού στις ζώνες συχνοτήτων IV/V είναι υψηλότερη στις χαμηλότερες συχνότητες. Μία αξιοσημείωτη μείωση στη χρησιμοποίηση καναλιού ξεκινάει από το κανάλι 61. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η ζώνη συχνοτήτων 790-862 MHz σε πολλές χώρες έχει εκχωρηθεί σε άλλες βασικές υπηρεσίες (κινητές, σταθερές κλπ.).
- Η χρησιμοποίηση της ζώνης συχνοτήτων III για το DVB-T σε χώρες που χρησιμοποιούν κανάλι 7 MHz είναι χαμηλότερη στα τελευταία 3 κανάλια από ότι στα άλλα. Αυτό έχει αντίκτυπο περισσότερο στις 46 χώρες που έχουν προσχωρήσει στο CEPT. Σε αυτές τις χώρες, το άνω κομμάτι της ζώνης συχνοτήτων III χρησιμοποιείται κυρίως για το T-DAB (block 11A έως 12D όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.9).

Η χρησιμοποίηση καναλιού μπορεί, επίσης, να παρουσιαστεί χρησιμοποιώντας χάρτες με τις περιοχές όπου έχουν γίνει ο καταμερισμός και οι εκχωρήσεις των συχνοτήτων. Ως παράδειγμα, ακολουθούν τα παρακάτω σχήματα που αναπαριστούν τους χάρτες των δύο ακολούθων περιπτώσεων:

- Στη ζώνη συχνοτήτων III, το κανάλι 5 (ή το κανάλι 6 στη Ρωσία και στις όμορες χώρες) και το block 5A έως 5D (Σχήμα 3.10).
- Στις ζώνες συχνοτήτων IV/V, το κανάλι 21. (Σχήμα 3.11).



Σχήμα 3.10: Χάρτης του πλάνου καταχωρήσεων για το T-DAB που χρησιμοποιούν το μπλοκ 5A έως 5D και του πλάνου καταχωρήσεων για το DVB-T στο εύρος συχνοτήτων 174-182 MHz (στο κανάλι 5 με καναλοποίηση των 7 MHz και στο κανάλι 6 με καναλοποίηση 8 MHz) στην Ευρώπη και στις γειτονικές χώρες



Σχήμα 3.11: Χάρτης του πλάνου καταχωρήσεων για το DVB-T στη UHF ζώνη συχνοτήτων στο κανάλι 21 στην Ευρώπη και στις γειτονικές χώρες

3.1.3.5 Περιορισμοί

Κατά τη διάρκεια του RRC-06 και προκειμένου να ικανοποιηθεί ο μεγάλος αριθμός απαιτήσεων ψηφιακής ευρυεκπομπής, ήταν απαραίτητο να γίνουν συμβιβασμοί. Για παράδειγμα:

- Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σχεδιασμού, δε λήφθηκε υπόψη η παρεμβολή μεταξύ αναλογικής και ψηφιακής ευρυεκπομπής. Αυτού του είδους η προστασία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου.
- Αρκετές απαιτήσεις που είχαν ικανοποιηθεί έπρεπε να υποστούν συντονισμό και χρονικούς περιορισμούς εξαιτίας του εξαιρετικά μεγάλου αριθμού των απαιτήσεων των αρμόδιων αρχών των κρατών κατά τη διάρκεια και των 4 επαναλήψεων της διαδικασίας σχεδιασμού. Σκοπός της ενέργειας αυτής ήταν να υπερκεραστούν οι υπολογισμένες ασυμβατότητες. Ο συντονισμός αυτός και οι χρονικοί περιορισμοί περιλαμβάνουν τις απαιτήσεις της ψηφιακής ευρυεκπομπής και άλλων βασικών υπηρεσιών.

Συμπερασματικά, πολλές από τις απαιτήσεις ψηφιακής ευρυεκπομπής έχουν την ανάγκη να συντονιστούν, προτού εφαρμοστούν πλήρως, ενώ πολλές από αυτές δεν μπορούν να εφαρμοστούν καθόλου στο κοντινό μέλλον, τουλάχιστον πριν το τέλος της μεταβατικής περιόδου ή και ποτέ.

Στον ψηφιακό σχεδιασμό μπορούν να εμφανιστούν 3 τύποι επισημάνσεων για κάθε είσοδο σε αυτόν:

Επισημάνση 1: Η επισημάνση αυτή δείχνει ότι η είσοδος στον ψηφιακό σχεδιασμό θα πρέπει να συντονιστεί σε σχέση με την προστασία της αναλογικής τηλεόρασης σε μερικά κράτη πριν την εφαρμογή του.

Επισημάνση 2: Η επισημάνση αυτή δείχνει ότι η είσοδος στον ψηφιακό σχεδιασμό υπόκειται, ανάλογα με την περίπτωση, στις δηλώσεις των διοικήσεων κρατών σχετικά με τις ψηφιακές τους καταχωρήσεις και, γι' αυτό το λόγο, πρέπει να υποστούν συντονισμό πριν την εφαρμογή τους.

Επισημάνση 3: Η επισημάνση αυτή δείχνει ότι η είσοδος στον ψηφιακό σχεδιασμό υπόκειται στις κατά περίπτωση δηλώσεις των διοικήσεων των κρατών σε σχέση με τις άλλες βασικές υπηρεσίες τους και ως εκ τούτου πρέπει να υποστούν συντονισμό πριν την εφαρμογή τους.

Επιπρόσθετα με τις εισόδους στον ψηφιακό σχεδιασμό, που είναι υποκείμενες στις παραπάνω επισημάνσεις, καταχωρήσεις που δεν υφίστανται επισημάνσεις υπόκεινται σε αμφίπλευρες συμφωνίες μεταξύ γειτονικών κρατών. Τέτοιου είδους συμφωνίες μπορεί να περιέχουν συνθήκες για την εφαρμογή του ψηφιακού σχεδιασμού, όπως, για παράδειγμα, τα όρια της εξαγόμενης παρεμβολής από ένα πραγματικό δίκτυο ή το μέγιστο αποδεκτό όριο ληφθείσας παρεμβολής. Προτού οι πάροχοι και οι χειριστές δικτύων ξεκινήσουν το σχεδιασμό πραγματικών δικτύων, είναι σημαντικό να αποκτήσουν πρόσβαση σε όλες τις αμφίπλευρες συμφωνίες, που μπορεί να είναι σχετικές, προκειμένου να εκτιμήσουν τις επιπτώσεις των συμφωνιών.

3.1.3.6 Εξασφάλιση συνέχειας της ευρυεκπομπής

Μακροπρόθεσμα, η ψηφιακή ευρυεκπομπή αναμφίβολα θα αντικαταστήσει πλήρως την αναλογική ευρυεκπομπή. Το RRC είχε σκοπό να επιταχύνει αυτό το φαινόμενο όσο το δυνατό γρηγορότερα στις ζώνες συχνοτήτων III και IV/V. Παρόλα αυτά, για πρακτικούς λόγους, η μετάβαση δεν μπορεί να γίνει στιγμιαία, ακόμη και με την παρουσία του πλάνου GE06 εξαιτίας των δυσκολιών που προαναφέρθηκαν.

Καθώς οι ψηφιακοί σταθμοί θα αυξάνονται σταδιακά και τα ψηφιακά δίκτυα θα αναπτύσσονται συνεχώς, είναι πιθανόν να εφαρμοστούν νέα προγράμματα ευρυεκπομπής και υπηρεσίες. Βεβαίως, ψηφιακοί σταθμοί, οι οποίοι θα αυξάνονται σταδιακά, θα πρέπει να παρέχουν μικρότερη κάλυψη σε σύγκριση με τους αναλογικούς σταθμούς, εξαιτίας της απαιτούμενης προστασίας της αναλογικής ευρυεκπομπής κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου. Όταν οι αναλογικές υπηρεσίες θα τερματιστούν, οι ψηφιακοί σταθμοί θα έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν την κάλυψή τους με την πλήρη εφαρμογή των χαρακτηριστικών τους σύμφωνα με τον ψηφιακό σχεδιασμό ή, αλλιώς, εκπέμποντας σε συχνότητες που θα ελευθερωθούν από τις αναλογικές υπηρεσίες. Ο γενικός σκοπός θα είναι τουλάχιστον να επιτευχθεί αν όχι να ξεπεραστεί η υπάρχουσα παγκόσμια κάλυψη αναλογικής ευρυεκπομπής.

3.1.4 Η μεταβατική περίοδος

Το πλάνο GE06 προσέβλεπε στην τελική παρουσίαση ενός πλήρους ψηφιακού μέλλοντος στις ζώνες συχνοτήτων III και IV/V. Όμως, ο σχεδιασμός κατά το RRC-06 διενεργήθηκε σε ένα μεγάλο του μέρος αγνοώντας την παρεμβολή μεταξύ αναλογικών και ψηφιακών υπηρεσιών. Η απαιτούμενη προστασία αναλογικών υπηρεσιών θα παρεχόταν ούτως ή άλλως κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου,

ενώ, ταυτόχρονα, η ονομαστική παρεμβολή στα ψηφιακά δίκτυα από τις αναλογικές υπηρεσίες αποτελούσε, επίσης, μεγάλο ρίσκο.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος ενός πλήρους ψηφιακού μέλλοντος, θα είναι απαραίτητο αρχικά να μειωθεί και στη συνέχεια να μηδενιστεί ο αριθμός των εκπομπών αναλογικής ευρυεκπομπής. Αυτή η αντικατάσταση των αναλογικών εκπομπών από ψηφιακές εμπεριέχει μια χρονοβόρα διαδικασία. Κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος, ονομαζόμενου και ως μεταβατική περίοδος, θα είναι απαραίτητο να προστατευθούν οι εναπομείνουσες εκχωρήσεις συχνοτήτων του αναλογικού πλάνου, έως ότου διακοπεί η αναλογική ευρυεκπομπή ή μέχρι το τέλος τη μεταβατικής περιόδου που ορίζεται τον Ιούνιο του 2015.

Όσο αναλογικά δίκτυα ευρυεκπομπής και πομποί συνεχίζουν να είναι σε λειτουργία, κι επομένως πρέπει να προστατεύονται, θα είναι δύσκολο για πολλά ψηφιακά δίκτυα να ξεκινήσουν να λειτουργούν ή να εφαρμόσουν τα πλήρη ονομαστικά τους χαρακτηριστικά. Μέρος της δυσκολίας για τη διενέργεια μίας ταχείας μετάβασης αποτελεί η εκτεταμένη παρουσία αναλογικού εξοπλισμού λήψης και η δυσκολία εξοπλισμού των χρηστών με ψηφιακές συσκευές λήψης σε μεγάλη κλίμακα πριν την έναρξη των ψηφιακών εκπομπών.

Η περίπτωση όπου μία ταχεία μετάβαση είναι πιθανή σε μία δεδομένη περιοχή είναι όταν ο αριθμός των αναλογικών επίγειων δεκτών στην περιοχή αυτή είναι αρκετά χαμηλός και όταν υπάρχει επαρκές φάσμα συχνοτήτων για την έναρξη μίας ταυτόχρονης ψηφιακής εκπομπής με ικανοποιητικά μεγάλη κάλυψη. Τότε θα είναι πιθανό να τεθεί μία μικρή περίοδος (κάποιοι μήνες), κατά τη διάρκεια της οποίας οι χρήστες θα μπορούν να αγοράσουν τον ψηφιακό εξοπλισμό λήψης που θα είναι διαθέσιμος στην αγορά.

Οι περιπτώσεις οι οποίες δεν είναι ευνοϊκές για ταχεία μετάβαση είναι εκείνες οι οποίες χαρακτηρίζονται από εκτεταμένη επίγεια αναλογική λήψη ή από έλλειψη φάσματος συχνοτήτων για την έναρξη ταυτόχρονης ψηφιακής εκπομπής με ικανοποιητικού εύρους κάλυψη. Το κύριο κόστος της ψηφιακής αυτής μετάβασης αφορά κυρίως το κοινό, το οποίο δεν πρόκειται να αγοράσει κανένα καινούριο εξοπλισμό αρκετό καιρό πριν την έναρξη της σχετικής υπηρεσίας. Επιπλέον, οι πάροχοι δε θα είναι πρόθυμοι να ασκήσουν πιέσεις τερματίζοντας τις αναλογικές εκπομπές, γεγονός το οποίο θα οδηγούσε σε σημαντικές απώλειες στο κοινό, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα.

Κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου, ίσως είναι πιθανό να εισαχθούν σταδιακά ψηφιακές εκπομπές:

- Ο καταμερισμός και οι ψηφιακές αυτές εκχωρήσεις συχνοτήτων, οι οποίες δεν είναι ασύμβατες με οποιαδήποτε αναλογική εκχώρηση θα μπορούν να εφαρμοστούν όσο σύντομα οι διοικήσεις των κρατών επιθυμούν.
- Ο καταμερισμός και οι ψηφιακές εκχωρήσεις συχνοτήτων, οι οποίες είναι ασύμβατες με οποιαδήποτε αναλογική εκχώρηση θα μπορούν εν μέρει να εφαρμοστούν όσο σύντομα οι διοικήσεις των κρατών επιθυμούν. Για έναν καταμερισμό συχνοτήτων, αυτό μπορεί να σημαίνει εφαρμογή λιγότερων εκχωρήσεων από ότι απαιτείται για πλήρη κάλυψη και για τις σχετικές εκχωρήσεις συχνοτήτων αυτό θα μπορούσε να σημαίνει μειωμένο ERP ή ενεργό ύψος κεραίας εκπομπής ή ένα περιορισμένο πρότυπο ακτινοβολίας, προκειμένου να μειωθεί η παρεμβολή στην αναλογική ευρυεκπομπή ή σε άλλες βασικές υπηρεσίες σε ένα αποδεκτό επίπεδο.

- Καθώς εισάγονται όλο και περισσότερες ψηφιακές εκπομπές, η ανάγκη για αναλογικές εκπομπές θα μειωθεί, με αποτέλεσμα την έναρξη παύσης της αναλογικής, βήμα-βήμα κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου. Αυτή η παύση θα επιτρέψει την εφαρμογή όλο και περισσότερων ψηφιακών δικτύων.

Στο τέλος της μεταβατικής περιόδου, οι αναλογικές υπηρεσίες δε θα προστατεύονται πλέον ούτε και θα πρέπει να συνεχίσουν να λειτουργούν. Επιπλέον, εάν προβλέπεται η συνέχιση λειτουργίας της αναλογικής ευρυεκπομπής, θα πρέπει να απαιτηθεί η μείωση των εκπομπών τους για την αποφυγή παρεμβολών στα ψηφιακά δίκτυα. Από την άλλη μεριά, οι άλλες βασικές υπηρεσίες θα πρέπει να προστατεύονται μετά τη μεταβατική περίοδο.

Μία αρμόδια αρχή που επιθυμεί να πραγματοποιήσει την ψηφιακή μετάβαση πολύ γρήγορα μπορεί να το επιτύχει με κάποιους περιορισμούς στα σύνορά της. Για παράδειγμα, μία αρμόδια αρχή η οποία αποφασίζει την άμεση διακοπή των υπηρεσιών της αναλογικής τηλεόρασης και την ταυτόχρονη έναρξη υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης και ραδιοφωνίας πιθανώς θα αντιμετώπιζε ελάχιστα ή μηδενικά προβλήματα παρεμβολών. Παρόλα αυτά, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι γειτονικές χώρες διατηρούν τις αναλογικές τους υπηρεσίες, απαιτείται προστασία, γι' αυτό και οι ψηφιακές υπηρεσίες που εφαρμόζονται κοντά στην περιοχή των συνόρων θα πρέπει να υπόκεινται σε περιορισμούς.

Παρόλο που η παρεμβολή μεταξύ ψηφιακών και άλλων βασικών υπηρεσιών μπορεί να προκαλέσει παρεμπόδιση των ψηφιακών εφαρμογών, πολλές συμφωνίες επιτεύχθηκαν μεταξύ των αρμόδιων αρχών για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων. Μερικές από αυτές τις συμφωνίες περιελάμβαναν περιορισμούς σχετικά με τις ημερομηνίες έναρξης των ψηφιακών εφαρμογών.

3.1.5 Ευελιξία

Ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα του RRC-06 είναι η ευελιξία που παρέχει η GE06 συμφωνία για μελλοντικές καινοτόμες τεχνολογίες ψηφιακής ευρυεκπομπής.

Μέρος αυτής της ευελιξίας είχε ήδη παρουσιαστεί στην πρώτη σύνοδο το 2004, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές εκδοχές συστημάτων DVB-T και τους διαφορετικούς τρόπους λήψης οι οποίοι είναι πιθανοί (σταθερή, φορητή και κινητή λήψη). Εκατοντάδες συνδυασμών είναι πιθανοί, χωρίς, όμως, να σημαίνει ότι όλοι τους μπορούν να παρέχουν τους απαιτούμενους τύπους κάλυψης. Ένας περιορισμένος αριθμός RPC (Reference Planning Configuration) ορίστηκε για να αναπαραστήσει κατά προσέγγιση τους περισσότερους επιθυμητούς τύπους κάλυψης. Κατά τη φάση εφαρμογής, οι πάροχοι θα έχουν την ελευθερία να αποφασίσουν τις μεταβλητές συστήματος οι οποίες ταιριάζουν περισσότερο στο RPC της σχετικής προσχώρησης στο πλάνο. Παρόλα αυτά, οι αρμόδιες αρχές είχαν επίσης την ελευθερία να επιλέξουν οποιαδήποτε δικτυακή δομή σε περίπτωση που κανένα από τα προαναφερόμενα RPC δεν ικανοποιούσε τις ανάγκες της χώρας τους. Βεβαίως, ένα ποσοστό περίπου 25% των προσχωρήσεων στο πλάνο αναγνωρίζουν μια συγκεκριμένη δικτυακή δομή και ένα συγκεκριμένο τύπο λήψης. Ακόμα και γι' αυτές τις προσχωρήσεις, εξακολουθεί να υφίσταται η ευελιξία εφαρμογής.

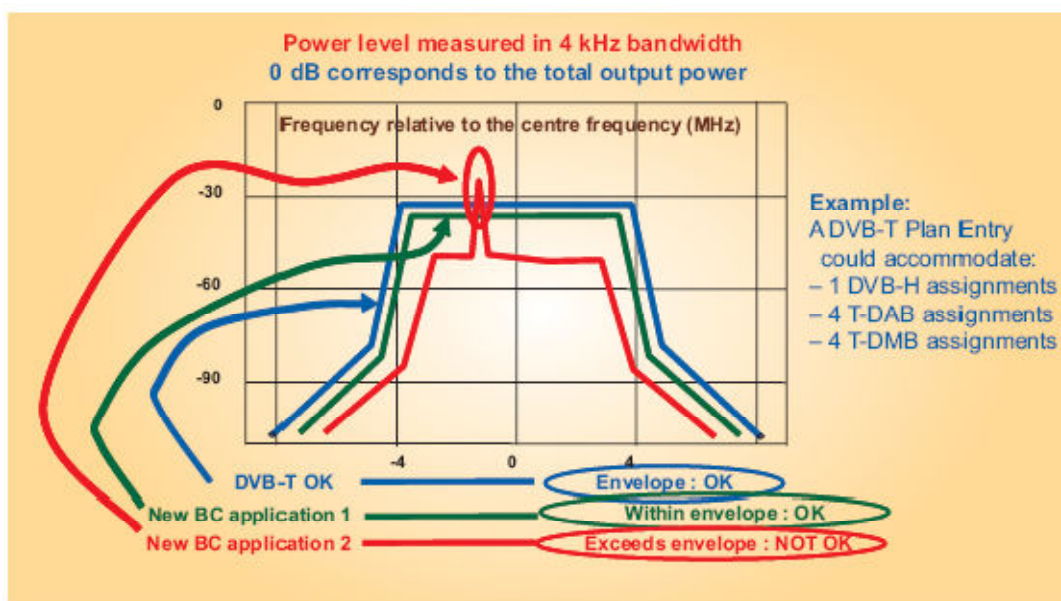
Ο σχεδιασμός καταμερισμού συχνοτήτων αποτελεί ένα επιπλέον εργαλείο, το οποίο προσδίδει ευελιξία στην GE06 συμφωνία. Το μέγεθος των τμημάτων του φάσματος μπορεί να διαφέρει από μικρό σε πολύ μεγάλο. Προκειμένου να προσαρμοστεί το

εύρος των πιθανών τμημάτων του φάσματος, ορίστηκε ένας περιορισμένος αριθμός δικτύων αναφοράς (Reference Networks, RN's). Κατά το σχεδιασμό καταμερισμού συχνοτήτων, μόνο το δίκτυο αναφοράς, το RPC, το εκχωρημένο κανάλι συχνοτήτων και η περιοχή υπηρεσιών εμπεριέχονται στο πλάνο. Σε αντίθεση με το σχεδιασμό εκχώρησης συχνοτήτων, η πραγματική τοποθεσία του πομπού και τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά εκπομπής που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν δεν ορίζονται από το πλάνο, αλλά από τη φάση εφαρμογής.

3.1.6 Η «έννοια του φακέλου» ("envelope concept")

Λαμβάνοντας υπόψη τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, ο οργανισμός CEPT θέλοντας να προσδώσει μεγαλύτερη ευελιξία στη συμφωνία GE06 εισήγαγε στο συνέδριο την «έννοια του φακέλου». Η ιδέα αυτή αφορούσε την ψηφιακή είσοδο στο πλάνο άλλων επίγειων εφαρμογών με την προϋπόθεση ότι:

1. Τέτοια χρήση δεν προκαλεί μεγαλύτερη παρεμβολή από αυτή που θα προκαλείτο από την ψηφιακή είσοδο στο πλάνο (για παράδειγμα η καινούρια επίγεια εφαρμογή δε θα πρέπει να ξεπερνά τη φασματική πυκνότητα ισχύος της ψηφιακής εισόδου)
2. Δεν απαιτεί μεγαλύτερη προστασία από αυτή που θα χρειαζόταν η ψηφιακή είσοδος στο πλάνο (βλ. Σχήμα 3.12)



Σχήμα 3.12: The “envelope concept”

Παρόλα αυτά, ίσως υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι αυστηροί περιορισμοί της εφαρμογής μπορεί να μην είναι επαρκείς για τη διασφάλιση της προστασίας των άλλων ψηφιακών εισόδων στο πλάνο.

Η πρόταση αυτή είχε σκοπό να διευρύνει το πλάνο GE06 σε μελλοντικές εφαρμογές ευρυεκπομπής (όπως DVB-H, T-DMB), όπως επίσης και σε εφαρμογές μη ευρυεκπομπής (όπως, για παράδειγμα, η τεχνολογία UMTS). Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του συνεδρίου παρουσιάστηκαν έντονες αντιδράσεις από τα μη

ευρωπαϊκά κράτη τα οποία δεν ήταν διατεθειμένα να διευρύνουν το πλάνο GE06 σε υπηρεσίες μη ευρυεκπομπής.

Επιπλέον, η συμφωνία GE06 προβλέπει ότι μία ψηφιακή είσοδος στο πλάνο μπορεί να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά που παρουσιάζονται στο πλάνο. Αυτό ισχύει για εκπομπές υπηρεσιών ευρυεκπομπής ή άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών που λειτουργούν σε συμφωνία με τους κανόνες ασύρματης μετάδοσης, με την προϋπόθεση ότι η μέγιστη πυκνότητα ισχύος οποιουδήποτε εκχωρημένου εύρους ζώνης 4 kHz δεν ξεπερνά τη φασματική πυκνότητα ισχύος του ίδιου εκχωρημένου εύρους ζώνης 4 kHz της ψηφιακής εισόδου στο πλάνο. Τέτοια χρήση δεν απαιτεί περισσότερη προστασία από αυτή που προβλέπεται για την προαναφερθείσα ψηφιακή είσοδο.

Η προηγούμενη πρόταση ήταν σύμφωνη με τα συμφέροντα των παρόχων υπηρεσιών ευρυεκπομπής, καθώς πριν πραγματοποιηθεί μία ψηφιακή είσοδος στο πλάνο για μια επίγεια εφαρμογή μη-ευρυεκπομπής, θα πρέπει να ανατεθεί στη σχετική ζώνη συχνοτήτων η προαναφερθείσα υπηρεσία και να θεωρηθεί βασική στους κανονισμούς ασύρματης μετάδοσης της ITU (ITU Radio Regulations).

Οι εκχωρήσεις συχνοτήτων μπορούν να τροποποιηθούν μόνο από ένα παγκόσμιο συνέδριο τηλεπικοινωνιών (WRC). Ως επακόλουθο, ξεκίνησε μία προσπάθεια στο παγκόσμιο συνέδριο WRC-07 και θα συνεχιστεί στο παγκόσμιο συνέδριο WRC-10 να παρουσιαστούν καινούριες βασικές εκχωρήσεις συχνοτήτων στις ζώνες III και IV/V για το UMTS/IMT-2000 και για άλλες εφαρμογές μη-ευρυεκπομπής.

Παρόλα αυτά, η είσοδος υπηρεσιών μη-ευρυεκπομπής στη UHF ζώνη συχνοτήτων αποτελεί τεράστια απειλή για τους παρόχους υπηρεσιών ευρυεκπομπής. Εάν οι ψηφιακές εισοδοί στο πλάνο δεν τροποποιηθούν γρήγορα για ψηφιακή ευρυεκπομπή, είναι πιθανόν να αντικατασταθούν από εφαρμογές μη-ευρυεκπομπής, αποτρέποντας τη μελλοντική εξέλιξη επίγειων εφαρμογών ευρυεκπομπής, όπως υπηρεσίες HDTV, και υπηρεσίες κινητής και φορητής λήψης εσωτερικού χώρου.

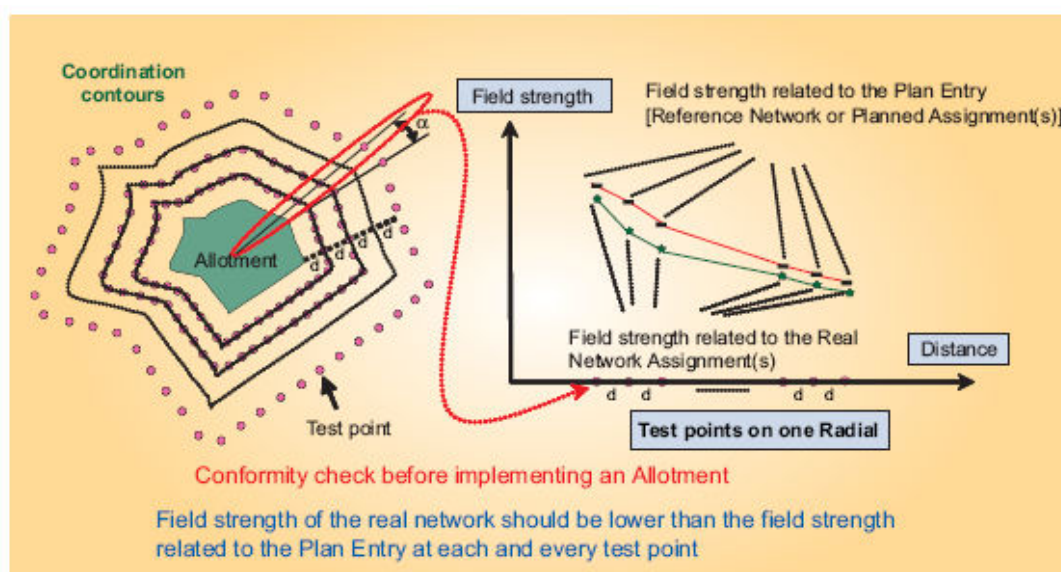
3.1.7 Συμμόρφωση με το ψηφιακό πλάνο εκχωρήσεων συχνοτήτων

Μία από τις επιπτώσεις της αυξημένης ευελιξίας του ψηφιακού πλάνου αποτέλεσε η ανάγκη εύρεσης μίας μεθοδολογίας για τον καθορισμό της απαιτούμενης συμμόρφωσης με το πλάνο. Ο έλεγχος συμμόρφωσης χρειαζόταν για να επιβεβαιώσει ότι τα επίπεδα παρεμβολής παρέμεναν κάτω από αυτά που υπολογίστηκαν στο πλάνο. Αντί, λοιπόν, μίας μεθόδου όπου η παρεμβολή θα υπολογιζόταν απευθείας για κάθε υπηρεσία, ο οργανισμός CEPT προτίμησε μία ανεξάρτητη μέθοδο. Η πρόταση αυτή του CEPT υιοθετήθηκε από τις αρμόδιες αρχές των κρατών και επικυρώθηκε στο συνέδριο RRC-06.

Το κύριο μέρος της μεθόδου αυτής αποτελείται από τη σύγκριση της παρεμβολής που δημιουργείται από μία ψηφιακή είσοδο στο πλάνο με την πραγματική παρεμβολή που θα παρουσιαζόταν από την προτεινόμενη εφαρμογή αυτής της εισόδου, ακολουθώντας τα επόμενα βήματα:

- Για οποιαδήποτε υπηρεσία που δέχεται παρεμβολή, η σύγκριση γίνεται στα πλαίσια μιας περιοχής, τα όρια της οποίας καθορίζονται από μία αντίστοιχη καμπύλη αποκοπής της ισχύος πεδίου.

- Μόλις αυτή η περιοχή καθοριστεί, κατασκευάζονται γεωμετρικές καμπύλες με τη χρήση 7 σταθερών αποστάσεων ελέγχου αντίστοιχα. Στην περίπτωση εκχωρήσεων συχνοτήτων, αυτές οι καμπύλες είναι ομόκεντροι κύκλοι με ακτίνα τις αποστάσεις ελέγχου και κέντρο το σταθμό εκπομπής. Στην περίπτωση καταμερισμού, οι καμπύλες είναι παράλληλες στα πολύγωνα καταμερισμού και διαχωρίζονται από τις αποστάσεις ελέγχου.
- Από ένα καθορισμένο σημείο αναφοράς, για εκχωρήσεις συχνοτήτων και/ή για καταμερισμούς φάσματος, αναπτύσσονται ακτινικές διατάξεις με βήματα μίας μοίρας. Οι υπολογισμοί ορίζονται εκεί όπου οι ακτινικές διατάξεις τέμνουν την καμπύλη αποκοπής ισχύος πεδίου και τις γεωμετρικές καμπύλες εκτός των εθνικών συνόρων.
- Σε αυτό το στάδιο υπολογισμών πραγματοποιείται η σύγκριση της δυναμικής παρεμβολής με την παρεμβολή του “envelope concept”.



Σχήμα 3.13: Απλοποιημένη περιγραφή του ελέγχου συμμόρφωσης με το πλάνο

Η μέθοδος αυτή είναι περίπλοκη και απαιτεί πολλούς υπολογισμούς. Το λογισμικό για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου εξελίσσεται ακόμα από την ITU-R.

3.1.8 To Digital Dividend

Το Digital Dividend είναι συνέπεια της αποδοτικότητας των ψηφιακών τεχνολογιών, σε σύγκριση με τις αναλογικές. Με τη βοήθεια της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης (DVB-T), είναι πιθανό να εκπεμφθεί τετραπλάσιος αριθμός προγραμμάτων (με καλύτερη ποιότητα) ανά MHz από ότι μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές αναλογικής εκπομπής. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής αυτής προσέγγισης, όπως είναι η εξοικονόμηση φάσματος, μετριάζονται από τη ραγδαία μείωση της ψηφιακής ποιότητας.

Γενικότερα, οι πάροχοι κινητών υπηρεσιών ερμηνεύουν το digital dividend ως εξής:

- Ο ίδιος αριθμός προγραμμάτων ψηφιακών υπηρεσιών που μεταδίδονται στο υπάρχον αναλογικό δίκτυο μπορεί να εκπεμφθεί σε λιγότερο φάσμα από ότι τώρα.
- Περισσότερα ψηφιακά προγράμματα και ψηφιακές υπηρεσίες (συμπεριλαμβανομένου διαδραστικών υπηρεσιών πολυμέσων) από τον υπάρχοντα αριθμό αναλογικών προγραμμάτων, μπορεί να εκπεμφθεί στο φάσμα το οποίο μέχρι τώρα καταλαμβάνεται από την αναλογική τεχνολογία.

Για τα μέλη της EBU, η ψηφιοποίηση της ευρυεκπομπής δημιουργεί ευκαιρίες για την παροχή μέσα στο παρόν φάσμα ευρυεκπομπής ενός εύρους νέων υπηρεσιών, όπως η ψηφιακή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), επιπρόσθετα με τα υπάρχοντα τηλεοπτικά προγράμματα. Επιπλέον, οι δέκτες ψηφιακής τηλεόρασης προβλέπεται να καταστούν το πιο διαδεδομένο μέσο για την πρόσβαση του κοινού στην ψυχαγωγία, την εκπαίδευση, την ενημέρωση και το ηλεκτρονικό εμπόριο. Γι' αυτό το λόγο, οι πάροχοι απαιτούν αρκετό και σταθερό φάσμα συχνοτήτων για το παρόν και το μέλλον.

Όπως διαπιστώθηκε και στο συνέδριο RRC-06:

- Οι ψηφιακές απαιτήσεις για ευρυεκπομπή σχεδόν όλων των κρατών-μελών ξεπέρασαν κατά πολύ το διαθέσιμο φάσμα.
- Η χρήση του φάσματος ευρυεκπομπής εξαρτάται σημαντικά από τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε κράτος όπως είναι η τοπογραφία του εδάφους, η διεύθυνση δορυφορικών/καλωδιακών υπηρεσιών και οι απαιτήσεις για τοπικές υπηρεσίες.
- Πολλές από τις ικανοποιημένες ψηφιακές απαιτήσεις είχαν προκαθορισμένα και προσυντονισμένα κανάλια, διασκορπισμένα σε όλο το εύρος των αντίστοιχων ζωνών συχνοτήτων. Το γεγονός αυτό καθιστά πολύ δύσκολη την ευρωπαϊκή εναρμόνιση του φάσματος συχνοτήτων για χρήση από άλλες υπηρεσίες.
- Επιτρέπονται εισοδοί ψηφιακής ευρυεκπομπής στο πλάνο για χρήση από άλλες βασικές υπηρεσίες.
- Υπάρχει πρόθεση από τις αρμόδιες αρχές κρατών να χρησιμοποιηθούν οι εισοδοί ψηφιακής ευρυεκπομπής για οποιαδήποτε υπηρεσία.

Ο υπερβολικός αριθμός των ψηφιακών απαιτήσεων που υποβλήθηκαν από τα κράτη-μέλη στο συνέδριο RRC-06 είχαν σκοπό να καλύψουν τις πραγματικές τους ανάγκες ευρυεκπομπής, καθώς, επίσης, και να εξασφαλίσουν συχνότητες για την εφαρμογή νέων υπηρεσιών.

Εάν, λοιπόν, μέρη του φάσματος ευρυεκπομπής πρόκειται να χρησιμοποιηθούν από άλλες υπηρεσίες, απαιτείται ενδελεχής μελέτη συμβατότητας για τη διαβεβαίωση ότι οι άλλες υπηρεσίες δε δημιουργούν μεγαλύτερη παρεμβολή απ' ότι προβλέπεται στο πλάνο GE06. Επίσης, πρέπει να αποφεύγονται περιορισμοί στην ψηφιακή ευρυεκπομπή, οι οποίοι θα υποβαθμίσουν την αποδοτικότητά του στους χρήστες. Ο περιορισμός της παρεμβολής στην ψηφιακή ευρυεκπομπή είναι πιο σημαντικός απ' ότι στην αναλογική, καθώς χαρακτηρίζεται από μία στιγμιαία μετάβαση από την σχεδόν τέλεια λήψη στην ολοκληρωτική απώλεια λήψης.

3.1.9 Συμπεράσματα

Το συνέδριο RRC-06 έχει ορίσει τη χρήση ενός εύρους συχνοτήτων 448 MHz (έως και 57 κανάλια για DVB-T στη ζώνη συχνοτήτων III και IV/V και έως 32 block συχνοτήτων για το T-DAB στη ζώνη συχνοτήτων III) για ψηφιακή επίγεια ευρυεκπομπή για τις επόμενες δεκαετίες σε μία ευρεία περιοχή που περιλαμβάνει 118 χώρες.

Όπως πολύ συχνά στο παρελθόν, η EBU συνεισέφερε ενεργά και αποδοτικά στην επιτυχία της διαδικασίας σχεδιασμού κατά τη διάρκεια του συνεδρίου RRC-06. Δεν αποτελεί υπερβολή να ειπωθεί ότι χωρίς το λογισμικό υπολογισμού που αναπτύχθηκε από την EBU και χρησιμοποιήθηκε από την ITU, δε θα είχε επιτευχθεί αποτελεσματικό πλάνο ψηφιακής ευρυεκπομπής. Χωρίς αυτό, δε θα ήταν δυνατό να διενεργηθούν οι μαζικοί και περίπλοκοι υπολογισμοί παρεμβολών, συμπεριλαμβανομένου δεκάδων χιλιάδων ψηφιακών απαιτήσεων και εκχωρήσεων άλλων υπηρεσιών, ούτε και η περίπλοκη διαδικασία ανάθεσης των 57 τηλεοπτικών καναλιών και των 32 μπλοκ συχνοτήτων σε περισσότερες από 70000 ψηφιακές απαιτήσεις ευρυεκπομπής σε όλη την έκταση της περιοχής σχεδιασμού.

Στην πραγματικότητα, ο αριθμός των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο, καθώς επίσης και ο αριθμός των ανεξάρτητων περιοχών κάλυψης που προβλέπονται, είναι αρκετά μεγάλος τόσο ώστε να υπερβαίνει τη θεωρητική χωρητικότητα των εν λόγω ζωνών συχνοτήτων. Αυτό συνέβη εξαιτίας της ανοχής σε υψηλότερα επίπεδα παρεμβολής, ενώ στο μέλλον μάλλον θα αποδειχθεί ότι το επιθυμητό εύρος κάλυψης σε πολλές περιοχές θα μειωθεί αισθητά σε σύγκριση με τις προσδοκίες και επιθυμίες των κρατών-μελών.

Επιπρόσθετα, ένας αξιοσημείωτος αριθμός εισόδων υπόκειται σε περιορισμούς προτού εφαρμοστούν οι εκχωρήσεις και οι καταμερισμοί συχνοτήτων. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της περιόδου μετάβασης, η προστασία της αναλογικής τηλεόρασης επιβάλλει περιορισμούς στην ψηφιακή ευρυεκπομπή. Γι' αυτό το λόγο, ο συντονισμός μεταξύ των γειτονικών χωρών θα είναι συχνά απαραίτητος, προκειμένου να εφαρμοστούν οι αποφάσεις του πλάνου. Κατά τη μεταβατική περίοδο, η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τεχνολογία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί προσεκτικά για να διαβεβαιωθεί ότι δε θα υπάρξει καθόλου απώλεια κάλυψης των υπηρεσιών ευρυεκπομπής.

Σε κάθε περίπτωση, τα δυνητικά οφέλη του νέου πλάνου δε θα είναι διαθέσιμα μέχρι το τέλος της μεταβατικής περιόδου. Το συνέδριο RRC-06 αποφάσισε να ορίσει ως τέλος της μεταβατικής περιόδου το έτος 2015 (και το έτος 2020 σε μερικές χώρες για τη ζώνη συχνοτήτων III).

Είναι αξιοσημείωτο ότι η συμφωνία GE06 προσφέρει αυξημένη ευελιξία για τη μελλοντική ανάπτυξη του ψηφιακού πλάνου. Αυτό θα είναι σε θέση να εξυπηρετήσει νέες τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η ψηφιακή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV) και η κινητή εκδοχή του DVB (DVB-H), και, επίσης, να προσαρμόσει εύκολα τις απρόβλεπτες μελλοντικές εξελίξεις στην τεχνολογία ευρυεκπομπής. Από την άλλη μεριά, αυτή η ευελιξία επιτρέπει την εισαγωγή άλλων υπηρεσιών μη ευρυεκπομπής, οι οποίες χρησιμοποιούν τις συχνότητες του πλάνου. Αυτό το γεγονός ίσως οδηγήσει μακροπρόθεσμα σε λιγότερο αποδοτική χρήση του φάσματος.

3.2 WRC-07



Bringing all radio services together

Σχήμα 3.14: Σήμα του WRC-07

3.2.1 Γενικά

Σκοπός του παγκοσμίου συνεδρίου τηλεπικοινωνιών WRC-07 ήταν να αναθεωρήσει και να ενημερώσει τους κανονισμούς ασύρματης εκπομπής που διέπουν τη χρήση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων και των δορυφορικών επικοινωνιών, έτσι ώστε να συμβαδίζουν με τις παγκόσμιες συνθήκες συνδεσιμότητας του 21^{ου} αιώνα. Η πρόσφατη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας επιβάλλει ένα νέο περιβάλλον παγκόσμιας συνδεσιμότητας.

Πάνω από 2800 αντιπρόσωποι από 164 κράτη-μέλη και 104 παρατηρητές παραβρέθηκαν στο συνέδριο που διήρκησε 4 βδομάδες και χαρακτηρίστηκε από έντονες διαβουλεύσεις για το μέλλον των ασύρματων επικοινωνιών.

Κύρια επιτυχία του παγκοσμίου συνεδρίου WRC-07 αποτελεί η ικανοποίηση των αναγκών των αναπτυσσόμενων και αναπτυγμένων χωρών για περισσότερο φάσμα. Οι κινητές επικοινωνίες εξελίσσονται ραγδαία παγκοσμίως. Στις εξελισσόμενες χώρες ο ρυθμός διεξόδου αυξάνεται δραματικά. Για να υποστηριχτεί αυτή η εξέλιξη στις κινητές ασύρματες επικοινωνίες, η ITU υιοθέτησε ένα νέο μοντέλο διεπαφών ασύρματης πρόσβασης, γνωστό ως International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000). Αυτό το παγκόσμιο πρότυπο δημιουργήθηκε μετά από πολυετή συνεργασία μεταξύ της ITU και της βιομηχανίας κινητής τεχνολογίας. Η πρώτη ζώνη συχνοτήτων για το IMT-2000 αναγνωρίστηκε στο WARC-1992 (World Administrative Radio Conference 1992), ενώ επιπρόσθετες ζώνες συχνοτήτων αναγνωρίστηκαν στο παγκόσμιο συνέδριο του 2000 (WRC-2000).

Το παγκόσμιο συνέδριο του 2003 (WRC-03) αναγνώρισε την ανάγκη μίας προσέγγισης σε παγκόσμια κλίμακα για την ανάπτυξη των συστημάτων IMT-2000 και των μεταγενέστερων αυτών γνωστών ως IMT-Advanced. Οι ομάδες που συμμετείχαν στο συνέδριο (regional groups) συνεργάστηκαν για να επιτύχουν αναγνώριση νέων ζωνών συχνοτήτων για το IMT. Σκοπός τους ήταν η χρήση σε παγκόσμια βάση μίας εξελιγμένης τεχνολογίας κινητής ευρυεκπομπής.

3.2.2 Αποφάσεις

Η ατζέντα του παγκοσμίου συνεδρίου του 2007 περιείχε 30 θέματα σχετιζόμενα με επίγειες και δορυφορικές ασύρματες υπηρεσίες και εφαρμογές. Αφορούσαν

μελλοντικές γενιές κινητής τηλεφωνίας, αεροναυτική τηλεμετρία και συστήματα τηλεδιαχείρισης, δορυφορικές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένου μετεωρολογικών εφαρμογών, σήματα κινδύνου στον τομέα της ναυσιπλοΐας, ψηφιακή ευρυεκπομπή και χρήση των ραδιοσυχνοτήτων για την πρόβλεψη και ανίχνευση φυσικών καταστροφών. Οι αποφάσεις αυτές αναλυτικά ήταν:

- Παγκόσμια εναρμονισμένο φάσμα συχνοτήτων

Το παγκόσμιο εναρμονισμένο φάσμα αναγνωρίστηκε για χρήση από το IMT. Αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα για την εξέλιξη των IMT συστημάτων:

-450~470 MHz ζώνη συχνοτήτων

-698~862 MHz ζώνη συχνοτήτων στην περιοχή 2 (Region 2) και σε 9 χώρες της περιοχής 3 (Region 3)

-790~862 MHz ζώνη συχνοτήτων στις περιοχές 1 και 3

-2.3~2.4 GHz ζώνη συχνοτήτων

-3.4~3.6 GHz ζώνη συχνοτήτων (χωρίς παγκόσμιο καταμερισμό, αλλά αποδεκτή από πολλές χώρες)

- Ναυσιπλοΐα

Στην περίπτωση της ναυσιπλοΐας, το παγκόσμιο συνέδριο WRC-07 αναθεώρησε επιτυχώς τους διεθνείς κανονισμούς που σχετίζονται με τις κινητές υπηρεσίες στη ναυσιπλοΐα, συγχρονίζοντάς τους με την παρούσα τεχνολογία επικοινωνιών στη ναυσιπλοΐα, συμπεριλαμβανομένου εκπομπές ασφαλείας σε περίπτωση κινδύνου στα πλαίσια του συστήματος GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System).

- Αεροναυτικές υπηρεσίες

Οι αλλαγές στις αεροναυτικές υπηρεσίες αφορούσαν στην αεροναυτική ασφάλεια και τον εκσυγχρονισμό των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων της πολιτικής αεροπορίας:

-Αναβάθμιση υπηρεσιών ραδιογωνιομετρίας σε βασικές υπηρεσίες εκχώρησης συχνοτήτων στη ζώνη 9000~9200 MHz και στη ζώνη 9300~9500 MHz.

-Εκχώρηση επιπρόσθετου φάσματος για υπηρεσίες αεροναυτικής τηλεδιαχείρισης και υπηρεσίες αεροναυτικής τηλεμετρίας υψηλού ρυθμού

-Προσθήκη νέων εκχωρήσεων συχνοτήτων για αεροναυτικές κινητές υπηρεσίες.

- Δορυφορικές υπηρεσίες εξερεύνησης της γης (Earth-Exploration Satellite Service, EESS)

Το παγκόσμιο συνέδριο WRC-07 επέκτεινε τις υπάρχουσες βασικές εκχωρήσεις συχνοτήτων για τις δορυφορικές υπηρεσίες εξερεύνησης της γης. Οι υπηρεσίες αυτές είναι παγκόσμιοι πόροι που παρέχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης του πλανήτη καθώς επίσης και την πρόβλεψη και παρακολούθηση φυσικών καταστροφών και μετεωρολογικών, κλιματικών αλλαγών. Το συνέδριο, επίσης, ενέκρινε προτάσεις που αφορούσαν στη χρήση και την περαιτέρω ανάπτυξη των δορυφορικών συστημάτων που χρησιμοποιούν τροχιές με μεγάλη κλίση και πλατφόρμες μεγάλου υψομέτρου

αλλά και τη δυνατότητα συμβατότητας και συνύπαρξης μεταξύ διαφορετικών δορυφορικών και επίγειων επικοινωνιών.

- Σταθερές δορυφορικές υπηρεσίες (Fixed-Satellite Service, FSS)

Το παγκόσμιο συνέδριο WRC-07 αναθεώρησε τις τεχνικές διατάξεις και τους κανονισμούς για τις σταθερές δορυφορικές υπηρεσίες στις ζώνες συχνοτήτων 800 MHz που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές περιοχές και που εξαρτώνται από τις διάφορες κλιματικές συνθήκες για εφαρμογές όπως επικοινωνίες, τηλεόραση, internet κλπ. Το αναθεωρημένο πλάνο, που βασίστηκε στα τελευταία τεχνολογικά επιτεύγματα βελτιώνει την αποδοτικότητα του πλάνου και διευκολύνει την πρόσβαση των σταθερών δορυφορικών υπηρεσιών στο φάσμα συχνοτήτων.

- Ράδιο-υπηρεσίες (Radio Services)

Τελικώς, το παγκόσμιο συνέδριο WRC-07 απαιτεί τη βελτίωση συγκεκριμένων ράδιο-υπηρεσιών. Απαιτείται αναθεώρηση του παγκόσμιου πλαισίου κανόνων φάσματος, καθώς, επίσης, και εναρμόνιση του φάσματος για χρήση από επίγειες υπηρεσίες ηλεκτρονικής ενημέρωσης και από ράδιο-συσκευές μικρής εμβέλειας, συμπεριλαμβανομένου συσκευών που χρησιμοποιούν τεχνολογίες Ultra Wide Band (UWB), συσκευών αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων και παρόμοιων εφαρμογών που χρησιμοποιούν τοπικά τις ραδιοσυχνότητες.

- Ανακούφιση από καταστροφές

Το παγκόσμιο συνέδριο WRC-07 συνηγόρησε στην εξέλιξη της διαχείρισης φάσματος για τη ραδιοεπικοινωνία σε περιπτώσεις καταστροφών καθώς επίσης και στην αναγνώριση και διατήρηση των διαθέσιμων συχνοτήτων για χρήση στα πρώιμα στάδια της ανθρώπινης βοήθειας έπειτα από φυσικές καταστροφές. Ο οργανισμός ITU θα αναπτύξει μία βάση δεδομένων για διαχείριση συχνοτήτων σε περιπτώσεις καταστροφής.

4. Συνύπαρξη Αναλογικής Τηλεόρασης με Κινητή Υπηρεσία

4.1 Αναλογικό επίγειο τηλεοπτικό σύστημα

4.1.1 Χρησιμοποιούμενες ζώνες συχνοτήτων από την αναλογική τηλεόραση

Σύμφωνα με τις συστάσεις της ITU και τις σχετικές διεθνείς συμφωνίες, η μετάδοση αναλογικού τηλεοπτικού σήματος, αλλά και ψηφιακού, λαμβάνει χώρα στις ζώνες VHF (174-230 MHz) και UHF (470-862 MHz). Η ζώνη VHF ταυτίζεται με την ζώνη συχνοτήτων III, ενώ η UHF χωρίζεται στις ζώνες συχνοτήτων IV (470- 582MHz) και V (582-862 MHz). Ο διαχωρισμός του διαθέσιμου φάσματος σε ζώνες είναι εξαιρετικά σημαντικός, καθώς τα χαρακτηριστικά διάδοσης του σήματος παρουσιάζουν αξιόλογες διαφορές σε κάθε ζώνη.

Στην ζώνη συχνοτήτων III, χρησιμοποιούνται διαφορετικά διαστήματα μεταξύ των καναλιών στις χώρες της περιοχής σχεδιασμού. Στην Ανατολική Ευρώπη, τη Γαλλία, την Ιρλανδία και σε μερικές Αφρικανικές χώρες, τα κανάλια έχουν εύρος 8 MHz, αλλά είναι διατεταγμένα διαφορετικά. Σε άλλες χώρες, το εύρος ζώνης του καναλιού είναι 7 MHz και τα κανάλια, επίσης, είναι διατεταγμένα διαφορετικά. Ακόμη, σε χώρες που χρησιμοποιούν εύρος ζώνης καναλιού 7MHz (π.χ Ιταλία και Μαρόκο) παρουσιάζονται διαφορές στα διαστήματα μεταξύ των καναλιών. Από τα παραπάνω, είναι προφανές ότι στη ζώνη συχνοτήτων III υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου τα κανάλια επικαλύπτονται.

Στις ζώνες συχνοτήτων IV και V, χρησιμοποιείται το ίδιο διάστημα μεταξύ των καναλιών, ίσο με 8 MHz. Τα άνω και κάτω άκρα του καναλιού καθώς και η φέρουσα εικόνας είναι η ίδια για όλες τις χώρες της περιοχής σχεδιασμού.

Στους πίνακες που ακολουθούν, παρέχονται πληροφορίες που αφορούν στα κανάλια συχνοτήτων για αναλογική τηλεόραση στις ζώνες συχνοτήτων III, IV, V. Οι πληροφορίες αυτές παρέχονται από τις διοικήσεις κρατών, των οποίων η επικράτεια ανήκει στην περιοχή σχεδιασμού. Οι πίνακες αυτοί ισχύουν για ένα μεγάλο αριθμό χωρών συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Γενικά, πάντως, από χώρα σε χώρα παρατηρούνται διαφοροποιήσεις.

Στην Ελλάδα, η κατανομή των συχνοτήτων για τη ζώνη VHF ακολουθεί το System PAL/B και για τη ζώνη UHF το System PAL /G. Ο χαρακτηρισμός PAL αναφέρεται στο σύστημα για το χρώμα, ενώ οι χαρακτηρισμοί B,G αναφέρονται στο σύστημα για την εικόνα.

Κανάλι	Εύρος καναλιού (MHz)		Κεντρική Συχνότητα (MHz)	Φέρουσα Εικόνας (MHz)	Φέρουσα Ήχου (MHz)	Δεύτερη Φέρουσα Ήχου (MHz)	Φέρουσα NICAM (MHz)
5	174	181	177.50	175.25	180.75	180.99	181.1
6	181	188	184.50	182.25	187.75	187.99	188.1
7	188	195	191.50	189.25	194.75	194.99	195.1
8	195	202	198.50	196.25	201.75	201.99	202.1
9	202	209	205.50	203.25	208.75	208.99	209.1
10	209	216	212.50	210.25	215.75	215.99	216.1
11	216	223	219.50	217.25	222.75	222.99	223.1
12	223	230	226.50	224.25	229.75	229.99	230.1

Πίνακας 4.1: VHF System B

Κανάλι	Εύρος καναλιού (MHz)		Φέρουσα Εικόνας (MHz)	System G, Η Φέρουσα Ήχου (MHz)	System G Δεύτερη Φέρουσα Ήχου (MHz)	System G System L System D1 Φέρουσα NICAM (MHz)	System I System K System K1 System L System D1 Φέρουσα Ήχου (MHz)	System I System I1 Φέρουσα NICAM (MHz)	
21	470	478	471.25	476.75	476.99	477.1	477.25	477.75	477.8
22	478	486	479.25	484.75	484.99	485.1	485.25	485.75	485.8
23	486	494	487.25	492.75	492.99	493.1	493.25	493.75	493.8
24	494	502	495.25	500.75	500.99	501.1	501.25	501.75	501.8
25	502	510	503.25	508.75	508.99	509.1	509.25	509.75	509.8
26	510	518	511.25	516.75	516.99	517.1	517.25	517.75	517.8
27	518	526	519.25	524.75	524.99	525.1	525.25	525.75	525.8
28	526	534	527.25	532.75	532.99	533.1	533.25	533.75	533.8
29	534	542	535.25	540.75	540.99	541.1	541.25	541.75	541.8
30	542	550	543.25	548.75	548.99	549.1	549.25	549.75	549.8
31	550	558	551.25	556.75	556.99	557.1	557.25	557.75	557.8
32	558	566	559.25	564.75	564.99	565.1	565.25	565.75	565.8
33	566	574	567.25	572.75	572.99	573.1	573.25	573.75	573.8
34	574	582	575.25	580.75	580.99	581.1	581.25	581.75	581.8

35	582	590	583.25	588.75	588.99	589.1	589.25	589.75	589.8
36	590	598	591.25	596.75	596.99	597.1	597.25	597.75	597.8
37	598	606	599.25	604.75	604.99	605.1	605.25	605.75	605.8
38	606	614	607.25	612.75	612.99	613.1	613.25	613.75	613.8
39	614	622	615.25	620.75	620.99	621.1	621.25	621.75	621.8
40	622	630	623.25	628.75	628.99	629.1	629.25	629.75	629.8
41	630	638	631.25	636.75	636.99	637.1	637.25	637.75	637.8
42	638	646	639.25	644.75	644.99	645.1	645.25	645.75	645.8
43	646	654	647.25	652.75	652.99	653.1	653.25	653.75	653.8
44	654	662	655.25	660.75	660.99	661.1	661.25	661.75	661.8
45	662	670	663.25	668.75	668.99	669.1	669.25	669.75	669.8
46	670	678	671.25	676.75	676.99	677.1	677.25	677.75	677.8
47	678	686	679.25	684.75	684.99	685.1	685.25	685.75	685.8
48	686	694	687.25	692.75	692.99	693.1	693.25	693.75	693.8
49	694	702	695.25	700.75	700.99	701.1	701.25	701.75	701.8
50	702	710	703.25	708.75	708.99	709.1	709.25	709.75	709.8
51	710	718	711.25	716.75	716.99	717.1	717.25	717.75	717.8
52	718	726	719.25	724.75	724.99	725.1	725.25	725.75	725.8
53	726	734	727.25	732.75	732.99	733.1	733.25	733.75	733.8
54	734	742	735.25	740.75	740.99	741.1	741.25	741.75	741.8
55	742	750	743.25	748.75	748.99	749.1	749.25	749.75	749.8
56	750	758	751.25	756.75	756.99	757.1	757.25	757.75	757.8
57	758	766	759.25	764.75	764.99	765.1	765.25	765.75	765.8
58	766	774	767.25	772.75	772.99	773.1	773.25	773.75	773.8
59	774	782	775.25	780.75	780.99	781.1	781.25	781.75	781.8
60	782	790	783.25	788.75	788.99	789.1	789.25	789.75	789.8
61	790	798	791.25	796.75	796.99	797.1	797.25	797.75	797.8
62	798	806	799.25	804.75	804.99	805.1	805.25	805.75	805.8
63	806	814	807.25	812.75	812.99	813.1	813.25	813.75	813.8
64	814	822	815.25	820.75	820.99	821.1	821.25	821.75	821.8
65	822	830	823.25	828.75	828.99	829.1	829.25	829.75	829.8
66	830	838	831.25	836.75	836.99	837.1	837.25	837.75	837.8
67	838	846	839.25	844.75	844.99	845.1	845.25	845.75	845.8
68	846	854	847.25	852.75	852.99	853.1	853.25	853.75	853.8
69	854	862	855.25	860.75	860.99	861.1	861.25	861.75	861.8

Πίνακας 4.2: UHF Systems D1, G, H, I, II, K, K1 και L

4.1.2 Τύπος λήψης που υποστηρίζεται από την αναλογική τηλεόραση

Η συμβατική αναλογική τηλεόραση υποστηρίζει μόνο έναν τύπο λήψης, τη σταθερή λήψη. Η υπεροχή της ψηφιακής τηλεόρασης, ως προς την ευελιξία που προσφέρει με τους διαφορετικούς τύπους λήψης που υποστηρίζει, είναι προφανής.

4.1.3 Ελάχιστη προστατευόμενη ισχύς πεδίου

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την ελάχιστη ισχύ πεδίου που πρέπει να προστατευθεί για κεραία λήψης που βρίσκεται σε ύψος 10 m από την επιφάνεια του εδάφους για την υπηρεσία ευρυεκπομπής (Αναλογική Τηλεόραση), καθώς, επίσης, και τις επιθυμητές τιμές ισχύος πεδίου για την υπηρεσία από τις οποίες προέκυψαν.

	Band I (41-68 MHz)	Band II (76-100 MHz)	Band III (162-230 MHz)	Band IV (470-582 MHz)	Band V (582-960 MHz)
Field strength to be protected (dB(μV/m)) at edge of coverage area (50% of time, 90% of locations)	46	48	49	53	58
Wanted field strength (dB(μV/m)) at edge of coverage area (50% of time, 50% of locations) from Recommendation ITU-R BT.417	48	52	55	65	70

Πίνακας 4.3: Ελάχιστη μέση ένταση πεδίου για αναλογική υπηρεσία

Η ισχύς πεδίου που πρέπει να προστατευθεί (1^η γραμμή) προκύπτει από την επιθυμητή ισχύ πεδίου (2^η γραμμή), λαμβάνοντας υπόψη την ανάγκη προστασία του 90% των τοποθεσιών και του σχετικά υψηλού επιπέδου θορύβου που προκαλούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες στη VHF ζώνη συχνοτήτων.

4.1.4 Απαιτήσεις ως προς την κάλυψη μιας αναλογικής επίγειας τηλεοπτικής υπηρεσίας

Μια αναλογική τηλεοπτική υπηρεσία είναι πολύ λιγότερο απαιτητική ως προς το ζητούμενο ποσοστό των περιοχών κάλυψης (location probability) σε σχέση με τις ανάγκες των ψηφιακών υπηρεσιών. Συγκεκριμένα, κατά τον σχεδιασμό μιας αναλογικής υπηρεσίας αρκεί το ποσοστό των περιοχών στο οποίο θα επιτυγχάνεται η ελάχιστη τιμή του σήματος να είναι 50%, ενώ το ποσοστό του χρόνου για το οποίο απαιτείται προστασία της υπηρεσίας να είναι μεταξύ 90%-99%.

4.2 Συνύπαρξη αναλογικής τηλεόρασης και υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας και σενάρια παρεμβολής

Έπειτα από το συνέδριο WRC-07, η χρήση των VHF/UHF συχνοτήτων προορίζεται για υπηρεσίες ευρυεκπομπής καθώς και για υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Η κοινή χρήση των ζωνών αυτών από τις προαναφερθείσες υπηρεσίες είναι πιθανό να επιφέρει σημαντικές παρεμβολές στην ήδη εγκατεστημένη αναλογική τηλεόραση, η οποία πρέπει να προστατευθεί επαρκώς.

Τα σενάρια παρεμβολών που εμφανίζονται διακρίνονται με βάση τη γεωγραφική θέση του παρεμβολέα καθώς, επίσης, και με βάση τη σχετική θέση στο φάσμα των καναλιών των δύο υπηρεσιών.

Όσον αφορά στη θέση του παρεμβολέα, μπορεί να είναι είτε συνεγκατεστημένος (co-sited) με τον εκπομπό της αναλογικής τηλεόρασης είτε να είναι εγκατεστημένος σε μία άλλη τοποθεσία (non co-sited).

Αναφορικά με τη σχετική θέση στο φάσμα των δύο υπηρεσιών, το σήμα της κινητής τηλεφωνίας μπορεί να εκπέμπεται είτε σε κοινό κανάλι με την αναλογική τηλεόραση είτε σε γειτονικό κανάλι. Όπως είναι γνωστό, σε αντίθεση με την ψηφιακή τηλεόραση, το σήμα της αναλογικής δεν καλύπτει όλο το εύρος του καναλιού των 8 MHz ομοιόμορφα, καθώς υπάρχει ένα φέρον για το vision channel και ένα ή περισσότερα φέροντα για το sound channel. Έτσι, λοιπόν, υπάρχει δυνατότητα το σήμα της υπηρεσίας κινητής τηλεφωνίας, που είναι σημαντικά στενότερου εύρους, να τοποθετηθεί ακόμα και σε κοινό κανάλι με την αναλογική τηλεόραση. Εξαιτίας, όμως, αυτού του στενού εύρους και των συνεπακόλουθων προϊόντων ενδοδιαμόρφωσης που προκύπτουν, προκαλούνται σημαντικές ομοδιαυλικές παρεμβολές. Οι παρεμβολές αυτές, μάλιστα, μπορούν να διαφέρουν, ανάλογα με τη θέση του παρεμβάλλοντος σήματος μέσα στο ίδιο κανάλι. Πέραν, όμως, της δυνατότητας να τοποθετηθεί το σήμα της κινητής τηλεφωνίας σε κοινό κανάλι με την αναλογική τηλεόραση, υπάρχει και η επιλογή της εκπομπής του σήματος της κινητής τηλεφωνίας σε γειτονικό κανάλι. Στην προκειμένη περίπτωση, προκαλείται παρεμβολή γειτονικού καναλιού μεταξύ των δύο υπηρεσιών.

Για κάθε ένα από τα προαναφερθέντα σενάρια, η ITU-R, μέσω της εισήγησης Rec. ITU-R SM.851-1, προτείνει μία διαδικασία εκτίμησης των παρεμβολών των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας στην αναλογική τηλεόραση. Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η διαδικασία αυτή με βάση τις επικρατούσες συνθήκες στην Ελλάδα. Όπως είναι γνωστό, το σύστημα αναλογικής τηλεόρασης που χρησιμοποιείται είναι το 625-Line system PAL B, G.

4.3 Διαδικασία εκτίμησης απαιτούμενης προστασίας της αναλογική τηλεόρασης από υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας

4.3.1 Λόγοι προστασίας

4.3.1.1 Γενικά

Οι λόγοι προστασίας για τα διάφορα συστήματα τηλεόρασης παρουσιάζονται στο Recommendation ITU-R BT.655. Οι τιμές που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο βασίζονται τόσο στο προαναφερθέν Recommendation όσο και σε νέες μελέτες που διενεργούνται σε διάφορα κράτη.

Οι λόγοι προστασίας που χρησιμοποιούνται καλύπτουν και την τροποσφαιρική (T) και τη συνεχή (C) παρεμβολή. Οι τιμές αυτές είναι εφαρμόσιμες για παρεμβολή που προκαλείται από μία μόνο πηγή. Οι λόγοι προστασίας που εφαρμόζονται στην τροποσφαιρική (T) παρεμβολή θεωρούνται αποδεκτοί, μόνο εάν η παρεμβολή συμβαίνει για ένα μικρό ποσοστό του χρόνου, που δεν καθορίζεται ακριβώς, αλλά θεωρείται πως κυμαίνεται από 1% έως 10%. Για περιστασιακά ανεπιθύμητα non-fading σήματα, είναι απαραίτητο να παρέχονται υψηλότερα επίπεδα προστασίας. Στην περίπτωση αυτή, θεωρούνται καλύτεροι οι λόγοι προστασίας για συνεχή (C) παρεμβολή. Εάν οι λόγοι προστασίας για συνεχή παρεμβολή δεν είναι γνωστοί, τότε μπορούν να εφαρμοστούν οι λόγοι προστασίας για τροποσφαιρική παρεμβολή αυξημένη κατά 10 dB.

Μέσα σε ένα κανάλι αναλογικής τηλεόρασης, πρέπει να θεωρούνται ξεχωριστά οι απαιτούμενοι λόγοι προστασίας για το vision και το sound φέρον.

Οι απαιτούμενοι λόγοι προστασίας, ειδικότερα σε περιπτώσεις παρεμβολών γειτονικού διαύλου, μπορεί να αυξηθούν σημαντικά, εξαιτίας μη γραμμικών φαινομένων στο δέκτη που δημιουργούνται από ένα ή πολλαπλά ανεπιθύμητα σήματα εισόδου. Οι τιμές αυτές μπορούν να αυξηθούν μέχρι και κατά 25 dB.

4.3.1.2 Λόγοι προστασίας για το vision channel

Το ανεπιθύμητο σήμα μπορεί να πέσει σε οποιοδήποτε μέρος του vision channel. Για το λόγο αυτό, οι λόγοι προστασίας που πρέπει να εφαρμοστούν στην περίπτωση επικαλυπτόμενων καναλιών δίνονται στα Σχήματα 4.1, 4.2 και στους Πίνακες 4.5, 4.6 που ακολουθούν.

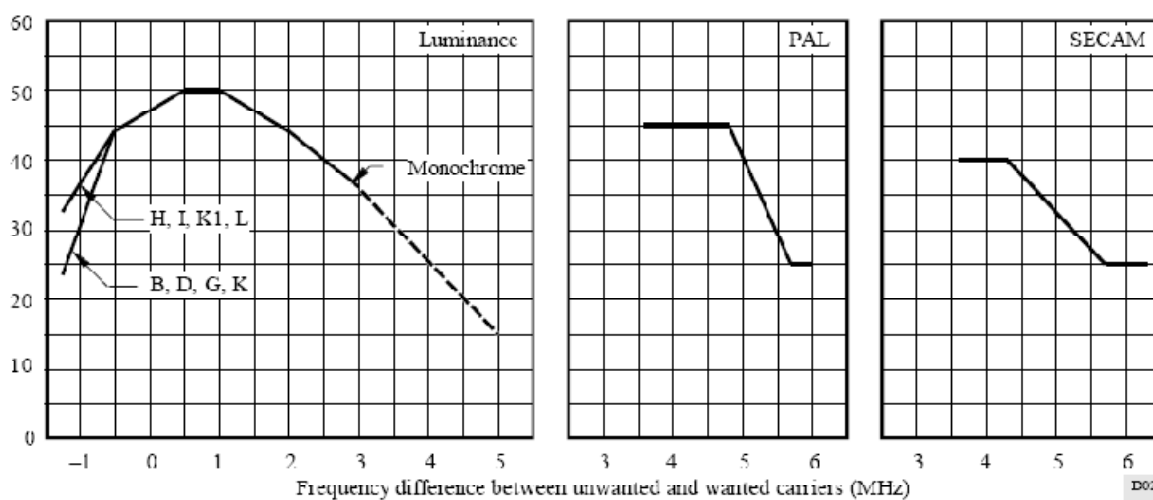
Όλοι οι λόγοι προστασίας στα σχήματα και τους πίνακες είναι σχετικά με την υπόθεση ενός ανεπιθύμητου CW (Continuous Wave) ή FM σήματος, το οποίο βρίσκεται μέσα στο vision channel, με αποτέλεσμα το επιθυμητό vision σήμα να διαμορφώνεται αρνητικά.

Οι διορθώσεις που πρέπει να εφαρμοστούν για τα επιθυμητά, θετικά διαμορφωμένα vision σήματα καθώς και για άλλους τύπους πιθανών παρεμβάλλοντων σημάτων δίνονται στον Πίνακα 4.4.

Unwanted signal	Correction factors (dB)		
	CW	FM	AM
Wanted signal			
Vision signal negative modulated	0	0	0
Vision signal positive modulated	-2	-2	-2

Πίνακας 4.4: Τιμές διόρθωσης για διάφορα επιθυμητά και ανεπιθύμητα σήματα

Οι λόγοι προστασίας που εφαρμόζονται για συστήματα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών δίδονται στα Σχήματα 4.1 και 4.2 και στους Πίνακες 4.5 και 4.6 που ακολουθούν.



Σχήμα 4.1: Τροποσφαιρική παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών

	Frequency difference between unwanted and wanted carriers (MHz)											
	Luminance range							PAL		SECAM		
MHz	-1.25 ⁽¹⁾	-1.25 ⁽²⁾	-0.5	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	3.6-4.8	5.7-6.0 ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	3.6-4.3 ⁽⁵⁾	5.7-6.3 ⁽³⁾ ⁽⁴⁾
dB	32	23	44	47	50	50	44	36	45	25	40	25

⁽¹⁾ H, I, K1, L television systems.

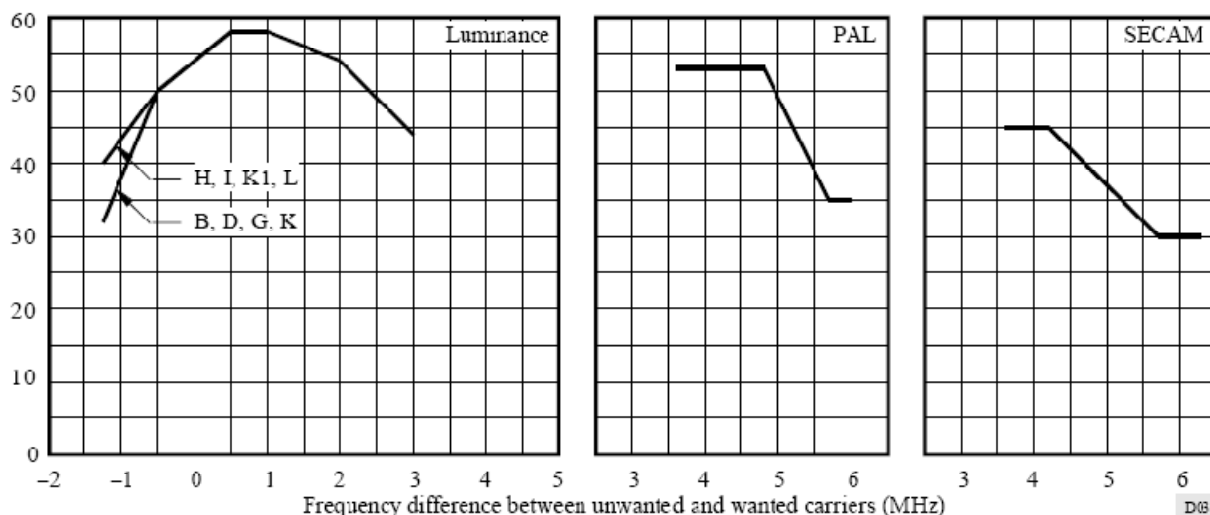
⁽²⁾ B, D, G, K television systems.

⁽³⁾ B, G television systems: range is 5.3-6.0 MHz.

⁽⁴⁾ This value is valid until the end of the channel.

⁽⁵⁾ D/SECAM and K/SECAM: add 5 dB.

Πίνακας 4.5: Τροποσφαιρική παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών



Σχήμα 4.2: Συνεχής παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών

		Frequency difference between unwanted and wanted carriers (MHz)											
		Lumirance range							PAL		SECAM		
MHz		-1.25 (1)	-1.25 (2)	-0.5	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	3.6-4.8	5.7-6.0 (3) (4)	3.6-4.3 (5)	5.7-6.3 (3) (4)
dB		40	32	50	54	58	58	54	44	53	35	45	30

- (1) H, I, K1, L television systems.
- (2) B, D, G, K television systems.
- (3) B, G television systems: range is 5.3-6.0 MHz.
- (4) This value is valid until the end of the channel.
- (5) D/SECAM and K/SECAM, add 8 dB.

Πίνακας 4.6: Συνεχής παρεμβολή για σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625 γραμμών

4.3.1.3 Λόγοι προστασίας για το sound channel

4.3.1.3.1 Αναλογικά συστήματα ήχου (συστήματα ενός ή δύο φερόντων ήχου)

Οι λόγοι προστασίας για αναλογικά σήματα ήχου δίνονται στον Πίνακα 4.7.

Σε περίπτωση ενός συστήματος με δύο φέροντα, το κάθε φέρον θα πρέπει να θεωρηθεί ξεχωριστά.

Η μέγιστη απόκλιση από το επιθυμητό φέρον του FM σήματος θεωρείται η τιμή των 50 kHz. Εάν εμφανίζονται άλλες αποκλίσεις τότε θα πρέπει να εφαρμοσθούν διορθώσεις.

Difference between wanted sound carrier and unwanted carrier (kHz)	Wanted sound signal			
	Tropospheric interference		Continuous interference	
	FM	AM	FM	AM
0	32	49	39	56
15	30	40	35	50
50	22	10	24	15
250	-6	7	-6	12

Πίνακας 4.7: Λόγοι προστασίας για επιθυμητά αναλογικά φέροντα ήχου ενός σήματος τηλεόρασης (dB). Ανεπιθύμητο σήμα: CW ή FM φέρον ήχου

4.3.1.3.2 Ψηφιακά συστήματα ήχου

Στον Πίνακα 4.8 δίνονται μερικές τιμές προστασίας ψηφιακών σημάτων ήχου.

Wanted	Unwanted	FM/CW ⁽¹⁾	AM ⁽¹⁾	Digital ⁽²⁾
		Digital	T	12
	C	12	11	12

⁽¹⁾ The values given incorporate an additional 6 dB safety margin to allow for the sudden onset of severe degradation of the digital sound system in the presence of interference. For the same reason, there is no difference between the protection ratios for tropospheric and continuous interference.

⁽²⁾ Protection ratios for unwanted digital broadcasting signals (refer to Recommendation ITU-R BT.655).

Πίνακας 4.8: Λόγοι προστασίας για επιθυμητά ψηφιακά φέροντα ήχου ενός σήματος τηλεόρασης (dB). (Χωρίς διαχωρισμό συχνότητας)

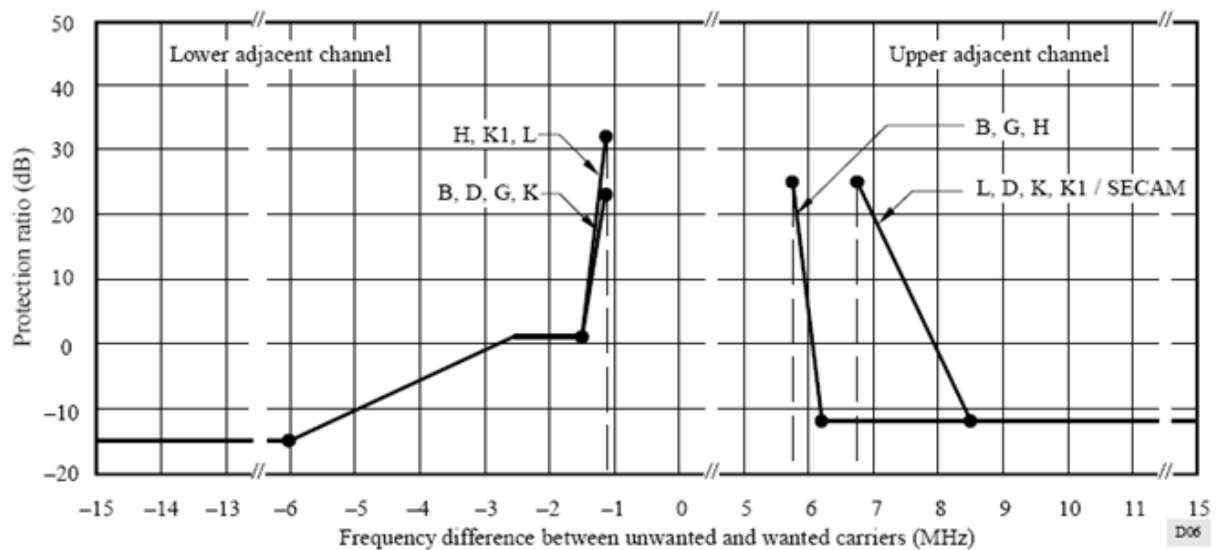
4.3.1.4 Λόγοι προστασίας για την εκτός καναλιού παρεμβολή

4.3.1.4.1 Γειτονικά κανάλια

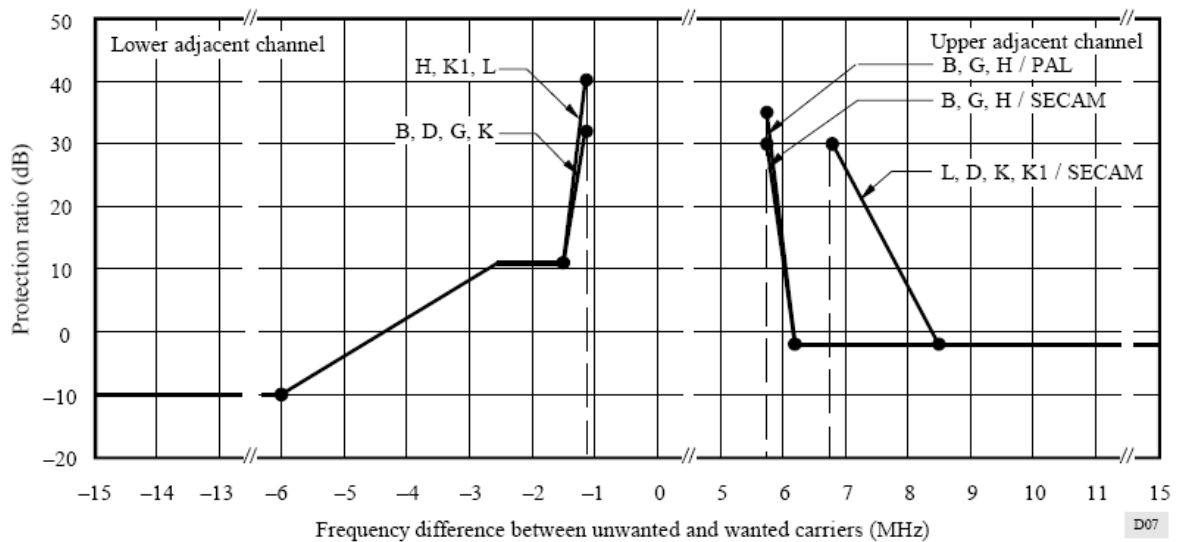
Οι λόγοι προστασίας που εφαρμόζονται για αναλογικά συστήματα 625 γραμμών δίνονται στον Πίνακα 4.9 και στα σχήματα 4.3 και 4.4 για τροποσφαιρική και συνεχή παρεμβολή. Για τα συστήματα I/PAL, οι τιμές για το κάτω γειτονικό κανάλι δίνονται στον Πίνακα 4.10 και στο Σχήμα 4.5.

Frequency difference (MHz)	Protection ratio (dB)		
	Continuous	Tropospheric	TV systems
-14.0	-10	-15	B, D, G, H, K, K1, L
-6.0	-10	-15	B, D, G, H, K, K1, L
-2.5	11	1	B, D, G, H, K, K1, L
-1.5	11	1	B, D, G, H, K, K1, L
-1.25	40	32	H, K1, L
-1.25	32	23	B, D, G, K
5.75	30	25	B, G, H/SECAM
5.75	35	25	B, G, H/PAL
6.2	-2	-12	B, G, H
6.75	30	25	L, D, K, K1/SECAM
8.5	-2	-12	L, D, K, K1/SECAM
15.0	-2	-12	B, D, G, H, K1, L

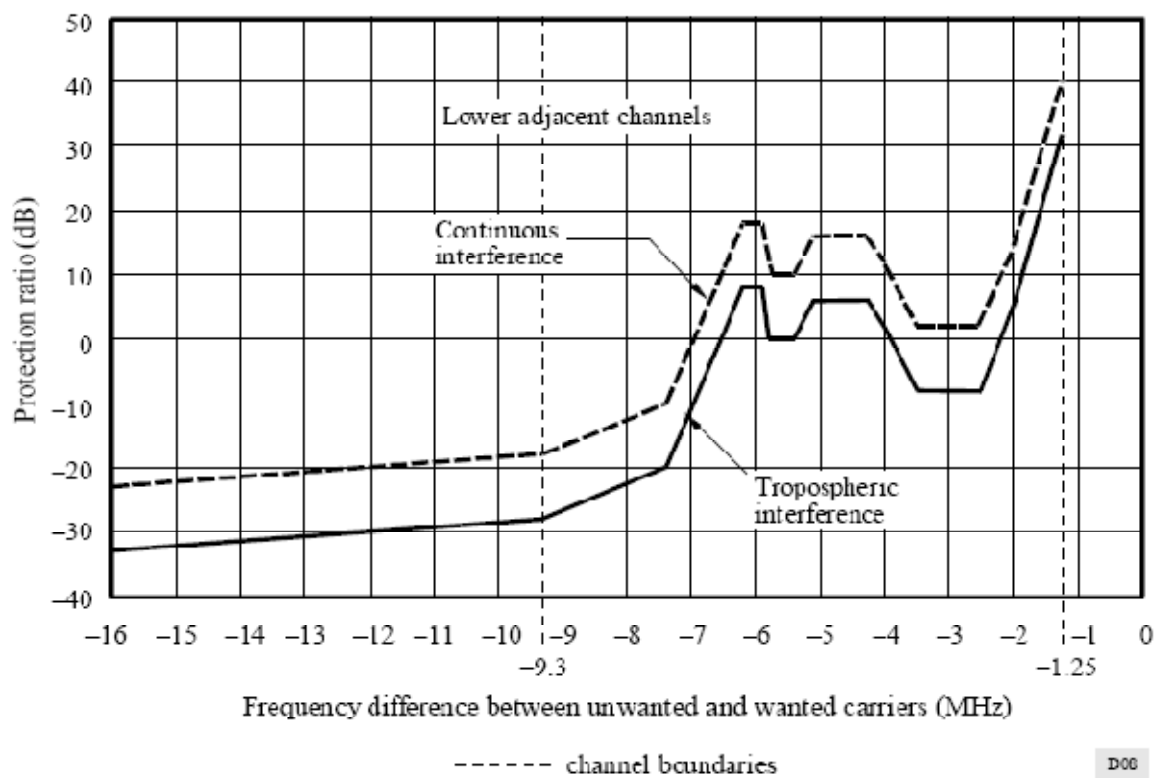
Πίνακας 4.9: Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625-line systems



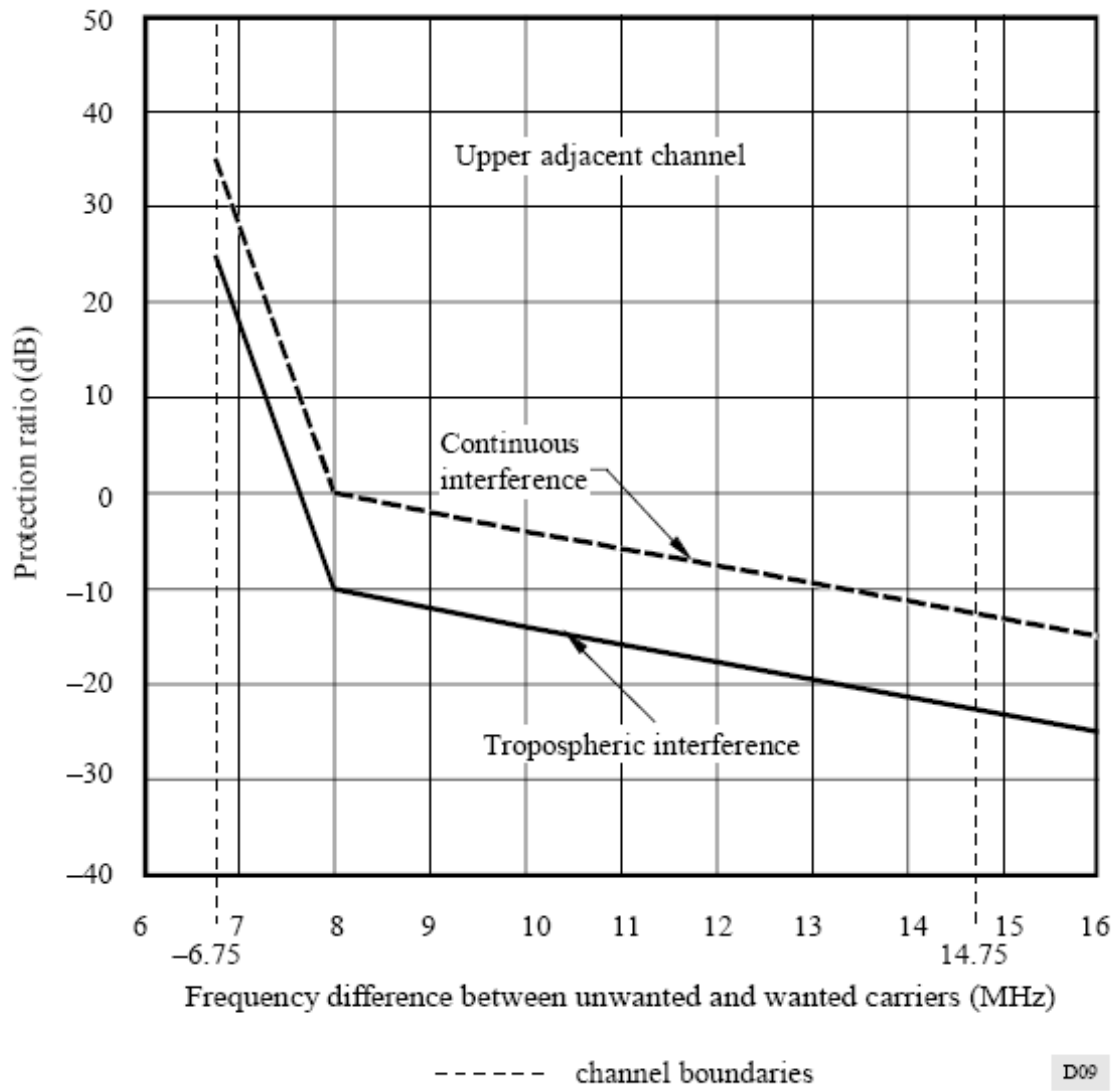
Σχήμα 4.3: Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625-line systems για τροποσφαιρική παρεμβολή



Σχήμα 4.4: Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625-line systems για συνεχή παρεμβολή



Σχήμα 4.5.α: Λόγοι προστασίας για το κάτω γειτονικό κανάλι, 625 lines I/PAL system



Σχήμα 4.5.β: Λόγοι προστασίας για το άνω γειτονικό κανάλι, 625 lines I/PAL system

Frequency difference (MHz)	Protection ratio (dB)	
	Continuous	Tropospheric
-16.0	-23	-33
-9.3	-18	-28
-7.4	-10	-20
-6.5	11	1
-6.2	18	8
-5.9	18	8
-5.8	10	0
-5.4	10	0
-5.1	16	6
-5.0	16	6
-4.3	16	6
-4.0	12	2
-3.5	2	-8
-3.0	2	-8
-2.5	2	-8
-2.0	14	4
-1.25	40	32
+6.75	35	25
+8.0	0	-10
+10	-4	-14
+14.75	-13	-23
+16.0	-15	-25

Πίνακας 4.10: Λόγοι προστασίας για τα γειτονικά κανάλια, 625 lines I/PAL system

4.3.1.4.2 Image channels

Ο λόγος προστασίας που απαιτείται θα εξαρτάται από την ενδιάμεση συχνότητα, την απόρριψη του image καναλιού του δέκτη και τον τύπο του ανεπιθύμητου σήματος που «πέφτει» μέσα στο image κανάλι. Μπορεί, επομένως, να υπολογιστεί αφαιρώντας το “image rejection figure” από τους απαιτούμενους λόγους προστασίας που δίνονται στις παραγράφους 4.3.1.2 και 4.3.1.3.

Απόρριψη image καναλιού:

- systems D and K/SECAM : 45 dB (VHF) and 30 dB (UHF)
- system D/PAL: 45 dB (VHF) and 40 dB (UHF)
- system I: 50 dB (UHF)
- system M (Japan): 60 dB (VHF) and 45 dB (UHF)
- all other systems: 40 dB (UHF).

4.3.1.4.3 Άλλοι τύποι παρεμβολών

Στην εκτός καναλιού περιοχή μερικές συγκεκριμένες συχνότητες, που εξαρτώνται από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στους τηλεοπτικούς δέκτες, όπως είναι η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή, το IF spacing, το half IF spacing κτλ, ίσως απαιτούν υψηλότερες τιμές λόγων προστασίας.

4.3.2 Protection margin για υπηρεσίες αναλογικής τηλεόρασης

Το protection margin αποτελεί ένα ποιοτικό μέγεθος που χρησιμοποιείται για να καθορίσει εάν υπάρχει ή όχι λειτουργία της αναλογικής τηλεόρασης σε μια περιοχή.

Το protection margin (PM) υπολογίζεται σε (dB) από τον παρακάτω τύπο:

$PM = FS - \text{combined value of } (NF + AF) \text{ for all interfering sources (εξίσωση 1)}$

Όπου:

FS: η σχετική τιμή ισχύος πεδίου (dB(μV/m)) που δίνεται στην παράγραφο 4.1.3

AF: adjustment factor (dB), που σχετίζεται με τη διάκριση πόλωσης της κεραίας και το clutter loss (δες παράγραφο 4.3.3 παρακάτω)

NF: nuisance field και το μεγαλύτερο από τα E_C και E_T που δίνονται παρακάτω (dB(μV/m)).

Για συνεχείς παρεμβολές:

$$E_C = E(50,50) + P + A_C$$

Για τροποσφαιρικές παρεμβολές:

$$E_T = E(50,t) + P + A_T$$

Όπου:

$E(50,t)$: ισχύς πεδίου (dB(μ V/m)) του παρεμβάλλοντος εκπομπού, κανονικοποιημένη στο 1 kW και υπερβαίνουσα κατά το $t\%$ του χρόνου, που καθορίζεται χρησιμοποιώντας το Recommendation ITU-R PN.370.

Για τροποσφαιρική παρεμβολή, η τιμή του t είναι μεταξύ 1 και 10 (η ακριβής τιμή πρέπει να καθοριστεί από κάθε κράτος)

P : e.i.p. (dB(kW)) του παρεμβάλλοντος εκπομπού

A : λόγος προστασίας (dB)

Και όπου C και T υποδεικνύουν συνεχή και τροποσφαιρική παρεμβολή αντίστοιχα.

Ο λόγος προστασίας για συνεχή παρεμβολή είναι εφαρμόσιμη, όταν το πεδίο θορύβου (nuisance field) είναι μεγαλύτερο από εκείνο της τροποσφαιρικής παρεμβολής, το οποίο συμβαίνει όταν:

$$E_C > E_T$$

Αυτό σημαίνει ότι το E_C θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε όλες τις περιπτώσεις όπου:

$$E(50,50) + A_C > E(50,t) + A_T$$

Το υπολογιζόμενο protection margin θα πρέπει να είναι θετικό σε όλες τις τοποθεσίες όπου απαιτείται λήψη τηλεοπτικών υπηρεσιών.

Ο συνδυασμός πολλαπλών παρεμβολών από συνεγκατεστημένες και μη πηγές συζητείται στις παραγράφους 4.3.3.2 και 4.3.3.3 παρακάτω.

Πληροφορίες σχετικά με τις σταθερές υπηρεσίες ή τους σταθμούς βάσης των επίγειων κινητών υπηρεσιών με ενεργά ύψη κεραιών κάτω των 37.5 m δίνονται στην παράγραφο 4.3.3.4 παρακάτω.

4.3.3 Επιπλέον παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη

4.3.3.1 Adjustment factors (AF)

Μπορούν να αναγνωριστούν τέσσερις διακριτές περιπτώσεις παρεμβολών σε ένα σταθμό υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης από σταθμούς σταθερών ή επίγειων

κινητών υπηρεσιών. Οι περιπτώσεις αυτές αντιμετωπίζονται ξεχωριστά, όπως αναφέρεται παρακάτω.

4.3.3.1.1 Παρεμβολή από σταθμούς σταθερών υπηρεσιών ή από σταθμούς βάσης επίγειων κινητών υπηρεσιών οι οποίοι είναι ορθογώνια πολωμένοι σε σχέση με το σταθμό υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης

Στην περίπτωση αυτή, ο adjustment factor είναι ίσος με τη διάκριση πόλωσης της κεραίας η οποία έχει τιμή -16dB για το 50% των τοποθεσιών και -10dB για το 90% των τοποθεσιών.

4.3.3.1.2 Παρεμβολή από σταθμούς σταθερών υπηρεσιών ή από σταθμούς βάσης επίγειων κινητών υπηρεσιών οι οποίοι έχουν την ίδια πόλωση με το σταθμό υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης

Στην περίπτωση αυτή, ο adjustment factor είναι ίσος με τη σχετική τιμή της διάκρισης κατευθυντικότητας της κεραίας λήψης (receiving antenna directivity discrimination value), όπως αυτή ορίζεται στο Recommendation ITU-R BT.419. Για τη ζώνη συχνοτήτων II, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι τιμές που δίνονται για τη ζώνη συχνοτήτων I.

4.3.3.1.3 Παρεμβολή από έναν σταθμό επίγειων κινητών υπηρεσιών που λειτουργεί σε απόσταση μεγαλύτερη των 40 km έξω από την περιοχή κάλυψης ενός σταθμού υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη η διάκριση πόλωσης της κεραίας, διότι:

Το σύστημα εκπομπής κινητών υπηρεσιών, αποτελούμενο από μια κεραία και το κύριο μέρος ενός οχήματος, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ακτινοβολεί με μόνο οριζόντια ή κατακόρυφη πόλωση.

Οι επιπτώσεις λόγω διαταραχών στον περιβάλλον γύρω από τον εκπομπό κινητών υπηρεσιών αναμένεται να προκαλέσουν εντονότερα φαινόμενα αποπόλωσης.

Θα ήταν πρακτικά αδύνατο να διενεργηθούν υπολογισμοί για όλες τις πιθανές γεωγραφικές τοποθεσίες, για κάθε σταθμό κινητών υπηρεσιών, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες λόγω διάδοσης και τη διάκριση κατευθυντικότητας της κεραίας λήψης. Μία λογική απλοποίηση του προβλήματος είναι να διενεργηθούν υπολογισμοί παρεμβολών για το e.r.p των σταθμού βάσης κινητών υπηρεσιών θεωρώντας τον σταθμό αυτό ότι είναι εγκατεστημένος στην ίδια τοποθεσία σταθμού βάσης με ενεργό ύψος κεραίας 75 m. Τότε είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ένας adjustment factor (ρυθμιστικός παράγοντα) της τάξεως των -15 dB, για να συνυπολογιστούν οι απώλειες λόγω διαταραχών και οι επιπτώσεις εξαιτίας των ανακλάσεων στο έδαφος στο κοντινό περιβάλλον του σταθμού βάσης.

Σε μερικές περιπτώσεις, υπάρχει η πιθανότητα να συμπεριληφθεί ένας επιπλέον adjustment factor για να συνυπολογιστεί και η κατευθυντικότητα της κεραίας λήψης της τηλεόρασης, όπως δίνεται στο Recommendation ITU-R BT.419. Για λειτουργία της τηλεόρασης στη ζώνη συχνοτήτων II, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι τιμές που αναφέρονται για τη ζώνη συχνοτήτων I.

4.3.3.1.4 Παρεμβολή από έναν σταθμό επίγειων κινητών υπηρεσιών που λειτουργεί σε απόσταση μικρότερη των 40 km από μια τοποθεσία λήψης ενός σταθμού υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης

Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητο να διενεργηθούν λεπτομερείς υπολογισμοί για κάθε μία χειρότερη δυνατή διαδρομή. Για τους ίδιους λόγους που προαναφέρθηκαν στην παράγραφο 4.3.3.1.3, δεν μπορεί και σε αυτήν την περίπτωση να ληφθεί υπόψη η διάκριση πολικότητας της κεραίας.

4.3.3.2 Πολλαπλές παρεμβολές από συνεγκατεστημένες πηγές

Οι παρεμβολές που προκύπτουν από πολλαπλές συνεγκατεστημένες πηγές μπορούν να υπολογισθούν με τη μέθοδο άθροισης ισχύων (power sum method):

$$E = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{E_i}{10}}$$

Όπου:

E_i : τιμή (dB(μV/m)), των ($NF + AF$) για κάθε ξεχωριστή συνεγκατεστημένη πηγή. Όπως υποδεικνύεται και στην παράγραφο 4.3.2 παραπάνω, το NF εκφράζεται σε dB(μV/m) και το AF σε dB

n : αριθμός των συνεγκατεστημένων πηγών

E : ενεργός παρεμβολή (dB(μV/m)).

Σημείωση: Η τιμή του E εκφράζει έναν από τους όρους που πρέπει να συμπεριληφθεί στη διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 4.3.3.3 παρακάτω.

4.3.3.3 Πολλαπλές παρεμβολές από πηγές που δεν είναι συνεγκατεστημένες

Οι παρεμβολές που προκύπτουν από πολλαπλές πηγές που δεν είναι συνεγκατεστημένες θα πρέπει να υπολογιστούν με τη χρήση της απλοποιημένης παραγοντικής μεθόδου (multiplication method), όπως αυτή δίνεται στο Annex II των Final Acts του RARC AFBC(2), 1989.

4.3.3.4 Ενεργό ύψος κεραίας εκπομπής

Το ενεργό ύψος κεραίας εκπομπής ορίζεται στο Recommendation ITU-R PN.370.

Όταν το ενεργό ύψος κεραίας εκπομπής είναι μικρότερο των 37.5 m ή μεγαλύτερο των 1200 m, τότε οι τιμές ισχύος πεδίου υπολογίζονται με τη χρήση της μεθόδου που περιγράφηκε στα Final Acts του RARC AFBC(2).

4.3.4 Εκτιμήσεις παρεμβολών

Οι εκτιμήσεις παρεμβολών κανονικά θα πρέπει να γίνονται για διάφορα σημεία λήψης, μέσα στα πλαίσια της περιοχής κάλυψης ενός εκπομπού υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης. Τα σημεία αυτά πρέπει να είναι εκείνα τα οποία θεωρούνται ότι είναι πιθανότερο να υπόκεινται σε έντονα φαινόμενα παρεμβολών.

Επιπλέον, όσον αφορά στους σταθμούς αναμετάδοσης, είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι το ληφθέν σήμα αναλογικής τηλεόρασης επίσης προστατεύεται από παρεμβολές. Σε αυτήν την περίπτωση, χρησιμοποιούνται κανονικά οι λόγοι προστασίας που δίνονται στο Recommendation ITU-R BT.655.

4.4 Παράδειγμα μελέτης συνύπαρξης αναλογικής τηλεόρασης με υπηρεσία κινητής τηλεφωνίας

Στην παρούσα παράγραφο, θα γίνει μια προσπάθεια μελέτης ορθής λήψης υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης με ταυτόχρονη εκπομπή υπηρεσίας κινητής τηλεφωνίας. Στην προκειμένη περίπτωση, μελετάται το σύστημα αναλογικής τηλεόρασης 625-line system PAL B, G που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.3, προκύπτει το συμπέρασμα ότι, εάν το υπολογισθέν protection margin στην περιοχή κάλυψης της επιθυμητής υπηρεσίας είναι μεγαλύτερο του 0, τότε υπάρχει ορθή λήψη της υπηρεσίας αυτής. Στην περίπτωση που το protection margin προκύψει μικρότερο του 0, δεν υπάρχει ορθή λήψη της υπηρεσίας στην περιοχή κάλυψης.

Η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώνεται στο άνω τμήμα της UHF ζώνης συχνοτήτων, εξαιτίας της επιθυμίας των παρόχων υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας να αξιοποιήσουν συχνότητες του τμήματος αυτού. Έτσι, λοιπόν, ως ελάχιστη επιθυμητή ισχύς πεδίου για ορθή λήψη αναλογικής τηλεόρασης θεωρείται η τιμή των 70 dB(μ V/m) (βλέπε Πίνακα 4.3 για τη ζώνη συχνοτήτων V). Η τιμή αυτή αποτελεί στατιστικό μέγεθος που πρέπει να επιτευχθεί για το 50% του χρόνου και το 50% του χώρου στα όρια της περιοχής κάλυψης. Εξαιτίας της έλλειψης προτυποποιημένων τιμών για υπηρεσίες IMT/UMTS, χρησιμοποιείται μια προτεινόμενη ελάχιστη επιθυμητή ισχύς πεδίου για υπηρεσία GSM, που στο συγκεκριμένο παράδειγμα αποτελεί την παρεμβάλλουσα υπηρεσία. Ως ελάχιστη, λοιπόν, επιθυμητή ισχύς πεδίου για το 50% του χρόνου και για το 50% του χώρου της υπηρεσίας GSM θεωρείται η τιμή των 37 dB(μ V/m).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, εξετάζεται μόνο το σενάριο ομοδιαυλικής παρεμβολής, καθώς θεωρείται ότι η εκπομπή της παρεμβάλλουσας υπηρεσίας (GSM) λαμβάνει χώρα μέσα στον ίδιο τον αναλογικό διάυλο. Ως γνωστόν, ο αναλογικός διάυλος είναι εύρους 8 MHz ενώ ο διάυλος του GSM είναι συνήθως 200 kHz. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το αναλογικό σήμα δεν καταλαμβάνει και τα 8 MHz του καναλιού, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η εκπομπή της κινητής υπηρεσίας μπορεί να γίνει σε διάφορα τμήματα του αναλογικού διαύλου.

Η διάκριση των παρεμβολών σε τροποσφαιρικές και συνεχείς σχετίζεται μόνο με την ποιότητα λήψης που επιθυμείται στην εκάστοτε περιοχή κάλυψης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, θα θεωρηθεί τροποσφαιρική παρεμβολή.

Σύμφωνα λοιπόν με τα δεδομένα που προαναφέρθηκαν και με τη βοήθεια του Πίνακα 4.5, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Θέση σήματος GSM στον αναλογικό διάυλο (MHz)	Ελάχιστη επιθυμητή ισχύς πεδίου Αναλογικής τηλεόρασης(dB(μV/m))	Ελάχιστη επιθυμητή ισχύς πεδίου GSM (dB(μV/m))	Field Strength_{wanted} - Field Strength_{unwanted} ((dB(μV/m))	C/I (dB)
0	70	37	33	23
0,75	70	37	33	44
1,25	70	37	33	47
1,75	70	37	33	50
2,25	70	37	33	50
3,25	70	37	33	44
4,25	70	37	33	36
4,85-6,05	70	37	33	45
6,95-7,25	70	37	33	25

Πίνακας 4.11: Πίνακας εύρεσης λόγων προστασίας συστήματος αναλογικής τηλεόρασης 625-line system PAL G από υπηρεσία GSM, για ομοδιαυλική, τροποσφαιρική παρεμβολή

Σημείωση 1: Οι ελάχιστες επιθυμητές ισχύεις πεδίου αναφέρονται για το 50% του χρόνου και το 50% του χώρου.

Σημείωση 2: Ανάλογη διαδικασία ακολουθείται σε περίπτωση παρεμβολών γειτονικού διαύλου ή συνεχών παρεμβολών.

4.4.1 Σχόλια

Σύμφωνα με όσα έχουν προαναφερθεί, η ορθή λήψη μιας επιθυμητής υπηρεσίας στην περιοχή κάλυψης κρίνεται μέσω του protection margin (εξίσωση 1). Λαμβάνοντας υπόψη ότι, όταν θεωρήθηκε η ελάχιστη επιθυμητή ισχύς πεδίου του GSM για το 50% του χρόνου και το 50% του χώρου, συνυπολογίστηκαν όλοι οι ρυθμιστικοί παράγοντες, προκύπτει ότι:

$$PM = FS_{\text{wanted}} - \text{combined value of (NF + AF) for all interfering sources} \quad (\text{εξίσωση 1})$$

=>

$$PM = FS_{\text{wanted}} - FS_{\text{unwanted}} - C/I \quad (\text{εξίσωση 2})$$

Για να υπάρχει, όμως, ορθή λήψη των υπηρεσιών της αναλογικής τηλεόρασης, πρέπει:

$$PM > 0 \quad (\text{εξίσωση 3})$$

Άρα, λοιπόν, συνδυάζοντας τις εξισώσεις 2 και 3, προκύπτει ότι, για να υπάρξει ορθή λήψη των υπηρεσιών της αναλογικής τηλεόρασης, πρέπει:

$$FS_{\text{wanted}} - FS_{\text{unwanted}} > C/I \quad (\text{εξίσωση 4})$$

Σύμφωνα, λοιπόν, με την εξίσωση 4 και με τη βοήθεια του Πίνακα 4.11, παρατηρείται ότι επιτυγχάνεται ορθή λήψη των υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης σε δύο περιπτώσεις. Η μία στην περίπτωση που η θέση του σήματος της παρεμβάλλουσας υπηρεσίας GSM είναι στην αρχή του αναλογικού διαύλου (0 MHz) και η άλλη στην περίπτωση που η θέση του σήματος της υπηρεσίας GSM βρίσκεται οπουδήποτε στο τμήμα 6,95 MHz -7,25 MHz του αναλογικού διαύλου. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι, στις περιπτώσεις αυτές, επιτυγχάνεται συνύπαρξη των δύο αυτών υπηρεσιών.

Στις υπόλοιπες πιθανές θέσεις του σήματος της GSM υπηρεσίας στον αναλογικό δίαυλο, δεν ικανοποιείται η συνθήκη της εξίσωσης 4. Στην προκειμένη περίπτωση, δεν επιτυγχάνεται ορθή λήψη των υπηρεσιών αναλογικής τηλεόρασης στην περιοχή κάλυψης και, επομένως, δεν υφίσταται συνύπαρξη με την υπηρεσία GSM. Μια πιθανή λύση για συνύπαρξη των δυο αυτών υπηρεσιών είναι η απομάκρυνση των σταθμών εκπομπής της υπηρεσίας GSM. Με τον τρόπο αυτό, θα επιτευχθεί μείωση της προκαλούμενης παρεμβολής στα σύνορα της περιοχής κάλυψης των αναλογικών υπηρεσιών. Η ενέργεια αυτή είναι πιθανότερο να επιφέρει αποτελέσματα σε περιπτώσεις όπου εμφανίζονται όσο το δυνατόν μικρότεροι λόγοι προστασίας, όπως, για παράδειγμα, στην περίπτωση που η θέση του σήματος της παρεμβάλλουσας υπηρεσίας στον αναλογικό δίαυλο είναι στα 4.25 MHz, όπου ο λόγος προστασίας είναι 36 dB.

5. Συνόπαρξη Ψηφιακής Τηλεόρασης και Κινητής Υπηρεσίας στις UHF συχνότητες και θέματα παρεμβολών

5.1 Εισαγωγή

Η συμφωνία της Γενεύης GE06 δημιούργησε ένα πλάνο συχνοτήτων που περιλαμβάνει καταμερισμούς και εκχωρήσεις συχνοτήτων για την εκπομπή υπηρεσιών DVB-T και T-DAB στη ζώνη συχνοτήτων III 174-230 MHz και υπηρεσιών DVB-T στις ζώνες συχνοτήτων IV/V 470-862 MHz, καθώς, επίσης, και άλλων υπηρεσιών.

Η ευελιξία αποτελεί κύριο γνώρισμα της συμφωνίας αυτής. Αυτό σημαίνει ότι το πλάνο επιτρέπει σε ανατεθειμένες συχνότητες (ψηφιακές είσοδοι) να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή υπηρεσιών ευρυεκπομπής με διαφορετικά χαρακτηριστικά ή άλλων εφαρμογών με την προϋπόθεση ότι οι απαιτήσεις προστασίας από παρεμβολές είναι σύμφωνες με το πλάνο.

Υβριδικές εφαρμογές κινητών εφαρμογών πολυμέσων και ευρυεκπομπής θεωρούνται υποψήφια για μελλοντικές εφαρμογές κινητής ευρυεκπομπής. Για παράδειγμα, η εξέλιξη του προτύπου DVB-H (DVB-Handheld) καθιστά δυνατή τη ζωντανή εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων σε μία κινητή συσκευή χειρός. Παρόλο που οι κινητές αυτές τεχνολογίες ευρυεκπομπής πολυμέσων μπορούν να χρησιμοποιούν το ίδιο φάσμα συχνοτήτων με το DVB-T, απαιτούν αυτόνομο δίκτυο.

Τα δίκτυα αυτά θα σχεδιαστούν λαμβάνοντας υπόψη ότι η λήψη σε μία κινητή συσκευή χειρός απαιτεί υψηλότερη ισχύ πεδίου σε σύγκριση με τη σταθερή λήψη DVB-T, προκειμένου να αντισταθμίσει το χαμηλό κέρδος κεραίας, το χαμηλό ύψος λήψης και την απώλεια διείσδυσης λόγω κτιρίων.

Παρακάτω, αναφέρονται θέματα συμβατότητας που μπορεί να εμφανιστούν μεταξύ DVB-T και δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων εξαιτίας διαφορών στη ληφθείσα ισχύ πεδίου, όταν χρησιμοποιούνται πομποί που δεν έχουν οπτική επαφή σε γειτονικά κανάλια, και παρατίθενται λύσεις για την υπέρβαση των προβλημάτων αυτών. Στο εξής, οι κινητές υπηρεσίες ευρυεκπομπής πολυμέσων θα θεωρούνται υπηρεσίες με υψηλή ισχύ πεδίου κάτω ζεύξης (προς το παρόν, δε λαμβάνουμε υπόψη την άνω ζεύξη).

Οι υπηρεσίες αυτές κινητής ευρυεκπομπής πολυμέσων παρέχονται από διάφορα συστήματα όπως DVB-T, DVB-H, T-DMB, FLO, WiMAX, WCDMA/HSDPA, UMTS/IMT-2000, MBMS ή από άλλες κυψελωτές υπηρεσίες. Αυτές οι υπηρεσίες απαιτούν υψηλές τιμές ισχύος πεδίου στην ζεύξη καθόδου με αποτέλεσμα να προκαλούν προβλήματα σε υπηρεσίες DVB-T που χρησιμοποιούν γειτονικά κανάλια. Ένα σημαντικό ζήτημα και σημείο κλειδί είναι η μεγάλη διαφορά στις απαιτήσεις ισχύος πεδίου μεταξύ μιας DVB-T υπηρεσίας και μίας παρεμβαλλόμενης κινητής εφαρμογής πολυμέσων. Παρακάτω, τα συμπεράσματα που πρόκειται να προκύψουν ισχύουν και για άλλες κινητές υπηρεσίες πολυμέσων που χρησιμοποιούν υψηλή ισχύ

πεδίου για τη ζεύξη καθόδου. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στις μάσκες εκπομπής μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.

Στις παραγράφους 5.2 και 5.3, μελετάται η συνύπαρξη δικτύων που χρησιμοποιούν σταθμούς εκπομπής υψηλής ισχύος και μεγάλου ύψους (high power and high tower transmitter), για παράδειγμα δίκτυα DVB-T, και κυψελωτών δικτύων που χρησιμοποιούν σταθμούς εκπομπής χαμηλότερης ισχύος και μικρότερου ύψους, όπως δίκτυα DVB-H. Βασιζόμενοι στα συμπεράσματα που προκύπτουν, στις παραγράφους 5.4 έως και 5.8, επεκτείνεται η μελέτη αυτή σε ζητήματα συνύπαρξης δικτύων DVB-T και δικτύων κινητής τηλεφωνίας IMT/UMTS.

5.2 Συνύπαρξη των RPC1 και RPC2/3 δικτύων στις ζώνες συχνοτήτων IV/V

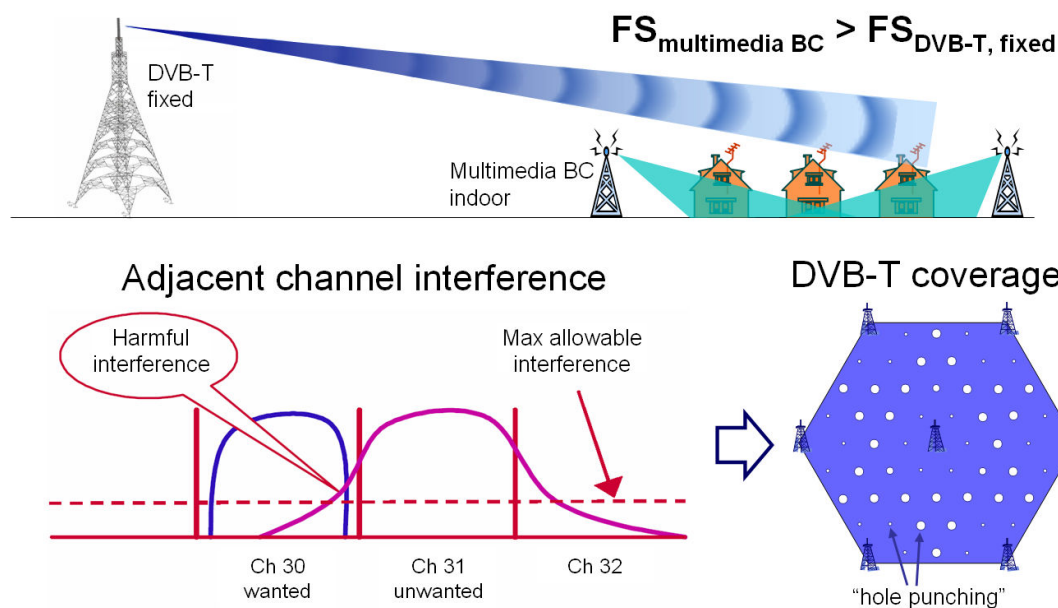
5.2.1 Εξέταση του θέματος

5.2.1.1 Γενική περιγραφή

Η παρεμβολή γειτονικού καναλιού προκαλείται όταν ένας δέκτης συντονισμένος στην επιθυμητή υπηρεσία σε συγκεκριμένο κανάλι υπόκειται σε παρεμβολή από άλλη υπηρεσία που χρησιμοποιεί γειτονικό κανάλι. Αν οι δύο υπηρεσίες εκπέμπονται από την ίδια τοποθεσία χρησιμοποιώντας κατάλληλα επίπεδα ισχύος και μία κατάλληλη μάσκα φάσματος, είναι πιθανό να διασφαλιστεί ότι δε θα υπάρχει επιβλαβής παρεμβολή στην περιοχή κάλυψης των δύο υπηρεσιών. Παρόλα αυτά, αν οι δύο υπηρεσίες εκπέμπονται από διαφορετική υπηρεσία και/ή σε διαφορετικά επίπεδα ισχύος, είναι δυσκολότερο να καθοριστεί ο τρόπος προστασίας της επιθυμητής υπηρεσίας σε όλη την έκταση της περιοχής κάλυψης.

Η περίπτωση αυτή είναι σχετική με την προστασία υπηρεσιών DVB-T δικτύου που χρησιμοποιεί πομπούς υψηλής ισχύος και μεγάλου ύψους από μία άλλη υπηρεσία που λειτουργεί σε μέση ισχύ χρησιμοποιώντας δίκτυο υψηλής πυκνότητας πομπών. Στην εγγύς περιοχή εκπομπών ενός δικτύου υψηλής πυκνότητας πομπών, η σχετική ισχύς πεδίου μίας εκπεμπόμενης συχνότητας θα μπορούσε να είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή ενός δικτύου υψηλής ισχύος κοντά στα σύνορα της περιοχής κάλυψης, εξαιτίας των διαφορετικών αποστάσεων διάδοσης από τους εκπομπούς. Αυτό αληθεύει όταν η απαιτούμενη ισχύς πεδίου ενός δικτύου υψηλής πυκνότητας πομπών, που προορίζεται για ευρυεκπομπή πολυμέσων, είναι υψηλή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει παρεμβολή γειτονικού καναλιού (αναφερόμενη και ως “hole punching”) σε δέκτες DVB-T που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τους χρησιμοποιούμενους εκπομπούς στο δίκτυο αυτό.

Το πρόβλημα αυτό μεταξύ δικτύων με εκπομπούς που δεν είναι εγκατεστημένοι στην ίδια περιοχή απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 5.1: Παρεμβολή γειτονικού καναλιού σε υπηρεσίες DVB-T από δίκτυο ευρυεκπομπής πολυμέσων

Θέματα συμβατότητας μεταξύ σταθερής λήψης DVB-T και δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων αφορούν οποιαδήποτε χώρα επιθυμεί να εφαρμόσει τέτοιου είδους δίκτυα. Οποιαδήποτε διασυννοριακά ζητήματα προκύψουν οφείλουν να επιλυθούν σύμφωνα με τη συνθήκη GE06.

5.2.1.2 Το πλάνο GE06

Μέρος της ευελιξίας της συμφωνίας GE06 διασφαλίζεται από τα RPC's (Reference Planning Configurations). Τα RPC's περιλαμβάνουν τις διαφορετικές μεταβλητές συστήματος και τους διαφορετικούς τρόπους λήψης που είναι πιθανοί σε ψηφιακές τεχνολογίες ευρυεκπομπής. Θεωρούνται τρία σχέδια RPC για το σχεδιασμό DVB-T: RPC1 για σταθερή λήψη, RPC2 για εξωτερική φορητή ή κινητή λήψη, RPC3 για φορητή εσωτερική λήψη. Οι τιμές αναφοράς για την ελάχιστη μέση ισχύ πεδίου από το πλάνο GE06 δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

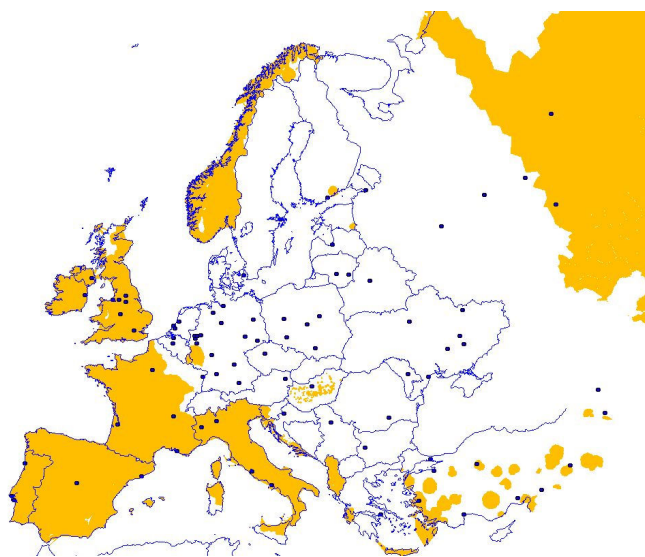
RPC	RPC 1	RPC 2	RPC 3
$(E_{med})_{ref}$	56	78	88

Πίνακας 5.1: Τιμές αναφοράς για την ελάχιστη μέση ισχύ πεδίου $(E_{med})_{ref}$ (GE06)

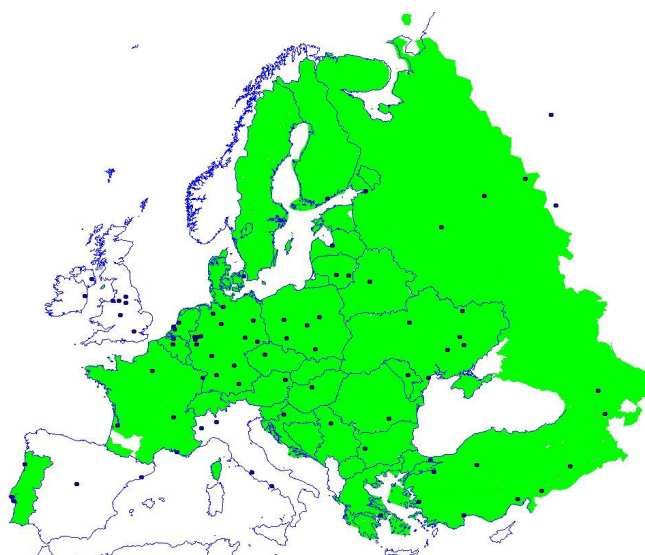
Παρατηρείται ότι η ισχύς πεδίου αναφοράς του RPC3 είναι κατά 32 dB μεγαλύτερη από τη θεωρούμενη ισχύ πεδίου αναφοράς για το RPC1.

Οι ευρωπαϊκές χώρες έχουν επιλέξει διαφορετικούς κανόνες σχεδιασμού ανάλογα με τις εθνικές τους απαιτήσεις (βλ. Σχήμα 5.2). Σε μερικές περιοχές, αυτή η επιλογή

βασίστηκε σε συμβιβασμούς που επιτεύχθηκαν έπειτα από αμφίπλευρες και πολυμερείς διαπραγματεύσεις, προκειμένου να υπάρξει δίκαιη πρόσβαση στο φάσμα συχνοτήτων.



RPC1



RPC2/3

Σχήμα 5.2: Επιλεγμένοι κανονισμοί σχεδιασμού αναφοράς από τις ευρωπαϊκές χώρες

Τα δίκτυα πολυμέσων ζεύξης καθόδου θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το πλάνο GE06 χρησιμοποιώντας τις διατάξεις της συμφωνίας που περιέχονται στην «έννοια του φακέλου» (“envelope concept”). Γενικότερα, οι κινητές υπηρεσίες ευρυεκπομπής πολυμέσων για εσωτερική λήψη, όπως για παράδειγμα το DVB-H, απαιτούν εκπομπούς υψηλότερης πυκνότητας προκειμένου να παρέχουν επαρκώς υψηλή ισχύ πεδίου σε όλη την έκταση της περιοχής κάλυψης. Η σταθερή λήψη DVB-T με τη χρήση κεραιών στις στέγες των κτιρίων παρέχεται από αραιά τοποθετημένους εκπομπούς υψηλής ισχύος. Συνεπακόλουθα, μπορεί να υπάρξει παρεμβολή γειτονικού καναλιού μεταξύ επικαλυπτόμενων (ή γειτονικών) περιοχών κάλυψης DVB-T και κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων. Το πρόβλημα αυτό θα

πρέπει να ληφθεί υπόψη στο πρώτο γειτονικό κανάλι ($N \pm 1$), καθώς και στα επόμενα ($N \pm M$, $M > 1$).

Θα πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι το ζήτημα συμβατότητας συνύπαρξης δικτύων DVB-T και δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, σχεδιαζόμενα για διαφορετικούς τύπους λήψης, εμφανίζεται βασικά σε εθνικό επίπεδο και πρέπει να θεωρείται εσωτερικό πρόβλημα, από γεωγραφικής άποψης.

5.2.1.3 Βάσεις για τεχνικές λύσεις

Η συμφωνία GE06 είναι το πιο ενημερωμένο πλαίσιο μελέτης αντιμετώπισης θεμάτων συμβατότητας στις ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz. Η ανάλυση και αξιολόγηση των συμφωνηθέντων και η πρακτική εφαρμογή τους έχουν αντίκτυπο και τα δικαιώματα των αρμόδιων αρχών των κρατών και στο επίπεδο της πρακτικής εφαρμογής.

Όσον αφορά στα δικαιώματα των αρμόδιων αρχών των κρατών, το ζήτημα περιορίζεται σε αυτές τις χώρες, οι οποίες έχουν εισόδους τύπου RPC1 στο πλάνο της Γενεύης και επιθυμούν να εφαρμόσουν κινητές υπηρεσίες πολυμέσων υψηλής ισχύος πεδίου σε τουλάχιστον δύο εκδοχές. Αρχικά, αυτές οι χώρες πρέπει να αντιμετωπίσουν τις πρακτικές εσωτερικές δυσκολίες. Στη συνέχεια, ίσως θελήσουν να επεκτείνουν υπηρεσίες πολυμέσων υψηλής ισχύος πεδίου στα σύνορά τους. Η ενέργεια αυτή ίσως οδηγήσει σε διεθνή συντονισμό που πρέπει να διέπεται από τα συμφωνηθέντα της GE06.

Ανεξάρτητα από τον τύπο εισόδου στο πλάνο, ίσως φανεί χρήσιμο να έχουν επιπλέον τεχνικές οδηγίες και περισσότερη εξειδικευμένη γνώση σε θέματα συμβατότητας. Αρχικά, αυτό θα βοηθούσε στην εγγύρια επέκταση οποιουδήποτε δικτύου υψηλής ισχύος λήψης σε περιοχές όπου υπάρχει σταθερή λήψη DVB-T. Επίσης, αυτό θα μπορούσε να διευκολύνει την αμφίπλευρη συνεργασία και το συντονισμό, αν ζητηθεί από ένα κράτος, του οποίου οι εισοδοί στο πλάνο είναι τύπου RPC1.

5.2.2 Μελέτη συμβατότητας

5.2.2.1 Απαιτήσεις προστασίας

Παρακάτω αναφέρονται τρεις κύριοι λόγοι παρεμβολής γειτονικού καναλιού σε δέκτες:

- Ανεπαρκές φιλτράρισμα του εκτός καναλιού σήματος παρεμβολής (εκφρασμένο αναφορικά με τη μάσκα φάσματος του παρεμβαλλόμενου πομπού).
- Ανεπαρκής επιλεκτικότητα δέκτη
- Χαμηλό κατώφλι front-end υπερφόρτωσης δέκτη (εκφρασμένο σχετικά με το επίπεδο παρεμβαλλόμενου σήματος σε dBm)

Το συνδυασμένο αποτέλεσμα αυτών των παραγόντων εκφράζεται αναφορικά με το λόγο προστασίας (C/I) που απαιτείται μεταξύ του επιθυμητού σήματος στο κανάλι N και του παρεμβαλλόμενου στο κανάλι $N \pm M$, όπου $M > 1$.

Για τους λόγους προστασίας του DVB-T παρέχονται διάφορες τιμές στα ακόλουθα κείμενα:

- ETSI TR 101 190 V1.2.1: Οδηγίες εφαρμογής DVB-T υπηρεσιών.

«Για παρεμβολή γειτονικού και image (N+9) καναλιού θεωρείται ως κατάλληλος λόγος προστασίας της τάξεως -40 dB, εξαιτίας έλλειψης δεδομένων»

- ITU-R BT 1368-6: Κριτήρια σχεδιασμού για υπηρεσίες ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης στις ζώνες συχνοτήτων VHF/UHF.

Ένας λόγος προστασίας -30 dB για κανάλια N-1 και N+1 καθορίζεται στο επόμενο σχόλιο: «Είναι γνωστό από μετρήσεις ήδη υπαρχόντων δεκτών ότι επιτρέπουν χαμηλότερους λόγους προστασίας. Ωστόσο, για σκοπούς σχεδιασμού αποτελεί πλεονέκτημα να υπάρχει αυτή η τιμή».

- IEC 62216-1: Δέκτες ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης για σύστημα DVB-T (Τα κείμενα IEC γενικώς παρέχουν προδιαγραφές τερματικών):

Καθορίζεται ένας λόγος προστασίας -25 dB για τα κανάλια N-1 και N+1 και ένας λόγος προστασίας της τάξεως -40 dB για όλα τα άλλα κανάλια. Για τις image συχνοτήτες (N+9) ο λόγος είναι -30 dB.

Οι τιμές των προαναφερθέντων λόγων προστασίας αποδεικνύουν ότι η επιλεκτικότητα των DVB-T δεκτών δε βελτιώνεται πέρα από το offset συχνοτήτων ± 16 MHz μεταξύ του επιθυμητού και το παρεμβαλλόμενου σήματος. Παρόλα αυτά, τέτοιοι λόγοι προστασίας μπορούν να εμφανιστούν, μόνο εάν το front-end των δεκτών υπερφορτωθεί από ένα πολύ ισχυρό παρεμβαλλόμενο σήμα. Έχουν διενεργηθεί μετρήσεις στη Γαλλία που στόχο είχαν:

- Να καθορίσουν τους πραγματικούς λόγους προστασίας των DVB-T δεκτών κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας (χωρίς front-end υπερφόρτωση δεκτών)
- Να καθορίσουν το front-end κατώφλι υπερφόρτωσης των DVB-T δεκτών καθώς και την επιλεκτικότητά τους κάτω από συνθήκες front-end υπερφόρτωσης υπό την παρουσία παρεμβολής από DVB-H.

Είναι αξιοσημείωτο ότι:

- Το παραγόμενο παρεμβάλλον σήμα δεν ήταν σε πλήρη συμφωνία με τις αναμενόμενες μάσκες εκπομπής DVB-H. Συνεπακόλουθα, ήταν αναμενόμενο να ανακτηθούν ελαφρώς καλύτεροι λόγοι προστασίας DVB-T υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας για offset συχνοτήτων των ± 8 MHz και ± 16 MHz, τη στιγμή παραγωγής του παρεμβαλλόμενου σήματος.

- Οι λόγοι προστασίας που μετρήθηκαν κάτω από συνθήκες front-end υπερφόρτωσης εξαρτώνταν όχι μόνο από το offset συχνοτήτων αλλά και από το επίπεδο του παρεμβαλλόμενου σήματος.

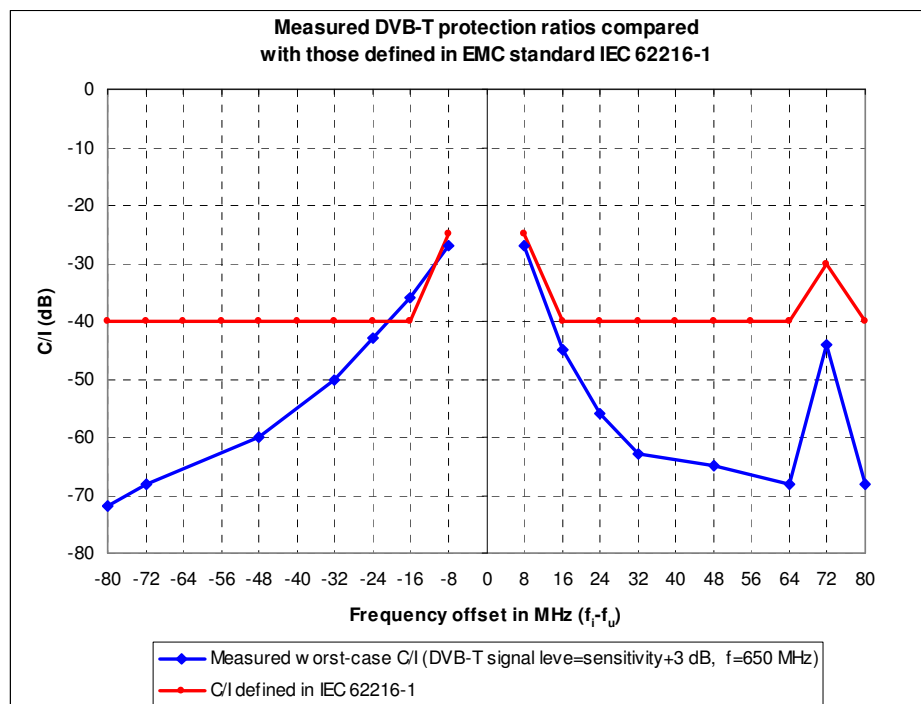
Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δίδονται στους Πίνακες 5.2, 5.3. Η σύγκριση μεταξύ των μετρηθέντων λόγων προστασίας DVB-T με εκείνους που καθορίστηκαν στο EMC πρότυπο IEC 62216-1 απεικονίζεται στο Σχήμα 5.3.

Interfering signal frequency (MHz)	570	578	602	618	626	634	642	650	658	666	674	682	698	714	722	730
Channel position	N-10	N-9	N-6	N-4	N-3	N-2	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+6	N+8	N+9	N+10
C/I (dB)	-72	-68	-60	-50	-43	-36	-27		-27	-45	-56	-63	-65	-68	-44	-68

Πίνακας 5.2: Οι χειρότεροι δυνατοί λόγοι προστασίας DVB-T υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας ($f_u=650$ MHz, χωρίς front-end υπερφόρτωση δέκτη)

Interfering signal frequency (MHz)	570	578	602	618	650	674	682	698	714	722	730
Channel position	N-10	N-9	N-6	N-4	N	N+3	N+4	N+6	N+8	N+9	N+10
I level (dBm)	-6<	-7<	-12<	-19<		-19<	-15<	-13<	-10<	-27<	-10<
C/I (dB)	-40	-40	-40	-40		-40	-40	-40	-40	-30	-40

Πίνακας 5.3: Οι χειρότεροι δυνατοί λόγοι προστασίας DVB-T υπό συνθήκες front-end υπερφόρτωσης ($f_u=650$ MHz)



Σχήμα 5.3: Μετρηθέντες λόγοι προστασίας DVB-T με έναν παρεμβολέα DVB-H συγκρινόμενοι με εκείνους που έχουν καθοριστεί στο EMC πρότυπο IEC 62216-1

Οι μετρηθέντες DVB-T λόγοι προστασίας δείχνουν ξεκάθαρα ότι η επιλογή ενός απαραίτητου offset συχνοτήτων μεταξύ του επιθυμητού DVB-T και του παρεμβάλλοντος DVB-H σήματος αποτελεί μία πολύ ευέλικτη και ισχυρή τεχνική περιορισμού της παρεμβολής. Όσο πιο μεγάλη είναι η απόλυτη τιμή του offset συχνότητας, τόσο βελτιωμένος είναι ο λόγος προστασίας DVB-T (εξαιρουμένων των image συχνοτήτων).

Επιπλέον, εάν βελτιστοποιηθεί η ισχύς του παρεμβαλλόμενου πομπού για να αποφευχθεί η front-end υπερφόρτωση του DVB-T δέκτη, είναι δυνατό να αποτραπεί οποιαδήποτε παρεμβολή στους DVB-T δέκτες από πομπό ευρυεκπομπής πολυμέσων με τη βοήθεια μίας κατάλληλης προσαρμογής διαχωρισμού συχνοτήτων.

5.2.2.2 Απαιτούμενη ισχύς πεδίου για σχεδίαση κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων

Για μία υπηρεσία ευρυεκπομπής πολυμέσων, η ελάχιστη απαιτούμενη μέση ισοδύναμη ισχύς πεδίου για λήψη εξαρτάται από:

- Τις μεταβλητές του συστήματος που χρησιμοποιούνται, οι οποίες καθορίζονται από τον επιθυμητό ρυθμό δεδομένων
- Τον τρόπο λήψης. Συνήθως καθορίζονται τέσσερις έως πέντε τρόποι λήψης:
 - i. Εσωτερικού χώρου (indoor) (Κάποιες φορές διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες: light-indoor, deep-indoor)
 - ii. Εξωτερικού χώρου με ταχύτητα πεζού (outdoor pedestrian)
 - iii. Κινητή με ταχύτητα οχήματος (mobile in-car)
 - iv. Κινητή με κεραία ενσωματωμένη στο αυτοκίνητο (mobile roof-top)

- Τον τύπο της περιοχής κάλυψης, δηλαδή εάν είναι αστική, προαστιακή ή αγροτική περιοχή.
- Την επιθυμητή ποιότητα κάλυψης, με την έννοια του ποσοστού μιας μικρής περιοχής (100m x 100m), στο οποίο εξασφαλίζεται η ορθή λήψη. Μία «καλή» (“good”) κάλυψη ανταποκρίνεται στο 95% των τοποθεσιών για εσωτερικού χώρου και εξωτερικού χώρου με ταχύτητα πεζού τρόπου λήψης, και 99% των τοποθεσιών για κινητή λήψη. Μία «αποδεκτή» (“acceptable”) ποιότητα κάλυψης ανταποκρίνεται στο 70% των τοποθεσιών, για εσωτερικού χώρου και εξωτερικού χώρου με ταχύτητα πεζού τρόπου λήψης, και 90% των τοποθεσιών για κινητή λήψη. Μία «μέση» (“intermediate”) ποιότητα μπορεί πολλές φορές να χρησιμοποιηθεί για το 85% των τοποθεσιών, για εσωτερικού χώρου και εξωτερικού χώρου με ταχύτητα πεζού τρόπου λήψης.

Συνήθως, η ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου καθορίζεται για μία κεραία λήψης τοποθετημένη σε ύψος 1.5 m από το επίπεδο του εδάφους. Αυτό ανταποκρίνεται στις γενικές συνθήκες λήψης, όταν αυτή είναι φορητή και κινητή στο δρόμο ή στο ισόγειο ενός κτιρίου. Παρόλα αυτά, για λόγους παρεμβολών, είναι απαραίτητο να υπολογιστούν όλα τα θεωρούμενα σήματα (παρεμβαλλόμενο σήμα από εκπομπό κινητής υπηρεσίας πολυμέσων και επιθυμητό σήμα από DVB-T) στο ίδιο ύψος κεραίας λήψης που συνήθως ορίζεται στα 10 m. Γι’ αυτό απαιτείται μία διόρθωση στην ισχύ πεδίου για να προκύψει η ελάχιστη μέση ισοδύναμη ισχύς πεδίου στα 10 m από την τιμή που υπολογίστηκε για το 1.5 m.

Λαμβάνοντας υπόψη το πρότυπο DVB-H ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα συστήματος κινητής υπηρεσίας ευρυεκπομπής πολυμέσων, ο Πίνακας 5.4 παρέχει παραδείγματα πιθανών τιμών της ελάχιστης μέσης ισοδύναμης ισχύος πεδίου που απαιτείται στα 10 m, για κάλυψη μέσω εκπομπού πολυμέσων στη ζώνη συχνοτήτων IV (ονομαστική συχνότητα 500MHz), για ένα σύνολο ελάχιστων σηματοθορυβικών λόγων (C/N_{min}). Ένας δεδομένος συνδυασμός μεταβλητών συστήματος και τρόπου λήψης απαιτεί μία συγκεκριμένη τιμή C/N_{min} για τη λήψη. Παρόλα αυτά, για οποιαδήποτε άλλη τιμή C/N_{min} , η αντίστοιχη ελάχιστη μέση ισοδύναμη ισχύς πεδίου αυξάνεται ή μειώνεται ισόποσα με το C/N_{min} και, γι’ αυτό, μπορεί εύκολα να προκύψει από τον Πίνακα 5.4:

C/N _{min} * (dB) →	9.5	11.5	9.5	11.5
Reception type → Coverage quality ↓	Mobile roof-top (rural) (dBμV/m)	Outdoor pedestria n (urban) (dBμV/m)	Mobile in-car (rural) (dBμV/m)	Indoor (urban) (dBμV/m)
Good	68	86	89	101
Intermediate	65	82	85	96
Acceptable	63	79	83	92

*Σύμφωνα με το τεχνικό κείμενο 3317 της EBU, οι συγκεκριμένες τιμές C/N_{min} του πίνακα ανταποκρίνονται σε ρυθμό κωδικοποίησης QPSK 1/2, διάστημα προστασίας 1/4 (guard interval 1/4), MPE-FEC 3/4.

Πίνακας 5.4: Πιθανές τιμές ελάχιστης μέσης ισοδύναμης ισχύος πεδίου (dBμV/m) στα 10 m που απαιτείται για κάλυψη μέσω πομπού πολυμέσων στη ζώνη συχνοτήτων IV (500 MHz ονομαστική συχνότητα)

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός της ελάχιστης μέσης ισοδύναμης ισχύος πεδίου βασίζεται στην υπόθεση ότι η διακύμανση της ισχύος πεδίου αναπαρίσταται από μία λογαριθμική συνάρτηση κανονικής κατανομής με σταθερή απόκλιση. Όταν χρησιμοποιείται μία κατανεμημένη δομή δικτύου (με αρκετούς χαμηλής/μέσης ισχύος εκπομπούς σε SFN δομή), ειδικότερα σε αστικό περιβάλλον, προκύπτει ένα κέρδος, εξαιτίας της ποικιλίας των σημάτων, το οποίο δίνει μία μικρότερη απόκλιση της ισχύος πεδίου μέσα στην περιοχή κάλυψης. Αυτό προκαλεί μία χαμηλότερη σταθερή απόκλιση της λογαριθμικής συνάρτησης κανονικής κατανομής και συνεπακόλουθα μία μικρότερη ελάχιστη μέση ισοδύναμη ισχύ πεδίου, συγκρινόμενη με τις τιμές του Πίνακα 5.4.

5.2.2.3 Διάκριση cross-polarization κεραίας

Στις περιπτώσεις όπου η επιλεκτικότητα cross-polarization σχετίζεται με την προστασία της σταθερής λήψης DVB-T, μπορεί να εφαρμοστεί μία απομόνωση έως και 16 dB στον κύριο λοβό, σύμφωνα με πρόταση της ITU-R BT.419 (μερικές φορές μπορεί να προκύψουν μεγαλύτερες τιμές). Εκτός του κυρίου λοβού, πρέπει να θεωρηθεί μία συνολική διάκριση cross-polarization κεραίας, με τη σημείωση ότι μερικές φορές μπορεί να προκύψουν μεγαλύτερες τιμές.

5.2.2.4 Σύνοψη μελετών συμβατότητας

Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, κάθε εκπομπός κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, εάν δεν είναι συνεγκατεστημένος με πομπούς DVB-T, έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει παρεμβολή γειτονικού καναλιού στην περιοχή κάλυψης της υπηρεσίας DVB-T. Αυτό το θέμα συμβατότητας θα μπορούσε να είναι σχετικό για οποιοδήποτε τρόπο λήψης του επιθυμητού σήματος (σταθερός τρόπος λήψης, φορητός εξωτερικού χώρου/κινητός ή φορητός εσωτερικού χώρου τρόπος λήψης),

αλλά η δυνητική παρεμβολή εξαρτάται σημαντικά από το επίπεδο του επιθυμητού DVB-T σήματος, και, γι' αυτό, αφορά περισσότερο τη σταθερή λήψη.

Έχουν διενεργηθεί διάφορες μελέτες για την αποτίμηση της παρεμβολής γειτονικού καναλιού, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στην περίπτωση προστασίας σταθερής λήψης DVB-T. Αυτές οι μελέτες χρησιμοποιούν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις:

- Η πρώτη υπολογίζει την απόσταση παρεμβολής γύρω από τον εκπομπό κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων (ζώνη εξαιρέσης).
- Η δεύτερη κάνει αποτίμηση του λόγου μεταξύ της παρεμβαλλόμενης περιοχής γύρω από τον εκπομπό ευρυεκπομπής πολυμέσων και της περιοχής κάλυψης του ίδιου του εκπομπού.

i. Προσέγγιση ζώνης εξαιρέσης

Σε αυτή την προσέγγιση, η αποτίμηση της δυνητικής παρεμβολής γίνεται σχετικά με τη ζώνη εξαιρέσης γύρω από τον εκπομπό κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, στην οποία δε συναντώνται τα κριτήρια προστασίας. Το μέγεθος της ζώνης εξαιρέσης είναι μία συνάρτηση των παρακάτω:

- Του ERP του εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων σε οποιαδήποτε κατεύθυνση.
- Του διαθέσιμου επιπέδου σήματος DVB-T.
- Της απόδοσης του DVB-T δέκτη σε σχέση με την παρεμβολή εκτός καναλιού.
- Του διαχωρισμού των καναλιών.
- Της κατευθυντικότητας της κεραίας λήψης DVB-T και/ή της διάκρισης πόλωσης κεραίας στην περίπτωση σταθερής λήψης.

ii. Προσέγγιση του λόγου της παρεμβαλλόμενης περιοχής προς την περιοχή κάλυψης

Σε αυτή την προσέγγιση, η εκτίμηση της δυνητικής παρεμβολής γίνεται σχετικά με το λόγο μεταξύ της παρεμβαλλόμενης περιοχής γύρω από τον εκπομπό πολυμέσων (το οποίο ισοδυναμεί με τη ζώνη εξαιρέσης που περιγράφεται παραπάνω) και την περιοχή κάλυψης του ίδιου εκπομπού. Αυτή η τελευταία περιοχή κάλυψης είναι συνάρτηση του ERP του εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων και των χαρακτηριστικών της περιοχής (αστική, προαστιακή ή αγροτική περιοχή). Ο υπολογιζόμενος λόγος (σε μορφή ποσοστού), μερικές φορές, ονομάζεται και πιθανότητα παρεμβολής. Για ένα συγκεκριμένο τύπο περιοχής, ο λόγος μεταβάλλεται με τις RF παραμέτρους με τον ίδιο τρόπο που μεταβάλλεται και η ακτίνα της ζώνης εξαιρέσης που περιγράφηκε παραπάνω. Παρόλα αυτά, για διαφορετικούς τύπους περιοχών, η υπολογιζόμενη περιοχή κάλυψης του εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων αλλάζει και παράγει διαφορετικούς λόγους.

Ο Πίνακας 5.5 δίνει κάποια αποτελέσματα προσομοιώσεων που διενεργήθηκαν κάτω από τις ακόλουθες υποθέσεις:

- Ομογενές επιθυμητό σήμα DVB-T πάνω από περιοχή κάλυψης DVB-H

- Διάκριση κεραίας υποθέτοντας εκπομπή αντίθετης πόλωσης των 15 dB
- Διαμόρφωση QPSK 2/3 και συχνότητα 650 MHz
- Ύψος κεραίας για εκπομπό DVB-H 30 m
- Λόγος προστασίας 40 dB

DVB-H Parameters				DVB-T Parameters					
Envirmt	Penetration	Min Field strength @ 10m	Coverage distance		min FS	Min Planning FS	min Planning FS + 10 dB	min Planning FS + 20 dB	min Planning FS + 30 dB
	dB	dBμV/m	Km	DVB-T Field strength @ 10 m	44	53	63	73	83
U	20	94,7	0,753	Interference % of surface	31,6%	10,0%	2,8%	0,8%	0,2%
SU	14	88,7	1,105	Interference % of surface	14,7%	4,6%	1,3%	0,4%	0,1%
R	8	82,7	1,622	Interference % of surface	6,8%	2,2%	0,6%	0,2%	0,0%

Πίνακας 5.5: Αποτελέσματα προσομοίωσης συνύπαρξης DVB-T και DVB-H (Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτές οι τιμές είναι εφαρμόσιμες μόνο υπό την απουσία τεχνικών περιορισμού των παρεμβολών)

Ως γενικό συμπέρασμα των μελετών, η συμβατότητα μεταξύ σταθερής λήψης DVB-T και μη γειτονικών εκπομπών κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων είναι ένα θέμα που πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω. Βασίζόμενοι στις ονομαστικές αποδόσεις των DVB-T δεκτών, όπως καθορίστηκε στα τωρινά πρότυπα και εάν δε γίνουν κινήσεις για τη βελτίωση της συμβατότητας, η ζώνη εξαίρεσης ή ο λόγος της παρεμβαλλόμενης περιοχής προς την περιοχή κάλυψης θα έχουν πολύ μεγάλη τιμή για να είναι αποδεκτοί. Αυτό εφαρμόζεται για οποιοδήποτε διαχωρισμό συχνοτήτων μεταξύ των επιθυμητών και ανεπιθύμητων καναλιών, ειδικότερα όταν ο εκπομπός κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων είναι εγκατεστημένος κοντά στα σύνορα της περιοχής κάλυψης του DVB-T (όπου η επιθυμητή ισχύς πεδίου DVB-T είναι πολύ κοντά στην ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ πεδίου).

Κατάλληλες ενέργειες μηχανικού στις παραμέτρους σχεδιασμού μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση του μεγέθους της ζώνης εξαίρεσης με αποτέλεσμα την εγκαθίδρυση της συνύπαρξης δικτύων DVB-T και ευρυεκπομπής πολυμέσων σε γειτονικά κανάλια.

Οι πραγματικές αποδόσεις των δεκτών DVB-T σε σχέση με την εκτός καναλιού παρεμβολή μπορεί να είναι καλύτερες από τις υπάρχουσες προδιαγραφές, όταν το παρεμβαλλόμενο σήμα δεν προκαλεί front-end υπερφόρτωση των ψηφιακών δεκτών. Αυτό θα μπορούσε να επιφέρει μία μεγάλη διαφορά σε αυτές τις διαφορετικές περιπτώσεις, όπου η απουσία της παρεμβολής μπορεί να εξηγηθεί από βελτιωμένες αποδόσεις των υπαρχόντων δεκτών σε σύγκριση με τις υπάρχουσες προδιαγραφές τους. Παρόλα αυτά, προκειμένου να διασφαλιστούν τα οφέλη από τις βελτιωμένες τιμές των λόγων προστασίας, αυτοί θα πρέπει να συμπεριληφθούν στις προδιαγραφές των δεκτών από τους κατασκευαστές.

5.2.2.5 Πιθανές τεχνικές μείωσης των παρεμβολών

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η πιθανότητα παρεμβολής γειτονικού καναλιού υφίσταται μόνο στην κοντινή περιοχή του παρεμβάλλοντος εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων που είναι τοποθετημένος μέσα στην περιοχή κάλυψης της υπηρεσίας που θίγεται. Γι' αυτό το λόγο, θα πρέπει να θεωρηθεί εσωτερικό πρόβλημα και να αντιμετωπιστεί σε εθνική βάση. Σε μερικές περιπτώσεις, όπου ο παρεμβαλλόμενος εκπομπός είναι τοποθετημένος σε κοντινή απόσταση των συνόρων των κρατών, ίσως εμφανιστεί διασυνοριακή παρεμβολή, η οποία απαιτεί ανάλογη αντιμετώπιση μεταξύ των γειτονικών κρατών.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές μέθοδοι σε μία περιοχή, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το αντίκτυπο της παρεμβολής γειτονικού καναλιού. Η χρήση κάποιας από τις τεχνικές ή συνδυασμού αυτών εξαρτάται από τις υποθέσεις σχεδιασμού που έχουν γίνει για τις υπηρεσίες DVB-T και τις κινητές υπηρεσίες ευρυεκπομπής πολυμέσων. Μερικά δίκτυα κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων στοχεύουν περισσότερο στην κάλυψη αστικών περιοχών, ενώ άλλα προσβλέπουν στην κάλυψη μεγάλων περιοχών.

Γενικότερα, ο καλύτερος σχεδιασμός εκπομπής για την κάλυψη της ίδιας περιοχής από πολλούς εκπομπούς παραμένει η τοποθέτησή τους στο ίδιο μέρος με τη χρήση του ίδιου συστήματος κεραίας, με τη σημείωση ότι η περιοχή κάλυψης των εκπομπών κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων θα είναι μικρότερη από αυτή της σταθερής λήψης DVB-T. Μία λιγότερο καλή λύση θα μπορούσε να είναι πάλι η τοποθέτησή τους στο ίδιο μέρος χρησιμοποιώντας, όμως, διαφορετικό σύστημα κεραίας ή η πολύ κοντινή τοποθέτησή τους. Πιο δύσκολος σχεδιασμός αφορά στη χρήση διαφορετικών και απομακρυσμένων περιοχών για την τοποθέτησή τους. Στην περίπτωση αυτή, προτείνονται πολλές μετρήσεις προκειμένου να διασφαλιστεί η συμβατότητα μεταξύ μη γειτονικών εκπομπών DVB-T και ευρυεκπομπής πολυμέσων.

Επίσης, προτείνονται οι ακόλουθες τεχνικές για την ελαχιστοποίηση της παρεμβολής στις υπηρεσίες DVB-T λήψης από μη γειτονικούς εκπομπούς κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων:

- Χρήση cross polarization μεταξύ εκπομπών DVB-T και κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων
- Χρήση της οριακής φασματικής μάσκας (όπως καθορίστηκε στη συμφωνία GE06) για τους εκπομπούς ευρυεκπομπής πολυμέσων
- Προσαρμογή της ισχύος του παρεμβαλλόμενου εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες, και συγκεκριμένα το επίπεδο της επιθυμητής ληφθείσας ισχύος πεδίου (DVB-T) στην περιοχή όπου πρόκειται να εγκατασταθεί ο εκπομπός αυτός
- Προσαρμογή του ύψους κεραίας του παρεμβάλλοντος εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων σχετικά με τις γύρω κεραίες λήψης DVB-T, με σωστή χρήση και έλεγχο της κατακόρυφης ακτινοβολίας.
- Εφαρμογή επαρκούς διαχωρισμού συχνότητας μεταξύ του επιθυμητού και των παρεμβαλλόμενων σημάτων, ανάλογα με τη διαφορά του επιπέδου μεταξύ των δύο αυτών σημάτων.

Συνοψίζοντας, μπορεί να διατυπωθεί ότι ο προσεκτικός σχεδιασμός δικτύου, που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της πιθανής ζώνης εξαιρέσης, είναι απαραίτητος ώστε να διασφαλίσει τη συμβατότητα μεταξύ δικτύων DVB-T και ευρυεκπομπής πολυμέσων.

Για εφαρμογές δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής, βασιζόμενες στην επαναχρησιμοποίηση ήδη υπαρχόντων κυψελωτών δομών, οι τεχνικές μείωσης των παρεμβολών πρέπει να εφαρμοστούν σε μεγάλη έκταση.

Τα αποτελέσματα ενός προσεκτικού σχεδιασμού δικτύου θεωρητικά έχουν επιδειχθεί κατά τη μελέτη ενός σεναρίου που θεωρεί ταυτόχρονη εφαρμογή δικτύων DVB-T και κινητής υπηρεσίας ευρυεκπομπής πολυμέσων σε μικρή ή σε μεγάλη περιοχή. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι μία ενδεδειγμένη βελτιστοποίηση τοπολογίας δικτύου ευρυεκπομπής πολυμέσων μειώνει αισθητά τον αριθμό των απαιτούμενων πομπών για την εξυπηρέτηση της συγκεκριμένης περιοχής.

Μετά τη φάση σχεδιασμού των δικτύων ευρυεκπομπής πολυμέσων, αν παρουσιαστούν εκ νέου θέματα παρεμβολής, παρά την εφαρμογή των προηγούμενων τεχνικών μείωσής τους, μπορούν να ληφθούν τα ακόλουθα μέτρα:

- Εγκατάσταση φίλτρων απόρριψης στους εξοπλισμούς σταθερής λήψης που είναι τοποθετημένοι κοντά στους εκπομπούς κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων για τη μείωση του επιπέδου του παρεμβάλλοντος σήματος. Η ενέργεια αυτή βοηθά στην αποφυγή πιθανής υπερφόρτωσης της εισόδου του DVB-T δέκτη ή οποιουδήποτε ενισχυτή ευρυζωνικής κεραίας που χρησιμοποιείται στον εξοπλισμό λήψης.
- Αύξηση της ισχύος του DVB-T εκπομπού για την αύξηση της επιθυμητής ισχύος πεδίου, μέσα στα όρια της συμφωνίας GE06. Εναλλακτικά, εγκατάσταση επιπλέον DVB-T εκπομπών για την κάλυψη της θεωρούμενης περιοχής.

5.2.2.6 Συμπεράσματα

Η παρεμβολή γειτονικού καναλιού θα πρέπει να θεωρηθεί για ένα μεγάλο offset συχνοτήτων μεταξύ επιθυμητής (DVB-T) και παρεμβάλλουσας (κινητή υπηρεσία ευρυεκπομπής πολυμέσων) υπηρεσίας, παρόλο που το πρώτο γειτονικό κανάλι αποτελεί το πιο προβληματικό σενάριο. Προσφάτως, οι λόγοι προστασίας DVB-T δεκτών δείχνουν να είναι ελαφρώς βελτιωμένοι σε σχέση με τα πρότυπα IEC σε offset συχνοτήτων $N \pm 2$ και σημαντικά βελτιωμένοι σε επόμενα γειτονικά κανάλια, σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει front-end υπερφόρτωση των δεκτών. Επίσης, θα πρέπει να βελτιωθούν τα σχετικά πρότυπα στο μέλλον, προκειμένου να διασφαλιστούν βελτιωμένες αποδόσεις σχετικά με την υψηλή εκτός καναλιού παρεμβολή.

Η πιθανότητα παρεμβολής γειτονικού καναλιού υφίσταται μόνο στην κοντινή περιοχή του παρεμβάλλοντος εκπομπού κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, που είναι τοποθετημένος στα πλαίσια τις περιοχής κάλυψης της θιγόμενης υπηρεσίας. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να θεωρηθεί εσωτερικό πρόβλημα και να αντιμετωπιστεί σε εθνική βάση εκτός από τις περιπτώσεις όπου ξεπερνά τα τοπικά σύνορα οπότε και θα πρέπει να αντιμετωπιστεί σε διεθνή βάση.

Συνοπτικά, είναι πιθανή η συνύπαρξη κυψελωτών δικτύων (με εκπομπές χαμηλής ισχύος) και δικτύων μεγαλύτερης κάλυψης (με εκπομπές υψηλής ισχύος και μεγάλου ύψους) στις ζώνες συχνοτήτων IV/V στα πλαίσια της συμφωνίας GE06, εφαρμόζοντας τις διαθέσιμες τεχνικές μείωσης παρεμβολών, σε συνδυασμό με προσεκτικό δικτυακό σχεδιασμό.

5.3 Πιθανότητα εναρμόνισης μιας υποζώνης των ζωνών συχνοτήτων IV/V για τη ζεύξη καθόδου κινητών εφαρμογών πολυμέσων

Κατά τη διάρκεια της μελέτης, οι κινητές υπηρεσίες ή εφαρμογές ευρυεκπομπής πολυμέσων αναφέρονται ισοδύναμα με την ορολογία «υπηρεσίες ή εφαρμογές πολυμέσων». Επίσης, στις παρούσες υποθέσεις δε λαμβάνεται υπόψη η ζεύξη ανόδου για τέτοιου είδους υπηρεσίες.

Επιπρόσθετα, γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ δύο τύπων δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής: α) δίκτυα που βασίζονται στα υπάρχοντα δίκτυα τηλεόρασης χρησιμοποιώντας εκπομπές υψηλής ισχύος και μεγάλου ύψους και β) SFN δίκτυα ευρείας έκτασης με τη χρήση εκπομπών χαμηλής ισχύος αλλά μεγάλης πυκνότητας (όπως τα κυψελωτά δίκτυα).

5.3.1 Τεχνικά στοιχεία σε σχέση με τη δυνητική εναρμόνιση μιας υποζώνης συχνοτήτων για την εφαρμογή της κάτω ζεύξης εφαρμογών πολυμέσων στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz

5.3.1.1 Σχεδίαση τερματικών

5.3.1.1.1 Σχέση μεταξύ εύρους ζώνης και απόδοσης κεραίας

Η απόδοση και η εφαρμογή μιας κεραίας μέσα σε ένα κινητό τερματικό εξαρτάται από το απαιτούμενο εύρος ζώνης συχνοτήτων λειτουργίας. Σε ένα κινητό τηλέφωνο, ο χώρος για μία κεραία είναι συνήθως περιορισμένος για αισθητικούς λόγους.

Οι μετρήσεις για το κέρδος μίας κεραίας πραγματοποιήθηκαν σε έναν περιορισμένο αριθμό διαθέσιμων προϊόντων. Αυτές οι μετρήσεις έδειξαν τα εξής παρακάτω γενικά αποτελέσματα: Μία εσωτερική κεραία στενής ζώνης (με μέγεθος ισοδύναμο των τωρινών GSM ενσωματωμένων κεραιών) με περισσότερα από 4 UHF κανάλια, 32 MHz (3 dB εύρος ζώνης), μπορεί να επιτύχει επιπλέον κέρδος της τάξεως των 2-3 dB σε σχέση με τις μικρές εξωτερικές κεραίες ευρείας ζώνης των 250 MHz (3 dB εύρος ζώνης). Υπάρχει ένα παρόμοιο επιπλέον κέρδος της τάξεως των 2-3 dB για μία εξωτερική κεραία ευρείας ζώνης έναντι μίας κεραίας ευρείας ζώνης ενσωματωμένης σε μία συσκευή χειρός. Για μία συγκεκριμένη εσωτερική κεραία στενής ζώνης με περισσότερα από 8 UHF κανάλια (64 MHz) και συχνότητα λειτουργίας 700 MHz,

μπορεί να επιτευχθεί ένα επιπλέον κέρδος της τάξεως των 4 dB σε σύγκριση με μία εσωτερική κεραία ευρείας ζώνης.

Γενικότερα, σε κεραίες στενής ζώνης μπορούν να επιτευχθούν βελτιώσεις κέρδους σε ένα εύρος ζώνης περίπου 10% γύρω από την κεντρική συχνότητα. Για παράδειγμα, στα 650 MHz, ένα εύρος ζώνης περίπου 10% είναι ισοδύναμο με 64 MHz και αντιστοιχεί σε 8 κανάλια των 8 MHz. Η απόδοση μίας τέτοιας κεραίας πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του φάσματος προκειμένου να αποφευχθεί η διάκριση σε αποδικότερα και λιγότερο αποδοτικά κανάλια.

5.3.1.1.2 Φίλτρα

Ένας δέκτης κινητής ευρυεκπομπής στις UHF συχνότητες, ενσωματωμένος σε κινητό τερματικό, χρειάζεται άρτιο σχεδιασμό από τη στιγμή που ο δέκτης απαιτεί συνύπαρξη και ταυτόχρονη λειτουργία με άλλες πηγές ραδιοεκπομπής που είναι ήδη ενσωματωμένες στο τερματικό αυτό. Η κύρια πηγή παρεμβολών κατά τη λήψη κινητής ευρυεκπομπής σε ένα GSM τερματικό προκαλείται κυρίως από τη συμφόρηση του GSM 900 και από το επίπεδο θορύβου που παράγεται από τον ενισχυτή ισχύος εκπομπής του συστήματος GSM 900. Για λειτουργία σε ευρεία ζώνη, η απαιτούμενη επιλεκτικότητα φίλτρου και οι απώλειες εισόδου θα μπορούσε να επιτευχθεί, εάν ο διαχωρισμός συχνοτήτων από τη συχνότητα λειτουργίας GSM είναι αρκετά μεγάλος. Η ενέργεια αυτή οδηγεί στον ορισμό ενός άνω ορίου για λειτουργία κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής στα 750 MHz. Ο περιορισμός του εύρους φάσματος λήψης για κινητή ευρυεκπομπή σε μία στενότερη υποζώνη συχνοτήτων θα επέτρεπε είτε την αύξηση της ευαισθησίας του δέκτη με χαμηλότερες απώλειες εισόδου στα φίλτρα, εάν η υποζώνη είναι κάτω από τα 750 MHz, είτε την αύξηση της πιθανής συχνότητας λειτουργίας για κινητή ευρυεκπομπή πέραν του τρέχοντος ορίου των 750 MHz με σταθερές απώλειες εισόδου.

5.3.1.1.3 Σύγκριση μεταξύ ενσωματωμένων και εξωτερικών κεραιών

Οι παρούσες και μελλοντικές γενιές κινητών τηλεφώνων είναι εξοπλισμένες με εξαρτήματα πολυμέσων, όπως η κάμερα, το audio player και οι εξωτερικές κάρτες μνήμης, τα οποία περιορίζουν το διαθέσιμο χώρο για τις ενσωματωμένες κεραίες. Οι σταθερές εξωτερικές κεραίες, όπως είναι η τηλεσκοπική ή η ελικοειδής κεραία, πιθανώς μπορούν να καλύψουν μία ευρεία ζώνη συχνοτήτων. Έως σήμερα, αρκετά διαθέσιμα προϊόντα διέθεταν εξωτερικές κεραίες, που μέχρι ενός σημείου ήταν αποδεκτές από τους καταναλωτές. Παρόλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη τις τάσεις στην αγορά κινητών τερματικών, αναμένεται ότι οι καταναλωτές στο μέλλον θα προτιμούν αποκλειστικά κινητά τερματικά με ενσωματωμένες κεραίες. Η λειτουργία σε στενή ζώνη συχνοτήτων επιτρέπει την ενσωμάτωση μικρών σταθερών κεραιών στη νέα γενιά των λεπτών τηλεφώνων.

Κάποιοι κατασκευαστές αναπτύσσουν τερματικά με πολλαπλές εσωτερικές κεραίες στενής ζώνης που είναι ικανές να καλύψουν όλη τη UHF ζώνη συχνοτήτων. Ως εκ τούτου, οι συσκευές έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και κοστίζουν περισσότερο.

5.3.1.1.4 Συνέπειες σχετικά με το δικτυακό σχεδιασμό

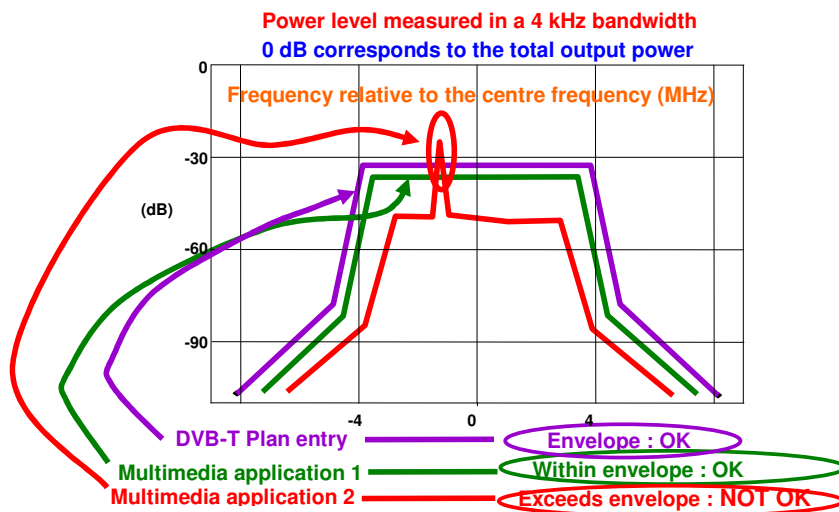
Η λειτουργία κινητής ευρυεκπομπής σε μία στενή ζώνη συχνοτήτων οδηγεί στη βελτίωση του σχεδιασμού των τερματικών (βελτιωμένο κέρδος κεραίας και χαμηλότερες απώλειες εισόδου στα φίλτρα), το οποίο ερμηνεύεται σε μία συνολική βελτίωση του link budget του δικτύου κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής. Η βελτίωση αυτή οδηγεί σε μία αύξηση της κάλυψης ή εναλλακτικά σε μία αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου.

Για παράδειγμα, μία βελτίωση των 5 dB στο κέρδος κεραίας, εξαιτίας της λειτουργίας σε μία στενή ζώνη συχνοτήτων των 32 MHz, σε σύγκριση με μία λειτουργία ευρείας ζώνης για μία κυψελωτή εφαρμογή, μπορεί θεωρητικά να οδηγήσει σε περίπου διπλασιασμό της περιοχής κάλυψης ενός δικτύου κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής (θεωρώντας το μοντέλο Okumura-Hata με ύψος κεραίας 30 m). Παρόλα αυτά, η εξοικονόμηση αυτή πρέπει να εξεταστεί σε σχέση με το κόστος εφαρμογής.

Προφανώς, υπάρχουν κάποια άλλα στοιχεία σχετικά με τη δικτυακή εφαρμογή, που εξαρτώνται από το κατά πόσο το δίκτυο κινητών υπηρεσιών πολυμέσων βασίζεται σε τοπολογία ευρυεκπομπής (υπάρχοντα δίκτυα τηλεόρασης), σε κυψελωτή τοπολογία ή σε συνδυασμό των δύο.

5.3.1.2 Η «έννοια του φακέλου» (“envelope concept”) στην παρεμβολή

Η συμφωνία GE06 βελτιστοποιήθηκε για ψηφιακή επίγεια ευρυεκπομπή χρησιμοποιώντας κοινά σχεδιαστικά κριτήρια και παραμέτρους. Στη συμφωνία αυτή εμπεριέχονταν προβλέψεις, όπως η «έννοια του φακέλου» στη παρεμβολή, που ήδη επιτρέπουν την εισαγωγή εφαρμογών πολυμέσων.



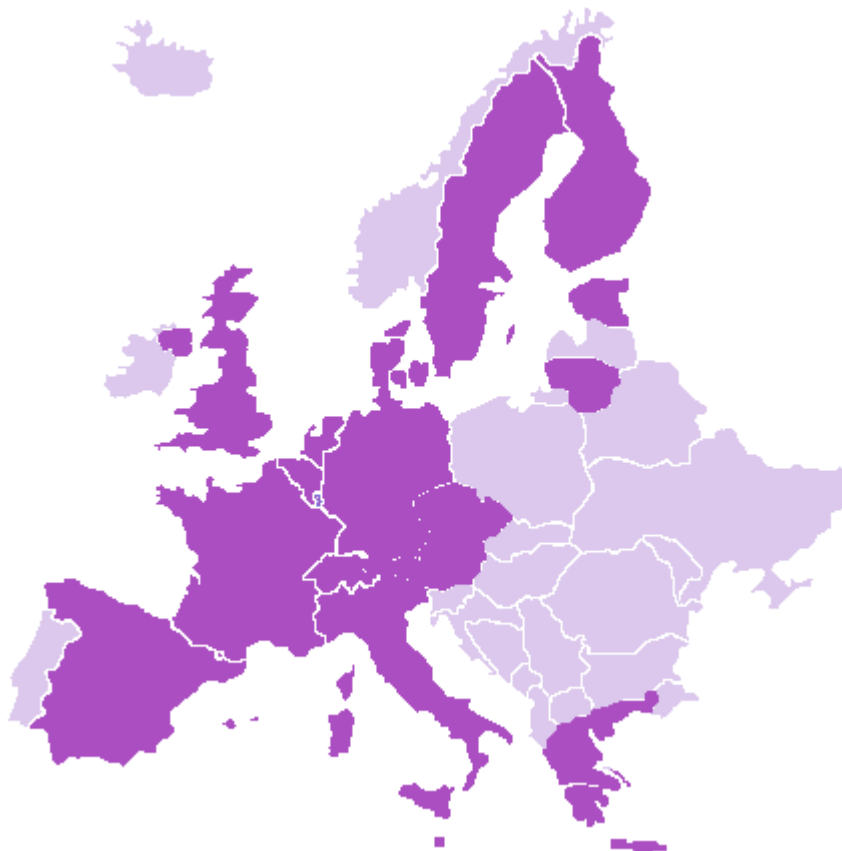
Σχήμα 5.4: Η «έννοια του φακέλου» (“envelope concept”) στην παρεμβολή

5.3.2 Διαχείριση συχνότητας και στοιχεία αγοράς σχετικά με την αναγνώριση μιας υποζώνης συχνοτήτων για την εφαρμογή της κάτω ζεύξης των κινητών εφαρμογών ευρυεκπομπής στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz

5.3.2.1 Τρέχουσα κατάσταση της ψηφιακής μετάβασης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz

5.3.2.1.1 DVB-T

Η τεχνολογία DVB-T εφαρμόζεται ήδη σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες (βλ. Σχήμα 5.5), ενώ άλλες χώρες σχεδιάζουν την εφαρμογή του μέσα στο 2008.



Σχήμα 5.5: Κατάσταση της εφαρμογής του DVB-T στην Ευρώπη – με σκούρο χρώμα εμφανίζονται οι χώρες που ήδη έχουν ξεκινήσει τη λειτουργία του

Το φάσμα που θα μπορούσε να εναρμονιστεί για κινητές υπηρεσίες πολυμέσων στη UHF ζώνη συχνοτήτων, σε παγκόσμιο επίπεδο, προς το παρόν αναγνωρίζεται στο περιεχόμενο των συχνοτήτων που πρόκειται να απελευθερωθούν με τη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση. Διάφορες χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης σχεδιάζουν να αναθέσουν στις συχνότητες αυτές σε νέες υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένου κινητών

υπηρεσιών πολυμέσων. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν η Ιαπωνία, η Κορέα και οι ΗΠΑ, όπου έχει καθοριστεί ότι οι συχνότητες που πρόκειται να απελευθερωθούν είναι αντίστοιχα: 48 MHz (722-770 MHz, ενώ επιπλέον 12 MHz από 710 έως 722 MHz βρίσκονται υπό μελέτη), 54 MHz (752-806 MHz) και 108 MHz (698-806 MHz).

Στην Ευρώπη, το Ηνωμένο Βασίλειο αναγνώρισε ότι οι συχνότητες που πρόκειται να απελευθερωθούν θα έχουν εύρος 112 MHz (64 MHz μέσα στη ζώνη 550-630MHz και 48 MHz από 806 έως 854 MHz).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι χώρες που προαναφέρθηκαν βρίσκονται ακόμα σε στάδιο διαβουλεύσεων σχετικά με τις υποψήφιες υπηρεσίες για το φάσμα που πρόκειται να απελευθερωθεί, συμπεριλαμβανομένου των κινητών υπηρεσιών πολυμέσων.

5.3.2.1.2 Εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων στην Ευρώπη και παγκοσμίως

Επιτυχής εμπορική εφαρμογή της κινητής ψηφιακής τηλεόρασης στη UHF ζώνη συχνοτήτων έχει ήδη επιτευχθεί σε Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Ιταλία και η Φινλανδία με τη χρήση του προτύπου DVB-H. Άλλες χώρες, όπως η Γερμανία και η Τσεχία σχεδιάζουν να ξεκινήσουν σύντομα την εφαρμογή του, ενώ η Ισπανία έχει διενεργήσει αρκετές δοκιμές και έχει ανακοινώσει ότι η έναρξή του θα λάβει χώρα σύντομα.

Στην Ευρώπη, 3 χώρες έχουν εφαρμόσει το DVB-H κάτω από το πλαίσιο του υπάρχοντος φάσματος χρησιμοποιώντας κανάλια μεταξύ του 21⁰⁰ (με κεντρική συχνότητα 474 MHz) και του 55⁰⁰ (με κεντρική συχνότητα 746 MHz). Επίσης, 15 χώρες έχουν πραγματοποιήσει δοκιμές χρησιμοποιώντας διαφορετικά κανάλια διασκορπισμένα μεταξύ του 21⁰⁰ και του 55⁰⁰ καναλιού. Επιπλέον, 1 χώρα έχει διενεργήσει δοκιμές σε κανάλια πάνω από το 55⁰. Εκτός της Ευρώπης, 12 χώρες έχουν, επίσης, πραγματοποιήσει DVB-H δοκιμές, με χρησιμοποιούμενες συχνότητες που βρίσκονται μέσα στο εύρος συχνοτήτων 470-750 MHz.

Στις ΗΠΑ, η τεχνολογία MediaFLO παρέχει κινητές υπηρεσίες ευρυεκπομπής στο κανάλι 55 (716-722 MHz), ενώ το DVB-H προβλέπεται να λειτουργήσει στα κανάλια 54 και 59 (710-716 MHz και 740-746 MHz) με σχεδιασμό SFN.

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε διαφορετικά μέρη του κόσμου χρησιμοποιείται διαφορετικός διαχωρισμός συχνοτήτων και διαφορετική αριθμοδότηση των καναλιών.

Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή μεταξύ των συχνοτήτων για την πραγματοποίηση δοκιμών ή την έναρξη υπηρεσιών βραχυπρόθεσμα στη UHF ζώνη συχνοτήτων, εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των καναλιών σε κάθε χώρα, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι στις περισσότερες χώρες αναλογική και σταθερή ψηφιακή τηλεοπτική ευρυεκπομπή βρίσκονται ταυτόχρονα σε λειτουργία.

Μεσοπρόθεσμα, ειδικότερα μετά το τέλος της ψηφιακής μετάβασης, θα υπάρξει μεγαλύτερη ευελιξία στη διαθεσιμότητα των καναλιών.

Ως συνέπεια αυτού, τα δίκτυα κινητών υπηρεσιών πολυμέσων στο κοντινό μέλλον μάλλον θα χρησιμοποιούν κανάλια που βρίσκονται σε ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και τα τερματικά θα πρέπει να αντιμετωπίσουν την κατάσταση αυτή. Μεσοπρόθεσμα, λοιπόν, στα πλαίσια της ψηφιακής μετάβασης και του φάσματος που πρόκειται να απελευθερωθεί, προβλέπεται ότι η λειτουργία σε στενή ζώνη συχνοτήτων για κινητές

υπηρεσίες πολυμέσων θα οδηγήσουν σε καλύτερες επιδόσεις τερματικών. Παρόλα αυτά, μέχρι εκείνη τη στιγμή, η υπάρχουσα δομή και τα τερματικά δε θα ωφεληθούν από αυτή τη λειτουργία στη στενή ζώνη συχνοτήτων, μιας και δε θα είναι βελτιστοποιημένα για αυτή την ειδική υποζώνη.

5.3.2.1.3 Άλλες υπηρεσίες

Εκχωρήσεις συχνοτήτων σε άλλες υπηρεσίες που χαρακτηρίζονται ως βασικές στους κανονισμούς ραδιοεκπομπής λήφθηκαν υπόψη από το RRC-06, αφού ζητήθηκε από τα ενδιαφερόμενα κράτη. Οι υπηρεσίες αυτές περιλαμβάνουν ασύρματη πλοήγηση και σταθερές ή κινητές υπηρεσίες για στρατιωτικές εφαρμογές. Σε οποιαδήποτε διαδικασία επανασχεδιασμού, εάν αυτό απαιτείται, αυτές οι υπηρεσίες πρέπει, επίσης, να ληφθούν υπόψη. Επιπλέον, υπάρχουν υπηρεσίες με δευτερεύουσα σημασία στους κανόνες ραδιοεκπομπής στις ζώνες συχνοτήτων IV/V. Οι υπηρεσίες αυτές δε λαμβάνονται υπόψη όταν σχεδιάζονται βασικές υπηρεσίες. Παρόλα αυτά, σε διεθνή βάση, αυτές οι υπηρεσίες θα μπορούσαν να είναι υψίστης σημασίας, όπως η Ασύρματη Υπηρεσία Αστρονομίας (Radio Astronomy Service) στο κανάλι 38.

5.3.2.2 Απαιτήσεις φάσματος για τη λειτουργία κάτω ζεύξης των δικτύων κινητών υπηρεσιών πολυμέσων σε μία υποζώνη συχνοτήτων

Όπως προαναφέρθηκε στις μετρήσεις και προσομοιώσεις κεραιών, το κέρδος κεραίας για εσωτερική κεραία θα μπορούσε να βελτιωθεί θεωρώντας λειτουργία σε στενή ζώνη.

Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς ίδιας παρεμβολής και τους διασυνοριακούς συντονισμούς μεταξύ γειτονικών κρατών, διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή δικτύων SFN για κάλυψη μεγάλων περιοχών πλεονεκτούν έναντι των πυκνών δικτύων με σταθμούς βάσης χαμηλής ισχύος (κυψελωτά δίκτυα).

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη σχετικά με την εφαρμογή ευρείας κλίμακας κυψελωτών δικτύων ευρυεκπομπής πολυμέσων. Η υποβάθμιση εξαιτίας της ίδιας παρεμβολής και των πολυδιαδρομικών ανακλάσεων λόγω του εδάφους και των κτιρίων αποτελεί ακόμα ένα ερώτημα για τις μεταβλητές του συστήματος. Ο συγχρονισμός ενός μεγάλου αριθμού εκπομπών μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στη λειτουργία του δικτύου. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός κάλυψης και η δομή του δικτύου θα είναι ιδιαίτερα περίπλοκη.

Θεωρητικά, μία υποζώνη συχνοτήτων των 32 MHz (4 κανάλια) θα επέτρεπε την εφαρμογή δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής βασιζόμενα σε ένα πλάνο επαναχρησιμοποίησης 4 συχνοτήτων και δικτύωσης SFN ευρείας περιοχής. Τέτοια περιοχή θα μπορούσε να είναι μία χώρα ή περιφέρεια με εξάρτηση από τις εθνικές ιδιαιτερότητες και την ανάγκη ευρυεκπομπής τοπικών προγραμμάτων μέσω τέτοιων δικτύων πολυμέσων, με τη σημείωση ότι άλλα δίκτυα μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθούν για αυτά τα τοπικά προγράμματα. Αν και τα 4 κανάλια είναι διαθέσιμα στην έκταση αυτής της περιοχής, κοντά στα σύνορα η πιθανή παρεμβολή μεταξύ των διαφορετικών SFN δικτύων θα απαιτούσε ένα πλάνο επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Θεωρητικά, λοιπόν, η διαθεσιμότητα των 4

καναλιών εγγυάται την πιθανότητα να υπάρχει τουλάχιστον ένα διαθέσιμο κανάλι σε κάθε σύνορο μεταξύ χωρών ή περιφερειών.

Παρόλα αυτά, εάν μια χώρα Α θελήσει να εφαρμόσει κινητές υπηρεσίες πολυμέσων σε ένα κανάλι μέσα σε μία εναρμονισμένη υποζώνη συχνοτήτων, αλλά η γειτονική χώρα Β χρησιμοποιεί το ίδιο κανάλι για τηλεόραση ή άλλες υπηρεσίες, σύμφωνα με το πλάνο GE06, η χώρα Α δε θα είναι ικανή να επεκτείνει την υπηρεσία σε μία συγκεκριμένη περιοχή κοντά στα σύνορα κοινού ενδιαφέροντος. Το μέγεθος αυτής της περιοχής θα περιορίζεται, αν χρησιμοποιούνται εκπομποί χαμηλής ισχύος, ενώ θα αυξάνεται αν χρησιμοποιούνται εκπομποί υψηλής ισχύος.

Στο σχεδιασμό συχνοτήτων για συστήματα ευρυεκπομπής υψηλής ισχύος, αυτή η θεωρία δεν εφαρμόζεται. Συνήθως, χρειάζονται τουλάχιστον 6 κανάλια για να επιτευχθεί πλήρης κάλυψη. Παρόλα αυτά, η χρήση κυψελωτών δικτύων ίσως καταστήσει δυνατή την προσέγγιση των συνόρων. Ως εκ τούτου, για συμβατικά δίκτυα ευρυεκπομπής υψηλής ισχύος, θα είναι δύσκολο να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο κάλυψης με προσέγγιση 4 καναλιών.

Εάν 2 κανάλια πρέπει να είναι διαθέσιμα παντού, τότε πρέπει να καθοριστούν 2 υποζώνες συχνοτήτων των 32 MHz. Επίσης, μερικές χώρες ίσως επιθυμούν να θέσουν σε λειτουργία περισσότερες από 2 κινητές υπηρεσίες πολυμέσων σε όλη τους την επικράτεια. Αυτό θα προϋπέθετε μία μεγάλη (>96 MHz) ζώνη αφιερωμένη για εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων και, ως εκ τούτου, θα επέφερε απώλεια των πλεονεκτημάτων της εναρμόνισης σχετικά με το κέρδος κεραίας.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω θεωρήσεις ίσως να μην εφαρμόζονται σε δίκτυα που χρησιμοποιούν κανάλια μικρότερα των 8 MHz.

5.3.2.3 Επίδραση της εναρμόνισης της υποζώνης συχνοτήτων στα υπάρχοντα στρώματα και επιπτώσεις σχετικά με διασυνοριακούς συντονισμούς και το πλάνο GE06

Ο όρος «στρώμα» δεν ορίζεται ούτε από τη συμφωνία GE06 ούτε από το συνέδριο RRC-06. Για τις περισσότερες, όμως, ευρωπαϊκές χώρες, μπορεί να περιγραφεί ως ένα σύνολο καναλιών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν κάλυψη σε μία περιοχή για μία πολυπλεξία. Η περιοχή αυτή μπορεί να επεκταθεί σε εθνική κλίμακα. Ο αριθμός των στρωμάτων σε μία συγκεκριμένη περιοχή εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τις γεωγραφικές συνθήκες, το επίπεδο της αποδεκτής παρεμβολής, τα χαρακτηριστικά εκπομπής και λήψης και τον τρόπο που οι αρμόδιες αρχές των κρατών συνθέτουν τα στρώματά τους, σύμφωνα με τις εκχωρήσεις συχνοτήτων από το πλάνο. Το συνέδριο RRC-06 στόχευε σε έναν ισορροπημένο αριθμό στρωμάτων σε εθνική κλίμακα, ούτως ώστε να παρέχεται δίκαιη πρόσβαση στο φάσμα.

Όπως αναφέρεται στη συμφωνία GE06, σε κάθε χώρα έχει ανατεθεί ένα σύνολο 7-8 στρωμάτων πλήρους κάλυψης. Αυτό σημαίνει ότι η επικράτεια κάθε χώρας έχει διαιρεθεί σε καταχωρημένες/καταμερισμένες περιοχές, με καθεμία από αυτές να έχει στη διάθεσή της 7-8 κανάλια. Προκειμένου να αποφευχθεί παρεμβολή, τα κανάλια που χρησιμοποιούνται σε μία περιοχή διαφέρουν από αυτά που χρησιμοποιούνται σε γειτονικές περιοχές. Στο συνέδριο βελτιστοποιήθηκε η διαδικασία καταμερισμού των καναλιών στις περιοχές με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχεται σε κάθε χώρα ο ίδιος αριθμός στρωμάτων.

Συνοπτικά, το πλάνο GE06 βελτιστοποιήθηκε για να παρέχει μία περίπλοκη ισορροπία καταμερισμού σε όλες τις χώρες και να ικανοποιήσει τις εθνικές απαιτήσεις όλων των γειτονικών κρατών. Το υψηλό επίπεδο αυτών των εξαρτήσεων σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή σε μία εκχώρηση ή έναν καταμερισμό χαρακτηριστικών (ισχύς, συχνότητα κτλ.) θα μπορούσε να προκαλέσει μία σειρά αλλαγών που απαιτούνται σε γειτονικές χώρες. Το πρότυπο μάσκας που επιτρέπει ευέλικτη επαναχρησιμοποίηση των καταμερισμένων καναλιών παρέχει, επίσης, τη δυνατότητα έναρξης νέων εφαρμογών στο μέλλον χωρίς την ανάγκη επανασχεδίασης. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χώρα έχει ήδη τους απαραίτητους μηχανισμούς για τον εσωτερικό καταμερισμό μελλοντικών πηγών χωρίς να προκληθεί επιπλέον παρεμβολή στα υπάρχοντα συστήματα.

Επίσης, υπάρχουν δύο πιθανότητες για να οριστεί η χωρητικότητα των επιπλέον στρωμάτων. Η πρώτη πιθανότητα μπορεί μόνο να επιτευχθεί με κόστος την αποδοχή υψηλότερων επιπέδων παρεμβολής, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν υπηρεσίες χαμηλότερης ποιότητας ή μειωμένης κάλυψης. Η δεύτερη πιθανότητα αφορά στην εφαρμογή πυκνότερων δικτύων με χρήση εκπομπών χαμηλής ισχύος, περιορίζοντας έτσι διασυννοριακά προβλήματα χωρίς, όμως, να τα επιλύουν, καθώς αμφίπλευροι, πολυμερείς συντονισμοί είναι σημαντικοί στις περιπτώσεις αυτές.

Στο πλάνο GE06, τα κανάλια είναι διασκορπισμένα σε όλο το εύρος του φάσματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε μία συγκεκριμένη περιοχή, το εθνικό ή το τοπικό πλάνο καταμερισμού καναλιών διαφορετικών στρωμάτων δεν έχει πάντα την ίδια μορφή, και, γι' αυτό, οι περιοχές κάλυψής τους δεν είναι ανάλογες. Ως αποτέλεσμα, μία ανταλλαγή καναλιών μεταξύ των στρωμάτων με διατήρηση των ίδιων τοποθεσιών των εκπομπών θα καθιστούσε απαραίτητη την εφαρμογή επιπλέον επαναληπτών χαμηλής ισχύος για την κάλυψη της αρχικής περιοχής.

Σε περίπτωση που μία εκχώρηση ή καταμερισμός του πλάνου πρόκειται να αλλάξει για την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων, απαιτούνται οι προβλεπόμενες διαδικασίες της συμφωνίας GE06. Εάν μία εναρμονισμένη υποζώνη συχνοτήτων είναι αυστηρά κατειλημμένη από μία συγκεκριμένη εφαρμογή, τότε πιθανώς να ήταν απαραίτητος ένας περιορισμένος αριθμός ψηφιακών εισόδων στο πλάνο. Επίσης, θα απαιτούνταν συντονισμοί στα πλαίσια των ψηφιακών εισόδων του πλάνου και για άλλες χώρες που δεν εμπλέκονται άμεσα στον επανασχεδιασμό. Το αποτέλεσμα μίας τέτοιας διαδικασίας επανασχεδιασμού απαιτεί τη διασφάλιση του ίδιου επιπέδου ισόνομης πρόσβασης στο πλάνο. Δε θα πρέπει να υπάρχουν αδικημένοι σε αυτή τη διαδικασία, από τη στιγμή που αυτό θα είχε σοβαρές επιπτώσεις σε περιπτώσεις όπου έχουν καταχωρηθεί μελλοντικές άδειες.

Η αναγνώριση μίας εναρμονισμένης υποζώνης συχνοτήτων θα δημιουργούσε κενά σε μερικά από τα στρώματα και θα απαιτούσε την αποδοχή περιορισμών για την προστασία και την αποδοχή παρεμβολής από τις ψηφιακές εισόδους των γειτονικών χωρών. Ακόμα, δε θα ήταν πιθανό να επανορθωθούν αυτές οι απώλειες στο υπολειπόμενο διαθέσιμο φάσμα χωρίς σημαντικές διασυννοριακές δραστηριότητες συντονισμού.

Λαμβάνοντας υπόψη το ζήτημα συνύπαρξης μεταξύ δικτύων κινητών υπηρεσιών πολυμέσων υψηλής ισχύος και δικτύων DVB-T, ακόμα και αν μία συγκεκριμένη υποζώνη συχνοτήτων χρησιμοποιείται για την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, πρέπει να ληφθούν τα ίδια προληπτικά μέτρα, όπως όταν η εφαρμογή χρησιμοποιεί όλη τη ζώνη συχνοτήτων, ενώ προτείνονται οι ίδιες τεχνικές μείωσης των παρεμβολών.

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή μιας υποζώνης συχνοτήτων θα μείωνε τον αριθμό των περιπτώσεων όπου δίκτυα ευρυεκπομπής πολυμέσων και δίκτυα σταθερής λήψης DVB-T βρίσκονται στα πρώτα ή δεύτερα γειτονικά κανάλια. Επιπλέον, εάν χρησιμοποιείται μία εξειδικευμένη συσκευή χειρός κινητών υπηρεσιών πολυμέσων με βελτιωμένο κέρδος κεραίας, η μείωση της ισχύος πεδίου των σχεδιαζόμενων δικτύων πολυμέσων που επέρχεται θα επέτρεπε:

- τη μείωση ισχύος εκπομπού και κατ' επέκταση της ζώνης εξαίρεσης (διατηρώντας τον ίδιο αριθμό εκπομπών) ή εναλλακτικά
- τη μείωση του αριθμού των εκπομπών (ώστε να υπάρξουν οφέλη από τη μείωση κόστους εφαρμογής), αλλά τη διατήρηση της ίδιας ισχύος. Ως επακόλουθο, η ζώνη εξαίρεσης θα έχει το ίδιο μέγεθος, αλλά ο αριθμός των ζωνών εξαίρεσης θα είναι μικρότερος.

5.3.2.4 Πιθανές επιπτώσεις σχετικά με το κόστος, την αγορά και την καθυστέρηση

Η τροποποίηση των συχνοτήτων των ήδη υπαρχόντων ή σχεδιασμένων δικτύων ευρυεκπομπής μπορεί να προκαλέσει σημαντικά κόστη ή μείωση των παροχών των υπηρεσιών ευρυεκπομπής, γεγονός που καθιστά τέτοιες τροποποιήσεις εξαιρετικά δύσκολες αν όχι αδύνατες.

5.3.2.4.1 Συνέπειες σχετικά με το κόστος

Εξαιτίας της εξελισσόμενης ψηφιακής μετάβασης στην Ευρώπη, υπάρχουν ήδη υπηρεσίες και εκατοντάδες ψηφιακών σταθμών σε λειτουργία. Παρακάτω, γίνεται ανάλυση της μεταβολής του κόστους που επέρχεται σε περιπτώσεις επανασχεδιασμού και επιδρά στους εν λειτουργία ψηφιακούς σταθμούς.

Πρωταρχικά, θα υπήρχαν διαφορετικές κατηγορίες κόστους που θα έπρεπε να προσαρμοστούν με τα οφέλη της δημιουργίας μιας υποζώνης συχνοτήτων:

- Κόστη εξαιτίας του επανασχεδιασμού και των αλλαγών των συχνοτήτων που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν:
 - i. Κόστη για τον επανασχεδιασμό της UHF ζώνης συχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένου των διμερών ή πολυμερών συναντήσεων και ενός νέου Συνεδρίου Σχεδιασμού, αν προβλέπεται πανευρωπαϊκή εναρμόνιση, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εισοδοί ορισμένων μη ευρωπαϊκών χωρών στο πλάνο GE06 πρέπει να προστατευθούν και παρεμβολές από τέτοιες εισόδους πρέπει να γίνουν αποδεκτές.
 - ii. Κόστη για τη μετατροπή συστημάτων κεραίων (και από άποψη λήψης και από άποψη εκπομπής) και για την αλλαγή φίλτρων και combiners. Έχουν γίνει ήδη σημαντικές επενδύσεις για την αλλαγή των κεραίων εκπομπής στα πλαίσια της διαδικασίας ψηφιοποίησης της ζώνης συχνοτήτων. Μία νέα αλλαγή στο κανάλι μπορεί να οδηγήσει στην εφαρμογή επιπλέον εκπομπών υψηλότερης ισχύος ή σε σχέδια κεραίων με επιπλέον περιορισμούς, εξαιτίας των διαφορετικών χαρακτηριστικών διάδοσης

και/ή μίας διαφορετικής περίπτωσης παρεμβολής. Από την άποψη της λήψης, σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται κεραίες στις στέγες κτιρίων και περιορίζονται στη λήψη στη ζώνη συχνοτήτων IV, μία αλλαγή καναλιού από τη ζώνη IV στη ζώνη V μπορεί να οδηγήσει στην αντικατάσταση των κεραιών και στην αλλαγή των ενισχυτών στενής ζώνης και φίλτρων απόρριψης.

- iii. Κόστη για την πληροφόρηση και υποστήριξη του κοινού για τον επανασυντονισμό του εξοπλισμού λήψης. Μία περαιτέρω μετάβαση από ψηφιακή σε ψηφιακή τεχνολογία ίσως είναι δύσκολο να εξηγηθεί στο κοινό, εάν ένας χρήστης επηρεάζεται από αυτή τη μετάβαση και εάν εμφανίζονται ή όχι οφέλη γι' αυτόν. Η κανονική μετάβαση είναι εύκολο να εξηγηθεί, καθώς η ψηφιακή τηλεόραση γίνεται όλο και πιο γνωστή και η προσφερόμενη ποιότητα λήψης είναι καλύτερη, πράγμα που αποτελεί και τον κύριο λόγο για την επιτυχία της μετάβασης αυτής. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι μία τέτοια περαιτέρω ψηφιακή μετάβαση θα πρέπει να λάβει χώρα σε μερικές χώρες με ένα μεγάλο διάστημα ταυτόχρονης εκπομπής αναλογικής και ψηφιακής εκπομπής, με αποτέλεσμα τη βραχυπρόθεσμη χρησιμοποίηση άλλων καναλιών από αυτών που προβλέπονται από το πλάνο GE06.
- Κόστη εξαιτίας των καθυστερήσεων:
 - i. Ποινικές ρήτρες στα υπάρχοντα συμβόλαια που πρέπει να επιβληθούν
 - ii. Επιπρόσθετα κόστη τόκων εξαιτίας των καθυστερήσεων πριν την έναρξη εκπομπής
 - iii. Απώλεια κερδών για έναν πάροχο, στο διάστημα στο οποίο δεν θα εκπέμπει

5.3.2.4.2 Επιπτώσεις σχετικά με τις καθυστερήσεις

Οι ημερομηνίες της ψηφιακής μετάβασης έχουν ανακοινωθεί δημόσια από πολλές κυβερνήσεις και θα είναι δύσκολο να τροποποιηθούν. Γι' αυτό το λόγο, θα προκύψουν σημαντικά πολιτικά προβλήματα, εάν η ευρωπαϊκή πρόταση για την ψηφιακή μετάβαση έως το 2012 δεν τηρηθεί.

Σε περίπτωση ενός καταμερισμού μίας εναρμονισμένης υποζώνης συχνοτήτων, η απαιτούμενη διαδικασία επανασχεδιασμού θα ήταν μάλλον περίπλοκη και χρονοβόρα. Το πρότυπο DVB-T έχει ήδη εφαρμοστεί σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, ενώ η ψηφιοποίηση των ζωνών συχνοτήτων θα έχει σχεδιαστεί και σε άλλες χώρες μέσα στα επόμενα χρόνια. Από τη στιγμή που οποιαδήποτε διαδικασία επανασχεδιασμού θα έχει ολοκληρωθεί, θα είναι σε λειτουργία πολλοί περισσότεροι DVB-T εκπομποί. Γι' αυτό το λόγο, οποιαδήποτε σχέδια για εναρμόνιση μιας υποζώνης συχνοτήτων θα πρέπει να αποφύγουν την καθυστέρηση και τη διακοπή αυτής της διαδικασίας ψηφιοποίησης κατά τη διεθνή μεταβατική περίοδο.

Επίσης, θα είναι απαραίτητη μία δεύτερη φάση μετάβασης, η οποία θα εφαρμόσει την εναρμονισμένη υποζώνη συχνοτήτων. Αυτή η περίοδος μετάβασης θα έχει τον έλεγχο της εξελισσόμενης ψηφιοποίησης στην Ευρώπη.

Αξιοσημείωτο είναι ότι μία τέτοια διαδικασία μετάβασης θα εμφάνιζε ομοιότητες με τις ήδη γνωστές για την οργάνωση της ψηφιακής μετάβασης και μια τέτοια περαιτέρω ψηφιακή μετάβαση θα πρέπει αναπόφευκτα να λάβει μέρος σε μερικές χώρες έχοντας μία μακρά περίοδο ταυτόχρονης εκπομπής αναλογικής και ψηφιακής

τηλεόρασης, γεγονός που οδηγεί στη βραχυπρόθεσμη χρήση άλλων καναλιών από αυτών που προβλέπεται στο πλάνο GE06.

Εάν μια χώρα Α θελήσει να εφαρμόσει κινητές υπηρεσίες πολυμέσων σε ένα κανάλι μέσα σε μία εναρμονισμένη υποζώνη συχνοτήτων, αλλά η γειτονική χώρα Β χρησιμοποιεί το ίδιο κανάλι για τηλεόραση ή άλλες υπηρεσίες, σύμφωνα με το πλάνο GE06, τότε η χώρα Α δε θα είναι ικανή να επεκτείνει την υπηρεσία σε μία συγκεκριμένη περιοχή κοντά στα σύνορα κοινού ενδιαφέροντος. Το μέγεθος αυτής της περιοχής θα περιορίζεται, αν χρησιμοποιούνται εκπομποί χαμηλής ισχύος, ενώ θα αυξάνεται αν χρησιμοποιούνται εκπομποί υψηλής ισχύος.

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι ίσως χρησιμοποιηθεί μία άλλη διαδικασία μετάβασης σε εθνικό επίπεδο. Παρόλα αυτά, μία τέτοια μετάβαση δεν απαιτεί επανασχεδιασμό.

5.3.2.4.3 Μακροπρόθεσμη διάσταση της εναρμόνισης μιας υποζώνης συχνοτήτων

Το πρότυπο DVB-H αποτελεί μία υποκατηγορία του DVB-T από φασματική άποψη. Γι' αυτό το λόγο, είναι δυνατή η εφαρμογή ενός δικτύου που συνδυάζει τα δύο αυτά πρότυπα. Η συνδυασμένη λειτουργία του DVB-T με το DVB-H σε μία πολυπλεξία DVB-T δεν είναι τόσο πρακτική, όταν αναφερόμαστε σε μία ειδική υποζώνη συχνοτήτων. Παρόλα αυτά, έχουν ήδη εφαρμοστεί υπηρεσίες με αυτόν τον τρόπο σε μερικές χώρες. Αυτός ο συνδυαστικός τρόπος προσδίδει την ευελιξία σε έναν πάροχο να καταμερίσει τη χωρητικότητα για κινητή ή σταθερή ευρυεκπομπή, ενώ ταυτόχρονα παρέχει μία επιπλέον δυνατότητα να προσφερθούν DVB-H υπηρεσίες. Η διαχείριση της χωρητικότητας είναι δυνατή σε καθημερινή βάση, χωρίς τη διακοπή των υπηρεσιών και την τροποποίηση του hardware. Παρόλα αυτά, αυτός ο συνδυαστικός τρόπος υποθέτει ότι τα πρότυπα DVB-T και DVB-H χρησιμοποιούν τις ίδιες μεταβλητές σχετικά με τα διαστήματα προστασίας (για παράδειγμα, το DVB-T έχει σχεδιαστεί και για κινητή λήψη) και οδηγεί σε μία συσχέτιση μεταξύ της κάλυψης του DVB-T και του DVB-H. Το πρότυπο DVB-T2 μπορεί μελλοντικά να βελτιώσει την ευελιξία λειτουργίας αυτού του συνδυαστικού τρόπου εκπομπής.

Το περιορισμένο μέγεθος μίας υποζώνης συχνοτήτων θα προκαλέσει τον περιορισμό του αριθμού των δικτύων κινητών υπηρεσιών πολυμέσων που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στην υποζώνη αυτή.

5.3.2.5 Κόστος και διαθεσιμότητα τερματικών

Η εναρμόνιση του φάσματος έχει αντίκτυπο στο κόστος και στη διαθεσιμότητα των τερματικών. Η εξέλιξη τερματικών που λειτουργούν σε πολλαπλές ζώνες, που προκύπτει από την έλλειψη εναρμόνισης, έχει επίσης αντίκτυπο στην επίδοση των συσκευών χειρός, όπως μεγαλύτερη απώλεια εισόδου, χαμηλότερη ευαισθησία και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα.

Για το λόγο αυτό, η εναρμόνιση των ζωνών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται σε ένα κινητό τερματικό οδηγεί στη μείωση του κόστους τους. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να δοθεί επαρκής σημασία σε ευρωπαϊκή και παγκόσμια βάση σχετικά με το χρησιμοποιούμενο από τις κινητές υπηρεσίες πολυμέσων φάσμα, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι το φάσμα αυτό είναι διαθέσιμο στη μεγαλύτερη δυνατή αγορά,

γεγονός που θα οδηγούσε στη μείωση του κόστους των RF εξαρτημάτων των τερματικών.

Ένα τερματικό ευρείας ζώνης που θα μπορούσε να καλύψει ολόκληρη τη ζώνη UHF θα μπορούσε να επιτύχει μεγαλύτερη οικονομία κόστους από ένα τερματικό στενής ζώνης, ανάλογα με την αντίστοιχη αγορά στην οποία θα χρησιμοποιηθούν οι εξοπλισμοί αυτοί.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, στην περίπτωση εναρμόνισης μίας στενής ζώνης συχνοτήτων, τα νέα τερματικά στενής ζώνης δε θα είναι συμβατά με εκπομπές στο εύρος συχνοτήτων 470-750 MHz.

5.3.2.6 Σενάρια για την εισαγωγή μίας υποζώνης συχνοτήτων

Υπάρχουν δύο πιθανά σενάρια για εναρμόνιση μίας υποζώνης συχνοτήτων που προβλέπουν:

- Μία στενή ζώνη συχνοτήτων πάνω από τα 750 MHz
- Μία στενή ζώνη συχνοτήτων κάτω από τα 750 MHz

Το δεύτερο σενάριο θα διασφάλιζε τη συμβατότητα με προϋπάρχοντα κινητά τερματικά ευρυεκπομπής ευρείας ζώνης, τα οποία λειτουργούν στη ζώνη συχνοτήτων 470-750 MHz, αφού θα ήταν ικανά να λειτουργήσουν μέσα στην υποζώνη αυτή.

5.3.3 Πιθανές προσεγγίσεις για την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων

5.3.3.1 Προσέγγιση 1: Εφαρμογή βασιζόμενη στο υπάρχον πλάνο ψηφιακών εισόδων GE06

Το πλάνο GE06 περιλαμβάνει ψηφιακές εισόδους για σταθερή, φορητή εξωτερικού χώρου/κινητή και φορητή εσωτερικού χώρου λήψη για υπηρεσίες DVB-T στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz. Οι τεχνικές παράμετροι κάθε ψηφιακής εισόδου στο πλάνο είναι αποτέλεσμα μίας περίπλοκης διαδικασίας διεθνούς συντονισμού που διήρκησε αρκετά χρόνια. Μερικά κράτη αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν το φάσμα στην επικράτειά τους πιο πυκνά από ότι οι γειτονικές τους χώρες, σχεδιάζοντας περισσότερες εκχωρήσεις/καταμερισμούς συχνοτήτων για ψηφιακή ευρυεκπομπή και για άλλες βασικές υπηρεσίες. Ως αποτέλεσμα, τα κράτη αυτά έπρεπε να υιοθετήσουν τις τεχνικές παραμέτρους των ψηφιακών τους εισόδων στο πλάνο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί συμβιβασμός μεταξύ του αριθμού των περιοχών κάλυψης και των προβλεπόμενων στόχων αυτών των καταμερισμών. Το πλάνο GE06 δεν περιλαμβάνει ψηφιακές εισόδους, όπως, για παράδειγμα, για υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης, που σχεδιάστηκαν για λήψη σε δέκτη χειρός (π.χ. DVB-H). Παρόλα αυτά, μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις στο πλάνο εφαρμόζοντας τα αντίστοιχα άρθρα της συμφωνίας GE06 και διενεργώντας διασυνοριακές διαπραγματεύσεις με τα αφορούμενα κράτη.

Όταν τα σχέδια εφαρμογής υπηρεσιών πολυμέσων ενσωματωθούν στο πλάνο GE06, τα κράτη δεν είναι υποχρεωμένα να εφαρμόσουν τα αντίστοιχα άρθρα της συμφωνίας αυτής για την εφαρμογή αυτών των υπηρεσιών, αποφεύγοντας, έτσι, επιπλέον καθυστέρηση και στην εφαρμογή κινητών υπηρεσιών πολυμέσων και στην εφαρμογή υπηρεσιών DVB-T.

Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, όλη η ζώνη συχνοτήτων IV/V μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευέλικτο τρόπο για όλες τις εφαρμογές ευρυεκπομπής συμπεριλαμβανομένου εφαρμογών κινητών υπηρεσιών πολυμέσων.

5.3.3.2 Προσέγγιση 2: Εναρμόνιση μιας στενής ζώνης συχνοτήτων

Οι αρμόδιες αρχές ορισμένων κρατών ίσως επιθυμούν να εφαρμόσουν δίκτυα κινητών υπηρεσιών πολυμέσων χρησιμοποιώντας μία εναρμονισμένη ζώνη συχνοτήτων, ώστε να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματά της.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η χρήση μίας τέτοιας προσέγγισης από ένα κράτος δε θα πρέπει να καθυστερήσει την εφαρμογή δικτύων κινητών υπηρεσιών πολυμέσων. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή των προσεγγίσεων 1 και 2 δεν είναι αλληλοαναιρούμενη και ένα κράτος ίσως επιθυμεί να ξεκινήσει την εφαρμογή ενός τέτοιου δικτύου βασιζόμενο στην προσέγγιση 1 και στη συνέχεια την εφαρμογή ενός νέου δικτύου βασιζόμενο στην προσέγγιση 2, παρόλο που, σε αυτή την περίπτωση, τα τεμαχικά που προορίζονται για λήψη σε αυτή την υποζώνη συχνοτήτων ίσως να μην μπορούν να έχουν πρόσβαση στις προσφερόμενες υπηρεσίες του δικτύου που λειτουργεί κάτω από την προσέγγιση 1.

Επίσης, είναι γνωστό ότι, εξαιτίας της διαδικασίας σχεδιασμού που διενεργήθηκε στο RRC-06, οι καταμερισμένες συχνότητες των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο σε μία συγκεκριμένη περιοχή είναι διασκορπισμένες σε όλη τη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz. Το να αφιερωθεί αποκλειστικά μία υποζώνη σε κινητές υπηρεσίες πολυμέσων, θα μπορούσε να δημιουργήσει παρεμβολές γειτονικού καναλιού στα εθνικά στρώματα. Για το λόγο αυτό, η εναρμόνιση μίας τέτοιας υποζώνης θα απαιτούσε ένα συγκεκριμένο επανακαταμερισμό συχνοτήτων σε εθνικό επίπεδο, καθώς και επιπλέον διεθνείς διαβουλεύσεις κρατών.

Βασιζόμενοι στο νέο πλάνο GE06, έχουν ήδη εγκριθεί στην Ευρώπη πολλές άδειες ψηφιακής ευρυεκπομπής ή ευρυεκπομπής κινητών υπηρεσιών πολυμέσων για τα επόμενα 10-15 χρόνια. Γι' αυτό το λόγο, η εναρμόνιση μίας υποζώνης για την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων στην Ευρώπη δεν είναι ρεαλιστική, τουλάχιστον πριν το 2020.

5.3.4 Συμπεράσματα-προτάσεις

Μέχρι στιγμής, έχουν αναφερθεί δύο προσεγγίσεις για την εφαρμογή της κάτω ζεύξης δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής στις UHF ζώνες συχνοτήτων IV/V.

- Προσέγγιση 1: Εφαρμογή χωρίς τη χρήση μιας εναρμονισμένης ζώνης, βασισμένη στις ψηφιακές εισόδους του πλάνου GE06.
- Προσέγγιση 2: Εφαρμογή βασισμένη σε μία εναρμονισμένη ζώνη συχνοτήτων.

Αυτές οι δύο προσεγγίσεις δεν είναι αλληλοαναιρούμενες και μπορούν να εφαρμοστούν είτε από κοινού είτε σε διαφορετικό χρόνο:

- **Προσέγγιση 1**

Η συμφωνία GE06 έχει ντε φάκτο εναρμονίσει ολόκληρες τις ζώνες IV/V για υπηρεσίες ευρυεκπομπής όλων των μορφών, συμπεριλαμβανομένου και των κινητών εφαρμογών πολυμέσων. Κατά τη συμφωνία αυτή, σε κάθε ευρωπαϊκό κράτος έχει ανατεθεί ένας μέσος αριθμός 7 UHF στρωμάτων. Σε εθνική βάση, η ευελιξία αφορά τη ρύθμιση των συχνοτήτων του πλάνου με τέτοιο τρόπο, ώστε μερικά εθνικά στρώματα να καταλήξουν με ανατεθειμένες συχνότητες κάτω από ένα συγκεκριμένο κατώφλι (π.χ. < 750 MHz) ή μέσα σε μία συγκεκριμένη υποζώνη/ες.

Τα στρώματα αυτά μπορεί να είναι ανατεθειμένα σε κινητές υπηρεσίες ευρυεκπομπής πολυμέσων. Η δικτυακή δομή τέτοιων υπηρεσιών μπορεί να βασίζεται στη δομή των ήδη υπάρχοντων δικτύων ευρυεκπομπής ή σε κυψελωτά δίκτυα ή σε συνδυασμό των δύο.

Στις ευρωπαϊκές χώρες, είναι δυνατή η ανάπτυξη κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων και έχει ήδη ξεκινήσει η εφαρμογή τους σε αρκετές χώρες, σύμφωνα με τα προβλεφθέντα του πλάνου GE06. Στις συνοριακές περιοχές, μπορούν να αναπτυχθούν έως και 7 στρώματα πολυμέσων, ενώ μακριά από τα σύνορα έως και 49 SFN δίκτυα.

Ανάλογα με τα συμφωνηθέντα των διμερών διαπραγματεύσεων μεταξύ γειτονικών κρατών και με συνέπεια στα χρονικά όρια της μεταβατικής περιόδου, είναι πιθανή μία άμεση εφαρμογή δικτύων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων.

- **Προσέγγιση 2**

Η εναρμόνιση μία στενής ζώνης συχνοτήτων (έως και 10% περί της κεντρικής συχνότητας) θα επέτρεπε μία βελτίωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των δεκτών (υψηλότερο κέρδος κεραίας). Το γεγονός αυτό θα είχε ως συνέπεια τη μείωση του κόστους εφαρμογής των δικτύων, ανεξάρτητα με την τοπολογία δικτύου.

Η εναρμόνιση μίας στενής ζώνης συχνοτήτων εύρους 10% περί της κεντρικής συχνότητας (π.χ. 64 MHz στα 650 MHz) θα επέτρεπε την ανάπτυξη τουλάχιστον δύο SFN δικτύων σε περιοχές όπου συνορεύουν πολλά κράτη, παρέχοντας, έτσι, επιτυχή συντονισμό και την ανάπτυξη έως και 8 SFN δικτύων σε περιοχές μακριά από τα σύνορα.

Πρέπει, όμως, να σημειωθεί ότι δέκτες σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε μία συγκεκριμένη υποζώνη συχνοτήτων δε θα μπορούν να λάβουν διαθέσιμες υπηρεσίες που βρίσκονται σε λειτουργία εκτός της υποζώνης αυτής και σύμφωνα με την προσέγγιση 1.

Βασιζόμενοι στο νέο πλάνο GE06, έχουν ήδη εγκριθεί στην Ευρώπη πολλές άδειες ψηφιακής ευρυεκπομπής ή ευρυεκπομπής κινητών υπηρεσιών πολυμέσων για τα επόμενα 10-15 χρόνια. Γι' αυτό το λόγο, η εναρμόνιση μίας υποζώνης για την εφαρμογή υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων στην Ευρώπη δεν είναι ρεαλιστική, τουλάχιστον πριν το 2020.

Για το λόγο αυτό, βραχυπρόθεσμα αλλά και μεσοπρόθεσμα η εναρμόνιση μίας τέτοιας υποζώνης για κινητές υπηρεσίες πολυμέσων δε θα πρέπει να θεωρείται υποχρεωτική και οι χώρες θα υιοθετούν εναρμονισμένα κανάλια για υπηρεσίες πολυμέσων, όπου αυτό είναι δυνατό και αποδοτικό. Η εναρμονισμένη αυτή υποζώνη θα πρέπει να παρουσιαστεί σχετικά γρήγορα, ενώ στο μέλλον θα χρίζει ενημέρωσης, ούτως ώστε να ληφθεί υπόψη η πρόοδος της τεχνολογίας και η ανάπτυξη νέων υπηρεσιών με σκοπό να επιτρέψουν σε άλλες χώρες να ωφεληθούν από αυτή την εναρμόνιση.

Για την εφαρμογή, λοιπόν, τέτοιων κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, η προσέγγιση 1 ελαχιστοποιεί τον αντίκτυπο στην τωρινή μορφή του πλάνου GE06. Από τη στιγμή, όμως, που το πλάνο αυτό εξελίσσεται συνεχώς μέσα από τις προβλεπόμενες διαδικασίες τροποποίησης, είναι πιθανό να αναγνωριστεί στο μέλλον μία εναρμονισμένη υποζώνη συχνοτήτων για εφαρμογές πολυμέσων.

5.4 Το φάσμα σε σχέση με την εφαρμογή κινητών υπηρεσιών τηλεφωνίας IMT/UMTS στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz

5.4.1 Απαιτήσεις τεχνολογίας και φάσματος για κινητές εφαρμογές

Ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, οι κινητές επικοινωνίες απαιτούν φάσμα που είναι είτε σε «ζεύγη» (Frequency Division Duplex, FDD), είτε όχι σε «ζεύγη» (Time Division Duplex, TDD). Οι εκχωρήσεις συχνοτήτων σε συστήματα FDD πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας κανάλια σε ζεύγη (μεγέθους που εξαρτάται από τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία), τα οποία δεν είναι γειτονικά μεταξύ τους, αλλά είναι επαρκώς διαχωρισμένα στο φάσμα συχνοτήτων (duplex gap), ούτως ώστε να αποφευχθεί η μεταξύ τους παρεμβολή. Για συστήματα TDD, χρησιμοποιείται ένα απλό κανάλι συχνοτήτων για την εκπομπή σημάτων τόσο στην άνω όσο και στην κάτω ζεύξη. Εάν τα συστήματα TDD δεν είναι συγχρονισμένα, τότε υπάρχει η ανάγκη ενός διαστήματος προστασίας μεταξύ γειτονικών καναλιών. Συνεπώς, τα συστήματα FDD είναι καταλληλότερα για παροχή κάλυψης σε εφαρμογές κινητών τηλεπικοινωνιών.

Προς το παρόν, ο σχεδιασμός συχνοτήτων για το IMT-2000 πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας κανάλια μεγέθους 5 MHz. Παρόλα αυτά, η χρησιμοποίηση καναλιών άλλου μεγέθους ίσως προσφέρει κάποια πλεονεκτήματα σχετικά με το

συντονισμό με άλλες υπηρεσίες (για παράδειγμα, η χρησιμοποίηση καναλιών των 8 MHz είναι σύμφωνη με το σχεδιασμό της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης). Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι η μελλοντική εξέλιξη των τεχνολογιών του IMT αναμένεται να εισάγει ευρύτερα και στενότερα εύρη καναλιών. Ένα σύστημα FDD αποτελείται από μία άνω και μία κάτω ζεύξη με έναν duplex διαχωρισμό μεταξύ τους και ένα απαιτούμενο duplex gap. Σε μία πρακτική εφαρμογή, τοποθετούνται κατά ομάδες διάφορες άνω και κάτω ζεύξεις και στις δύο πλευρές ενός duplex gap. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του συστήματος, οι πραγματικές φασματικές απαιτήσεις μπορεί να διαφέρουν σημαντικά.

Έχουν διενεργηθεί διάφορες μελέτες, οι οποίες παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα που μπορούν να εμφανιστούν από μία πρόσθετη εναρμονισμένη ζώνη συχνοτήτων των 80 MHz, συν 10 MHz ενός duplex gap, δηλαδή ενός συνολικού μεγέθους 90 MHz εναρμονισμένου φάσματος στη UHF ζώνη συχνοτήτων για κινητές επικοινωνίες. Το εναρμονισμένο αυτό φάσμα μπορεί δυνητικά να παρέχει περισσότερη χωρητικότητα από ότι η ήδη υπάρχουσα ζώνη συχνοτήτων GSM900. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τη βελτίωση των κινητών επικοινωνιών σε αγροτικές περιοχές.

Για παράδειγμα, σε εθνική κλίμακα με 2x10 MHz ανά πάροχο αυτό θα παρείχε φάσμα για 4 παρόχους στα 90 MHz, συμπεριλαμβανομένου και του duplex gap. Ο αριθμός των παρόχων καθώς και το εύρος ζώνης ανά πάροχο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις τοπικές και εθνικές συνθήκες και ιδιαιτερότητες.

5.4.2 Δυνητική οικονομική αξία της αναγνώρισης μιας εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων

Υπάρχει μία ανάγκη για τους κατασκευαστές και τους παρόχους να είναι ικανοί να απευθύνονται σε μία μεγάλη αγορά, προκειμένου να επιτύχουν χαμηλά κόστη παραγωγής ιδιαίτερα σε κινητά τερματικά. Αυτό θα απαιτούσε μία κοινή προσέγγιση από τα περισσότερα κράτη, αλλά όχι απαραίτητα και εναρμόνιση συχνοτήτων σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι επενδυτές έχουν επιδείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για κινητές υπηρεσίες επικοινωνιών στο διαθέσιμο UHF φάσμα συχνοτήτων. Το ενδιαφέρον, όμως, αυτό εξαρτάται τόσο από την εναρμόνιση του φάσματος αυτού για εφαρμογή κινητών τηλεπικοινωνιών στην Ευρώπη, καθώς, επίσης, και του κόστους των τερματικών.

Η εναρμόνιση του φάσματος έχει αντίκτυπο στο κόστος και τη διαθεσιμότητα των τερματικών. Η ανάπτυξη τερματικών που μπορούν να λειτουργούν σε διάφορες ζώνες συχνοτήτων (multiband terminals), γεγονός που προκύπτει από την έλλειψη εναρμόνισης, έχει επίσης αντίκτυπο στην επίδοση των τερματικών, όπως, για παράδειγμα, μεγαλύτερη απώλεια εισόδου, χαμηλότερη ευαισθησία και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα.

Η παγκόσμια αναγνώριση κοινών ζωνών συχνοτήτων θα μπορούσε να επιφέρει σημαντικά οφέλη στο κόστος παραγωγής τερματικών. Χωρίς την αναγνώριση των ζωνών αυτών, το κόστος των κινητών τερματικών θα μπορούσε να είναι πολύ υψηλό, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του αριθμού των ενδιαφερομένων για την εγκατάσταση κινητών υπηρεσιών. Το γεγονός αυτό θα έβλαπτε όχι μόνο τους καταναλωτές και τη βιομηχανία, αλλά θα επηρέαζε και τα οφέλη που παρέχουν οι κινητές επικοινωνίες στην οικονομία των κρατών. Για το λόγο αυτό, πρέπει να ληφθούν μέτρα τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε διεθνές επίπεδο για το φάσμα που

απαιτείται για κινητές υπηρεσίες, ούτως ώστε να είναι διαθέσιμο στη μέγιστη δυνατή αγορά. Το γεγονός αυτό θα μείωνε δραματικά το κόστος.

5.4.3 Δυνατές επιλογές σχεδιασμού των ζωνών συχνοτήτων

Στην παράγραφο αυτή, συζητούνται οι δυνατές επιλογές σχεδιασμού μίας εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων. Οι επιλογές αυτές δε βασίζονται στη χρήση του UHF φάσματος συχνοτήτων από συγκεκριμένα κράτη, αλλά αναγνωρίζουν τους περιορισμούς που ίσως έχουν αντίκτυπο στην επιλογή μεταξύ των διαθέσιμων εναλλακτικών σχεδιασμών.

5.4.3.1 Επιλογή του μεγέθους των τμημάτων

Προηγουμένως αναφέρθηκε το μέγεθος του φάσματος που απαιτείται για την εναρμόνιση κινητών εφαρμογών. Το φάσμα αυτό δε θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλο από τη στιγμή που επηρεάζει την επίδοση των κεραιών των κινητών τερματικών, που μπορούν να συντονίζονται σε όλο το εύρος της υποζώνης συχνοτήτων. Θα πρέπει, όμως, να είναι αρκετά μεγάλο, ούτως ώστε να υποστηρίζει επαρκή χωρητικότητα και επαρκή αριθμό παρόχων για κάθε κράτος. Πρέπει, επίσης, να είναι αρκετά μεγάλο, έτσι ώστε να παρέχει τη δυνατότητα για επαρκές μέγεθος αγοράς, με συνέπεια την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της εναρμόνισης, σύμφωνα με την ανάγκη για προστασία των ήδη υπάρχοντων υπηρεσιών στη ζώνη συχνοτήτων. Τέλος, δε θα πρέπει να είναι τόσο μεγάλο, ώστε να απαιτεί σημαντικές τροποποιήσεις στο πλάνο GE06.

Σημειώνοντας ότι τα παρακάτω σενάρια δεν είναι δεσμευτικά και χρησιμοποιούνται μόνο για σκοπό απεικόνισης, η ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz διαιρείται σε 4 τμήματα μεγέθους τουλάχιστον 2x40 MHz συν τα απαιτούμενα διαστήματα προστασίας. Κάθε τμήμα θεωρείται ότι περιέχει όλα τα απαιτούμενα διαστήματα προστασίας για την παροχή επαρκούς προστασίας και εσωτερικά στις σταθερές/κινητές υπηρεσίες και εξωτερικά για την προστασία άλλων υπηρεσιών. Τα τμήματα αυτά μπορεί δυνητικά να υποστηρίζουν συστήματα FDD, TDD ή συνδυασμό των δύο.

5.4.3.2 Αναγνώριση τεσσάρων τμημάτων

Τα τέσσερα επιλεγμένα τμήματα για περαιτέρω μελέτη απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Segment	Lowest Channel	Highest Channel	# channels/bandwidth
Segment A	21	32	12 channels/96 MHz
Segment B	31	44	14 channels/112 MHz
Segment C	45	58	14 channels/112 MHz
Segment D	58	69	12 channels/96 MHz

Πίνακας 5.6: Δυνατά τμήματα συχνοτήτων

Για λόγους παρουσίασης, δίδεται παρακάτω ένας πιθανός σχεδιασμός ζώνης συχνοτήτων για κάθε ένα από τα τέσσερα προαναφερθέντα τμήματα. Η παρουσίαση αυτή υποθέτει ότι, γενικά, δεν απαιτείται κανένα διάστημα για την προστασία άλλων υπηρεσιών από την κάτω ζεύξη κινητών υπηρεσιών, αλλά ότι δύο κανάλια απαιτούνται για την παροχή προστασίας για και από την άνω ζεύξη κινητών υπηρεσιών (Η προστασία υπηρεσιών ευρυεκπομπής σε γειτονικό κανάλι και πέρα από αυτό πρέπει να διασφαλίζεται από προσεκτικό σχεδιασμό κινητών υπηρεσιών και εφαρμογή τεχνικών μείωσης των παρεμβολών, όπως έχει περιγραφεί παραπάνω).

Segment A: 2x40 MHz within channels 21 to 32 + 2x8 MHz Duplex

Ch 21	Ch 22	Ch 23	Ch 24	Ch 25	Ch 26	Ch 27	Ch 28	Ch 29	Ch 30	Ch 31	Ch 32
8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz
Uplink				Duplex			Downlink				

Segment B: 2x40 MHz within channels 31 to 44 + 2x8 MHz Duplex + 2x8 MHz Guard Band

Ch 31	Ch 32	Ch 33	Ch 34	Ch 35	Ch 36	Ch 37	Ch 38	Ch 39	Ch 40	Ch 41	Ch 42	Ch 43	Ch 44
8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz
Guard band	Uplink					Duplex			Downlink				

Segment C: 2x40 MHz within channels 45 to 58 + 2x8 MHz Duplex + 2x8 MHz Guard Band

Ch 45	Ch 46	Ch 47	Ch 48	Ch 49	Ch 50	Ch 51	Ch 52	Ch 53	Ch 54	Ch 55	Ch 56	Ch 57	Ch 58
8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz
Downlink					Duplex			Uplink				Guard band	

Segment D: 2x40 MHz within channels 58 to 69 + 2x8 MHz Duplex

Ch 58	Ch 59	Ch 60	Ch 61	Ch 62	Ch 63	Ch 64	Ch 65	Ch 66	Ch 67	Ch 68	Ch 69
8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz	8 MHz
Downlink					Duplex			Uplink			

Σχήμα 5.6: Παράδειγμα σχεδιασμού ζώνης συχνοτήτων με FDD προδιαγραφές για τα δυνατά τμήματα συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz

Μπορεί, επίσης, να προβλεφθεί ένας ασύμμετρος σχεδιασμός ζώνης συχνοτήτων με αυξημένη χωρητικότητα για downlink duplex. Για παράδειγμα, ένα 32 MHz uplink duplex μπορεί να αντιστοιχηθεί με ένα 48 MHz downlink duplex. Ένας ασύμμετρος σχεδιασμός ζώνης συχνοτήτων επιτρέπει την υποστήριξη ασύμμετρης κίνησης. Με την ανάπτυξη δεδομένων κίνησης (όπως Video Streaming, TV, VoD, web surfing, ringtones downloading, games κλπ.), η κίνηση του «κατεβάσματος» (downloading) αυξάνεται ταχύτερα από ότι η uplink κίνηση.

5.4.3.3 Δυνατή χρήση των τμημάτων

Δεδομένου των τεσσάρων προαναφερθέντων τμημάτων, υπάρχουν τρεις επιλογές για τη χρήση των τμημάτων αυτών για την υποστήριξη σταθερών / κινητών υπηρεσιών:

1. Ενιαίο τμήμα, συμπεριλαμβανομένου άνω και κάτω ζεύξης μέσα στο τμήμα αυτό. Το παράδειγμα σχεδιασμού ζώνης συχνοτήτων του σχήματος 5.6 είναι τέτοιου τύπου.
2. Τμήματα σε ζεύγη, επαρκώς διαχωρισμένα, με την άνω ζεύξη στο ένα τμήμα (για παράδειγμα κανάλια 21-25 στο τμήμα A) και την κάτω ζεύξη στο άλλο (για παράδειγμα τα κανάλια 52-56 στο τμήμα C). Στην περίπτωση αυτή, μόνο μέρος των τμημάτων θα απαιτείτο για τη σύγκριση με τις άλλες επιλογές.

3. Υβριδική χρήση των τμημάτων, όπου ζεύξεις προς τη μία κατεύθυνση παρέχονται στη ζώνη 470-862 MHz και ζεύξεις προς την άλλη κατεύθυνση παρέχονται σε άλλη ζώνη συχνοτήτων (όπως, για παράδειγμα 900 MHz, 2.6 GHz).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλογή 3 αφορά πάντοτε FDD συστήματα, ενώ οι άλλες επιλογές αφορούν συστήματα FDD, TDD ή συνδυασμό των δύο.

Η επιλογή 1 ελαχιστοποιεί το απαιτούμενο εύρος συντονισμού από τα τερματικά και, για το λόγο αυτό, μεγιστοποιεί την επίδοση των κεραιών των τερματικών.

Η επιλογή 2 αυξάνει το απαιτούμενο εύρος συντονισμού από τα κινητά τερματικά. Το πολύ μεγάλο duplex διάστημα μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στη διαχείριση της φορητότητας, επειδή οι μετρήσεις κάτω ζεύξης από ένα κινητό δε θα παρέχει αντιπροσωπευτικό δείγμα των συνθηκών που επικρατούν στο κανάλι άνω ζεύξης.

Η επιλογή 3 απαιτεί να είναι διαθέσιμες και άλλες ζώνες συχνοτήτων για τη λειτουργία κινητών υπηρεσιών. Το γεγονός αυτό ίσως μείωνε τα πλεονεκτήματα της εναρμόνισης μίας ζώνης συχνοτήτων. Το πολύ μεγάλο duplex διάστημα μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στη διαχείριση της φορητότητας, επειδή οι μετρήσεις της κάτω ζεύξης από ένα κινητό δε θα αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα των συνθηκών που επικρατούν στο κανάλι της άνω ζεύξης. Εάν η άνω ζεύξη παρέχεται από μία άλλη ζώνη συχνοτήτων, η επιλογή αυτή δε θα απαιτούσε διαστήματα προστασίας στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz. Επιπρόσθετα, δε θα επιβάλλονταν περιορισμοί σχεδιασμού συχνοτήτων για την προστασία της άνω ζεύξης, στην περίπτωση όπου η ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz χρησιμοποιείτο για ψηφιακές υπηρεσίες ευρυεκπομπής στις γειτονικές χώρες.

5.4.3.4 Σημαντικοί παράγοντες για την επιλογή τμημάτων

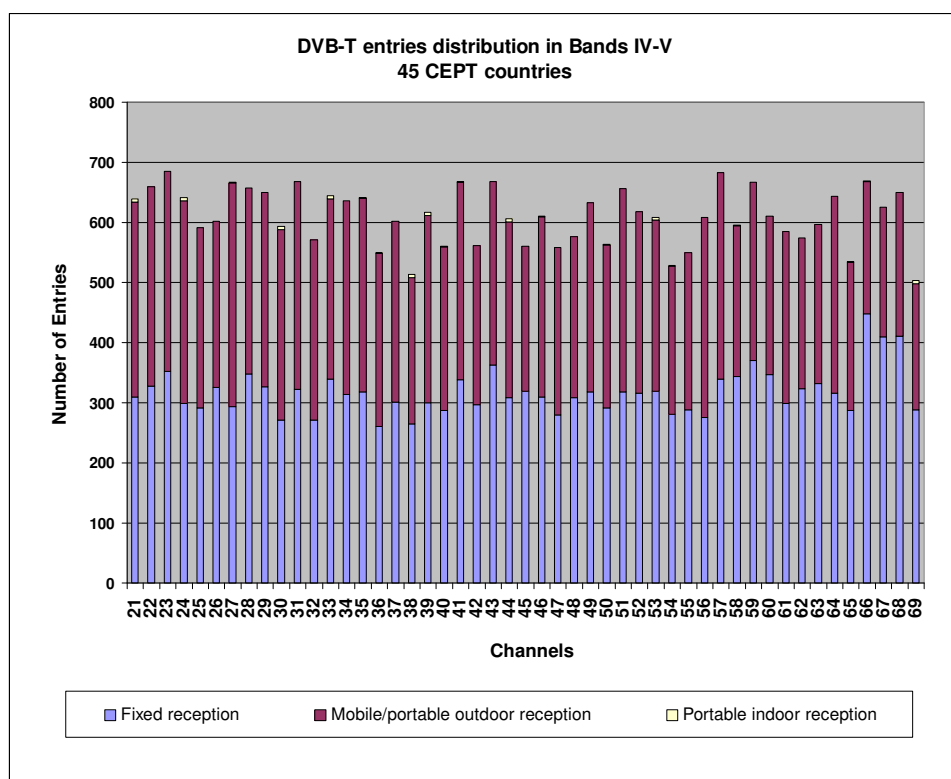
Το τμήμα D έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων τμημάτων, ανεξαρτήτως συγκεκριμένων εθνικών περιορισμών. Βρίσκεται κοντά στην ιδιαίτερα διαδεδομένη χρήση κινητών υπηρεσιών στα 900 MHz. Το γεγονός αυτό ίσως επιτρέψει κάποια επαναχρησιμοποίηση εξοπλισμού σχετικά με τερματικά και σταθμούς βάσης στα 900 MHz, με αποτέλεσμα την αύξηση των πιθανών πλεονεκτημάτων της εναρμόνισης μίας ζώνης συχνοτήτων. Επίσης, είναι πιθανό να επιτρέψει σε μία απλή κεραία κινητού τερματικού να συντονίζεται σε όλο το εύρος του τμήματος D και της ζώνης των 900 MHz. Η προσέγγιση αυτή θα ήταν ενδιαφέρουσα, αν χρησιμοποιούσε την επιλογή 3, όπου η κάτω ζεύξη κινητών υπηρεσιών θα μπορούσε να τοποθετηθεί στο άνω τμήμα της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz και η άνω ζεύξη πάνω από τα 900 MHz.

Επιπλέον, οι περισσότερες από τις χώρες έχουν την άποψη ότι πρέπει να αναγνωριστούν τουλάχιστον 8 κανάλια τηλεόρασης (για παράδειγμα, κανάλια 62-69), προκειμένου να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την εναρμόνιση μίας ζώνης συχνοτήτων και την εισαγωγή υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η διακύμανση της απώλειας διάδοσης στο εύρος της ζώνης αυτής αντισταθμίζεται από την επίδοση της κεραίας και από άλλους παράγοντες. Έτσι, λοιπόν, το γεγονός αυτό δεν παρέχει κάποιον επιπλέον λόγο για την επιλογή ενός τμήματος έναντι κάποιου άλλου.

5.4.3.5 Εθνικά ζητήματα σχετικά με την επιλογή μιας υποζώνης

Οι κρίσιμοι παράγοντες για την επιλογή ενός συγκεκριμένου τμήματος καθώς, επίσης, και για τη χρήση αυτού αποτελούν τα εθνικά ζητήματα και οι περιορισμοί. Το ιστόγραμμα στο παρακάτω σχήμα συνοψίζει την αρχική καταχώρηση των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο σε όλο το εύρος της UHF ζώνης συχνοτήτων.



Σχήμα 5.7: Αρχική καταχώρηση των ψηφιακών εισόδων του πλάνου GE06 στις ζώνες συχνοτήτων IV/V για DVB-T και για διαφορετικούς τρόπους λήψης

5.4.4 Ζητήματα συμμόρφωσης σχετικά με το WRC-07 και το WRC-11

Η χρήση της ζώνης συχνοτήτων 470-862MHz από κινητές υπηρεσίες πρέπει να είναι σύμφωνη με τους διεθνείς κανονισμούς που προκύπτουν από τη συμφωνία GE06 και από τους κανονισμούς ραδιοφάσματος της ITU. Οι κανονισμοί αυτοί υπόκεινται σε τροποποιήσεις σε κάθε παγκόσμιο συνέδριο της ITU.

Σύμφωνα με τον πίνακα καταμερισμού των συχνοτήτων των κανονισμών ραδιοφάσματος, οι συχνότητες στη ζώνη 470-862 MHz είναι καταμερισμένες, προς το παρόν, σε υπηρεσίες ευρυεκπομπής και άλλες υπηρεσίες στην περιοχή 1. Τα κράτη μέλη δεν επιτρέπεται να αναθέσουν μία συχνότητα σε ένα σταθμό βάσης σε αντίθεση με τον καταμερισμό συχνοτήτων του προαναφερθέντος πίνακα. Η ανάθεση αυτή μπορεί να γίνει μόνο υπό την προϋπόθεση ότι ο σταθμός, όταν χρησιμοποιεί τη συχνότητα αυτή, δε θα δημιουργεί επιβλαβείς παρεμβολές και δε θα απαιτεί

προστασία από τις παρεμβολές ενός σταθμού βάσης που λειτουργεί σε ένα άλλο κράτος μέλος, σύμφωνα με το σχετικό καταμερισμό συχνοτήτων του πίνακα και των διεθνών κανονισμών ραδιοφάσματος.

Ορισμένα από τα κράτη μέλη έκαναν βήματα για να βελτιώσουν την ευελιξία στη χρήση των συχνοτήτων, σύμφωνα με το πλάνο GE06, μέσω μίας δήλωσης ότι οι ψηφιακές είσοδοι στο πλάνο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλες χρήσεις ευρυεκπομπής ή άλλες επίγειες εφαρμογές μη ευρυεκπομπής με χαρακτηριστικά που μπορεί να διαφέρουν από αυτά που εμφανίζονται στο πλάνο GE06. Για τις υπηρεσίες αυτές προβλέπεται η προστασία τους από παρεμβολές, σύμφωνα με τα συμφωνηθέντα στη Γενεύη το 2006.

Εάν το φάσμα είναι ανατεθειμένο για κινητές υπηρεσίες, τότε η προηγούμενη δήλωση είναι επιτρεπτή, μόνο εάν δεν παραβιάζει την «έννοια του φακέλου» (“enveloppe concept”), όπως ορίστηκε στο συνέδριο της Γενεύης. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ένα πρόβλημα που μπορεί να προκύψει με την άνω ζεύξη κινητών υπηρεσιών. Η κάτω ζεύξη θα μπορούσε να προστατευθεί από τα κράτη μέλη απλά και μόνο ακολουθώντας πιστά την «έννοια του φακέλου».

Δεν υπάρχει πρόβλεψη προστασίας των άνω ζεύξεων από τη συμφωνία της Γενεύης. Επειδή τέτοια χρήση δεν είναι σύμφωνη με τον καταμερισμό των συχνοτήτων 470-862 MHz από τους διεθνείς κανονισμούς ραδιοφάσματος και επειδή δεν υπάρχει πρόβλεψη για λειτουργία σταθμών εκπομπής κινητών υπηρεσιών από το συνέδριο της Γενεύης, δεν είναι δυνατό να διασφαλιστεί προστασία με μία απλή καταχώρηση ανάθεσης μίας συχνότητας. Παρόλα αυτά, ο σταθμός λήψης μίας άνω ζεύξης κινητής υπηρεσίας θα μπορούσε μόνο να προστατευθεί από παρεμβολές από άλλες χώρες με τον ίδιο τρόπο όπως ένας ίδιος δέκτης ευρυεκπομπής στην ίδια τοποθεσία και συχνότητα (το επίπεδο προστασίας ορίζεται για ένα ύψος 10 m από το έδαφος).

Προκειμένου να προστατευθεί η άνω ζεύξη, θα ήταν απαραίτητο να αλλάξει ο καταμερισμός της ζώνης 470-862 MHz στο παγκόσμιο συνέδριο τηλεπικοινωνιών το 2011, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία υπηρεσιών που είναι ήδη ανατεθειμένες σε αυτήν από κινητές υπηρεσίες. Επιπλέον, θα πρέπει να ενσωματωθούν περιορισμοί σχεδιασμού συχνοτήτων και κανόνες συντονισμού και στις κινητές υπηρεσίες και στις υπηρεσίες ευρυεκπομπής, προκειμένου να προστατευθεί η άνω ζεύξη.

5.5 Εκτίμηση της δυνατότητας κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz

Η παράγραφος αυτή αναφέρεται σε θέματα κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz, για παράδειγμα συνύπαρξη μεταξύ DVB-T και κινητών υπηρεσιών. Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί ότι άλλες υπηρεσίες, όπως η αεροναυτική πλοήγηση και η αστρονομία, πρέπει να προστατευθούν σε μερικές χώρες από επιβλαβείς παρεμβολές.

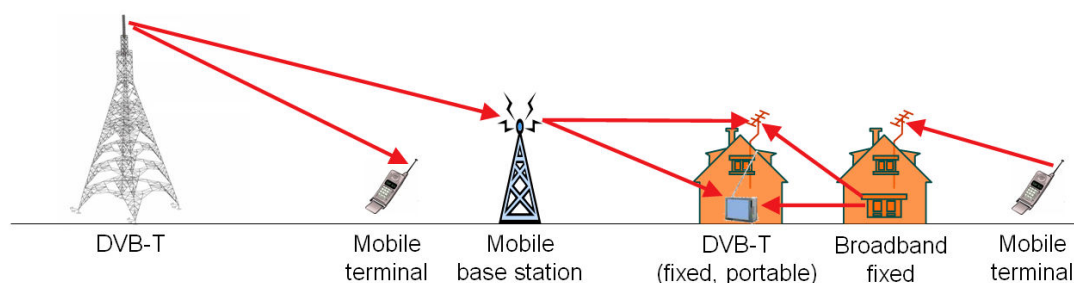
5.5.1 Σενάρια παρεμβολών και σχεδιαστικοί περιορισμοί

Η κοινή χρήση της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz από το DVB-T και τις κινητές υπηρεσίες εμπεριέχει τη θεώρηση των παρακάτω σεναρίων παρεμβολών:

- Ομοδιαυλική παρεμβολή μεταξύ κινητών δικτύων και δικτύων DVB-T
- Παρεμβολή γειτονικού καναλιού μεταξύ κινητών δικτύων και δικτύων DVB-T

Η παρεμβολή γειτονικού καναλιού πρέπει να ληφθεί υπόψη στο πρώτο γειτονικό κανάλι ($N\pm 1$), καθώς και στα επόμενα ($N\pm M$, $M>1$).

Το παρακάτω σχήμα δείχνει σχηματικά τα πιθανά είδη παρεμβολών για τα προαναφερθέντα σενάρια:



Σχήμα 5.8: Σενάρια παρεμβολών για κοινή χρήση στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz μεταξύ DVB-T και κινητών υπηρεσιών

Αξίζει να σημειωθεί ότι, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι εμπορικοί στόχοι των κινητών εφαρμογών, πρέπει να προστατευθούν και η άνω και η κάτω ζεύξη από την εισερχόμενη παρεμβολή που παράγεται από τα επίγεια συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης. Επίσης, εξίσου σημαντικό είναι ότι, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι εμπορικοί στόχοι των εφαρμογών ευρυεκπομπής, είναι αναγκαίο να προστατευθούν οι εκπομπές των υπηρεσιών αυτών από την εισερχόμενη παρεμβολή που προέρχεται από την άνω και κάτω ζεύξη των κινητών υπηρεσιών.

5.5.2 Επισκόπηση των διαθέσιμων μελετών συνύπαρξης

Παρακάτω παρατίθενται τα προκαταρκτικά αποτελέσματα των μελετών που έχουν διενεργηθεί από την ITU-R σε διεθνές επίπεδο. Παρόλα αυτά, εξαιτίας της πολυπλοκότητας του θέματος, επειδή υπάρχουν ακόμα μελέτες που ασχολούνται με αυτό το θέμα, τα αποτελέσματα αυτά δε θα πρέπει να θεωρηθούν οριστικά συμπεράσματα.

5.5.2.1 Ομοδιαυλική παρεμβολή

Όσον αφορά στα σενάρια ομοδιαυλικής παρεμβολής, αξίζει να σημειωθεί ότι πρέπει να ληφθεί υπόψη μία συγκεκριμένη περίπτωση επαναχρησιμοποίησης των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο GE06 για κινητές εφαρμογές (για παράδειγμα, οι εφαρμογές αυτές πρέπει να λειτουργήσουν κάτω από τους περιορισμούς του ήδη υπάρχοντος πλάνου). Στην πραγματικότητα, η συμφωνία GE06 έχει βελτιστοποιηθεί για επίγεια ψηφιακή ευρυεκπομπή, δημιουργώντας μία εναρμόνιση των κριτηρίων και παραμέτρων σχεδιασμού DVB-T συστημάτων. Το πλάνο περιλαμβάνει στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz ψηφιακές εισόδους για σταθερή λήψη στις στέγες κτιρίων (fixed rooftop reception), φορητή εξωτερικού χώρου (portable outdoor) / κινητή λήψη (mobile) και φορητή εσωτερικού χώρου λήψη (portable indoor) μόνο για συστήματα DVB-T. Παρόλα αυτά, η συμφωνία GE06 προβλέπει ότι υπάρχει πιθανότητα για εγκατάσταση επίγειων εφαρμογών μη ευρυεκπομπής χρησιμοποιώντας ένα πλάνο εισόδου που προβλέπει ότι δεν προκαλείται επιπλέον παρεμβολή και, ως εκ τούτου, δεν απαιτείται περαιτέρω προστασία.

Λαμβάνοντας υπόψη την ομοδιαυλική παρεμβολή στο φάσμα συχνοτήτων 470-862 MHz, έχει βρεθεί ότι:

- Η λειτουργία της κάτω ζεύξης του συστήματος IMT σε μια καταχωρημένη στο DVB-T συχνότητα θα ήταν ασύνετη σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, επειδή η παρεμβολή που προκαλείται από το IMT στο σύστημα DVB-T που λειτουργεί στο ίδιο κανάλι είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη DVB-T παρεμβολή στο IMT για αποστάσεις μεγαλύτερες των 15 km. Αυτό ισχύει για όλους τους συνδυασμούς RN/RPC του DVB-T εκτός από έναν (ο οποίος είναι RN4/RPC3, όπως αυτός ορίζεται από τη συμφωνία της Γενεύης). Οι αποστάσεις κάτω των 15 km έχουν σπανίως πρακτική αξία, επειδή η επαναχρησιμοποίηση του ίδιου καναλιού από το DVB-T και το IMT-2000 είναι απίθανη σε τόσο μικρές αποστάσεις.
- Είναι πρακτικά αδύνατο να χρησιμοποιηθεί το ίδιο κανάλι στην ίδια περιοχή και για σταθερή λήψη DVB-T και για την άνω ζεύξη συστημάτων IMT-2000. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις υψηλές απαιτήσεις προστασίας του σταθμού βάσης λήψης. Αυτή η προστασία απαιτεί μεγάλες αποστάσεις διαχωρισμού μεταξύ περιοχών που χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι για DVB-T και άνω ζεύξη του IMT-2000. Με αυτόν τον τρόπο, λοιπόν, αποφεύγεται το σενάριο ομοδιαυλικής παρεμβολής στην περίπτωση αυτή.
- Ο βαθμός στον οποίο έχει αντίκτυπο η παρεμβολή από το DVB-T σε έναν σταθμό βάσης IMT-2000 (άνω ζεύξη) εξαρτάται από το επιλεγμένο RPC (Reference Planning Configuration) δίκτυο, το οποίο σχετίζεται με το τμήμα του φάσματος όπου πρόκειται να λειτουργήσει το IMT-2000. Παρόλα αυτά, το επιτρεπτό επίπεδο προστασίας για λήψη DVB-T, σύμφωνα με το πλάνο της Γενεύης, δεν είναι επαρκές για την προστασία του σταθμού βάσης λήψης του IMT-2000 στα πλαίσια του αρχικού σχεδιασμένου τμήματος συχνοτήτων. Γι' αυτό το λόγο, η δυνατότητα κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz μεταξύ της άνω ζεύξης του IMT-2000 και συστημάτων DVB-T με τη χρήση των προβλεπόμενων ψηφιακών εισόδων στο πλάνο της Γενεύης είναι περιορισμένη.

Έχει αποδειχθεί ότι η ομοδιαυλική παρεμβολή από ένα σύστημα DVB-T στο σταθμό λήψης ενός συστήματος IMT-2000 μπορεί να μειώσει σημαντικά το μέγεθος κυψέλης ενός δικτύου κινητών υπηρεσιών. Επίσης, η ομοδιαυλική παρεμβολή απαιτεί μία πολλή μεγάλη απόσταση διαχωρισμού (έως και 200 km) μεταξύ συστημάτων επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και δικτύων IMT-2000. Ακόμα, αναμένεται ότι ίσως απαιτηθούν υψηλότερες αποστάσεις διαχωρισμού για ομοδιαυλική παρεμβολή σε περιπτώσεις που παρεμβάλλεται θάλασσα.

Παρόλα αυτά, η ομοδιαυλική παρεμβολή μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών, όπως θα δούμε στην παράγραφο 5.5.3. Χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό τεχνικών ελαχιστοποίησης της παρεμβολής, όπως η κατευθυντικότητα της κεραίας και/ή διάκριση cross polarization κεραίας, μπορεί να επιτευχθεί μία σημαντική μείωση της απαιτούμενης απόστασης διαχωρισμού (σε μερικές περιπτώσεις μείωση έως και 50 km).

5.5.2.2 Παρεμβολή γειτονικού καναλιού

Η παρεμβολή γειτονικού καναλιού από κινητές υπηρεσίες κατά τη DVB-T λήψη εμφανίζεται εάν η διαφορά ισχύος πεδίου μεταξύ της υπηρεσίας DVB-T και της παρεμβάλλουσας κινητής υπηρεσίας είναι πολύ μεγάλη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ονομαζόμενο “hole punching” στην κάλυψη της υπηρεσίας DVB-T. Συνήθως, το φαινόμενο αυτό λαμβάνει χώρα στην κοντινή περιοχή του παρεμβάλλοντος εκπομπού κινητής υπηρεσίας (σταθμός βάσης ή κινητό τερματικό χειρός). Παρόλα αυτά, είναι, επίσης, σημαντικό να γίνει διαχωρισμός δύο πιθανών τύπων παρεμβολής:

- Από μία σταθερή τοποθεσία (είτε κάτω ζεύξη από ένα σταθμό βάσης μίας κινητής υπηρεσίας είτε από άνω ζεύξη από μία εγκατάσταση ευρυεκπομπής σε μία σταθερή τοποθεσία μίας σταθερής υπηρεσίας)
- Από ένα κινητό τερματικό χειρός που εκπέμπει ένα σήμα άνω ζεύξης

Θέματα συμβατότητας μεταξύ δικτύων DVB-T και υπηρεσιών κάτω ζεύξης που λειτουργούν σε γειτονικά κανάλια έχουν ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο αυτό. Συγκεκριμένα, έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι συνύπαρξη σε γειτονικά κανάλια δικτύων με κυψελωτούς / χαμηλής ισχύος εκπομπούς για εφαρμογές κάτω ζεύξης και δικτύων DVB-T στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz είναι πιθανή στα πλαίσια της συμφωνίας της Γενεύης, εφαρμόζοντας τις διαθέσιμες τεχνικές ελαχιστοποίησης των παρεμβολών σε συνδυασμό με προσεκτικό δικτυακό σχεδιασμό.

Παρόλα αυτά, η προσωρινή φύση των κινητών εκπομπών κάνει πιο δύσκολη την προστασία της επιθυμητής DVB-T υπηρεσίας κατά μήκος της περιοχής κάλυψης. Το πρόβλημα θα ήταν χειρότερο στα όρια της περιοχής κάλυψης του DVB-T, όπου η τιμή της ληφθείσας ισχύος πεδίου θα είναι η ελάχιστη. Επιπλέον, οι τεχνικές ελαχιστοποίησης των παρεμβολών που είναι διαθέσιμες για την προστασία από την κάτω ζεύξη σταθερών υπηρεσιών δεν είναι κατάλληλες για προστασία από την άνω ζεύξη κινητών υπηρεσιών. Παρόλα αυτά, προσομοιώσεις προτείνουν ότι η παρεμβολή σε ένα σύστημα λήψης DVB-T στην οροφή κτιρίων από μία κινητή

υπηρεσία μπορεί να είναι αποδεκτή με τη χρήση ενός περιορισμένου διαστήματος προστασίας.

Η περίπτωση φορητής λήψης εσωτερικού χώρου μπορεί να είναι πιο δύσκολη εάν τοποθετηθεί ένας κινητός εκπομπός IMT πολύ κοντά στην κεραία φορητής λήψης.

Ο απαιτούμενος διαχωρισμός συχνοτήτων μεταξύ ενός DVB-T καναλιού και ενός καναλιού άνω ζεύξης κινητής υπηρεσίας, προκειμένου να λειτουργήσουν στην ίδια τοποθεσία, δεν έχει ακόμα καθοριστεί με ακρίβεια.

Λαμβάνοντας υπόψη την προστασία κινητών υπηρεσιών που λειτουργούν σε μία συγκεκριμένη υποζώνη συχνοτήτων, έχει βρεθεί ότι:

- Ένας επαρκής διαχωρισμός συχνοτήτων μεταξύ συστήματος DVB-T και άνω ζεύξης συστήματος IMT-2000 απαιτείται, προκειμένου να μην υπερβεί το εκτός ζώνης επίπεδο αποκοπής (blocking level) ενός σταθμού βάσης IMT-2000.
- Το αντίκτυπο μίας εκπομπής DVB-T στη χωρητικότητα κάτω ζεύξης ενός συστήματος IMT-2000 σε γειτονικό κανάλι θα ήταν μηδενικό σε περιοχές όπου η εκπομπή θα ήταν τοποθετημένη στην ίδια τοποθεσία, ακόμα και χωρίς την παρουσία ενός διαστήματος προστασίας. Όταν οι πομποί δεν είναι τοποθετημένοι στην ίδια τοποθεσία, ο απαιτούμενος διαχωρισμός συχνοτήτων μεταξύ ενός DVB-T καναλιού και ενός καναλιού κάτω ζεύξης κινητής υπηρεσίας για την ελαχιστοποίηση της απώλειας χωρητικότητας δεν έχει ακόμα καθοριστεί σε όλες τις περιπτώσεις.

5.5.3 Πιθανές τεχνικές μείωσης παρεμβολών

Μπορεί να ληφθεί υπόψη ένας αριθμός μετρήσεων, προκειμένου να μειωθεί το αντίκτυπο της παρεμβολής από και στα συστήματα IMT-2000. Μερικές από τις τεχνικές μείωσης των παρεμβολών σχετίζονται με τον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα IMT-2000 λειτουργούν, όπως, για παράδειγμα, η ισχύς ελέγχου, ενώ κάποιες άλλες απαιτούν συγκεκριμένες μεθόδους στις περιοχές των σταθμών βάσης, όπως, για παράδειγμα, το φιλτράρισμα και ο διαχωρισμός κεραιών.

Τα παραδείγματα που ακολουθούν δεν αποτελούν δεσμευτικές τεχνικές για τη μείωση της εισερχόμενης παρεμβολής:

- Χρήση κεραιών προσαρμογής, οι οποίες μπορούν να απορρίψουν μέρος της εισερχόμενης παρεμβολής:

Οι κεραιές προσαρμογής χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των ληφθέντων σημάτων, ενώ, επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σχηματίσουν δέσμες ακτινοβολίας. Το άμεσο πλεονέκτημα από τη χρήση τέτοιου είδους κεραιών στη συνύπαρξη με άλλα συστήματα οφείλεται στο γεγονός ότι η ακτινοβολούμενη RF ενέργεια από την κεραία είναι χαμηλότερη από εκείνη που προέρχεται από συμβατικές κεραιές με το ίδιο EIRP και επικεντρώνεται σε περιορισμένες και συγκεκριμένες περιφέρειες μίας κυψέλης αντί ευρέων τομέων. Συνεπακόλουθα, οι κεραιές προσαρμογής έχουν μηδενικό αντίκτυπο στο μέγιστο της παρεμβολής, αλλά προκαλούν μείωση της πιθανότητας εμφάνισής τους. Επίσης, μπορούν, περιστασιακά, να μειώσουν την ευαισθησία του συστήματος στην εισερχόμενη παρεμβολή και ειδικότερα σε

περιπτώσεις περισσότερο αναβαθμισμένων συστημάτων MIMO, που είναι βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων IMT-Advanced και Mobile WiMAX.

- Χρήση διαφόρων τύπων πόλωσης:

Είναι πιθανό να επιτευχθεί επιπλέον απομόνωση μεταξύ δύο γραμμικών πολωμένων κεραιών σταθμών βάσης έχοντάς τις κάθετα πολωμένες μεταξύ τους. Ως παράδειγμα, η χρήση οριζόντιας πόλωσης και κατακόρυφης πόλωσης στην άλλη κεραία μπορεί να μειώσει το βαθμό σύζευξης μεταξύ τους. Το φαινόμενο σύζευξης ποσοτικοποιείται σε όρους χαρακτηριστικών κεραιάς με τον όρο XPD (Cross Polar Discrimination). Αυτό μπορεί να προσθέσει αρκετά dB απομόνωσης στο σταθμό βάσης.

- Φιλτράρισμα:

Για την παρεμβολή κάτω ζεύξης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές φιλτραρίσματος ή γραμμικοποίησης ενισχυτή ισχύος για τη μείωση των ανεπιθύμητων εκπομπών από ένα σταθμό βάσης και, ως εκ τούτου, τη μείωση της παρεμβολής στο δέκτη. Μ' ένα παρόμοιο τρόπο, στην άνω ζεύξη, το φιλτράρισμα στο δέκτη μπορεί να μειώσει την εντός ζώνης παρεμβολή στο σταθμό βάσης. Μελέτες της ITU προτείνουν τη χρήση αυτής της τεχνικής για συστήματα IMT-2000, καθώς αποδεικνύεται ότι το φιλτράρισμα μπορεί να προσθέσει 9 έως 15 dB βελτίωσης στα 5 MHz offset καθώς και σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση σε υψηλότερα offset συχνοτήτων.

- Μειωμένη ισχύς εκπομπής:

Αξίζει να σημειωθεί ότι ένας τρόπος μείωσης παρεμβολής από ένα σταθμό βάσης IMT-2000 είναι η εκπομπή σε χαμηλότερη ισχύ. Παρόλα αυτά, για να επιτευχθεί η ίδια κάλυψη με λιγότερη ισχύ, ίσως χρειάζονται περισσότεροι σταθμοί βάσης. Εναλλακτικά, οι σταθμοί βάσης μπορεί να μετακινηθούν πιο κοντά στους χρήστες του συστήματος, μειώνοντας, έτσι, τις απώλειες διάδοσης. Σημειώνεται ότι τα συστήματα χαμηλής ισχύος χρησιμοποιούνται με αυξανόμενο ρυθμό σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων ή στο χώρο συγκροτημάτων όπως αεροδρόμια, σταθμοί τρένων, τούνελ και στάδια, όπου η υψηλή συγκέντρωση χρηστών μπορεί να δικαιολογήσει τη λύση των καταναμημένων κεραιών που αυξάνουν τη χωρητικότητα των σταθμών βάσης με το ελάχιστο EIRP από οποιαδήποτε απλή κεραία. Αναφέρεται, επίσης, ότι τα συστήματα χαμηλής ισχύος μπορούν να έχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης καναλιών που είναι ακατάλληλα για χρήση πλήρους ισχύος (για παράδειγμα, κανάλια προστασίας ή περιορισμένα κανάλια).

- Διαχωρισμός κεραιών:

Η σύζευξη μεταξύ δύο κεραιών που είναι συνεγκατεστημένες μπορεί να μειωθεί με το διαχωρισμό των κεραιών κατακόρυφα, οριζόντια ή back to back με απόσταση μερικών μέτρων. Για σκοπούς σχεδιασμού δικτύων, η κοινώς αποδεκτή τιμή της απώλειας σύζευξης για κεραιές που είναι συνεγκατεστημένες και που δεν είναι συντονισμένες είναι 30 dB. Υψηλότερες τιμές απωλειών σύζευξης είναι επιτευκτές σε περιπτώσεις όπου οι μορφές διαχωρισμού που περιγράφηκαν προηγουμένως είναι διαθέσιμες.

- Έλεγχος ισχύος κάτω ζεύξης στα συστήματα TDD:

Ο έλεγχος ισχύος κάτω ζεύξης συστημάτων TDD είναι αναπόσπαστο κομμάτι του προτύπου 3GPP TDD και του προτύπου Mobile WiMAX και χρησιμοποιείται κυρίως για την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος

με τη μείωση των παρεμβολών στο εσωτερικό του. Επιπρόσθετα, ο έλεγχος ισχύος προσθέτει ανοσία στην παρεμβολή κάτω ζεύξης, καθώς ο σταθμός βάσης μπορεί να προσαρμόσει την ισχύ που εκπέμπει.

- Χρήση αζιμουθίων κεραίας:

Σε περιοχές όπου οι μάκρο-σταθμοί βάσης IMT-2000 εφαρμόζουν κεραίες ανά τομέα, τα αζιμούθια μπορούν να συντονιστούν, ώστε να μειωθεί το κέρδος κεραίας στην κατεύθυνση του παρεμβολέα.

- Blanker παρεμβολών:

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα σήματα ομοδιαυλικής παρεμβολής από το DVB-T στο UMTS σταθμό βάσης, που λειτουργεί ως δέκτης, έχει μία γνωστή κυματομορφή, ενώ και η γωνία πρόσπτωσης από ένα συγκεκριμένο πομπό DVB-T είναι, επίσης, γνωστή, ένας αποδοτικός αλγόριθμος απόρριψης παρεμβολής στο σταθμό βάσης UMTS μπορεί να επιτρέψει τη σημαντική μείωση της ομοδιαυλικής παρεμβολής. Με την προϋπόθεση ότι η ισχύς του παρεμβαλλόμενου σήματος και η γωνία πρόσπτωσης είναι γνωστά, το κέρδος απόρριψης παρεμβολής άνω ζεύξης θα είναι περισσότερο σημαντικό από αυτό της κάτω ζεύξης. Το κέρδος απόρριψης παρεμβολής κάτω ζεύξης εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως το επίπεδο εξωτερικής παρεμβολής, το επίπεδο παρεμβολής στο εσωτερικό του δικτύου κτλ. Η απόρριψη παρεμβολής άνω ζεύξης βασίζεται στην αποσυσχέτιση κώδικα. Εάν το επίπεδο του παρεμβάλλοντος σήματος είναι στο ίδιο επίπεδο με το θερμικό θόρυβο συν το θόρυβο που προκύπτει από το φορτίο κίνησης, το κέρδος απόρριψης παρεμβολής θα πρέπει να είναι μετριασμένο. Όταν το επίπεδο του παρεμβάλλοντος σήματος είναι υψηλότερο από αυτό του θερμικού θορύβου συν του θορύβου που προκύπτει από το φορτίο κίνησης, το κέρδος απόρριψης παρεμβολής θα μπορούσε να είναι πολύ σημαντικό. Ειδικότερα, όταν το επίπεδο του παρεμβάλλοντος σήματος είναι πολύ υψηλό, τότε είναι πιθανό ένα κέρδος μεγαλύτερο των 10 dB μείωσης των παρεμβολών.

- Χρήση τεχνικών, όπως για παράδειγμα OFDMA, οι οποίες μπορούν να μεταβάλλουν την ευαισθησία σε παρεμβολές σε κάθε φέρον, ούτως ώστε να βελτιώσει την προστασία έναντι των παρεμβολών, όταν αυτές μειώνονται ανάλογα με τη συχνότητα ή όταν το κανάλι κινητών επικοινωνιών βρίσκεται μεταξύ δύο καναλιών επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης.

- Έλεγχος ισχύος στις κινητές υπηρεσίες:

Ο έλεγχος ισχύος αποτελεί μία σημαντική τεχνική που χρησιμοποιείται στα συστήματα κινητών υπηρεσιών, όπως το IMT-2000, προκειμένου να βελτιώσει την απόδοση αλλά και να μειώσει την κατανάλωση ισχύος και για την μπαταρία του κινητού τερματικού χειρός και για το σταθερό σταθμό βάσης. Ο στόχος του αλγορίθμου ελέγχου ισχύος είναι η ελαχιστοποίηση του επιπέδου παρεμβολής με τη μείωση της ανεπιθύμητης εκπεμπόμενης ισχύος της άνω ζεύξης με την ταυτόχρονη διατήρηση επαρκών κριτηρίων ποιότητας υπηρεσιών για κάθε άνω ζεύξη. Επιπλέον, η μέγιστη ισχύς σταθμού κινητών υπηρεσιών είναι μία παράμετρος μεταβλητή από τον πάροχο και αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί με τα πλεονεκτήματα διάδοσης στο UHF φάσμα, προκειμένου να παρέχεται ένα επαρκές επίπεδο συνεχούς κάλυψης με ταυτόχρονη προστασία υπηρεσιών DTT.

- Σχεδιασμός φέροντος IMT:

Πολλά σενάρια υπηρεσιών που έχουν προταθεί για χρήση στη UHF ζώνη συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες υποθέτουν ότι οι ζώνες IV/V χρησιμοποιούνται για να παρέχουν επιπλέον φέρον ή φέροντα, ούτως ώστε να παρέχεται μία πρόσθετη κάλυψη στις αγροτικές περιοχές εκτός από αυτήν που ήδη παρέχεται για τις κινητές υπηρεσίες σε άλλες ζώνες συχνοτήτων (900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz). Η εφαρμογή δικτύων που μπορούν να λειτουργούν σε πάνω από μία ζώνες συχνοτήτων παρέχει τη δυνατότητα τεχνικών μείωσης των παρεμβολών μέσα από το φασματικό σχεδιασμό, από τη στιγμή που οι πάροχοι θα είναι δυνατό να αποφεύγουν συγκεκριμένα φέροντα σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές που επηρεάζονται από παρεμβολές (ή που προκαλούν παρεμβολές σε άλλες υπηρεσίες). Υποθέτοντας ότι τα κινητά τερματικά υποστηρίζουν πολλαπλές ζώνες συχνοτήτων, τότε τα τερματικά αυτά θα χρησιμοποιήσουν το διαθέσιμο δίκτυο στην περιοχή στην οποία λειτουργούν κι έτσι δε θα εκπέμπουν στη UHF ζώνη συχνοτήτων, εάν αυτό δεν υποστηρίζεται από το δίκτυο στην περιοχή αυτή. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ικανότητα ενός παρόχου να χρησιμοποιεί το σχεδιασμό φέροντος για την ελαχιστοποίηση της παρεμβολής και ταυτόχρονα να επιτυγχάνει μία σύνθετη κάλυψη στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας (μέσω της ικανότητας των εναλλακτικών ζωνών συχνοτήτων του IMT, ή για υπηρεσίες που απαιτούν μόνο τοπική κάλυψη) μπορεί, επίσης, δυνητικά να ενεργοποιήσει τη χρήση του διαστρωματωμένου φάσματος των ζωνών IV/V για κινητές υπηρεσίες σε τοπική βάση.

- Χρήση πολλαπλών τεχνικών απόρριψης παρεμβολών:

Αυτή η μέθοδος αποτελεί συνδυασμό των προαναφερθέντων τεχνικών μείωσης των παρεμβολών.

5.5.4 Λειτουργικά σενάρια κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz

Οι πρώτες μελέτες σχετικά με την κοινή χρήση της UHF ζώνης συχνοτήτων δείχνουν ότι υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας κινητών υπηρεσιών σε κανάλια συχνοτήτων που είναι καταμερισμένα σε συστήματα DVB-T σύμφωνα με το πλάνο της Γενεύης. Συγκεκριμένα, η συνύπαρξη κάτω ζεύξης υπηρεσιών IMT/UMTS με σταθερή λήψη DVB-T θα απαιτεί την εφαρμογή των ίδιων διαθέσιμων τεχνικών μείωσης παρεμβολών και τον προσεκτικό δικτυακό σχεδιασμό, όπως ακριβώς και στην περίπτωση παρεμβολών από την κάτω ζεύξη κυψελωτών δικτύων με πομπούς χαμηλής ισχύος και μεγαλύτερης κάλυψης δικτύων με πομπούς υψηλής ισχύος και μεγάλου ύψους. Αυτή η περίπτωση παρεμβολών περιγράφηκε παραπάνω. Στην περίπτωση όπου τέτοιες τεχνικές μείωσης παρεμβολών δεν μπορούν να εφαρμοστούν, τότε απαιτείται η εφαρμογή επαρκών διαστημάτων προστασίας κατά περίπτωση, προκειμένου να επιτευχθεί προστασία της λήψης των DVB-T συστημάτων από την παρεμβολή που προέρχεται από την κάτω ζεύξη των IMT/UMTS συστημάτων. Επιπλέον, εμφανίζονται δύο κύρια ζητήματα συμβατότητας, το ένα σχετικά με την επίδοση των συστημάτων DVB-T και το άλλο σχετικά με την απόδοση των κινητών υπηρεσιών:

- Παρεμβολή γειτονικού καναλιού στη λήψη DVB-T συστημάτων προερχόμενη από τερματικά χειρός κινητών υπηρεσιών
- Ομοδιαυλική παρεμβολή στους σταθμούς βάσης κινητών υπηρεσιών προερχόμενη από πομπούς DVB-T συστημάτων

Λαμβάνοντας υπόψη το πρώτο ζήτημα, είναι πιθανό τα τερματικά χειρός που λειτουργούν ως πομποί (άνω ζεύξη) να προκαλέσουν παρεμβολή στους DVB-T δέκτες, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σχετικά κοντά με τα κινητά τερματικά χειρός. Το ακριβές μέγεθος της παρεμβολής θα εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων συμπεριλαμβανομένου:

- των μεταβλητών συστήματος και του τύπου λήψης της επιθυμητής DVB-T υπηρεσίας,
- του επιπέδου του επιθυμητού σήματος,
- της απόστασης μεταξύ του παρεμβάλλοντος κινητού τερματικού χειρός και της κεραίας του δέκτη,
- της κατευθυντικότητας της κεραίας του δέκτη που υπόκειται σε παρεμβολή για σταθερή λήψη στις στέγες των κτιρίων. Για φορητή λήψη δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη η κατευθυντικότητα κεραίας
- του offset συχνοτήτων μεταξύ του επιθυμητού και των παρεμβαλλόμενων καναλιών και
- της ποιότητας των φίλτρων απόρριψης παρεμβολής γειτονικού καναλιού των DVB-T δεκτών.

Οι διορθωτικές κινήσεις που μπορούν να γίνουν από τους σταθμούς ευρυεκπομπής κάτω ζεύξης για την ελαχιστοποίηση των παρεμβολών στη σταθερή λήψη DVB-T δεν είναι εφαρμόσιμες για κινητά τερματικά χειρός. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο πομπός που προκαλεί την παρεμβολή θα βρίσκεται μέσα στο τερματικό χειρός κι επομένως θα μπορεί να κινείται και σε κάποιες περιπτώσεις να βρεθεί πιο κοντά στην κεραία λήψης, για παράδειγμα σε περιπτώσεις φορητής λήψης DVB-T εσωτερικού χώρου.

Ένας άλλος τρόπος αποφυγής παρεμβολών γειτονικού καναλιού θα ήταν η δέσμευση ενός επαρκούς διαστήματος προστασίας μεταξύ του DVB-T καναλιού και του καναλιού άνω ζεύξης της κινητής υπηρεσίας.

Από την άλλη μεριά, θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη η παρεμβολή image (N+9) καναλιού στα συστήματα λήψης DVB-T που προέρχεται από κινητά τερματικά χειρός, σε περιπτώσεις όπου θεωρούμε διαφορετικά τμήματα (segments).

Το δεύτερο ζήτημα αφορά στην ομοδιαυλική παρεμβολή στους σταθμούς βάσης κινητών υπηρεσιών, η οποία προέρχεται από DVB-T πομπούς. Εξαιτίας της υψηλής ευαισθησίας του δέκτη άνω ζεύξης των κινητών υπηρεσιών και της θέσης της κεραίας του, η οποία είναι δεκάδες μέτρα πάνω από το έδαφος (στην τοποθεσία σταθμού βάσης), όλες οι υπάρχουσες μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο δέκτης άνω ζεύξης κινητών υπηρεσιών είναι πολύ πιθανό να δεχθεί παρεμβολή από έναν απομακρυσμένο DVB-T πομπό υψηλής ισχύος που λειτουργεί στο ίδιο κανάλι. Σε μερικές μελέτες, θεωρήθηκαν αποστάσεις διαχωρισμού έως και αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα, προκειμένου να επιτευχθεί προστασία της άνω ζεύξης κινητών υπηρεσιών. Παρόλα αυτά, μπορεί να επιτευχθεί μία σημαντική μείωση της

απαιτούμενης απόστασης διαχωρισμού με την εφαρμογή των διάφορων διαθέσιμων τεχνικών ελαχιστοποίησης παρεμβολών.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η παρεμβολή γειτονικού καναλιού μεταξύ κινητών υπηρεσιών στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz και υπηρεσιών DVB-T μπορεί να αποφευχθεί, τοποθετώντας την κάτω ζεύξη των κινητών υπηρεσιών γειτονικά με το φάσμα του DVB-T, γεγονός που θα διασφαλίσει ότι η άνω ζεύξη των κινητών υπηρεσιών θα είναι επαρκώς διαχωρισμένη από τη φασματική μάσκα του DVB-T.

5.6 Πιθανές προσεγγίσεις για την εφαρμογή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας με άνω ζεύξη στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz

5.6.1 Χρήση των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο της Γενεύης για κάτω και άνω ζεύξη

Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, ένα κράτος θα μπορούσε να εφαρμόσει μία κινητή υπηρεσία μόνο σε περιοχές και σε κανάλια όπου υπάρχει σχετική πρόβλεψη από το πλάνο της Γενεύης. Σε αντίθετη περίπτωση, μπορούν να κινηθούν οι διαδικασίες, ώστε να επέλθουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις στο πλάνο.

Η προσέγγιση αυτή θα μείωνε δραστικά το διαθέσιμο φάσμα για τις υπηρεσίες ευρυεκπομπής, καθώς, επίσης, και τον αριθμό των διαθέσιμων γι' αυτές στρωμάτων.

Σύμφωνα με τις πρώτες μελέτες κοινής χρήσης της ζώνης συχνοτήτων 470-862 MHz, μία κάτω ζεύξη κινητών υπηρεσιών, η οποία ακολουθεί τα προβλεφθέντα του πλάνου της Γενεύης, θα έχει ένα επαρκές επίπεδο προστασίας από DVB-T πομπούς που λειτουργούν στο ίδιο κανάλι και είναι εγκατεστημένοι σε μία γειτονική χώρα.

Από την άλλη μεριά, η χρήση μίας ψηφιακής εισόδου στο πλάνο της Γενεύης για μία άνω ζεύξη κινητών υπηρεσιών δε θα είναι πρακτική, εξαιτίας του γεγονότος ότι η προστασία σε μία συγκεκριμένη χώρα από ομοδιαυλική παρεμβολή που προκαλείται από πομπούς DVB-T, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε μία γειτονική χώρα, μπορεί να μην είναι επαρκής.

Προκειμένου να αποφευχθεί η παρεμβολή γειτονικής ζώνης συχνοτήτων σε εθνικό επίπεδο, τα κράτη μέλη θα πρέπει, επίσης, να διασφαλίσουν ότι υπάρχει επαρκής διαχωρισμός συχνοτήτων και γεωγραφικός διαχωρισμός μεταξύ ψηφιακών εισόδων στο πλάνο της Γενεύης που χρησιμοποιούνται από υπηρεσίες ευρυεκπομπής και από άνω ζεύξη κινητών υπηρεσιών.

Μία ακόμα δυσκολία σχετικά με την προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να είναι ο ορισμός ενός διακανονισμού καναλοποίησης για κινητά συστήματα και ειδικότερα για συστήματα FDD, από τη στιγμή που οι διαθέσιμες ψηφιακές εισοδοί στο πλάνο σε μία συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να μην είναι κατάλληλες για αυτό το μοντέλο καναλοποίησης, εκτός και αν τα αρμόδια κράτη επιτύχουν την κατάλληλη τροποποίηση στο πλάνο.

Γι' αυτό το λόγο, καθώς αυτή η λύση θα απαιτούσε τον καταμερισμό μίας υποζώνης συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες προκειμένου να εγκατασταθεί και η άνω ζεύξη, είναι προτιμότερο να μην επιδιωχθεί περαιτέρω εναρμόνιση μέσω αυτής της προσέγγισης.

5.6.2 Χρήση μιας συγκεκριμένης υποζώνης συχνοτήτων στη ζώνη 470-862 MHz για κάτω ζεύξη και μία άλλη ζώνη συχνοτήτων εκτός της ζώνης αυτής για την άνω ζεύξη

Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στο συμπέρασμα ότι η λειτουργία άνω ζεύξης κινητών υπηρεσιών χωρίς περιορισμούς θα μπορούσε να εγκατασταθεί με τη χρήση μίας εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων (εκτός της ζώνης 470-862 MHz), προκειμένου να αποφευχθούν παρεμβολές από σταθμούς ευρυεκπομπής που βρίσκονται σε γειτονικές χώρες.

Όσο η χρήση της προβλεπόμενης υποζώνης συχνοτήτων της ζώνης 470-862 MHz προβλέπεται να μην είναι υποχρεωτική, η παρούσα προσέγγιση προβλέπει τη χρήση αυτής της υποζώνης μόνο για την κάτω ζεύξη κινητών υπηρεσιών και την εγκατάσταση της άνω ζεύξης τους σε μία ζώνη συχνοτήτων εκτός της ζώνης 470-862 MHz.

Η προσέγγιση αυτή έχει και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Πλεονεκτήματα

- Η προσέγγιση αυτή θα αντισταθμιζε το αντίστοιχο μειονέκτημα σχετικά με την περιορισμένη λειτουργία των άνω ζεύξεων.
- Θα αποφευχθεί η πιθανή παρεμβολή γειτονικού καναλιού από κινητά τελεματικά χειρός στα συστήματα DVB-T (Δεν απαιτείται διάστημα προστασίας).
- Η ανάγκη για τροποποίηση του πλάνου της Γενεύης θα περιοριστεί στην υποζώνη συχνοτήτων που προορίζεται για την κάτω ζεύξη.
- Οι πάροχοι, για παράδειγμα, μπορούν να εγκαταστήσουν την άνω ζεύξη στη ζώνη συχνοτήτων GSM900 και την κάτω ζεύξη σε μία υποζώνη της ζώνης 470-862 MHz, αν έχουν την απαίτηση για μία συνολικά υψηλή ασύμμετρη κίνηση, η οποία θα απαιτούσε τη χρήση επιπλέον χωρητικότητας κάτω ζεύξης στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz.

Μειονεκτήματα

- Οι κινητές υπηρεσίες μπορεί να μην είναι ικανές να ωφεληθούν από ένα βελτιωμένο κέρδος κεραίας, το οποίο αναμένεται όταν και η άνω και η κάτω ζεύξη λειτουργούν σε κοντινές στενές ζώνες συχνοτήτων.
- Προς το παρόν, δεν υπάρχει διαθέσιμο φάσμα για την άνω ζεύξη κινητών υπηρεσιών, το οποίο να βρίσκεται ικανοποιητικά κοντά στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz.
- Η ζώνη συχνοτήτων 900 MHz χρησιμοποιείται εκτενώς από υπηρεσίες 2G, ενώ στο μέλλον προβλέπεται να λειτουργούν στη συχνότητα αυτή και συστήματα UMTS. Οι τεχνολογίες, οι οποίες λειτουργούν στη ζώνη αυτή και που προβλέπεται να λειτουργούν και στο μέλλον, είναι συμμετρικές. Η χρήση

ενός μέρους της ζώνης συχνοτήτων 900 MHz για την άνω ζεύξη συνδυαζόμενο με μια κάτω ζεύξη στη ζώνη 470-862 MHz, θα άφηνε αναξιοποίητο το τμήμα της ζώνης 900 MHz που προηγουμένως χρησιμοποιείτο για την κάτω ζεύξη.

- Άλλες ζώνες συχνοτήτων, όπως τα 1800 MHz ή τα 2.1 GHz θα εμφάνιζαν μία σημαντική αστάθεια στο link budget μεταξύ της άνω και της κάτω ζεύξης.
- Τα σενάριο αυτό θα απαιτούσε την ενσωμάτωση ποικίλων duplex διαστημάτων, τα οποία έχουν και το ανάλογο κόστος.

Η κύρια δυσκολία σε αυτή την προσέγγιση παραμένει ότι, προς το παρόν, δεν υπάρχει διαθέσιμο φάσμα για την άνω ζεύξη και ότι αυτές οι θεωρούμενες ζώνες συχνοτήτων, που ήδη χρησιμοποιούνται από άλλες υπηρεσίες, θα απαιτούσαν περαιτέρω τεχνική έρευνα και κανονισμούς λειτουργίας.

5.6.3 Εναρμόνιση μίας συγκεκριμένης υποζώνης συχνοτήτων

Μία συγκεκριμένη υποζώνη συχνοτήτων πρέπει να θεωρηθεί ως ένα σύνολο διαδοχικών καναλιών με ένα συνολικό εύρος ζώνης στενότερο από ότι η ζώνη 470-862 MHz, που σκοπό έχει τη χρήση του από τα κράτη μέλη για κινητές υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένου και των άνω ζεύξεων, αν αυτά επιθυμούν, ή τη συνέχιση της χρήσης τους για υπηρεσίες ευρυεκπομπής.

Η εφαρμογή κινητών υπηρεσιών μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μία συχνότητα σε μία εκχωρημένη υποζώνη. Αυτό απαιτεί τη χρήση των προβλεπόμενων από το πλάνο GE06 για τα εκχωρημένα τμήματα συχνότητας, στα οποία εφαρμόζονται άλλες βασικές υπηρεσίες, με την προϋπόθεση ότι έχει γίνει μία αρχική ανάθεση συχνότητας σε κινητές υπηρεσίες από την ITU RR σε μία συγκεκριμένη υποζώνη.

Αυτή η προσέγγιση θεωρεί συγκεκριμένο διακανονισμό καναλοποίησης, προκειμένου να διασφαλίσει τη λειτουργία κινητών υπηρεσιών στη ζώνη συχνοτήτων 470-862 MHz, ενώ τα κράτη μέλη θα πρέπει να εφαρμόσουν τις διαδικασίες συντονισμού μεταξύ τους, κατά τη συμφωνία της Γενεύης.

Η ύπαρξη ενός duplex διαστήματος μεταξύ άνω ζεύξης FDD και κάτω ζεύξης και διαστημάτων προστασίας μεταξύ υπηρεσιών ευρυεκπομπής και κινητών υπηρεσιών δε θα πρέπει να καταλήξει σε μη αποδοτική χρήση του φάσματος. Γι' αυτό το λόγο, η χρήση του duplex διαστήματος, καθώς, επίσης, και του διαστήματος προστασίας από άλλες υπηρεσίες / εφαρμογές (για παράδειγμα εφαρμογές TDD) θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

5.7 Αντίκτυπο της εναρμόνισης μίας υποζώνης συχνοτήτων στις υπηρεσίες ευρυεκπομπής

5.7.1 Αντίκτυπο στο πλάνο της Γενεύης

Συνολικά, το πλάνο της Γενεύης έχει βελτιστοποιηθεί για την παροχή ισορροπίας των καταμερισμών / εκχωρήσεων συχνοτήτων σε όλες τις χώρες και για την ικανοποίηση των εθνικών απαιτήσεων των κρατών μελών. Το υψηλό επίπεδο αλληλεξαρτήσεων σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή στα χαρακτηριστικά μίας εκχώρησης ή ενός καταμερισμού συχνοτήτων (όπως για παράδειγμα ισχύς, συχνότητα κλπ.) θα μπορούσε να προκαλέσει αναγκαίες αλλαγές σε διάφορα γειτονικά κράτη.

Στο πλάνο αυτό, τα κανάλια που έχουν εκχωρηθεί σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία ή μία συγκεκριμένη περιοχή είναι διασκορπισμένα σε όλο το φάσμα. Επιπλέον, οι περιοχές κάλυψης διαφορετικών καναλιών, εκχωρημένων σε μία συγκεκριμένη περιοχή, δεν είναι πάντοτε ανάλογες μεταξύ τους. Γι' αυτό το λόγο, μπορεί να μην είναι δυνατή η εσωτερική αλλαγή μεταξύ πολυπλεκτών σε μία συγκεκριμένη περιφέρεια χωρίς την επιπρόσθετη εργασία εύρεσης λύσεων για τα κενά που θα προκύψουν σε περιοχές που δε θα καλύπτονται πια. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μην είναι δυνατή η επανασύσταση ενός συγκεκριμένου καταμερισμού συχνοτήτων μόνο με την εσωτερική αλλαγή των εκχωρημένων καναλιών. Οποιαδήποτε μερική ή πλήρης επανασύσταση είναι πιθανό να απαιτεί εθνικές και/ή διμερείς δραστηριότητες, προκειμένου να αναγνωριστούν εναλλακτικά κανάλια / εκχωρήσεις / καταμερισμοί για την ικανοποίηση των απαιτήσεων ευρυεκπομπής.

Η επιλογή μίας εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο, ούτως ώστε να μη διαταράσσεται η ισορροπία ισοδύναμης πρόσβασης, όπως αυτή καθιερώθηκε από το συνέδριο της Γενεύης. Η παραπάνω διαδικασία διασφαλίζει ότι διατηρείται αυτή η ισοδύναμη πρόσβαση στο φάσμα.

Στην περίπτωση εναρμόνισης μίας υποζώνης συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες, τα ήδη εφαρμοσμένα σύμφωνα με το πλάνο της Γενεύης DVB-T δίκτυα και οι άλλες υπάρχουσες βασικές υπηρεσίες στην εναρμονισμένη υποζώνη θα επιβάλουν περιορισμούς σχετικά με τη χρήση της υποζώνης αυτής από τις κινητές υπηρεσίες, ενώ, ταυτόχρονα, μπορεί να καταστεί απαραίτητη η μετάβαση σε άλλες συχνότητες. Η μετάβαση αυτή αποτελεί μία περίπλοκη και κρίσιμη διαδικασία.

Καθώς η εισαγωγή κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων, συμπεριλαμβανομένου υπηρεσιών κινητής τηλεόρασης, απαιτεί φάσμα κάτω από τα 750 MHz, μία κοινή ζώνη συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες στο εύρος συχνοτήτων 470-750 MHz ίσως δημιουργήσει δυσκολίες στο σχεδιασμό υπηρεσιών ευρυεκπομπής πολυμέσων. Τα κράτη μέλη που επιθυμούν να εισάγουν κινητές υπηρεσίες ίσως θα έπρεπε να λάβουν υπόψη τη σύσταση κανονιστικών μηχανισμών, οι οποίοι θα διασφαλίσουν ότι τα κόστη για τα απαιτούμενα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων καλύπτονται από τα οφέλη που προκύπτουν από αυτές τις τροποποιήσεις. Τα πιθανά επιχειρησιακά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση μίας εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων μέσα στη ζώνη 470-862 MHz για κινητές υπηρεσίες πρέπει να συγκριθούν με το κόστος επαναταξινόμησης των στρωμάτων ευρυεκπομπής, πράξη η οποία απαιτεί διεθνείς συντονισμούς.

Η ψηφιακή είσοδος στο πλάνο GE06 μιας αρμόδιας αρχής ενός κράτους, που δε συμμετέχει στη διαδικασία εναρμόνισης μιας υποζώνης συχνοτήτων ή που έχει αποφασίσει τη συνέχιση της χρήσης της εναρμονισμένης ζώνης για υπηρεσίες ευρυεκπομπής, θα πρέπει να προστατευθεί και, ταυτόχρονα, θα πρέπει να γίνουν αποδεκτές οι παρεμβολές που προκύπτουν από τις ψηφιακές του εισόδους στο πλάνο.

Η δυνατότητα για ένα κράτος μέλος να υιοθετήσει μία συγκεκριμένη υποζώνη συχνοτήτων για κινητές εφαρμογές (συμπεριλαμβανομένου άνω ζεύξης) μπορεί να εκτιμηθεί από την άποψη συμφωνίας με τους παρακάτω στόχους:

- Διαβεβαίωση ότι οι φασματικές απαιτήσεις μίας υπηρεσίας ευρυεκπομπής συνεχίζουν να ικανοποιούνται, χωρίς αθέμιτους περιορισμούς στη συνεχή χρήση υπηρεσιών ευρυεκπομπής σε άλλες χώρες που βρίσκονται σε συμφωνία με το πλάνο της Γενεύης.
- Η ελαχιστοποίηση των πιθανών αρνητικών επιπτώσεων στις υπηρεσίες ευρυεκπομπής, που βρίσκονται σε λειτουργία ή που βρίσκονται στο στάδιο εφαρμογής, μέσω ελάχιστων αλλαγών στο ψηφιακό πλάνο, καθώς, επίσης, και ελαχιστοποίηση του ρίσκου που μπορεί να προκαλέσουν οι αλλαγές στο ψηφιακό πλάνο κατά τη διαδικασία της ψηφιακής μετάβασης.

Στην πράξη, οι αρμόδιες αρχές κάποιων κρατών ίσως έχουν συγκεκριμένα περιθώρια ευελιξίας για την επανεκχώρηση καναλιών όλων των καταμερισμένων σε αυτά συχνοτήτων, που προέκυψαν από το πλάνο της Γενεύης, με την ταυτόχρονη ικανοποίηση των ίδιων απαιτήσεων υπηρεσιών ευρυεκπομπής, δεδομένου ότι ο συντονισμός με τις γειτονικές χώρες είναι επιτυχής. Στο στάδιο αυτό, πολλά κράτη μέλη έχουν εφαρμόσει τεχνικές πολυπλεξίας ψηφιακής τηλεόρασης, οι οποίες συνυπάρχουν με τα κανάλια της αναλογικής τηλεόρασης στην ίδια γεωγραφική περιοχή κατά τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου.

5.7.2 Επανασύσταση των στρωμάτων ευρυεκπομπής

Έπειτα από αρκετά χρόνια διμερών και πολυμερών διαπραγματεύσεων, κατά τη διάρκεια του RRC-06, σχεδιάστηκαν 7 με 8 στρώματα κάλυψης στις συνοριακές περιοχές σε 49 κανάλια για τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες. Σύμφωνα με το συνέδριο της Γενεύης, αυτός αποδεικνύεται ότι είναι ο μέγιστος αριθμός στρωμάτων που μπορεί να εμπεριέχεται στο διαθέσιμο φάσμα (για παράδειγμα, απαιτούνται περίπου 7 κανάλια για τη σύσταση ενός πλήρους στρώματος).

Το αντίκτυπο που θα είχε η υιοθέτηση μίας συγκεκριμένης υποζώνης συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένου της άνω ζεύξης, στις υπηρεσίες επίγειας ευρυεκπομπής πρέπει να εκτιμηθεί ξεχωριστά σε κάθε χώρα.

Η υιοθέτηση μίας τέτοιας υποζώνης συχνοτήτων καθώς και η απόφαση για τη χρήση της από υπηρεσίες μη ευρυεκπομπής θα δημιουργούσε κενά σε διάφορα από τα υπάρχοντα στρώματα. Εάν, υποθετικά, από μία υποζώνη συχνοτήτων που συνίσταται από 8 κανάλια αφαιρεθούν οι υπηρεσίες ευρυεκπομπής, τα κενά που θα προκύψουν στα στρώματα πολλών χωρών θα αντιπροσωπεύουν σχεδόν ένα ισοδύναμο στρώμα, το οποίο θα έπρεπε να επανασυσταθεί στα υπολειπόμενα 41 κανάλια, προκειμένου να

διατηρηθεί ο αριθμός των στρωμάτων ευρυεκπομπής χωρίς κενά. Η ενέργεια αυτή θα ήταν δύσκολη κοντά στα σύνορα, αλλά συγκριτικά πιο εύκολη μακριά από αυτά.

Προκειμένου να διευκολυνθεί αυτή η προσέγγιση, μπορούν να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες 4 μέθοδοι που δεν είναι αμοιβαίως αποκλειόμενες:

A. Συρρίκνωση υπαρχόντων καταμερισμών / εκχωρήσεων

1. Μείωση του μεγέθους των επηρεαζόμενων καταμερισμών / εκχωρήσεων, λαμβάνοντας υπόψη πιθανή επικάλυψη μεταξύ γειτονικών καταμερισμών / εκχωρήσεων συχνοτήτων.
2. Τροποποίηση των άλλων χαρακτηριστικών συγκεκριμένων καταμερισμών / εκχωρήσεων, όπως, για παράδειγμα, με τον περιορισμό των χαρακτηριστικών του σχετικού δικτύου αναφοράς.

Αυτές οι δύο μέθοδοι θα οδηγούσαν σε μία μείωση της διαθέσιμης υπάρχουσας χωρητικότητας / κάλυψης για υπηρεσίες ευρυεκπομπής, για παράδειγμα, θα μπορούσαν μόνο να συμπληρώσουν μερικώς τα κενά. Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί από τους παρόχους ως μία σοβαρή αρνητική συνέπεια στο πλάνο GE06.

B. Διαγραφή / επέκταση των υπαρχόντων καταμερισμών / εκχωρήσεων συχνοτήτων

3. Αύξηση του μεγέθους των καταμερισμών / εκχωρήσεων που είναι γειτονικοί στους επηρεαζόμενους καταμερισμούς / εκχωρήσεις, όποτε αυτό είναι πιθανό, χωρίς τη δημιουργία δυσκολιών στις διασυννοριακές διαπραγματεύσεις ή χωρίς να επηρεαστούν τα άλλα στρώματα ή οι άλλοι καταμερισμοί συχνοτήτων στο άλλο στρώμα.

Η μέθοδος 3 θα μπορούσε, στις περισσότερες περιπτώσεις, να αυξήσει την παρεμβολή στις άλλες ομοδιαυλικές εκχωρήσεις / καταμερισμούς συχνοτήτων. Μία αρνητική συνέπεια αυτού θα ήταν η μείωση του μεγέθους της περιοχής κάλυψης. Αυτό, επίσης, αντιπροσωπεύει μία σοβαρή αρνητική επίπτωση στο πλάνο GE06.

Αν καμία από τις μεθόδους 1, 2 και 3 δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επανασύσταση όλων των «απελευθερωμένων» καταμερισμών / εκχωρήσεων συχνοτήτων σε μία υποζώνη, τότε θα προκαλείτο μία μείωση της κάλυψης των υπηρεσιών ευρυεκπομπής, πράγμα που, επίσης, αποτελεί μία πιθανή σοβαρή αρνητική συνέπεια στο πλάνο GE06.

Σε κάθε περίπτωση, οι μέθοδοι 1,2 και 3 θα είχαν μόνο περιορισμένη δυνατότητα εφαρμογής για μικρότερα κράτη ή για μεγαλύτερα κράτη που είναι, για παράδειγμα, διαιρεμένα σε μικρότερες ανεξάρτητες περιοχές.

C. Διατήρηση υπαρχόντων καταμερισμών / εκχωρήσεων συχνοτήτων

4. Εύρεση νέων συχνοτήτων με μέγεθος ισοδύναμο με αυτό των 8 καναλιών που χάθηκε για τα στρώματα σε μία υποζώνη συχνοτήτων, εκτός της υποζώνης αυτής για τη συμπλήρωση των κενών. Η ενέργεια

αυτή θα οδηγούσε στην εύρεση ενός σχεδόν ισοδύναμου στρώματος εκτός της υποζώνης.

Η μέθοδος 4 θα μπορούσε να περιορίσει τις μελλοντικές πιθανότητες ανάπτυξης του πλάνου GE06, γεγονός που, επίσης, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αρνητική επίπτωση στο πλάνο GE06.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όποιο τμήμα και αν επιλεγεί, παρόλο που τα μεγάλα κράτη έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόσουν τις απαιτήσεις τους, ο πιθανός αντίκτυπος μπορεί να είναι πολύ πιο σημαντικός για τα μικρά κράτη και γενικά θα συμπεριελάμβανε πολυμερείς διαπραγματεύσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι ψηφιακές εισοδοί στο πλάνο δεν μπορούν να επανασυσταθούν γι' αυτά τα μικρά κράτη.

Η επανασύσταση καταμερισμών / εκχωρήσεων συχνοτήτων για εφαρμογές ευρυεκπομπής εκτός της υποζώνης συχνοτήτων θα σήμαινε ότι η χωρητικότητα του πλάνου GE06, που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια του συνεδρίου της Γενεύης (7 με 8 στρώματα), θα διευρυνόταν σε 8 με 9 (ή ακόμα και σε 9 με 10) στρώματα. Η χωρητικότητα αυτή δε φαίνεται να είναι παγκοσμίως εφικτή, λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια του RRC-06 για την καθιέρωση των υπαρχόντων 7 με 8 στρωμάτων.

5.8 Συμπεράσματα

Παραπάνω συζητήθηκε η πιθανότητα ανάθεσης μίας εναρμονισμένης υποζώνης συχνοτήτων σε κινητές εφαρμογές επικοινωνιών (συμπεριλαμβανομένου και των άνω ζεύξεων), θεωρώντας μηδενικό ή ελάχιστο αντίκτυπο στο πλάνο GE06.

Οι μέχρι τώρα μελέτες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εναρμόνιση μίας τέτοιας υποζώνης συχνοτήτων στη UHF ζώνη για κινητές εφαρμογές επικοινωνιών είναι δυνατή από τεχνική, θεσμική και διοικητική άποψη, δεδομένου ότι δεν είναι υποχρεωτική και οποιαδήποτε απόφαση για τη χρήση της εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων αφήνεται στις αρμόδιες αρχές κάθε κράτους.

Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η προτιμότερη υποζώνη συχνοτήτων για εναρμόνιση είναι το άνω τμήμα της UHF ζώνης και θα πρέπει να περιέχει, ως ελάχιστο, το εύρος των καναλιών 62-69 (798-862 MHz). Η χρήση της εναρμονισμένης υποζώνης για κινητές εφαρμογές επικοινωνιών θα πρέπει να υπόκειται σε τεχνικούς κανονισμούς (για παράδειγμα, σχέδια ζώνης συχνοτήτων, επιλογή για την τοποθεσία οποιουδήποτε duplex διαστήματος και οποιουδήποτε απαιτούμενου διαστήματος προστασίας, και για FDD και TDD χρήση). Οι κανονισμοί αυτοί πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ευέλικτοι μέσα στα όρια του τι είναι τεχνικά εφικτό. Έτσι θα επιτευχθεί η διευκόλυνση της υιοθέτησης μιας υποζώνης συχνοτήτων από όσο το δυνατόν περισσότερα κράτη αναγνωρίζοντας τις διάφορες εθνικές συνθήκες που μπορεί να αντιμετωπιστούν σε κάθε κράτος χωριστά.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το επίπεδο της παρεβολής που είναι πιθανό να προκύψει από την εφαρμογή των ψηφιακών εισόδων στο πλάνο της Γενεύης καθιστά σχεδόν αδύνατη για οποιαδήποτε χώρα τη χρήση μίας εναρμονισμένης υποζώνης συχνοτήτων για κινητές εφαρμογές επικοινωνιών χωρίς τη συμφωνία των γειτονικών κρατών, με τη σημείωση ότι τα κράτη αυτά μπορεί να μην είναι σε όλες τις

περιπτώσεις μέλη του οργανισμού CEPT ή της E.E. Η εφαρμογή αυτής της εναρμονισμένης υποζώνης θα απαιτεί διμερείς και πολυμερείς διαπραγματεύσεις, σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται από το συνέδριο της Γενεύης, και οι οποίες θα έχουν ως στόχο τη διασφάλιση της ισοδύναμης πρόσβασης στο φάσμα από όλα τα κράτη. Αυτή η διαδικασία, αν και είναι χρονοβόρα, απαιτείται, ούτως ώστε να διατηρηθεί η ισοδύναμη πρόσβαση στο φάσμα για όλα τα κράτη, ανεξαρτήτως του αντίκτυπου οποιασδήποτε αλλαγής στη χρήση μίας εναρμονισμένης υποζώνης στα υπάρχοντα στρώματα ευρυεκπομπής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δραστηριοποίηση των κρατών είτε για την επανασύσταση των στρωμάτων αυτών είτε για την αντιστάθμιση οποιασδήποτε απώλειας στο φάσμα των υπηρεσιών ευρυεκπομπής με το φασματικό κέρδος άλλων υπηρεσιών.

Οι αρμόδιες αρχές των κρατών πρέπει να συνεχίσουν να έχουν την ευελιξία για την εφαρμογή, μέσα σε αυτή την υποζώνη συχνοτήτων, υπηρεσιών ευρυεκπομπής ή άλλων υπηρεσιών κάτω από την ομπρέλα της ευρυεκπομπής, σύμφωνα με τα προβλεφθέντα του συνεδρίου της Γενεύης.

5.8.1 Θέματα που απαιτούν περαιτέρω μελέτη

Η χρήση της εναρμονισμένης ζώνης συχνοτήτων για κινητές εφαρμογές επικοινωνιών θα πρέπει να υπόκειται σε τεχνικούς διακανονισμούς. Μία λίστα σημαντικών τεχνικών ζητημάτων που χρίζουν περαιτέρω μελέτης, προκειμένου να οριστούν οι κατάλληλοι τεχνικοί κανονισμοί περιέχει:

- Σχεδιασμούς ζωνών συχνοτήτων
- Επιλογές για το μέγεθος και την τοποθεσία οποιουδήποτε duplex διαστήματος
- Επιλογές για τη διάταξη των duplex διαστημάτων στο φάσμα
- Απαιτούμενα διαστήματα προστασίας (και για FDD και για TDD χρήση)

Επίσης, απαιτούνται μελέτες συνύπαρξης μεταξύ κινητών υπηρεσιών και άλλων υπηρεσιών, στις οποίες είναι ανατεθειμένη η υποζώνη, προκειμένου να ενεργοποιηθεί ένας νέος βασικός καταμερισμός συχνοτήτων για κινητές υπηρεσίες στη ζώνη αυτή.

6. Απόψεις σχετικά με την εκμετάλλευση του απελευθερωμένου από το Digital Dividend φάσματος συχνοτήτων και αξιολόγησή τους

Το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με δύο πιθανά ενδεχόμενα εκμετάλλευσης του φάσματος συχνοτήτων που πρόκειται να απελευθερωθεί από τη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση. Το ζήτημα αυτό προσεγγίζεται από την πλευρά των παρόχων ψηφιακής τηλεόρασης καθώς και από την πλευρά των παρόχων υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών. Οι μεν πάροχοι ψηφιακής τηλεόρασης επιθυμούν τη χρήση του φάσματος αυτού για την παροχή αναβαθμισμένων υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης (π.χ. HDTV, DVB-T2), ακολουθώντας τις εξελίξεις στην ψηφιακή τεχνολογία. Οι δε πάροχοι υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών επιθυμούν την ανάπτυξη δικτύων IMT/UMTS στη UHF ζώνη συχνοτήτων, ούτως ώστε να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η ζώνη αυτή ως προς τα χαρακτηριστικά διάδοσης. Έτσι, θα μπορούν να επιτύχουν βελτιωμένη κάλυψη με μικρότερο αριθμό σταθμών βάσης. Προς το παρόν, δεν έχει ληφθεί κάποια δεσμευτική απόφαση για την ανάθεση του φάσματος συχνοτήτων που πρόκειται να απελευθερωθεί σε κάποια από τις δύο υπηρεσίες. Είναι ένα ζήτημα που χρήζει περαιτέρω μελέτης και ανάλυσης, ενώ η τελική επιλογή εναπόκειται στις αρμόδιες αρχές των κρατών μελών.

6.1 Εισαγωγή

Το υπάρχον πλαίσιο για την εφαρμογή ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης στη UHF ζώνη συχνοτήτων IV/V για την Ευρώπη, την Αφρική και μέρη της Μέσης Ανατολής καθιερώθηκε στο συνέδριο της Γενεύης το 2006 (RRC-06). Το πλάνο συχνοτήτων που προέκυψε προσδίδει μία αυξημένη ευελιξία στις εξελισσόμενες υπηρεσίες επίγειας ευρυεκπομπής.

Οι πάροχοι (και οι καταναλωτές), βασιζόμενοι στο πλάνο της Γενεύης, έχουν ήδη προχωρήσει σε σημαντικές επενδύσεις πάνω στον τομέα μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση. Χωρίς τέτοιου είδους επενδύσεις, δε θα υπήρχαν οι προϋποθέσεις για τη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση και την αναμενόμενη απελευθέρωση φάσματος από τη μετάβαση αυτή. Το φάσμα αυτό που πρόκειται να απελευθερωθεί (digital dividend) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καινοτομικές υπηρεσίες, όπως η παροχή υπηρεσιών τηλεόρασης σε κινητά τερματικά χειρός (DVB-H) ή η παροχή ψηφιακής τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV) στον ήδη αυξανόμενο αριθμό τηλεοράσεων που έχουν τη δυνατότητα υποστήριξης τέτοιων υπηρεσιών (HD-ready). Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι αυξανόμενες προσδοκίες του κοινού, οι πάροχοι αυτών των υπηρεσιών πρέπει να έχουν πρόσβαση στο μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου φάσματος.

Επίσης, πολλές δημόσιες υπηρεσίες ευρυεκπομπής προτίθενται να διαθέσουν το περιεχόμενο των υπηρεσιών τους στους καταναλωτές με χρήση οποιουδήποτε μέσου. Οι πάροχοι αναγνωρίζουν τη μακροπρόθεσμη δυναμική των καινοτομικών

συστημάτων ασύρματης επικοινωνίας, όπως είναι η τεχνολογία Ultra Wide Band (UWB) και άλλες μορφές ευρυεκπομπής μέσω δικτύων κινητών υπηρεσιών. Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα έχουν ακόμα τη δυνατότητα εφαρμογής τους μέσα στις ήδη αναγνωρισμένες ζώνες συχνοτήτων. Οι πάροχοι, προς το παρόν, απαιτούν πρόσβαση σε όλο το φάσμα των UHF ζωνών συχνοτήτων IV/V, προκειμένου να επιτύχουν την κρίσιμη μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση με την ταυτόχρονη σταδιακή ανάπτυξη και εφαρμογή υπηρεσιών κινητής τηλεόρασης και υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας. Σε αυτό το πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης του UMTS και άλλων παρόμοιων κινητών τεχνολογιών, δεν είναι ακόμα δυνατή η εκτίμηση των φασματικών απαιτήσεων και των τεχνικών παραμέτρων για την εφαρμογή τους στις UHF ζώνες συχνοτήτων IV/V. Για το λόγο αυτό, θεωρείται αναγκαίο οι αποφάσεις για τη χρήση των ζωνών αυτών από κινητές υπηρεσίες ασύρματης επικοινωνίας να ληφθούν στο επόμενο παγκόσμιο συνέδριο τηλεπικοινωνιών το 2011 (WRC-11).

6.2 Η πλευρά των παρόχων ψηφιακής τηλεόρασης

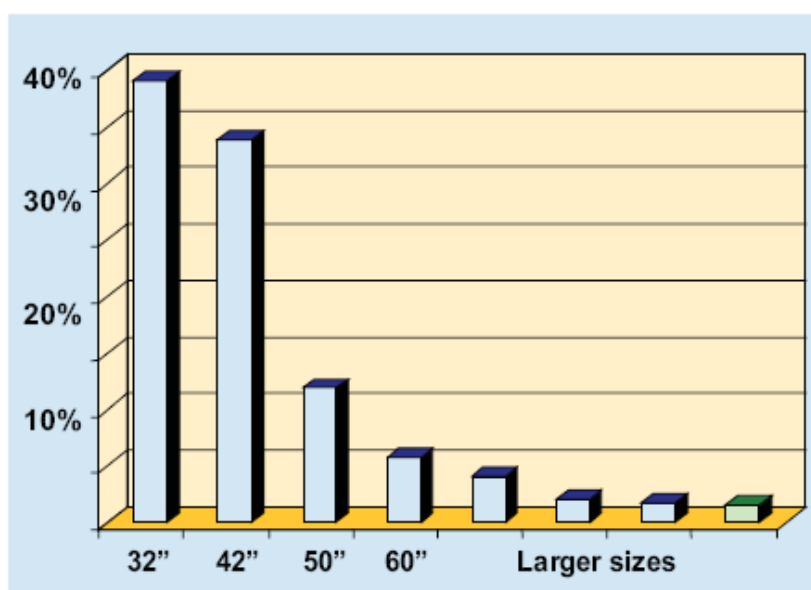
6.2.1 Νέες τάσεις στην αγορά

Με τα μεγέθη των τηλεοράσεων στα σπίτια των καταναλωτών να αυξάνονται σημαντικά, έχει αρχίσει να έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα της εικόνας, καθώς οι ατέλειες γίνονται όλο και περισσότερο αξιοπρόσεκτες και ενοχλητικές για τους τηλεθεατές. Η τηλεόραση βρίσκεται σε μία περίοδο, όπου η υψηλή ποιότητα εικόνας γίνεται όλο και περισσότερο σημαντική. Τα μέλη της EBU εκπέμπουν σήματα αναλογικής τηλεόρασης σε μορφή PAL ή SECAM τα τελευταία 40 χρόνια. Προσφάτως, οι πάροχοι υπηρεσιών ψηφιακής ευρυεκπομπής χρησιμοποιούν συστήματα συμπίεσης video τύπου MPEG-2. Η ποιότητα της εικόνας, που φτάνει στους δέκτες μέσω ενός MPEG-2 καναλιού, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ένας σημαντικός αλλά και περιοριστικός παράγοντας είναι ο ρυθμός bit (bitrate) του καναλιού. Οι περισσότεροι πάροχοι ευρυεκπομπής στην Ευρώπη χρησιμοποιούν ρυθμούς bit της τάξης των 2.5 έως 5 Mbps. Υπάρχουν, όμως, περιπτώσεις όπου η ενσωματωμένη ποιότητα εικόνας των προγραμμάτων αυτών δεν μπορεί να παραδοθεί ικανοποιητικά στους θεατές που χρησιμοποιούν τηλεοράσεις ευρείας οθόνης. Τα μέλη της EBU οφείλουν να αναθεωρήσουν τους τρόπους με τους οποίους δημιουργούν και εκπέμπουν τηλεοπτικά προγράμματα. Στην πραγματικότητα, αργά ή γρήγορα, οι πάροχοι θα πρέπει να βελτιώσουν την ποιότητα εικόνας που παραδίδεται στους τηλεθεατές που διαθέτουν δέκτες που υποστηρίζουν εικόνα υψηλής ευκρίνειας. Η τεχνολογία υψηλής ευκρίνειας (HD) θεωρείται ως μία σοβαρή πρόταση για την εκπομπή ψηφιακών υπηρεσιών ευρυεκπομπής στην Ευρώπη τα προσεχή χρόνια. Οι λόγοι που καθιστούν την τεχνολογία αυτή απαραίτητη είναι:

- Μεγάλες επίπεδες οθόνες LCD με ανάλυση υψηλής ευκρίνειας γίνονται διαθέσιμες σε τιμές όπου το ευρωπαϊκό καταναλωτικό κοινό φαίνεται να είναι διατεθειμένο να πληρώσει, προκειμένου να απολαύσει τις υπηρεσίες υψηλής ευκρίνειας.
- DVD υψηλής ευκρίνειας μαζί με τον εξοπλισμό αναπαραγωγής και εγγραφής τους είναι ήδη διαθέσιμα στην αγορά. Η τάση αυτή παρακινεί το καταναλωτικό κοινό σε στροφή προς τις υπηρεσίες υψηλής ευκρίνειας.

- Η ευρεία χρήση οθονών υπολογιστών με δυνατότητα υποστήριξης εικόνας υψηλής ευκρίνειας.

Οι κατασκευαστές οθονών και οι πάροχοι έχουν διενεργήσει εκτεταμένες έρευνες, προκειμένου να επιτευχθεί η καθιέρωση ευρείων οθονών υψηλής ευκρίνειας στην αγορά. Ως αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, το επόμενο σχήμα παρουσιάζει τα αποτελέσματα μίας έρευνας που διενεργήθηκε στη Στοκχόλμη. Ερωτήθηκαν οι επισκέπτες μίας έκθεσης να θεωρήσουν τις τηλεοράσεις ευρείας οθόνης ως «έπιπλο» και να αποφασίσουν ποιο μέγεθος θα ήταν επιθυμητό για το σπίτι τους. Τα αποτελέσματα έμοιαζαν πάρα πολύ με αποτελέσματα άλλων ερευνών και επιβεβαίωσαν ότι η μεγάλη πλειοψηφία των επίπεδων τηλεοράσεων ευρείας οθόνης για τα ευρωπαϊκά νοικοκυριά θα είναι από 30 έως 40 ιντσών.



Σχήμα 6.1: Ποσοστό του κοινού που θα αγόραζε διαφορετικά μεγέθη επίπεδων τηλεοράσεων ευρείας οθόνης

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω ερευνών σχετικά με την αγορά επίπεδων τηλεοράσεων ευρείας οθόνης και δεδομένης της αυξημένης ζήτησής τους, κρίθηκε αναγκαία η αποφυγή σύγχυσης του καταναλωτικού κοινού. Ως εκ τούτου, αποφασίστηκε από τον οργανισμό EICTA η καθιέρωση διακριτικών στις τηλεοράσεις και τις οθόνες. Τα διακριτικά που ακολουθούν στην επόμενη εικόνα εμφανίζονται σε τηλεοράσεις υψηλής ευκρίνειας και αποτρέπουν τη σύγχυση του κοινού κατά την αγορά τους.



Σχήμα 6.2: Διακριτικά HDTV

Το λογότυπο αριστερά είναι ενσωματωμένο σε αποκωδικοποιητές και τηλεοπτικούς δέκτες με ενσωματωμένο αποκωδικοποιητή που υποστηρίζουν λήψη και αναπαραγωγή εικόνας υψηλής ευκρίνειας, ενώ το δεξί σε οθόνες ή τηλεοπτικούς δέκτες που έχουν τη δυνατότητα αυτή εάν συνδεθούν με εξοπλισμό HDTV.

6.2.2 Γενικά για την τεχνολογία HDTV

Οι Ευρωπαίοι πάροχοι πρέπει να αναλύσουν τρία βασικά χαρακτηριστικά ζητήματα σχετικά με την εφαρμογή υπηρεσιών υψηλής ευκρίνειας:

- Η πλατφόρμα που πρέπει να χρησιμοποιήσουν για την παράδοση πακέτων HD (δορυφορική, καλωδιακή και/ή επίγεια)
- Η χρησιμοποιούμενη τυποποίηση σάρωσης για το χρησιμοποιούμενο κανάλι
- Το χρησιμοποιούμενο σύστημα συμπίεσης για την παράδοση του HD πακέτου.

Ο σχεδιασμός συχνοτήτων για το περιβάλλον της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης βασίζεται στη χρήση του ίδιου εύρους καναλιών, όπως χρησιμοποιείται και για την αναλογική τηλεόραση. Μία ενδεχόμενη αλλαγή στο εύρος ζώνης καναλιών θα μπορούσε να καταστήσει τη μελλοντική μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση περίπλοκη και δύσκολη ή ακόμα και αδύνατη. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε υπηρεσία ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης, συμπεριλαμβανομένου επίγειων υπηρεσιών HDTV, θα πρέπει να βασίζεται στα συμβατικά κανάλια ραδιοσυχνοτήτων και στο σχετικό μέγεθος της ψηφιακής πολυπλεξίας.

Οι περισσότερες χώρες που έχουν ήδη ξεκινήσει την ευρυεκπομπή ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης (DVB-T) βασίστηκαν στη χρησιμοποίηση των διαθέσιμων καναλιών που δε χρησιμοποιούνταν από την αναλογική τηλεόραση. Η περίπτωση αυτή δε συνέβη στη Γερμανία, όπου τα υπάρχοντα αναλογικά κανάλια ευρυεκπομπής έπαψαν να λειτουργούν, περιοχή με περιοχή, πριν και μετά την έναρξη λειτουργίας της ψηφιακής τηλεόρασης.

Τα κανάλια ενός συστήματος επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T έχουν χωρητικότητα μεταξύ 12 και 24 Mbps, ανάλογα με το επίπεδο προστασίας λαθών και το σχήμα διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται, για εύρος καναλιού 7 ή 8 MHz για τη ζώνη συχνοτήτων III ή 8 MHz για τις ζώνες συχνοτήτων IV/V.

Ένα κανάλι DVB-T μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παράδοση οποιασδήποτε μορφής εικόνας, συμπεριλαμβανομένης της HD, η οποία μπορεί να χωρέσει στη διαθέσιμη χωρητικότητα καναλιού και η λήψη της να μπορεί να επιτευχθεί με επαρκές bit error rate (BER).

Μειώνοντας τον ωφέλιμο ρυθμό bit στην πολυπλεξία του συστήματος της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης σε 12 Mbps και συμπεριλαμβάνοντας εκτεταμένη διόρθωση λαθών, διευκολύνεται η λήψη σε τηλεοράσεις με κεραίες εσωτερικού χώρου. Όμως, το αν απαιτείται κεραία εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου εξαρτάται όχι μόνο από το επίπεδο της διόρθωσης λαθών και του συστήματος διαμόρφωσης, αλλά και από τον τρόπο που το δίκτυο εκπομπής έχει διαμορφωθεί.

Σε ορισμένα δίκτυα, η χρήση 24 Mbps για τον ωφέλιμο ρυθμό bit σημαίνει ότι στα πιο απομακρυσμένα σημεία της περιοχής κάλυψης θα είχαμε καλή λήψη μόνο με κεραίες που θα ήταν τοποθετημένες στις στέγες των κτιρίων, ενώ στην περιοχή κοντά στον πομπό θα ήταν επαρκείς κεραίες εσωτερικού χώρου. Παρόλα αυτά, σε άλλα δίκτυα, απαιτούνται ίδιες κεραίες λήψης σε όλη την περιοχή κάλυψης.

Έπειτα από τη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση, τα κράτη που έχουν ήδη ξεκινήσει την παροχή υπηρεσιών επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης θα έχουν περισσότερη χωρητικότητα φάσματος διαθέσιμη για επιπλέον υπηρεσίες. Αυτό θα εξαρτηθεί, εν μέρει, από τις αποφάσεις που δεν έχουν ακόμα ληφθεί από τις αρμόδιες αρχές του κάθε κράτους. Η ημερομηνία μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση διαφέρει από χώρα σε χώρα, όπως θα διαφέρει και ο τρόπος με τον οποίο θα διαχειριστεί το κάθε κράτος το νέο διαθέσιμο φάσμα.

Η μετάβαση μπορεί να διαφέρει από χώρα σε χώρα αλλά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο περιορισμοί. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προτείνει, αρχικά, ότι μέχρι τις αρχές του 2012 θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση, ενώ από το 2015 κι έπειτα η αναλογική τηλεόραση δε θα προστατεύεται πια από παρεμβολές.

6.2.3 Επιλογές ευρυεκπομπής HDTV

Η παροχή δύο προγραμμάτων HDTV πολυπλεγμένων σε ένα κανάλι ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης μπορεί τελικά να είναι δυνατή με τη χρήση της πλήρους χωρητικότητας 24 Mbps της στατιστικής πολυπλεξίας. Ωστόσο, η απόδοση του hardware AVC (Advanced Video Coding) κωδικοποιητή πρέπει να βελτιωθεί προτού γίνει αυτό δυνατό. Επιπλέον, αυτό εξαρτάται και από τις συγκεκριμένες προδιαγραφές δικτύου που χρησιμοποιούνται. Σε μία τέτοια περίπτωση, μία καλή λήψη στα απομακρυσμένα τμήματα της περιοχής κάλυψης θα απαιτούσε την εγκατάσταση κεραιών εγκατεστημένων στις στέγες των κτιρίων. Εάν δεν ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες, τότε μόνο ένα πρόγραμμα HDTV θα μπορούσε να μεταδοθεί ανά κανάλι ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης.

Μία επιπλέον επιλογή θα μπορούσε να είναι να συμπεριληφθεί ένα πρόγραμμα HDTV και ένα ή περισσότερα προγράμματα SDTV (Standard Definition TV) σε ένα κανάλι DTT. Η περίπτωση αυτή θα μπορούσε να λειτουργήσει ως μία συνδυασμένη στατιστική πολυπλεξία.

Οποιοδήποτε bitrate και αν χρησιμοποιείται για το σήμα υψηλής ευκρίνειας, πάντα θα υπάρχει μικρότερο ρίσκο στο προϊόν της συμπίεσης, εάν χρησιμοποιείται ανάλυση 720p/50 από ότι αν χρησιμοποιείτο 1080i/50 (Ο πρώτος αριθμός δηλώνει τον αριθμό

των κατακόρυφων γραμμών, το p δηλώνει progressive scan, το i αναφέρεται σε interlaced ή non progressive scan και ο αριθμός μετά την κάθετο τη συχνότητα). Έτσι, λοιπόν, θα υπάρχουν περισσότερα πλεονεκτήματα, αν γίνει χρήση της ανάλυσης 720p/50 για επίγεια ευρυεκπομπή προγραμμάτων HDTV.

Κατά την επιλογή του ρυθμού bit για ευρυεκπομπή προγραμμάτων HDTV, πρέπει να ληφθεί υπόψη ένας αριθμός παραγόντων. Οποιαδήποτε επίγεια ευρυεκπομπή προγραμμάτων HDTV πρέπει να υποστηρίζει ποιότητα εικόνας ίση με αυτή που προσφέρεται από άλλα μέσα αποθήκευσης και αναπαραγωγής (διαδίκτυο, DVD). Η ανάγκη αυτή καθιστά απαραίτητη τη χρήση πολύ υψηλού ρυθμού bit. Συνδυάζοντας τα παραπάνω, προκύπτει το συμπέρασμα ότι θα πρέπει να μεταδίδεται μόνο ένα πρόγραμμα HDTV ανά κανάλι ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης. Από την άλλη μεριά, η εξοικονόμηση κόστους που σχετίζεται με τη μετάδοση δύο προγραμμάτων HDTV ανά κανάλι και τα οφέλη που προκύπτουν από τη δυνατότητα πολλαπλής επιλογής προγραμμάτων από τους καταναλωτές αντιτίθενται στην ποιότητα που προσφέρει η μετάδοση ενός μόνο προγράμματος HDTV ανά κανάλι, εκμεταλλεύόμενο όλο το διαθέσιμο ρυθμό bit.

Αν μία υπηρεσία ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης HDTV δεν πρόκειται να ξεκινήσει να λειτουργεί στο άμεσο μέλλον, τότε είναι πιθανό να είναι διαθέσιμο ένα καινούριο σύστημα συμπίεσης, το οποίο θα είναι αποδοτικότερο από τα ήδη υπάρχοντα MPEG-4 AVC και VC1. Ως γενικός κανόνας, όμως, θεωρείται καλύτερο να γίνεται η επιλογή της τεχνολογίας συμπίεσης λίγο πριν την έναρξη λειτουργίας της υπηρεσίας.

Για τους παρόχους που έχουν διαθέσιμη χωρητικότητα στη UHF ζώνη συχνοτήτων, η ευρυεκπομπή προγραμμάτων HDTV αποτελεί μία ελκυστική επιλογή, διότι θα καταστήσει τις υπηρεσίες που παρέχουν ανθεκτικές στο χρόνο σε ένα περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από αυξανόμενο ανταγωνισμό στην αγορά, εξαιτίας των εναλλακτικών διαθέσιμων μέσων προβολής HD εικόνας.

Τέλος, η δημιουργία ενός μικρού αριθμού προγραμμάτων HDTV υψηλής ποιότητας είναι προτιμότερη για μικρές χώρες από ότι η δημιουργία πολλών προγραμμάτων SDTV πολυπλεγμένων στα διαθέσιμα κανάλια.

6.2.4 Η νέα τεχνολογία ευρυεκπομπής 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 προτύπου 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 κεραιές 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 κεραιές ψηφιακής τηλεόρασης καθώς και για συνύπαρξη με τις υπάρχουσες DVB-T εκπομπές. Παρόλο, λοιπόν, που έχει δοθεί προσοχή στη συμβατότητα με τις ήδη υπάρχουσες κεραιές, διασφαλίζεται η παροχή της επιπλέον χωρητικότητας. Επιπροσθέτως, η αξιοποίηση των ήδη υπαρχουσών κεραιών εξασφαλίζει σημαντική εξοικονόμηση κόστους για τους παρόχους.

6.2.5 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

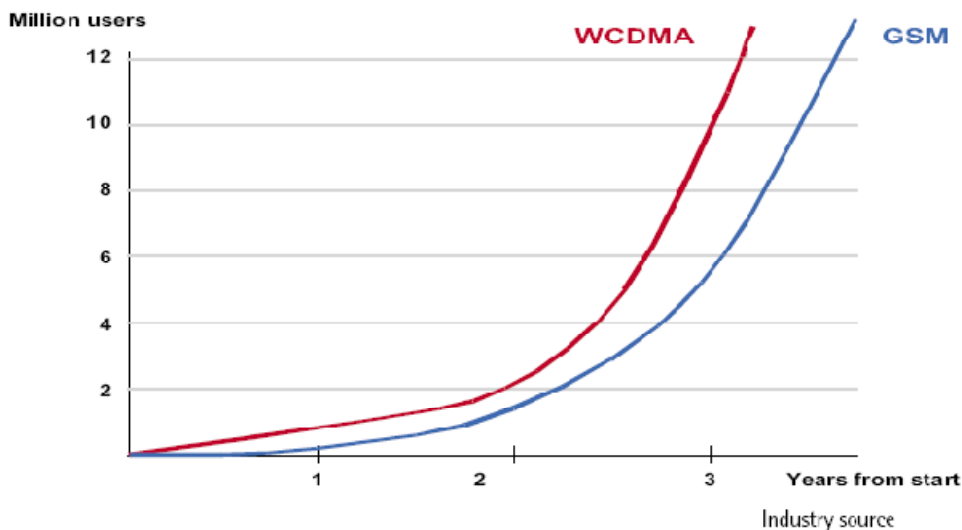
μπορεί να πραγματοποιηθεί με τις ήδη υπάρχουσες κεραιές. Αυτή η συμβατότητα επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους για τους παρόχους και καθιστά την επένδυση αυτή άκρως ελκυστική.

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.

6.3 Η πλευρά των παρόχων υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών

6.3.1 Εισαγωγή

Το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) είναι ένα από τα κινητά συστήματα τηλεπικοινωνιών τρίτης γενιάς (3G), το οποίο αναπτύσσεται στα πλαίσια του IMT-2000 της ITU και αποτελεί την υλοποίηση μίας καινούριας γενιάς ευρυζωνικών κινητών τηλεπικοινωνιών. Το UMTS αποτελεί τη βάση για την εξέλιξη των συστημάτων κινητών τηλεπικοινωνιών 4^{ης} γενιάς (4G). Απώτερος στόχος της τεχνολογίας αυτής είναι να εφαρμοστεί σε παγκόσμιο επίπεδο με ενιαία παροχή των υπηρεσιών του με πρότυπο το IMT-2000. Επιπλέον, το UMTS σχεδιάστηκε κυρίως για χώρες στις οποίες ήδη λειτουργούσαν GSM δίκτυα, γιατί αυτές οι χώρες έχουν συμφωνήσει να απελευθερώσουν νέες ζώνες συχνοτήτων για δίκτυα UMTS. Η έναρξη λειτουργίας των υπηρεσιών UMTS στη ζώνη συχνοτήτων 2 GHz (1920-1980 MHz και 2110-2170 MHz) ξεκίνησε το έτος 2001. Σύμφωνα με στοιχεία του Ιανουαρίου 2005, έχουνε ήδη ξεκινήσει να λειτουργούν πάνω από 60 δίκτυα IMT/UMTS βασισμένα σε τεχνολογία WCDMA, ενώ, ταυτόχρονα, εξυπηρετούνται πάνω από 16 εκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως, με τον αριθμό αυτό να αυξάνεται ραγδαία. Αξίζει να σημειωθεί ότι μία σχετική σύγκριση, που αφορά στην έναρξη των υπηρεσιών UMTS/WCDMA και την έναρξη των υπηρεσιών GSM, δείχνει την ταχύτερη διείσδυση του UMTS στην αγορά (βλ. Σχήμα 6.3).



Σχήμα 6.3: Διείσδυση του UMTS/WCDMA και του GSM στην αγορά κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας τους

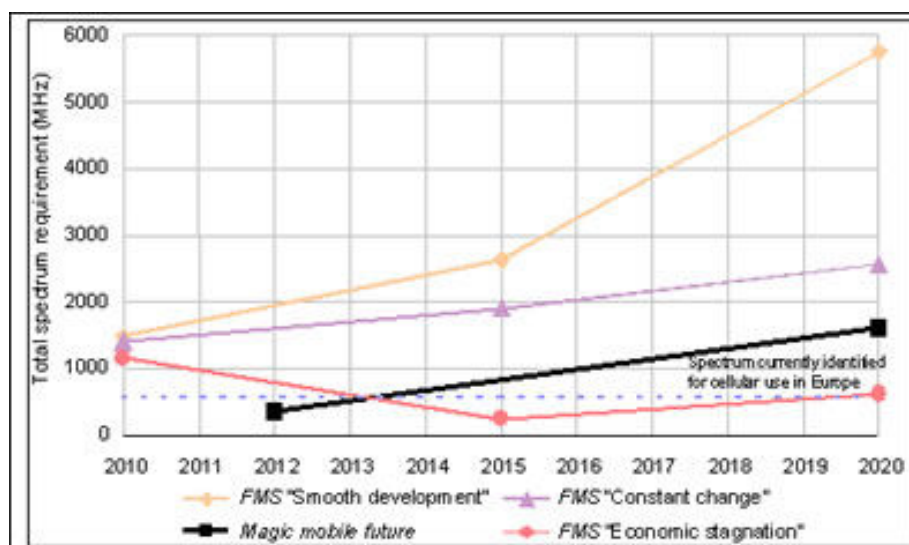
6.3.2 Το υπάρχον φάσμα δεν είναι αρκετό για να ικανοποιήσει τις φασματικές απαιτήσεις του IMT-Advanced

Οι κινητές υπηρεσίες και εφαρμογές, λαμβάνοντας υπόψη και την προβλεπόμενη αύξηση του όγκου δεδομένων στο μέλλον, φαίνεται να απαιτούν μέγιστους ρυθμούς δεδομένων της τάξης των 100 Mbps έως και 1 Gbps, ρυθμοί που προς το παρόν δεν μπορούν να ικανοποιηθούν από τις υπάρχουσες ζώνες συχνοτήτων του IMT-2000. Οι λόγοι στους οποίους οφείλεται η αναζήτηση νέων ζωνών συχνοτήτων για το IMT είναι:

- Η προβλεπόμενη αυξημένη κίνηση:
Αυτές οι νέες και περισσότερο αναβαθμισμένες υπηρεσίες αναπόφευκτα θα προκαλέσουν αύξηση της κίνησης. Υπάρχουν δύο δυνατότητες για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, είτε η αύξηση της πυκνότητας των σταθμών βάσης είτε η αύξηση του διαθέσιμου φάσματος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχουν πρακτικοί περιορισμοί για την πυκνότητα των σταθμών βάσης, από τη στιγμή που υφίστανται ζητήματα κόστους (CAPEX, OPEX) και περιβαλλοντολογικά ζητήματα (π.χ. σταθμοί βάσης και κεραιές δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιαδήποτε τοποθεσία). Αξίζει να αναφερθεί ότι τα υπάρχοντα UMTS δίκτυα είναι ήδη εγκατεστημένα με διαχωρισμό της τάξεως των 500 m σε κεντρικές αστικές περιοχές υψηλής κίνησης.
- Η απαίτηση για υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων:
Οι προσδοκίες και οι απαιτήσεις για πολύ υψηλούς μέγιστους ρυθμούς δεδομένων απαιτούν νέες ασύρματες τεχνολογίες που θα μπορούν να χρησιμοποιούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης (πιθανώς 100 MHz ανά κανάλι και ανά πάροχο) από ότι συνήθως χρησιμοποιούνται σήμερα (5 MHz ανά κανάλι,

το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί σε ευρύτερα block τυπικά των 10-15 MHz ανά πάροχο).

Έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι, εάν επαληθευτεί η προβλεπόμενη αύξηση της κίνησης, οι φασματικές απαιτήσεις για τις κινητές υπηρεσίες θα είναι πολύ μεγαλύτερες από το παρόν φάσμα που είναι ανατεθειμένο σε κυψελωτές και κινητές υπηρεσίες. Πιο συγκεκριμένα, προβλέπεται ότι η συνολική φασματική ζήτηση για τις κινητές επικοινωνίες θα είναι της τάξεως των περίπου 1.6 GHz έως το έτος 2020, συμπεριλαμβανομένου του ήδη αναγνωρισμένου φάσματος για το IMT-2000/UMTS (βλ. Σχήμα 6.4).



Σχήμα 6.4: Φασματικές απαιτήσεις που υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις προβλέψεις σχετικά με το φάσμα στην Ευρώπη

Στη 19^η συνάντηση της ITU-R το Μάιο του 2006, εγκρίθηκε το Report M.2078 της ITU-R. Οι υπολογισμοί σε αυτή την αναφορά κατέληξαν σε συνολικά δύο διαγράμματα φασματικών απαιτήσεων για το έτος 2020, τα οποία αναφέρονταν το ένα σε μικρότερη και το άλλο σε μεγαλύτερη αγορά. Οι φασματικές απαιτήσεις για τη μικρότερη αγορά ήταν 1280 MHz, ενώ για τη μεγαλύτερη αγορά ήταν 1720 MHz. Και οι δύο υπολογισμοί υπέθεταν μία απλή εφαρμογή δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη τις φασματικές απαιτήσεις και των προ-IMT τεχνολογιών και του IMT-2000 και των αναβαθμίσεων του καθώς και του IMT-Advanced. Η αναμενόμενη αύξηση της αποδοτικότητας στη χρήση του φάσματος από τις μελλοντικές τεχνολογίες εκτιμήθηκε από την αναφορά αυτή ως πολύ αισιόδοξη.

6.3.3 Τα κίνητρα για την ανάπτυξη του IMT/UMTS στη UHF ζώνη συχνοτήτων

Οι υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών μπορούν να συμβάλλουν ζωτικά στην ανάπτυξη της οικονομίας των ευρωπαϊκών κρατών και να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στους καταναλωτές, σχετικά με την παροχή κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής:

- Βελτιώσεις στην ποιότητα κινητών υπηρεσιών ευρυεκπομπής. Για παράδειγμα, υπηρεσίες με υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, με καλύτερη κάλυψη στο εσωτερικό των κτιρίων και ειδικότερα σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού.
- Επέκταση τέτοιου είδους υπηρεσιών σε αγροτικές περιοχές.

Παρόλα αυτά, η καταλληλότητα του UHF φάσματος για επιπλέον χωρητικότητα κινητών επικοινωνιών εξαρτάται σημαντικά από το κόστος κατασκευής τερματικών χειρός, που μπορούν να λειτουργούν στις UHF συχνότητες καθώς και στις συχνότητες που ήδη χρησιμοποιούνται από αυτές τις υπηρεσίες. Τα πλεονεκτήματα που θα προκύψουν από αυτό τον εναρμονισμένο εξοπλισμό θα μειωθούν αισθητά, εκτός και αν υπάρχει μία προσδοκία στην αγορά ότι οι UHF συχνότητες θα χρησιμοποιηθούν για κινητές υπηρεσίες επικοινωνιών και θα απευθύνονται σε μία επαρκώς μεγάλη αγορά.

Υπάρχει, λοιπόν, η ανάγκη να επεκταθεί η κάλυψη των υπηρεσιών UMTS/IMT-2000 και σε περιοχές χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού. Η εμπειρία δείχνει ότι η κάλυψη πρέπει να είναι τουλάχιστον συγκρίσιμη με αυτή των 2G υπηρεσιών. Όμως, η κάλυψη μεγάλων περιοχών χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού με τη χρήση της παρούσας ανατεθειμένης στο UMTS/IMT-2000 ζώνης συχνοτήτων των 2 GHz είναι μία πραγματική πρόκληση για τους παρόχους τέτοιων υπηρεσιών. Η πρόκληση αυτή αφορά ζητήματα επιχειρηματικότητας, εξαιτίας του υψηλού κόστους επένδυσης και των χαμηλών εσόδων σε αυτές τις γεωγραφικές περιοχές. Για το λόγο αυτό, ένα από τα ενδιαφέροντα των φορέων είναι η εύρεση επιπλέον φάσματος στις χαμηλότερες ζώνες συχνοτήτων, που θα μπορούσε να προσφέρει καλύτερη γεωγραφική κάλυψη με μικρότερο κόστος.

Η παροχή υπηρεσιών UMTS/IMT-2000 σε μεγάλες περιοχές μικρής πυκνότητας πληθυσμού είναι στα ενδιαφέροντα των δημόσιων παρόχων κινητών επικοινωνιών, εξαιτίας των προσδοκιών του καταναλωτικού κοινού. Η ευρεία κάλυψη είναι, επίσης, σημαντική για την κοινωνία, όσον αφορά στη δυνατότητα ισότιμης πρόσβασης στις νέες υπηρεσίες, ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης. Οι χαμηλότερες ζώνες συχνοτήτων, με τα καλύτερα χαρακτηριστικά διάδοσης ραδιοκυμάτων που τις χαρακτηρίζουν, παρέχουν καλύτερη γεωγραφική κάλυψη και υψηλότερη ποιότητα υπηρεσιών με οικονομικά αποδοτικότερο τρόπο αλλά και νέες αναβαθμισμένες υπηρεσίες, που ίσως να έχουν ζητηθεί από συνδρομητές που βρίσκονται σε αραιοκατοικημένες και λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μεγαλύτερων κυψελών δικτύου.

Οι χαμηλότερες ζώνες συχνοτήτων προσφέρουν, όπως προαναφέρθηκε, βελτιωμένα χαρακτηριστικά διάδοσης ραδιοκυμάτων από ότι οι υψηλότερες ζώνες συχνοτήτων. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στους παρόχους να επεκτείνουν την κάλυψη των δικτύων UMTS/IMT-2000 σε μεγάλες περιοχές με μειωμένο αριθμό σταθμών βάσης. Η

ενέργεια αυτή οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος επενδύσεων, ειδικότερα σε περιοχές με χαμηλή πυκνότητα χρηστών, όπου τα έσοδα είναι χαμηλά.

Συνολικά, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος του εξοπλισμού των σταθμών βάσης UMTS/IMT-2000 (CAPEX) και το κόστος εφαρμογής και συντήρησης (OPEX) των σταθμών αυτών, θα μπορούσε να προκύψει το συμπέρασμα ότι η ζώνη συχνοτήτων 470-600 MHz θα μπορούσε να επιτρέψει στους παρόχους των υπηρεσιών αυτών να μειώσουν αισθητά το κόστος CAPEX και OPEX, καθώς θα χρειάζεται μικρότερος αριθμός σταθμών βάσης για την κάλυψη μεγάλων περιοχών χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού.

Οι προσδοκίες του καταναλωτικού κοινού για τις υψηλού ρυθμού bit 3^{ης} γενιάς υπηρεσίες UMTS/IMT-2000 αφορούν στην παροχή καλής ποιότητας υπηρεσιών και την εξασφάλιση ευρείας γεωγραφικής κάλυψης, σε σύγκριση με τις υπάρχουσες υπηρεσίες κινητών τηλεπικοινωνιών. Σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, οι πάροχοι υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών οφείλουν να εγκαταστήσουν και να αναπτύξουν τα δίκτυα αυτά με τον πλέον οικονομικό τρόπο. Γι' αυτό, όπως προαναφέρθηκε, η κάλυψη μεγάλων περιοχών χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού στα 2 GHz αποτελεί μία πραγματική πρόκληση για τους παρόχους. Η πρόκληση αυτή αφορά ζητήματα επιχειρηματικότητας, αν λάβουμε υπόψη ότι τα έσοδα στις περιοχές αυτές είναι χαμηλά.

Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι, για μεγάλες αγροτικές περιοχές, το κόστος του υποσυστήματος σταθμών βάσης και το κόστος εκπομπής είναι μεγαλύτερα από ότι το μισό του τυπικού σταθερού κόστους ενός υποσυστήματος κινητού δικτύου επικοινωνιών. Το κόστος του εξοπλισμού του σταθμού βάσης είναι μόνο ένα μέρος του συνολικού κόστους εγκατάστασής του. Το πραγματικό κόστος του εξοπλισμού ενός σταθμού βάσης είναι τυπικά μόνο το 1/3 των συνολικών επενδύσεων στην εσωτερική του δομή, με τα περισσότερα έξοδα του σταθμού βάσης να σχετίζονται με τα υλικά και την κατασκευή του.

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.5.1, είναι προφανή τα οφέλη από την εφαρμογή υπηρεσιών UMTS/IMT-2000 στη ζώνη συχνοτήτων 470-600 MHz, σε σύγκριση με τις ζώνες συχνοτήτων 900 MHz και 2 GHz, σε μεγάλες περιοχές χαμηλής πυκνότητας πληθυσμού. Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν αφορούν το χαμηλότερο αριθμό σταθμών βάσης. Προκύπτει ότι μπορεί να γίνει εξοικονόμηση 2 στους 3 ή ακόμα και 3 στους 4 σταθμούς βάσης κατά την εφαρμογή τους στη UHF ζώνη συχνοτήτων σε αγροτικές περιοχές με χαμηλή πυκνότητα πληθυσμού. Αυτό, σε οικονομικούς όρους, ισοδυναμεί με εξοικονόμηση κόστους 66%-75%. Το οικονομικό αντίκτυπο στις επενδύσεις των παρόχων υπηρεσιών UMTS/IMT-2000 θα έχει αντίκτυπο και στο καταναλωτικό κοινό, καθώς θα επωφεληθούν από το χαμηλότερο κόστος παροχής των υπηρεσιών αυτών.

6.3.4 Συμπεράσματα

Προτιμότερη λύση, λοιπόν, για την εφαρμογή υπηρεσιών UMTS/IMT-2000 στη UHF ζώνη συχνοτήτων είναι η εναρμόνιση μίας συγκεκριμένης υποζώνης για τις υπηρεσίες αυτές. Έτσι, θα επιτευχθεί βελτιωμένη κάλυψη με οικονομικότερο τρόπο, από πλευράς επενδύσεων, ενώ, ταυτόχρονα, θα διασφαλιστεί η προστασία των ήδη υπάρχοντων ψηφιακών υπηρεσιών στη ζώνη αυτή.

Εμπόδιο στην επιθυμία των παρόχων υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών να επωφεληθούν από το φάσμα συχνοτήτων, που πρόκειται να απελευθερωθεί από την

ψηφιακή μετάβαση, αποτελούν οι πάροχοι υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης. Οι πάροχοι αυτοί επιθυμούν τη διατήρηση του ψηφιακού χάρτη στην παρούσα του μορφή, ούτως ώστε να επωφεληθούν από την απελευθέρωση του φάσματος και να εισάγουν νέες αναβαθμισμένες υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης.

Όπως, όμως, προαναφέρθηκε, η τελική επιλογή ανήκει στις αρμόδιες αρχές των κρατών μελών. Οι αποφάσεις τους όμως οφείλουν να είναι συμμορφωμένες με τα πεπραγμένα των τελευταίων συνεδρίων RRC-06 και WRC-07 και με σεβασμό στην προστασία των ήδη υπαρχόντων ψηφιακών υπηρεσιών στη ζώνη αυτή.

Συντομογραφίες

- 2G: 2nd Generation
- 3G: 3rd Generation
- 3GPP: 3rd Generation Partnership Project
- 4G: 4th Generation
- ACS: Adjacent Channel Selectivity
- AF: Adjustment Factor
- AMR: Adaptive Multi-Rate
- ATSC: Advanced Television Systems Committee
- AVC: Advanced Video Coding
- BER: Bit Error Ratio
- BLER: Block Error Ratio
- BSTOFDM: Bandwidth Segmented Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- BTS: Base Transceiver Station
- BWA: Broadband Wireless Access
- CAPEX: Capital Expenditures
- CBD: Central Business District
- CDMA: Code Division Multiple Access
- CEPT: European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
- COFDM: Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
- CSD: Circuit Switched Data
- CW: Continuous Wave
- DCS: Digital Cellular System
- DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications
- DL: Downlink
- DPCH: Dedicated Physical Channel
- DTT: Digital Terrestrial Television
- DVB-H: Digital Video Broadcasting-Handheld
- DVB-SI: Digital Video Broadcasting - Service Information
- DVB-T: Digital Video Broadcasting
- DVB-T2: Digital Video Broadcasting 2
- DVD: Digital Video Disc
- EBA: European Broadcasting Area
- EBU: European Broadcasting Union
- EE: Ευρωπαϊκή Ένωση
- EESS: Earth-Exploration Satellite Service
- EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolution
- EFR: Enhanced Full Rate

EICTA: European Information, Communications and Consumer Electronics Technology Industry Associations
EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power
EMC: Electromagnetic Compatibility
EPT: Effective Protection Target
ERP: Effective Radiated Power
ETSI: European Telecommunications Standard Institute
FBI: Feedback Information
FCC: Federal Communications Commission
FDD: Frequency Division Duplex
FFT: Fast Fourier Transformation
FIFO: First In-First Out
FM: Frequency Modulation
FS: Field Strength
FSS: Fixed-Satellite Service
GE06: Geneva 2006
GMDSS: Global Maritime Distress and Safety System
GPRS: General Packet Radio Service
GSM: Global System for Mobile communications
HAPS: High Altitude Platform Stations
HD-ready: High Definition ready
HDTV: High Definition Television
HSDPA: High Speed Downlink Packet Access
HSUPA: High Speed Uplink Packet Access
IDFT: Inverse Discrete Fourier Transform
IEC: International Electrotechnical Commission
IFFT: Inverse Fast Fourier Transform
IMT: International Mobile Telecommunications
ISDB: Integrated Services Digital Broadcasting
ISI: Inter Symbol Interference
ITU: International Telecommunication Union
LAN: Local Area Network
LCD: Liquid Crystal Display
MBMS: Multimedia Broadcast Multicast Service
MFN: Multi-Frequency Network
MIMO: Multiple Input Multiple Output
MPE-FEC: Multi-Protocol Encapsulation-Forward Error Correction
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
NF: Nuisance Field

NTSC: National Television Standard Committee
OBQ: Offered Bit Quantity
OFCOM: Office Of Communications
OFDM: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
OPEX: Operational Expenditures
PAL: Phase Alternate Line
PM: Protection Margin
PRBS: Pseudo-Random Binary Sequence
PSD: Packet Switched Data
QAM: Quadrature Amplitude Modulation
QoS: Quality of Service
QPSK: Quadrature Phase Shift Keying
RARC: Regional Administrative Radio Conference
RCPC: Rate Compatible Punctured Convolutional
RF: Radio Frequency
RN: Reference Network
RPC: Reference Planning Configuration
RRC: Regional Radiocommunication Conference
SDTV: Standard Definition Television
SDU: Service Data Unit
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
T-DMB: Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting
TCP: Transmit Power Control
TDD: Time Division Duplex
TFCI: Transform Format Combination Indicator
TPS: Transmission Signaling Parameter
UARFCN: UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number
UE: User Equipment
UHF: Ultra High Frequency
UL: Uplink
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
UWB: Ultra Wide Band
VC1: είναι η ανεπίσημη ονομασία του προτύπου κωδικοποίησης video SMPTE 421M
VHE: Virtual Home Environment
VHF: Very High Frequency

VoD: Video on Demand

WARC: World Administrative Radio Conference

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access

WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access

WRC: World Radiocommunication Conference

XPD: Cross Polar Discrimination

Βιβλιογραφία

1. EBU – Technical review: “RRC-06 / Technical basis and planning configurations for T-DAB and DVB-T” (Roland Brugger and Kerstin Mayer)
2. EBU – Technical review: “GE06 – Overview of the second session (RRC-06) and the main features for broadcasters” (Terry O’Leary, Elena Puigrefagut and Walid Sami)
3. EBU – Technical review: “RRC04/06 – An overview of the first session (RRC04)” (Elena Puigrefagut and Terry O’Leary)
4. UMTS Forum Report No. 38: “Coverage Extension Bands for UMTS/IMT-2000 in the bands between 470-600 MHz”
5. EBU – Technical review: “High Definition for Europe – A progressive approach” (David Wood)
6. ECC Report 19: “Guidance Material for assessing the spectrum requirements of the fixed service to provide infrastructure to support the UMTS/IMT-2000 networks”
7. www.ebu.ch: EBU News: “Future of Digital TV could depend on ITU decisions” (SMC 010)
8. “UHF Technical Compatibility issues” (Prepared for Ofcom by Ægis as part of the “Preparatory study for the UHF spectrum award”)
9. www.umts-forum.org : A view of the future spectrum for future developments of IMT-2000 and IMT- Advanced – UMTS forum views on the ITU WRC-07 , Agenda Items 1.4 and 1.9.
10. Διπλωματική Εργασία: «Μελέτη περιπτώσεων παρεμβολής μεταξύ συστημάτων αναλογικής και ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης» (Ελένη Ν. Παπανικολάου)
11. 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)
12. 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)
13. EBU-UER: Final draft ETSI EN 300 744 V1.5.1 (2004-06) / “Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television”
14. Rec. ITU-R SM.851-1: “Sharing between the broadcasting service and the fixed and/or mobile services in the VHF and UHF bands”.
15. ITU: “Final Acts of the European Broadcasting Conference in the VHF and UHF bands” (Stockholm 1961)
16. CEPT – Report A: “Final report from CEPT to European Commission in response to the mandate on: compatibility issues between “cellular / low power transmitter” networks and “larger coverage / high power / tower” type of networks”.
17. CEPT Report B to ECC: “Technical feasibility of harmonizing a sub-band of bands IV and V for fixed/mobile applications (including uplinks), minimizing the impact on GE06”.
18. EBU Technical Review 3312: “Digital Terrestrial HDTV Broadcasting in Europe, The data rate capacity needed (and available) for HDTV)”

19. European Commission: “Mandate to CEPT on technical considerations regarding harmonization options for the digital dividend”.
20. UMTS Forum: “UMTS Forum response to the ARCEP consultation on the challenges tied to new frequency bands for electronic communication services access networks”.
21. EBU-UER: “EBU comments to the RSPG opinion on the introduction of Multimedia Services in particular in the frequency bands allocated to the broadcasting services”.
22. UMTS Forum: UMTS Forum response to the RSPG public consultation on “The introduction of Multimedia Services in particular in the frequency bands allocated to the broadcasting services”.
23. ITU Press Releases (www.itu.int/newsroom/press_releases/index.asp) ITU World Radiocommunication Conference “sets future course for wireless” (Written by Michael Schwartz).
24. www.wikipedia.org
25. www.digitalradiotech.co.uk (DVB-T2 to enable HDTV post-switchover)
26. www.umtsworld.com
27. www.ero.dk
28. www.itu.int
29. Π. Κωττής, Χ. Καυάλης, «Κεραίες, Ασύρματες Ζεύξεις», Αθήνα 2005
30. Ι. Δ. Κανελλόπουλος, «Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων Σε Γήινο Περιβάλλον», Αθήνα 2006