



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

**Μετατροπή Δικτύου DVB-T, Από Allotment,  
Σε SFN Δίκτυο Με Assignments, Σύμφωνα Με Τις  
Προδιαγραφές της RRC - 06 Agreement**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΧΡΗΣΤΟΣ Α. ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗΣ**

**Επιβλέπων :** Δήμητρα Ι. Κακλαμάνη  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2006









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

**Μετατροπή Δικτύου DVB-T, Από Allotment,  
Σε SFN Δίκτυο Με Assignments, Σύμφωνα Με Τις  
Προδιαγραφές της RRC - 06 Agreement**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΧΡΗΣΤΟΣ Α. ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗΣ**

**Επιβλέπων :** Δήμητρα Ι. Κακλαμάνη  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 24<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2006.

.....  
Δήμητρα, Κακλαμάνη  
Αν. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....  
Ιάκωβος Βενιέρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Νικόλαος Ουζούνογλου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2006



.....  
Χρήστος Α. Βλαχογιάννης

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

Copyright © Χρήστος Α. Βλαχογιάννης 2006

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT

### Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της επίγειας μετάδοσης ψηφιακής τηλεόρασης με χρήση του συστήματος DVB-T. Αρχικά δίνονται εφαρμογές και κάποια, βασικά, χαρακτηριστικά της ψηφιακής τηλεόρασης αλλά και πιο αναλυτικά του συστήματος DVB-T. Εξετάζονται οι μεταβλητές και οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα των υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρει το σύστημα DVB-T, όπως η διαμόρφωση, η κωδικοποίηση, ο C/N κ.α. Ταυτόχρονα, παρουσιάζονται τεχνικά χαρακτηριστικά και ορισμοί της μετάδοσης του σήματος DVB-T. Στην συνέχεια παρουσιάζεται διεξοδικά ο σχεδιασμός ενός ψηφιακού πλάνου συχνοτήτων. Αφού πρώτα, γίνει μια μικρή αναφορά στο ήδη υπάρχον αναλογικό πλάνο και στον τρόπο μετάβασης στην πλήρως ψηφιακή εκπομπή τηλεόρασης μετά το τέλος της περιόδου μετάβασης, κατά την οποία πρέπει να υπάρχει αρμονική συνύπαρξη της αναλογικής και ψηφιακής τηλεόρασης, γίνεται εκτενής αναφορά στα κριτήρια σχεδιασμού όπως ο τύπος του δικτύου, οι βαθμοί προστασίας PR κ.α. Τέλος παρουσιάζεται η μέθοδος για τις ενέργειες συντονισμού που, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ITU, πρέπει να γίνουν από οποιαδήποτε χώρα θέλει να τροποποιήσει το αναλογικό ή το ψηφιακό πλάνο συχνοτήτων, έτσι ώστε το αποτέλεσμα που θα προκύψει από την αλλαγή αυτή να είναι συμβατό και να μην επηρεάζει την λειτουργία οποιουδήποτε σταθμού ανήκει στα πλάνα αυτά. Αφού παρουσιαστούν αναλυτικά τα βήματα της μεθόδου αυτής, γίνεται η εφαρμογή της, με την μετατροπή του allotment της Αττικής και την αντικατάστασή του από ένα SFN δίκτυο από assignments. Τα αποτελέσματα που παρατίθενται στο τέλος της εργασίας έχουν προκύψει από την χρήση του προγράμματος ICS της ATDI.

**Λέξεις – κλειδιά :** Ψηφιακή τηλεόραση, DVB-T, Allotment, Assignment, Αναλογικό πλάνο συχνοτήτων, Ψηφιακό πλάνο συχνοτήτων, RPC, RN, SFN, MFN, Βαθμοί προστασίας, Συντελεστές διόρθωσης, Επίγειες υπηρεσίες, Τροποποιήσεις, Συντονισμός, Γεωμετρικά περιγράμματα, Περιγράμματα συντονισμού και αποκοπής πεδίου ισχύος, Σημεία μέτρησης, Παρεμβολή, Τιμή κατωφλίου πεδίου ισχύος, Διάστημα προστασίας, Ενδο-παρεμβολή



## Abstract

In this thesis, a brief presentation of the broadcasting of digital television using Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) system is given. Firstly, we are informed about some implementations and key characteristics of the operation of digital television, in general, and more detailed about the operation of digital terrestrial television. The system variants, like the modulation, code rate, C/N values e.t.c, which determine the quality of the provided services of DVB-T, are examined. In the same time, some technical characteristics of the transmitters, used for the broadcasting of DVB-T signal and some definitions of the propagation model, are presented. Next, the creation of a digital frequency plan is, thoroughly, presented. After, a small mention is made, about the analogue frequency plan and in the ways that a country can go to an all digital plan, in the end of the transition period, in which there is coexistence of analogue and digital services, we are presented of the criteria for the development of a digital plan, like the type of selected network, the protection ratios – PR, e.t.c. Lastly, we are given the details of the method for the coordination procedure, which in accordance with the final acts of the RRC-06 Agreement, every administration, which wants to make any modification to the analogue or digital plan, must do, in order that this change is going to be in conformity with these plans. Then, an example of the conversion of the Attiki allotment into assignments is given and the results of this conversion are presented using the ICS tool.

**Key Words** : Digital television, DVB – T, Allotment, Assignment, Analogue frequency plan, Digital frequency plan, RPC, RN, SFN, MFN, Protection ratios, Correction factors, Digital services, Modifications, Coordination, Geometrical contours , Coordination and cut-off field strength contours, Calculation points, Interference, Trigger field strength values, Guard interval, Self-interference.



### **Ευχαριστίες:**

Για την συγγραφή της παρούσης διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω, ιδιαιτέρως, την Δήμητρα Ζαρμπούτη (Υ.Δ), για την άψογη συνεργασία που είχαμε την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή της καθώς και για την υπομονή της καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.



## **ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT.....</b>	<b>9</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....</b>	<b>15</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....</b>	<b>19</b>
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ.....</b>	<b>24</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:</b>	
<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΏΡΑΣΗ (DVB – Digital Video Broadcasting).</b>	<b>29</b>
<b>1.1 Ψηφιακή τηλεόραση.....</b>	<b>31</b>
1.1.1 Χαρακτηριστικά αναλογικής τηλεόρασης.....	31
1.1.2 Χαρακτηριστικά ψηφιακής τηλεόρασης.....	33
1.1.3 Εκπομπή – Διανομή ψηφιακής τηλεόρασης .....	40
1.1.4 Λήψη ψηφιακής τηλεόρασης.....	40
1.1.5 Πλεονεκτήματα ψηφιακής τηλεόρασης.....	41
1.1.6 Ευρωπαϊκά συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης.....	42
<b>1.2 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T - Digital Video Broadcasting – Terrestrial).....</b>	<b>43</b>
1.2.1 Υπηρεσίες DVB-T.....	45
1.2.2 Πλεονεκτήματα DVB-T.....	48
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-T.....</b>	<b>51</b>
<b>2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κεραιών εκπομπής.....</b>	<b>53</b>
<b>2.2 Χαρακτηριστικά μετάδοσης DVB-T.....</b>	<b>57</b>
2.2.1 Πιθανότητα Κάλυψης Χώρου (location probability).....	57
2.2.2 Πιθανότητα κάλυψης χρόνου (time probability).....	58
2.2.3 Συντελεστής διόρθωσης θέσης (location correction factor).....	58

2.2.4 Συμμετρική φασματική μάσκα (symmetrical spectrum mask).....	60
<b>2.3 Ορισμοί εκπεμπόμενου πεδίου ακτινοβολίας.....</b>	<b>61</b>
<b>2.4 Παρεμβολή (Interference).....</b>	<b>65</b>
<b>2.5 Λήψη DVB-T.....</b>	<b>57</b>
2.5.1 Σταθερή λήψη (fixed reception).....	67
2.5.2 Φορητή λήψη (portable reception).....	68
2.5.3 Κινητή λήψη (mobile reception).....	69
<b>2.6 Ορισμοί κάλυψης DVB-T.....</b>	<b>70</b>

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

<b>ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DVB-T.....</b>	<b>73</b>
3.1 Εισαγωγή.....	75
3.2 Συχνότητες λειτουργίας (frequency Bands) και κανάλια DVB-T.....	75
3.3 Διαμόρφωση (Modulation).....	79
3.4 Διάστημα προστασίας (guard interval).....	83
3.5 Βαθμός κωδικοποίησης (code rate) .....	84
3.6 Ωφέλιμη χωρητικότητα καναλιού.....	84
3.7 Λόγος φέροντος προς θόρυβο (Carrier to Noise ratio - C/N)....	86
3.8 Ελάχιστα επίπεδα σήματος (minimum signal levels).....	87

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

<b>ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΛΑΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ DVB-T.....</b>	<b>89</b>
4.1 Επισκόπηση του πλάνου συχνοτήτων της Στοκχόλμης του 1961 (ST61).....	91
4.2 Σχεδιασμός συστήματος DVB-T.....	94
4.2.1 Τύπος δικτύου.....	94



4.2.2 RPCs (Radio Planning Configurations).....	96
4.2.3 Δίκτυα Αναφοράς (Reference Networks - RNs).....	99
4.2.4 Βαθμοί Προστασίας (Protection Ratios - PR).....	109

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

<b>ΤΥΠΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ DVB-T (MFN ΚΑΙ SFN ΔΙΚΤΥΑ).....</b>	<b>125</b>
--	------------

<b>5.1 Δίκτυο Πολλαπλής Συχνότητας (Multiple Frequency Network – MFN) .....</b>	<b>127</b>
---	------------

<b>5.2 Δίκτυο Ενιαίας Συχνότητας (Single Frequency Network – SFN).....</b>	<b>129</b>
--	------------

5.2.1 Ανοιχτά / Κλειστά SFNs δίκτυα.....	130
--	-----

5.2.2 Χαρακτηριστικά πομπών.....	130
----------------------------------	-----

5.2.3 Αποδοτικότητα φάσματος .....	131
------------------------------------	-----

5.2.4 Αποδοτικότητα ισχύος.....	131
---------------------------------	-----

5.2.5 Απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας.....	131
--	-----

5.2.6 Σχεδιασμός SFNs με gap fillers.....	132
---	-----

5.2.7 Περιορισμοί χρήσης SFNs.....	134
------------------------------------	-----

5.2.8 Παρεμβολή SFN δικτύου.....	136
----------------------------------	-----

<b>5.3 Συμπέρασμα.....</b>	<b>139</b>
----------------------------	------------

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

<b>ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΛΑΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ... 141</b>	
---	--

<b>6.1 Εισαγωγή.....</b>	<b>143</b>
--------------------------	------------

<b>6.2 Διαδικασίες τροποποίησης των Πλάνων Συχνοτήτων.....</b>	<b>144</b>
--	------------

<b>6.3 Έλεγχος ανάγκης συντονισμού λόγω τροποποιήσεων στα Πλάνα Συχνοτήτων.....</b>	<b>150</b>
---	------------

6.3.1 Ανίχνευση επηρεαζόμενων από την τροποποίηση assignments.....	150
---	-----

6.3.2 Εξέταση Συμβατότητας του νέου σταθμού με τα Πλάνα συχνοτήτων.....	165
---	-----

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

<b>ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ALLOTMENT ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ.....</b>	<b>171</b>
<b>7.1 Χαρακτηριστικά Του Allotment Της Αττικής.....</b>	<b>173</b>
<b>7.2 Περιγραφή της μεθόδου μετατροπής.....</b>	<b>177</b>
<b>7.3 Εφαρμογή της μεθόδου μετατροπής.....</b>	<b>182</b>
7.3.1 Υπολογισμός πεδίου αναλογικής μετάδοσης.....	183
7.3.2 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου με τα χαρακτηριστικά των πομπών της αναλογικής μετάδοσης.....	185
7.3.3 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για κατευθυντικές κεραιές και ισχύεις ίδιες με της αναλογικής μετάδοσης.....	187
7.3.4 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για ομοιοκατευθυντικές κεραιές και μειωμένες ισχύεις σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	188
7.3.5 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για κατευθυντικές κεραιές και μειωμένες ισχύεις σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	190
<b>7.4 Αποτελέσματα – Παρατηρήσεις.....</b>	<b>191</b>
<b>7.5 Σύγκριση παρεμβολής νέου SFN δικτύου και παρεμβολής allotment.....</b>	<b>195</b>
<b>7.5 Έλεγχος ενδο-παρεμβολής στο νέου SFN δικτύου.....</b>	<b>196</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>199</b>
Παράρτημα 1: “Power Sum Method”.....	201
Παράρτημα 2: Υπολογισμός Κέντρου Βάρους Πολυγώνου.....	202
Παράρτημα 3: Πίνακες Πλάνων Συχνοτήτων.....	203
Παράρτημα 4: Πίνακες Τροποποίησης Πλάνων Συχνοτήτων.....	206
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>211</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 - Location correction factors για εξωτερικές θέσεις.....	59
Πίνακας 2.2 - Location correction factors για εσωτερικές θέσεις.....	59
Πίνακας 2.3 - Συμμετρική φασματική μάσκα για μη κρίσιμες και ευαίσθητες περιπτώσεις για κανάλια εύρους 8 και 7 MHz.....	60
Πίνακας 2.4 - Κέρδος κεραιών σταθερής λήψης.....	68
Πίνακας 2.5 - Απώλειες εισόδου κεραιών σταθερής λήψης.....	68
Πίνακας 2.6 - Κέρδος κεραιών φορητής λήψης.....	69
Πίνακας 2.7 - Απώλειες ύψους κεραιών φορητής λήψης.....	69
Πίνακας 2.8 - Απώλειες κτιρίου κεραιών φορητής λήψης.....	69
Πίνακας 2.9 - Κέρδος κεραιών κινητής λήψης.....	69
Πίνακας 3.1 - DVB-T κανάλια στην Band III.....	76
Πίνακας 3.2 - DVB-T κανάλια στις Band IV και V.....	77
Πίνακας 3.3 - Συχνότητες φερόντων, ήχου και εικόνας.....	78
Πίνακας 3.4 - Διαμόρφωση φερόντων, ήχου και εικόνας.....	78
Πίνακας 3.5 - Χαρακτηριστικά OFDM διαμόρφωσης.....	83
Πίνακας 3.6 - Αριθμός φερόντων και “guard interval”.....	84
Πίνακας 3.7 - Ωφέλιμη χωρητικότητα για διάφορες παραμέτρους DVB-T.....	85
Πίνακας 3.8 - Τιμές C/N για διάφορες παραμέτρους DVB-T.....	86
Πίνακας 3.9 - Minimum median field strength τιμές για διάφορες μεταβλητές και τύπους λήψης του συστήματος DVB-T για τις συχνότητες 200 και 500 MHz.....	88
Πίνακας 4.1 - Παράμετροι RPC.....	97
Πίνακας 4.2 - Χαρακτηριστικά των RPCs.....	97
Πίνακας 4.3 - Διαμόρφωση και λόγος κωδικοποίησης των RPCs.....	98
Πίνακας 4.4 - Τύποι RNs.....	101
Πίνακας 4.5 - Χαρακτηριστικά RN1.....	102
Πίνακας 4.6 - Χαρακτηριστικά RN2.....	104

Πίνακας 4.7 - Χαρακτηριστικά RN3.....	106
Πίνακας 4.8 - Χαρακτηριστικά RN4.....	108
Πίνακας 4.9 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό DVB-T σήμα.....	111
Πίνακας 4.10 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο DVB-T σήμα γειτονικού καναλιού.....	112
Πίνακας 4.11 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό σήμα αναλογικής τηλεόρασης.....	112
Πίνακας 4.12 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης κάτω πλευρικών καναλιών.....	113
Πίνακας 4.13 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω πλευρικών καναλιών.....	113
Πίνακας 4.14 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz.....	114
Πίνακας 4.15 - Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές $\Delta f$ για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz.....	114
Πίνακας 4.16 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 7 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz.....	115
Πίνακας 4.17 - Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές $\Delta f$ για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 7 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz.....	115
Πίνακας 4.18 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz.....	116
Πίνακας 4.19 - Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές $\Delta f$ για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz.....	116
Πίνακας 4.20 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 8 MHz.....	116

Πίνακας 4.21 - Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές $\Delta f$ για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 8 MHz.....	117
Πίνακας 4.22 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό T-DAB σήμα.....	117
Πίνακας 4.23 - PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο T-DAB σήμα γειτονικού καναλιού.....	117
Πίνακας 4.24 - Άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες .....	118
Πίνακας 4.25 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από AB σύστημα.....	119
Πίνακας 4.26 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από AC, BC, BN, BX και NA συστήματα.. .....	119
Πίνακας 4.27 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από BA, BD και XG συστήματα.....	119
Πίνακας 4.28 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από BB σύστημα.....	119
Πίνακας 4.29 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από BL και BY συστήματα.....	119
Πίνακας 4.30 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από FI σύστημα.....	119
Πίνακας 4.31 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από FH και FK συστήματα.....	119
Πίνακας 4.32 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από FF, FH και FK συστήματα.....	120
Πίνακας 4.33 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από NC σύστημα.....	120
Πίνακας 4.34 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από OX, FJ, FL και NB συστήματα.....	120

Πίνακας 4.35 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από OX, OY, OZ, FJ, FL και NB συστήματα.....	120
Πίνακας 4.36 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από εκπομπές CDMA-IX.....	120
Πίνακας 4.37 - PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από εκπομπές CDMA-IX.....	120
Πίνακας 4.38 - Συντελεστές διόρθωσης για PR DVB-T σήματος για παρεμβολή από άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες.....	121
Πίνακας 4.39 - PR για επιθυμητό T-DAB και ανεπιθύμητο σήμα DVB-T εύρους 7 MHz.....	121
Πίνακας 4.40 - PR για επιθυμητό T-DAB και ανεπιθύμητο σήμα DVB-T εύρους 8 MHz.....	122
Πίνακας 4.41 - PR για επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό DVB-T σήμα.....	123
Πίνακας 4.42 - PR για επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης PAL B, D, DI, G, H, K και ανεπιθύμητο DVB-T σήμα εύρους 7 MHz επικαλυπτόμενου καναλιού.....	123
Πίνακας 4.43 - PR για επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης PAL B, D, DI, G, H, K και ανεπιθύμητο DVB-T σήμα εύρους 8 MHz επικαλυπτόμενου καναλιού.....	124
Πίνακας 5.1 - Τιμές “guard interval” σε SFN δίκτυα.....	139
Πίνακας 6.1 - “Trigger field strength values” για την προστασία συστημάτων υπηρεσιών αναμετάδοσης, από τροποποιήσεις στα πλάνα συχνοτήτων.....	155
Πίνακας 6.2 - “Trigger field strength values” για αντιπροσωπευτικά συστήματα αναμετάδοσης στα 650 MHz.....	156
Πίνακας 6.3 - “Trigger field strength values” για την προστασία συστημάτων κινητών υπηρεσιών στις συχνότητες 174–230 MHz, από T-DAB σήματα.....	157
Πίνακας 6.4 - “Trigger field strength values” για την προστασία συστημάτων κινητών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα.....	158
Πίνακας 6.5 - “Trigger field strength values” για την προστασία υπηρεσιών ραδιοπλοήγησης και αεροναυτικής ραδιοπλοήγησης, από DVB-T σήματα.....	160

Πίνακας 6.6 - “Trigger field strength values” για την προστασία άλλων σταθερών υπηρεσιών, από DVB-T και T-DAB σήματα.....	160
Πίνακας 6.7 - Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους της εξίσωσης (6.2) για την προστασία σταθμών βάσης για την γενική περίπτωση κινητών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα.....	161
Πίνακας 6.8 - Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους της εξίσωσης (6.2) για την προστασία κινητών σταθμών για την γενική περίπτωση κινητών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα.....	161
Πίνακας 6.9 - Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους της εξίσωσης (6.2) για την προστασία σταθμών για την γενική περίπτωση άλλων σταθερών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα.....	161
Πίνακας 6.10 - “Trigger field strength values” για την προστασία των πλάνων συχνότητων από άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες .....	161
Πίνακας 7.1 - Γεωγραφικές συντεταγμένες των κορυφών του allotment της Αττικής.....	175
Πίνακας 7.2 - Γενικά χαρακτηριστικά του allotment της Αττικής.....	175
Πίνακας 7.3 - Γεωγραφικές συντεταγμένες των τριών προτεινόμενων assignments.....	176
Πίνακας 7.4 - Απόσταση μεταξύ των τριών προτεινόμενων assignments.....	176
Πίνακας 7.5 - Γεωγραφικές συντεταγμένες του κέντρου βάρους του allotment της Αττικής.....	177
Πίνακας 7.6 - Αρχικές ισχύεις των τριών προτεινόμενων assignments.....	179
Πίνακας 7.7 - Τιμές ελάχιστου μέσου απαιτούμενου πεδίου για την αναλογική τηλεόραση.....	182
Πίνακας 7.8 - Τιμές ελάχιστου μέσου απαιτούμενου πεδίου για την ψηφιακή τηλεόραση.....	182
Πίνακας 7.9 - Ισχύεις αναλογικής μετάδοσης των τριών προτεινόμενων assignments.....	183
Πίνακας 7.10 1 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων των τριών προτεινόμενων assignments σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	188
Πίνακας 7.11 2 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων των τριών προτεινόμενων assignments σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	189
Πίνακας 7.12 3 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων των τριών προτεινόμενων assignments σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	190

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σχήμα 1.1 - Βασικό σύστημα μετάδοσης ψηφιακής τηλεόρασης DTV.....	31
Σχήμα 1.2 - Διαδικασία μετατροπής του αναλογικού σήματος της τηλεόρασης σε ψηφιακό.....	33
Σχήμα 1.3 - Ψηφιοποίηση σήματος.....	34
Σχήμα 1.4 - Πρότυπο κωδικοποίησης 4:2:2.....	35
Σχήμα 1.5 - Βασικό διάγραμμα ενός κωδικοποιητή MPEG-2.....	36
Σχήμα 1.6 - Πακέτα μεταφοράς ψηφιακής τηλεόρασης.....	37
Σχήμα 1.7 - Διαδικασία διόρθωσης σφαλμάτων.....	38
Σχήμα 1.8 - Πολυπλέκτης του MPEG-2 TS.....	38
Σχήμα 1.9 - Διεργασία της πολυπλεξίας.....	39
Σχήμα 1.10 - Πομπός ψηφιακής τηλεόρασης.....	40
Σχήμα 1.11 - Η παγκόσμια κατάσταση της ψηφιακής τηλεόρασης.....	43
Σχήμα 1.12 - Δομή ενός δικτύου DVB-T .....	46
Σχήμα 1.13 - Αρχιτεκτονική ενός διαδραστικού DVB-T δικτύου.....	47
Σχήμα 1.14 - Φαινόμενο απότομης υποβάθμισης του σήματος DVB-T.....	48
Σχήμα 2.1 - Συμμετρική φασματική μάσκα για μη κρίσιμες και ευαίσθητες περιπτώσεις για κανάλια εύρους 8 και 7 MHz.....	61
Σχήμα 2.2 - Κατευθυντικότητα κεραιών σταθερής λήψης.....	67
Σχήμα 3.1 - Channel rasters in Band III.....	78
Σχήμα 3.2 - Channel rasters in Band IV/V.....	78
Σχήμα 3.3 - Διαμορφωμένο φέρον DVB-T σήματος .....	80
Σχήμα 3.4 - Τελικό διαμορφωμένο DVB-T σήμα.....	80
Σχήμα 3.5 - Αναλογικό σήμα τηλεόρασης .....	82
Σχήμα 3.6 - DVB-T σήμα τηλεόρασης .....	82
Σχήμα 3.7 - Σήμα αναλογικής τηλεόρασης μαζί με σήμα DVB-T.....	82
Σχήμα 3.8 - Τιμές C/N σε σχέση με code rate σε Gauss, DVB-T κανάλι.....	86



Σχήμα 3.9 - Τιμές C/N σε σχέση με guard interval σε Gauss, DVB-T κανάλι.....	87
Σχήμα 4.1 - Region 1.....	92
Σχήμα 4.2 - Προσέγγιση με assignments.....	95
Σχήμα 4.3 - Προσέγγιση με allotments.....	95
Σχήμα 4.4 - Γεωμετρία RN1.....	102
Σχήμα 4.5 - Υπολογισμός Παρεμβολής RN1.....	103
Σχήμα 4.6 - Γεωμετρία RN2.....	104
Σχήμα 4.7 - Υπολογισμός Παρεμβολής RN2.....	105
Σχήμα 4.8 - Γεωμετρία RN3.....	106
Σχήμα 4.9 - Υπολογισμός Παρεμβολής RN3.....	107
Σχήμα 4.10 - Γεωμετρία RN4.....	108
Σχήμα 4.11 - Υπολογισμός Παρεμβολής RN4.....	109
Σχήμα 5.1 - Μορφή MFN δικτύου.....	128
Σχήμα 5.2 - Δομή MFN δικτύου.....	128
Σχήμα 5.3 - SFN δίκτυο .....	129
Σχήμα 5.4 - Υλοποίηση κάλυψης με “gap fillers”.....	132
Σχήμα 5.5 - Διάστημα προστασίας (guard interval).....	138
Σχήμα 5.6 - Μορφή SFN δικτύου.....	140
Σχήμα 5.7 - Δομή SFN δικτύου.....	140
Σχήμα 6.12 - Υπολογισμός παρεμβολής RN δικτύου με 3 πομπούς.....	153
Σχήμα 6.2 - Υπολογισμός παρεμβολής RN δικτύου με 7 πομπούς.....	154
Εικόνα 7.1 - Allotment Ελλάδα.....	174
Εικόνα 7.2 - Allotment Αττικής.....	174
Εικόνα 7.3 - Σύνορα Ελλάδας και "geometrical contours" .....	178

Εικόνα 7.4 - Διάγραμμα ακτινοβολίας ομοιοκατευθυντικής κεραίας.....	180
Εικόνα 7.5 - Διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυντικής κεραίας Υμηττού.....	180
Εικόνα 7.6 - Διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυντικής κεραίας Πάρνηθας.....	181
Εικόνα 7.7 - Διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυντικής κεραίας Αίγινας.....	181
Εικόνα 7.8 - Πεδίο για μετάδοση σήματος αναλογικής τηλεόρασης, με τιμή κατωφλίου 70 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 370-7* .....	183
Εικόνα 7.9 Πεδίο για μετάδοση σήματος αναλογικής τηλεόρασης, με τιμή κατωφλίου 70 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel.....	184
Εικόνα 7.10 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 1546-2, για ομοιοκατευθυντικές κεραίες και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης.....	185
Εικόνα 7.11 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, για ομοιοκατευθυντικές κεραίες και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης .....	186
Εικόνα 7.12 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραίες και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης .....	187
Εικόνα 7.13 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραίες και για την 1 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης .....	188
Εικόνα 7.14 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραίες και για την 2 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης .....	189
Εικόνα 7.15 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραίες και για την 3 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης .....	190
Εικόνα 7.16 Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραίες και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης .....	191

<b>Εικόνα 7.17</b> Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραιές και για την 3 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης .....	192
<b>Εικόνα 7.18</b> Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραιές και για την 1 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	193
<b>Εικόνα 7.19</b> Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραιές και για την 2 <sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.....	194
<b>Εικόνα 7.20</b> Έλεγχος της ενδο-παρεμβολής για διάστημα προστασίας 224 $\mu$ sec.....	197
<b>Εικόνα 7.21</b> Έλεγχος της ενδο-παρεμβολής για διάστημα προστασίας 112 $\mu$ sec.....	197



# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΏΡΑΣΗ (DVB – Digital Video Broadcasting)**

### **1.1 Ψηφιακή τηλεόραση**

1.1.1 Χαρακτηριστικά αναλογικής τηλεόρασης

1.1.2 Χαρακτηριστικά ψηφιακής τηλεόρασης

1.1.3 Εκπομπή – Διανομή ψηφιακής τηλεόρασης

1.1.4 Λήψη ψηφιακής τηλεόρασης

1.1.5 Πλεονεκτήματα ψηφιακής τηλεόρασης

1.1.6 Ευρωπαϊκά συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης

### **1.2 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T - Digital Video Broadcasting – Terrestrial)**

1.2.1 Υπηρεσίες επίγειας DVB-T

1.2.2 Πλεονεκτήματα DVB-T

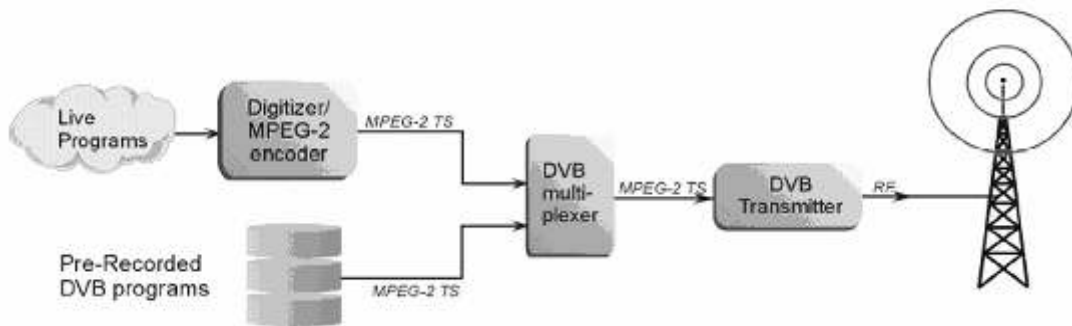


# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ (DVB – Digital Video Broadcasting)

### 1.1 Ψηφιακή τηλεόραση

Ένα βασικό σύστημα μετάδοσης ψηφιακής τηλεόρασης DTV, έχει την μορφή του σχήματος 1.1. Στην συνέχεια θα εξετάσουμε περιληπτικά κάποια από τα στάδια που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία και την τελική μετάδοση του σήματος της ψηφιακής τηλεόρασης.



Σχήμα 13.1 Βασικό σύστημα μετάδοσης ψηφιακής τηλεόρασης DTV

#### 1.1.1 Χαρακτηριστικά αναλογικής τηλεόρασης

Η εκπομπή και λειτουργία της ψηφιακής τηλεόρασης στηρίζεται στην λειτουργία της αναλογικής. Τα τρία συμβατικά συστήματα (standards) έγχρωμης αναλογικής τηλεόρασης που ισχύουν σήμερα (PAL, SECAM και NTSC), καθιερώθηκαν πριν από περίπου 40 χρόνια, από την ETSI (European Telecommunications Standards Institute) με τη δέσμευση να είναι συμβατά με τα συστήματα της ασπρόμαυρης τηλεόρασης, που πρωτολειτούργησαν περίπου πριν από 60 χρόνια.

- SECAM (Séquence de Couleurs Avec Mémoire)
- NTSC (National Television System Committee)
- PAL (Phase Alternating Line)

Η μετάδοση χρώματος στην τηλεόραση βασίζεται στην υπόθεση ότι όλα τα χρώματα στην φύση μπορούν να σχηματιστούν από την ανάμιξη των τριών βασικών χρωμάτων (primary colors) το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Αυτά τα τρία βασικά χρώματα παριστάνονται από τα σήματα εικόνας R, G και B, αντίστοιχα. Για να εξοικονομηθεί εύρος ζώνης και για να παραχθεί μια εικόνα που θα μπορεί να προβληθεί ακόμη και σε συμβατικό ασπρόμαυρο (μονόχρωμο) τηλεοπτικό δέκτη, η μετάδοση αυτών των τριών βασικών χρωμάτων γίνεται παρατηρώντας ότι μπορούν, μοναδικά, να αντικατασταθούν από οποιαδήποτε σήματα που είναι ανεξάρτητοι συνδυασμοί των R, G και B.

Τελικά τα σήματα της έγχρωμης τηλεόρασης που εκπέμπονται είναι τα:

$$Y, CB = B-Y \text{ και } CR = R-Y \quad (1.1)$$

Το σήμα Y ονομάζεται σήμα φωτεινότητας (luminance signal) και ισχύει  $Y = R+G+B$  με συντελεστές σε κάθε συνιστώσα, ανάλογα με το σύστημα της τηλεόρασης. Τα σήματα CB και CR λέγονται σήματα χρωμοδιαφοράς. Όταν λαμβάνεται σε συμβατικό μονόχρωμο δέκτη τηλεόρασης παράγει μια ασπρόμαυρη μορφή της έγχρωμης εικόνας. Τα σήματα I και Q, ονομάζονται σήματα χρωματισμού (chrominance signals) και ισχύει:

$$I = CR-CB \text{ και } Q = CB+CB \quad (1.2)$$

Και σε αυτήν την περίπτωση οι συντελεστές είναι ανάλογοι του συστήματος τηλεόρασης. Δηλαδή τα σήματα I και Q είναι γραμμικοί συνδυασμοί των CB και CR και δείχνουν τον τρόπο με τον οποίο το χρώμα αποκλίνει από τις σκιές του γκρι. Η κάθε εικόνα που μεταδίδεται, ονομάζεται πλαίσιο (frame) και χωρίζεται σε γραμμές (lines) και κάθε γραμμή σε εικονοστοιχεία (pixels). Τα σημερινά συστήματα τηλεόρασης είναι δύο τύπων έχουν 525 ή 625 γραμμές και 25 ή 30 πλαίσια μεταδίδονται το δευτερόλεπτο. Η βασική δέσμευση, στην αναλογική τηλεόραση ήταν το εύρος συχνοτήτων του κάθε καναλιού να μην ξεπερνά τα 7 έως 8 MHz, γεγονός που περιόριζε την ευκρίνεια της εικόνας σε 720 εικονοστοιχεία (pixel) ανά γραμμή και σε 625 γραμμές ανά εικόνα, δηλαδή σε  $720 * 625 = 450.000$  εικονοστοιχεία, για εικόνες που προβάλλονται με συχνότητα 50 Hz.

Δηλαδή το εύρος ζώνης που απαιτείται στην μετάδοση αναλογικής τηλεόραση και μόνο για την μετάδοση εικόνας είναι:

$$(720 * 625 \text{ pixels}) * (3 \text{ bytes/pixel για RGB}) = 1.35 \text{ MB για κάθε frame}$$

και

$$1.35 \text{ MB/frame} * 25 \text{ frames/sec} = 30 \text{ MB/sec} = \mathbf{337,5 \text{ Mbits/sec}}$$

Βλέπουμε ότι ο ρυθμός για ασύρματη μετάδοση είναι πολύ υψηλός. Η λύση είναι η συμπίεση (κωδικοποίηση) με την οποία ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης πέφτει αρκετά πιο χαμηλά ενώ παράλληλα διατηρείται καλή ποιότητα στην εικόνα.

Προσπάθειες για τη βελτίωση της ποιότητας της αναλογικής τηλεόρασης έχουν γίνει πολλές, χωρίς όμως θεαματικά αποτελέσματα, παρά την πρόοδο της ηλεκτρονικής τεχνολογίας. Το πρόβλημα βρίσκεται στα συστήματα αυτά καθαυτά και στο απαιτούμενο μεγάλο εύρος συχνοτήτων που χρειάζεται για τη βελτίωση της ευκρίνειας. Χαρακτηριστική είναι η μεγάλη προσπάθεια που έγινε στον ευρωπαϊκό χώρο για την καθιέρωση των ημι-αναλογικών συστημάτων MAC/packet με την ευκαιρία της εισαγωγής της δορυφορικής τηλεόρασης, τα οποία όμως δεν πρόσφεραν ουσιαστικές βελτιώσεις. Η λύση που τελικά επικράτησε και άρχισε ο σχεδιασμός για την τελική εφαρμογή της ήταν η ψηφιακή τηλεόραση (DVB – Digital Video Broadcasting). Για τον σκοπό αυτό ιδρύθηκε το 1993 το DVB project που είναι μια κοινοπραξία δημόσιων και ιδιωτικών οργανισμών της βιομηχανίας της τηλεόρασης και το οποίο στα επόμενα χρόνια θα αναλάμβανε να δώσει τα διάφορα χαρακτηριστικά, τεχνικά και μη, σύμφωνα με τα οποία θα λειτουργούσε η ψηφιακή τηλεόραση.



### 1.1.2 Χαρακτηριστικά ψηφιακής τηλεόρασης

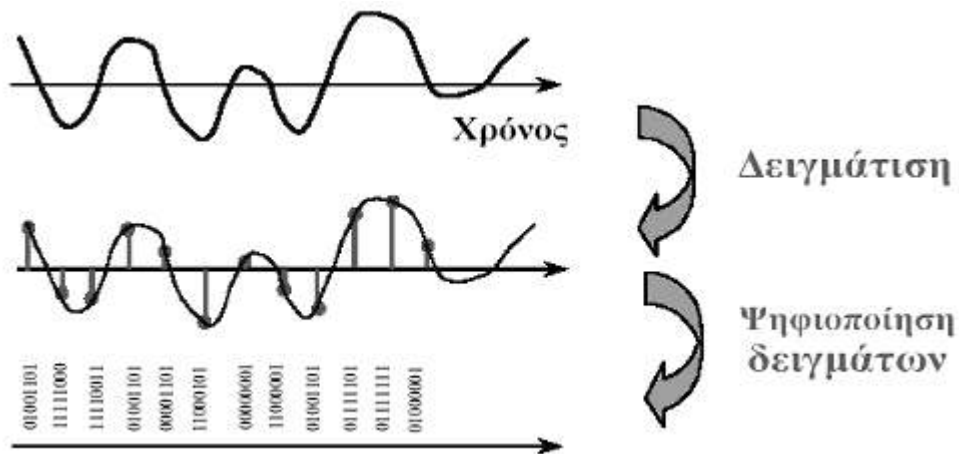
Στην ψηφιακή τηλεόραση η εκπομπή των τηλεοπτικών προγραμμάτων γίνεται με την χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας. Δηλαδή έχουμε ψηφιοποίηση και ψηφιακή μετάδοση του αναλογικού οπτικοακουστικού σήματος (εικόνα και ήχου) με την μορφή ψηφιακού σήματος δηλαδή δυαδικών ψηφίων 0,1 (bit). Τα δυαδικά αυτά ψηφία αποθηκεύονται σε ηλεκτρονικά στοιχεία δυο καταστάσεων (τρανζίστορ) και στην συνέχεια μετατρέπονται και στέλνονται με την μορφή ακολουθιών ηλεκτρικών παλμών. Η όλη διαδικασία μετατροπής του αναλογικού σήματος της τηλεόρασης, δηλαδή του αρχικού αναλογικού σήματος εικόνας (video), που έχει εύρος 7 ή 8 MHz και με όμοιο τρόπο του αναλογικού σήματος ήχου (audio), που είναι στερεοφωνικός, και έχει εύρος 20 Hz – 20 kHz, σε ψηφιακό φαίνεται στο σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.14 Διαδικασία μετατροπής του αναλογικού σήματος της τηλεόρασης σε ψηφιακό

#### 1, Ψηφιοποίηση

Αρχικά στην διαδικασία μετατροπής του αναλογικού σήματος λαμβάνονται δείγματα της εισερχόμενης κυματομορφής πληροφορίας με μια ακολουθία στενών ορθογώνιων παλμών, έτσι ώστε να προσεγγίζουν πολύ καλά τη διαδικασία στιγμιαίας δειγματοληψίας. Για να εξασφαλιστεί η τέλεια ανακατασκευή της πληροφορίας στο δέκτη, ο ρυθμός της δειγματοληψίας πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το διπλάσιο της υψηλότερης συχνότητας της κυματομορφής πληροφορίας σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας (Nyquist). Στην συνέχεια γίνεται η διαδικασία κβαντοποίησης (quantizing). Με την διαδικασία αυτή το αναλογικό δείγμα μετατρέπεται σε μια ψηφιακή (διακριτή) μορφή. Η διαφορά μεταξύ δύο γειτονικών διακριτών τιμών ονομάζεται κβάντο (quantum) ή μέγεθος βήματος (step size). Τα σήματα που εφαρμόζονται σε έναν κβαντιστή (quantizer) ταξινομούνται σε στάθμες πλάτους (τα βήματα) και όλα τα σήματα εισόδου μέσα στο συν ή πλην μισό ενός κβάντου της μεσαίας τιμής μιας στάθμης αντικαθίστανται στην έξοδο από την υπόψη μεσαία τιμή. Το σφάλμα κβαντισμού (quantizing error) αποτελείται από την διαφορά των σημάτων εισόδου και εξόδου του κβαντιστή.



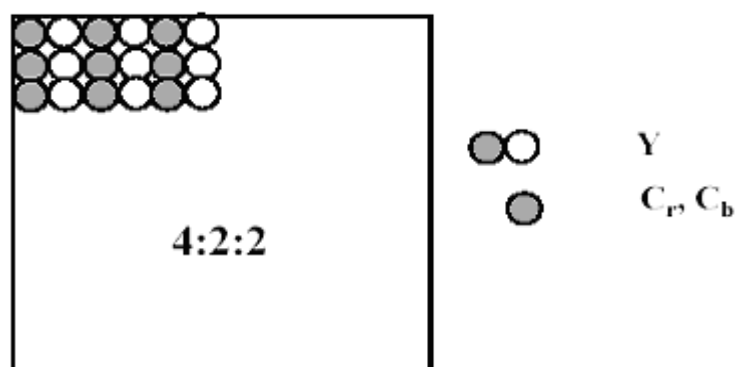
Σχήμα 1.15 Ψηφιοποίηση σήματος

## 2. Κωδικοποίηση – Συμπίεση

Συνδυάζοντας τις διαδικασίες δειγματοληψίας και κβάντησης, το αναλογικό σήμα βασική ζώνης περιορίζεται σε ένα διακριτό σύνολο τιμών, αλλά όχι σε μορφή που να ταιριάζει καλά σε μετάδοση μέσω ενός ραδιοδιαύλου. Για να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα της δειγματοληψίας και του κβαντισμού απαιτείται η χρησιμοποίηση μιας διαδικασίας κωδικοποίησης (encoding process) για την μετατροπή του διακριτού συνόλου των τιμών σε μια πιο κατάλληλη μορφή. Κάθε σχέδιο για την αναπαράσταση καθενός από αυτά τα διακριτά σύνολα τιμών σαν μια ιδιαίτερη διάταξη διακριτών γεγονότων ονομάζεται κώδικας (code). Ένα από τα διακριτά γεγονότα σ' έναν κώδικα ονομάζεται στοιχείο του κώδικα (code element) ή σύμβολο (symbol). Μια ιδιαίτερη διάταξη συμβόλων, που χρησιμοποιείται σε ένα κώδικα, για την παράσταση μιας μόνο τιμής του διακριτού συνόλου ονομάζεται κωδική λέξη (codeword) ή χαρακτήρας (character). Στην ψηφιακή τηλεόραση χρησιμοποιείται δυαδικός κώδικας (binary code) όπου κάθε σύμβολο μπορεί να πάρει μία από δύο διακριτές τιμές ή είδη, όπως είναι η παρουσία ή η απουσία παλμού. Τα δύο σύμβολα ενός δυαδικού κώδικα είναι το 0 και 1. Το τελικώς, μεταδιδόμενο σήμα είναι αναλογικό με εγγεγραμμένη ψηφιακή πληροφορία.

Από τη δεκαετία του 1980 καθιερώθηκε ως διεθνές πρότυπο ψηφιοποίησης των σημάτων των συμβατικών συστημάτων τηλεόρασης η αναφορά 601- 4 της ITU (International Telecommunications Union). Στο πρότυπο αυτό, που είναι γνωστό ως πρότυπο 4:2:2, καθιερώνεται η χρήση παλμοκωδικής διαμόρφωσης (pulse code modulation - PCM) με συχνότητα δειγματοληψίας 13,5 MHz και τεμαχισμό του σήματος σε 28 - 256 επίπεδα. Για την κωδικοποίηση του εύρους του σήματος απαιτούνται 8 δυαδικά ψηφία. Η συχνότητα δειγματοληψίας των 2 σημάτων χρωμοδιαφοράς είναι 6,75 MHz και η ονομασία του προτύπου αυτού ακριβώς οφείλεται στη σχέση της συχνότητας δειγματοληψίας των σημάτων χρωμοδιαφοράς με τη συχνότητα δειγματοληψίας του οπτικού σήματος. Το πρότυπο 4:2:2 κρίνεται ότι είναι σταθμός στην ιστορία της τηλεόρασης και αποτελεί τη βάση στην οποία στηρίζεται η ψηφιακή τηλεόραση, ωστόσο με απλό υπολογισμό βρίσκουμε ότι η απαιτούμενη ταχύτητα δυορορροής (bitstream) είναι θεωρητικά 216 Mbit/s και στην πράξη 250 Mbit/s. Σήμερα τα στούντιο της τηλεόρασης έχουν τη δυνατότητα να

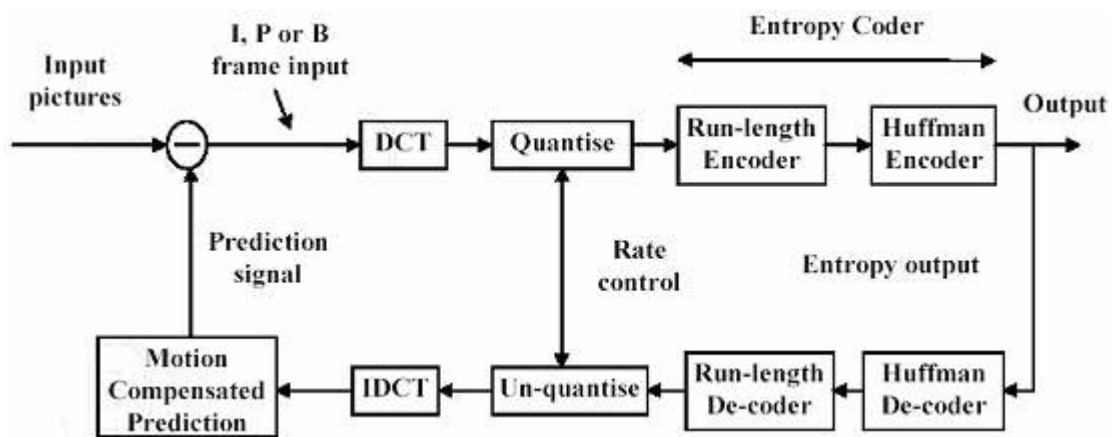
λειτουργήσουν ψηφιακά στις απαιτούμενες ταχύτητες της δυφιορροής και αυτός είναι ο λόγος που η ψηφιακή τεχνολογία εφαρμόστηκε αρχικά για να βελτιώσει τη λειτουργία των στούντιο, τη βελτίωση αυτή την παρατηρούμε καθημερινά στην παρουσίαση των τηλεοπτικών προγραμμάτων, στην παραγωγή διαφόρων κινηματογραφικών εφέ ή ακόμα και στην παραγωγή ειδικών εικόνων και προγραμμάτων με υπολογιστή. Η μετάδοση όμως των ψηφιοποιημένων οπτικών σημάτων με ταχύτητες της τάξεως των 250 Mbit/s από τα τηλεπικοινωνιακά μέσα (επίγεια εκπομπή, ασύρματα δίκτυα ή καλωδιακοί άξονες) με τις συνηθισμένες μεθόδους διαμορφώσεως απαιτεί εύρος συχνοτήτων της τάξεως των 125 MHz και βέβαια η απαίτηση αυτή είναι απαγορευτική, αν ληφθεί υπόψη ότι το αναλογικό τηλεοπτικό κανάλι δεν ξεπερνά τους 7MHz. Θα πρέπει ακόμα να τονίσουμε ότι στο πρότυπο 4:2:2 η κωδικοποίηση των πληροφοριών χρώματος γίνεται με τη μέθοδο της κωδικοποίησης με συνιστώσες (component coding) στην οποία το σήμα φωτεινότητας (Y) και τα σήματα χρωμοδιαφοράς (CR και CB) κωδικοποιούνται και εκπέμπονται με ξεχωριστές δυφιορροές. Με τον τρόπο αυτόν εξουδετερώνονται τα προβλήματα που υπάρχουν στην αναλογική τηλεόραση από την ενδο-διαμόρφωση των σημάτων χρωμοδιαφοράς στο σήμα φωτεινότητας (κωδικοποίηση με σύνθετο σήμα - composite coding). Η διεθνής καθιέρωση του προτύπου ψηφιοποίησης του οπτικού σήματος 4:2:2 έχει τεράστια σημασία γιατί μειώνει τις διαφορές των τριών αναλογικών συστημάτων σε μια μόνο, τη συχνότητα πεδίου και τον αριθμό γραμμών ανά εικόνα (625 γραμμές ανά εικόνα με συχνότητα πεδίου 50 Hz για το ευρωπαϊκό και 525 γραμμές ανά εικόνα με συχνότητα πεδίου 60 Hz για το αμερικανικό). Με τον τρόπο αυτόν απλοποιείται η ανταλλαγή τηλεοπτικών και λοιπών προγραμμάτων σε παγκόσμια κλίμακα.



Σχήμα 1.16 Πρότυπο κωδικοποίησης 4:2:2

Σε όλα τα συστήματα DVB ψηφιακής τηλεόρασης το σήμα βασικής ζώνης (base band) είναι το MPEG-2 Transport Stream. Δεν θα είναι υπερβολή να ισχυριστούμε ότι το πρόβλημα της συμπίεσης του απαιτούμενου φάσματος συχνοτήτων, ώστε τα σήματα της ψηφιακής τηλεόρασης να χωρέσουν στο πρακτικά διαθέσιμο φάσμα, επιλύεται με την καθιέρωση του συστήματος MPEG-2, το οποίο σήμερα είναι διεθνές πρότυπο. Όλες οι προσπάθειες καθιερώσεως συστημάτων ψηφιακής τηλεόρασης σε παγκόσμια κλίμακα στηρίζονται στο σύστημα MPEG-2. Το σύστημα είναι πολύπλοκο και περίτεχνο, στο οποίο αξιοποιήθηκαν αποτελέσματα ερευνών τα οποία υπήρχαν, διαφέρει δε σημαντικά από τα συστήματα της αναλογικής τηλεόρασης. Για το λόγο αυτόν στη συνέχεια θα δώσουμε μερικά μόνον πληροφοριακά στοιχεία. Το σύστημα MPEG-2 είναι ευέλικτο και υποστηρίζει πολλές περιπτώσεις ποιότητας

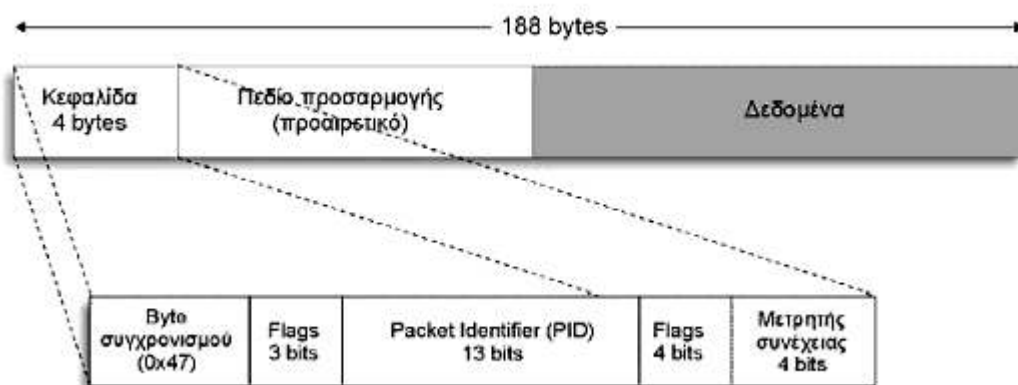
εικόνας, αναλόγως της ταχύτητας της δυφιορροής. Οι εικόνες της συμβατικής τηλεόρασης (πρότυπο 4:2:2) υποστηρίζονται με ταχύτητες bit από 15 έως 20 Mbit/s, ενώ για εικόνες με χαμηλή ευκρίνεια για CD-ROM κλπ. η ταχύτητα φθάνει μέχρι 4 Mbit/s. Η τηλεόραση μεγάλης ευκρίνειας, στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω, υποστηρίζεται από ταχύτητες bit από 80 έως 100 Mbit/s. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι με τη χρήση του συστήματος MPEG-2 επιτυγχάνουμε συμπίεση της απαιτούμενης ταχύτητας bit σε λόγο της τάξεως του 100:1, χωρίς ουσιαστικά μείωση της ποιότητας της εικόνας. Το MPEG-2 είναι ένα υπερσύνολο του MPEG-1 (backwards compatible). Στηρίζεται στην κωδικοποίηση μιας ομάδας εικόνων GOP (Group Of Pictures). Κάθε GOP έχει ένα σταθερό frame πρώτη εικόνα, το οποίο είναι ανεξάρτητο από οποιοδήποτε άλλο frame για κωδικοποίηση και καλείται "I", Intra-frame. Τα υπόλοιπα frames του GOP (B και P) σχηματίζονται από την κωδικοποιημένη διαφορά μεταξύ του frame εισόδου και του προηγούμενου frame. Δηλαδή στο MPEG-2 δεν εκπέμπεται ολόκληρη η εικόνα αλλά η διαφορά από την προηγούμενη. Επίσης ένα ακόμη πλεονέκτημα του MPEG-2 είναι ότι είναι συμβατό και με τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας HDTV (High Definition Television) και με τηλεόραση κανονικής ευκρίνειας SDTV (Standard Definition Television). Και αυτό είναι σημαντικό γιατί η ψηφιακή τηλεόραση με ταχύτητα bit από 15 έως 20 Mbit/s δεν προσφέρει στο θεατή πλεονέκτημα σε σχέση με τη συμβατική τηλεόραση από απόψεως ποιότητας εικόνας. Η άποψη αυτή δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν πλεονεκτήματα, στα οποία θα αναφερθούμε παρακάτω. Η ουσιαστική βελτίωση στην ποιότητα της εικόνας εισάγεται με τη λεγόμενη τηλεόραση μεγάλης ευκρίνειας (HDTV: High Definition Television). Τελικά με τη χρήση του συστήματος MPEG-2 επιτυγχάνεται συμπίεση της ταχύτητας δυφιορροής του οπτικού σήματος, που όμως αναφέραμε παραπάνω, μπορεί να φθάσει σε λόγο 100:1. Η λειτουργία αυτή συντελείται σε τμήμα του συστήματος, που είναι γνωστό ως κωδικοποιητής της πηγής (source coding). Η επεξεργασία και η προετοιμασία του σήματος της ψηφιακής τηλεόρασης συνεχίζεται και ολοκληρώνεται στο επόμενο τμήμα του συστήματος, που είναι γνωστό ως κωδικοποιητής του καναλιού (channel coding). Στο τμήμα αυτό το σήμα υφίσταται περαιτέρω κωδικοποίηση και διαμορφώνει το φέρον σήμα της εκπομπής. Με την επεξεργασία αυτή εξασφαλίζεται αφενός μεν προστασία της ροής από σφάλματα με ρυθμό που ξεπερνά το ένα σφάλμα ανά ώρα εκπομπής, αφετέρου δε περαιτέρω μείωση της απαιτούμενης ταχύτητας δυφιορροής. Το βασικό διάγραμμα ενός κωδικοποιητή MPEG-2 φαίνεται στο σχ.5:



Σχήμα 1.17 Βασικό διάγραμμα ενός κωδικοποιητή MPEG-2

### 3. Πολυπλεξία

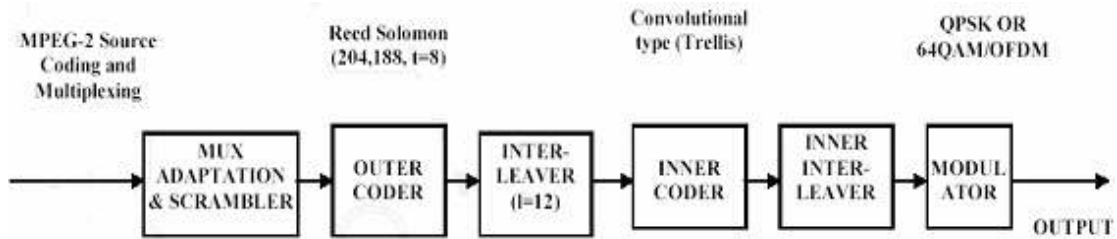
Το θεώρημα της δειγματοληψίας μας επιτρέπει να μεταδίδουμε όλη την πληροφορία που περικλείεται σε ένα ζωνοπεριορισμένο σήμα  $f(t)$  χρησιμοποιώντας δείγματα του  $f(t)$  που λαμβάνονται ομοιόμορφα με ρυθμό που είναι συνήθως ελαφρά υψηλότερος από τον ρυθμό Nyquist. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας δειγματοληψίας είναι η εξοικονόμηση χρόνου. Δηλαδή, η μετάδοση των δειγμάτων πληροφορίας απασχολεί τον δίαυλο μετάδοσης για ένα μόνο κλάσμα του διαστήματος δειγματοληψίας σε περιοδική βάση και κατά αυτόν τον τρόπο ελευθερώνεται κάποιο μέρος του χρονικού διαστήματος μεταξύ γειτονικών δειγμάτων για χρήση από άλλες ανεξάρτητες πηγές πληροφορίας σε βάση χρονικού καταμερισμού. Έτσι έχουμε ένα σύστημα πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου TDM (Time-Division Multiplex system) που επιτρέπει την συνδυασμένη χρήση ενός κοινού διαύλου μετάδοσης από πολλαπλές ανεξάρτητες πηγές πληροφορίας χωρίς αμοιβαία παρεμβολή. Κάθε στοιχειώδες σήμα πληροφορίας εισόδου στον πολυπλέκτη (elementary streams), που στην περίπτωση της ψηφιακής τηλεόρασης περιέχει ψηφιοποιημένο και συμπιεσμένο οπτικοακουστικό σήμα, πληροφορίες του συστήματος (System Information – σηματοδότηση), δεδομένα οποιασδήποτε μορφής (Private Data) όπως για παράδειγμα πακέτα IP, περιορίζεται σε εύρος ζώνης από ένα βαθυπερατό φίλτρο που χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει τις συχνότητες που δεν είναι σημαντικές για την ικανοποιητική αναπαράσταση του σήματος. Οι έξοδοι των βαθυπερατών φίλτρων στην συνέχεια εφαρμόζονται σε ένα μεταγωγέα (commutator) που πραγματοποιείται συνήθως με χρήση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Η λειτουργία του μεταγωγέα είναι διπλή: α) να πάρει ένα στενού πλάτους δείγμα καθέμιας από τις  $N$  πληροφορίες εισόδου με ρυθμό  $1/T_s$  που είναι ελαφρά υψηλότερος από το  $2W$ , όπου το  $W$  είναι η συχνότητα αποκοπής του βαθυπερατού φίλτρου εισόδου και β) να τακτοποιήσει αυτά τα  $N$  δείγματα μέσα σε ένα διάστημα δειγματοληψίας  $T_s$ . Στην πραγματικότητα, η τελευταία λειτουργία είναι η ουσία της λειτουργίας πολύπλεξης με διαίρεση του χρόνου TDM. Στην ψηφιακή τηλεόραση γίνεται κατάτμηση των επιμέρους elementary streams σε πακέτα μεταφοράς (Transfer Packets) σταθερού μεγέθους 188 bytes, τα οποία έχουν την παρακάτω μορφή.



Σχήμα 1.18 Πακέτα μεταφοράς ψηφιακής τηλεόρασης

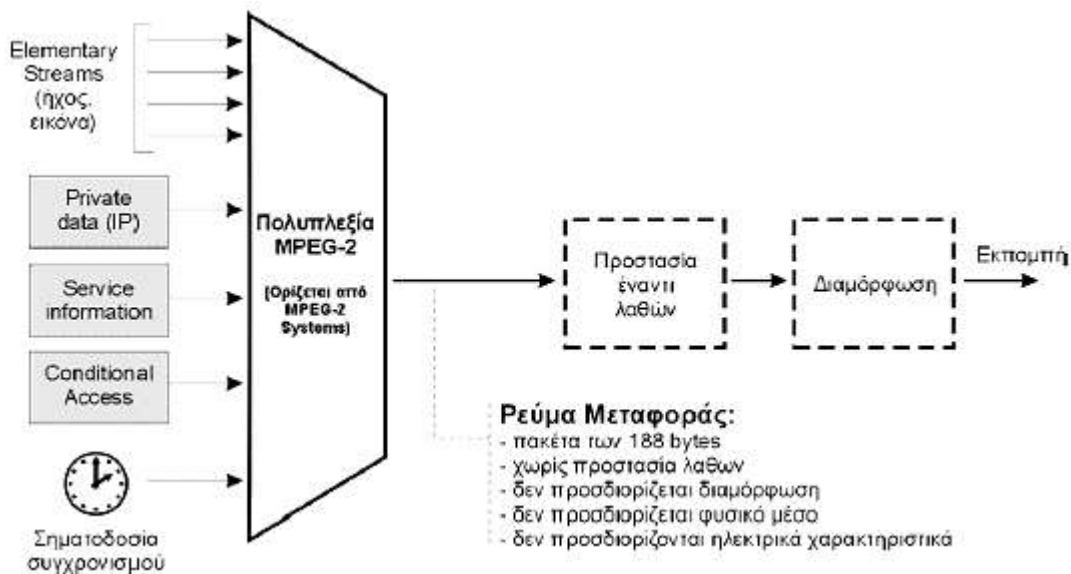
Με την σημείωση ότι τα πακέτα που μεταφέρουν το ίδιο elementary stream έχουν το ίδιο PID.

Επίσης τα πακέτα προφυλάσσονται από σφάλματα, με τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων (Forward Error Correction FEC).



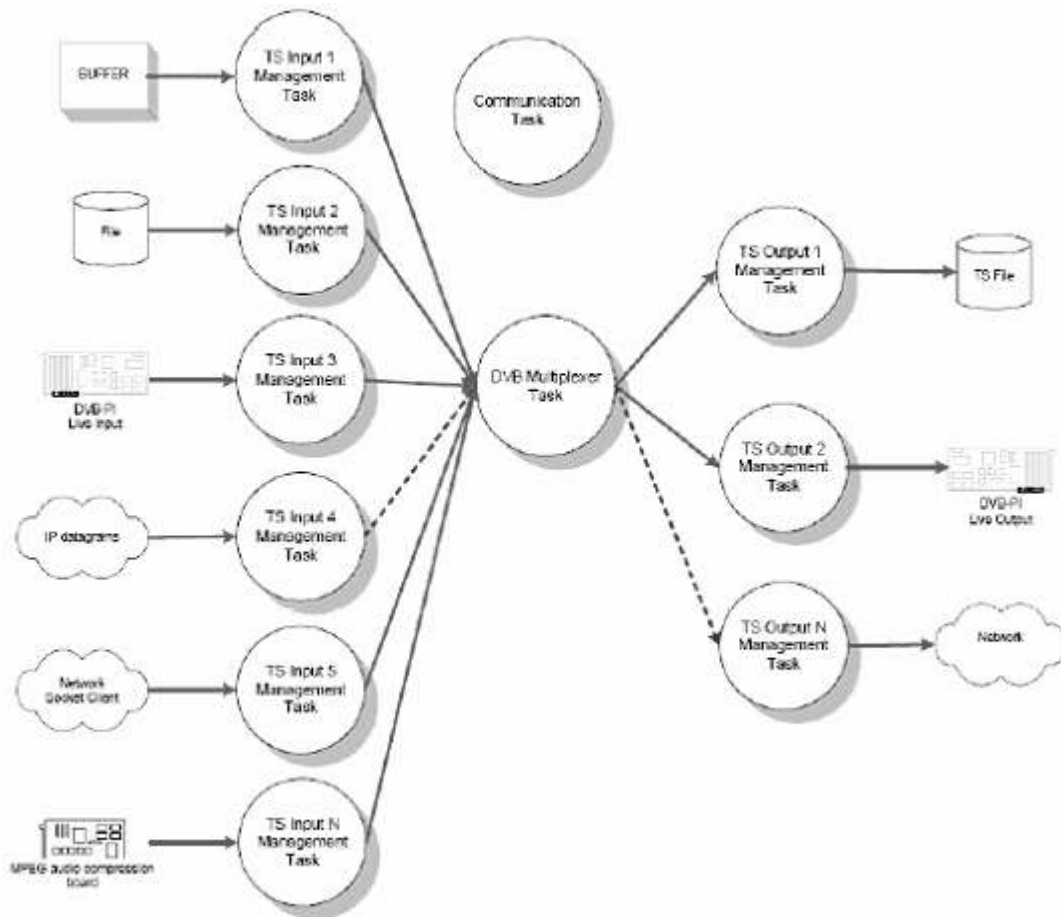
Σχήμα 1.19 Διαδικασία διόρθωσης σφαλμάτων

Μετά την διαδικασία μεταγωγής, το πολυπλεγμένο σήμα εισέρχεται σε ένα διαμορφωτή παλμών (pulse modulator), ο σκοπός του οποίου είναι να μετασχηματίσει το πολυπλεγμένο σήμα σε μία μορφή πιο κατάλληλη για μετάδοση μέσω του κοινού διαύλου. Έτσι έχουμε την δημιουργία των Transport Stream (TS). Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας πολυπλέκτης του MPEG-2 TS που χρησιμοποιεί η DVB.



Σχήμα 1.20 Πολυπλέκτης του MPEG-2 TS

Στην συνέχεια βλέπουμε την διεργασία της πολυπλεξίας όπου Single-Program Transport Streams (SPTSs) από διάφορες πηγές πολυπλέκονται σε πραγματικό χρόνο για να σχηματίσουν ένα Multi-Program Transport Stream (MPTS) το λεγόμενο “ψηφιακό μπουκέτο”.



Σχήμα 1.21 Διεργασία της πολυπλεξίας

Είναι φανερό ότι η χρήση της πολυπλεξίας με διαίρεση χρόνου TDM εισάγει ένα συντελεστή επέκτασης του εύρους ζώνης  $N$ , επειδή η διάταξη πρέπει να συμπίεσει  $N$  δείγματα που προέρχονται από  $N$  ανεξάρτητες πηγές πληροφορίας σε χρονική περίοδο ίση με το διάστημα δειγματοληψίας.

#### 4. Διαμόρφωση

Η διεργασία της διαμόρφωσης διαφέρει ανάλογα με το μέσο μετάδοσης. Για τη διαμόρφωση χρησιμοποιείται η  $M$  ορθογωνική διαμόρφωση φάσεως ( $M$  QPSK - Quadrature Phase Shift Modulation) ή η  $M$  ορθογωνική διαμόρφωση πλάτους ( $M$  QAM Quadrature Amplitude Modulation).

Στους παραπάνω ψηφιακούς διαμορφωτές παράγονται σύμβολα  $M$  δυαδικών καταστάσεων, από  $m$  δυαδικά ψηφία της δυοιοροής (όπου  $M = 2m$ ). Αποδεικνύεται ότι στην περίπτωση αυτή η ταχύτητα δυοιοροής στην έξοδο του διαμορφωτή ( $R_S$ ) είναι ίση με την ταχύτητα δυοιοροής στην είσοδό του ( $R_c$ ) δια  $m$ , ήτοι  $R_S = R_c/m$ . Στην πράξη χρησιμοποιούνται τιμές του  $M$  από 4 μέχρι 64 και καταβάλλονται προσπάθειες αύξησης του  $M$  σε τιμές 128 ως 256, γεγονός που σημαίνει ότι μειώνεται αντίστοιχα η απαιτούμενη ταχύτητα δυοιοροής και βελτιώνεται ο ρυθμός των σφαλμάτων.

Ιδιαίτερα σημαντικός παράγων για την εκλογή του είδους της ψηφιακής διαμορφώσεως είναι το απαιτούμενο εύρος συχνοτήτων. Ο παράγων αυτός οδηγεί στην έννοια της αποδόσεως του φάσματος ( $\Gamma$ ) (spectral efficiency) που ορίζεται ως:

$$\Gamma = \text{Ταχύτητα δυφιορροής στην έξοδο διαμορφωτή (Rs) (bit/s, Hz) * Εύρος συχνοτήτων (B)}$$

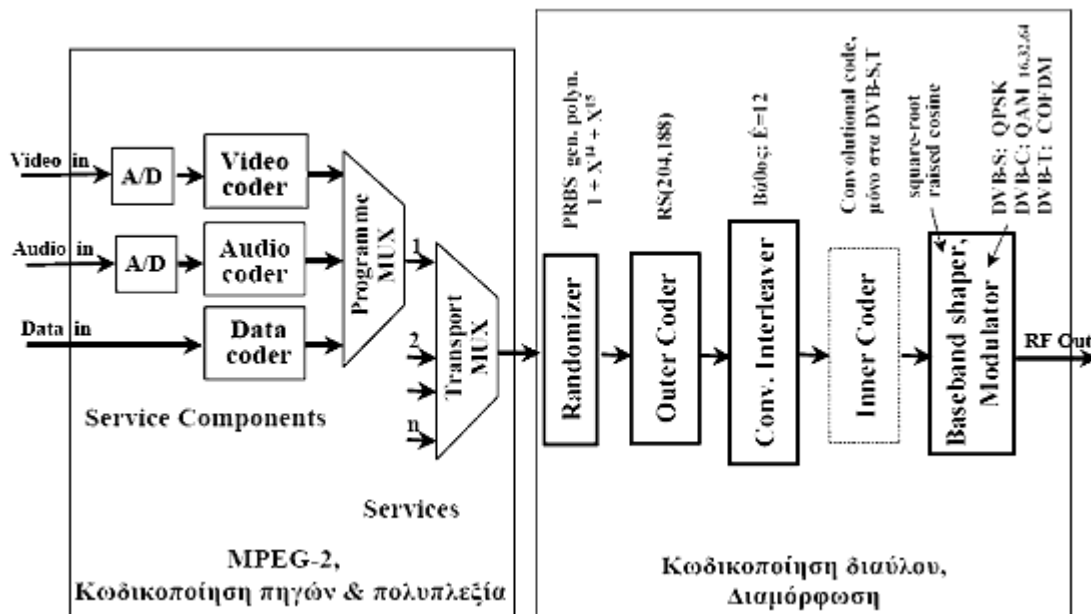
Αποδεικνύεται ότι για την ορθογωνική διαμόρφωση φάσεως η θεωρητική τιμή του  $\Gamma$  είναι 2 (bit/s, Hz), στην πράξη όμως, αν ληφθούν υπόψη οι ατέλειες που υπάρχουν στους τηλεπικοινωνιακούς άξονες η τιμή του  $\Gamma$  κυμαίνεται μεταξύ 1,4 ως 1,6.

### 1.1.3 Εκπομπή – Διανομή ψηφιακής τηλεόρασης

Η ψηφιακή τηλεόραση διανέμεται με τρεις τρόπους :

1. Μέσω δορυφόρου (DVB-S)
2. Μέσω επίγειας ασύρματης ζεύξης (DVB-T)
3. Μέσω καλωδιακής ασύρματης ζεύξης (DVB-C)

Η τελική μορφή του ψηφιακού πομπού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1.22 Πομπός ψηφιακής τηλεόρασης

### 1.1.4 Λήψη ψηφιακής τηλεόρασης

Στην πλευρά της λήψης του συστήματος, το λαμβανόμενο σήμα εφαρμόζεται σε έναν αποδιαμορφωτή παλμών (pulse demodulator) που εκτελεί την αντίστροφη λειτουργία από τον διαμορφωτή παλμών. Τα στενά πλάτους δείγματα που παράγονται στην έξοδο του αποδιαμορφωτή διανέμονται στα κατάλληλα φίλτρα ανακατασκευής



μέσω ενός απομεταγωγέα (decommutator), που λειτουργεί σε συγχρονισμό με τον μεταγωγέα του πομπού. Αυτός ο συγχρονισμός είναι σημαντικός για την ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται αυτός ο συγχρονισμός, ωστόσο, εξαρτάται από τη μέθοδο διαμόρφωσης παλμών που χρησιμοποιείται για την μετάδοση της πολυπλεγμένης ακολουθίας των δειγμάτων. Μετά τον επανασηματισμό του MPTS γίνεται ανάγνωση των πινάκων PSI/SI για να σχηματισθεί ο πίνακας με τα προγράμματα που περιέχονται στο ψηφιακό μπουκέτο. Στη συνέχεια για την επιλογή ενός προγράμματος προσδιορίζεται το PID για τα πακέτα που μεταφέρουν εικόνα και ήχο για το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Ακολουθεί αποκρυπτογράφηση (αν το πρόγραμμα είναι κρυπτογραφημένο), επανασηματισμός των elementary streams και αποκωδικοποίηση των audio/video elementary streams. Η διαδικασία τελειώνει με την δημιουργία των αναλογικών σημάτων εικόνας και ήχου.

### 1.1.5 Πλεονεκτήματα ψηφιακής τηλεόρασης

Ανακεφαλαιώνοντας, λοιπόν, η γενική τεχνική προσέγγιση στα συστήματα DVB είναι ότι το κάθε κανάλι θεωρείται σα δοχείο το οποίο έχει ορισμένη χωρητικότητα, η οποία εξαρτάται από το εύρος συχνοτήτων του καναλιού. Τα κύρια χαρακτηριστικά του DVB σύμφωνα με τα όσα αναφέραμε μέχρι τώρα είναι:

- Χρησιμοποιούνται ανοιχτά πρότυπα από το ETSI
- Υποστηρίζει οτιδήποτε μπορεί να κωδικοποιηθεί σε MPEG- TS, δηλαδή (SDTV, HDTV, Multimedia Data, κ.α)
- Έχει ευελιξία σε transcoding συστημάτων (S,T,C)
- Έχει ευελιξία στο ρυθμό μετάδοσης.
- Υποστηρίζει πολλούς τύπους τερματικών (ακόμη και κινητών)
- Παρέχει αλληλοδραστικές υπηρεσίες.

Τα επίγεια κανάλια με εύρος συχνοτήτων 7 ή 8 MHz έχουν τη δυνατότητα να χωρέσουν πληροφορίες των 20 Mbit/s. Τα δορυφορικά κανάλια των 27 MHz έχουν χωρητικότητα των 40 Mbit/s. Με την εφαρμογή πολυπλέξεως στο διάστημα του χρόνου τα κανάλια είναι δυνατόν να διαιρεθούν σε επιμέρους κανάλια με ταχύτητα δυφιοροής που εξαρτάται από την απαιτούμενη ποιότητα. Σήμερα είναι γενικώς παραδεκτό ότι ταχύτητες δυφιοροής των 4 ή 5 Mbit/s δίνουν ικανοποιητική ποιότητα εικόνας για το συμβατικό σύστημα τηλεόρασης, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω. Συνεπώς, σύμφωνα με τα παραπάνω, ένα δορυφορικό κανάλι μπορεί να χωρέσει 8 ως 10 κανάλια συμβατικής τηλεόρασης, γεγονός που είναι σημαντικό οικονομικό πλεονέκτημα της ψηφιακής τηλεόρασης. Το βασικό πλεονέκτημα της δορυφορικής τηλεόρασης σε σύγκριση με την επίγεια, είναι ότι έχει μεγάλη χωρητικότητα και καλύπτει μεγάλη γεωγραφική περιοχή, που είναι σχεδόν ανεξάρτητη της μορφολογίας του εδάφους, ενώ το βασικό μειονέκτημά της είναι ότι δεν είναι κατάλληλη για κάλυψη τοπικών προγραμμάτων μικρής εμβέλειας και για κινητή λήψη.

Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης έναντι της αναλογικής συνοψίζονται παρακάτω:

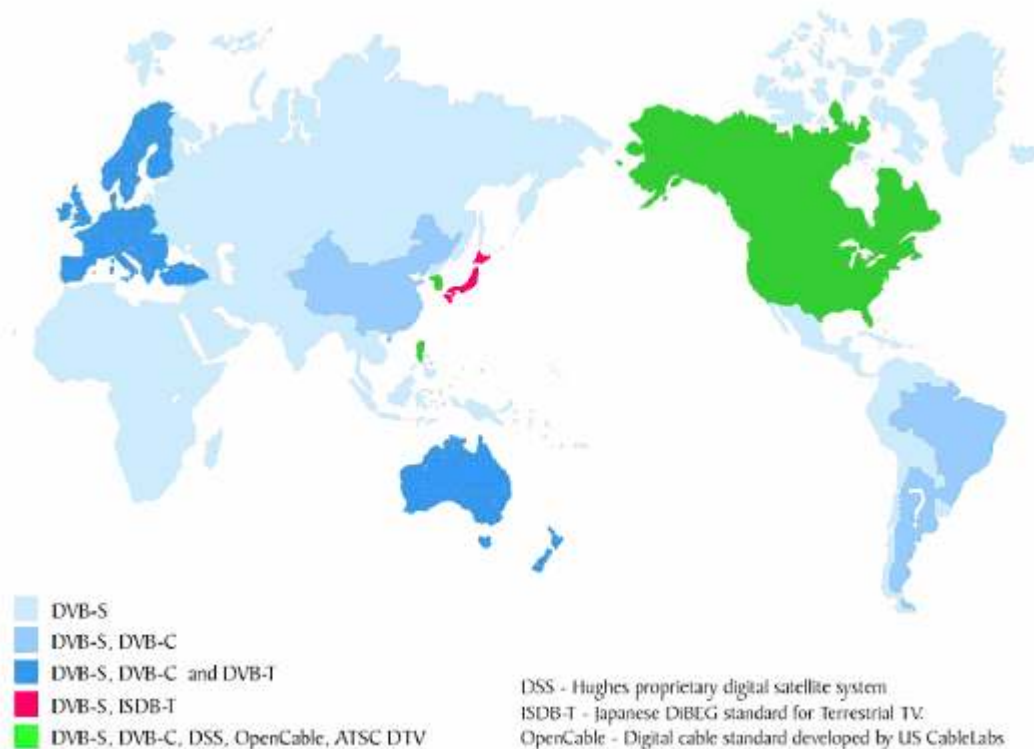
- Σταθερή ποιότητα εικόνας, με μεγαλύτερη ανοχή στις ατέλειες του ασύρματου ή ενσύρματου διαύλου και μεγαλύτερη ασφάλεια.
- Ο μειωμένος λόγος σήματος προς θόρυβο, σε σύγκριση με την αναλογική τηλεόραση, επιτρέπει τη μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος περίπου κατά 30 dB (1000 φορές), ώστε να έχουμε την ίδια ποιότητα εικόνας. Τούτο σημαίνει οικονομία φάσματος συχνοτήτων, αφού την ίδια συχνότητα μπορούμε να την ξαναχρησιμοποιήσουμε σε μικρότερη απόσταση.
- Οικονομική χρήση των τηλεπικοινωνιακών αξόνων, αφού όπως ήδη αναφέραμε σε ένα δορυφορικό κανάλι των 27 MHz, ενώ στο παρελθόν χωρούσε ένα μόνο κανάλι, τώρα χωρούν 8 ως 10 κανάλια συμβατικής τηλεόρασης με την ίδια ποιότητα.
- Ευέλικτη αρχιτεκτονική των ψηφιακών συστημάτων που επιτρέπει την ύπαρξη πολλών προγραμμάτων και υπηρεσιών επιλεγόμενης ποιότητας και ευκρίνειας σε μία μόνον δυοφοροή.
- Διαλογικότητα που επιτρέπει τη διακοπή ενός προγράμματος με αναζήτηση άλλων από μία βάση δεδομένων εικόνας.
- Μεταβλητή ταχύτητα εκπομπής αναλόγως των απαιτήσεων ποιότητας του προγράμματος. Αύξηση του κέρδους πολυπλεξίας.
- Εύκολη αλλαγή μεταξύ διαφόρων συστημάτων τηλεοράσεως με τη βοήθεια λογισμικού.
- Ενσωμάτωση των διαφόρων εφαρμογών βίντεο, όπως είναι η τηλεόραση, το εικονοτηλέφωνο κλπ. σε κοινή πλατφόρμα των πολυμέσων.
- Ικανότητα συντάξεως και επεξεργασίας της εικόνας στο δέκτη μετά την λήψη, μέσω αλγόριθμων ψηφιακής επεξεργασίας, όπως είναι η κοπή της εικόνας, η παραπομπή, η αυξομείωση του μεγέθους, η αφαίρεση θορύβου κλπ.
- Εύκολος εμπλουτισμός των τηλεοπτικών προγραμμάτων μέσω τυποποιημένων αρχιτεκτονικών (π.χ MHP - Multimedia Home Platform, Open TV) με τοπικές εφαρμογές.
- Ενσωμάτωση διάφορων πολυμεσικών εφαρμογών και υπηρεσιών δεδομένων, όπως αμφίδρομων υπηρεσιών και διαδικτυακής πρόσβασης σε μια κοινή ψηφιακή πλατφόρμα, με προϋπόθεση ότι υπάρχει διαθέσιμο κανάλι επιστροφής (reverse path)
- Σύγκλιση με τον κόσμο των ηλεκτρονικών υπολογιστών
- Εκμετάλλευση της οπτο-ηλεκτρονικής τεχνολογίας (οπτικές ίνες).

### 1.1.6 Ευρωπαϊκά συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης

Στην Ευρώπη την περίοδο αυτή βρίσκονται σε προχωρημένο στάδιο υλοποίησης του προγράμματος ψηφιακής τηλεόρασης, με την ονομασία ψηφιακή εκπομπή του βίντεο (DVB- Digital Video Broadcasting), στο οποίο συνεργάζονται 200 οργανισμοί από 25 χώρες, συντονισμένοι από την EBU (European Broadcasting Union). Το πρόγραμμα ψηφιακής τηλεόρασης περιλαμβάνει τα εξής επιμέρους συστήματα, στη σχεδίαση των οποίων κατεβλήθη προσπάθεια να υπάρχει όσον το δυνατό μεγαλύτερη ομοιότητα μεταξύ τους:

1. DVB-S: Σύστημα δορυφορικής εκπομπής, του βίντεο στην περιοχή συχνοτήτων 11/12 GHz σε κανάλια των 27 MHz.
2. DVB-C: Σύστημα καλωδιακής εκπομπής σε κανάλια των 8 MHz.
3. DVB-SMATV: Σύστημα εκπομπής των δορυφορικών σημάτων από επίγειους σταθμούς.
4. DVB-T: Σύστημα επίγειας εκπομπής για περιοχές συχνοτήτων UHF σε κανάλια των 7 ή 8 MHz.
5. DVB-MMDS: Σύστημα τηλεόρασης διανομής του βίντεο πολλών σημείων, με το οποίο εισάγεται η διαλογική τηλεόραση.

Σήμερα στο πρόγραμμα του DVB συμμετέχουν, όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως, περίπου 300 οργανισμοί και πάνω από 50 χώρες. Η εικόνα παγκοσμίως είναι η παρακάτω.



Σχήμα 1.23 Η παγκόσμια κατάσταση της ψηφιακής τηλεόρασης

Το DVB-S έχει σχεδόν παγκόσμια αποδοχή, Το DVB-T υπάρχει κυρίως σε Ευρώπη και Αυστραλία και το DVB-C σε αρκετές χώρες. Στην χώρα μας Το DVB-S υπάρχει ήδη ενώ το DVB-T έχει ξεκινήσει πιλοτικά από την ΕΡΤ.

## **1.2 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T - Digital Video Broadcasting – Terrestrial)**

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, (Digital Video Broadcasting – Terrestrial DVB-T) είναι μια «ευρωπαϊκή πατέντα». Εδώ και χρόνια έχει αρχίσει να λειτουργεί με επικεφαλής τις μεγάλες χώρες, όπως τις Αγγλία, Γαλλία και Γερμανία, ενώ όλες οι χώρες είναι υποχρεωμένες να ακολουθήσουν αυτό το ρεύμα μέχρι το έτος 2012. Το 2012 είναι δηλαδή το έτος που θα «σβήσουν» όλοι οι αναλογικοί πομποί τηλεόρασης,

ώστε να παραχωρηθούν οι πολύτιμες συχνότητες που καταλαμβάνουν τώρα άλλες υπηρεσίες. Μάλιστα, πολλές χώρες θα έχουν ολοκληρώσει την μετάβασή τους από την αναλογική τηλεόραση στην επίγεια ψηφιακή αρκετά νωρίτερα, περίπου από το 2008, αφού ήδη καλύπτουν ψηφιακά ολόκληρη την επικράτεια τους. Βλέπουμε δηλαδή ότι η αντικατάσταση της κλασσικής αναλογικής τηλεόρασης από την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση θα πραγματοποιηθεί σε μερικά χρόνια. Η εφαρμογή καινούργιων τεχνικών συμπίεσης των ψηφιακών σημάτων επιτρέπει την δραματική μείωση του απαιτούμενου εύρους ζώνης για μετάδοση ενός σήματος με αποτέλεσμα περισσότερα προγράμματα να μπορούν να μεταδοθούν στο ήδη υπάρχον διαθέσιμο εύρος συχνοτήτων. Για να μεταβούμε στην εποχή στην οποία θα υπάρχει μόνο η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση και η αναλογική τηλεόραση θα έχει κλείσει, ώστε να μπορέσει η Ευρώπη να αξιοποιήσει τις πολλές δυνατότητες που της παρέχει η DVB-T ενώ παράλληλα θα καταφέρει να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματική χρήση όλου του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται για μετάδοση, θα πρέπει να υπάρξει ένα σχέδιο για την εξολοκλήρου μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση. Ωστόσο, οι συμφωνίες που ισχύουν μέχρι και σήμερα για τον σχεδιασμό της τηλεόρασης δεν επαρκούν για την εξολοκλήρου μετάβαση στην ψηφιακή εποχή. Για τον λόγο αυτό δημιουργείται η ανάγκη να επανεξεταστεί η συμφωνία της Στοκχόλμης του 1961 έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο πλάνο για τον σχεδιασμό των συχνοτήτων και της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης των χωρών που ανήκουν στην Ευρώπη. Γι' αυτό γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα διάφορα συνέδρια και συζητήσεις μεταξύ των χωρών που ανήκουν στο CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) και υπό την επίβλεψη της ITU (International Telecommunication Union) τα RRC (Regional Radio Conference) με θέμα τον σχεδιασμό της μετάβασης στα συστήματα της επίγειας ψηφιακής μετάδοσης (DVB-T, T-DAB) στην EBA (European Broadcasting Area), στις οποίες βέβαια συμμετέχει και η Ελλάδα, με εκπροσώπους της ελληνικής κυβέρνησης, της κρατικής τηλεόρασης και των υπεύθυνων μηχανικών για την διαχείριση και κατασκευή του δικτύου, και είναι υποχρεωμένη να υιοθετεί τις όποιες αποφάσεις πάνω σε θέματα τεχνικής αλλά και νομικής φύσεως που αφορούν στον τρόπο μετάβασης από την αναλογική στην DVB-T.

Το δίκτυο DVB-T μπορεί να σχεδιαστεί εξ' ολοκλήρου από την αρχή με την δημιουργία δηλαδή νέων πομπών με νέα χαρακτηριστικά για να καλύψουν την ευρύτερη περιφέρεια της χώρας. Στα πρώτα όμως χρόνια εφαρμογής της DVB-T, κυρίως για οικονομικούς λόγους, θα γίνει προσπάθεια να αξιοποιηθεί το ήδη υπάρχον δίκτυο μετάδοσης της αναλογικής τηλεόρασης με μετατροπή του από αναλογικό σε ψηφιακό, σύμφωνα με τις οδηγίες της συμφωνίας του Chester του 1997, και όπου κατά περίπτωση υπάρχει ανάγκη μπορούν να προστεθούν νέοι πομποί για να αυξηθεί η κάλυψη σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα πληθυσμού οι οποίες με την μετατροπή του δικτύου σε ψηφιακό δεν έχουν πλέον την απαιτούμενη κάλυψη. Η τακτική αυτή θα ακολουθηθεί και στην Ελλάδα κυρίως όπως αναφέραμε για οικονομικούς λόγους, καθότι δεν μπορούν όλα τα σπίτια να αγοράσουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό, δηλαδή τον αποκωδικοποιητή, που χρειάζεται για να δούμε την ψηφιακή τηλεόραση (αν και υπάρχει μια σκέψη από την ελληνική κυβέρνηση για επιδότηση για τον σκοπό αυτό) και κυρίως για λόγους κάλυψης αφού με την μετατροπή του δικτύου από αναλογικό σε ψηφιακό υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο κάποιες περιοχές που έχουν ήδη αναλογική κάλυψη να μην έχουν ψηφιακή κάλυψη και άρα δεν μπορούν να τους κλείσουμε την αναλογική τηλεόραση επίσης. Επομένως, και στην χώρα μας, θα χρειαστεί να υπάρξει μια περίοδος συνύπαρξης αναλογικής και ψηφιακής τηλεόρασης πράγμα που

σημαίνει επιπλέον μελέτη στον σχεδιασμό της ψηφιακής τηλεόρασης για την αποφυγή παρεμβολών και την καλή λειτουργία χωρίς προβλήματα τόσο της αναλογικής όσο και της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Θα πρέπει λοιπόν για τον σχεδιασμό της DVB-T να ληφθούν υπόψη πολλές παράμετροι και να αποφασισθούν το είδος της λήψης που θέλουμε, το είδος της κάλυψης, την περιοχή κάλυψης, το είδος του δικτύου και πολλά άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα αναφέρουμε στην συνέχεια.

### 1.2.1 Υπηρεσίες DVB-T

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση προσφέρει πλήθος υπηρεσιών, όπως:

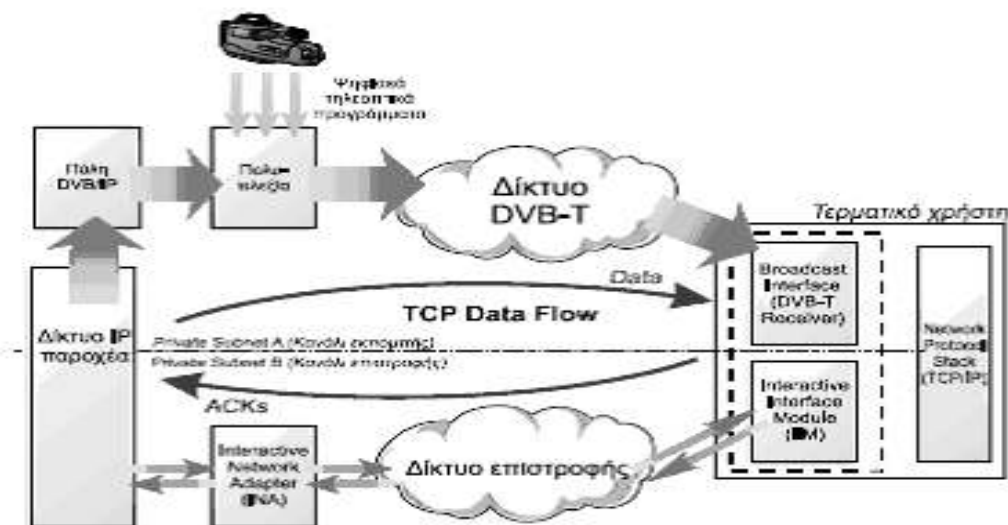
- Διαδραστικά προγράμματα (π.χ home shopping, home banking, κ.α)
- Αποστολή επιπλέον πληροφοριών
- Ηλεκτρονικό οδηγό προγράμματος (EGP)
- Συστήματα pay TV και κυρίως συστήματα pay-per-view
- Teletext
- Κατέβασμα και αποθήκευση αρχείων
- Πρόσβαση στο Internet και μάλιστα με ταχύτητες πολύ μεγαλύτερες (10-15 Mbits/s) από αυτές των συμβατικών παροχών Internet στο σπίτι
- Παροχή e-mail
- Οθόνη ευρείας προβολής (widescreen) 16:9 ψηφιακή, σε συνδυασμό, με την 14:9 αναλογική προσφέρει καλύτερη προβολή και εικόνα
- Χρήση παραδοσιακών client-server εφαρμογών σε τηλεοπτικά προγράμματα για ενεργό συμμετοχή του κοινού (τηλε-ψηφοφορία, αναδραστικές διαφημίσεις, τηλεπαιχνίδια κλπ.)
- Λήψη πληροφοριών on-demand και σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα προβαλλόμενα προγράμματα και διαφημίσεις
- Εύκολη μετακίνηση και εγκατάσταση σημείων παροχής πληροφοριών στο κοινό (“infokiosks”) που διασυνδέονται ασύρματα μέσω ενός κοινού DVB-T downlink, χωρίς την απαίτηση ενσύρματης υποδομής
- Πληροφορίες κίνησης και τηλε-πλοήγηση σε ιδιωτικά μέσα μεταφοράς (αυτοκίνητα, φορτηγά). Υπάρχουν πολλά σενάρια για την εγκατάσταση πολυμεσικών συστημάτων και σε αυτοκίνητα, βασισμένων στο DVB-T
- Παροχή νέων αμφίδρομων πολυμεσικών εφαρμογών στους πελάτες μαζικών μέσων μεταφοράς (κυρίως λεωφορείων μεγάλων αποστάσεων, τραίνων, πλοίων)
- Εύκολη και ευρυζωνική πρόσβαση στο Internet από φορητά τερματικά παντού και οποτεδήποτε σε ταχύτητες πολύ υψηλότερες των κινητών τερματικών τρίτης γενιάς.
- Εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων over IP (MPEG-4, H.264 / AVC). Standard definition / High definition. Φορητά τερματικά: 300 Kbps CIF, H.264. Διαφορετικό MPEG-FEC, που σημαίνει διαφορετική προστασία έναντι λαθών
- Κρυπτογραφημένα (scrambled) τηλεοπτικά προγράμματα, με ανοικτούς IP-based μηχανισμούς, όπως IPSec

- Push/caching of DTV content (ειδήσεις, καιρός, αθλητικά κλπ.). Το υλικό μεταδίδεται (multicast) και αποθηκεύεται στα τερματικά. Ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση off-line, ανά πάσα στιγμή, με μηδενικό κόστος.
- Message alerts. Εκπομπή μηνυμάτων σε όλα τα τερματικά ταυτόχρονα (multimedia messages) σχετικά με την επικαιρότητα.
- Διαδραστικές εκπομπές. Χρήση του καναλιού επιστροφής για τυπικές εφαρμογές IP (tele-voting, e-shopping, τηλεπαιχνίδια, γκάλοπ κλπ.)
- Webpush/caching. Εκπομπή ολόκληρων sites για τοπική αποθήκευση και χρήση off-line με μηδενικό κόστος. 1 λεπτό-> 300 σελίδες@ 2 Mbps.
- On-demand access / media downloading. Ασύμμετρη σύνδεση με τη βοήθεια του καναλιού επιστροφής
- Emergency systems. Σε επείγουσες καταστάσεις, χρήση του πομπού DVB-T για εκπομπή δεδομένων σε κινητούς σταθμούς παροχής βοήθειας.

Την δυνατότητα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση ως δίκτυο πρόσβασης για υπηρεσίες IP το οφείλει στην MPEG-2 Transport Stream που χρησιμοποιείται στην DVB-T, όπως άλλωστε και σε όλα τα συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης. Το MPEG-2 TS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά οποιοδήποτε τύπου ψηφιακών δεδομένων. Γίνεται κατάτμηση των πακέτων IP και mapping του περιεχομένου τους σε MPEG-2 TS Paquets και στην συνέχεια ενθυλάκωση (IP/DVB Encapsulation).

Στο ίδιο MPEG-2 Transport Stream, πολυπλέκονται ψηφιακά προγράμματα και υπηρεσίες IP, το λεγόμενο ψηφιακό «μπουκέτο». Έτσι δημιουργείται η enriched-interactive TV και γίνεται η παροχή Internet μέσω της τηλεόρασης. Όμως η ψηφιακή τηλεόραση είναι μονόδρομο μέσο. Για να πραγματοποιηθεί η αμφιδρομότητα απαιτείται ένα κανάλι επιστροφής. Αυτό το κανάλι επιστροφής (interaction channel) μπορεί να υλοποιηθεί με τις συνηθισμένες δομές παροχής IP (IP access infrastructure: PSTN, ISDN, ADSL, GSM, GPRS, 3G, WLAN κ.τ.λ). Δημιουργείται ένα υβριδικό δίκτυο στο οποίο πραγματοποιείται ασύμμετρη μεταφορά δεδομένων.

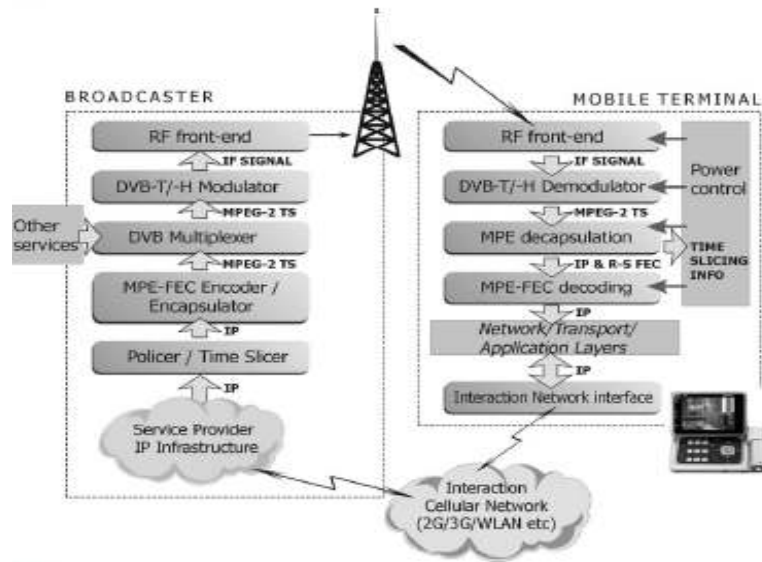
Τελικά η δομή ενός δικτύου DVB-T φαίνεται στο σχήμα 2.1



Σχήμα 1.12 Δομή ενός δικτύου DVB-T

Το δίκτυο αυτό είναι συμβατό με τις προδιαγραφές που θέτει το ETS 300 802 “Digital Video Broadcasting (DVB) : Network Independent Protocols for DVB Interactive Services

Ενώ η αρχιτεκτονική ενός διαδραστικού DVB-T φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.13 Αρχιτεκτονική ενός διαδραστικού DVB-T δικτύου

Σήμερα η Ευρώπη θεωρείται πρωτοπόρος σε δύο τομείς :

- Την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση
- Την κινητή τηλεφωνία

Οι δύο τεχνολογίες έχουν ακολουθήσει, μέχρι τώρα, διαφορετικούς δρόμους. Η σύγχρονη τάση είναι η ενοποίηση τους.

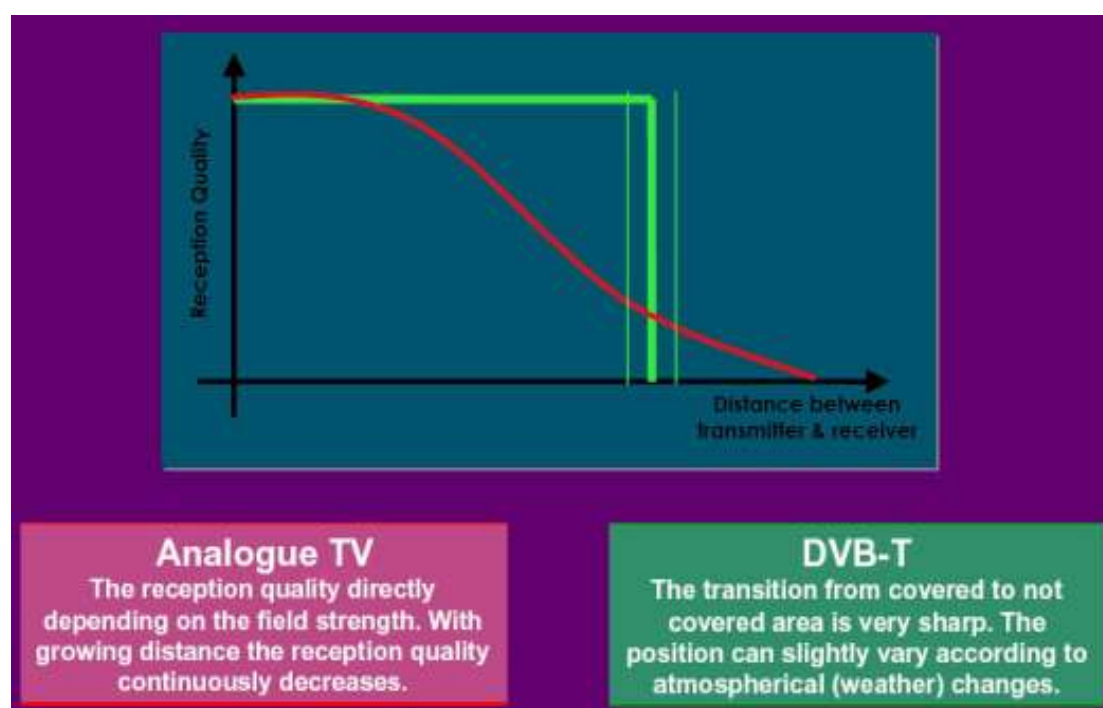
Η ραγδαία ανάπτυξη των υπηρεσιών που στηρίζονται στο Internet, οδηγεί τους διανομείς προγραμμάτων (broadcasters) να θέλουν να χρησιμοποιήσουν το Internet ως μηχανισμό μεταβίβασης και την κινητή τηλεφωνία (GSM, UMTS) για να εμπλουτίσουν το περιεχόμενό τους με πολυμέσα. Από την άλλη, οι παροχείς υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας επιθυμούν να δώσουν στους χρήστες τους πρόσβαση σε πολυμεσικό περιεχόμενο και με τον τρόπο αυτό να προσφέρουν μια νέα ποικιλία από υπηρεσίες πρόσθετης αξίας (added-value). Πολλά είναι όμως τα τεχνολογικά, νομικά και οικονομικά προβλήματα που προκύπτουν και που χρειάζονται επίλυση. Μια νέα εποχή ερευνητικών αλλά και εμπορικών δραστηριοτήτων ανατέλλει, όσον αφορά την μετάδοση της εικόνας, του ήχου και άλλων δεδομένων, γνωστή και ως, αμφίδρομη διανομή (interactive broadcasting). Το μέσο που χρησιμοποιείται για την είσοδο στην εποχή αυτή είναι η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση και έχει ως βασικούς στόχους :

- Την ενοποίηση των τεχνολογιών (GSM, DVB, LMDS, UMTS κλπ)
- Την επέκταση της παροχής υπηρεσιών πολυμέσων σε κινούμενους χρήστες
- Την χρήση IP (Internet) για όλες τις υπηρεσίες

Τώρα σε ποιο βαθμό η χώρα μας, αλλά και κάθε χώρα, θα ακολουθήσει την εποχή αυτή και θα αξιοποιήσει τις δυνατότητες που τις προσφέρει η επίγεια ψηφιακή τεχνολογία εξαρτάται από τις αποφάσεις που θα λάβει κάθε χώρα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των πολιτών τους.

### 1.2.2 Πλεονεκτήματα DVB-T

Η DVB-T έχει σε σχέση με την αναλογική τηλεόραση έχει καλύτερη ποιότητα ήχου και εικόνας, αφού το σήμα της, είναι ψηφιακό και επομένως απαλλαγμένο από τα γνωστά προβλήματα λήψης της αναλογικής τηλεόρασης, όπως είναι το χιόνι, ο θόρυβος, οι σκιές, οι παρεμβολές και τα είδωλα. Στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση δεν ισχύει αυτό που είχαμε μάθει για χρόνια ότι βλέπουμε ένα κανάλι με μέτρια εικόνα για παράδειγμα με χιόνια. Στην ψηφιακή τηλεόραση ή πιάνουμε το κανάλι με καλή εικόνα ή δεν το βλέπουμε καθόλου. Αυτό φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.14 Φαινόμενο απότομης υποβάθμισης του σήματος DVB-T

Συνοψίζοντας τα πλεονεκτήματα της επίγειας ψηφιακής τηλεόραση είναι:

- Περισσότερα κανάλια καθώς σε ένα αναλογικό κανάλι αντιστοιχούν 4-6 ψηφιακά προγράμματα.
- Δυνατότητα λήψης σε κινούμενους χρήστες (multipath) π.χ σε μέσα μαζικής μεταφοράς και για διαφημίσεις.
- Εξοικονόμηση συχνοτήτων, με την δυνατότητα δημιουργίας Single Frequency Networks (SFN) όπου πολλοί σταθμοί εκπέμπουν τα ίδια προγράμματα από διαφορετικές τοποθεσίες (Υμηττός – Πάρνηθα – Αίγινα) στην ίδια συχνότητα. Οι δέκτες μπορούν και λαμβάνουν το ισχυρότερο σήμα ενώ τα άλλα τα



απορρίπτουν αφού πρώτα τα θεωρούν multipath. Έτσι ο σημερινός χάρτης συχνοτήτων είναι άχρηστος.

- Δυνατότητα παροχής Internet; μέσα από τηλεοπτικά προγράμματα, και δικτυακών υπηρεσιών.
- Δυνατότητα αμφιδρομότητας με την οποία ο παθητικός τηλεθεατής μετασχηματίζεται σε ενεργό.
- Καλύτερη ποιότητα εικόνας (υποστηρίζει ακόμη και HDTV) και ήχου (Dolby Surround)
- Μετρήσεις ακροαματικότητας με ακρίβεια και όχι extrapolation λόγω καναλιού επιστροφής.
- Επιλεκτική διαφήμιση ανάλογα με τα ενδιαφέροντα του τηλεθεατή.
- Χρησιμοποιείται η ίδια υποδομή δηλαδή κεραία, καλώδιο καθόδου.
- Δεν χρειάζεται εθνική «πλατφόρμα» αλλά τοπική.
- Ανεξαρτητοποίηση των τηλεοπτικών σταθμών, ιδίως των μικρών τοπικών σταθμών, που μπορούν με μικρό κόστος να μπουν στην εποχή της νέας ψηφιακής τηλεόρασης. Επίσης τους προσφέρει την δυνατότητα να «φτάσουν» στα μεγάλα αστικά κέντρα και να μεγαλώσουν το τηλεοπτικό τους κοινό.

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, σε σχέση με την αναλογική, δεν έχει από τεχνική άποψη μειονεκτήματα. Μειονεκτήματα υπάρχουν από την άποψη της αγοράς, και συγκεκριμένα :

- Χρέωση τηλεθεατή (συνδρομητική, η οποία όμως δεν είναι υποχρεωτική).
- Δυσκολία στο μεταβατικό στάδιο όπου το πρόγραμμα εκπέμπεται και αναλογικά και ψηφιακά.
- Με την σημερινή πληθώρα τηλεοπτικών εκπομπών δεν γνωρίζουμε πόσο εύκολα θα πεισθεί ο τηλεθεατής να αγοράσει ψηφιακό δέκτη.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-T**

#### ***2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κεραιών εκπομπής***

#### ***2.2 Χαρακτηριστικά μετάδοσης DVB-T***

2.2.1 Πιθανότητα Κάλυψης Χώρου (Location Probability)

2.2.2 Πιθανότητα κάλυψης χρόνου (*time probability*)

2.2.3 Συντελεστής διόρθωσης θέσης (*location correction factor*)

2.2.4 Συμμετρική φασματική μάσκα (*symmetrical spectrum mask*)

#### ***2.3 Ορισμοί εκπεμπόμενου πεδίου ακτινοβολίας***

#### ***2.4 Παρεμβολή (Interference)***

#### ***2.5 Λήψη DVB-T***

2.5.1 Σταθερή λήψη (*fixed reception*)

2.5.2 Φορητή λήψη (*portable reception*)

2.5.3 Κινητή λήψη (*mobile reception*)

#### ***2.6 Ορισμοί κάλυψης DVB-T***



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ DVB-T

#### 2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κεραιών εκπομπής σταθμών DVB-T

Η ονομαστική θέση των επίσημων σταθμών μετάδοσης τηλεόρασης κάθε χώρας, δίνεται με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες τους (γεωγραφικό μήκος - longitude και γεωγραφικό πλάτος - latitude) εκφρασμένες σε βαθμούς (degrees), λεπτά (minutes) και δευτερόλεπτα (seconds). Η ακριβής θέση των σταθμών μπορεί να διαφέρει από την ονομαστική τους θέση μέχρι και

- 25 km για τους σταθμούς που λειτουργούν στην Band III
- 15 km για τους σταθμούς που λειτουργούν στην Band IV/V

δεδομένου ότι η αλλαγή στις τοπογραφικές συνθήκες δεν αυξάνουν σημαντικά την πιθανότητα παρεμβολής στους σταθμούς των άλλων γειτονικών χωρών.

Η επιλογή της τοποθεσίας νέων πομπών που θα χρειαστούν για να καλύψουν κάποια κενά στην κάλυψη περιοχών από την ψηφιακή τηλεόραση ή η επιλογή της απαιτούμενης απόστασης μεταξύ των πομπών ενός SFN δικτύου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που θα δούμε στην συνέχεια. Η απόσταση μεταξύ των πομπών ποικίλει μεταξύ 30 και 50 χλμ. στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές και μεταξύ 75 και 125 χλμ. στις λιγότερο κατοικημένες περιοχές,

Σε γενικές γραμμές σε κάθε χώρα οι ψηφιακοί αναμεταδότες που θα χρησιμοποιηθούν για την μετάδοση της DVB-T θα είναι περίπου στους 50 με 100. Στις περισσότερες περιπτώσεις όπως και στην περίπτωση της Ελλάδας θα χρησιμοποιηθούν οι σταθμοί εκπομπής της αναλογικής τηλεόρασης και κατά περίπτωση θα δημιουργηθούν νέοι όπου αυτό κριθεί αναγκαίο.

Στην συνέχεια θα δούμε ορισμένα χαρακτηριστικά των κεραιών των σταθμών DVB-T.

#### 1. Κέρδος (Gain)

Το κέρδος ισχύος προσδιορίζει πόσο αποδοτικά ακτινοβολεί μια κεραία. Αναφέρεται στην διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας και είναι η σχετική αύξηση της ακτινοβολίας, εκφρασμένη σε dB, πάνω από ένα ορισμένο επίπεδο ακτινοβολίας ενός δίπολου μισού μήκους κύματος. Για παράδειγμα μια κεραία με E.R.P της ισχύος τροφοδοσίας θα έχει κέρδος  $10 * \log(2/1) = 3$  dBD.

Επίσης υπάρχει και το κατευθυντικό κέρδος μιας κεραίας Μετρίεται σε dB<sub>i</sub> και ορίζεται ως ο λόγος της έντασης ακτινοβολίας μιας κεραίας προς την ένταση ακτινοβολίας ενός ισοτροπικού ακτινοβολητή, που εκπέμπει την ίδια ισχύ.

## 2. Ενεργός Ακτινοβολούμενη Ισχύς (Effective Radiated Power – E.R.P)

Το E.R.P ενός πομπού, σε μια δεδομένη κατεύθυνση, είναι το γινόμενο της ισχύος με την οποία τροφοδοτείται η κεραία του συστήματος και του κέρδους της σχετιζόμενο με εκείνο ενός δίπολου με μήκος  $\lambda/2$  στην κατεύθυνση αυτή.

Για την μετάδοση ήχου το E.R.P είναι η ισχύς του αδιαμόρφωτου φέροντος, ενώ για την μετάδοση εικόνας είναι το μέγιστο σημείο της ισχύος.

Το E.R.P κάθε πομπού υπολογίζεται έτσι ώστε να επιτύχουμε ένα ορισμένο επίπεδο κάλυψης σε μια περιοχή ανάλογα με τις υπηρεσίες που θέλουμε να προσφέρουμε στην περιοχή αυτή. Εξαρτάται από την επιλογή και την επίδραση πολλών παραγόντων. Ο καθορισμός του απαιτούμενου E.R.P ενός πομπού στην ψηφιακή μετάδοση είναι πολύ σημαντικός καθώς θα πρέπει να προσεχτούν πιθανές παρεμβολές προς άλλες υπηρεσίες, όπως η λειτουργία της αναλογικής τηλεόρασης. Στην μετατροπή των πομπών αναλογικής τηλεόρασης ώστε να λειτουργήσουν για την ψηφιακή τηλεόραση γενικά θα γίνει με μείωση των E.R.P τιμών τους.

## 3. Ενεργό Ύψος Κεραίας (Effective Antenna Height)

Το ενεργό ύψος της κεραίας μετάδοσης ορίζεται ως το ύψος του κέντρου της κεραίας μετάδοσης πάνω από το μέσο επίπεδο του εδάφους σε μια απόσταση μεταξύ 3 και 15 χλμ. από τον πομπό και στην κατεύθυνση στην οποία θέλουμε να καθορίσουμε το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (field strength) που εκπέμπεται.

Το ενεργό ύψος μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την κατεύθυνση. Εμείς για τις μετρήσεις θα χρησιμοποιήσουμε κεραίες μετάδοσης με ενεργό ύψος μεταξύ 15 και 30 μέτρων με πιο συνηθισμένη τιμή αυτή των 20 μέτρων.

Γενικά, με βάση το E.R.P και το ενεργό ύψος της κεραίας οι σταθμοί αναμετάδοσης διακρίνονται σε:

- Σταθμούς Υψηλής Ισχύος (High-Power Station) με E.R.P μεγαλύτερο των 10 kW και ενεργό ύψος κεραίας υψηλότερο των 150 μέτρων.
- Σταθμούς Μεσαίας Ισχύος (Medium-Power Station) με E.R.P που κυμαίνεται 100 W και 10 kW και ενεργό μήκος κεραίας μεταξύ 75 και 150 μέτρων.
- Σταθμούς χαμηλής Ισχύος (Low-Power Station) με E.R.P μικρότερο των 50 W στην Band III και λιγότερο των 250 W στις Band IV/V. Το ενεργό μήκος κεραίας συνήθως είναι μικρότερο των 75 μέτρων.

Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις θα πρέπει να προστατευθεί η λειτουργία της αναλογικής τηλεόρασης χρησιμοποιούνται περισσότερο οι σταθμοί μεσαίας ισχύος και οι σταθμοί χαμηλής ισχύος για το γέμισμα των κενών κάλυψης.

Το ενεργό ύψος των κεραιών του δέκτη DVB-T εξαρτάται από τον τύπο λήψης.

#### 4. Διάγραμμα ακτινοβολίας (Radiation Pattern)

Ο σχεδιασμός της κεραίας μπορεί να είναι τέτοιος ώστε η κεραία να είναι είτε ομοιοκατευθυντική (omni-directional) είτε κατευθυντική (directional) προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Κατευθυντική είναι η κεραία που εκπέμπει ή λαμβάνει περισσότερο αποδοτικά σε ορισμένες διευθύνσεις σε σχέση με άλλες. Ομοιοκατευθυντική είναι η κεραία η οποία εκπέμπει ή λαμβάνει ομοιόμορφα ως προς την αζιμουθιακή γωνία  $\varphi$  με  $0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$ , που αναφέρεται στο οριζόντιο επίπεδο που σχετίζεται με την ακτινοβολία της κεραίας, και κατευθυντικά ως προς τη γωνία ανύψωσης  $\theta$   $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ .

Η επιλογή της κεραίας με την κατάλληλη κατευθυντικότητα μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στο να παρέχουμε το απαιτούμενο E.R.P σε μια δεδομένη κατεύθυνση για λόγους κάλυψης, ενώ ταυτόχρονα να αποφύγουμε την παρεμβολή προς άλλες υπηρεσίες με το περιορίζουμε το E.R.P στην κατεύθυνση των υπηρεσιών αυτών. Επίσης η κατευθυντική κεραία μπορεί να συνεισφέρει στο να διατηρηθεί η ισχύς του πομπού και να βελτιωθεί η αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων.

Το μοντέλο των ομοιοκατευθυντικών κεραίων έχει μικρότερο κόστος κατασκευής από οποιοδήποτε άλλο μοντέλο κεραίας..

#### 5. Πόλωση (Polarization Discrimination)

Γενικά, το κύμα που ακτινοβολείται από κάθε κεραία αποτελείται από το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Είναι γνωστό ότι τα πεδία αυτά έχουν κάθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις και το επίπεδο στο οποίο βρίσκονται είναι κάθετο στην διεύθυνση της μετάδοσης. Η πόλωση του κύματος ακτινοβολίας καθορίζεται από την κατεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι πόλωση μιας κεραίας σε μια διεύθυνση είναι η πόλωση του μακρινού ηλεκτρικού πεδίου που εκπέμπει κατά τη διεύθυνση αυτή. Ως πόλωση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου εννοείται η καμπύλη που διαγράφει το άκρο του διανύσματος της στιγμιαίας τιμής του ηλεκτρικού πεδίου κατά τη διεύθυνση διάδοσής του. Εφόσον για τον προσδιορισμό της πόλωσης δεν αναφέρεται συγκεκριμένη διεύθυνση, υπονοείται η διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας. Στην γενική περίπτωση ούτε η κατεύθυνση, ούτε το πλάτος του ηλεκτρικού πεδίου είναι σταθερά καθώς το κύμα διαδίδεται. Το άκρο του διανύσματος του ηλεκτρικού πεδίου διαγράφει μια έλλειψη σε επίπεδο κάθετο στην κατεύθυνση μετάδοσης.

Γενικά δύο κύματα έχουν ορθογωνικές πολώσεις αν τα ηλεκτρικά πεδία των κυμάτων διαγράφουν ταυτόσημες ελλείψεις σε αντίθετες κατευθύνσεις. Μια κεραία που είναι σχεδιασμένη να εκπέμπει ή να λαμβάνει σε μια πόλωση είναι αδύνατο να εκπέμπει ή να λάβει κύματα με ορθογώνια πόλωση. Έτσι όταν έχουμε πομπούς που λειτουργούν στο ίδιο κανάλι δεν επηρεάζουν ο ένας τον άλλο αν έχουν ορθογώνιες πολώσεις μεταξύ τους. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα αναχρησιμοποίησης συχνότητας, όπως στην περίπτωση της μετάδοσης της τηλεόρασης. Στην πράξη σε τέτοια συστήματα θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη η πιθανότητα αποπόλωσης του κύματος είτε λόγω ατέλειας των κεραίων, είτε λόγω χαρακτηριστικών του καναλιού μετάδοσης.

Ένα σημαντικό πρόβλημα δημιουργείται όταν η πόλωση της κεραίας δεν ταυτίζεται με την πόλωση του προσπίπτοντος κύματος, οπότε η ισχύς που συλλέγει η κεραία δεν είναι η μέγιστη δυνατή. Αν υποθεθεί ότι το προσπίπτον πεδίο είναι πολωμένο κατά την διεύθυνση  $p_i$  και η πόλωση της κεραίας λήψης κατά την διεύθυνση  $p_a$ , ο παράγοντας απωλειών πόλωσης δίνεται από τη σχέση :

$$\eta_p = [p_i \cdot p_a]^2 = \cos^2 \psi_p \quad (2.1)$$

όπου  $\psi_p$  η γωνία που σχηματίζουν οι διευθύνσεις  $p_i$  και  $p_a$ . Ο μηδενισμός των απωλειών πόλωσης επιτυγχάνεται με ευθυγράμμιση των δύο πολώσεων, οπότε ο  $\eta_p$  γίνεται μονάδα. Στην περίπτωση όπου το προσπίπτον στην κεραία κύμα είναι πολωμένο κάθετα προς την πόλωση της κεραίας ( $\psi_p = 90^\circ$ ), ο παράγοντας  $\eta_p$  είναι μηδέν και, επομένως, η ισχύς που λαμβάνει η κεραία είναι μηδενική. Είναι φανερό ότι οι απώλειες πόλωσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη με ιδιαίτερη προσοχή διότι σε αρκετές περιπτώσεις αποτελούν κρίσιμη παράμετρο για τον ισολογισμό ισχύος μιας ασύρματης ζεύξης. Παρακάτω θα δούμε πως επηρεάζεται η λειτουργία της ψηφιακής τηλεόρασης από την επιλογή της πόλωσης της κεραίας λήψης σε σχέση με την δεδομένη πόλωση των πομπών καθώς προκαλείται κάποιο πεδίο παρεμβολής που επηρεάζει το πεδίο ακτινοβολίας του πομπού.

Τέλος, πρέπει να διευκρινισθεί ο συσχετισμός της πόλωσης μια κεραίας, όταν λειτουργεί ως κεραία λήψης με την πόλωσή της, όταν λειτουργεί ως κεραία εκπομπής. Σε συγκεκριμένο επίπεδο πόλωσης, οι αντίστοιχες ελλείψεις έχουν το ίδιο λόγο αξόνων, προσανατολισμού και φορά διαγραφής. Όμως, θεωρώντας κάθε φορά τα επίπεδα πόλωσης κατά τη διεύθυνση διάδοσης των αντίστοιχων κυμάτων, οι φορές διαγραφής των ελλείψεων είναι αντίθετες. Για τον ίδιο λόγο οι αντίστοιχες γωνίες κλίσης των ελλείψεων σε σχέση με κοινό άξονα αναφοράς είναι και αυτές αντίθετες. Πάντως, η πόλωση μιας κεραίας σχεδόν πάντοτε προσδιορίζεται από τη λειτουργία εκπομπής.

Η γραμμική πόλωση, στην οποία καθώς διαδίδεται το επίπεδο κύμα το ηλεκτρικό πεδίο διατηρεί σταθερή διεύθυνση, χρησιμοποιείται σχεδόν παγκοσμίως στην μετάδοση της τηλεόρασης. Τα είδη της γραμμικής πόλωσης που χρησιμοποιούνται στους πομπούς για την μετάδοση της τηλεόρασης, αναλογικής και ψηφιακής, και στην χώρα μας, είναι η οριζόντια (horizontal – H) πόλωση και η κάθετη (vertical – V) πόλωση.

Η κυκλική ή ελλειπτική πόλωση θεωρητικά προσφέρουν την δυνατότητα για αποκοπή των ανακλάσεων. Όμως για να μπορέσει να αξιοποιηθεί το πλεονέκτημα αυτό θα πρέπει και οι κεραίες λήψης να έχουν το ίδιο είδος πόλωσης, πράγμα που δεν συμβαίνει. Για ένα πομπό με κυκλική πόλωση και κεραίες λήψης με οριζόντια ή κάθετη πόλωση το πεδίο ακτινοβολίας του στο οριζόντιο ή κάθετο επίπεδο θα είναι μειωμένο κατά 3 dB, δίνοντας μικρότερη κάλυψη, από το αντίστοιχο μα ο πομπός είχε γραμμική πόλωση.



## 6. “Beam Tilt”

Το “beam tilt” χρησιμοποιείται στις κεραιές για να στοχεύσει ο κύριος λοβός του κάθετου επιπέδου του διαγράμματος ακτινοβολίας, πάνω ή κάτω από το οριζόντιο επίπεδο του.

Ο πιο απλός τρόπος είναι ο μηχανικός τρόπος κατά τον οποίο η κεραία τοποθετείται έτσι ώστε να χαμηλώσει η γωνία του σήματος από την μία μεριά ενώ από την άλλη αυξάνει. Υπάρχει και ο ηλεκτρικός τρόπος κατά τον οποίο το επίπεδο του σήματος χαμηλώνει σε όλες τις κατευθύνσεις.

## 7. “Null Fill”

Το “null fill” χρησιμοποιείται στις κεραιές που είναι τοποθετημένες σε βουνά ή ψηλά κτίρια για να αποτραπεί η υπερβολική ποσότητα σήματος που λαμβάνει η κεραία αυτή. Έτσι μειώνεται η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος.

## **2.2 Χαρακτηριστικά μετάδοσης DVB-T**

### **2.2.1 Πιθανότητα Κάλυψης Χώρου (Location Probability)**

Το ποσοστό μιας περιοχής, στην χειρότερη περίπτωση μιας μικρής περιοχής, περίπου 100 επί 100 μέτρων, που καλύπτεται είναι μια από τις παραμέτρους που καθορίζει το απαραίτητο πεδίο για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η απαιτούμενη DVB-T κάλυψη. Η κάλυψη είναι δυνατόν να σχεδιαστεί για ποσοστό μικρότερο του 100% μιας περιοχής. Αυτό μπορεί να είναι βολικό σε περιπτώσεις που έχουμε άνισο καταμερισμό του πληθυσμού ή σε περιπτώσεις που θέλουμε να προσφέρουμε κάποιες υπηρεσίες μόνο σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού. Το λαμβανόμενο πεδίο σε ένα σημείο εξαρτάται από την τοποθέτηση της κεραίας λήψης και το περιβάλλον. Η επίδραση των ανακλάσεων από το έδαφος, τα κτίρια και άλλα αντικείμενα, δημιουργεί κύματα σταθερά κύματα που έχουν ως αποτέλεσμα πολύ γρήγορες εναλλαγές του πεδίου, καθώς η κεραία μετακινείται σε αποστάσεις ανάλογες του μήκους κύματος του σήματος. Σκιές από το τοπικό έδαφος, τα κτίρια και άλλους παράγοντες δίνουν μεγαλύτερες και πιο αργές εναλλαγές στο πεδίο, καθώς η κεραία μετακινείται σε αποστάσεις ανάλογες του μήκους κύματος του σήματος. Η location probability περιγράφεται από μια λογαριθμική συνάρτηση με μια συγκεκριμένη απόκλιση και μέση τιμή. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το ποσοστό των θέσεων στην άκρη της κάλυψης οι οποίες λαμβάνουν μια εικόνα που βλέπετε δεν είναι το ίδιο με το ποσοστό όλων των θέσεων μέσα σε μια service area που λαμβάνουν ένα αποδεκτό σήμα, ποσοστό που είναι αρκετά μεγαλύτερο. Η πιθανότητα κάλυψης του χώρου επιλέγεται ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας που θέλουμε να εκπέμψουμε, το τύπο λήψης και ανάλογα με το αν ο σταθμός λειτουργεί ως επιθυμητό σήμα ή ανεπιθύμητο.

Εξαιτίας της απότομης μετάβασης του σήματος από το καλής ποιότητας σήμα στο καλό σήμα, που είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψηφιακών συστημάτων, υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη αξιοπιστία στην λήψη των ψηφιακών τηλεοπτικών υπηρεσιών. Η location probability για την αναλογική τηλεόραση είναι 50% (μέση τιμή). Αντίθετα ο σχεδιασμός της ψηφιακής τηλεόρασης έχει αντίστοιχο ποσοστό από 70% έως 95%. Για να διασφαλιστεί η λήψη σε τέτοια ποσοστά χρειάζεται υψηλότερο μέσο πεδίο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός διορθωτικού παράγοντα (location correction factor) που προστίθεται στο ελάχιστο μέσο πεδίο και δίνεται από την σχέση:

$$C_L = \mu * \sigma \quad (2.2)$$

όπου:

$\mu$ : 0.000 για 50% , 0.84 για 80% , 1.28 για 90% και 1.64 για 95%

$\sigma$ : σταθερή απόκλιση 5,5dB για σταθερή εξωτερική λήψη.

### 2.2.2 Πιθανότητα κάλυψης χρόνου (time probability)

Το ίδιο ισχύει και για το ποσοστό του χρόνου που μια μικρή περιοχή, περίπου 100 επί 100 μέτρων, που καλύπτεται από ένα ικανοποιητικό σήμα. Το ποσοστό αυτό μπορεί να είναι από 1% έως 99%.

### 2.2.3 Συντελεστής διόρθωσης θέσης (location correction factor)

Εξαιτίας της απότομης εξασθένησης της ποιότητας του σήματος, η οποία συμβαίνει όταν ο απαιτούμενος λόγος του φέροντος προς την παρεμβολή (C/I) ή ο λόγος του φέροντος προς τον θόρυβο (C/N) δεν ικανοποιείται, ένας υψηλότερο ποσοστό καλυπτόμενου χώρου χρειάζεται για το επιθυμητό σήμα. Αντίθετα, χρειάζεται χαμηλότερο ποσοστό καλυπτόμενου χώρου για το παρεμβάλον σήμα. Για τον λόγο αυτό στην τιμή του πεδίου που προκύπτει από τις καμπύλες διάδοσης και τους πίνακες χρησιμοποιείται μια τιμή διόρθωσης που ονομάζεται συντελεστής διόρθωσης θέσης.

Για τους υπολογισμούς του πεδίου στην ψηφιακή αναμετάδοση χρησιμοποιούνται, για το επιθυμητό ψηφιακό σήμα οι καμπύλες διάδοσης για ποσοστό καλυπτόμενου χώρου 50% ενώ για το ανεπιθύμητο ψηφιακό σήμα οι καμπύλες διάδοσης για ποσοστό καλυπτόμενου χώρου 1%. Τα αντίστοιχα ποσοστά για την μετάδοση του αναλογικού σήματος δίνονται στο Recommendation ITU-R BT.665-7.

Ο συνδυασμένος συντελεστής διόρθωσης θέσεως χρησιμοποιείται για την μετατροπή του επιθυμητού και πεδίου παρεμβολής που αναφέρεται στο ποσοστό καλυπτόμενου χώρου 50%, στο ποσοστό καλυπτόμενου χώρου που θέλουμε ανάλογα με το είδος λήψης. Ο συντελεστής αυτός μετριέται σε dB και προκύπτει από την σχέση:

$$CF = \mu(\sigma_w + \sigma_n)^{1/2} \quad (2.3)$$

όπου:

$\sigma_w$ : η σταθερή απόκλιση του επιθυμητού σήματος

$\sigma_n$ : η σταθερή απόκλιση του σήματος παρεμβολής

$\mu$ : ένας συντελεστής που έχει τις τιμές: 0.52 για ποσοστό καλυπτόμενου χώρου 70%, 1,64 για ποσοστό καλυπτόμενου χώρου 95%, 2.33 για ποσοστό καλυπτόμενου χώρου 99%,

- Location correction factors για εξωτερικές θέσεις.

Στο Recommendation ITU-R P.1546-2 δίνεται μια σταθερή απόκλιση 5.5 dB, για σήματα ευρείας ζώνης, για location probability εκτός του 50%. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των location correction factors σε εξωτερικές τοποθεσίες που δίνονται στον παρακάτω πίνακα, για τις επιθυμητές location probabilities.

Coverage target (location probability) (%)	location correction factor (VHF & UHF) (dB)
99	13
95	9
70	3

**Πίνακας 2.1 Location correction factors για εξωτερικές θέσεις**

- Location correction factors για εσωτερικού χώρου θέσεις.

Στην περίπτωση που το πεδίο υπολογίζεται σε εσωτερικό χώρο, η απόκλιση του πεδίου είναι ένα αποτέλεσμα που προκύπτει από τον συνδυασμό της απόκλισης από την εξασθένηση λόγω του κτιρίου και της εξωτερικής απόκλισης. Για τα VHF, όπου η σταθερή απόκλιση του πεδίου είναι 5.5 dB και 3 dB για location probability χώρου 95% και 70%, η συνδυασμένη απόκλιση είναι 6.3 dB. Αντίστοιχα, στα UHF η συνδυασμένη απόκλιση είναι 7.8 dB. Οι συνδυασμένες αυτές τιμές χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των location correction factors σε εσωτερικές τοποθεσίες που δίνονται στον παρακάτω πίνακα, για τις επιθυμητές location probabilities.

Coverage target (location probability) (%)	location correction factor (VHF) (dB)	location correction factor (UHF) (dB)
95	10	13
70	3	4

**Πίνακας 2.2 Location correction factors για εσωτερικές θέσεις**

## 2.2.4 Συμμετρική φασματική μάσκα (symmetrical spectrum mask)

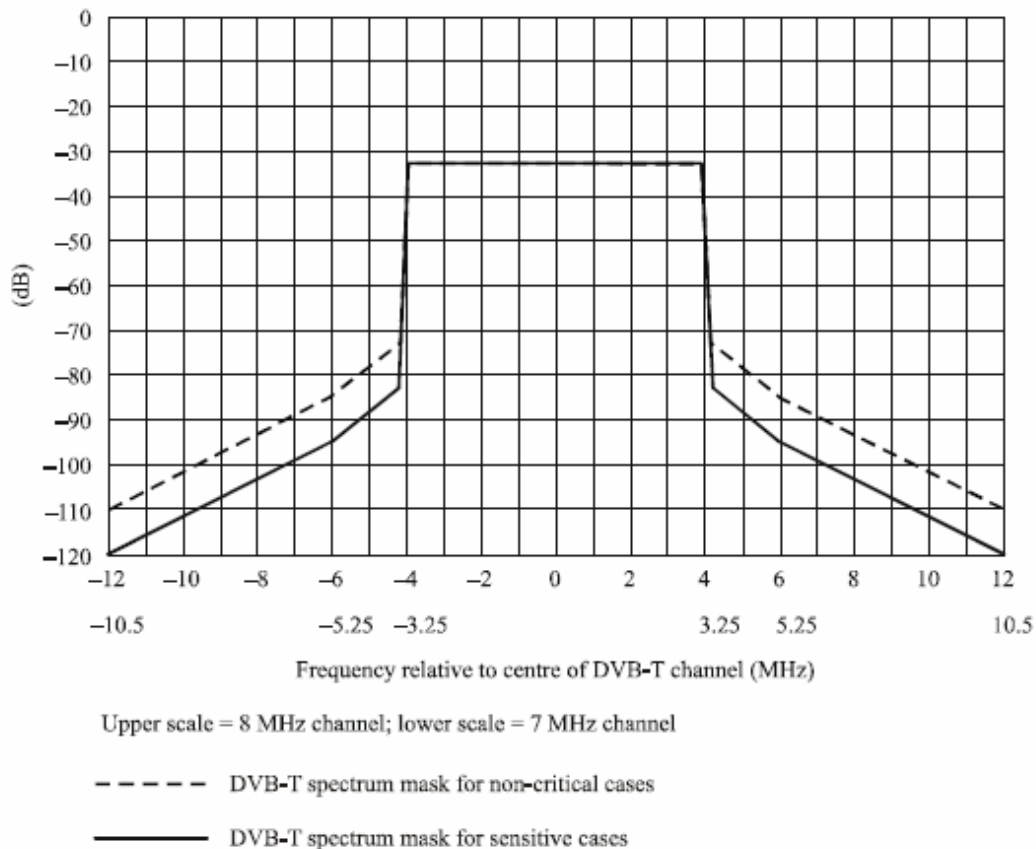
Για επίγειους πομπούς ψηφιακής τηλεόρασης που χρησιμοποιούν γειτονικά κανάλια άλλων υπηρεσιών, η φασματική μάσκα μπορεί να μην παρέχει αρκετή εξασθένηση στην πλευρά του ψηφιακού καναλιού που πέφτει μέσα στο εύρος συχνοτήτων της γειτονικής υπηρεσίας. Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να καθοριστούν ειδικές φασματικές μάσκες, βασισμένες στα χαρακτηριστικά της άλλης υπηρεσίας και στην απόσταση μεταξύ του ψηφιακού πομπού και της περιοχής κάλυψης της γειτονικής υπηρεσίας. Πρέπει, επιπλέον, να έχουμε υπόψη ότι τα φίλτρα φασματικής μάσκας που παρουσιάζουν υψηλότερη εξασθένηση κοντά στο κανάλι ψηφιακής τηλεόρασης, θα είναι πολύ ακριβά και θα εισάγουν υψηλότερη απώλεια εισαγωγής. Η μάσκα για μη κρίσιμες περιπτώσεις πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθεί στις μετρήσεις για την εξαγωγή των διαστημάτων προστασίας της αναλογικής τηλεόρασης από DVB-T σήματα. Οι συμμετρικές φασματικές μάσκες για περιπτώσεις μη κρίσιμες και ευαίσθητες δίνονται στον παρακάτω πίνακα για κανάλια εύρους 8 και 7 MHz.

Breakpoints					
8 MHz channels			7 MHz channels		
	Non-critical cases	Sensitive cases		Non-critical cases	Sensitive cases
Relative frequency (MHz)	Relative level (dB)	Relative level (dB)	Relative frequency (MHz)	Relative level (dB)	Relative level (dB)
-12	-110	-120	-10.5	-110	-120
-6	-85	-95	-5.25	-85	-95
-4.2	-73	-83	-3.7	-73	-83
-3.9	-32.8	-32.8	-3.35	-32.8	-32.8
+3.9	-32.8	-32.8	+3.35	-32.8	-32.8
+4.2	-73	-83	+3.7	-73	-83
+6	-85	-95	+5.25	-85	-95
+12	-110	-120	+10.5	-110	-120

Πίνακας 2.3 Συμμετρική φασματική μάσκα για μη κρίσιμες και ευαίσθητες περιπτώσεις για κανάλια εύρους 8 και 7 MHz

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο συμμετρικές τέτοιες φασματικές. Το σχήμα των φασματικών μασκών στηρίχθηκε στις εξής παραδοχές:

- στην απόκριση πλάτους ενός IF-SAW φίλτρου.
- στο ότι ο ενισχυτής του πομπού προκαλεί ενδοδιαμόρφωση εκτός του καναλιού, η τιμή της οποίας εξαρτάται από την αποδεκτή ενδοδιαμόρφωση εντός του καναλιού.
- η μάσκα για κρίσιμες περιπτώσεις περιλαμβάνει επίσης την απόκριση πλάτους ενός ζωνοπερατού φίλτρου στην έξοδο του πομπού.
- Το επίπεδο της ισχύος που αναφέρεται στην συνολική ισχύ εξόδου, είναι 0dB σε ένα εύρος ζώνης 4 kHz.



**Σχήμα 2.1** Συμμετρική φασματική μάσκα για μη κρίσιμες και ευαίσθητες περιπτώσεις για κανάλια εύρους 8 και 7 MHz

### **2.3 Ορισμοί εκπεμπόμενου πεδίου ακτινοβολίας**

Ο υπολογισμός του πεδίου που δημιουργεί ένας σταθμός που εκπέμπει σήμα DVB-T γίνεται σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 1546-2 και για location και time probability ανάλογα αν το σήμα είναι επιθυμητό ή ανεπιθύμητο. Αντίστοιχα το πεδίο των αναλογικών σταθμών υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 370-7\*

#### **1. Επιθυμητό πεδίο (wanted field strength)**

Είναι το πεδίο του πομπού ή των πομπών των οποίων θέλουμε να προσδιορίσουμε την κάλυψη που παρέχουν σε ένα ορισμένο σημείο. Ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας που θέλουμε να εκπέμψουμε και το αντίστοιχο μοντέλο διάδοσης που χρησιμοποιείται, ορίζονται και η location και time probability για τα οποία αυτό μετριέται. Σε περίπτωση που έχουμε ένα μόνο πομπό αναφέρεται και ως μέσο πεδίο (median field strength). Σε περίπτωση που για την μετάδοση του σήματος DVB-T χρησιμοποιούνται περισσότεροι από έναν πομπό, το επιθυμητό πεδίο προκύπτει από το άθροισμα του μεμονωμένου επιθυμητού πεδίου κάθε πομπού. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την άθροιση των μεμονωμένων πεδίων είναι η “power sum method”, εκτός και αν έχει συμφωνηθεί κάποια άλλη μέθοδος.

Το επιθυμητό πεδίο συμβολίζεται με  $E_w$ , μετριέται σε dB( $\mu$ V/m) και για επιθυμητό σήμα DVB-T μετριέται για location probability 50% και time probability 50%.

## 2. Ανεπιθύμητο πεδίο (unwanted field strength)

Είναι το πεδίο του παρεμβάλοντος σήματος και προκύπτει ως άθροισμα των ανεπιθύμητων πεδίων που προέρχονται από κάθε πιθανή πηγή παρεμβολής, δηλαδή από κάθε άλλο πομπό εκτός αυτών που θέλουμε να προσδιορίσουμε την κάλυψη που παρέχουν σε ένα ορισμένο σημείο. Και εδώ ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας που εκπέμπεται από τους παρεμβάλοντες πομπούς, αλλά και από αυτούς των οποίων θέλουμε να προσδιορίσουμε την κάλυψη που παρέχουν σε ένα ορισμένο σημείο που, ορίζονται η location και time probability για τα οποία μετριέται αυτό το ανεπιθύμητο πεδίο. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την άθροιση όλων των ανεπιθύμητων πεδίων είναι η “power sum method”, εκτός και αν έχει συμφωνηθεί κάποια άλλη μέθοδος.

Συμβολίζεται με  $E_i$ , μετριέται σε dB $\mu$ V/m και

- Όταν το επιθυμητό και το ανεπιθύμητο σήμα είναι DVB-T τότε ανεπιθύμητο πεδίο μετριέται για location probability 50% και time probability 1% .
- Όταν το επιθυμητό σήμα είναι αναλογικό και το ανεπιθύμητο DVB-T τότε ανεπιθύμητο πεδίο μετριέται
  - Για location probability 50% και time probability 50% για συνεχή παρεμβολή.
  - Για location probability 50% και time probability 10% για τροποσφαιρική παρεμβολή.

## 3. Πεδίο παρεμβολής (nuisance field strength)

Το πεδίο παρεμβολής είναι η ποσοτική έκφραση της παρεμβολής που δημιουργείται σε ένα σημείο. Είναι το πεδίο του ανεπιθύμητου σήματος από μία οποιαδήποτε πηγή παρεμβολής στο οποίο έχει προστεθεί ο σχετικός βαθμός προστασίας της υπηρεσίας που λειτουργεί ως επιθυμητό πεδίο και θέλουμε να προστατέψουμε και η κατευθυντικότητα και η πόλωση της κεραίας λήψης.

Συμβολίζεται με  $E_n$  μετριέται σε dB $\mu$ V/m και δίνεται από την σχέση:

$$E_n = E_i + PR + L_{cm} + A_d + A_p \quad (2.4)$$

όπου,

$E_i$ : το υπολογιζόμενο ανεπιθύμητο σήμα (dB $\mu$ V/m)

PR: ο βαθμός προστασίας (dB)

$L_{cm}$ : ο παράγοντας διόρθωσης θέσης (dB) με  $L_{cm} = 2^{1/2} * \mu * \sigma$

$A_d$ : η διάκριση της κατευθυντικότητας της κεραίας (dB) με  $A_d \leq 0$

$A_p$ : η διάκριση της πόλωσης της κεραίας (dB) με  $A_p \leq 0$

#### 4. Χρησιμοποιήσιμο πεδίο (usable field strength)

Είναι η ελάχιστη τιμή του που μπορεί να λάβει το πεδίου έτσι ώστε να μπορεί να εγγραφεί ικανοποιητική ποιότητα υπηρεσιών. Η τιμή αυτή προκύπτει για δεδομένες συνθήκες λήψης, με την παρουσία φυσικού θορύβου (natural noise) και θορύβου από την επίδραση του ανθρώπου (man-made noise), καθώς και την παρουσία παρεμβολής από τους άλλους πομπούς. Στην περίπτωση αυτή είναι η λεγόμενη interference limited κάλυψη, όπου συνυπολογίζεται και η παρεμβολή ως περιοριστικός παράγοντας του πεδίου. Είναι το απαραίτητο πεδίο. Υπολογίζεται από τον συνδυασμό των επιμέρους πεδίων παρεμβολής και τον σχετικό συντελεστή διόρθωσης location correction factor.

#### 5. Ελάχιστο χρησιμοποιήσιμο πεδίο (minimum usable field strength)

Είναι η ελάχιστη τιμή του που μπορεί να λάβει το επιθυμητό πεδίο έτσι ώστε να μπορεί να εγγραφεί ικανοποιητική ποιότητα υπηρεσιών και λήψης. Η τιμή αυτή προκύπτει για δεδομένες συνθήκες λήψης, με την παρουσία φυσικού θορύβου (natural noise) και θορύβου από την επίδραση του ανθρώπου (man-made noise), αλλά με την απουσία παρεμβολής από τους άλλους πομπούς. Είναι η λεγόμενη noise limited κάλυψη, όπου μόνο ο θόρυβος υπολογίζεται ως περιοριστικός παράγοντας του πεδίου. Είναι το ελάχιστο πεδίο που προστατεύεται.

Για την περίπτωση ενός πομπού ονομάζεται επίσης και μέσο ελάχιστο πεδίο (minimum median field strength) και συμβολίζεται με το  $E_{med}$ . Μετريέται για location probability 50% και time probability 50% και για κεραία λήψης 10 μέτρα πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Εξαρτάται από την μέση ελάχιστη τιμή του πεδίου ( $E_{min}$ ) στο σημείο λήψης το οποίο είναι αναγκαίο για να εξασφαλιστεί η σωστή αποκωδικοποίηση του σήματος. Υπολογίζεται από τον συνδυασμό των επιμέρους πεδίων παρεμβολής και τον σχετικό συντελεστή διόρθωσης location correction factor.

Σε περίπτωση σημάτων ευρείας ζώνης όπου η φασματική πυκνότητα ισχύος μπορεί να μην είναι συνεχής στο χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης, χρησιμοποιείται ο όρος ισοδύναμο πεδίο (equivalent field strength). Το ισοδύναμο πεδίο είναι το πεδίο ενός μόνο αδιαμόρφωτου RF φέροντος που ακτινοβολείτε με την ίδια ισχύ που ακτινοβολείτε και όλο το σήμα ευρείας ζώνης.

Το minimum median equivalent field strength υπολογίζεται ως εξής:

$$P_n = F + 10 \log_{10} (k T_0 B) \quad (2.5)$$

$$P_{s \min} = C/N + P_n \quad (2.6)$$

$$A_a = G + 10 \log_{10} (1.64\lambda^2/4\pi) \quad (2.7)$$

$$\phi_{\min} = P_{s \min} - A_a + L_f, \text{ for fixed antenna reception} \quad (2.8)$$

$$\phi_{\min} = P_{s \min} - A_a, \text{ for portable reception} \quad (2.9)$$

$$E_{\min} = \phi_{\min} + 120 + 10 \log_{10} (120\pi) \quad (2.10)$$

$$= \phi_{\min} + 145.8$$

$$E_{\text{med}} = E_{\min} + P_{\text{mmn}} + C_1, \text{ for fixed antenna reception} \quad (2.11)$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_1 + L_h, \text{ for portable outdoor reception} \quad (2.12)$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_1 + L_h + L_b, \text{ for portable indoor reception} \quad (2.13)$$

όπου,

$P_n$  : Receiver noise input power {dBW}

$F$  : Receiver noise figure {dB}

$k$  : Boltzmann's Constant ( $k=1.38 \cdot 10^{-23}$  {Ws/K})

$T_0$  : Absolute temperature ( $T_0 = 290$  {K})

$B$  : Receiver noise bandwidth ( $B=7.61 \cdot 10^6$  {Hz})

$P_{s\ min}$  : Minimum receiver input power {dBW}

$C/N$  : RF signal to noise ratio at the receiver input required by the system {dB}

$A_a$  : Effective antenna aperture {dBm<sup>2</sup>}

$G$  : Antenna gain related to half dipole {dB}

$\lambda$  : Wavelength of the signal {m}

$\phi_{min}$  : Minimum power flux density at receiving place {dBW/m<sup>2</sup>}

$L_f$  : Feeder loss {dB}

$E_{min}$  : Equivalent minimum field strength at receiving place {dBμV/m}

$E_{med}$  : Minimum median equivalent field strength, planning value {dBμV/m}

$P_{mmn}$  : Allowance for man made noise {dB}

$C_1$  : Location correction factor {dB}

$L_h$  : Height loss (10 m agl to 1.5 m agl) {dB}

$L_b$  : Building penetration loss {dB}

## **6. Πεδίο αναφοράς (reference field strength)**

Είναι μια τιμή πεδίου που έχει συμφωνηθεί να χρησιμοποιείται ως αναφορά στον σχεδιασμό συχνοτήτων. Ανάλογα με τις συνθήκες λήψης και την ποιότητα του σήματος μπορούν να υπάρχουν περισσότερες από μία τιμές για το πεδίο αναφοράς.

## **7. Ελάχιστη ροή πυκνότητας ισχύος (minimum power flux-density)**

Είναι η ελάχιστη τιμή της ροής πυκνότητας ισχύος σε μια συγκεκριμένη θέση της κεραίας λήψης η οποία είναι αναγκαία για να εξασφαλιστεί η σωστή αποκωδικοποίηση του σήματος,

Η τιμή αυτή είναι ίση με την ελάχιστη απαιτούμενη τιμή της ισχύος εισόδου του δέκτη από την οποία προκύπτει το άνοιγμα της ενεργού κεραίας (dBm<sup>2</sup>) και στο οποίο προσθέτουμε, όπου είναι αναγκαίο, τις απώλειες εισόδου.



## **2.4 Παρεμβολή (Interference)**

Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζονται η μερική ή ολική συνύπαρξη ανεπιθύμητων σημάτων στο ίδιο εύρος συχνοτήτων με το επιθυμητό σήμα. Οι παρεμβολές που δημιουργούνται σε μια ζεύξη συνυπάρχουν με το θόρυβο και οδηγούν σε περαιτέρω χειροτέρευση της ποιότητας του σήματος που λαμβάνει ο δέκτης.

Οι κυριότεροι λόγοι δημιουργίας παρεμβολών είναι:

- Η αναχρησιμοποίηση συχνότητας, δηλαδή η χρησιμοποίηση των ίδιων διαύλων συχνοτήτων από δύο ή περισσότερους χρήστες.
- Η μη ιδανική συμπεριφορά των φίλτρων ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιούν οι διάφοροι πομποί και δέκτες. Αυτή έχει ως αποτέλεσμα είτε τη δημιουργία ανεπιθύμητων φασματικών ουρών είτε την αδυναμία καταπίεσης τους.
- Η μη γραμμική ενίσχυση πολλαπλών σημάτων λόγω της οποίας προκύπτουν ανεπιθύμητα παράγωγα σήματα που δρουν ως παρεμβολές.
- Η αποπόλωση που προκαλείται κατά την ασύρματη μετάδοση των σημάτων, φαινόμενο που οφείλεται κυρίως στην βροχή για συχνότητες άνω των 10 GHz

Τα είδη των παρεμβολών είναι:

### **1. Παρεμβολή γειτονικού διαύλου (adjacent channel interference)**

Είναι η παρεμβολή που προκύπτει όταν η ισχύς γειτονικών σημάτων προς το επιθυμητό δεν απορρίπτει πλήρως από τα φίλτρα ραδιοσυχνοτήτων. Η παρεμβολή γειτονικού διαύλου προκύπτει ως αποτέλεσμα δύο αιτιών. Ένα μέρος της παρεμβολής οφείλεται στη διέλευση μέσω του φίλτρου λήψης της επιθυμητής ισχύος  $P_1$  που αντιπροσωπεύει τις φασματικές ουρές των γειτονικών διαύλων που δεν έχουν καταπιεσθεί πλήρως από τα φίλτρα ραδιοσυχνοτήτων των αντίστοιχων πομπών. Ένα άλλο μέρος της παρεμβολής οφείλεται στο ότι το φίλτρο λήψης δεν προκαλεί πλήρη απόσβεση εκτός του εύρους συχνοτήτων του επιθυμητού σήματος, επιτρέποντας έτσι σε ένα μέρος της ισχύος των γειτονικών διαύλων  $P_2$  να υπερτίθεται στην ισχύ του επιθυμητού σήματος. Η παρεμβολή  $P_1$  ελαχιστοποιείται με κατάλληλο έλεγχο της ζώνης διέλευσης των φίλτρων ραδιοσυχνοτήτων του πομπού, ενώ η παρεμβολή  $P_2$  ελαχιστοποιείται με περιορισμό της ζώνης διέλευσης των φίλτρων του δέκτη. Επειδή όμως η συνολική απόκριση του διαύλου από συγκεκριμένες προδιαγραφές, δεν είναι δυνατή η μείωση της ζώνης διέλευσης και των φίλτρων εκπομπής και των φίλτρων λήψης. Συνήθως, η σχεδίαση των φίλτρων αποσκοπεί, στην ελαχιστοποίηση του αθροίσματος των παρεμβολών  $P_1$  και  $P_2$  υπό τους περιορισμούς που θέτουν οι διεθνείς προδιαγραφές.

### **2. Παρεμβολή ιδίου διαύλου (co-channel interference)**

Είναι το είδος της παρεμβολής που δημιουργείται σε συστήματα που διαθέτουν τους ίδιους διαύλους συχνοτήτων σε περισσότερες από ένα χρήστες. Αυτό συμβαίνει σε εφαρμογές όπου υπάρχει στενότητα στο διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων, όπως στην

περίπτωση της μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος. Όμως, η πλήρης χωρική απομόνωση των διαύλων που αναχρησιμοποιούνται δεν είναι, πάντα δυνατή, ιδιαίτερα σε μητροπολιτικές περιοχές με αυξημένη τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Συνεπώς, σήματα άλλων χρηστών που χρησιμοποιούν τον ίδιο δίαυλο συχνοτήτων, παρεμβάλλουν σε όλο το εύρος συχνοτήτων του επιθυμητού σήματος. Επίσης, παρεμβολή ίδιου διαύλου δημιουργείται, από προϊόντα ενδο-διαμόρφωσης που παρεμβάλλουν στο επιθυμητό σήμα με αποτέλεσμα τη χειροτέρευση της ποιότητάς του. Παρεμβολές του τύπου αυτού είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα που στηρίζουν τη λειτουργία τους στην αναχρησιμοποίηση συχνότητας.

### **3. Παρεμβολή ενδο-διαμόρφωσης**

Είναι ο τύπος της παρεμβολής που δημιουργείται από προϊόντα ενδο-διαμόρφωσης κατά τη μη γραμμική ενίσχυση πολλαπλών σημάτων, όπως για παράδειγμα σημάτων πολυπλεγμένων κατά συχνότητα. Για αποφυγή των παρεμβολών αυτού του τύπου, οι ενισχυτές σε συστήματα που διαχειρίζονται τέτοιου είδους σήματα πρέπει να λειτουργούν στη γραμμική περιοχή, υπολειπόμενοι έτσι της μέγιστης ενίσχυσης που μπορούν να επιτύχουν. Αντιθέτως, τηλεπικοινωνιακά σχήματα που χρησιμοποιούν ένα φέρον ανά ενισχυτή, όπως κατά την πολύπλεξη με διαίρεση χρόνου, έχουν καθιερωθεί στις τηλεπικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων, αφού η ενίσχυση γίνεται στη μέγιστη ικανότητα των ενισχυτών χωρίς να προκύπτουν προϊόντα ενδο-διαμόρφωσης.

### **4. Παρεμβολή λόγω διασταύρωσης πόλωσης**

Είναι η παρεμβολή που εμφανίζεται σε συστήματα που αναχρησιμοποιούν τη συχνότητα κάνοντας χρήση δύο ή, σπανίως, και περισσότερων πολώσεων. Οφείλεται στην αποπόλωση που δημιουργεί το μέσο διάδοσης και στην ατελή ηλεκτρομαγνητική σύζευξη της μιας πόλωσης από την άλλη. Παρεμβολές αυτού του τύπου είναι περισσότερο εμφανείς σε συστήματα μεγάλων αποστάσεων σε συχνότητες μεγαλύτερες των 10GHz και οφείλονται στην έντονη αποπόλωση που δημιουργεί στις συχνότητες αυτές η βροχή.

### **5. Δια-συμβολική παρεμβολή**

Είναι η παρεμβολή που οφείλεται στη χρονική εξάπλωση των ψηφίων, με αποτέλεσμα να επιδρά δυσμενώς στην αποκωδικοποίηση άλλου ή άλλων γειτονικών ψηφίων. Οι λόγοι στους οποίους οφείλεται η δια-συμβολική παρεμβολή είναι συνήθως η ανεπάρκεια εύρους ζώνης συχνοτήτων, ο όχι ακριβής συγχρονισμός και η παραμόρφωση που δημιουργούν τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης.

## 2.5 Λήψη DVB-T

Υπάρχουν 3 διαφορετικοί τύποι λήψης του σήματος DVB-T :

- Σταθερή
- Φορητή
- Κινητή

Και στις τρεις περιπτώσεις λήψης ο θόρυβος του δέκτη υπολογίζεται στα 7dB.

Για μια δεδομένη κατάσταση κάλυψης η λήψη μπορεί να βελτιωθεί με τους εξής τρόπους:

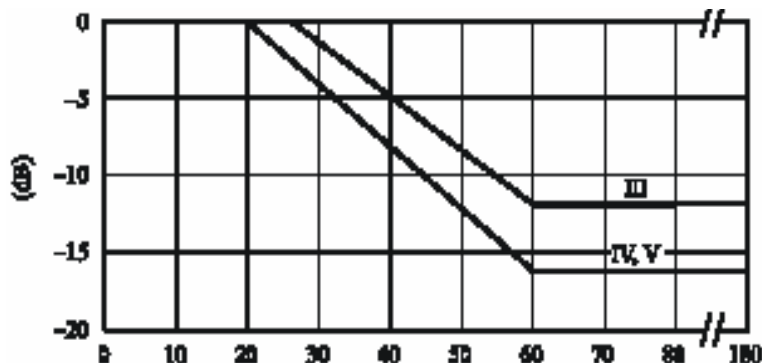
- Να βρούμε καλύτερη θέση για την κεραία λήψης.
- Να χρησιμοποιήσουμε μια (περισσότερο) κατευθυντική κεραία με υψηλότερο κέρδος.
- Να χρησιμοποιήσουμε στην κεραία ένα μικρού θορύβου ενισχυτή (κυρίως στην περίπτωση της σταθερής λήψης).
- Στην περίπτωση της κινητής ή φορητής λήψης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την τεχνολογία των λεγόμενων «έξυπνων» κεραιών

### 2.5.1 Σταθερή λήψη (fixed reception)

Η σταθερή λήψη ορίζεται ως η λήψη στην οποία χρησιμοποιείται μια κατευθυντική κεραία τοποθετημένη στην κορυφή ενός κτιρίου.

Θεωρείται ότι οι σχεδόν ιδανικές συνθήκες λήψης βρίσκονται σε μια πολύ μικρή περιοχή γύρω από την κεραία.

Στους υπολογισμούς του ελάχιστου μέσου πεδίου το ύψος της κεραίας λήψης συνήθως θεωρείται ίσο με 10 μέτρα πάνω από το έδαφος αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα ύψη. Το μοτίβο της ακτινοβολίας σε σχέση με την κατευθυντικότητα της κεραίας του δέκτη και για κάθε Band συχνοτήτων είναι:



Σχήμα 2.2 Κατευθυντικότητα κεραιών σταθερής λήψης

Το κέρδος της κεραίας (σε σχέση με το κέρδος ενός δίπολου  $\lambda/2$ ) στις συχνότητες αναφοράς είναι:

Frequency (MHz)	200	500	800
Antenna Gain (dBd)	7	10	12

**Πίνακας 2.4 Κέρδος κεραιών σταθερής λήψης**

Οι απώλειες εισόδου είναι στις αναφοράς:

Frequency (MHz)	200	500	800
Feeder loss (dBd)	2	3	5

**Πίνακας 2.5 Απώλειες εισόδου κεραιών σταθερής λήψης**

Το άθροισμα του κέρδους της κεραίας και των απωλειών είναι 7dB για τις Band IV και V και 5dB για την Band III. Η location probability για σταθερή λήψη λαμβάνεται στο 95%, ενώ στην σταθερή λήψη μπορεί να αξιοποιηθεί και το είδος της πόλωσης της κεραίας. Έτσι η τιμή των 16dB προστίθεται στον υπολογισμό του ελάχιστου μέσου πεδίου, για όλες τις γωνίες.

\*\*\* Για τον υπολογισμό του πεδίου και των παραπάνω χαρακτηριστικών σε συχνότητες, άλλες, εκτός των συχνοτήτων αναφοράς προσθέτουμε έναν συντελεστή διόρθωσης;

$$\text{Corr} = 10\log_{10}(f_A/f_R) \text{ σε dB} \quad (2.14)$$

όπου:

$f_A$ : η πραγματική συχνότητα λειτουργίας

$f_R$ : η συχνότητα αναφοράς

### 2.5.2 Φορητή λήψη (portable reception)

Υπάρχουν δύο είδη φορητής λήψης:

- Φορητή λήψη εξωτερική (Α' τάξης), στην οποία ο φορητός δέκτης είναι συνδεδεμένος σε μια κεραία που βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο και έχει ύψος όχι λιγότερο από 1,5 μέτρο από το έδαφος
- Φορητή λήψη εσωτερική (Β' τάξης), στην οποία ο φορητός δέκτης είναι συνδεδεμένος σε μια κεραία που βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο και έχει ύψος όχι λιγότερο από 1,5 μέτρο από πάτωμα σε δωμάτια που είναι στο ισόγειο ή δωμάτια που έχουν παράθυρο σε εξωτερικό τοίχο.

Και στις δύο περιπτώσεις θεωρείται ότι οι ιδανικές συνθήκες λήψης μπορούν να βρεθούν μετακινώντας την κεραία του δέκτη μέχρι μισό μέτρο προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Επίσης ότι ο δέκτης παραμένει ακίνητος κατά την διάρκεια της λήψης καθώς και τα αντικείμενα γύρω του. Τέλος θεωρούμε ότι δεν υπάρχει απαίτηση για κάλυψη δωματίων τελείως κλειστών.

Στην φορητή λήψη χρησιμοποιείται ομοκατευθυντική κεραία. Το κέρδος της κεραίας (σε σχέση με το κέρδος ενός δίπολου  $\lambda/2$ ) στις συχνότητες αναφοράς είναι:

Band	Gain (dBd)
Band III (VHF)	-2
Band IV (UHF)	0
Band V (UHF)	0

**Πίνακας 2.6 Κέρδος κεραιών φορητής λήψης**

Στην περίπτωση κεραιών με 1,5 μέτρο ύψος θα πρέπει να εφαρμοσθεί στον υπολογισμό του πεδίου ένα παράγοντας απωλειών ύψους (correction height loss factor). Οι απώλειες ύψους για τις συχνότητες αναφοράς είναι:

Frequency (MHz)	200	500	800
Height loss (dBd)	12	16	18

**Πίνακας 2.7 Απώλειες ύψους κεραιών φορητής λήψης**

Το μετρούμενο πεδίο μέσα σε ένα κτίριο είναι μικρότερο από το πεδίο που υπάρχει έξω από το κτίριο. Οι απώλειες αυτές ονομάζονται “building entry loss” και είναι:

	Building entry loss	Standard deviation
VHF	9 dB	3 dB
UHF	8 dB	5.5 dB

**Πίνακας 2.8 Απώλειες κτιρίου κεραιών φορητής λήψης**

Η location probability στην φορητή λήψη είναι 95%, ενώ δεν λαμβάνεται υπόψη η πόλωση της κεραίας.

### 2.5.3 Κινητή λήψη (mobile reception)

Η κινητή λήψη ορίζεται ως η λήψη στην οποία ο δέκτης είναι κινούμενος και η κεραία του είναι τοποθετημένη σε ύψος όχι λιγότερο από 1,5 μέτρο από το έδαφος.

Το κέρδος της κεραίας (σε σχέση με το κέρδος ενός δίπολου  $\lambda/2$ ) στις συχνότητες αναφοράς είναι:

Band	Gain (dBd)
Band III (VHF)	-2
Band IV (UHF)	0
Band V (UHF)	0

**Πίνακας 2.9 Κέρδος κεραιών κινητής λήψης**

Η location probability στην φορητή λήψη είναι 95%, ενώ δεν λαμβάνεται υπόψη η πόλωση της κεραίας.

## **2.6 Ορισμοί κάλυψης DVB-T**

Οι υπηρεσίες κάλυψης της ψηφιακής τηλεόρασης χαρακτηρίζονται, όπως έχει αναφερθεί, από μία πολύ γρήγορη μετάβαση από της σχεδόν τέλεια λήψη εικόνας στην καθόλου λήψη εικόνας. Για τον λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό να είμαστε ικανοί να καθορίσουμε ποιες περιοχές και ποιες όχι θα εξυπηρετηθούν σωστά από τις ψηφιακές υπηρεσίες που σχεδιάζονται. Ωστόσο εξαιτίας αυτής της ιδιότητας του συστήματος DVB-T, αν η περιοχή που θέλουμε να καλύψουμε είναι μια πολύ μικρή, η υλοποίηση της κάλυψης δυσκολεύει, αφού θα χρειαστεί να αυξήσουμε την ισχύ του πομπού ή να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερο αριθμό πομπών ώστε να καλυφθούν ακόμα και οι πιο μικρές περιοχές..

### 1. Εθνική κάλυψη (National Coverage)

Όταν οι υπηρεσίες σχεδιάζονται για την εξυπηρέτηση τουλάχιστον του 99% του πληθυσμού μιας χώρας, τότε η κάλυψη ονομάζεται εθνική. Στην περίπτωση αυτή καλύπτονται όχι μόνο τα πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα, αλλά και οι πιο απομακρυσμένες περιοχές.

### 2. Περιφερειακή Κάλυψη (Regional Coverage)

Η περιφερειακή κάλυψη είναι ένα είδος της εθνικής κάλυψης όσον αφορά το ποσοστό του πληθυσμού μιας χώρας που έχει πρόσβαση στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Μόνο που στην περίπτωση αυτή χρειάζονται να μεταδοθούν διαφορετικά προγράμματα σε διαφορετικά κομμάτια του πληθυσμού π.χ γιατί μιλάνε διαφορετική διάλεκτο ή γλώσσα.

### 3. Τοπική Κάλυψη (Local Coverage)

Τοπική είναι η κάλυψη που αναφέρεται στο 70% με 80% του πληθυσμού μιας χώρας και κυρίως στα αστικά κέντρα.

### 4. Περιοχή Κάλυψης (Coverage Area)

Η περιοχή κάλυψης για έναν πομπό ή ένα σύνολο πομπών είναι η περιοχή στα όρια της οποίας το επιθυμητό πεδίο (wanted field strength) είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το χρησιμοποιήσιμο πεδίο (usable field strength) όπως αυτό ορίζεται για κάποιες δεδομένες συνθήκες λήψης. Για κάθε συνθήκη λήψης υπάρχουν τρία επίπεδα που ορίζουν την περιοχή κάλυψης.

#### Επίπεδο 1: Θέση λήψης

Η μικρότερη μονάδα περιοχή κάλυψης είναι η θέση λήψης. Η θέση λήψης είναι εκεί όπου θεωρητικά βρίσκεται ένας δέκτης και μετρείται το πεδίο του ενός ή περισσοτέρων πομπών. Θεωρείται ότι καλύπτεται όταν το επιθυμητό σήμα είναι αρκετά ισχυρό ώστε να ξεπερνά τον θόρυβο και την παρεμβολή για ποσοστό 99% του χρόνου. Οι ευνοϊκές συνθήκες λήψης μπορούν να βρεθούν κινώντας την κεραία μέχρι 0,5 μέτρα προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

## Επίπεδο 2: Μικρή περιοχή κάλυψης

Το δεύτερο επίπεδο είναι η μικρή περιοχή κάλυψης που είναι μια περιοχή (περίπου 100 επί 100 μέτρων) στην οποία σημειώνεται το ποσοστό των θέσεων λήψης που καλύπτεται. Έτσι η κάλυψη σε αυτήν τη μικρή περιοχή χαρακτηρίζεται ως:

- «καλή» αν το λιγότερο το 95% των θέσεων λήψης που βρίσκονται σε αυτή καλύπτεται.
- «αποδεκτή» αν το λιγότερο το 70% των θέσεων λήψης που βρίσκονται σε αυτή καλύπτεται.

## Επίπεδο 3: Περιοχή κάλυψης

Η περιοχή κάλυψης ενός πομπού ή ενός συνόλου πομπών προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους μικρών περιοχών κάλυψης στις οποίες ένα δεδομένο ποσοστό (από 70% έως 99%) κάλυψης επιτυγχάνεται.

### 5. Περιοχή Υπηρεσιών (Service Area)

Είναι το μέρος της περιοχής κάλυψης στο οποίο η διοίκηση κάθε χώρας έχει το δικαίωμα να ζητήσει να της χορηγηθούν οι συμφωνημένες συνθήκες προστασίας, ώστε να προσφέρει στους πολίτες ικανοποιητικές υπηρεσίες μετάδοσης τηλεόρασης.

### 6. Σημείο μέτρησης (Test Point)

Είναι ένα σημείο σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία στο οποίο γίνονται μετρήσεις του πεδίου.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DVB-T**

**3.1 Εισαγωγή**

**3.2 Συχνότητες λειτουργίας (*frequency Bands*) και κανάλια DVB-T**

**3.3 Διαμόρφωση (*Modulation*)**

**3.4 Διάστημα προστασίας (*guard interval*)**

**3.5 Βαθμός κωδικοποίησης (*code rate*)**

**3.6 Ωφέλιμη χωρητικότητα καναλιού**

**3.7 Λόγος φέροντος προς θόρυβο (*Carrier to Noise ratio - C/N*)**

**3.8 Ελάχιστα επίπεδα σήματος (*minimum signal levels*)**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DVB-T

#### **3.1 Εισαγωγή**

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε κάποιες από τις παραμέτρους της λειτουργίας της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Η επιλογή των παραμέτρων είναι πολύ σημαντική αφού καθορίζει το είδος και την ποιότητα των υπηρεσιών που θα προσφέρει η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση.

Τα χαρακτηριστικά της μετάδοσης στις ψηφιακές μεταδόσεις όπως η διαμόρφωση (modulation), ο κώδικας διόρθωσης λαθών (code rate), το διάστημα προστασίας (guard interval) και ο λόγος φέροντος προς θόρυβο C/N (carrier to noise ratio) καθορίζουν το μέγεθος των πληροφοριών καθώς και την ταχύτητα και ποιότητα με την οποία μπορούν να μεταφερθούν.

#### **3.2 Συχνότητες λειτουργίας (frequency Bands) και κανάλια DVB-T**

Οι συχνότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση είναι:

- 174 - 230 MHz (Band III) και αντίστοιχα κανάλια 5 - 12 που ανήκουν στις VHF (Very High Frequency) συχνότητες
- 470 - 582 MHz (Band IV) και αντίστοιχα κανάλια 21 - 34 που ανήκουν στις UHF (Ultra High Frequency)
- 582 - 862 MHz (Band V) και αντίστοιχα κανάλια 35 - 69 που και αυτές ανήκουν στις UHF (Ultra High Frequency)

Παρόλα αυτά δεν είναι διαθέσιμες όλες αυτές οι συχνότητες σε κάθε χώρα, αφού σε κάθε χώρα κατά περίπτωση ορισμένες από τις συχνότητες προορίζονται για κάποια άλλη χρήση.

Στην Ελλάδα, συγκεκριμένα:

- τα κανάλια 5 - 11 της Band III (170- 223 MHz) χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης
- το κανάλι 12 της Band III (223 – 230 MHz) χρησιμοποιείται για την μετάδοση του T-DAB
- τα κανάλια 21 - 65 των Band IV/V (470- 830 MHz) χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης
- το κανάλι 66 (830 – 838 MHz) είναι ελεύθερο για μετάδοση της DVB-T
- τα κανάλια 67 – 69 (838 – 862 MHz) χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς λόγους

Βλέπουμε δηλαδή ότι δεν υπάρχει το απαιτούμενο φάσμα συχνοτήτων για την μετάδοση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Εξ ου και η ανάγκη για μετάβαση στην ψηφιακή εποχή της τηλεόρασης και το κλείσιμο της αναλογικής τηλεόρασης με ταυτόχρονη απελευθέρωση πολύτιμου φάσματος συχνοτήτων. Η μετάβαση αυτή στην χώρα μας θα γίνει, για οικονομικούς κυρίως λόγους όπως έχει αναφερθεί, με μετατροπή του ήδη υπάρχοντος δικτύου αναλογικής τηλεόρασης σε ψηφιακό, που σημαίνει την ανάγκη συνύπαρξης για μια περίοδο συνύπαρξης της αναλογικής και ψηφιακής τηλεόρασης κάτι που με την σειρά του σημαίνει επιπλέον κριτήρια και περιορισμοί στον σχεδιασμό.

Τελικά οι συχνότητες που θα χρησιμοποιηθούν για την μετάδοση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης είναι αυτές που χρησιμοποιεί η αναλογική τηλεόραση, δηλαδή:

- τα κανάλια 5 – 11 στην Band III (170- 223 MHz)
- τα κανάλια 21 - 65 των Band IV/V (470- 830 MHz)

Channel number	Channel boundaries (MHz)		Assigned frequency (MHz)
5	174	181	177,50
6	181	188	184,50
7	188	195	191,50
8	195	202	198,50
9	202	209	205,50
10	209	216	212,50
11	216	223	219,50
12	223	230	226,50

**Πίνακας 3.1 DVB-T κανάλια στην Band III**

Channel number	Channel boundaries (MHz)		Assigned frequency (MHz)
Band IV			
21	470	478	474
22	478	486	482
23	486	494	490
24	494	502	498
25	502	510	506
26	510	518	514
27	518	526	522
28	526	534	530
29	534	542	538
30	542	550	546
31	550	558	554
32	558	566	562
33	566	574	570
34	574	582	578

Channel number	Channel boundaries (MHz)		Assigned frequency (MHz)
Band V			
35	582	590	586
36	590	598	594
37	598	606	602
38	606	614	610
39	614	622	618
40	622	630	626
41	630	638	634
42	638	646	642
43	646	654	650
44	654	662	658
45	662	670	666
46	670	678	674
47	678	686	682
48	686	694	690
49	694	702	698
50	702	710	706
51	710	718	714
52	718	726	722
53	726	734	730
54	734	742	738
55	742	750	746
56	750	758	754
57	758	766	762
58	766	774	770
59	774	782	778
60	782	790	786
61	790	798	794
62	798	806	802
63	806	814	810
64	814	822	818
65	822	830	826
66	830	838	834
67	838	846	842
68	846	854	850
69	854	862	858

**Πίνακας 3.2 DVB-T κανάλια στις Band IV και V**

Η ονομαστική κεντρική συχνότητα  $f_c$  των καναλιών VHF δίνεται από τον τύπο:

$$170 \text{ MHz} + 3.5 \text{ MHz} + i_1 * 7 \text{ MHz}, i_1 = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (3.1)$$

Η ονομαστική κεντρική συχνότητα  $f_c$  των καναλιών UHF δίνεται από τον τύπο:

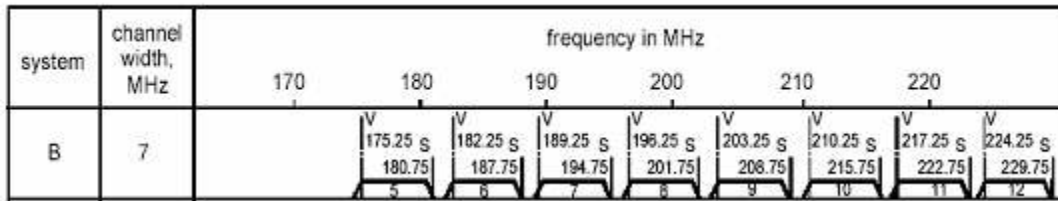
$$470 \text{ MHz} + 4 \text{ MHz} + i_1 * 8 \text{ MHz}, i_1 = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (3.2)$$

Η συχνότητα αυτή μπορεί κατά περίπτωση, να αντισταθμιστεί για την βελτίωση της εκμετάλλευσης του φάσματος του καναλιού από το αναλογικό και το ψηφιακό σήμα κατά την ταυτόχρονη μετάδοσή τους.

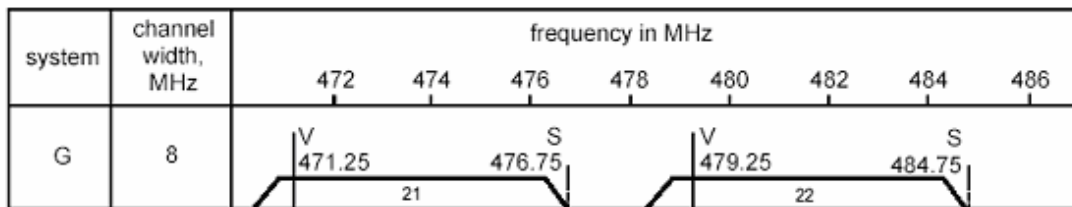
Στην Ελλάδα το σύστημα έγχρωμης τηλεόρασης που χρησιμοποιείται είναι:

- στις VHF συχνότητες το PAL – B, με κανάλια εύρους ζώνης (bandwidth) 7 MHz
- στις UHF συχνότητες το PAL – G, με κανάλια εύρους ζώνης (bandwidth) 8 MHz

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε την θέση των καναλιών της τηλεόρασης στις Band III και IV/V στα αντίστοιχα συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.



Σχήμα 3.1 Channel rasters in Band III



Σχήμα 3.2 Channel rasters in Band IV/V

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται ορισμένα στοιχεία που αφορούν στο κάθε σύστημα τηλεόρασης B και G, όπως, η συχνότητα του φέροντος της εικόνας, του ήχου, του δεύτερου φέροντος ήχου και του φέροντος NICAM που θα χρησιμοποιηθούν για την διαμόρφωση των σημάτων βασικής ζώνης (base band) εικόνας και ήχου της τηλεόρασης καθώς και πληροφορίες για τα είδη διαμόρφωσης των σημάτων ήχου και εικόνας της τηλεόρασης.

System	Number of lines	Channel width MHz	Vision bandwidth MHz	Vision / Sound separation MHz	Vestigial side-band MHz	Vision / 2 <sup>nd</sup> Sound separation MHz
B	625	7	5	+5.5	0.75	0.75
G	625	8	5	-5.5	0.75	0.75

Πίνακας 3.3 Συχνότητες φερόντων, ήχου και εικόνας

System	Vision modulation	1 <sup>st</sup> Sound modulation	2 <sup>nd</sup> Sound modulation
B	C3F Negative	F3E (FM)	A2/NICAM
G	C3F Negative	F3E (FM)	A2/NICAM

Πίνακας 3.4 Διαμόρφωση φερόντων, ήχου και εικόνας

Η συχνότητα που ανατίθεται στο οπτικό φέρον (vision carrier) είναι το άθροισμα της συχνότητας του ονομαστικού οπτικού φέροντος (1,25 Mc/s πάνω από το άνω άκρο κάθε καναλιού) και της συχνότητας αντιστάθμισης (frequency offset).

Για τηλεοπτικούς σταθμούς που λειτουργούν με αντιστάθμιση με άλλους σταθμούς που δεν ανήκουν στο ίδιο κράτος οι συχνότητες των οπτικών φερόντων που μεταδίδονται στην πραγματικότητα θα πρέπει να διατηρηθούν μέσα σε ένα όριο  $\pm 500$  c/s από την αρχική συχνότητα που έχει ανατεθεί στον σταθμό.

Η συχνότητα του φέροντος του ήχου (sound carrier) αντισταθμίζεται με την ίδια ποσότητα όπως και η συχνότητα του οπτικού φέροντος, εκτός αν υπάρχει διαφορετική συμφωνία.

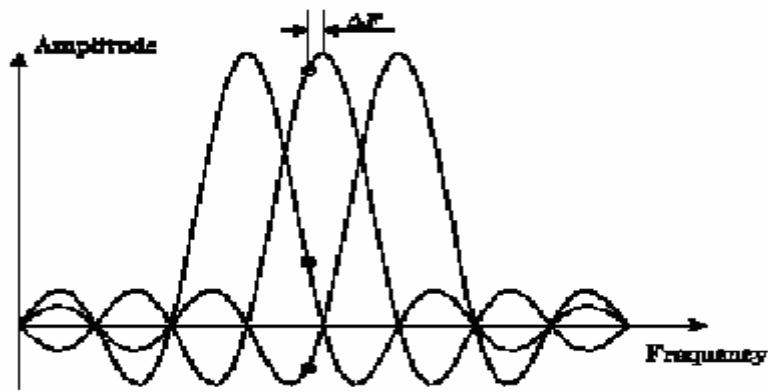
Η χρήση αντισταθμισμένων συχνοτήτων, ως μέσο για την μείωση των protection ratios για τις υπηρεσίες κοινού διαύλου, χρησιμοποιείται ευρύτατα στην λειτουργία της αναλογικής τηλεόρασης. Παρόλο που δεν έχει παρατηρηθεί το ίδιο στην ψηφιακή τηλεόραση σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται χρήση τους ώστε να αντιμετωπιστούν προβλήματα όπως η χρήση της ίδιας κεραίας μετάδοσης για την μετάδοση μιας ψηφιακής υπηρεσίας γειτονικού καναλιού.

### **3.3 Διαμόρφωση (Modulation)**

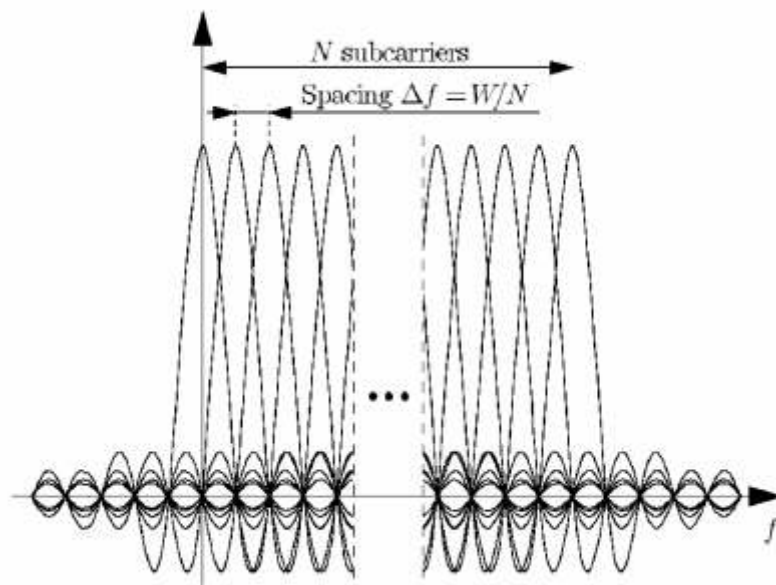
Στις ψηφιακές διαμορφώσεις το φέρον (carrier) κινείται συνεχώς μέσω ενός αριθμού προκαθορισμένων θέσεων φάσης ή/και πλάτους οι οποίες καλούνται σύμβολα (symbols), και κάθε σύμβολο αναπαριστά μια σειρά από bit της ακολουθίας που μεταδίδεται (transport stream). Η αναπαράσταση των πιθανών θέσεων του φέροντος σε διάγραμμα φάσης (γωνία)/πλάτος (απόσταση από το κέντρο) ονομάζεται “Constellation Mapping”. Τα είδη διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται στην DVB-T είναι: QPSK, 16-QAM, ή 64-QAM, σε σχήμα πολλαπλών ορθογωνίων φερόντων COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) : Είναι διαμόρφωσης φάσης με 4 πιθανές θέσεις φέροντος
- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) : Είναι διαμόρφωση φάσης και πλάτους με 16, 64 ή και περισσότερες πιθανές θέσεις φέροντος

Η OFDM διαμόρφωση είναι μια σύνθετη ψηφιακή διαμόρφωση. Το τελικό εκπεμπόμενο σήμα είναι ο μετασχηματισμός Fourier του αρχικά διαμορφωμένου κατά QPSK ή QAM σήματος. Αποτελείται από μια σειρά από φέροντα, όλα κάθετα μεταξύ τους και καταλαμβάνοντας το ίδιο εύρος, από λιγότερο από 1 μέχρι 4 kHz, όπου το κάθε ένα από αυτά είναι διαμορφωμένο κατά QPSK, 16-QAM ή 64-QAM και μεταφέρει 2, 4 ή 6 bits αντίστοιχα. Η μορφή ενός διαμορφωμένου φέροντος και η μορφή του τελικού σήματος φαίνεται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 3.3 Διαμορφωμένο φέρον DVB-T σήματος



Σχήμα 3.4 Τελικό διαμορφωμένο DVB-T σήμα

Το μεταδιδόμενο σήμα είναι οργανωμένο σε χρονικά πλαίσια (frames). Κάθε frame διαρκεί  $T_f$  και αποτελείται από 68 OFDM σύμβολα που αριθμούνται από το 0 έως 67. Όλα τα σύμβολα περιέχουν δεδομένα και ένα αριθμό  $k$  φερόντων που μεταδίδονται ταυτόχρονα στον χρόνο που διαρκεί ένα σύμβολο  $T_s$ . Το σύμβολο χωρίζεται σε δύο μέρη : το χρήσιμο μέρος που έχει χρονική διάρκεια  $T_U$  και το “guard interval” που διαρκεί  $\Delta$  και μπαίνει μπροστά από το  $T_U$  σαν κυκλική του συνέχεια. Δεν διαμορφώνονται όλα τα φέροντα με δεδομένα. Μερικά από αυτά χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πληροφοριών στον δέκτη για την αποδιαμόρφωση του OFDM σήματος κυρίως για συγχρονισμό και λέγονται πιλότοι (pilot carriers).

Η φασματική πυκνότητα ισχύος κάθε φέροντος σε συχνότητα :

$$f_k = f_c + k/T_U \text{ με } (K_{\min} < k < K_{\max}) \quad (3.3)$$

που περιγράφει το πώς κατανέμεται η ισχύς στις διάφορες συχνότητες δίνεται από την σχέση :



$$P_k(f) = [\sin(f - f_k) T_s / (f - f_k) T_s]^2 \quad (3.4)$$

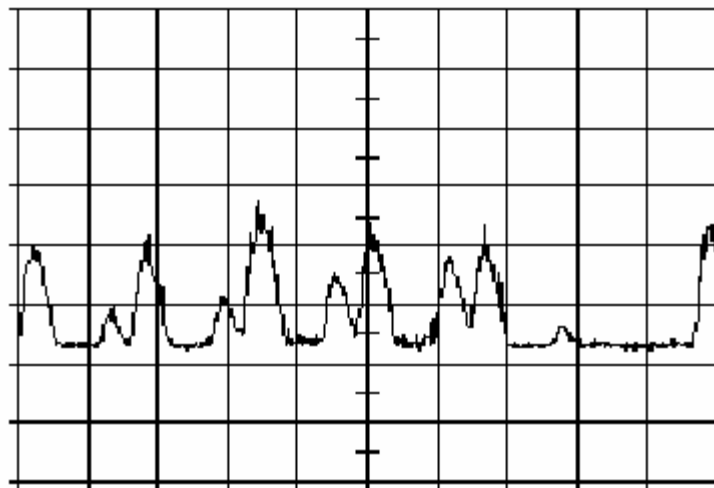
Η συνολική φασματική πυκνότητα ισχύος του σήματος OFDM δίνεται από το άθροισμα των επιμέρους φασματικών πυκνοτήτων ισχύος των φερόντων και δεν είναι συμβατή με το ονομαστικό εύρος του σήματος OFDM. Η διεύρυνση του φάσματος του φέροντος σήματος, που παρατηρείται και που οφείλεται στην ορθογωνική μορφή των παλμών που χρησιμοποιούνται για την μορφοποίηση των ψηφίων, αποτελεί βασική αιτία παρεμβολών. Η μείωση των φασματικών ουρών που βρίσκονται εκτός του κύριου λοβού του φάσματος γίνεται με την χρήση κατάλληλου φίλτρου ενδιάμεσης συχνότητας (Intermediate Frequency - IF filter) στον δέκτη και φίλτρου RF στον πομπό. Η ενδιάμεση συχνότητα δεν είναι ούτε η αρχική συχνότητα του φέροντος, ούτε η τελική συχνότητα βασικής ζώνης στην οποία διαμορφώνεται και μεταδίδεται το σήμα (Radio Frequency – RF). Είναι μια προκαθορισμένη συχνότητα στον δέκτη που ορίζεται από

$$f_{IF} = f_{RF} - f_{LO} \quad (3.5)$$

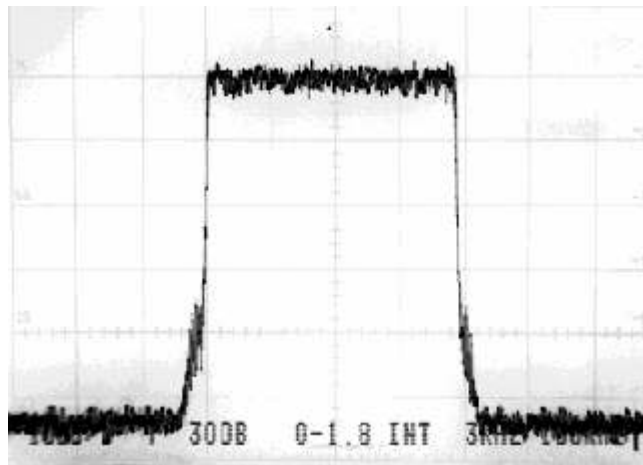
όπου  $f_{LO}$  είναι η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή στον δέκτη, στην οποία μετατρέπεται το μεταδιδόμενο σήμα ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί το σήμα ο δέκτης. Η χρησιμοποίηση κατάλληλων τέτοιων φίλτρων έχει καθοριστική επίδραση στην αξιοπιστία του συστήματος μετάδοσης αφού αυτά καθορίζουν κατά κύριο λόγο το εύρος ζώνης θορύβου των δεκτών και ενδεχόμενη κακή επιλογή ή σχεδιασμός τους θα προκαλέσει παραμόρφωση των σημάτων. Για τον λόγο αυτό σχεδιάζονται για να ικανοποιούν τις διεθνείς προδιαγραφές με στόχο την απόρριψη του εκτός ζώνης θορύβου και την καταστολή των παρεμβολών από φασματικά γειτονικούς διαύλους. Η τελική μορφοποίηση του φάσματος επηρεάζει τελικά τα protection ratio για τις περιπτώσεις γειτονικών (adjacent) και επικαλυπτόμενων (overlapping) διαύλων.

Η OFDM διαμόρφωση με συμπαγείς κώδικες για διόρθωση λαθών (error correcting coding) και guard interval χρησιμοποιείται επειδή μπορεί να διαχειριστεί με αρκετή αποτελεσματικότητα καταστάσεις με θόρυβο από φυσικό αντίλαλο (echoes) λόγω της multipath propagation, όπως επίσης και θορύβου από τεχνητό αντίλαλο λόγω της αυτό-παρεμβολής που δημιουργείται στα SFN δίκτυα. Ακόμη προσφέρει καλή προστασία από τα υψηλά επίπεδα παρεμβολής λόγω ίδιου διαύλου (CCI – co-channel interference) αλλά και παρεμβολής λόγω γειτονικού διαύλου (ACI – adjacent channel interference). Τέλος η OFDM έχει έμφυτη μορφοποίηση του φάσματος των συχνοτήτων (spectrum shaping) η οποία επιτρέπει στην DVB-T να μεταδοθεί σε κανάλια γειτονικά αυτών που χρησιμοποιούνται στην αναλογική τηλεόραση προκαλώντας την μικρότερη δυνατή παρεμβολή στις υπηρεσίες αυτές. Πράγμα πολύ σημαντικό για την περίοδο συνύπαρξης αναλογικής και επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης, μέχρι το κλείσιμο της αναλογικής, που και στην χώρα μας θα χρειαστεί να περάσουμε (transition period).

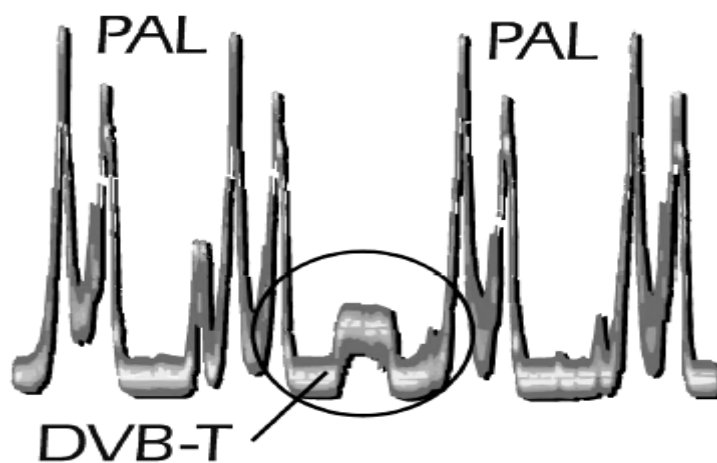
Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται το σήμα της αναλογικής τηλεόρασης, το σήμα της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και στην συνέχεια ο συνδυασμός των δύο αυτών σημάτων.



Σχήμα 3.5 Αναλογικό σήμα τηλεόρασης



Σχήμα 3.6 DVB-T σήμα τηλεόρασης



Σχήμα 3.7 Σήμα αναλογικής τηλεόρασης μαζί με σήμα DVB-T

Υπάρχουν δύο είδη λειτουργίας του OFDM συστήματος ανάλογα με το πόσα φέροντα χρησιμοποιούνται τα οποία δίνονται στο παρακάτω πίνακα με κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά τους.

Παράμετρος	8k mode	2k mode
Αριθμός φερόντων	6817	1705
Διάρκεια $T_U$	896 $\mu$ s	224 $\mu$ s
Εύρος φέροντος	1116 Hz	4464 Hz
Φασματική απόσταση μεταξύ πρώτου και τελευταίου φέροντος	7.61 MHz	7.61 MHz

**Πίνακας 3.5 Χαρακτηριστικά OFDM διαμόρφωσης**

Η “2k mode” λειτουργία ταιριάζει καλύτερα στην λειτουργία μεμονωμένων πομπών και μικρών SFN δικτύων με την απόσταση των πομπών του δικτύου να περιορίζεται γύρω στα 20km, ενώ η “8k mode” ταιριάζει περισσότερο σε μεγάλα SFN δίκτυα με την απόσταση των πομπών να είναι γύρω στα 80km. Η ενδο-απόσταση των πομπών σε ένα SFN εξαρτάται από την ισχύ των πομπών από το επιλεγόμενο guard interval, και την επιλογή του είδους διαμόρφωση και κωδικοποίησης. Οι περισσότερες χώρες έχουν επιλέξει την “8k mode” λειτουργία καθώς προσφέρει μεγαλύτερη προστασία εναντίον της διασυμβολικής παρεμβολής (inter-symbol interference) και την multipath propagation. Η χρήση μεγαλύτερου αριθμού φερόντων αυξάνει την περίοδο του συμβόλου και γι’ αυτό η ίδια αναλογία του “guard interval” δίνει μεγαλύτερη προστασία. Παρόλο αυτά η “8k mode” λειτουργία παρουσιάζει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και μεγαλύτερη ευαισθησία, στον δέκτη, στο θόρυβο φάσης.

Επίσης στο πρότυπο DVB-T χρησιμοποιείται και η ιεραρχική διαμόρφωση (hierarchical modulation). Η χρήση της διαμόρφωσης αυτής επιτρέπει στο σύστημα να μεταδίδει σύγχρονος, με τον ίδιο πομπό και στο ίδιο κανάλι, δύο Transport Streams με διαφορετικά προγράμματα. Το πρώτο ονομάζεται πρωτεύον ή υψηλής προτεραιότητας και έχει χαμηλό ρυθμό μετάδοσης ψηφίων (bit rate) και λαμβάνεται κάτω από όλες τις συνθήκες. Το δεύτερο ονομάζεται δευτερεύον ή χαμηλής προτεραιότητας και έχει υψηλό ρυθμό μετάδοσης ψηφίων (bit rate) και λαμβάνεται μόνο κάτω από καλές συνθήκες. Με την ιεραρχική διαμόρφωση (που μπορεί να είναι μόνο 16-QAM ή 64-QAM) το πρωτεύον καθορίζει μόνο το τεταρτημόριο του συμβόλου της διαμόρφωσης (γίνεται δηλαδή QPSK διαμόρφωση) και το δευτερεύον καθορίζει στο πριν επιλεγμένο τεταρτημόριο, την ακριβή θέση φάσης και πλάτους του συμβόλου. Επίσης μπορούμε να επιλέξουμε τον βαθμό ομοιομορφίας της διαμόρφωσης, κατά πόσο δηλαδή θα διαφέρει ο ρυθμός μετάδοσης των ψηφίων των δύο ακολουθιών, η ανθεκτικότητα τους στον θόρυβο και η ανάλυση τους.

### **3.4 Διάστημα προστασίας (guard interval)**

Το “guard interval” χρησιμοποιείται, στις τηλεπικοινωνίες, για να διασφαλίσει ότι οι μεταδόσεις πληροφοριών που πραγματοποιεί ένας χρήστης (OFDM σύστημα), γίνονται χωρίς η μετάδοση του ενός σήματος να παρεμβάλει στην μετάδοση του άλλου. Σκοπός του “guard interval” είναι να αποτρέψει τις καθυστερήσεις, τις

ανακλάσεις και τους αντίλαλους που δημιουργούνται κατά την μετάδοση ενός σήματος και στα οποία τα ψηφιακά σήματα είναι πολύ ευαίσθητα. Στα COFDM συστήματα στην αρχή κάθε συμβόλου προηγείται ένα guard interval. Όσο οι αντίλαλοι του σήματος πέφτουν μέσα σε αυτό, δεν επηρεάζουν την ικανότητα του δέκτη να αποκωδικοποιήσει με ασφάλεια την πραγματική πληροφορία, αφού η πληροφορία βρίσκεται μόνο εκτός του guard interval. Γενικά μεγαλύτερο guard interval επιτρέπει να ανέχονται μεγαλύτεροι αντίλαλοι στην μετάδοση του σήματος. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα του καναλιού μετάδοσης. Στην DVB-T χρησιμοποιούνται τέσσερα guard intervals που δίνονται ως κλάσματα της περιόδου ενός συμβόλου. Αυτά είναι:

Guard interval: 1/32, 1/16, 1/8 ή 1/4

Το 1/32 δίνει μικρότερη προστασία και υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης, ενώ αντίθετα το 1/4 έχει ως αποτέλεσμα καλύτερη προστασία από φαινόμενα όπως οι αντίλαλοι αλλά και χαμηλό ρυθμό μετάδοσης. Παρακάτω δίνεται ο πίνακας που δείχνει τα guard intervals και τον αντίστοιχο αριθμό φερόντων που έχει κάθε σύστημα.

Designator	Number of carriers	$\Delta / T_g =$ guard interval ratio
A	2k	1/32
B	2k	1/16
C	2k	1/8
D	2k	1/4
E	8k	1/32
F	8k	1/16
G	8k	1/8
H	8k	1/4

Πίνακας 3.6 Αριθμός φερόντων και “guard interval”

### **3.5 Βαθμός κωδικοποίησης (code rate)**

Για την διόρθωση των λαθών όπως έχουμε πει και στο προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση. Ο λόγος της πραγματικής πληροφορίας προς την κωδικοποιημένη πληροφορία που μεταδίδεται ορίζεται ως βαθμός κωδικοποίησης (code rate) και καθορίζει ως ένα βαθμό την αποτελεσματικότητα του καναλιού μετάδοσης. Στην DVB-T ο βαθμός κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται μπορεί να πάρει τις τιμές:

Code rate: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 ή 7/8

### **3.6 Ωφέλιμη χωρητικότητα καναλιού**

Με βάση τα παραπάνω υπάρχουν 60 συνδυασμοί με βάση το είδος διαμόρφωσης, τον κώδικα διόρθωσης λαθών (code rate) και “guard interval”. Με βάση την επιλογή των παρακάτω παραμέτρων μπορούμε να διαλέξουμε bit rate από 4 Mb/s μέχρι και 32 Mb/s. Και ανάλογα με το τι επιθυμούμε να βρούμε τον καλύτερο συνδυασμό σε

ωφέλιμη χωρητικότητα, στο πόσα προγράμματα θέλουμε να μεταδίδουμε σε ένα κανάλι και στην “robustness” δηλαδή την ανθεκτικότητα του καναλιού τα οποία δεν συμβαδίζουν αφού έχουν αντιστρόφως ανάλογη συμπεριφορά. Οι επιλογές είναι:

- Number of carriers: nominal 2k (1705 actual) or 8k (6817 actual)
- Inner code rate (RC):  $RC = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6$  or  $7/8$
- Normalised guard interval length ( $\Delta/Tg$ ):  $\Delta/Tg = 1/4, 1/8, 1/16$  or  $1/32$
- Modulation mode : QPSK, 16 QAM or 64 QAM
- Hierarchical modes : QPSK/16 QAM or QPSK/64 QAM.

Τελικά η ωφέλιμη χωρητικότητα για μη ιεραρχική διαμόρφωση είναι:

System variant designator	Modulation	Code rate	Net bit rate (Mbit/s) For different guard intervals (GI)			
			GI = 1/4	GI = 1/8	GI = 1/16	GI = 1/32
<b>8 MHz variants</b>						
A1	QPSK	1/2	4.98	5.53	5.85	6.03
A2	QPSK	2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
A3	QPSK	3/4	7.46	8.29	8.78	9.05
A5	QPSK	5/6	8.29	9.22	9.76	10.05
A7	QPSK	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
B1	16-QAM	1/2	9.95	11.06	11.71	12.06
B2	16-QAM	2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
B3	16-QAM	3/4	14.93	16.59	17.56	18.10
B5	16-QAM	5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
B7	16-QAM	7/8	17.42	19.35	20.49	21.11
C1	64-QAM	1/2	14.93	16.59	17.56	18.10
C2	64-QAM	2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
C3	64-QAM	3/4	22.39	24.88	26.35	27.14
C5	64-QAM	5/6	24.88	27.65	29.27	30.16
C7	64-QAM	7/8	26.13	29.03	30.74	31.67
<b>7 MHz variants</b>						
D1	QPSK	1/2	4.35	4.84	5.12	5.28
D2	QPSK	2/3	5.81	6.45	6.83	7.04
D3	QPSK	3/4	6.53	7.26	7.68	7.92
D5	QPSK	5/6	7.26	8.06	8.54	8.80
D7	QPSK	7/8	7.62	8.47	8.97	9.24
E1	16-QAM	1/2	8.71	9.68	10.25	10.56
E2	16-QAM	2/3	11.61	12.90	13.66	14.08
E3	16-QAM	3/4	13.06	14.52	15.37	15.83
E5	16-QAM	5/6	14.52	16.13	17.08	17.59
E7	16-QAM	7/8	15.24	16.93	17.93	18.47
F1	64-QAM	1/2	13.06	14.51	15.37	15.83
F2	64-QAM	2/3	17.42	19.35	20.49	21.11
F3	64-QAM	3/4	19.60	21.77	23.05	23.75
F5	64-QAM	5/6	21.77	24.19	25.61	26.39
F7	64-QAM	7/8	22.86	25.40	26.90	27.71

**Πίνακας 3.7 Ωφέλιμη χωρητικότητα για διάφορες παραμέτρους DVB-T**

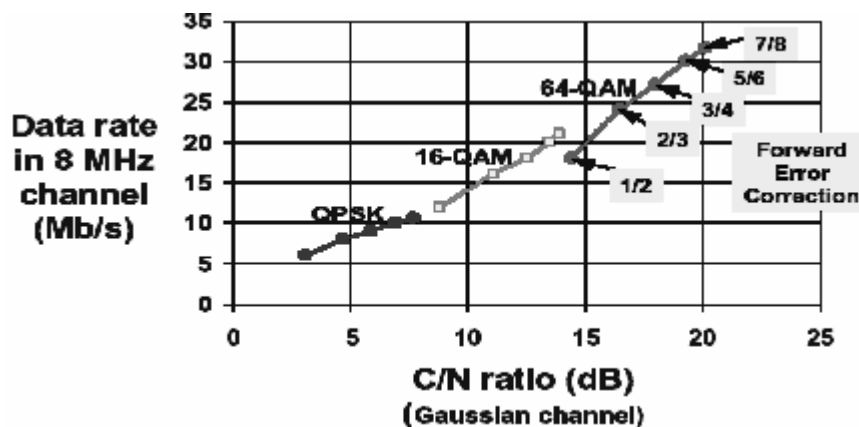
### 3.7 Λόγος φέροντος προς θόρυβο (Carrier to Noise ratio - C/N)

Ο λόγος φέροντος προς θόρυβο C/N (carrier to noise ratio) του καναλιού. Ο C/N είναι ο λόγος της ισχύος του λαμβανόμενου φέροντος προς την ισχύ του λαμβανόμενου θορύβου. Μετριέται σε dB και δείχνει την ποιότητα του καναλιού επικοινωνίας. Υψηλές τιμές C/N παρέχουν καλύτερη ποιότητα λήψης και γενικότερα καλύτερη ακρίβεια και αξιοπιστία στις επικοινωνίες σε σχέση με τις χαμηλές τιμές C/N. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές του C/N για κάποιες παραμέτρους. Οι τιμές του C/N για το Ricean κανάλι χρησιμοποιούνται για την σταθερή λήψη ενώ για την φορητή και κινητή λήψη χρησιμοποιούνται οι τιμές C/N για το Rayleigh κανάλι.

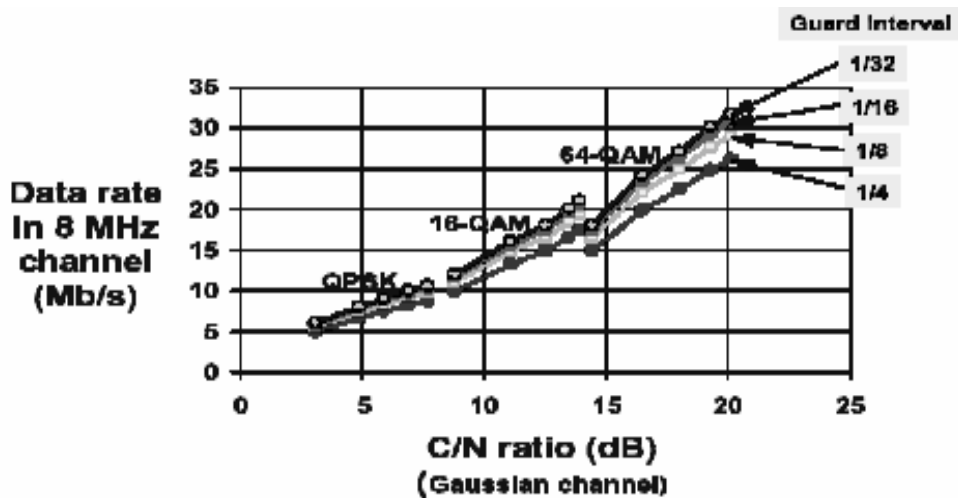
System variants	Modulation	Code rate	Gauss	Rayleigh			
				Rice	FX	PO	PI
A1, D1	QPSK	1/2	4.9	5.9	8.1	8.1	11.1
A2, D2	QPSK	2/3	6.8	7.9	10.2	10.2	13.2
A3, D3	QPSK	3/4	7.9	9.1	11.5	11.5	14.5
A5, D5	QPSK	5/6	9.0	10.3	12.8	12.8	15.8
A7, D7	QPSK	7/8	9.9	11.3	13.9	13.9	16.9
B1, E1	16-QAM	1/2	10.6	11.6	13.8	13.8	16.8
B2, E2	16-QAM	2/3	13.0	14.1	16.4	16.4	19.4
B3, E3	16-QAM	3/4	14.5	15.7	18.1	18.1	21.1
B5, E5	16-QAM	5/6	15.6	16.9	19.4	19.4	22.4
B7, E7	16-QAM	7/8	16.1	17.5	20.1	20.1	23.1
C1, F1	64-QAM	1/2	16.2	17.2	19.4	19.4	22.4
C2, F2	64-QAM	2/3	18.4	19.5	21.8	21.8	24.8
C3, F3	64-QAM	3/4	20.0	21.2	23.6	23.6	26.6
C5, F5	64-QAM	5/6	21.4	22.7	25.2	25.2	28.2
C7, F7	64-QAM	7/8	22.3	23.7	26.3	26.3	29.3

Πίνακας 3.8 Τιμές C/N για διάφορες παραμέτρους DVB-T

Στα γραφήματα που ακολουθούν, φαίνεται η σχέση του ρυθμού μετάδοσης και του C/N για κανάλι Gauss και σε σχέση με τα guard intervals και τον βαθμό κωδικοποίησης.



Σχήμα 3.8 Τιμές C/N σε σχέση με code rate σε Gauss, DVB-T κανάλι



Σχήμα 3.9 Τιμές C/N σε σχέση με guard interval σε Gauss, DVB-T κανάλι

### 3.8 Ελάχιστα επίπεδα σήματος (minimum signal levels)

Το πεδίο του επιθυμητού ψηφιακού σήματος που χρειάζεται να υπάρχει σε ένα σημείο, έτσι ώστε να υπάρχει στο σημείο αυτό η κατάλληλη location probability, ανάλογα για κάθε τύπο λήψης, είναι καλύτερο να συγκριθεί με το πεδίο που προκύπτει χρησιμοποιώντας κεραία δέκτη ύψους 10 μέτρων πάνω από το επίπεδο του εδάφους, η location probability είναι 50% και η time probability είναι και αυτή 50%. Το πεδίο αυτό όπως έχει αναφερθεί ονομάζεται ελάχιστο μέσο πεδίο (minimum median fields strength -  $E_{med}$ ). Το πεδίο αυτό, είναι το ελάχιστο επίπεδο σήματος που χρειάζεται για να ξεπεραστεί η φυσικός θόρυβος και ο θόρυβος που δημιουργείται από την παρουσία του ανθρώπου, χωρίς την παρουσία παρεμβολής από άλλους πομπούς. Παρακάτω στον πίνακα δίνονται οι τιμές του  $E_{med}$  για διάφορες μεταβλητές DVB-T και για τους διάφορους τρόπους λήψης. Οι τιμές αυτές έχουν υπολογισθεί για δύο συχνότητες στα 200 MHz (Band III) και τα 500 MHz (Band IV/V). Για τις τιμές του  $E_{med}$  σε άλλες συχνότητες χρησιμοποιείται μια προσθήκη:

$$E_{med}(f) = E_{med}(f_r) + Corr \quad (3.6)$$

Corr είναι ο συντελεστής διόρθωσης της συχνότητας (frequency correction) ο οποίος είναι για την σταθερή (fixed) λήψη  $Corr = 20 \log_{10}(f/f_r)$  και για την φορητή (portable) λήψη  $Corr = 30 \log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

Ορισμένες τιμές για το minimum median field strength για διάφορες μεταβλητές και τύπους λήψης του συστήματος DVB-T και για τις συχνότητες των 200 και 500 MHz δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

System variants	Modulation	Code rate	MHz	FX	PO	PI	MO
A1, D1	QPSK	1/2	200	34.90	56.10	66.10	59.10
A2, D2	QPSK	2/3	200	36.90	58.20	68.20	61.20
A3, D3	QPSK	3/4	200	38.10	59.50	69.50	62.50
A5, D5	QPSK	5/6	200	39.30	60.80	70.80	63.80
A7, D7	QPSK	7/8	200	40.30	61.90	71.90	64.90
B1, E1	16-QAM	1/2	200	40.60	61.80	71.80	64.80
B2, E2	16-QAM	2/3	200	43.10	64.40	74.40	67.40
B3, E3	16-QAM	3/4	200	44.70	66.10	76.10	69.10
B5, E5	16-QAM	5/6	200	45.90	67.40	77.40	70.40
B7, E7	16-QAM	7/8	200	46.50	68.10	78.10	71.10
C1, F1	64-QAM	1/2	200	46.20	67.40	77.40	70.40
C2, F2	64-QAM	2/3	200	48.50	69.80	79.80	72.80
C3, F3	64-QAM	3/4	200	50.20	71.60	81.60	74.60
C5, F5	64-QAM	5/6	200	51.70	73.20	83.20	76.20
C7, F7	64-QAM	7/8	200	52.70	74.30	84.30	77.30
A1, D1	QPSK	1/2	500	38.90	64.10	76.10	67.10
A2, D2	QPSK	2/3	500	40.90	66.20	78.20	69.20
A3, D3	QPSK	3/4	500	42.10	67.50	79.50	70.50
A5, D5	QPSK	5/6	500	43.30	68.80	80.80	71.80
A7, D7	QPSK	7/8	500	44.30	69.90	81.90	72.90
B1, E1	16-QAM	1/2	500	44.60	69.80	81.80	72.80
B2, E2	16-QAM	2/3	500	47.10	72.40	84.40	75.40
B3, E3	16-QAM	3/4	500	48.70	74.10	86.10	77.10
B5, E5	16-QAM	5/6	500	49.90	75.40	87.40	78.40
B7, E7	16-QAM	7/8	500	50.50	76.10	88.10	79.10
C1, F1	64-QAM	1/2	500	50.20	75.40	87.40	78.40
C2, F2	64-QAM	2/3	500	52.50	77.80	89.80	80.80
C3, F3	64-QAM	3/4	500	54.20	79.60	91.60	82.60
C5, F5	64-QAM	5/6	500	55.70	81.20	93.20	84.20
C7, F7	64-QAM	7/8	500	56.70	82.30	94.30	85.30

**Πίνακας 3.9 Minimum median field strength τιμές για διάφορες μεταβλητές και τύπους λήψης του συστήματος DVB-T για τις συχνότητες 200 και 500 MHz**

\*\*\*Για την περίπτωση που το επιθυμητό σήμα είναι αναλογικό τότε οι τιμές αναφοράς που χρησιμοποιούνται δίνονται στο Recommendation ITU-R BT.417-5



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΛΑΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ DVB-T**

**4.1 Επισκόπηση του πλάνου συχνοτήτων της Στοκχόλμης του 1961  
(ST61)**

**4.2 Σχεδιασμός συστήματος DVB-T**

4.2.1 Τύπος δικτύου

4.2.2 RPCs (Radio Planning Configurations)

4.2.3 Δίκτυα Αναφοράς (Reference Networks - RNs)

4.2.4 Βαθμοί Προστασίας (Protection Ratios - PR)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

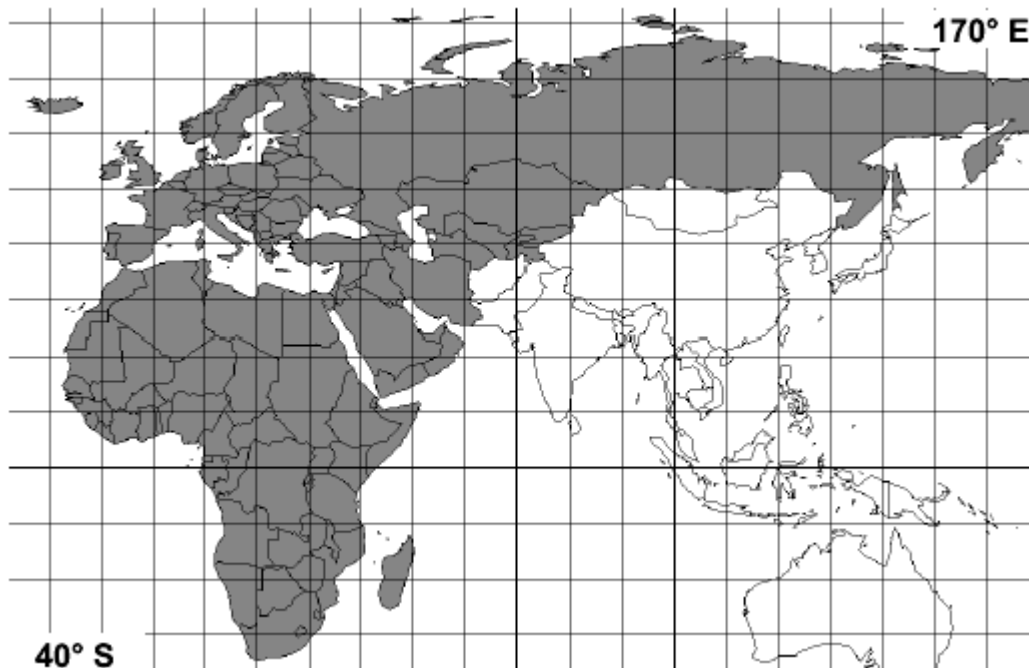
### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΛΑΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ DVB-T

#### **4.1 Επισκόπηση του πλάνου συχνοτήτων της Στοκχόλμης του 1961 (ST61)**

Τα θεμέλια του σχεδιασμού όλης τα τηλεόρασης στην Ευρώπη είναι το Stockholm Plan του 1961, γνωστό και ST61. Το ST61 είναι το πλάνο των συχνοτήτων για τις αναλογικές υπηρεσίες και σε γενικές γραμμές παρείχε την δυνατότητα κάλυψης τριών προγραμμάτων σε κάθε χώρα, ενώ ορισμένες χώρες είχαν δυνατότητα να εκπέμπουν τέσσερα προγράμματα, πλεονέκτημα που οφείλεται κυρίως στην γεωγραφική θέση της χώρας.

Εκ των υστέρων μπορούμε να πούμε ότι το ST61 είχε μεγάλη επιτυχία. Από το 1961, ο αριθμός των διανομέων προγραμμάτων αλλά και των υπηρεσιών που προσφέρουν έχει αυξηθεί δραματικά. Παρόλο που στις περισσότερες περιπτώσεις η ύπαρξη αυτών των νέων υπηρεσιών και ο τρόπος για την εισαγωγή τους και λειτουργίας τους στο υπάρχον δίκτυο δεν είχε προβλεφτεί από την συνδιάσκεψη της Στοκχόλμης, ωστόσο η ευελιξία της δομής του ST61, συνεχίζει να το κάνει ιδιαίτερα σημαντικό και χρήσιμο ακόμα και σήμερα. Λίγοι από τους τότε συμμετέχοντες στην συνδιάσκεψη του 1961 περίμεναν να έχει τόσο μεγάλη επιτυχία η δουλείας τους και τόση μεγάλη αξία ακόμη και 40-45 χρόνια μετά. Η επιτυχία αυτή γίνεται ακόμα πιο μεγάλη αν λάβουμε υπόψη τις συνθήκες που επικρατούσαν εκείνη την εποχή στην Ευρώπη, όπου επικρατούσε το ψυχροπολεμικό κλίμα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο μεγαλύτερο μέρος του συνεδρίου γινότανε προσπάθεια να λυθούν θέματα όπως ο καθορισμός συχνοτήτων στην περιοχή του Βερολίνου, το οποίο λίγους μήνες μετά χωρίστηκε με την ύψωση του τείχους του Βερολίνου.

Ευτυχώς, η Ευρώπη σήμερα δεν είναι ακόμα διαιρεμένη. Έτσι ο επανασχεδιασμός για την επίγεια ψηφιακή μετάδοση δεν περιορίζεται μόνο στην EBA (European Broadcasting Area), αλλά έχει αποφασιστεί ότι η περιοχή που θα καλυφτεί από το συνέδριο της ITU (International Telecommunication Union) περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της ITU Region 1, και κυρίως η περιοχή που εκτείνεται δυτικά από τον 170° μεσημβρινό, και βόρεια από τον 40° παράλληλο (στην οποία συμπεριλαμβάνονται, η Ευρώπη, η Αφρική και όλη η Ρωσία εκτός των ανατολικών της άκρων), μαζί με το Ιράν.



**Σχήμα 4.2 Region 1**

Μαζί με την αναθεώρηση του ST61 θα γίνει και επανεξέταση του πλάνου της Γενεύης του 1989 (Geneva Plan 1989) για την Αφρική.

Το 1961, η βασική υπόθεση για την σχεδίαση των αναλογικών υπηρεσιών (δηλαδή του FM ραδιοφώνου και της αναλογικής τηλεόρασης), ήταν ότι οι κεραιές λήψης θα έπρεπε να ήταν τοποθετημένες 10 μέτρα πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Άλλωστε τα πρώτα τρανζίστορ κατασκευάστηκαν μετά το 1961. Επιπλέον τα πρώτα τρανζίστορ δεν μπορούσαν να λειτουργήσουν στην VHF band, με αποτέλεσμα τα πρώτα φορητά ραδιόφωνα να λειτουργούν μόνο στις LF και MF Bands. Σήμερα ελάχιστοι είναι αυτοί που ακούν ραδιόφωνο χρησιμοποιώντας σταθερές κεραιές στα σπίτια (roof-top antennas). Το ραδιόφωνο σήμερα έχει γίνει ένα κινητό (mobile) και φορητό (portable) μέσο. Η εισαγωγή της ψηφιακής τεχνολογίας στην μετάδοση προσφέρει την δυνατότητα να συμβεί το ίδιο και στην τηλεόραση, δηλαδή να γίνει ένα φορητό και ευκίνητο μέσο.

Από το 1961, δύο σημαντικές εξελίξεις έχουν συμβεί πάνω στο ST61. Η πρώτη είναι η κατασκευή εκατοντάδων επιπλέον σταθμών αναμετάδοσης χαμηλής ισχύος (low power stations) για την καλύτερη κάλυψη των περιοχών που αντιμετώπιζαν πρόβλημα λήψης (κενά κάλυψης – coverage holes) με τους επίσημους σταθμούς εκπομπής που είχαν οριστεί για κάθε χώρα στο ST61 και η δεύτερη σημαντική εξέλιξη είναι η εισαγωγή νέων δικτύων, συνήθως με κάλυψη μικρότερη από εθνική (national coverage) και κυρίως με εμπορικό χαρακτήρα.

Δεδομένου του ST61, υπάρχουν τρεις εναλλακτικοί τρόποι για να βρεθεί το φάσμα συχνοτήτων που χρειάζεται για την εισαγωγή του δικτύου επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης :

1. Συχνότητες που δεν χρησιμοποιούνται, ενώ ήταν προγραμματισμένες να χρησιμοποιηθούν από τα αναλογικά δίκτυα τηλεόρασης των χωρών και οι οποίες να χρησιμοποιηθούν για το δίκτυο ψηφιακής τηλεόρασης.
2. Συχνότητες και κανάλια που περισσεύουν, αν και τα περισσότερα χρησιμοποιούνται πλέον από μη εθνικά δίκτυα, γίνεται δηλαδή χρήση τους καταχρηστικά, με την συμφωνία του κράτους, από ιδιωτικούς σταθμούς
3. Η χρησιμοποίηση των καναλιών από το 60 και πάνω, δηλαδή πάνω από 790 MHz, κανάλια που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες χώρες για στρατιωτικούς σκοπούς.

Όπως γίνεται αντιληπτό στο ST61, δεν είχε γίνει καμία πρόβλεψη για την ψηφιακή τηλεόραση, σύμφωνα με τους τρεις προηγούμενους τρόπους. Στις 43 χώρες που ανήκουν στο CEPT η αρχική εισαγωγή της ψηφιακής τηλεόρασης στηρίχθηκε στις οδηγίες του Chester '97 Agreement. Όμως τόσο το Chester '97 Agreement, όσο και το ST61 δεν είναι ιδανικά για τον σχεδιασμό της ψηφιακής τηλεόρασης αφού στηρίζονται στην αναλογική τηλεόραση. Για τον λόγο αυτό οι χώρες που ανήκουν στο CEPT, την EBA (56 χώρες), την ABA και τις γειτονικές χώρες αποφάσισαν να επανεξετάσουν, κάτω από την επίβλεψη της ITU, την συμφωνία της Γενεύης για την μετάδοση τηλεόρασης στις VHF/UHF συχνότητες (GE89), το ST61 και το Chester '97, με σκοπό την καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων και την καλύτερο σχεδιασμό για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Αυτό έγινε στα RRC (Regional Radiocommunication Conference) όπου πάρθηκαν αποφάσεις για όλα τα τεχνικά θέματα που αφορούν τον τρόπο σχεδιασμού της ψηφιακής τηλεόρασης και το νέο σχεδιασμό των συχνοτήτων στην περιοχή και τα οποία θα παρουσιαστούν στην συνέχεια.

Αποτέλεσμα της αναθεώρησης του ST61 και όλων των ενεργειών για την λειτουργία της επίγεια ψηφιακής τηλεόρασης και το κλείσιμο της αναλογικής στο τέλος της περιόδου μετάβασης (transition period), με σκοπό την αποδέσμευση χρήσιμου εύρους ζώνης συχνοτήτων είναι να προκύψουν δύο νέα πλάνα συχνοτήτων, το αναλογικό και το ψηφιακό πλάνο συχνοτήτων. Το αναλογικό πλάνο αποτελείται από δύο κομμάτια. Στο ένα εμπεριέχονται όλοι οι σταθμοί που χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης και λειτουργούν στις συχνότητες 170-230 MHz (Band III) και στο δεύτερο κομμάτι εμπεριέχονται οι σταθμοί που χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης που λειτουργούν στις συχνότητες 470-862 MHz (Band IV/V). Αντίστοιχα, και το ψηφιακό πλάνο αποτελείται από δύο κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι του ψηφιακού πλάνου περιλαμβάνει όλους τους σταθμούς που χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση DVB-T και T-DAB (Terrestrial – Digital Audio Broadcasting) και λειτουργούν στις συχνότητες 170-230 MHz (Band III) και στο δεύτερο κομμάτι περιλαμβάνονται οι σταθμοί που χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση DVB-T και T-DAB και λειτουργούν στις συχνότητες 470-862 MHz (Band IV/V).

Για την μετάβαση στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση μπορούμε:

- να σχεδιάσουμε εξ' ολοκλήρου ένα νέο ψηφιακό πλάνο συχνοτήτων για ένα νέο δίκτυο
- να χρησιμοποιήσουμε μερικώς ή ολικώς το ήδη υπάρχον αναλογικό δίκτυο

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε το αναλογικό δίκτυο και τους αναλογικούς σταθμούς αναμετάδοσης υπάρχει ο προτεινόμενος κανόνας που λέει ότι, για να επιτύχουμε το ίδιο επίπεδο κάλυψης, κατά την μετάδοση σήματος DVB-T, με αυτό που υπήρχε στην αναλογική τηλεόραση θα πρέπει η ισχύς των σταθμών αναμετάδοσης DVB-T να είναι:

- **6-7 dB στην Band III**
- **10 dB στις Band IV, V:**

κάτω από την ισχύ των αντίστοιχων σταθμών αναμετάδοσης αναλογικού σήματος τηλεόρασης.

Στην περίπτωση του σχεδιασμού ενός νέου δικτύου DVB-T, οι παράμετροι και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πομπών καθορίζονται ανάλογα με τις υπηρεσίες που θέλουμε να προσφέρουμε. Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα εξετάσουμε τον σχεδιασμό ενός πλάνου DVB-T.

## **4.2 Σχεδιασμός συστήματος DVB-T**

Τα κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται ο σχεδιασμός της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και καθορίζεται η λειτουργία της είναι:

- Ο τύπος δικτύου
- Οι τιμές C/N και minimum median field strength
- Οι βαθμοί προστασίας (protection ratios - PR) και οι συντελεστές διόρθωσης θέσεως (location correction factors)

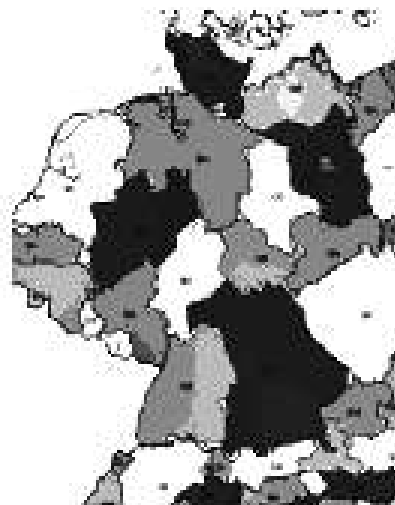
### **4.2.1 Τύπος δικτύου**

Τα δύο θεμελιώδη εργαλεία που χρησιμοποιούμε για την δημιουργία ενός πλάνου συχνοτήτων (Frequency Plan) και τον σχεδιασμό ενός δικτύου είναι τα assignments και τα allotments. Στην περίπτωση του σχεδιασμού ενός δικτύου με assignments, ανατίθεται σε κάθε πομπό, που βρίσκεται σε μια γνωστή τοποθεσία, ένα κανάλι, και καθορίζονται τα χαρακτηριστικά του πομπού για την μετάδοση στο κανάλι αυτό. Στην περίπτωση του σχεδιασμού ενός δικτύου με allotments ανατίθεται σε μια διοίκηση ένα κανάλι για να παρέχει κάλυψη σε μια καθορισμένη service area που ονομάζεται allotment area. Οι θέσεις των πομπών δεν είναι γνωστές ούτε και τα χαρακτηριστικά τους κατά την διάρκεια του σχεδιασμού. Και με τις δύο περιπτώσεις, πάντως, περιγράφεται το ίδιο αντικείμενο σχεδιασμού με διαφορετικό, όμως, τρόπο. Αυτό όμως που είναι σημαντικό είναι ότι μπορούμε να μεταβούμε από την μια μορφή σχεδιασμού στην άλλη. Μπορούμε δηλαδή στα πλάνα συχνοτήτων να μετατρέψουμε ένα allotment σε assignments ή αντίστροφα να αντικαταστήσουμε την λειτουργία κάποιων assignments από ένα allotment. Ο σχεδιασμός με assignments χρησιμοποιείται κυρίως στην MFN προσέγγιση ενός δικτύου όπου ένα δίκτυο σταθμών αναμετάδοσης χρησιμοποιεί πολλά διαφορετικά κανάλια ραδιοσυχνοτήτων RF, ενώ ο σχεδιασμός με allotments χρησιμοποιείται κυρίως στην SFN προσέγγιση ενός δικτύου, όπου ένα δίκτυο συγχρονισμένων σταθμών αναμετάδοσης ακτινοβολούν όμοια σήματα στο ίδιο κανάλι ραδιοσυχνοτήτων RF. Γενικά όμως

επιτρέπεται να πραγματοποιηθεί οποιοσδήποτε συνδυασμός μεταξύ τρόπου σχεδιασμού assignments ή allotments και τύπο δικτύου SFN ή MFN. Ένα παράδειγμα σχεδιασμού με assignments και allotments φαίνεται παρακάτω.



**Σχήμα 4.2 Προσέγγιση με assignments**



**Σχήμα 4.3 Προσέγγιση με allotments**

Η βασική επιλογή για τη σχεδίαση οποιουδήποτε δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης σε μια καθορισμένη περιοχή είναι ο αριθμός συχνοτήτων στις οποίες θα λειτουργεί. Υπάρχουν, λοιπόν, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δύο τύποι δικτύων στα οποία μπορεί να λειτουργήσει η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση:

- Δίκτυο Πολλαπλής Συχνότητας (Multiple Frequency Network – MFN)
- Δίκτυο Ενιαίας Συχνότητας (Single Frequency Network – SFN)

Καθώς επίσης και κάποιοι συνδυασμοί των δύο αυτών δικτύων μπορούν να δώσουν τα εξής συστήματα:

- MFN με χαμηλής ισχύος SFN (gap fillers) για την κάλυψη μικρών κενών
- MFN με τοπικά πυκνά SFN γύρω από κάθε σταθμό MFN
- Τοπικό (regional) SFN με λίγους πομπούς υψηλής ισχύος σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση
- SFN ευρείας περιοχής με πολλούς πομπούς υψηλής ισχύος σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση

#### 4.2.2 RPCs (Radio Planning Configurations)

Η επιλογή της τιμής C/N από τον πίνακα 2.12 αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο για την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρει ένα DVB-T σύστημα. Όπως φαίνεται και από τις εξισώσεις (2.11) – (2.19) από την τιμή αυτή καθορίζεται η minimum median equivalent field strength τιμή που με την σειρά της καθορίζει το ελάχιστο πεδίο για να έχουμε σωστή κάλυψη DVB-T. Ο μεγάλος αριθμός των επιλογών που υπάρχουν για τον σχεδιασμό ενός DVB-T δικτύου μας οδηγεί στην χρήση των RPC's. Ένα RPC είναι ένα αντιπροσωπευτικός συνδυασμός από κριτήρια και παραμέτρους της αναμετάδοσης DVB-T. Ένα RPC περιγράφει το άθροισμα όλων των τεχνικών χαρακτηριστικών που χρειάζονται για την εφαρμογή μιας υπηρεσίας αναμετάδοσης και χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό και για τους υπολογισμούς κατά την τροποποίηση του αναλογικού ή του ψηφιακού πλάνου. Ένα RPC δεν σχετίζεται με κάποιες συγκεκριμένες παραμέτρους ενός πραγματικού δικτύου, αλλά μπορεί να έχει έναν μεγάλο αριθμό εφαρμογών. Για τον ορισμό και την εξαγωγή των RPC's οι παράμετροι και τα κριτήρια σχεδιασμού που έχουμε δει παραπάνω κατηγοριοποιούνται στις εξής ομάδες:

##### 1. Τύπος λήψης

- σταθερή λήψη
- φορητή εξωτερική λήψη, κινητή λήψη και χαμηλής ποιότητας κάλυψης εσωτερική φορητή λήψη
- υψηλής ποιότητας κάλυψης εσωτερική φορητή λήψη

##### 2. Ποιότητα κάλυψης (εκφρασμένη σε ποσοστό καλυπτόμενου χώρου)

- 70%
- 95%
- 99%

##### 3. Τύπος δικτύου

- MFN
- SFN
- πυκνό SFN

##### 4. DVB-T μεταβλητές

- 15 διαφορετικοί συνδυασμοί διαμόρφωσης και λόγου κωδικοποίησης
- 2 περιπτώσεις εύρους ζώνης καναλιού 7 ή 8 MHz
- 4 τύποι “guard interval”

Έχουμε δηλαδή συνολικά  $15 * 2 * 4 = 120$  διαφορετικές κατηγορίες.



Τα παραπάνω συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Aspect	Element	Comment
Reception mode	Fixed roof-level portable outdoor portable indoor mobile	
Coverage quality	70% 95% 99%	in terms of percentage of location
Network structure	Single transmitter SFN Dense SFN	adequate for MFN coverage adequate for large area SFN coverage adequate for small and large area SFN coverage
DVB-T system variant	from QPSK-1/2 to 64QAM-7/8	in principle all variants are available

**Πίνακας 4.1 Παράμετροι RPC**

Στην συνέχεια δίνονται για τις συχνότητες των 200 MHz (VHF) και 650 MHz (UHF) τα γενικά χαρακτηριστικά των συμφωνημένων RPCs.

RPC	RPC1	RPC 2	RPC 3
Reference location probability	95%	95%	95%
Reference $C/N$ (dB)	21	19	17
Reference $(E_{med})_{ref}$ (dB( $\mu$ V/m)) at 200 MHz	50	67	76
Reference $(E_{med})_{ref}$ (dB( $\mu$ V/m)) at 650 MHz	56	78	88
Typical data capacity (Mbit/s)	20-27	8-24	13-16

**Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικά των RPCs**

Το  $(E_{med})_{ref}$  είναι η τιμή αναφοράς για το μέσο πεδίο στις συγκεκριμένες συχνότητες.

- Το RPC1 χρησιμοποιείται για την σταθερή λήψη.
- Το RPC2 χρησιμοποιείται για φορητή εξωτερική λήψη, κινητή λήψη και χαμηλής ποιότητας κάλυψης εσωτερική φορητή λήψη

- Το RPC3 χρησιμοποιείται για την υψηλής ποιότητας κάλυψης εσωτερική φορητή λήψη

Για τις τιμές του  $(E_{med})_{ref}$  σε άλλες συχνότητες χρησιμοποιείται μια προσθήκη:

$$(E_{med})_{ref}(f) = (E_{med})_{ref}(f_r) + Corr \quad (4.1)$$

Corr είναι ο συντελεστής διόρθωσης της συχνότητας (frequency correction) ο οποίος είναι για την σταθερή (fixed) λήψη  $Corr = 20\log_{10}(f/f_r)$  και για την φορητή (portable) λήψη  $Corr = 30\log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

Οι τιμές αναφοράς του  $(E_{med})_{ref}$  και του C/N, για κάθε RPC, έχουν υπολογισθεί για τους λόγους προστασίας και τους συντελεστές διόρθωσης θέσεως που έχουν αναφερθεί παραπάνω, ανάλογα με τον τύπο λήψης, και για τις παρακάτω αντιπροσωπευτικές μεταβλητές DVB-T, για κάθε RPC.

	Representative system variant
RPC 1	64QAM 3/4
RPC 2	16QAM 3/4
RPC 3	16QAM 2/3

**Πίνακας 4.3 Διαμόρφωση και λόγος κωδικοποίησης των RPCs**

Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης των δεδομένων RPCs είναι:

- Είναι ιδιαίτερος χρήσιμα στον σχεδιασμό με την χρήση allotments.
- Επιτρέπει την επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου μεταβλητών.
- Απλοποιεί και μειώνει τον αριθμό των παραμέτρων που από τις οποίες πρέπει να επιλέξουμε.
- Δεν χρειάζονται τεχνικά κριτήρια όπως οι λόγοι προστασίας σε αυτό το στάδιο.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Τα δεδομένα RPCs δεν ανταποκρίνονται ακριβώς σε ένα σύστημα DVB-T.
- Η κάθε διοίκηση έχει ακόμη να πάρει κάποιες βασικές αποφάσεις όσον αφορά τον σχεδιασμό.

### 4.2.3 Δίκτυα αναφοράς (Reference Networks - RNs)

Το δίκτυο αναφοράς είναι ένα δίκτυο με την, γενική, δομή ενός πραγματικού δικτύου του οποίου όμως τα χαρακτηριστικά είναι ακόμη άγνωστα. Το δίκτυο αναφοράς χρησιμοποιείται στην ανάλυση της συμβατότητας αυτού του πραγματικού δικτύου και ειδικότερα στον υπολογισμό της παρεμβολής που πιθανών να δημιουργεί σε άλλα τυπικά δίκτυα ψηφιακής αναμετάδοσης, αλλά και στον υπολογισμό της πιθανής παρεμβολής που μπορεί να ανεχτεί από αυτά. Ένα παράδειγμα της χρήσης του δικτύου αναφοράς είναι ο υπολογισμός της παρεμβολής που δημιουργεί ένα allotment, καθώς αυτό δεν σχετίζεται με κάποιους πομπούς και δεν υπάρχει άλλος τρόπος για τον υπολογισμό αυτό.

Τα δίκτυα αναφοράς έχουν σε μεγάλο βαθμό μια γεωμετρική συμμετρία και ομοιογένεια στα χαρακτηριστικά των πομπών από τους οποίους αποτελούνται και χαρακτηρίζονται από τις εξής παραμέτρους:

- Ο αριθμός των πομπών
- Η απόσταση μεταξύ των πομπών
- Η γεωμετρία κάθε πομπού
- Η ισχύς κάθε πομπού
- Το ύψος της κεραίας κάθε πομπού
- Το είδος της μορφής ακτινοβολίας κάθε πομπού
- Η service area που πρέπει να καλυφθεί

Σημαντικό, επίσης, ρόλο στην διαμόρφωση των δικτύων αναφοράς παίζει και ο τύπος του δικτύου. Έτσι σε περίπτωση δικτύου MFN το δίκτυο αναφοράς αποτελείται από έναν μόνο πομπό και χρησιμοποιούνται τα πραγματικά τεχνικά χαρακτηριστικά και η ισχύς του πομπού για τον υπολογισμό της πιθανής εξερχόμενης παρεμβολής και της coverage και service area. Σε περίπτωση δικτύου SFN η κατάσταση είναι πιο πολύπλοκη. Τα δίκτυα SFN έχουν ως στόχο να καλύψουν μεγαλύτερες service areas από έναν μόνο πομπό ενώ κατά την διάρκεια της δημιουργίας τους μπορεί να μην είναι γνωστοί όλοι οι πομποί. Οι υπολογισμοί κατά την ανάλυση της συμβατότητας του δικτύου SFN στηρίζονται σε ένα δίκτυο αναφοράς που ταιριάζει σε κάθε περίπτωση καθώς και οι υπολογισμοί κατά την τροποποίηση του ψηφιακού πλάνου στην οποία υπάρχει ένα allotment δεν έχει μετατραπεί σε assignments. Βλέπουμε δηλαδή ότι στην ουσία υπάρχουν δίκτυα αναφοράς κυρίως για τα δίκτυα SFN, και όχι τόσο για τα δίκτυα MFN, και αυτά θα μελετήσουμε στην συνέχεια.

Τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης των RNs είναι:

- Είναι ιδιαιτέρως χρήσιμα στον υπολογισμό της παρεμβολής των allotments.
- Επιτρέπει την επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου μεταβλητών.
- Απλοποιεί και μειώνει τον αριθμό των παραμέτρων που από τις οποίες πρέπει να επιλέξουμε.
- Δεν χρειάζονται τεχνικά κριτήρια όπως οι λόγοι προστασίας σε αυτό το στάδιο.

Τα μειονεκτήματα της χρησιμοποίησης των RNs είναι:

- Τα δεδομένα RNs μπορεί να μην ανταποκρίνονται ακριβώς σε ένα σύστημα DVB-T.
- Η κάθε διοίκηση έχει ακόμη να πάρει κάποιες βασικές αποφάσεις όσον αφορά τον σχεδιασμό.
- Αυξάνει ο χρόνος των υπολογισμών και της ανάλυσης

### Δίκτυα αναφοράς για SFN δίκτυα

Τέσσερα δίκτυα αναφοράς έχουν σχεδιασθεί για να καλύψουν όλες τις πιθανές εφαρμογές των δικτύων DVB-T.

Για τον καθορισμό της ισχύος με την οποία πρέπει να τροφοδοτηθεί το δίκτυο αναφοράς, το ύψος και η ισχύς των κεραιών των πομπών ρυθμίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται το επιθυμητό ποσοστό κάλυψης σε κάθε τοποθεσία της service area. Το ενεργό ύψος των κεραιών ορίζεται στα 150 μέτρα. Οι υπολογισμοί του πεδίου βασίζονται στο μοντέλο διάδοσης ITU-R Rec. P. 1546-1 και το στατιστικό άθροισμα του γίνεται με την μέθοδο k-LNM. Η κάλυψη που δίνει η ισχύς που καθορίστηκε με βάση τα προηγούμενα δεδομένα είναι “noise limited” κάλυψη δηλαδή είναι η κάλυψη που επιτυγχάνεται μόνο με την παρουσία του θορύβου. Για να δημιουργηθεί η ίδια κάλυψη αλλά “interference limited“ αυτή την φορά, δηλαδή και με την παρουσία παρεμβολής, θα πρέπει να προστεθεί ένα περιθώριο (margin) ισχύος, στους πομπούς του δικτύου αναφοράς, της τάξεως των 3 dB.

Στα δίκτυα αναφοράς χρησιμοποιείται κυρίως η δομή ανοιχτού δικτύου, αφού θεωρείται ότι η δομή αυτή αντιστοιχεί στα πραγματικά δίκτυα. Σε περιπτώσεις με χαμηλή πιθανή παρεμβολή χρησιμοποιείται και η δομή κλειστού και ημίκλειστου δικτύου.

Η service area ενός δικτύου αναφοράς είναι εξαγωνική όπως άλλωστε και η γεωμετρία των πομπών του δικτύου αναφοράς. Στην περίπτωση ανοιχτού δικτύου η service area είναι 15% μεγαλύτερη από την έκταση που καλύπτουν οι πομποί του δικτύου.

Η κατηγοριοποίηση των δικτύων αναφοράς είναι:

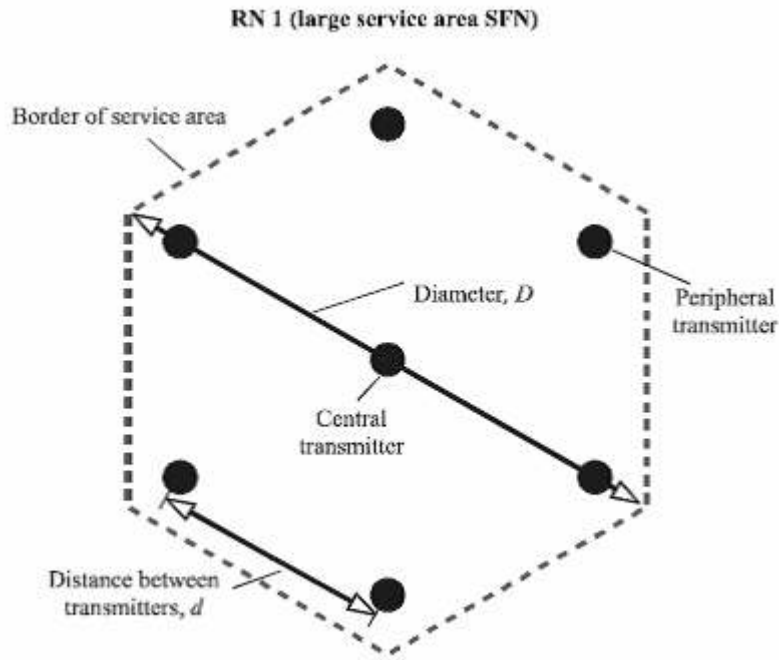
Reference network	1	2	3	4
Application	Large service area SFN	Small service area SFN, dense SFN	Small service area SFN (urban)	Semi-closed small service area SFN where interference should be limited
Service area diameter (km)	161/115/92	53/33/33	53/33/33	46/29/29
Distance between transmitters (km)	70/50/40	40/25/25	40/25/25	40/25/25
Type of network	Open	Open	Open	Semi-closed

Πίνακας 4.4 Τύποι RNs

### 1. RN1 (Εκτεταμένης service area SFN)

Το RN1 αποτελείται από επτά πομπούς τοποθετημένους στο κέντρο και στις έξι κορυφές ενός εξαγώνου. Το δίκτυο είναι ανοιχτού τύπου, δηλαδή οι πομποί έχουν μη κατευθυντικές κεραίες και η service area είναι 15% μεγαλύτερη από την έκταση που καλύπτουν οι πομποί του δικτύου. Το RN1 χρησιμοποιείται για τα τρία RPCs τόσο για τις UHF όσο και για τις VHF συχνότητες. Αναφέρεται σε SFN δίκτυα με εκτεταμένη service area. Ο κεντρικός πομπός λειτουργεί ως ο κύριος πομπός του δικτύου. Για την φορητή και κινητή λήψη η διάμετρος της service area περιορίζεται στα 150 με 200 μέτρα λόγω της αυτό-παρεμβολής που δημιουργείται, εκτός και αν χρησιμοποιηθούν πολύ τραχείς μεταβλητές DVB-T, όπως στα πυκνά δίκτυα SFN. Το είδος της OFDM διαμόρφωσης που έχει υποτεθεί είναι η “8k mode” και το μήκος του “guard interval” έχει θεωρηθεί ίσο με  $1/4 T_U$ . Η απόσταση μεταξύ των πομπών του δικτύου αναφοράς δεν πρέπει να ξεπερνά την απόσταση που αναλογεί στην διάρκεια του “guard interval”. Στην περίπτωση του RN1 η διάρκεια του “guard interval” είναι 224  $\mu$ s, η οποία αντιστοιχεί σε απόσταση 67 χλμ. Έτσι η απόσταση των πομπών για το RPC1 είναι 70 χλμ., ενώ για το RPC2 και RPC3 επειδή η απόσταση αυτή θεωρείται αρκετά μεγάλη, αναλογικά με την ισχύ με την οποία τροφοδοτούνται οι πομποί, είναι 50 χλμ. και 40 χλμ. αντίστοιχα.

Παρακάτω δίνεται η γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του RN1:



Σχήμα 4.4 Γεωμετρία RN1

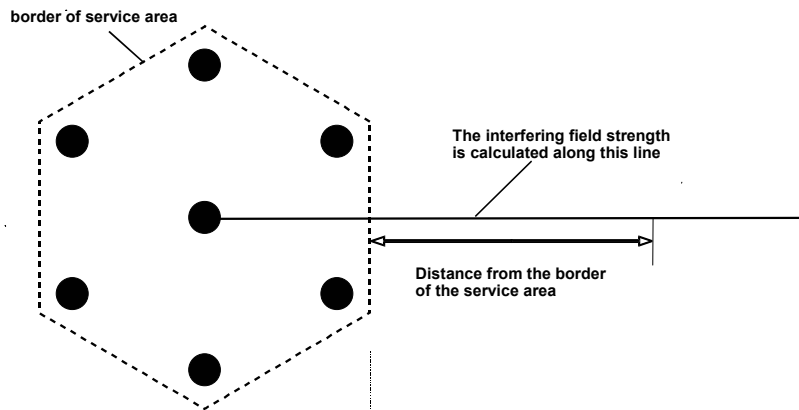
Reference planning configuration		RPC 1 Fixed antenna	RPC 2 Portable outdoor and mobile	RPC 3 Portable indoor
Type of network		open	open	open
Geometry of service area		Hexagon	Hexagon	Hexagon
Number of transmitters		7	7	7
Geometry of transmitter lattice		Hexagon	Hexagon	hexagon
Inter-transmitter distance d(km)		70	50	40
Service area diameter D(km)		161	115	92
Tx antenna height (m)		150	150	150
Tx antenna pattern		non-directional	non-directional	non-directional
ERP (dBW)	Band III	31.1 + $\Delta$	33.2 + $\Delta$	37.0 + $\Delta$
	Band IV/V	39.8 + $\Delta$	46.7 + $\Delta$	49.4 + $\Delta$

Πίνακας 4.5 Χαρακτηριστικά RN1

Το περιθώριο παρεμβολής (interference margin)  $\Delta$  είναι ίσο με 3 dB.

Το E.R.P έχει υπολογισθεί για τις συχνότητες των 200 MHz στην Band III και 650 MHz για τις Band IV/V. Για άλλες συχνότητες πρέπει να προστεθεί ένα συντελεστής διόρθωσης συχνότητας  $C_{\text{off}}$  ο οποίος για το RPC1 είναι  $C_{\text{off}} = 20 \log_{10}(f/f_r)$  και για το RPC2 και RPC3 είναι  $C_{\text{off}} = 30 \log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

Η γεωμετρία για τον υπολογισμό της πιθανής εξερχόμενης παρεμβολής του RN2 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα

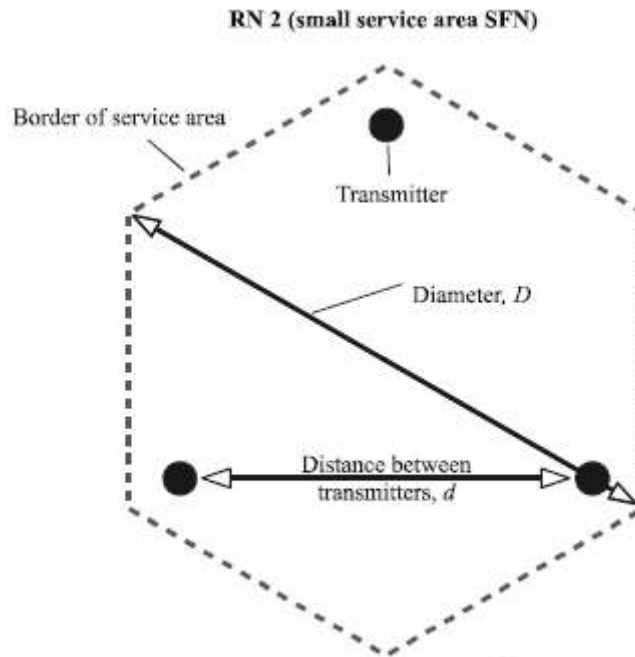


Σχήμα 4.5 Υπολογισμός Παρεμβολής RN1

## 2. RN2 (Μικρής service area SFN, πυκνό SFN)

Το RN2 αποτελείται από τρεις πομπούς τοποθετημένους στις τρεις κορυφές ενός τριγώνου. Το δίκτυο είναι ανοιχτού τύπου, δηλαδή οι πομποί έχουν μη κατευθυντικές κεραίες και η service area είναι εξαγωνική και 15% μεγαλύτερη από την έκταση που καλύπτουν οι πομποί του δικτύου. Το RN2 χρησιμοποιείται για τα τρία RPCs τόσο για τις UHF όσο και για τις VHF συχνότητες. Αναφέρεται σε SFN δίκτυα με μικρή service area. Οι περιορισμοί λόγω της αυτό-παρεμβολής αναμένονται να είναι μικροί. Η τυπική διάμετρος της service area είναι 30 με 50 μέτρα. Το είδος της OFDM διαμόρφωσης που έχει υποθεθεί είναι η “8k mode” και το μήκος του “guard interval” έχει θεωρηθεί ίσο με  $1/8 T_U$  κάτι που αυξάνει την χωρητικότητα του καναλιού σε σχέση με το RN1 που είδαμε προηγουμένως. Η απόσταση μεταξύ των πομπών του δικτύου αναφοράς δεν πρέπει να ξεπερνά την απόσταση που αναλογεί στην διάρκεια του “guard interval”. Έτσι για το συγκεκριμένο “guard interval” η απόσταση μεταξύ των πομπών για το RPC1 είναι 40 χλμ., μιας και η σταθερή λήψη είναι λιγότερο ευαίσθητη στην αυτό-παρεμβολή εξαιτίας των κατευθυντικών κεραιών λήψης, ενώ για το RPC2 και RPC3 είναι 25 χλμ.

Παρακάτω δίνεται η γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του RN2:



**Σχήμα 4.6 Γεωμετρία RN2**

Reference planning configuration	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	
Inter-transmitter distance $d$ (km)	40	25	25	
Service area diameter $D$ (km)	53	33	33	
Tx antenna height(m)	150	150	150	
Tx antenna pattern	non-directional	non-directional	non-directional	
ERP (dBW)	Band III	21.1 + $\Delta$	23.6 + $\Delta$	31.1 + $\Delta$
	Band IV/V	28.8 + $\Delta$	36.0 + $\Delta$	43.3 + $\Delta$

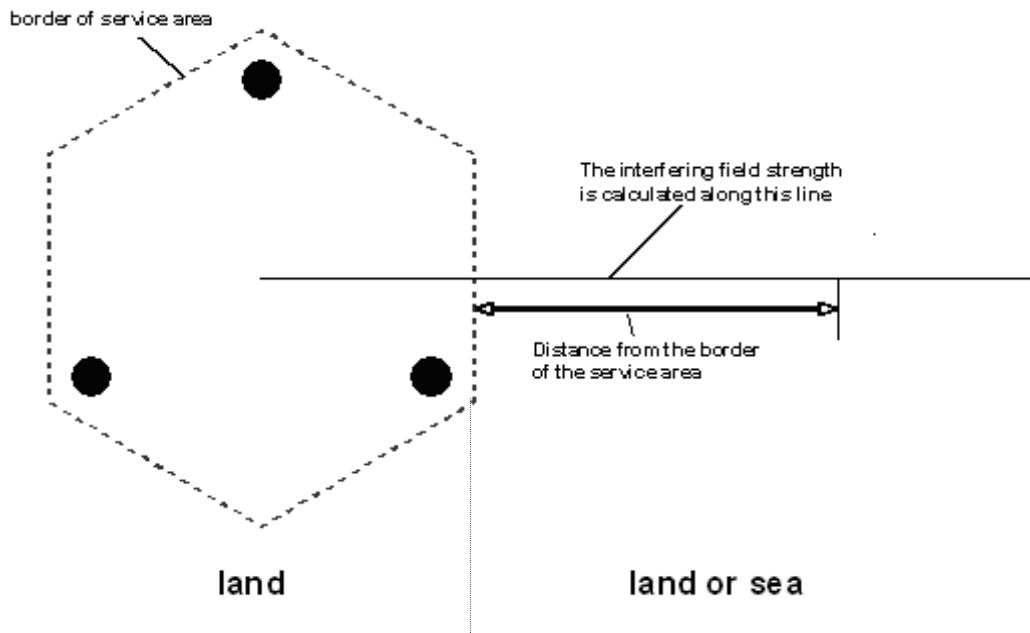
**Πίνακας 4.6 Χαρακτηριστικά RN2**

Το περιθώριο παρεμβολής (interference margin)  $\Delta$  είναι ίσο με 3 dB.



Το E.R.P έχει υπολογισθεί για τις συχνότητες των 200 MHz στην Band III και 650 MHz για τις Band IV/V. Για άλλες συχνότητες πρέπει να προστεθεί ένα συντελεστής διόρθωσης συχνότητας  $C_{\text{off}}$  ο οποίος για το RPC1 είναι  $C_{\text{off}} = 20 \log_{10}(f/f_r)$  και για το RPC2 και RPC3 είναι  $C_{\text{off}} = 30 \log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

Η γεωμετρία για τον υπολογισμό της πιθανής εξερχόμενης παρεμβολής του RN2 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

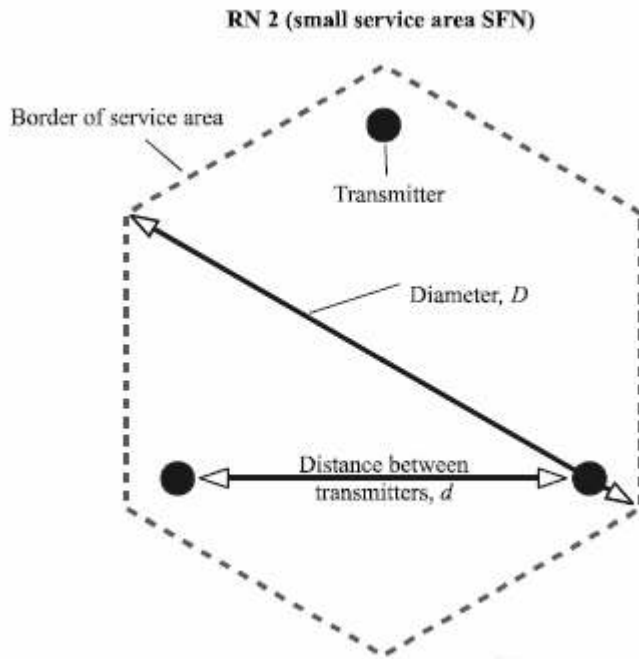


Σχήμα 4.7 Υπολογισμός Παρεμβολής RN2

### 3. RN3 (Μικρής service area SFN για αστικό περιβάλλον)

Το RN3 χρησιμοποιείται για τα τρία RPCs τόσο για τις UHF όσο και για τις VHF συχνότητες. Αναφέρεται σε SFN δίκτυα με μικρή service area σε αστικό περιβάλλον πόλης. Είναι ακριβώς το ίδιο με το RN2 με την μόνη διαφορά ότι πρέπει να συνυπολογισθούν και οι απώλειες από τον τύπο του γύρω περιβάλλοντος. Για να ξεπεραστούν οι απώλειες αυτές χρειάζεται μια αύξηση στην ισχύ των πομπών του SFN δικτύου της τάξεως των 5 dB για το RPC2 και RPC3.

Παρακάτω δίνεται η γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του RN3:



Σχήμα 4.8 Γεωμετρία RN3

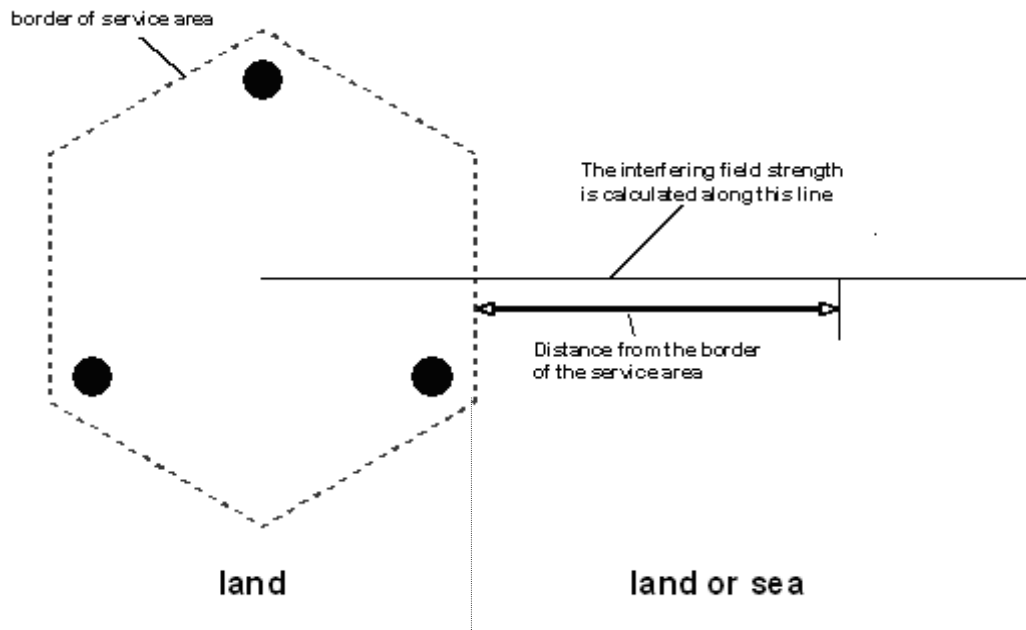
Reference planning configuration	RPC 1 Fixed antenna	RPC 2 Portable outdoor and mobile	RPC 3 Portable indoor
Type of network	Open	Open	Open
Geometry of service area	Hexagon	Hexagon	Hexagon
Number of transmitters	3	3	3
Geometry of transmitter lattice	Triangle	Triangle	Triangle
Inter-transmitter distance $d$ /km	40	25	25
Service area diameter $D$ /km	53	33	33
Tx antenna height/m	150	150	150
Tx antenna pattern	non-directional	non-directional	non-directional
ERP / dBW	Band III	$21.1 + \Delta$	$37.1 + \Delta$
	Band IV/V	$28.8 + \Delta$	$49.2 + \Delta$

Πίνακας 4.7 Χαρακτηριστικά RN3

Το περιθώριο παρεμβολής (interference margin)  $\Delta$  είναι ίσο με 3 dB.

Το E.R.P έχει υπολογισθεί για τις συχνότητες των 200 MHz στην Band III και 650 MHz για τις Band IV/V. Για άλλες συχνότητες πρέπει να προστεθεί ένα συντελεστής διόρθωσης συχνότητας  $C_{\text{off}}$  ο οποίος για το RPC1 είναι  $C_{\text{off}} = 20 \log_{10}(f/f_r)$  και για το RPC2 και RPC3 είναι  $C_{\text{off}} = 30 \log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

Η γεωμετρία για τον υπολογισμό της πιθανής εξερχόμενης παρεμβολής του RN2 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

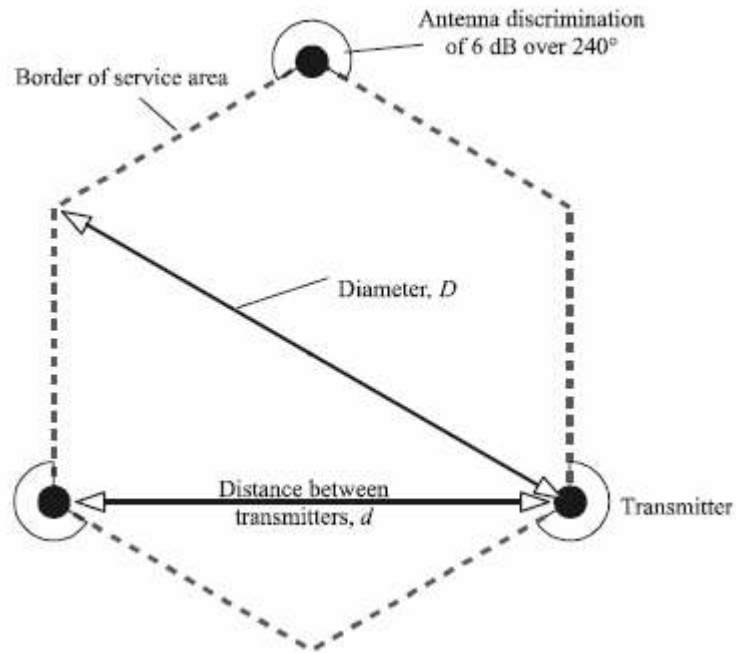


Σχήμα 4.9 Υπολογισμός Παρεμβολής RN3

#### 4. RN4 (Μικρής service area SFN, ημίκλειστο)

Το RN4 χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου γίνεται προσπάθεια να μειωθεί η πιθανή παρεμβολή που δημιουργεί το δίκτυο. Η γεωμετρία του RN4 είναι ίδια με αυτή του RN2 με την μόνη διαφορά ότι το δίκτυο είναι ημίκλειστου τύπου και όχι ανοιχτού. Δηλαδή οι κεραιές είναι κατευθυντικές και δίνουν εξερχόμενο πεδίο μειωμένο κατά 6 dB στις 240°. Το RN4 χρησιμοποιείται για τα τρία RPCs τόσο για τις UHF όσο και για τις VHF συχνότητες. Η διαφορά ανάμεσα στα RN4 και RN2 είναι ότι η εξερχόμενη παρεμβολή. Το RN4 έχει μικρότερη εξερχόμενη παρεμβολή από το RN2. Γι' αυτό και η απόσταση στην οποία μια συχνότητα μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί είναι μικρότερη όταν δύο allotment σχεδιάζονται με το RN4. Όμως η μικρότερη πιθανή εξερχόμενη παρεμβολή έχει ως μειονέκτημα το μεγαλύτερο κόστος που χρειάζεται για να κατασκευασθούν οι κατευθυντικές κεραιές καθώς και την μείωση της διαμέτρου της service area σε σχέση με το RN2.

Παρακάτω δίνεται η γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του RN2:



Σχήμα 4.10 Γεωμετρία RN4

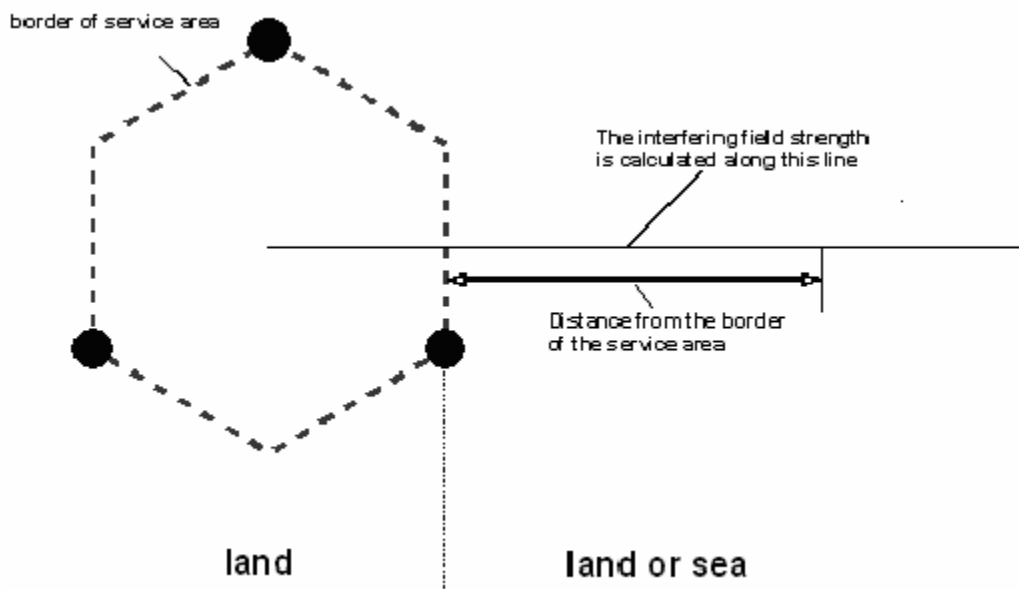
Reference planning configuration	RPC 1	RPC 2	RPC 3	
Type of network	Semi-closed	Semi-closed	Semi-closed	
Geometry of service area	Hexagon	Hexagon	Hexagon	
Number of transmitters	3	3	3	
Geometry of transmitter lattice	Triangle	Triangle	Triangle	
Inter-transmitter distance $d$ /km	40	25	25	
Service area diameter $D$ /km	46	29	29	
Tx antenna height/m	150	150	150	
Tx antenna pattern	directional 6 dB reduction over 240 degrees	directional 6 dB reduction over 240 degrees	directional 6 dB reduction over 240 degrees	
ERP / dBW	Band III	19.0+ $\Delta$	21.0+ $\Delta$	29.5 + $\Delta$
	Band IV/V	26.4+ $\Delta$	34.2+ $\Delta$	41.8+ $\Delta$

Πίνακας 4.8 Χαρακτηριστικά RN4

Το περιθώριο παρεμβολής (interference margin)  $\Delta$  είναι ίσο με 3 dB.

Το E.R.P έχει υπολογισθεί για τις συχνότητες των 200 MHz στην Band III και 650 MHz για τις Band IV/V. Για άλλες συχνότητες πρέπει να προστεθεί ένα συντελεστής διόρθωσης συχνότητας  $C_{\text{off}}$  ο οποίος για το RPC1 είναι  $C_{\text{off}} = 20 \log_{10}(f/f_r)$  και για το RPC2 και RPC3 είναι  $C_{\text{off}} = 30 \log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

Η γεωμετρία για τον υπολογισμό της πιθανής εξερχόμενης παρεμβολής του RN4 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.11 Υπολογισμός Παρεμβολής RN4

#### 4.2.4 Βαθμοί Προστασίας (Protection Ratios - PR)

Οι PR σχετικά με μια παρεμβολή εκτιμούνται χωρίς θόρυβο ή άλλες παρεμβολές και μετριοούνται σε dB. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, το σύστημα της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης αρχικά θα λειτουργήσει στην υπάρχουσα διανομή φάσματος για τις αναλογικές μεταδόσεις. Είναι επομένως απαραίτητο να παρέχεται επαρκής προστασία ενάντια στα υψηλά επίπεδα ομοδιαυλικής παρεμβολής (Co-Channel Interference, CCI) και της παρεμβολής από γειτονικά κανάλια (Adjacent-Channel Interference, ACI) που προέρχονται από τις PAL/SECAM υπηρεσίες. Στην περίπτωση γειτονικών και επικαλυπτόμενων καναλιών οι τιμές των PR αναφέρονται σε εξωκαναλική φασματική εξασθένηση ύψους 40dB.

Επίσης επειδή κατά την διάρκεια της περιόδου μετάβασης θα πρέπει να λειτουργεί απρόσκοπτα και Η αναλογική τηλεόραση, θα πρέπει κατά τον σχεδιασμό της DVB-T να λαμβάνεται υπόψη και να προστατεύεται και η λειτουργία τα αναλογικής τηλεόρασης καθώς και η T-DAB και οι σταθμοί άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών.

Όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε τον βαθμό προστασίας για την λειτουργία της αναλογικής τηλεόρασης θα πρέπει να αποφασίσουμε το πώς θα αντιμετωπιστεί η παρεμβολή.

- Όταν η πηγή της πιθανής παρεμβολής δεν ποικίλει σε σχέση με τον χρόνο θεωρείται συνεχής (Continuous Interference). Η συνεχής παρεμβολή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που έχουμε παρεμβολή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην συνεχή παρεμβολή το πεδίο παρεμβολής είναι:

$$E_{nc} = E_i(50,50) + PR_c + L_{cm} + A_d + A_p \quad (4.1)$$

- Εάν η πηγή της πιθανής παρεμβολής, ποικίλει σε σχέση με τον χρόνο θεωρείται τροποσφαιρική (Tropospheric Interference). Η τροποσφαιρική παρεμβολή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που έχουμε παρεμβολή για πιο μικρά ποσοστά χρόνου, περιστασιακά. Στην τροποσφαιρική παρεμβολή το πεδίο παρεμβολής είναι:

$$E_{nt} = E_i(50,10) + PR_t + L_{cm} + A_d + A_p \quad (4.2)$$

Ο βαθμός προστασίας για συνεχή παρεμβολή εφαρμόζεται όταν το πεδίο παρεμβολής που προκύπτει από την συνεχή παρεμβολή είναι ισχυρότερο από αυτό που προκύπτει από το πεδίο παρεμβολής για τροποσφαιρική παρεμβολή, δηλαδή όταν:

$$E_{nc} > E_{nt} \quad \text{ή} \quad E_i(50,50) + PR_c > E_i(50,50) + PR_t \quad (4.3)$$

Για την τροποσφαιρική παρεμβολή και τον αντίστοιχο βαθμό προστασίας ισχύει το αντίστροφο, δηλαδή:

$$E_{nt} > E_{nc} \quad \text{ή} \quad E_i(50,50) + PR_t > E_i(50,50) + PR_c \quad (4.4)$$

Όταν θέλουμε η ψηφιακή τηλεόραση να λειτουργεί ως επιθυμητό σήμα δεν γίνεται διάκριση ανάμεσα σε τροποσφαιρική και συνεχή παρεμβολή.

## Επιθυμητό σήμα DVB-T

Τα PR για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, είναι κατάλληλα, τόσο για την τροποσφαιρική, όσο και για την συνεχή παρεμβολή και αναφέρονται στην κεντρική συχνότητα του επιθυμητού ψηφιακού συστήματος. Ο υπολογισμός τους στηρίζεται στο Recommendation ITU-R BT.1368-6 - Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands.

Επειδή ο δέκτης ψηφιακής τηλεόρασης πρέπει να λειτουργεί επιτυχώς υπό την παρουσία υψηλού επιπέδου αναλογικών σημάτων, μέχρι το τέλος της περιόδου μετάβασης, ή κοντινών καναλιών, απαιτείται υψηλό βαθμός front-end γραμμικότητας.

Για την DVB-T, τα PR μετρώνται ανάμεσα στους inner και outer codes, πριν την αποκωδικοποίηση Reed Solomon, για  $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ , το οποίο αντιστοιχεί σε  $BER < 1 \cdot 10^{-11}$  στην είσοδο του αποπολυπλέκτη MPEG-2 και ακόμη αντιστοιχεί, κατά προσέγγιση, σε ένα αδιόρθωτο λάθος την ώρα.

Η ισχύς αναφοράς για την αξιολόγηση του PR είναι η μέση ισχύς του COFDM σήματος που μετριέται στο εύρος ζώνης του συστήματος DVB-T.

### 1. PR για ομοδιαυλική παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα σήματα DVB-T

Οι λόγοι προστασίας της DVB-T από DVB-T ανάλογα με τον τύπο λήψης και για τις τιμές C/N είναι:

DVB-T system variant	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	6.00	8.00	8.00	11.00
QPSK 2/3	8.00	11.00	11.00	14.00
QPSK 3/4	9.30	11.70	11.70	14.70
QPSK 5/6	10.50	13.00	13.00	16.00
QPSK 7/8	11.50	14.10	14.10	17.10
16-QAM 1/2	11.00	13.00	13.00	16.00
16-QAM 2/3	14.00	16.00	16.00	19.00
16-QAM 3/4	15.00	18.00	18.00	21.00
16-QAM 5/6	16.90	19.40	19.40	22.40
16-QAM 7/8	17.50	20.10	20.10	23.10
64-QAM 1/2	17.00	19.00	19.00	22.00
64-QAM 2/3	20.00	23.00	23.00	26.00
64-QAM 3/4	21.00	25.00	25.00	28.00
64-QAM 5/6	23.30	25.80	25.80	28.80
64-QAM 7/8	24.30	26.90	26.90	29.90

**Πίνακας 4.9 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό DVB-T σήμα**

Για άλλες τιμές C/N μπορούν να εξαχθούν οι ανάλογοι PR, αυξανόμενοι κατά έναν παράγοντα απώλειας εγκατάστασης του συστήματος της τάξεως των 3dB.

## 2. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα DVB-T σήματα γειτονικών και επικαλυπτόμενων καναλιών

Θεωρούμε ότι ένα διάστημα προστασίας - 30dB είναι αρκετό μιας και δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για τον ακριβή υπολογισμό του. Επιπλέον η τιμή αυτή ισχύει και για τροποσφαιρική και για συνεχή παρεμβολή.

Channel	N-1	N+1
PR	-30	-30

**Πίνακας 4.10 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο DVB-T σήμα γειτονικού καναλιού**

## 3. PR για ομοδιαυλική παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης

Στον υπολογισμό των PR χρησιμοποιούνται καταστάσεις μη ελεγχόμενης συχνότητας. Με την χρήση ακριβούς τοποθέτησης ελεγχόμενης συχνότητας μπορούν να προκύψουν χαμηλότερες τιμές προστασίας.

Οι PAL/SECAM τιμές ισχύουν για όλες τις μορφές ηχητικών φερόντων που υπάρχουν στην Ευρώπη και οι οποίες είναι:

- MONO FM με ένα μόνο ηχητικό φέρον στα -10dB σε σχέση με το οπτικό σήμα.
- DUAL FM και FM + NICAM με δύο ηχητικά φέροντα στα -13dB και στα -20dB.
- AM + NICAM με δύο ηχητικά φέροντα στα -10dB και στα -27dB αντίστοιχα.

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0	-9.0
QPSK 2/3	-8.0	-8.0	-8.0	-8.0	-5.0
QPSK 3/4	-4.0	-2.8	-0.4	-0.4	2.6
QPSK 5/6	3.0	4.3	6.8	6.8	9.8
QPSK 7/8	9.0	10.4	13.0	13.0	16.0
16-QAM 1/2	-8.0	-8.	-8.0	-8.0	-5.0
16-QAM 2/3	-3.0	0.0	3.0	3.0	6.0
16-QAM 3/4	0.0	2.50	5.0	5.0	8.0
16-QAM 5/6	9.0	10.3	12.8	12.8	15.8
16-QAM 7/8	16.0	17.4	20.0	20.0	23.0
64-QAM 1/2	-3.0	0.0	3.0	3.0	6.0
64-QAM 2/3	3.0	4.5	6.0	6.0	9.0
64-QAM 3/4	9.0	12.0	15.0	15.0	18.0
64-QAM 5/6	15.0	16.3	18.8	18.8	21.8
64-QAM 7/8	20.0	21.4	24.0	24.0	27.0

**Πίνακας 4.11 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό σήμα αναλογικής τηλεόρασης**



**4. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης, συμπεριλαμβανομένου και του ήχου, κάτω πλευρικών καναλιών (N-1)**

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-44.0	-44.0	-44.0	-44.0	-41.0
QPSK 2/3	-44.0	-44.0	-44.0	-44.0	-41.0
QPSK 3/4	-42.9	-42.9	-42.9	-42.9	-39.9
QPSK 5/6	-41.8	-41.8	-41.8	-41.8	-38.8
QPSK 7/8	-40.9	-40.9	-40.9	-40.9	-37.9
16-QAM 1/2	-43.0	-43.0	-43.0	-43.0	-40.0
16-QAM 2/3	-42.0	-42.0	-42.0	-42.0	-39.0
16-QAM 3/4	-38.0	-38.0	-38.0	-38.0	-35.0
16-QAM 5/6	-39.4	-39.4	-39.4	-39.4	-36.4
16-QAM 7/8	-38.9	-38.9	-38.9	-38.9	-35.9
64-QAM 1/2	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	-37.0
64-QAM 2/3	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0	-32.0
64-QAM 3/4	-32.0	-32.0	-32.0	-32.0	-29.0
64-QAM 5/6	-32.0	-32.0	-32.0	-32.0	-29.0
64-QAM 7/8	-31.1	-31.1	-31.1	-31.1	-28.1

**Πίνακας 4.12 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης κάτω πλευρικών καναλιών**

**5. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης, συμπεριλαμβανομένου και του ήχου, άνω πλευρικών καναλιών (N+1).**

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-48.9	-48.9	-48.9	-48.9	-45.9
QPSK 2/3	-47	-47	-47	-47	-44
QPSK 3/4	-45.9	-45.9	-45.9	-45.9	-42.9
QPSK 5/6	-44.8	-44.8	-44.8	-44.8	-41.8
QPSK 7/8	-43.9	-43.9	-43.9	-43.9	-40.9
16-QAM 1/2	-45.4	-45.4	-45.4	-45.4	-45.4
16-QAM 2/3	-43	-43	-43	-43	-40
16-QAM 3/4	-41.5	-41.5	-41.5	-41.5	-41.5
16-QAM 5/6	-40.4	-40.4	-40.4	-40.4	-40.4
16-QAM 7/8	-39.9	-39.9	-39.9	-39.9	-39.9
64-QAM 1/2	-40.2	-40.2	-40.2	-40.2	-40.2
64-QAM 2/3	-38	-38	-38	-38	-38
64-QAM 3/4	-36.4	-36.4	-36.4	-36.4	-33.4
64-QAM 5/6	-35	-35	-35	-35	-32
64-QAM 7/8	-34.1	-34.1	-34.1	-34.1	-34.1

**Πίνακας 4.13 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω πλευρικών καναλιών**

**6. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων 8 MHz από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης 7 MHz, συμπεριλαμβανομένου και του ήχου, επικαλυπτόμενων καναλιών**

Η διαφορά συχνότητας  $\Delta f$  είναι η συχνότητα του οπτικού φέροντος του αναλογικού σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος. Στον παρακάτω πίνακα η τιμή του  $\Delta f$  είναι ίση με 0,75 MHz.

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-10.5	-9.5	-7.3	-7.3	-4.3
QPSK 2/3	-8.6	-7.5	-5.2	-5.2	-2.2
QPSK 3/4	-7.5	-6.3	-3.9	-3.9	-0.9
QPSK 5/6	-6.4	-5.1	-2.6	-2.6	0.4
QPSK 7/8	-5.5	-4.1	-1.5	-1.5	1.5
16-QAM 1/2	-4.8	-3.8	-1.6	-1.6	1.4
16-QAM 2/3	-2.4	-1.3	1.0	1.0	4.0
16-QAM 3/4	-0.9	0.3	2.7	2.7	5.7
16-QAM 5/6	0.2	1.5	4.0	4.0	7.0
16-QAM 7/8	0.7	2.1	4.7	4.7	7.7
64-QAM 1/2	0.8	1.8	4.0	4.0	7.0
64-QAM 2/3	3.0	4.1	6.4	6.4	9.4
64-QAM 3/4	4.6	5.8	8.2	8.2	11.2
64-QAM 5/6	6.0	7.3	9.8	9.8	12.8
64-QAM 7/8	6.9	8.3	10.9	10.9	13.9

**Πίνακας 4.14 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz**

Για άλλες τιμές του  $\Delta f$  χρησιμοποιούνται προσθέτονται οι παρακάτω συντελεστές διόρθωσης.

Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-9.75	-9.25	-8.75	-8.25	-6.75	-3.95	-3.75
-40	-17	-11	-7	-5	-2	0
Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-2.75	-1.75	-0.75	2.25	3.25	4.75	5.25
0	0	0	-1	-4	-32	-39

**Πίνακας 4.15 Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές  $\Delta f$  για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz**

**7. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων 7 MHz από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης 7 MHz, συμπεριλαμβανομένου και του ήχου, επικαλυπτόμενων καναλιών**

Η διαφορά συχνότητας  $\Delta f$  είναι η συχνότητα του οπτικού φέροντος του αναλογικού σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος. Στον παρακάτω πίνακα η τιμή του  $\Delta f$  είναι ίση με 0 MHz.

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-11.5	-10.5	-8.3	-8.3	-5.3
QPSK 2/3	-9.6	-8.5	-6.2	-6.2	-3.2
QPSK 3/4	-8.5	-7.3	-4.9	-4.9	-1.9
QPSK 5/6	-7.4	-6.1	-3.6	-3.6	-0.6
QPSK 7/8	-6.5	-5.1	-2.5	-2.5	0.5
16-QAM 1/2	-5.8	-4.8	-2.6	-2.6	0.4
16-QAM 2/3	-3.4	-2.3	0.0	0.0	3.0
16-QAM 3/4	-1.9	-0.7	1.7	1.7	4.7
16-QAM 5/6	-0.8	0.5	3.0	3.0	6.0
16-QAM 7/8	-0.3	1.1	3.7	3.7	6.7
64-QAM 1/2	-0.2	0.8	3.0	3.0	6.0
64-QAM 2/3	2.0	3.1	5.4	5.4	8.4
64-QAM 3/4	3.6	4.8	7.2	7.2	10.2
64-QAM 5/6	5.0	6.3	8.8	8.8	11.8
64-QAM 7/8	5.9	7.3	9.9	9.9	12.9

**Πίνακας 4.16 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 7 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz**

Για άλλες τιμές του  $\Delta f$  χρησιμοποιούνται προσθέτονται οι παρακάτω συντελεστές διόρθωσης.

Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-9.75	-9.25	-8.75	-8.25	-6.75	-3.95	-3.75
-37	-14	-13	-7	-5	-3	2
Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-2.75	-1.75	-0.75	2.25	3.25	4.75	5.25
-1	-2	0	-7	-7	-38	-40

**Πίνακας 4.17 Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές  $\Delta f$  για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 7 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz**

**8. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων 7 MHz από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης 8 MHz, συμπεριλαμβανομένου και του ήχου, επικαλυπτόμενων καναλιών**

Η διαφορά συχνότητας  $\Delta f$  είναι η συχνότητα του οπτικού φέροντος του αναλογικού σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος. Στον παρακάτω πίνακα η τιμή του  $\Delta f$  είναι ίση με 0 MHz.

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-11.5	-10.5	-8.3	-8.3	-5.3
QPSK 2/3	-9.6	-8.5	-6.2	-6.2	-3.2
QPSK 3/4	-8.5	-7.3	-4.9	-4.9	-1.9
QPSK 5/6	-7.4	-6.1	-3.6	-3.6	-0.6
QPSK 7/8	-6.5	-5.1	-2.5	-2.5	0.5
16-QAM 1/2	-5.8	-4.8	-2.6	-2.6	0.4
16-QAM 2/3	-3.4	-2.3	0.0	0.0	3.0
16-QAM 3/4	-1.9	-0.7	1.7	1.7	4.7

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
16-QAM 5/6	-0.8	0.5	3.0	3.0	6.0
16-QAM 7/8	-0.3	1.1	3.7	3.7	6.7
64-QAM 1/2	-0.2	0.8	3.0	3.0	6.0
64-QAM 2/3	2.0	3.1	5.4	5.4	8.4
64-QAM 3/4	3.6	4.8	7.2	7.2	10.2
64-QAM 5/6	5.0	6.3	8.8	8.8	11.8
64-QAM 7/8	5.9	7.3	9.9	9.9	12.9

**Πίνακας 4.18 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz**

Για άλλες τιμές του  $\Delta f$  χρησιμοποιούνται προσθέτονται οι παρακάτω συντελεστές διόρθωσης.

Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-9.75	-9.25	-8.75	-8.25	-6.75	-3.95	-3.75
-37	-14	-13	-7	-5	-3	2
Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-2.75	-1.75	-0.75	2.25	3.25	4.75	5.25
-1	-2	0	-7	-7	-38	-40

**Πίνακας 4.19 Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές  $\Delta f$  για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 7 MHz**

**9. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων 8 MHz από ανεπιθύμητα σήματα αναλογικής τηλεόρασης 8 MHz, συμπεριλαμβανομένου και του ήχου, επικαλυπτόμενων καναλιών**

Η διαφορά συχνότητας  $\Delta f$  είναι η συχνότητα του οπτικού φέροντος του αναλογικού σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος. Στον παρακάτω πίνακα η τιμή του  $\Delta f$  είναι ίση με 0 MHz.

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-11.5	-10.5	-8.3	-8.3	-5.3
QPSK 2/3	-9.6	-8.5	-6.2	-6.2	-3.2
QPSK 3/4	-8.5	-7.3	-4.9	-4.9	-1.9
QPSK 5/6	-7.4	-6.1	-3.6	-3.6	-0.6
QPSK 7/8	-6.5	-5.1	-2.5	-2.5	0.5
16-QAM 1/2	-5.8	-4.8	-2.6	-2.6	0.4
16-QAM 2/3	-3.4	-2.3	0.0	0.0	3.0
16-QAM 3/4	-1.9	-0.7	1.7	1.7	4.7
16-QAM 5/6	-0.8	0.5	3.0	3.0	6.0
16-QAM 7/8	-0.3	1.1	3.7	3.7	6.7
64-QAM 1/2	-0.2	0.8	3.0	3.0	6.0
64-QAM 2/3	2.0	3.1	5.4	5.4	8.4
64-QAM 3/4	3.6	4.8	7.2	7.2	10.2
64-QAM 5/6	5.0	6.3	8.8	8.8	11.8
64-QAM 7/8	5.9	7.3	9.9	9.9	12.9

**Πίνακας 4.20 PR για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 8 MHz**

Για άλλες τιμές του  $\Delta f$  χρησιμοποιούνται προσθέτονται οι παρακάτω συντελεστές διόρθωσης.

Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-9.75	-9.25	-8.75	-8.25	-6.75	-3.95	-3.75
-37	-14	-13	-7	-5	-3	2
Correction factor for other values of $\Delta f$ relative to $\Delta f = 0.75$ MHz						
-2.75	-1.75	-0.75	2.25	3.25	4.75	5.25
-1	-2	0	-7	-7	-38	-40

**Πίνακας 4.21** Συντελεστές διόρθωσης PR για τιμές  $\Delta f$  για επιθυμητό DVB-T σήμα εύρους 8 MHz και ανεπιθύμητο σήμα αναλογικής τηλεόρασης άνω επικαλυπτόμενων καναλιών εύρους 8 MHz

#### 10. PR για ομοδιαυλική παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα σήματα T-DAB

Οι λόγοι προστασίας της DVB-T από T-DAB ανάλογα με τον τύπο λήψης είναι:

DVB-T system variant	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	11.00	13.20	13.20	16.20
QPSK 2/3	13.10	15.40	15.40	18.40
QPSK 3/4	15.20	17.60	17.60	20.60
QPSK 5/6	15.50	18.00	18.00	21.00
QPSK 7/8	16.50	19.10	19.10	22.10
16-QAM 1/2	16.00	18.20	18.20	21.20
16-QAM 2/3	19.10	21.40	21.40	24.40
16-QAM 3/4	21.20	23.60	23.60	26.60
16-QAM 5/6	21.90	24.40	24.40	27.40
16-QAM 7/8	22.50	25.10	25.10	28.10
64-QAM 1/2	21.00	23.20	23.20	26.20
64-QAM 2/3	25.10	27.40	27.40	30.40
64-QAM 3/4	27.20	29.60	29.60	32.60
64-QAM 5/6	28.30	30.80	30.80	33.80
64-QAM 7/8	32.40	35.00	35.00	38.00

**Πίνακας 4.22** PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό T-DAB σήμα

#### 11. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα T-DAB σήματα γειτονικών και επικαλυπτόμενων καναλιών

Σε περίπτωση που έχουμε μερική επικάλυψη μεταξύ T-DAB και DVB-T σημάτων (8 MHz) χρησιμοποιούνται οι λόγοι προστασίας για την ολική επικάλυψη.

Channel	N-1	N+1
PR	-30	-30

**Πίνακας 4.23** PR για επιθυμητό DVB-T σήμα και ανεπιθύμητο T-DAB σήμα γειτονικού καναλιού

**12. PR για παρεμβολή DVB-T σημάτων από ανεπιθύμητα σήματα άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών**

Οι τιμές των PR έχουν προκύψει από το Recommendation ITU-R BT.1368-6 και αναφέρονται ενδεικτικά στο σύστημα DVB-T με μεταβλητές 64-QAM 2/3 και κανάλι Gauss.

<b>System type code (STC)</b>	<b>Secondary code implemented in the planning software</b>	<b>Type of system</b>
AA2	BB	Aeronautical radionavigation system BB (RLS 2, Type 2, airborne transmission, 8 MHz)
AA8	BL	Aeronautical radionavigation system BL (RSBN, ground transmission, 0.7 or 0.8 MHz)
AA8	BN	Aeronautical radionavigation system BN (RSBN, airborne transmission, 3 MHz)
AA8	BX	Aeronautical radionavigation system BX (RSBN, ground transmission, 3 MHz)
AA8	BY	Aeronautical radionavigation system BY (RSBN, airborne transmission, 0.7 MHz)
AB	AB	Aeronautical radionavigation system AB (RLS 1, Type 1 ground transmission, 6 MHz)
AB	AC	Aeronautical radionavigation system AC (RLS 1, Type 2 ground transmission, 3 MHz)
BA	BA	Aeronautical radionavigation system BA (RLS 2, Type 1 airborne transmission, 4 MHz)
BC	BC	Aeronautical radionavigation system BC (RLS 2, Type 2 ground transmission, 3 MHz)
BD	BD	Aeronautical radionavigation system BD (RLS 2, Type 1 ground transmission, 4 MHz)
FF	FF	Fixed system FF (transportable, 1.2 MHz)
FI	FI	Fixed system FI (transportable, 2 MHz)
FH	FH	Fixed system FH (bandwidth more than 250 kHz)
FH	FJ	Fixed system FJ (bandwidth up to 250 kHz)
FK	FK	Generic fixed system FK (bandwidth more than 250 kHz)
FK	FL	Generic fixed system FL (bandwidth up to 250 kHz)
NA	NA	Land mobile system NA (digital, 3 MHz)
NA	NC	Land mobile system NC (digital, 5 MHz)
NB	NB	Generic mobile system NB
NY	OX	Land mobile system OX in VHF band
NY	OY	Land mobile system OY at 480 MHz
NY	OZ	Land mobile system OZ at 620 MHz
XG	XG	Aeronautical radionavigation system XG (on channel 36, 4 MHz Airport Radars, UK)
-	-	Land mobile system (CDMA-1X)
-	-	Land mobile system (CDMA-3X)

**Πίνακας 4.24 Άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες**

$\Delta f$ (MHz)	-13	-5.5	-4.75	0	4.75	5.5	13
PR (dB)	-40	10	11	16	11	10	-40

**Πίνακας 4.25 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από AB σύστημα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4	-3.25	0	3.25	4	12
PR (dB)	-37	9	14	19	14	9	-37

**Πίνακας 4.26 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από AC, BC, BN, BX και NA συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.75	0	5.75	6.5	14
PR (dB)	-38	8	13	18	10	5	-41

**Πίνακας 4.27 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από BA, BD και XG συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-6.5	-5.75	0	3.75	4.5	12
PR (dB)	-41	5	10	15	13	8	-38

**Πίνακας 4.28 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από BB σύστημα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.9	0	3.9	4.5	12
PR (dB)	-38	-33	-3	-3	-3	-33	-38

**Πίνακας 4.29 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από BL και BY συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.75	0	3.75	4.5	12
PR (dB)	-45	-27	1	4	1	-27	-45

**Πίνακας 4.30 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από FI σύστημα**

$\Delta f$ (MHz)	-10.5	-4.	-3.25	0	3.25	4	10.5
PR (dB)	-44	-26	1	3	1	-26	-44

**Πίνακας 4.31 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από FH και FK συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.9	0	3.9	4.5	12
PR (dB)	-45	-27	0	2	0	-27	-45

**Πίνακας 4.32 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από FF, FH και FK συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-5	-4.25	0	4.25	5	12
PR (dB)	-39	-7	12	17	12	-7	-39

**Πίνακας 4.33 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από NC σύστημα**

$\Delta f$ (MHz)	-10.5	-4.	-3.4	0	3.4	4	10.5
PR (dB)	-37	-32	-2	-2	-2	-32	-38

**Πίνακας 4.34 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από OX, FJ, FL και NB συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.9	0	3.9	4.5	12
PR (dB)	-33	-3	-3	-3	-3	-33	-38

**Πίνακας 4.35 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από OX, OY, OZ, FJ, FL και NB συστήματα**

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.75	0	3.75	4.5	12
PR (dB)	-38	-20	-3	10	-3	-20	-38

**Πίνακας 4.36 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από εκπομπές CDMA-1X**

Χαρακτηριστικά του παρεμβάλοντος σήματος

- Διαμόρφωση: QPSK
- Εύρος ζώνης: 1.25 MHz (99%)

$\Delta f$ (MHz)	-12	-4.5	-3.75	0	3.75	4.5	12
PR (dB)	-38	8	13	18	13	8	-38

**Πίνακας 4.37 PR για επιθυμητό σήμα DVB-T εύρους 8 MHz, 64-QAM, code rate 2/3, Gaussian channel που παρεμβάλλεται από εκπομπές CDMA-1X**

Χαρακτηριστικά του παρεμβάλοντος σήματος

- Διαμόρφωση: QPSK
- Εύρος ζώνης: 4 MHz (99%)



Σε περίπτωση που θέλουμε να βρούμε τους PR για κάποιο άλλο σύστημα DVB-T τότε προσθέτουμε στις παραπάνω τιμές τους συντελεστές διόρθωσης που ακολουθούν για κάθε τύπο λήψης.

DVB-T system variant	Gauss	FX	PO	PI	MO
QPSK 1/2	-13.5	-12.5	-10.3	-10.3	-7.3
QPSK 2/3	-11.6	-10.5	-8.2	-8.2	-5.2
QPSK 3/4	-10.5	-9.3	-6.9	-6.9	-3.9
QPSK 5/6	-9.4	-8.1	-5.6	-5.6	-2.6
QPSK 7/8	-8.5	-7.1	-4.5	-4.5	-1.5
16-QAM 1/2	-7.8	-6.8	-3.6	-3.6	-1.6
16-QAM 2/3	-5.4	-4.3	-2.0	-2.0	1.0
16-QAM 3/4	-3.9	-2.7	-0.3	-0.3	2.7
16-QAM 5/6	-2.8	-1.5	1.0	1.0	4.0
16-QAM 7/8	-2.3	-0.9	1.7	1.7	4.7
64-QAM 1/2	-2.2	-1.2	1.0	1.0	4.0
64-QAM 2/3	0.0	1.1	3.4	3.4	6.4
64-QAM 3/4	1.6	2.8	5.2	5.2	8.2
64-QAM 5/6	3.0	4.3	6.8	6.8	9.8
64-QAM 7/8	3.9	5.3	7.9	7.9	10.9

**Πίνακας 4.38 Συντελεστές διόρθωσης για PR DVB-T σήματος για παρεμβολή από άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες**

### Επιθυμητό σήμα T-DAB

Τα PR για την περίπτωση που το επιθυμητό ψηφιακό σήμα είναι T-DAB υπολογίζονται με βάση το Recommendation ITU-R BS.1660-2.

#### 1. PR για παρεμβολή T-DAB σημάτων από ανεπιθύμητα DVB-T 8 MHz σήματα

Η διαφορά συχνότητας  $\Delta f$  είναι η κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του T-DAB σήματος. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των PR για την φορητή και κινητή λήψη καθώς και για κανάλι Gauss.

$\Delta f$ (MHz)	-5	-4.2	-4	-3	0	3	4	4.2	5
PR (dB) mobile and portable reception	-43	6	7	8	8	8	7	6	-43
PR (dB) Gaussian channel	-50	-1	0	1	1	1	0	-1	-50

**Πίνακας 4.39 PR για επιθυμητό T-DAB και ανεπιθύμητο σήμα DVB-T εύρους 7 MHz**

## 2. PR για παρεμβολή T-DAB σημάτων από ανεπιθύμητα DVB-T 8 MHz σήματα

Η διαφορά συχνότητας  $\Delta f$  είναι η κεντρική συχνότητα του DVB-T σήματος μείον την κεντρική συχνότητα του T-DAB σήματος. Παρακάτω δίνονται οι τιμές των PR για την φορητή και κινητή λήψη καθώς και για κανάλι Gauss.

$\Delta f$ (MHz)	-4.5	-3.7	-3.5	-2.5	0	2.5	3.5	3.7	4.5
PR (dB) mobile and portable reception	-42	7	8	9	9	9	8	7	-42
PR (dB) Gaussian channel	-49	0	1	2	2	2	1	0	-49

**Πίνακας 4.40 PR για επιθυμητό T-DAB και ανεπιθύμητο σήμα DVB-T εύρους 8 MHz**

### Επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης

Τα PR που δίνονται απευθύνονται σε παρεμβολή που προέρχεται από μια μόνο πηγή. Εκτός από όπου αναφέρεται διαφορετικά, Τα PR, απευθύνονται σε τροποσφαιρική παρεμβολή και αντιστοιχούν σε μια ελαφρώς ενοχλητική κατάσταση εξασθένηση. Επιπλέον, θεωρούνται αποδεκτά, μόνο όταν η παρεμβολή συμβαίνει για ένα μικρό ποσοστό του χρόνου, το οποίο δεν είναι αυστηρά καθορισμένο αλλά γενικά θεωρείται ότι βρίσκεται ανάμεσα στο 1% με 10%. Για αρκετά μη εξασθενημένα ανεπιθύμητα σήματα, είναι απαραίτητο να παρέχεται υψηλότερος βαθμός προστασίας και πρέπει να χρησιμοποιούνται PR, κατάλληλα για συνεχή παρεμβολή.

Όταν το επιθυμητό σήμα είναι αναλογικής τηλεόρασης, δύο ή περισσότεροι PR πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ένα για την προστασία του οπτικού σήματος και άλλα για την προστασία των ηχητικών σημάτων. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να χρησιμοποιείται η πιο αυστηρή τιμή. Ιδιαίτερος δυνατά επιθυμητά σήματα εισόδου μπορεί να απαιτήσουν υψηλότερους PR, εξαιτίας κάποιων μη γραμμικών επιδράσεων στον δέκτη.

Για συστήματα 625-line, τα επίπεδα εξασθένησης αναφοράς, είναι αυτά που ανταποκρίνονται σε λόγους προστασίας, για ομοδιαυλική παρεμβολή, της τάξεως των 30dB και dB, όταν χρησιμοποιείται 2/3 αντιστάθμιση γραμμής. Αυτές οι συνθήκες πλησιάζουν σε βαθμό εξασθένησης 3 (ελαφρά ενοχλητική) και 4 (αντιληπτή, αλλά όχι ενοχλητική) για τροποσφαιρική και συνεχή παρεμβολή, αντίστοιχα.

Η ισχύς αναφοράς για την αξιολόγηση του PR είναι γενικά η rms τιμή του οπτικού σήματος στο sync peak, εκτός από την περίπτωση συστήματος SECAM L στο οποίο είναι η rms τιμή του οπτικού σήματος στο white level peak.

Για την περίπτωση που το επιθυμητό σήμα είναι αναλογικό οι PR υπολογίζονται με βάση το Recommendation ITU-R BS.655-7.

**1. PR για ομοδιαυλική παρεμβολή σημάτων αναλογικής τηλεόρασης από ανεπιθύμητα σήματα DVB-T**

Οι τιμές των PR για ομοδιαυλική παρεμβολή σημάτων αναλογικής τηλεόρασης από ανεπιθύμητα σήματα DVB-T θεωρούνται ίδιες για όλα τα συστήματα αναλογικής τηλεόρασης. Οι τιμές που δίνονται στον παρακάτω πίνακα μπορεί να διαφέρουν κατά 1dB ανάλογα με το αν το ανεπιθύμητο σήμα DVB-T είναι 7 MHz ή 8 MHz.

	<b>Tropospheric interference</b>	<b>Continuous interference</b>
DVB-T 8 MHz (UHF)	34	40
DVB-T 7 MHz (UHF)	35	41

**Πίνακας 4.41 PR για επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης και ανεπιθύμητο ομοδιαυλικό DVB-T σήμα**

**2. PR για παρεμβολή σημάτων αναλογικής τηλεόρασης από ανεπιθύμητα σήματα DVB-T 7 MHz γειτονικών ή επικαλυπτόμενων καναλιών**

Οι PR δίνονται για τα συστήματα αναλογικής τηλεόρασης PAL: B, D, DI, G, H, K με βάση την κεντρική συχνότητα του ανεπιθύμητου σήματος DVB-T μείον την συχνότητα του οπτικού φέροντος του επιθυμητού αναλογικού σήματος. Για τους PR των συστημάτων αναλογικής τηλεόρασης SECAM χρησιμοποιούνται οι ίδιες τιμές.

<b>Centre frequency of the unwanted DVB-T signal Protection ratio minus the vision carrier frequency of the wanted analogue television signal (MHz)</b>	<b>Protection ratio</b>	
	<b>Tropospheric interference</b>	<b>Continuous interference</b>
	-16	-11
(N - 1)	-9	-5
	-3	4
	13	21
	25	31
	30	37
	34	40
	35	41
(N)	35	41
	35	40
	31	38
	28	35
	26	33
	6	12
(N + 1)	-8	-5
	-8	-5

**Πίνακας 4.42 PR για επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης PAL B, D, DI, G, H, K και ανεπιθύμητο DVB-T σήμα εύρους 7 MHz επικαλυπτόμενου καναλιού**

**3. PR για παρεμβολή σημάτων αναλογικής τηλεόρασης από ανεπιθύμητα σήματα DVB-T 8 MHz γειτονικών ή επικαλυπτόμενων καναλιών**

Οι PR δίνονται για τα συστήματα αναλογικής τηλεόρασης PAL: B, D, DI, G, H, K με βάση την κεντρική συχνότητα του ανεπιθύμητου σήματος DVB-T μείον την συχνότητα του οπτικού φέροντος του επιθυμητού αναλογικού σήματος. Για τους PR των συστημάτων αναλογικής τηλεόρασης SECAM χρησιμοποιούνται οι ίδιες τιμές.

Centre frequency of the unwanted DVB-T signal Protection ratio minus the vision carrier frequency of the wanted analogue television signal (MHz)	Protection ratio	
	Tropospheric interference	Continuous interference
	-16	-11
(N - 1)	-9	-5
	-3	3
	12	20
	24	30
	29	36
	33	40
	34	40
(N)	34	40
	34	39
	30	37
	27	34
	25	32
	5	11
(N + 1)	-8	-5
	-8	-5

**Πίνακας 4.43 PR για επιθυμητό σήμα αναλογικής τηλεόρασης PAL B, D, DI, G, H, K και ανεπιθύμητο DVB-T σήμα εύρους 8 MHz επικαλυπτόμενου καναλιού**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΤΥΠΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ DVB-T (MFN ΚΑΙ SFN ΔΙΚΤΥΑ)**

#### **5.1 Δίκτυο Πολλαπλής Συχνότητας (Multiple Frequency Network – MFN)**

#### **5.2 Δίκτυο Ενιαίας Συχνότητας (Single Frequency Network – SFN)**

##### *5.2.1 Ανοιχτά / Κλειστά SFNs δίκτυα*

##### *5.2.2 Χαρακτηριστικά πομπών*

##### *5.2.3 Αποδοτικότητα φάσματος*

##### *5.2.4 Αποδοτικότητα ισχύος*

##### *5.2.5 Απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας*

##### *5.2.6 Σχεδιασμός SFNs με gap fillers*

##### *5.2.7 Περιορισμοί χρήσης SFNs*

##### *5.2.8 Παρεμβολή SFN δικτύου*

#### **5.3 Συμπέρασμα**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΤΥΠΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ DVB-T (MFN ΚΑΙ SFN ΔΙΚΤΥΑ)

#### 5.1 Δίκτυο πολλαπλής συχνότητας (Multiple Frequency Network – MFN)

Τα δίκτυα πολλαπλής συχνότητας αποτελούνται από πομπούς που εκπέμπουν ανεξάρτητα προγράμματα σε διαφορετικές συχνότητες. Ακολουθούν η κυψελωτή κατανομή συχνοτήτων στους γειτονικούς πομπούς, έτσι ώστε να μην εμφανίζονται προβλήματα ομοδιαυκτικής παρεμβολής για αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Οι πομποί δεν χρειάζεται να συγχρονίζονται τον τρόπο εκπομπής τους. Ο αριθμός των καναλιών που χρειάζεται ένα MFN δίκτυο για να μπορέσει να καλύψει μια μεγάλη περιοχή εξαρτάται τις παραμέτρους του δικτύου που θα επιλεγούν.

Ένα πλεονέκτημα των δικτύων πολλαπλής συχνότητας είναι ότι ένα μεγάλο μέρος της ήδη υπάρχουσας αναλογικής υποδομής δικτύων είναι δομημένη σε αυτή την μορφή και άρα ένα μέρος μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, αλλά απαιτεί μεγάλο αριθμό συχνοτήτων για να υλοποιηθεί. Και αυτό γιατί θα χρειαστούν πολλοί επιπλέον σταθμοί για να γεμίσουν τις περιοχές που δεν καλύπτονται (filler stations), οι οποίοι όμως απαιτούν επιπρόσθετα κανάλια. Το γεγονός αυτό έχει προφανείς θετικές επιπτώσεις στην οικονομία, μείωση του κόστους, για τους πομπούς της ψηφιακής τηλεόρασης. Παράλληλα, όμως πρέπει να παρέχονται οφέλη και στο θεατή. 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 θεατές την επαναχρησιμοποίηση της ήδη υπάρχουσας κεραίας και τροφοδοσίας. Κάποιες μορφές 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.

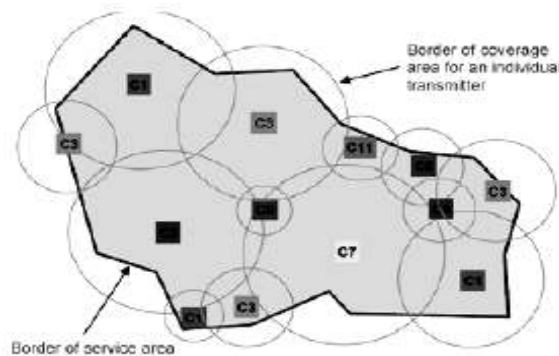
Ένα ακόμη πλεονέκτημα των δικτύων πολλαπλής συχνότητας είναι η ευελιξία που παρέχουν σε τοπικό επίπεδο. Τα MFNs έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν μεγάλες περιοχές κάλυψης στις οποίες κάθε πομπός εκπέμπει διαφορετικά προγράμματα, επιτρέποντας έτσι τον τοπικό προγραμματισμό.

Πάντως οι πομποί των MFNs χρειάζονται επιπλέον ισχύ σε σχέση με τους πομπούς των αναλογικών δικτύων. Εξαιτίας των φαινομένων της διάδοσης εδάφους, η λαμβανόμενη ισχύς σε μια απόσταση από τον πομπό παρουσιάζει ιδιαίτερες διακυμάνσεις με την απόσταση και σε λιγότερο βαθμό με το χρόνο. Επειδή η ψηφιακή μετάδοση δεν υποβαθμίζεται σταδιακά όσο μειώνεται η ισχύς, αλλά παρατηρείται απότομη πτώση στο όριο της περιοχής κάλυψης, χρειάζεται αυξημένη ισχύς εκπομπής κατά 10 με 20 dB, για να αντισταθμιστούν οι διακυμάνσεις αυτές.

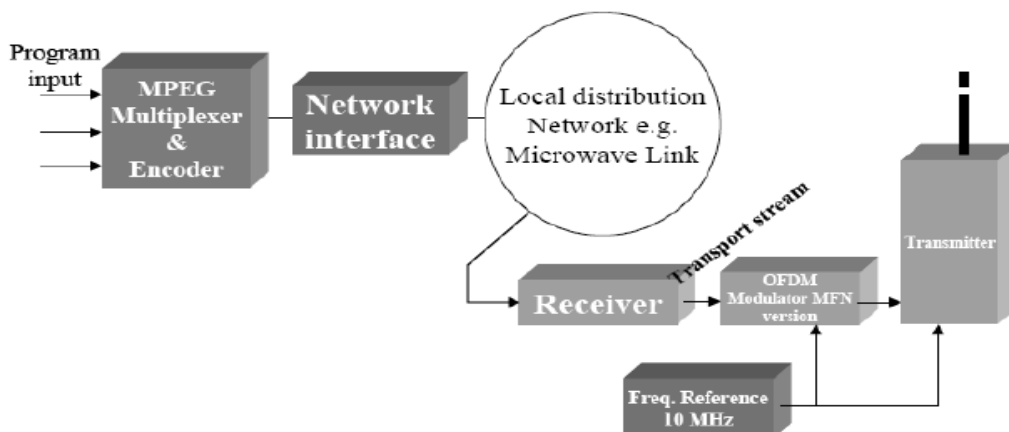
Στο χώρο της Αττικής και σε μεγάλο βαθμό και στην υπόλοιπη Ελλάδα το τηλεοπτικό δίκτυο εκπομπής είναι τύπου MFN, όχι όμως λόγω σχεδιασμού, αλλά

εξαιτίας της «άναρχης» κατά κάποιο τρόπο κατανομής των ελεύθερων συχνοτήτων, ιδιαίτερα με τη ραγδαία ανάπτυξη των ιδιωτικών καναλιών στις αρχές της δεκαετίας του '90. Το πρόβλημα επιτείνουν και τα διάφορα «πειρατικά» κανάλια που λειτουργούν κατά καιρούς χωρίς καμία έγκριση, η πλειοψηφία των οποίων εκπέμπει στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Έτσι δεν υπάρχει η προαναφερθείσα ιδανική κυψελωτή δομή, με αποτέλεσμα να είναι συχνό φαινόμενο οι ομοδιαυλικές παρεμβολές, οι παρεμβολές γειτονικού διαύλου και η εμφάνιση προϊόντων ενδο-διαμόρφωσης, καθώς δεν τηρούνται οι απαραίτητες αποστάσεις επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Η ενδεχόμενη εκπομπή ψηφιακής τηλεόρασης υπό σχεδιασμό MFN αναμένεται αρχικά να επηρεαστεί δυσχερώς από τα προαναφερθέντα προβλήματα, καθότι δεν προβλέπεται άμεση διακοπή των αναλογικών εκπομπών. Όταν ολοκληρωθεί η μετάβαση στην εξ' ολοκλήρου ψηφιακή εκπομπή θα υπάρξει οικονομία συχνοτήτων αλλά όχι λόγω αποδοτικότερης διαχείρισης του φάσματος παρά εξαιτίας της μικρότερης ζήτησης σε πόρους, αφού σε ένα σημερινό δίαυλο θα εκπέμπονται ψηφιακά 3 ή 4 προγράμματα. Έτσι όμως αντιμετωπίζονται τα συμπτώματα του προβλήματος και όχι η αιτία, και μακροπρόθεσμα με την ανάπτυξη και διάθεση στο κοινό περισσότερων και πιο εξελιγμένων υπηρεσιών ενδέχεται να εμφανιστεί το ίδιο ακριβώς πρόβλημα που υπάρχει σήμερα.

Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζεται η λειτουργία και η μορφή των MFNs σε ένα DVB-T δίκτυο.



Σχήμα 5.1 Μορφή MFN δικτύου

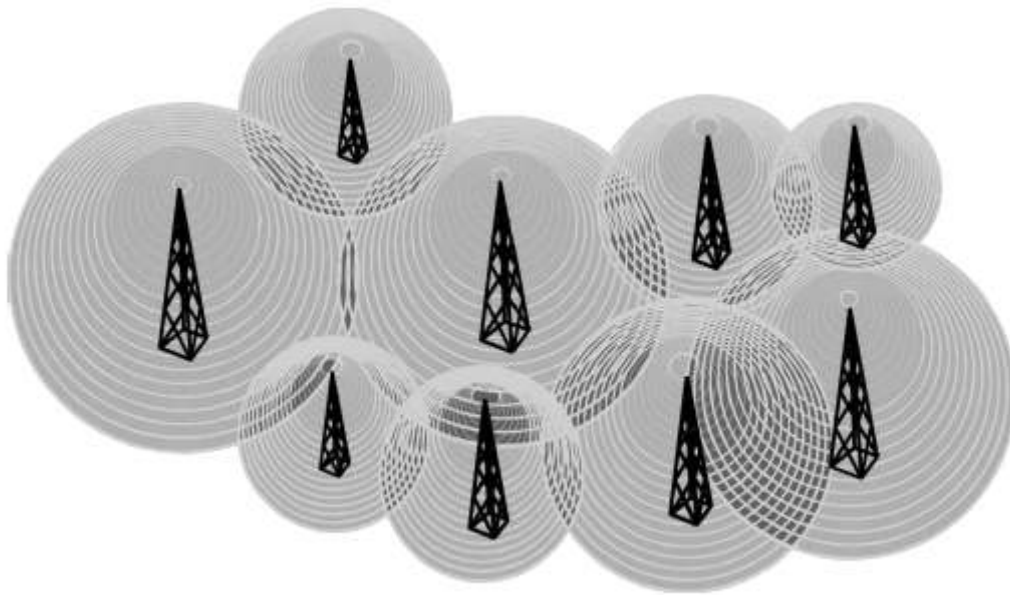


Σχήμα 5.2 Δομή MFN δικτύου



## 5.2 Δίκτυο ενιαίας συχνότητας (Single Frequency Network – SFN)

Σε ένα SFN δίκτυο όλοι οι πομποί είναι σύγχρονα διαμορφωμένοι με το ίδιο σήμα και εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα. Λόγω της πολυδιαδρομικής διάδοσης του σήματος μετάδοσης (COFDM), σήματα από διαφορετικούς πομπούς, που καταφθάνουν σε μια κεραία λήψης, μπορούν να συνεισφέρουν θετικά στο συνολικό επιθυμητό σήμα. Η προσέγγιση έχει το σχεδιαστικό πλεονέκτημα ότι χρειάζεται τις λιγότερες δυνατές συχνότητες από οποιαδήποτε άλλη κατανομή, και είναι ιδιαίτερα ελκυστική για χώρες όπως η Ελλάδα με μεγάλο βαθμό πληρότητας του τηλεοπτικού φάσματος.



Σχήμα 5.3 SFN δίκτυο

Τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν την λειτουργία ενός δικτύου SFN είναι:

- Η αποδοτικότητα του φάσματος
- Η σωστή ισχύς στη σωστή θέση συνεπάγεται αποδοτικότητα ισχύος.
- Η μικρότερη απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας
- Η δυνατότητα Gap-filling.
- Η δυνατότητα αύξησης της περιοχής κάλυψης
- Η ομαλότερη κάλυψη

### 5.2.1 Ανοιχτά / Κλειστά SFNs δίκτυα

Τα δίκτυα SFNs μπορούν να εφαρμοστούν με δύο δομικούς τύπους δικτύων. Το ένα ονομάζεται ανοιχτό SFN δίκτυο και το άλλο κλειστό SFN δίκτυο. Υποτίθεται ότι και τα δύο είναι σχεδιασμένα για να παρέχουν την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ στα όρια της περιοχής κάλυψης.

- Σε ένα ανοιχτό δίκτυο δεν λαμβάνονται μέτρα για να ελαχιστοποιηθούν τα επίπεδα ακτινοβολίας έξω από την περιοχή κάλυψης. Στην ελάχιστη περίπτωση, ένα ανοιχτό δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει έναν πομπό.
- Σε ένα κλειστό δίκτυο το επίπεδο ακτινοβολούμενης ισχύος έξω από την περιοχή κάλυψης μειώνεται εσκεμμένα, χωρίς μείωση της κάλυψης. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας κατευθυντικές κεραιές σε σταθμούς βάσης κοντά στην περιφέρεια της service area.

### 5.2.2 Χαρακτηριστικά πομπών

Ο αριθμός των πομπών, καθώς και η απόσταση μεταξύ τους, σε ένα δίκτυο SFN, ποικίλει. Για την επίγεια ψηφιακή μετάδοση, η απόσταση μεταξύ των σταθμών είναι από 30 έως 50 χλμ. στις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές, και μεταξύ 75 και 125 χλμ. σε πιο αραιοκατοικημένες ή πιο επίπεδες περιοχές.

Στα SFNs με χρήση κατάλληλων προδιαγραφών επίγεια μετάδοσης, η απόσταση διαχωρισμού των πομπών επηρεάζει την επιλογή του “guard interval”, το οποίο με την σειρά του περιορίζει το μέγεθος του δικτύου. Η απόσταση διαχωρισμού και το ενεργό ύψος των κεραιών επηρεάζουν την E.R.P

Οι κεραιές εκπομπής είναι ομοιοκατευθυντικές ή κατευθυντικές για να μειωθεί η παρεμβολή εκτός των περιοχών κάλυψης και άρα να μειωθεί η απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας και να προστατευθούν οι περιοχές κάλυψης των ήδη υπαρχόντων υπηρεσιών τηλεόρασης. Επίσης η χρήση τέτοιων κεραιών βοηθάει στην αποδοτικότερη αξιοποίηση του φάσματος.

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

- Σταθμοί υψηλής ισχύος είναι σταθμοί με e.r.p. μεγαλύτερο από 10 kW και ενεργό ύψος κεραιών μεγαλύτερο από 150 μ.
- Σταθμοί μέσης ισχύος είναι σταθμοί με e.r.p. από 100 W έως 10 kW
- (συμπεριλαμβανομένου και των 10 kW) και ενεργό ύψος κεραιών συνήθως από 75 έως 150 μ.
- Σταθμοί χαμηλής ισχύος είναι σταθμοί με e.r.p. λιγότερο από 100 W και ενεργό ύψος κεραιών συνήθως λιγότερο από 75 μ.

### 5.2.3 Αποδοτικότητα φάσματος

Η αποδοτικότητα φάσματος θεωρείται σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης της SFN προσέγγισης, κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου, σε σύγκριση με την MFN προσέγγιση. Με τον σχεδιασμό δικτύων SFN μεγάλες περιοχές μπορούν να εξυπηρετηθούν με έναν πολυπλέκτη σε μια κοινή κεντρική ραδιοσυχνότητα. Τα οποιαδήποτε κενά που προκύπτουν στη 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 TV καταλαμβάνεται ακόμα από τις αναλογικές υπηρεσίες, καθώς επίσης και αργότερα, όταν ένας μεγάλος αριθμός προγραμμάτων πρέπει να προστεθεί για να καταστήσει την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση ελκυστική για τον καταναλωτή.

### 5.2.4 Αποδοτικότητα ισχύος

Τα δίκτυα SFN δεν είναι μόνο αποδοτικά ως προς τη συχνότητα, αλλά και ως προς την ισχύ. Αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό αν ληφθούν υπόψη οι έντονες διακυμάνσεις της ισχύος ενός οποιοδήποτε σταθμού. Όπως συμβαίνει συνήθως, προκειμένου να διατηρηθεί η κάλυψη σε ένα υψηλό ποσοστό των περιοχών, αυξάνεται σημαντικά η ισχύς. Στα SFNs με ομοιοκατευθυντική λήψη δεν συμβαίνει το ίδιο, καθώς το επιθυμητό σήμα αποτελείται από επιμέρους σήματα που καταφθάνουν από διαφορετικούς πομπούς, οι διακυμάνσεις των οποίων είναι ελάχιστα συσχετισμένες, με αποτέλεσμα η εξασθένιση του σήματος του ενός πομπού να αντισταθμίζεται από έναν άλλο πομπό. Έτσι τα SFNs μπορούν να χρησιμοποιούν πομπούς χαμηλής ισχύος. Αυτή η αποδοτικότητα ισχύος των SFNs είναι πολύ σημαντική στα όρια κάλυψης των πομπών και καλείται «κέρδος δικτύου (network gain)». Το κέρδος δικτύου αποτελείται από δύο παραμέτρους. Το στατιστικό κέρδος, που οφείλεται στην υψηλότερη πιθανότητα να ληφθεί ένα σήμα και το προσθετικό κέρδος λόγω της αύξησης της ισχύος εξαιτίας της πρόσπτωσης δύο ή περισσότερων σημάτων στην κεραία λήψης, των οποίων η ισχύς προστίθεται. Το κέρδος δικτύου ποικίλει από σημείο σε σημείο ανάλογα με τη σχετική τιμή της ισχύος του πεδίου και σύμφωνα με τον παράγοντα απόκλισης της θέσεως (location variation) για τον οποίο υπολογίζεται η κάλυψη.

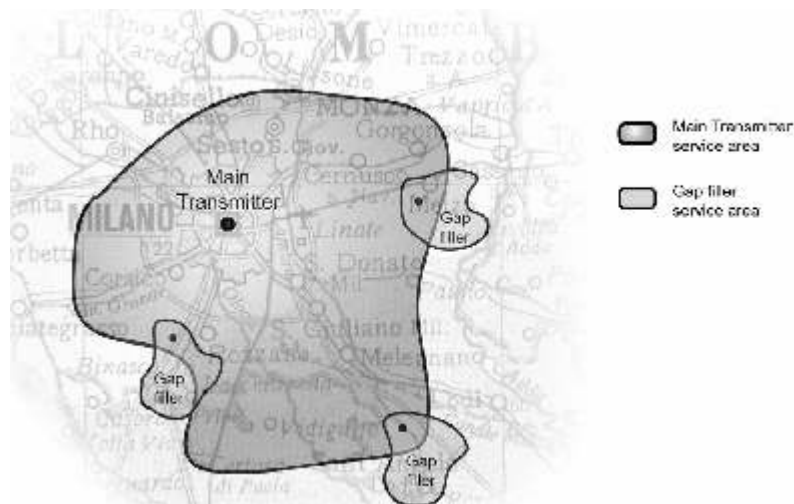
### 5.2.5 Απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας

Σε ένα πραγματικό δίκτυο που καλύπτει μια μεγάλη περιοχή, υπάρχουν μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στους πομπούς. Αν το δίκτυο σχεδιαστεί κλειστό, θα προκαλέσει μικρότερη παρεμβολή σε δεδομένη απόσταση έξω από την περιοχή κάλυψης από ότι αν είχε σχεδιασθεί ανοιχτό. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι το επίπεδο παρεμβολής καθορίζεται κυρίως από την ακτινοβολούμενη ισχύ των σταθμών που βρίσκονται πιο κοντά στα σύνορα της περιοχής κάλυψης, στην υπό εξέταση κατεύθυνση. Αντίθετα στην περίπτωση ενός δικτύου με περιορισμένη περιοχή κάλυψης, η χρήση κατευθυντικών κεραιών σε πομπούς κοντά στα σύνορα

της περιοχής κάλυψης εισάγει λιγότερα πλεονεκτήματα. Συμπεραίνεται δηλαδή ότι για μεγάλες περιοχές κάλυψης, η απόσταση διαχωρισμού μεταξύ ομοδιαυλικών περιοχών (απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνότητας) είναι μικρότερη για κλειστά δίκτυα από ότι για ανοιχτά. Για μικρές περιοχές κάλυψης η απόσταση αυτή είναι ίδια και για τους δύο τύπους SFN δικτύου.

### 5.2.6 Σχεδιασμός SFNs με gap fillers

Γενικά, στην SFN τοπολογία μπορεί να χρειάζονται και μερικά gap fillers λόγω της περισσότερης όμοιας κατανομής ισχύς πεδίου που απαιτείται. 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 την χρήση επαναληπτών εκπομπής (re-transmitters) χωρίς έτσι να χρειάζονται συμπληρωματικές δαπάνες πέρα από την αρχική διαρρύθμιση και διαμόρφωση.



**Σχήμα 5.4** Υλοποίηση κάλυψης με “gap fillers”

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 μην καλυπτόμενη από 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.

## 1. 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
- την θέση των κεραιών στον πύργο ή στο κτίριο
- το διάγραμμα ακτινοβολίας των κεραιών
- την θέση της περιοχής που πρέπει να καλυφθεί σε σχέση με την κατευθυντικότητα του κυρίου 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 κι αν η ανατροφοδότηση είναι χαμηλότερη από το κέρδος ενίσχυσης, αναμένεται μία μείωση στη απόδοση συστημάτων. Μεταξύ όλων των ανακλάσεων θα υπάρχει μία κύρια διαδρομή που θα προέρχεται είτε από την περιορισμένη απομόνωση μεταξύ των κεραιών ή / και από την ανατροφοδότηση των ανακλαστήρων γύρω από τον σταθμό επαναληπτών. Γενικά, υπάρχει μια χρονική καθυστέρηση μεταξύ της εισόδου και 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 αυτό η επίδραση είναι αμελητέα εάν η εξασθένηση συχνότητας δεν υπερβαίνει 10dB.

Ένα παράδειγμα για τα παραπάνω που βασίζεται σε πραγματικά στοιχεία, ακολουθεί στη συνέχεια. Υποθέτουμε 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 - 40 dBm (που αντιστοιχεί σε 67 dBμV). Η ισχύς εξόδου τότε του Gap Filler μπορεί να πάρει μία τιμή περίπου στο 1W. Ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων 1W ισχύς 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 από σκυρόδεμα ραδιοπύργος 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.

## 2. Εσωτερικά gap fillers

Το εσωτερικό gap-filler είναι μια συσκευή που ενισχύει το σήμα από μια εσωτερική κεραία στέγης και να το αναμεταδίδει μέσα στο σπίτι, με αυτόν τον τρόπο ξεπερνιούνται 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 πρέπει στα δωμάτια 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, 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 να 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 δεν 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 παρεμβάλλονται 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 οι διάφορες απώλειες διείσδυσης που παρουσιάζουν τα διάφορα υλικά (σκυρόδεμα, ξύλο, κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται στα ευρωπαϊκά σπίτια.

### 5.2.7 Περιορισμοί χρήσης SFNs

Για την 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 οποιοδήποτε πομπό του ίδιου δικτύου να μην παρεμβάλλει στο σήμα αλλά να το ενισχύει.

#### 1. Συγχρονισμός συχνότητας

Το σήμα OFDM αποτελείται από ένα πλήθος παράλληλων φερόντων. Κάθε ένα από τα χιλιάδες αυτά φέροντα RF, όταν η ραδιοτηλεοπτική 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, στην απόσταση συχνότητας μεταξύ δύο γειτονικών φερόντων, το οποίο αναφέρεται και συχνά ως "διάστημα φέροντος" και συμβολίζεται με  $\Delta f$ . 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 μπορεί 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 είναι προσιτός σε όλους τους διαφορετικούς σταθμούς εκπομπής.

## 2. Συγχρονισμός χρόνου

Θεωρητικά το σύστημα COFDM έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύεται το σήμα από τις ηχώ εφ' όσον αυτές βρίσκονται μέσα στο διάστημα προστασίας. Αυτός ο όρος απαιτεί το χρονικό συγχρονισμό των διάφορων πομπών, δεδομένου ότι το ίδιο σύμβολο πρέπει να εκπεμφθεί την ίδια χρονική στιγμή από διαφορετικές θέσεις, οποιασδήποτε 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 την διάρκεια του διαστήματος προστασίας, το οποίο συχνά συμβολίζεται ως  $\Delta T$ . 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 την διάρκεια διαστήματος προστασίας, η απόδοση μειώνεται γρήγορα για δύο λόγους:

- Η αρχή της ορθογωνικότητας 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 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 το ζήτημα υπέρβασης της ηχώ της διάρκειας του διαστήματος προστασίας.

Σαν επακόλουθο της διαχείρισης της ηχώ 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 έναν δεδομένο κόμβο του δικτύου μπορεί σε μερικές

περιπτώσεις να επιτρέψει μια καλύτερη ρύθμιση στην περιοχή κάλυψη ή μία μεγαλύτερη ομαλότητα του διαθέσιμου λόγου C/N.

### 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 τον ίδιο  $k^{\text{στο}}$  φέρον. Η ανοχή σε αυτόν τον κανόνα είναι μηδενική.

### 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 σε 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

## 5.2.8 Παρεμβολή SFN δικτύου

Σε ένα SFN δίκτυο πρέπει να υπολογίσουμε τόσο την εξερχόμενη παρεμβολή που δημιουργεί όσο και την ενδο-παρεμβολή που δημιουργείται σε αυτό.

### 1. Εξερχόμενη παρεμβολή SFN δικτύου

Ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται η εξερχόμενη παρεμβολή που δημιουργεί ένα SFN δίκτυο έχει συμφωνηθεί, έτσι ώστε να αντιμετωπίζονται ισότιμα όλες οι πιθανές περιπτώσεις συνδυασμών με allotments και assignments.

1. Σε περίπτωση που το SFN δίκτυο αποτελείται από πολλά assignments, η ολική παρεμβολή υπολογίζεται με την “power sum method” από το πεδίο παρεμβολής καθενός μόνου του assignment. Η ενδο-παρεμβολή στο SFN δίκτυο υπολογίζεται από τα ατομικά πεδία του κάθε assignment.
2. Σε περίπτωση που το SFN δίκτυο αποτελείται από ένα ή περισσότερα assignments με ένα SFN αναγνωριστικό, συνδεδεμένα στο ίδιο allotment, η εξερχόμενη παρεμβολή είναι το μεγαλύτερο από τα:
  - το συνολικό πεδίο παρεμβολής υπολογισμένο με την “power sum method” από το πεδίο παρεμβολής καθενός μόνου του assignment
  - την παρεμβολή από το αντίστοιχο δίκτυο αναφοράς RN που σχετίζεται με το allotment

Η παρεμβολή που δημιουργείται στο allotment υπολογίζεται στα σημεία που ορίζουν το allotment.



3. Σε περίπτωση που το SFN δίκτυο αποτελείται από ένα μόνο assignment συνδεδεμένο σε ένα allotment, όχι όμως με το ίδιο SFN αναγνωριστικό, η εξερχόμενη παρεμβολή είναι αυτή που δημιουργεί το assignment. Η παρεμβολή που δημιουργείται στο allotment υπολογίζεται στα σημεία που ορίζουν το allotment.
4. Σε περίπτωση που το SFN δίκτυο αποτελείται από ένα allotment η παρεμβολή υπολογίζεται από το αντίστοιχο δίκτυο αναφοράς RN που σχετίζεται με το allotment

## 2. Ενδο-παρεμβολή (self – interference) SFN δικτύου

Ένα χαρακτηριστικό των SFNs που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή είναι η παρεμβολή μεταξύ των πομπών που ανήκουν στο δίκτυο SFN. Αν θεωρήσουμε ένα δέκτη κοντά στα άκρα της περιοχής κάλυψης, αυτός γενικά λαμβάνει σήματα από πολλούς σταθμούς που εκπέμπουν το ίδιο πρόγραμμα. Παρόλο που τα σήματα αυτά είναι συγχρονισμένα στους πομπούς, φτάνουν στο δέκτη με διαφορετικές καθυστερήσεις, και δεν μπορούν να διαχωριστούν από σήματα πολλαπλών διαδρομών, δεδομένου ότι η διαμόρφωση είναι ακριβώς η ίδια. Όταν τα σήματα από απομακρυσμένους σταθμούς βάσης καθυστερούν περισσότερο από τη διάρκεια του “guard interval”, συμπεριφέρονται ως θορυβώδη παρεμβάλλοντα σήματα.

Οι παράγοντες που σχετίζονται με την ενδογενή παρεμβολή είναι:

- Η διάρκεια του “guard interval”
- Η καθυστέρηση μεταξύ των σημάτων
  - Απόσταση διαχωρισμού των σταθμών
  - Τεχνητές καθυστερήσεις
  - Καθυστερήσεις σε συνδέσμους διανομής
- Πεδίο παρεμβάλλοντος σήματος
  - Ραδιοδιάυλος διάδοσης
  - BER
  - C/N

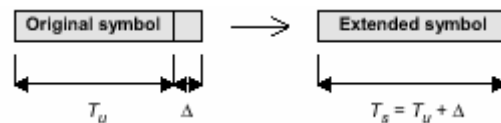
Για την επίλυση του προβλήματος στις περισσότερες περιπτώσεις κατά τον σχεδιασμό του δικτύου λαμβάνονται τα εξής μέτρα:

- Αύξηση του “guard interval”
- Προσθήκη τεχνητής καθυστέρησης σε έναν από του πομπούς
- Μείωση της e.r.p
- Προσθήκη fill-in πομπού
- Αφαίρεση πομπού από το SFN, δηλαδή χρησιμοποίηση διαφορετικής συχνότητας

Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικοί πομποί, με καθυστέρηση μέσα στο “guard interval” ή να τοποθετηθούν εμπόδια στο μονοπάτι διάδοσης.

### Επιλογή “Guard Interval”

Με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, βλέπουμε πόση σημαντική είναι η επιλογή του “guard interval” για τα SFNs. Τα ευρωπαϊκά κράτη απαίτησαν από τους οργανισμούς τυποποίησης της DVB-T την δυνατότητα επιλογής χρήσης SFNs 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 “guard interval”  $T_g = 224 \mu\text{sec}$  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 χλμ. μεταξύ των γειτονικών πομπών.



**Σχήμα 5.5 Διάστημα προστασίας (guard interval)**

Η επιλογή ενός “guard interval” έχει επιπτώσεις στην χωρητικότητα του καναλιού. Επίσης, επηρεάζεται το κόστος του υλικού στον δέκτη το οποίο αυξάνεται λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας των συμβόλων OFDM. Η επιλογή μεγάλου “guard interval” συμβάλλει στην οικονομία συχνοτήτων (SFNs δίκτυα), αλλά και στην πτώση της αποδοτικότητας μετάδοσης (χαμηλός ρυθμός μετάδοσης). Η χρήση μεγάλου “guard interval” δεν είναι απαραίτητη για όλους τους τρόπους κάλυψης επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Στις τοπικές ή περιφερειακές υπηρεσίες μπορούν να εφαρμοστούν αρκετά πιο “guard interval” σε σχέση με αυτά των μεγάλων SFNs δικτύων. MFNs και SFNs 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 MFNs και SFNs δίκτυα.

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 αριθμό φερόντων 2k ενώ ο μεγαλύτερος σε 8k. Οι προδιαγραφές DVB-T επιτρέπουν έξι διαφορετικές τιμές για το διάστημα προστασίας από 7 έως  $224 \mu\text{sec}$ . Έτσι, για τις επιτρεπτές τιμές του “guard interval” σε σχέση με την διάρκεια του επιθυμητού σήματος  $T_U$ , οι αποστάσεις μεταξύ των πομπών του δικτύου είναι:

Παράμετροι	Τύπος εκπομπής							
	2k (1705 φέροντα)				8k (6817 φέροντα)			
Φέροντα								
$\Delta/T_u$	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Ωφέλιμη διάρκεια συμβόλου $T_u$	224 $\mu$ s				896 $\mu$ s			
Διάρκεια διαστήματος φύλαξης $\Delta$	56 $\mu$ s	28 $\mu$ s	14 $\mu$ s	7 $\mu$ s	224 $\mu$ s	112 $\mu$ s	56 $\mu$ s	28 $\mu$ s
Μέγιστη απόσταση μεταξύ 2 πομπών SFN	17 km	8 km	4 km	2 km	67 km	34 km	17 km	8 km
Ρυθμός μετάδοσης για 64-QAM 2/3 (Mbps)	19,91	22,12	23,42	24,13	19,91	22,12	23,42	24,13

**Πίνακας 5.2 Τιμές “guard interval” σε SFN δίκτυα**

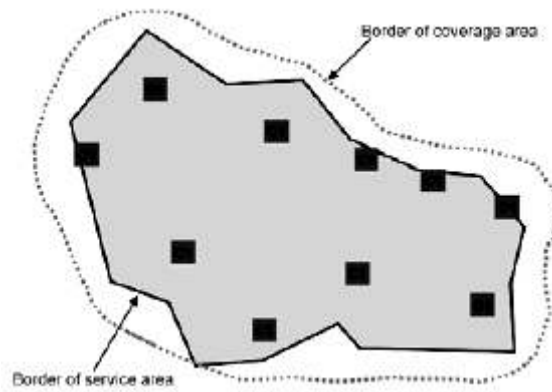
Η επιλογή ενός μεγάλου “guard interval” μειώνει την ενδογενή παρεμβολή, με κόστος όμως την μείωση του επιθυμητού ρυθμού μετάδοσης. Προσομοιώσεις ωστόσο έχουν δείξει ότι για ένα δίκτυο SFN μεγάλης περιοχής, το “guard interval” πρέπει να έχει διάρκεια τουλάχιστον 200  $\mu$ sec. Η διάρκεια αυτή μπορεί να υπάρξει μόνο για την “8 mode” επομένως ο αριθμός των φερόντων θα είναι 6817 και η επιλογή για το “gurad interval” είναι 1/4.

Τέλος ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι, επειδή η διαμόρφωση OFDM που χρησιμοποιεί η DVB-T έχει τη δυνατότητα να συσχετίζει όμοια σήματα που λαμβάνονται με χρονική καθυστέρηση μικρότερη από το “guard interval” που εισάγεται σε κάθε σύμβολο και να ενισχύεται έτσι το τελικό σήμα αντί να υφίσταται παρεμβολές. Η κατάλληλη επιλογή λοιπόν του “guard interval” διευκολύνει σημαντικά την επίτευξη ικανοποιητικού βαθμού κάλυψης αφού περιορίζει την εξασθένηση του σήματος στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στα όρια κάλυψης του κάθε πομπού

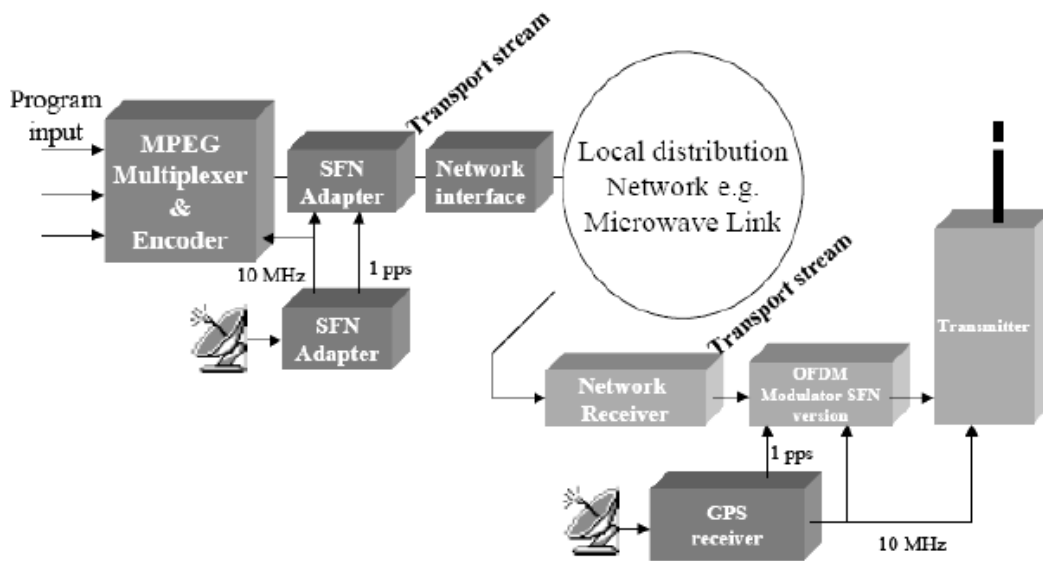
### 5.3 Συμπέρασμα

Λαμβάνοντας υπόψη την μεγάλη πληρότητα στο τηλεοπτικό φάσμα στην περιοχή της Αττικής και το γεγονός ότι στο μεγαλύτερο μέρος της καλύπτεται από πυκνή αστική δόμηση, δηλαδή κατ’ εξοχήν περιβάλλον πολλαπλών ανακλάσεων, φαίνεται ότι η λειτουργία σε SFN δίκτυο μεγάλης περιοχής, με σταθμούς υψηλής ισχύος σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους και πομπούς μικρότερης ισχύος (gap fillers) για την κάλυψη των περιοχών που δεν εξυπηρετούνται, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και θα πρέπει να είναι η τελική επιλογή. Ακόμη, ξεκινώντας από την Αττική στην οποία εκπέμπουν τα περισσότερα τηλεοπτικά κανάλια, μπορεί να εφαρμοστεί η αρχή του SFN για όλη την επικράτεια, στόχος που αν κάποτε επιτευχθεί, στην εποχή της εξ’ ολοκλήρου ψηφιακής εκπομπής πλέον, θα διευκολύνει εκτός από τη διαχείριση του φάσματος και τους τηλεθεατές-καταναλωτές, αφού η συχνότητα στην οποία θα εκπέμπεται ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα θα είναι η ίδια σε όλη την επικράτεια.

Στα επόμενα σχήματα παρουσιάζεται η λειτουργία και η μορφή των SFNs σε ένα DVB-T δίκτυο.



Σχήμα 5.6 Μορφή SFN δικτύου



Σχήμα 5.7 Μορφή SFN δικτύου

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΛΑΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ**

#### ***6.1 Εισαγωγή***

#### ***6.2 Διαδικασίες τροποποίησης των Πλάνων Συχνότητων***

#### ***6.3 Έλεγχος ανάγκης συντονισμού λόγω τροποποιήσεων στα Πλάνα Συχνότητων***

##### ***6.3.1 Ανίχνευση επηρεαζόμενων από την τροποποίηση assignments***

##### ***6.3.2 Εξέταση Συμβατότητας του νέου σταθμού με τα Πλάνα συχνότητων***



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΛΑΝΟΥ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ

#### 6.1 Εισαγωγή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα δύο θεμελιώδη εργαλεία που χρησιμοποιούμε για τον σχεδιασμό ενός πλάνου συχνοτήτων (Frequency Plan) είναι τα assignments και τα allotments. Στην περίπτωση των assignments, ανατίθεται σε κάθε σχεδιαζόμενο πομπό μια συγκεκριμένη συχνότητα λειτουργίας, και ταυτόχρονα καθορίζονται και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση ενός allotment καθορίζεται μόνο η “service area” που θέλουμε να καλύψουμε μαζί με κάποιους γενικούς κανόνες λειτουργίας του allotment, σύμφωνα με το RN και το RPC που έχουν επιλεγεί για τον σχεδιασμό του. Και στις δύο περιπτώσεις, περιγράφεται το ίδιο αντικείμενο σχεδιασμού με διαφορετικό όμως τρόπο. Η ITU έχει τα ίδια δικαιώματα, ως προς το να επεμβαίνει και να ελέγχει την σωστή λειτουργία, των δύο τρόπων σχεδιασμού. Αυτό όμως που είναι σημαντικό, είναι ότι μπορούμε να μεταβούμε από την μια μορφή σχεδιασμού στην άλλη. Μπορούμε δηλαδή στα πλάνα συχνοτήτων να μετατρέψουμε ένα allotment σε ένα ή περισσότερα assignments ή αντίστροφα να αντικαταστήσουμε την λειτουργία κάποιων assignments από ένα allotment. Γενικά ο σχεδιασμός με assignments χρησιμοποιείται κυρίως στην MFN προσέγγιση δικτύου DVB-T, ενώ ο σχεδιασμός με allotments χρησιμοποιείται κυρίως στην SFN προσέγγιση δικτύου DVB-T. Γενικά όμως, επιτρέπεται να πραγματοποιηθεί οποιοσδήποτε συνδυασμός μεταξύ τρόπου σχεδιασμού, δηλαδή assignments ή allotments και τύπο δικτύου, δηλαδή SFN ή MFN.

Η μετάδοση (broadcasting) της αναλογικής και ψηφιακής τηλεόρασης, στην Region 1 {που αλλιώς ονομάζεται και περιοχή σχεδιασμού (planning area), και σύμφωνα με τον ορισμό No. 5.3 του εντύπου Radio Regulations της ITU ορίζεται ως η περιοχή δυτικά του μεσημβρινού 170° E και βόρεια του παράλληλου 40° N, εκτός των εδαφών της Μογγολίας, αλλά συμπεριλαμβανομένων των εδαφών της Ισλαμικής Δημοκρατίας του Ιράν} στηρίζεται σε δύο πλάνα συχνοτήτων. Τα δύο αυτά πλάνα συχνοτήτων είναι, το αναλογικό πλάνο (analogue Plan) και το ψηφιακό πλάνο (digital Plan). Το αναλογικό πλάνο αποτελείται από δύο κομμάτια. Στο ένα εμπεριέχονται όλα τα assignments που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης και λειτουργούν στις συχνότητες 170-230 MHz (Band III) και στο δεύτερο κομμάτι εμπεριέχονται όλα assignments που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης που λειτουργούν στις συχνότητες 470-862 MHz (Band IV/V). Αντίστοιχα, και το ψηφιακό πλάνο αποτελείται από δύο κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι του ψηφιακού πλάνου περιλαμβάνει όλα τα assignments και allotments που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση DVB-T και T-DAB και λειτουργούν στις συχνότητες 170-230 MHz (Band III) και στο δεύτερο κομμάτι περιλαμβάνονται όλα τα assignments και allotments που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση DVB-T και T-DAB και λειτουργούν στις συχνότητες 470-862 MHz (Band IV/V). Όλα τα assignments και τα allotments που ανήκουν στα πλάνα συχνοτήτων δηλώνονται με κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όσον αφορά την τοποθεσία τους και την λειτουργία τους.

Τόσο το αναλογικό όσο και το ψηφιακό πλάνο μπορούν να τροποποιηθούν. Αυτό γίνεται ανάλογα με την ενέργεια που θέλει να πραγματοποιήσει η διοίκηση (administration) μιας χώρας κατά τον σχεδιασμό λειτουργίας της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης στην χώρα αυτή. Οι πιθανές τροποποιήσεις που μπορεί να πραγματοποιήσει η διοίκηση μιας χώρας στα δύο πλάνα συχνοτήτων είναι:

1. Να αλλάξει τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός ήδη καταχωρημένου, στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, allotment ή assignment κάποιου σταθμού μετάδοσης.
2. Να προσθέσει, στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, ένα νέο allotment ή assignment κάποιου σταθμού μετάδοσης.
3. Να προσθέσει στο ψηφιακό πλάνο ένα assignment που προέρχεται από την μετατροπή ενός allotment, το οποίο είναι ήδη καταχωρημένο στο ψηφιακό πλάνο.
4. Να καταργήσει από το αναλογικό ή το ψηφιακό πλάνο, ένα allotment ή assignment κάποιου σταθμού μετάδοσης.

Κατά την διάρκεια της περιόδου μετάβασης (transition period), τα assignments του αναλογικού πλάνου θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και τα assignments του ψηφιακού πλάνου, και να προστατεύεται η λειτουργία τους από κάθε μη αποδεκτή παρεμβολή. Σκοπός είναι στο τέλος της περιόδου αυτής, να καταργηθεί το αναλογικό πλάνο και να μείνει μόνο το ψηφιακό. Δηλαδή, οποιαδήποτε τροποποίηση στο αναλογικό πλάνο θα πρέπει να ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος της περιόδου μετάβασης. Από εκείνη την στιγμή, τα assignments του αναλογικού πλάνου θα λειτουργούν, μόνο αν δεν επηρεάζουν, προκαλώντας μη αποδεκτή παρεμβολή, την λειτουργία κάποιου ψηφιακού assignment ή allotment. Αντίθετα δεν θα χρειάζεται να γίνεται έλεγχος, αν τα ψηφιακά assignments ή allotments επηρεάζουν την λειτουργία των αναλογικών assignments. Το ψηφιακό πλάνο μπορεί να συνεχίσει να τροποποιείται και μετά το τέλος της περιόδου μετάβασης.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου αυτού, θα δοθούνε κάποια γενικά χαρακτηριστικά της όλης διαδικασίας, που πρέπει να ακολουθηθεί κατά την πραγματοποίηση μιας τροποποίησης, στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του RRC 06 (Regional Radiocommunication Conference) της ITU.

## **6.2 Διαδικασίες τροποποίησης των Πλάνων Συχνοτήτων**

Αρχικά θα δούμε τις, καθαρά, διαδικαστικές ενέργειες, που πρέπει να κάνει η διοίκηση μιας χώρας, όταν επιθυμεί να πραγματοποιήσει μια τροποποίηση στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο. Οι ενέργειες αυτές θα πρέπει να γίνουν πριν κατατεθούν, στο Radiocommunication Bureau, τα, τελικά, τεχνικά χαρακτηριστικά του νέου assignment ή allotment, έτσι ώστε να εγγραφεί αυτό στο MIRF (Master International Frequency Register) και εν συνέχεια να τεθεί σε λειτουργία.



## 1. Γνωστοποίηση της προτεινόμενης τροποποίησης στο Radiocommunication Bureau

Κάθε διοίκηση, μιας χώρας, που θέλει να κάνει κάποια αλλαγή σε ένα allotment ή assignment που είναι ήδη καταχωρημένο στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, ή θέλει να προσθέσει ένα νέο allotment ή assignment στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, θα πρέπει πρώτα να έρθει σε συμφωνία με τις διοικήσεις των χωρών, των οποίων με την αλλαγή αυτή επηρεάζει, τις υπηρεσίες μετάδοσης (broadcasting services: DVB-T, T-DAB και αναλογική τηλεόραση) ή/και άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες (other primary terrestrial services). Με τον όρο, άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες, χαρακτηρίζουμε όλες εκείνες τις επίγειες υπηρεσίες, εκτός των υπηρεσιών μετάδοσης, που μαζί με την βασική υπηρεσία ραδιοαστρονομίας λειτουργούν στην “planning area” και στις συχνότητες 174-230 MHz ή 470-862 MHz. Για να επιτευχθεί η συμφωνία αυτή, θα πρέπει να γίνει η διαδικασία ελέγχου για όλα τα assignments των υπηρεσιών μετάδοσης ή των άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών που είναι ήδη καταχωρημένα στο αναλογικό και στο ψηφιακό πλάνο ή στο MIRF, ή έχει αρχίσει για αυτά η διαδικασία ένταξής τους σε κάποιο από τα προηγούμενα. Το πότε θεωρούμε ότι οι υπηρεσίες αυτές επηρεάζονται είναι κάτι που θα δούμε παρακάτω στο τεχνικό κομμάτι της διαδικασίας τροποποίησης. Πάντως, γενικά, σε περίπτωση που από τις προτεινόμενες αλλαγές δεν αναμένεται αύξηση του επιπέδου παρεμβολής ή αύξηση του απαιτούμενου βαθμού προστασίας, τότε δεν χρειάζεται η διοίκηση να κάνει οποιαδήποτε συμφωνία.

Σε περίπτωση που μια διοίκηση θέλει να τροποποιήσει το αναλογικό ή το ψηφιακό πλάνο θα πρέπει να επικοινωνήσει με το Radiocommunication Bureau και να αποστείλει σε ηλεκτρονική μορφή τα σχετικά τεχνικά χαρακτηριστικά, του νέου ή τροποποιημένου assignment ή allotment. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να αναφέρει αν και με ποιες διοικήσεις έχει έρθει σε συμφωνία για τις προτεινόμενες αλλαγές που έχει αποστείλει. Η αποστολή των στοιχείων αυτών μπορεί επίσης να θεωρηθεί από το Radiocommunication Bureau σαν αίτηση να για αρχίσει η ολοκλήρωση της διαδικασίας τροποποίησης, στις περιπτώσεις στις οποίες δεν χρειάζεται καμία συμφωνία με κάποια άλλη διοίκηση ή όλες οι απαιτούμενες συμφωνίες με τις άλλες διοικήσεις έχουν πραγματοποιηθεί. Σε περίπτωση που το Radiocommunication Bureau βρει τα στοιχεία αυτά ελλιπή τότε έχει το δικαίωμα να ζητήσει επιπλέον διευκρινιστικά στοιχεία.

Όταν, από μια προτεινόμενη αλλαγή στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, το Radiocommunication Bureau εξακριβώσει ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για την αρμονική λειτουργία, του νέου ή τροποποιημένου assignment ή allotment, χωρίς αυτό να επηρεάζει την απρόσκοπτη λειτουργία κάποιων άλλων assignments, τότε έχει το δικαίωμα να προχωρήσει στην ολοκλήρωση της διαδικασίας της τροποποίησης. Διαφορετικά το Radiocommunication Bureau θα απαιτήσει από την διοίκηση που προτείνει την αλλαγή, να προβεί στις απαιτούμενες ενέργειες ώστε αυτό να συμβεί. Αν η διοίκηση, μέσα σε 30 μέρες από τότε που στάλθηκε η αρχική αίτηση με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων ή τροποποιημένων assignments ή allotments στο Radiocommunication Bureau, δεν αλλάξει τα χαρακτηριστικά αυτά, ώστε να λειτουργούν χωρίς να επηρεάζουν άλλα assignments, τότε η προτεινόμενη τροποποίηση θα μείνει ανολοκλήρωτη.

Αν ένα allotment ή ένα assignment καταργείται, το Radiocommunication Bureau θα πρέπει να δημοσιεύσει αυτήν την πληροφορία στο Special Section του BR IFIC. Στην περίπτωση που καταργείται ένα allotment το Radiocommunication Bureau θα πρέπει να καταργήσει, από το ψηφιακό πλάνο και το MIRF, και όλα τα assignments που προέρχονται από την μετατροπή του allotment αυτού, αφού πρώτα ειδοποιήσει την συγκεκριμένη διοίκηση.

Τώρα από την στιγμή που το Bureau λάβει όλες τις πληροφορίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, τότε μέσα σε 40 μέρες θα πρέπει:

- Να αναγνωρίσει τις διοικήσεις των χωρών που επηρεάζονται από την τροποποίηση.
- Να δημοσιεύσει τα χαρακτηριστικά των νέων ή τροποποιημένων assignments ή allotments που έλαβε, στο Special Section του BR IFIC (Radiocommunication Bureau International Frequency Information Circular), μαζί με τα ονόματα των διοικήσεων που αναγνώρισε ως επηρεαζόμενες, τονίζοντας τα ονόματα των χωρών εκείνων με τις οποίες έχει γίνει συμφωνία με την διοίκηση που έχει προτείνει την αλλαγή, καθώς και τα αντίστοιχα assignments των επίγειων υπηρεσιών που επηρεάζονται.
- Να ειδοποιήσει όλες τις διοικήσεις που έχει αναγνωρίσει ότι επηρεάζονται.

Στην συνέχεια, κάθε διοίκηση που φαίνεται να έχει έρθει σε συμφωνία με την διοίκηση που θέλει να κάνει την αλλαγή στο αναλογικό ή ψηφιακό πλάνο έχει το δικαίωμα, μέσα σε 40 μέρες από την ημέρα δημοσίευσης του ονόματός της στο BR IFIC, να ζητήσει να διαγραφεί το όνομά της από την λίστα με τα ονόματα των διοικήσεων που έχουν συμφωνήσει στην αλλαγή. Το Radiocommunication Bureau στην συνέχεια στέλνει ένα αντίγραφο της αίτησης αυτής, ενημερώνοντας την διοίκηση που προτείνει την αλλαγή για την εξέλιξη αυτή.

Αν τελικά, δεν υπάρξει τελική συμφωνία τότε το Radiocommunication Bureau αποφασίζει ότι η προτεινόμενη αλλαγή δεν μπορεί να ολοκληρωθεί.

## **2. Αναζήτηση συμφωνίας με τις χώρες, των οποίων σταθμοί επηρεάζονται από την προτεινόμενη τροποποίηση**

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, στο Special Section του BR IFIC υπάρχουν τα ονόματα των διοικήσεων με τις οποίες θα πρέπει να υπάρξει συμφωνία και να γίνουν ενέργειες συντονισμού για την αρμονική λειτουργία των assignments και allotments των επίγειων υπηρεσιών τους. Στην αναζήτηση συμφωνίας με μια άλλη διοίκηση θα πρέπει να δοθούν οποιαδήποτε στοιχεία κρίνονται σημαντικά για τους αναγκαίους υπολογισμούς που πρέπει να γίνουν, όπως πληροφορίες για τα τεχνικά στοιχεία των πομπών, για την μορφολογία του εδάφους, το μοντέλο διάδοσης κ.τ.λ.

Κάθε διοίκηση της οποίας το όνομα αναφέρεται στην λίστα του BR IFIC με τις πιθανός επηρεαζόμενες διοικήσεις από ένα νέο ή τροποποιημένο assignment ή allotment, θα πρέπει, παίρνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα και ζητώντας αν το επιθυμεί την συνδρομή του Radiocommunication Bureau, να υπολογίσει την νέα παρεμβολή που δέχονται οι σταθμοί των επίγειων υπηρεσιών της, μετά από την τροποποίηση.

Στην συνέχεια μπορεί να κάνει οποιοδήποτε σχόλιο και να ενημερώσει την ενδιαφερόμενη διοίκηση και το Radiocommunication Bureau. Σε περίπτωση που μια διοίκηση δεν συμφωνεί με την προτεινόμενη αλλαγή θα πρέπει να ειδοποιήσει το Bureau, μέσα σε διάστημα 75 ημερών από την δημοσίευση του BR IFIC, δίνοντας παράλληλα και τους λόγους για τους οποίους δεν συμφωνεί.

Το Radiocommunication Bureau 50 μέρες μετά την δημοσίευση του BR IFIC, θα πρέπει να ζητήσει από όποια διοίκηση συμπεριλαμβάνεται στην λίστα με τις πιθανώς επηρεαζόμενες χώρες και δεν έχει απαντήσει αν συμφωνεί ή όχι με την προτεινόμενη αλλαγή, να απαντήσει. Μετά από συνολικά 75 μέρες, το Radiocommunication Bureau θα πρέπει να ενημερώσει την διοίκηση που προτείνει την αλλαγή για το ποιες διοικήσεις συμφωνούν και ποιες όχι. Στο διάστημα αυτό θα πρέπει να απαντήσουν και όσες διοικήσεις δεν το έχουν κάνει αλλιώς θα θεωρηθεί ότι δεν συμφωνούν.

Μετά η διοίκηση που θέλει να κάνει την αλλαγή ζητά από το Radiocommunication Bureau να υπενθυμίσει στις διοικήσεις που ακόμα δεν έχουν απαντήσει ότι θα πρέπει να το κάνουν. Η αλλαγή τότε προσωρινά θα αναβληθεί για 24 μήνες. Αν και μετά από 40 μέρες από το διάστημα αυτό των 24 μηνών, οι διοικήσεις αυτές δεν απαντήσουν τότε θα θεωρηθεί ότι συμφωνούν στην προτεινόμενη αλλαγή.

Αν κατά την διάρκεια όλης της περιόδου αυτής, υπάρχει κάποια διοίκηση που δεν συμφωνεί, και μετά την λήξη των προθεσμιών, τότε το Radiocommunication Bureau θα πρέπει να διεξαγάγει έρευνα και μέσα σε 40 μέρες να ενημερώσει για την τελική του απόφαση και να προσπαθήσει να βρει μια συμβιβαστική λύση.

Αν κατά την διάρκεια της περιόδου αυτής, η διοίκηση που προτείνει την αλλαγή κάνει μια καινούργια τροποποιημένη πρόταση τότε η διαδικασία ξεκινά πάλι από την αρχή.

### **3. Αίτημα μιας χώρας για συμμετοχή στην διαδικασία αναζήτησης συμφωνίας**

Κάθε διοίκηση που θεωρεί ότι θα έπρεπε να είχε συμπεριληφθεί στην λίστα με τα ονόματα των διοικήσεων που επηρεάζονται από την προτεινόμενη αλλαγή, έχει δικαίωμα μέσα σε 40 μέρες από την δημοσίευση της λίστας αυτής από το Radiocommunication Bureau στο BR IFIC, να ζητήσει να συμπεριληφθεί στην λίστα αυτή, δίνοντας παράλληλα και τα κατάλληλα τεχνικά στοιχεία, που να δικαιολογούν το αίτημα αυτό. Με την λήψη του αιτήματος αυτού, το Bureau θα πρέπει να εξετάσει αν το αίτημα αυτό στέκει.

Αμα αυτό συμβαίνει, το Radiocommunication Bureau θα πρέπει να ειδοποιήσει αμέσως την διοίκηση που προτείνει την αλλαγή και την διοίκηση που επηρεάζεται και να δημοσιεύσει σε επιπρόσθετη έκδοση στο Special Section του BR IFIC, μέσα σε 30 μέρες από την ημέρα αίτησης της επηρεαζόμενης διοίκησης, το όνομα της και τα αντίστοιχα assignments των επίγειων υπηρεσιών, που επηρεάζονται. Αντίθετα, σε περίπτωση που το Radiocommunication Bureau αποφανθεί ότι το αίτημα μιας διοίκησης, να συμπεριληφθεί το όνομα της στην λίστα με τα ονόματα των διοικήσεων

που επηρεάζονται από μια προτεινόμενη τροποποίηση, δεν είναι αποδεκτό τότε πρέπει να ενημερώσει την συγκεκριμένη διοίκηση.

Στην συνέχεια με την σειρά της, η διοίκηση που προτείνει την αλλαγή είναι υποχρεωμένη να έρθει σε συμφωνία με όλες τις διοικήσεις, των οποίων τα ονόματα είναι στην λίστα με τις διοικήσεις που αναφέρει το Radiocommunication Bureau ότι επηρεάζονται από την προτεινόμενη αλλαγή.

Τέλος αν όλες οι αναγκαίες συμφωνίες έχουν πραγματοποιηθεί μπορεί να αρχίσει η ολοκλήρωση της διαδικασία τροποποίησης.

#### **4. Ολοκλήρωση τροποποίησης**

Όταν η διοίκηση που θέλει να κάνει την αλλαγή έχει αποκτήσει όλες τις συμφωνίες που χρειαζόταν, θα πρέπει μέσα σε 24 μήνες να στείλει στο Radiocommunication Bureau όλες τις τελικές συμφωνίες και τα ονόματα των διοικήσεων με τις οποίες έχει έρθει σε συμφωνία, καθώς και τα τελικά χαρακτηριστικά του νέου ή τροποποιημένου allotment ή assignment. Αν δεν γίνει αυτό τότε η αλλαγή απορρίπτεται.

Αν από τα τελικά στοιχεία βρεθούν νέες διοικήσεις που επηρεάζονται από την αλλαγή, τότε η όλη η διαδικασία ξεκινάει από την αρχή.

Με το που λάβει το Radiocommunication Bureau τα στοιχεία αυτά, θα πρέπει μέσα σε 30 μέρες να δημοσιεύσει στο Special Section του BR IFIC τα τεχνικά χαρακτηριστικά του νέου ή τροποποιημένου allotment ή assignment μαζί με τα ονόματα όλων των διοικήσεων που συμφώνησαν στην αλλαγή αυτή. Επίσης θα πρέπει, πλέον, να συμπεριληφθεί στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο το νέο allotment ή assignment. Το νέο αυτό allotment ή assignment από εδώ και στο εξής θα έχει την ίδια ισχύ με όλα τα άλλα assignments ή allotments που υπάρχουν στο αναλογικό ή ψηφιακό πλάνο.

Στην συνέχεια και για ένα διάστημα προθεσμίας 12 μηνών, θα πρέπει το νέο ή τροποποιημένο assignment ή allotment, να εγγραφεί στο MIRF, έτσι ώστε να του ανατεθεί η συχνότητα και να αρχίσει η λειτουργία του.

Αν μέσα στο διάστημα της προθεσμίας βρεθεί μια διοίκηση που δεν συμφωνεί τότε μπορεί να ανακληθεί η λειτουργία του νέου allotment ή assignment.

#### **5. Ανανέωση και ενημέρωση των Πλάνων Συχνοτήτων**

Σε τακτά χρονικά διαστήματα το Radiocommunication Bureau θα πρέπει να ανανεώνει το αναλογικό και ψηφιακό πλάνο, όσον αφορά τις όποιες αλλαγές και προσθήκες έχουν γίνει.

---

\*Ανάλογη διαδικασία, εκτελείται και για την περίπτωση που θέλουμε να τροποποιήσουμε ή να εισάγουμε ένα νέο assignment στην List, που περιέχει τα

assignments όλων των άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών. Η λειτουργία του assignment αυτού θα πρέπει, επιπλέον, να συντονιστεί με τις υπηρεσίες αναμετάδοσης της χώρας στην οποία ανήκει.

## **6. Ενεργοποίηση του νέου ή τροποποιημένου assignment**

Όταν η διοίκηση μιας χώρας θέλει να λειτουργήσει ένα νέο assignment σε ένα σταθμό αναμετάδοσης θα πρέπει, όπως ήδη έχουμε πει, να στείλει στο Radiocommunication Bureau, τα χαρακτηριστικά του assignment αυτού, σύμφωνα με τους πίνακες που δίνονται παρακάτω στο τέλος της παραγράφου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το Radiocommunication Bureau θα εξετάσει τα χαρακτηριστικά του νέου assignment και την συμβατότητά του με τα πλάνα συχνοτήτων και τις σχετικές προβλέψεις. Η απάντηση θα είναι θετική:

- Αν το assignment που θα συμπεριληφθεί στο ψηφιακό πλάνο δεν επηρεάζει την λειτουργία κανενός assignment του αναλογικού πλάνου, κανενός assignment άλλης επίγειας υπηρεσίας, κανενός assignment του ψηφιακού πλάνου.
- Αν το assignment που θα συμπεριληφθεί στο ψηφιακό πλάνο επηρεάζει κάποια από τα προηγούμενα assignments αλλά παράλληλα έχουν γίνει οι απαραίτητες συμφωνίες με τις διοικήσεις των assignments αυτών
- Σε περίπτωση που το assignment προέρχεται από την μετατροπή ενός allotment το οποίο δεν επηρέαζε οποιοδήποτε άλλο assignment που είναι στο αναλογικό ή ψηφιακό πλάνο ή άλλης επίγειας υπηρεσίας. Ή ακόμα και αν επηρεάζει κάποια από αυτά αλλά έχουν γίνει οι κατάλληλες συμφωνίες.

Ένα assignment ή ένα allotment μπορεί να παρουσιαστεί με διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά με τα οποία εμφανίζεται στο ψηφιακό πλάνο, με την προϋπόθεση ότι η μέγιστη πυκνότητα ισχύος δεν ξεπερνά την φασματική πυκνότητα ισχύος σε 4 kHz του αρχικού assignment ή allotment που τροποποιείται. Και αυτό γιατί μετά την αλλαγή αυτή δεν θα χρειαστεί να απαιτηθεί περισσότερη προστασία για αυτό.

Αν από την έρευνα που ακολουθήσει υπάρξει θετική απάντηση από το Radiocommunication Bureau, τότε το assignment αυτό θα πρέπει να εγγραφεί στο MIRF και από εκείνη την στιγμή και μετά το assignment αυτό θα έχει πλέον την ίδια ισχύ με τα υπόλοιπα.

Αν το Bureau αποφανθεί αρνητικά για την λειτουργία του νέου assignment, θα πρέπει να ενημερώσει την ενδιαφερόμενη διοίκηση δίνοντας και τους λόγους για την απόφαση αυτή. Μετά, η διοίκηση αυτή έχει το δικαίωμα να ζητήσει επανεξέταση του ζητήματος. Αν από την επανεξέταση υπάρξει θετική απόφαση αυτή την φορά, τότε το assignment εγγράφεται κανονικά στο MIRF. Αν υπάρξει αρνητική και πάλι απάντηση τότε το assignment θα εγγραφεί στο MIRF μαζί με τα ονόματα των διοικήσεων οι οποίες διαφωνούν και μαζί με μια υπογεγραμμένη δήλωση ότι δεν πρόκειται να λειτουργεί κάτω από συνθήκες που να προκαλούν οποιαδήποτε ανεπιθύμητη παρεμβολή, καθώς επίσης ότι δεν θα αξιώνουν προστασία από άλλο assignment που λειτουργεί κανονικά σε συμφωνία με το αναλογικό και ψηφιακό πλάνο και το όλες τις υπόλοιπες συμφωνίες και το Agreement. Σε περίπτωση που προκαλέσει μια τέτοια

παρεμβολή είναι υποχρεωμένη να σταματήσει την λειτουργία του assignment αμέσως.

---

\*Η ίδια διαδικασία ισχύει και για την έναρξη λειτουργίας assignments άλλων επίγειων υπηρεσιών που ανήκουν στην List.

### **6.3 Έλεγχος ανάγκης συντονισμού λόγω τροποποιήσεων στα Πλάνα Συχνότητων**

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, όταν η διοίκηση μιας χώρας θέλει να τροποποιήσει το αναλογικό ή το ψηφιακό πλάνο ή θέλει να θέσει σε λειτουργία και να συντονίσει ένα νέο assignment σε κάποιο σταθμό άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας θα πρέπει να εξετάσει:

1. Αν με την αλλαγή αυτή, επηρεάζεται κάποιο assignment επίγειας υπηρεσίας μετάδοσης άλλης χώρας, το οποίο όμως συμπεριλαμβάνεται στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο ή έχει αρχίσει για αυτό η διαδικασία ένταξής του σε αυτά.
2. Αν από την αλλαγή αυτή, επηρεάζεται κάποιο assignment άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας είτε άλλης χώρας, είτε της ίδιας της χώρας.

Όταν η διοίκηση που θέλει να κάνει μια αλλαγή αναγνωρίζει ότι με την προτεινόμενη τροποποίηση επηρεάζει την λειτουργία κάποιων από τα παραπάνω, τότε είναι υποχρεωμένη να έρθει σε συμφωνία με τις διοικήσεις των χωρών που επηρεάζονται κάνοντας τις κατάλληλες ενέργειες συντονισμού.

#### **6.3.1 Ανίχνευση επηρεαζόμενων από την τροποποίηση assignments**

Στην παράγραφο αυτή θα δειχθεί η μέθοδος με την οποία μια διοίκηση ανιχνεύει τα επηρεαζόμενα assignments. Γενικά η όλη μεθοδολογία στηρίζεται στον καθορισμό μιας συγκεκριμένης περιοχής μέσα στα όρια της οποίας η τιμή του επιθυμητού πεδίου του νέου ή τροποποιημένου assignment ή allotment, υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή κατωφλίου που ονομάζεται “trigger field-strength value”. Ουσιαστικά, καθορίζεται μια περιοχή πέρα, από την οποία η παρεμβολή που δημιουργεί ο νέος ή τροποποιημένος σταθμός θα πρέπει να είναι μικρότερη από μια συγκεκριμένη τιμή. Η επιλογή της “trigger field-strength value” είναι καθοριστική για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος ανίχνευσης. Στην μέθοδο αυτή θα χρειαστεί, επίσης, να σχεδιαστούν ορισμένα περιγράμματα, που θα βοηθήσουν στην αναγνώριση των επηρεαζόμενων, από την αλλαγή, χωρών και αντίστοιχων assignments.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, παρόλο που γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά της προτεινόμενης αλλαγής, ωστόσο δεν γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των επηρεαζόμενων σταθμών. Για τον λόγο αυτό και για να είμαστε καλυμμένοι ακόμη και στην χειρότερη περίπτωση, κάνουμε μη ρεαλιστικές υποθέσεις δεχόμενη την χειρότερη περίπτωση όσον αφορά την πιθανή παρεμβολή και τις συνθήκες μετάδοσης και λήψης του σήματος.

Ο καθορισμός της περιοχής στην οποία θα πρέπει να γίνουν ενέργειες συντονισμού με τις διοικήσεις άλλων γειτονικών χωρών, παρόλο που στηρίζεται σε τεχνικά κριτήρια, δεν αποτελεί μια ζώνη αποκλεισμού. Καθορίζει απλώς μια περιοχή στην οποία θα πρέπει να πραγματοποιηθούν επιπλέον μετρήσεις και υπολογισμοί όσον αφορά την πιθανή παρεμβολή που δημιουργείται και σε καμία περίπτωση δεν σημαίνει ότι στην περιοχή αυτή απαγορεύεται η κοινή χρήση συχνοτήτων. Αντιθέτως τις πιο πολλές φορές τελικά συμβαίνει το αντίθετο.

Ανάλογα με το είδος του αρχικού σταθμού μετάδοσης που θέλουμε να τροποποιήσουμε ή να εισάγουμε στα πλάνα συχνοτήτων ή στην List (στην οποία καταχωρούνται όλα τα assignments των άλλων επίγειων βασικών υπηρεσιών), προκύπτει και ένα διαφορετικό σενάριο συντονισμού. Σύμφωνα με το κάθε σενάριο συντονισμού καθορίζεται η θέση του σημείου αναφοράς που θα χρησιμοποιηθεί για την χάραξη των περιγραμμάτων συντονισμού, και οι βασικές υποθέσεις για τον υπολογισμό του πεδίου και της παρεμβολής που δημιουργείται από το σταθμό στα test points (στα σημεία δηλαδή που τελικά επηρεάζονται και στα οποία πρέπει να στην συνέχεια να γίνουν επιπλέον μετρήσεις). Γι' αυτό και ένα περίγραμμα συντονισμού που έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο σενάριο, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση κάποιου άλλου σεναρίου. Τα διάφορα σενάρια συντονισμού είναι:

1. Ένα μεμονωμένο assignment που λειτουργεί από μια σταθερή και καθορισμένη τοποθεσία.
2. Ένα μεμονωμένο assignment που λειτουργεί από μια σταθερή τοποθεσία με μια καθορισμένη "service area".
3. Πολλά assignments που λειτουργούν σε δίκτυο SFN.
4. Ένα allotment
5. Ένα allotment με συνδεδεμένα assignments (linked assignments) σε δίκτυο SFN. (Τα "linked" assignments, είναι assignments που εμφανίζονται ψηφιακό πλάνο, σχετίζονται με ένα allotment και μπορεί να αυξήσουν την παρεμβολή που αυτό δημιουργεί.)
6. Ένα allotment με συνδεδεμένα assignments (linked assignments) όχι όμως σε δίκτυο SFN
7. Κινητοί σταθμοί.
8. Αεροναυτικοί σταθμοί ραδιοπλοήγησης.

Έχοντας καθορίσει το σενάριο συντονισμού που αντιστοιχεί στην περίπτωση της τροποποίησης που θέλει μια χώρα να κάνει για την υλοποίηση της μεθόδου ακολουθούν τα παρακάτω βήματα:

### 1. Υπολογισμός τιμών επιθυμητού πεδίου και παρεμβολής

Οι μετρήσεις του πεδίου και της παρεμβολής βασίζονται στο μοντέλο διάδοσης για ψηφιακή μετάδοση ITU-R P.1546-2. Το μοντέλο αυτό δεν ισχύει για μετρήσεις που γίνονται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 1000 μέτρων γι' αυτό και η μέτρηση για πιθανή παρεμβολή περιορίζεται εξ αρχής μόνο στους πομπούς που βρίσκονται σε ακτίνα 1000 μέτρων. Γενικά ισχύουν οι εξής παραδοχές:

- Στην περίπτωση που μετράμε την παρεμβολή που δημιουργείται σε μια υπηρεσία μετάδοσης, από τροποποίηση σε ένα σταθμό που ανήκει στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο χρησιμοποιούμε για τις κεραίες τις τιμές E.R.P και ενεργού ύψους με τις οποίες είναι καταχωρημένες στα αντίστοιχα πλάνα συχνοτήτων. Χρησιμοποιούμε τις καμπύλες διάδοσης για την περίπτωση της τροποσφαιρικής παρεμβολής Το ύψος της κεραίας λήψης θεωρείται ίσο με 10 μέτρα πάνω από το επίπεδο του εδάφους.
- Όταν μετράμε την παρεμβολή που δημιουργείται από τροποποίηση σε σταθμό που ανήκει στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο, σε σταθμό εδάφους κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας, χρησιμοποιούνται οι καμπύλες διάδοσης για για πιθανότητα χρόνου 10% και πιθανότητα χώρου 50%. Για τον υπολογισμό της παρεμβολής σε αντίστοιχους σταθμούς αέρος χρησιμοποιείται το free-space μοντέλο.
- Όταν συντονίζουμε ένα assignment σε σταθμό εκπομπής κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας για τον υπολογισμό της παρεμβολής σε σταθμούς εδάφους χρησιμοποιούνται οι καμπύλες διάδοσης για πιθανότητα χρόνου 1% και πιθανότητα χώρου 50%, ενώ για τους υπολογισμούς της παρεμβολής σε σταθμούς αέρος χρησιμοποιείται το free-space μοντέλο και το περίγραμμα περιορίζεται στα 420 χλμ. Στην περίπτωση των αεροναυτικών υπηρεσιών για σταθμούς στον αέρα το ύψος της κεραίας εκπομπής είναι 10.000 χλμ.
- Όταν συντονίζουμε ένα assignment σε έναν σταθμό λήψης κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας υποθέτουμε ότι για την λειτουργία ενός σταθμού μετάδοσης, το μέγιστο E.R.P είναι 53 dBW και ότι το μέγιστο ενεργό ύψος της κεραίας είναι 600 μέτρα και η κεραία έχει μικτή πόλωση. Σε περίπτωση που αυτά δεν ισχύουν ή η διαδικασία ελέγχου δεν δίνει αποτέλεσμα τότε η διοίκηση θα πρέπει να συμφωνήσει ότι δεν θα απαιτήσει καμία προστασία του συγκεκριμένου assignment από σταθμούς μετάδοσης. Η μέγιστη απόσταση συντονισμού για σταθμούς λήψης σε αεροπλάνα ορίζεται ίση με 500 χλμ.
- Στην περίπτωση που στο σενάριο συντονισμού υπάρχει ένα allotment, τα χαρακτηριστικά των σχετικών RN και RPC που έχουν επιλεγεί χρησιμοποιούνται σαν πληροφορία για τον υπολογισμό του πεδίου παρεμβολής.

Κάθε “test point” που βρίσκεται πάνω στα σύνορα της περιοχής που ορίζει το allotment (boundary test point) θεωρείται ως πιθανή πηγή της εξερχόμενης παρεμβολής που δημιουργεί το allotment. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως είναι τοποθετημένο και προσανατολισμένο το σχετικό RN σε σχέση με το “boundary test point”.

Όλα τα RNs χαρακτηρίζονται ως εξάγωνα. Μία πλευρά του εξαγώνου, η οποία ονομάζεται και αρχική πλευρά, τοποθετείται κάθετα στην γραμμή που ενώνει το boundary test point του allotment με το σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε την παρεμβολή (calculation point). Στην συνέχεια το κέντρο της αρχικής πλευράς τοποθετείται στο boundary test point. Στην θέση αυτή όλες οι άλλες πλευρές και το κέντρο του εξαγώνου είναι πιο μακριά από το “calculation point” σε σχέση με τις άκρες της αρχικής πλευράς. Έτσι ορίζεται η θέση του RN και των πομπών και στην συνέχεια υπολογίζεται το πεδίο.

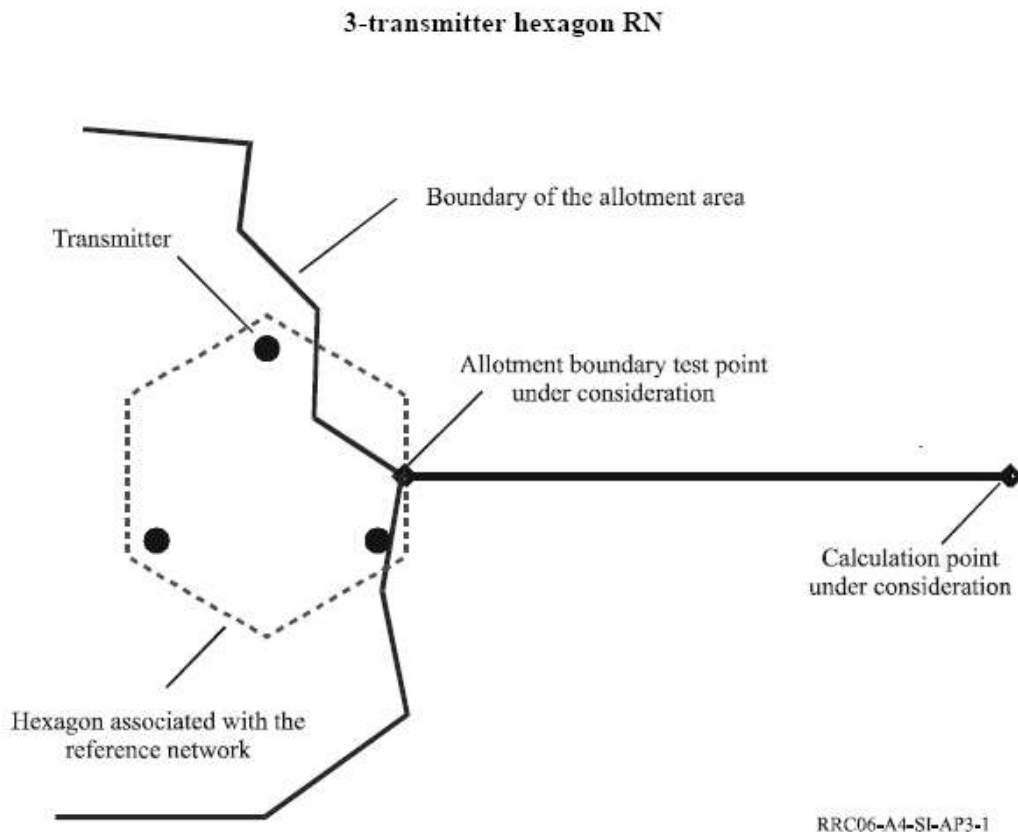


Μετά το RN κινείται πάνω στα όρια του allotment στο επόμενο boundary test point, όπου το πεδίο υπολογίζεται ξανά για το ίδιο calculation point. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι το RN να επανέλθει στην αρχική του θέση. Το μεγαλύτερο πεδίο που μετρείται σε κάθε calculation point από κάθε boundary test point του allotment θα είναι και το πεδίο που θα χρησιμοποιούμε τελικά.

Μια εικόνα του εξαγώνου για τις δύο πιθανές περιπτώσεις (με 3 ή 7 πομπούς) δίνεται στο παρακάτω σχήμα

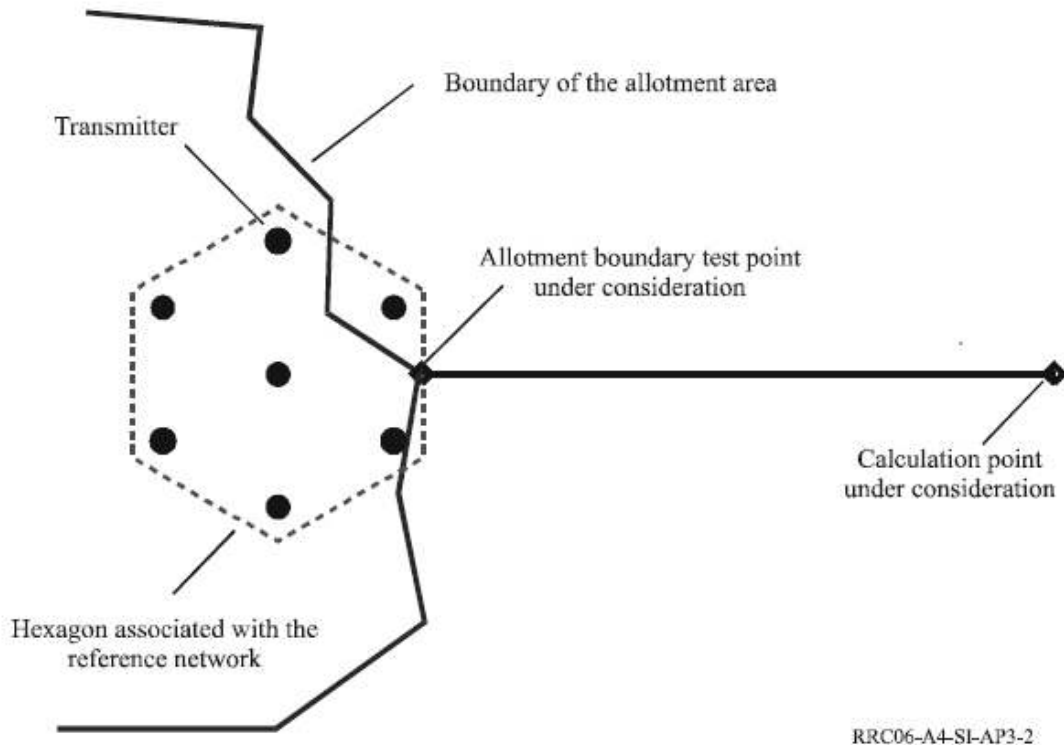
Το πεδίο σε ένα calculation point, από κάθε boundary test point, υπολογίζεται ξεχωριστά για κάθε πομπό του RN χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά των πομπών όπως αυτά δίνονται στο σχετικό RPC που έχει επιλεγεί. Γι' αυτό το E.R.P των RNs του DVB-T θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει ένα περιθώριο ισχύος (power margin) 3 dB. Το ολικό πεδίο υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την "power sum method".

Εξαιτίας της κίνησης του υποθετικού εξαγώνου υπάρχει πιθανότητα ένα ή περισσότεροι πομποί του RN να βρίσκονται σε κάποια στιγμή εκτός της περιοχής δικαιοδοσίας της διοίκησης για της οποίας το allotment γίνονται οι υπολογισμοί.



**Σχήμα 6.24 Υπολογισμός παρεμβολής RN δικτύου με 3 πομπούς**

### 7-transmitter hexagon RN



Σχήμα 6.2 Υπολογισμός παρεμβολής RN δικτύου με 7 πομπούς

- Στην περίπτωση που έχουμε ένα allotment με “linked” assignments και με SFN δίκτυο θα πρέπει να γίνουν εξής δύο υπολογισμοί.
  1. Πρώτα θα γίνει ο υπολογισμός της παρεμβολής στο calculation test point με βάση τα χαρακτηριστικά του RN και RPC του allotment, όπως περιγράψαμε παραπάνω
  2. Μετά υπολογίζεται η παρεμβολή στο calculation point με βάση τα χαρακτηριστικά καθενός από τα “linked” assignments και χρησιμοποιώντας την power sum method για τον υπολογισμό της ολικής παρεμβολής στο “calculation test point”.

Το ισχυρότερο πεδίο από τα δύο θα είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί τελικά ως το παρεμβάλον πεδίο.

- Στην περίπτωση που έχουμε ένα allotment με συνδεδεμένα (linked) assignments αλλά χωρίς SFN δίκτυο χρησιμοποιούνται μόνο τα χαρακτηριστικά των assignments για τον υπολογισμό του πεδίου.
- Σε ένα δίκτυο SFN το πεδίο υπολογίζεται με την “power sum method”.

## 2. Επιλογή “trigger field strength value”

Η επιλογή της “trigger field strength value” γίνεται ανάλογα με το αν η τροποποίηση γίνεται σε σταθμό μετάδοσης ή σε σταθμό κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας και ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας που θέλουμε κάθε φορά να προστατέψουμε, δηλαδή υπηρεσία μετάδοσης ή κάποια άλλη βασική επίγεια υπηρεσία. Έτσι για κάθε Band συχνοτήτων στην οποία μπορεί να ανήκει η συχνότητα λειτουργίας του allotment ή του assignment που τροποποιείται ή εισάγεται, διακρίνουμε όλες τις παρακάτω πιθανές περιπτώσεις:

1. Αν η τροποποίηση γίνεται στο ψηφιακό ή αναλογικό πλάνο δηλαδή σε κάποιον σταθμό DVB-T, T-DAB ή αναλογικής τηλεόρασης και θέλουμε να προστατέψουμε κάποια υπηρεσία μετάδοσης (DVB-T, T-DAB, analogue TV) τότε επιλέγουμε την κατάλληλη από τις παρακάτω προτεινόμενες τιμές.

Broadcasting system modifying the Plan	Trigger field strength (dB(μV/m))			
	Band III (174-230 MHz)	Band IV (470-582 MHz)	Band V (582-718 MHz)	Band V (718-862 MHz)
DVB-T	17	21	23	25
T-DAB	12	-	-	-
Analogue TV	10	18	20	22

**Πίνακας 6.2 “Trigger field strength values” για την προστασία συστημάτων υπηρεσιών αναμετάδοσης, από τροποποιήσεις στα πλάνα συχνοτήτων**

Οι τιμές αυτές έχουν υπολογισθεί για κάποιες αντιπροσωπευτικές παραμέτρους των DVB-T, T-DAB και αναλογικής τηλεόρασης καθώς και για δεδομένο τύπο λήψης και δεδομένο location probability. Συγκεκριμένα:

- DVB-T: 64-QAM 3/4, fixed roof-level reception, 95% location probability
- T-DAB: mobile reception, 99% location probability (Mode I, PL 3, see Recommendation ITU-R BS.1114-5)
- Analogue TV: SECAM L, fixed roof-level reception, 50% location probability.

Οι παράμετροι αυτοί έχουν επιλεγεί ως οι πιο ευαίσθητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην πράξη έτσι ώστε οι συγκεκριμένες τιμές της trigger field-strength value που προκύπτουν από τις παραμέτρους αυτές να ικανοποιούν όλες τις άλλες πιθανές περιπτώσεις.

Ο τύπος από τον οποίο υπολογίζονται οι παραπάνω τιμές είναι:

$$F_{\text{trigger}} = F_{\text{med}} + f_{\text{corr}} - \text{PR} - \text{CF} \quad (6.1)$$

όπου:

$F_{med}$  : η ελάχιστη τιμή του μέσου πεδίου (minimum median field strength) του σχετικού (επηρεαζόμενου) συστήματος μετάδοσης. Οι αναφορικές τιμές που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις είναι 200 MHz (Band III) και 650 MHz (Band IV/V).

$f_{corr}$  : ο συντελεστής διόρθωσης της συχνότητας (frequency correction factor) ο οποίος είναι για την σταθερή (fixed) λήψη  $f_{corr} = 20\log_{10}(f/f_r)$  και για την φορητή (portable) λήψη  $f_{corr} = 30\log_{10}(f/f_r)$ , όπου  $f$  είναι η πραγματική τιμή της συχνότητας και  $f_r$  η συχνότητα αναφοράς της σχετικής Band που είδαμε προηγουμένως.

PR : ο σχετικός βαθμός προστασίας (protection ratio). Σε περίπτωση που για τα protection ratios γίνεται διάκριση ανάμεσα σε τροποσφαιρική και συνεχή παρεμβολή τότε παίρνουμε το PR για την τροποσφαιρική παρεμβολή.

CF : ο σχετικός συνδυασμένος συντελεστής διόρθωσης θέσεως.

Γενικά προτείνεται να γίνεται διάκριση μεταξύ της αναλογικής και ψηφιακής μετάδοσης η οποία πρόκειται να προστατευθεί. Αλλά επειδή δεν είναι πάντα γνωστό το σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιεί η χώρα που επηρεάζεται, παίρνουμε για κάθε σύστημα (DVB-T, T-DAB, analogue TV) που λειτουργεί ως παρεμβάλον σύστημα (interfering system), την πιο μικρή τιμή από τις τρεις “trigger field strength value” τιμές για κάθε σύστημα μετάδοσης (DVB-T, T-DAB, analogue TV) που θέλουμε να προστατέψουμε. Έτσι προκύπτει ο προηγούμενος πίνακας. Παρακάτω δίνεται σαν παράδειγμα ο πίνακας στο οποίο φαίνεται πως βγαίνουν οι τιμές “trigger field-strength value” για την συχνότητα αναφοράς των 650 MHz.

	Broadcasting system to be protected	
	DVB-T	Analogue TV
Minimum median field strength	$F_{med} = 57 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$	$F_{med} = 65 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$
Interfering system		
DVB-T	$PR = 21 \text{ dB}$ $F_{trigger} = 23 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$	$PR = 35 \text{ dB}$ $F_{trigger} = 30 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$
Analogue TV	$PR = 9 \text{ dB}$ $F_{trigger} = 35 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$	$PR = 45 \text{ dB}$ $F_{trigger} = 20 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$

**Πίνακας 6.2 “Trigger field strength values” για αντιπροσωπευτικά συστήματα αναμετάδοσης στα 650 MHz**

2. Αν κάνουμε κάποια τροποποίηση στο ψηφιακό ή αναλογικό πλάνο δηλαδή σε κάποιον σταθμό DVB-T, T-DAB ή αναλογικής τηλεόρασης και θέλουμε να προστατέψουμε κάποια άλλη βασική επίγεια υπηρεσία εκτός από των υπηρεσιών μετάδοσης, τότε για το δεδομένο ύψος της κεραίας λήψης που αναγράφεται και για τον κωδικό του κάθε συστήματος, επιλέγουμε τις τιμές από τους παρακάτω πίνακες.

### Κινητές υπηρεσίες

<b>System to be protected</b>	<b>System type code</b>	<b>Trigger field strength (dB(<math>\mu</math>V/m))</b>	<b>Height of the receiving antenna (m)</b>
Mobile system MU (low power)	MU	16	10
Mobile system M1 (narrowband FM, 12.5 kHz) (private mobile radio ) Mobile systems RA1 and RA2 (narrow-band FM, 12.5 kHz)	M1 and RA	19 (base station) 27 (mobile station)	20 (base station) 1.5 (mobile station)
Mobile system M2 (narrow-band)	M2	48	10
Land mobile system XA (private mobile radio)	XA	27	10
Land mobile system XM (radio microphones VHF)	XM	30	10
Land mobile system MA	MA	21	10
Mobile and fixed systems (transportable)	MT	5	10

**Πίνακας 6.3 “Trigger field strength values” για την προστασία συστημάτων κινητών υπηρεσιών στις συχνότητες 174–230 MHz, από T-DAB σήματα**

System to be protected	System type code	Frequency range	Trigger field strength (dB(μV/m))	Height of the receiving antenna (m)
Analogue private mobile radio, 12.5 kHz	NV	Band III	30 (base stations) 38 (mobile stations)	20 (base station) 1.5 (mobile station)
Land mobile system NR (radio microphone)	NR	790-862 MHz/Band III	58 (UHF)/50 (VHF)	1.5
Mobile system NS (OB link, stereo, non-companded)	NS	790-862 MHz/Band III	45 (UHF)/37 (VHF)	10
Mobile system NT (Talk-back)	NT	790-862 MHz/Band III	47 (UHF)/39 (VHF)	1.5
Digital land mobile system NA (e.g. CDMA)	NA	470-862 in Region 3, 790-862 MHz in accordance with RR No. 5.316	18 (base station)	20 (base station)
Generic mobile system NB	NB	174-230 MHz/ 470-862 MHz	Εξίσωση (6.2) και πίνακες 6.7 & 6.8	20.0 (base station) 1.5 (mobile station)
Land mobile system XN (VHF)	XN	Band III	38	1.5
Land mobile system YN (480 MHz)	YN	480 MHz	41	1.5
Land mobile system ZC (620 MHz)	ZC	620 MHz	43	1.5

**Πίνακας 6.4 “Trigger field strength values” για την προστασία συστημάτων κινητών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα**

Αεροναυτικές υπηρεσίες ραδιοπλοήγησης

System to be protected	System type code	RR allocation	Application	Frequency (MHz)	Trigger field strength (dB(√V/m))	Height of the receiving antenna (m)
Aeronautical radionavigation system XG (on channel 36, 4 MHz airport radars, UK)	XG	Countries in No. 5.302	Airport radar	590-598	-12	7
Aeronautical radionavigation system AB (RLS 1)	AB	Region 3	Type 1 Ground-toground	Appropriate channels in the band 585-610 MHz	13	10
Aeronautical radionavigation system AA8 (RSBN)	AA8	Countries in No. 5.312	Air-to-ground component	Appropriate channels in band 645-862 MHz	36	10
Aeronautical radionavigation system AA8 (RSBN)	AA8	Countries in No. 5.312	Ground-to-air component	Appropriate channels in band 645-862 MHz	42	10 000
Aeronautical radionavigation system AB (RLS)	AB	Countries in No. 5.312	Ground-toground	Appropriate channels in band 645-862 MHz	13	10
Aeronautical radionavigation system BD (RLS 2, Type 1, ground transmission, 4 MHz)	BD	Countries in No. 5.312	Ground-to-air component	Appropriate channels in band 645-862 MHz	49	10 000
Aeronautical radionavigation system BA (RLS 2, Type 1, airborne transmission, 4 MHz)	BA	Countries in No. 5.312	Type 1 Air-to-ground component	Appropriate channels in band 645-862 MHz	29	10
Aeronautical radionavigation system BC (RLS 2, Type 2, ground transmission, 3 MHz)	BC	Countries in No. 5.312	Type 2 Ground-to-air component	Appropriate channels in band 645-862 MHz	71	10 000

System to be protected	System type code	RR allocation	Application	Frequency (MHz)	Trigger field strength (dB( V/m))	Height of the receiving antenna (m)
Aeronautical radionavigation system BB (RLS 2, Type 2, airborne transmission, 8 MHz)	AA2	Countries in No. 5.312	Type 2 Air-to-ground component	Appropriate channels in band 645-862 MHz	21	10

**Πίνακας 6.5 “Trigger field strength values” για την προστασία υπηρεσιών ραδιοπλοήγησης και αεροναυτικής ραδιοπλοήγησης, από DVB-T σήματα**

Άλλες σταθερές υπηρεσίες

Service, system to be protected	System type code	Frequency range (MHz)	Trigger field strength (dB(μV/m))	Height of the receiving antenna (m)
Fixed system FF (transportable, 1.2 MHz)	FF	790-862	24	37.5
Fixed system FH	FH	790-862	13	37.5
Generic fixed system FK	FK	174-230 and 470-862	Εξίσωση (6.2) και πίνακας (6.9).	37.5

**Πίνακας 6.6 “Trigger field strength values” για την προστασία άλλων σταθερών υπηρεσιών, από DVB-T και T-DAB σήματα**

Για την γενική περίπτωση των κινητών (NB) και σταθερών υπηρεσιών (FK) δηλαδή στις περιπτώσεις που δεν είναι γνωστό το protection ratio χρησιμοποιείται η παρακάτω εξίσωση

$$F_{\text{trigger}} = -37 + F - G_i + L_F + 10\log(B_i) + P_0 + 20\log f + I/N \quad (6.2)$$

όπου:

F: ο θόρυβος του δέκτη(dB)

B<sub>i</sub>: το εύρος ζώνης του επίγειου σταθμού μετάδοσης (MHz)

G<sub>i</sub>: το κέρδος της κεραίας λήψης του σταθμού (dB<sub>i</sub>)

L<sub>F</sub>: οι απώλειες του καλωδίου τροφοδοσίας της κεραίας (dB)

f: η κεντρική συχνότητα του παρεμβάλοντα σταθμού (MHz)

P<sub>0</sub>: ο τεχνητός θόρυβος που δημιουργείται από τον άνθρωπο (dB) (τυπικές τιμές είναι 1 dB για την VHF Band και 0 dB την UHF Band)

I/N: ο λόγος της παρεμβολής προς τον θόρυβο ο οποίος δεν πρέπει να ξεπερνά μια τιμή κατωφλίου (I/N = - 6)



Οι τυπικές τιμές που χρησιμοποιούνται για την εξίσωση αυτή είναι:

Frequency (MHz)	174	230	470	790	862
$F$ (dB)	8	8	4	3	3
$G_i$ (dBi)	6	8	12	17	17
$LF$ (dB)	2	2	2	4	4
$P_o$ (dB)	1	1	0	0	0
$F - G_i + LF + P_o$	5	3	-6	-10	-10

**Πίνακας 6.7** Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους της εξίσωσης (6.2) για την προστασία σταθμών βάσης για την γενική περίπτωση κινητών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα

Frequency (MHz)	174	230	470	790	862
$F$ (dB)	11	11	7	7	7
$G_i$ (dBi)	0	0	0	0	0
$LF$ (dB)	0	0	0	0	0
$P_o$ (dB)	1	1	0	0	0
$F - G_i + LF + P_o$	12	12	7	7	7

**Πίνακας 6.8** Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους της εξίσωσης (6.2) για την προστασία κινητών σταθμών για την γενική περίπτωση κινητών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα

Frequency (MHz)	174-230	500	800
$F$ (dB)	5	5	5
$G_i$ (dBi)	9	14	16
$LF$ (dB)	4	5	5
$P_o$ (dB)	1	0	0
$F - G_i + LF + P_o$	1	-4	-6

**Πίνακας 6.9** Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους της εξίσωσης (6.2) για την προστασία σταθμών για την γενική περίπτωση άλλων σταθερών υπηρεσιών, από DVB-T σήματα

Για τις υπόλοιπες συχνότητες στην UHF Band χρησιμοποιείται ένας συντελεστής διόρθωσης  $10\log(f/500)$ .

3. Αν θέλουμε να συντονίσουμε την λειτουργία ενός νέου σταθμού εκπομπής ή λήψης, κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας με τους σταθμούς αναμετάδοσης (DVB-T, T-DAB, analogue TV) που είναι στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο τότε χρησιμοποιούμε τις παρακάτω τιμές για την περίοδο μετάβασης και για σήματα εύρους ζώνης 7 ή 8 MHz..

Broadcasting system to be protected	Trigger field strength (dB(μV/m))			
	Band III (174-230 MHz)	Band IV (470-582 MHz)	Band V (582-718 MHz)	Band V (718-862 MHz)
Analogue TV & digital	10	18	20	22
digital	17	21	23	25

**Πίνακας 6.10** “Trigger field strength values” για την προστασία των πλάνων συχνοτήτων από άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει για την προστασία του συστήματος DVB-T από άλλες σταθερές και κινητές έχει δειχθεί ότι η συχνότητα λειτουργίας των υπηρεσιών αυτών βρίσκεται μέσα στο εύρος ζώνης της ψηφιακής τηλεόρασης ή το επικαλύπτει μερικώς. Έτσι σαν πιο γενική περίπτωση παρεμβολής από τις άλλες υπηρεσίες προς την ψηφιακή τηλεόραση χρησιμοποιούνται οι ίδιες “trigger field strength value” τιμές που χρησιμοποιούνται και για την περίπτωση που η ψηφιακή αναμετάδοση προκαλεί παρεμβολή σε ψηφιακή αναμετάδοση. Το ίδιο ισχύει και για την περίπτωση της αναλογικής τηλεόρασης.

Επιπλέον, επειδή δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό με σιγουριά το είδος της μετάδοσης που χρησιμοποιεί η διοίκηση που επηρεάζεται, όπως και προηγουμένως, χρησιμοποιούμε την μικρότερη τιμή “trigger field strength” για κάθε για κάθε σύστημα αναμετάδοσης (DVB-T, T-DAB, analogue TV) που θέλουμε να προστατέψουμε.

Τέλος, μέχρι το τέλος της περιόδου μετάβασης χρησιμοποιούμε τις τιμές που προστατεύουν και την λειτουργία των σταθμών εκπομπής της αναλογικής τηλεόρασης. Μετά την περίοδο αυτή χρησιμοποιούνται οι τιμές που προστατεύουν μόνο την ψηφιακή τηλεόραση.

### **3. Εύρεση σημείου αναφοράς**

Το σημείο αναφοράς είναι ένα, μοναδικό σημείο, του οποίου η θέση εξαρτάται από το σενάριο συντονισμού, και βάση του οποίου θα κατασκευασθεί το περίγραμμα συντονισμού. Έτσι:

- Στην περίπτωση που στο σενάριο συντονισμού υπάρχει ένα allotment, το σημείο αναφοράς είναι το κέντρο βάρους της περιοχής που ορίζει το allotment, αν αυτό είναι μέσα στην περιοχή αυτή. Σε περίπτωση που το κέντρο βάρους είναι εκτός της περιοχής του allotment τότε ως σημείο αναφοράς παίρνεται το πιο κοντινό σημείο στο κέντρο βάρους που βρίσκεται μέσα στην περιοχή του allotment. Το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από τα όρια της συγκεκριμένης περιοχής του allotment.
- Στην περίπτωση που έχουμε μόνο μεμονωμένα assignments, που λειτουργούν από μια σταθερή τοποθεσία το σημείο αναφοράς είναι η γεωγραφική θέση της κεραίας εκπομπής ή λήψης τους. Το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από το σημείο αυτό, αζιμουθιακά.
- Στην περίπτωση ενός assignment που λειτουργεί από μια σταθερή τοποθεσία με μια ορισμένη service area, το σημείο αναφοράς είναι το κέντρο βάρους της service area, αν αυτό είναι μέσα στην περιοχή αυτή. Σε περίπτωση που το κέντρο βάρους αυτό είναι εκτός της service area τότε ως σημείο αναφοράς παίρνεται το πιο κοντινό σημείο στο κέντρο βάρους που βρίσκεται μέσα στην service area. Το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από τα όρια της συγκεκριμένης service area.

- Σε περίπτωση πολλών assignments που λειτουργούν σε δίκτυο SFN το σημείο αναφοράς είναι το κέντρο βάρους των γεωγραφικών συντεταγμένων όλων των πομπών του SFN δικτύου. Το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από τα όρια της συγκεκριμένης περιοχής του δικτύου SFN.
- Σε περίπτωση κινητών σταθμών (εκτός αεροναυτικών κινητών σταθμών) το σημείο αναφοράς είναι το κέντρο βάρους της συγκεκριμένης service area του, αν αυτό είναι μέσα στην περιοχή αυτή. Σε περίπτωση που το κέντρο βάρους αυτό είναι εκτός της service area τότε ως σημείο αναφοράς παίρνεται το πιο κοντινό σημείο στο κέντρο βάρους που βρίσκεται μέσα στην service area. Το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από τα όρια της συγκεκριμένης service area. Επιπρόσθετα υπάρχει ο περιορισμός ότι η service area μέσα στην οποία ο κινητός σταθμός λειτουργεί θα πρέπει να περιορίζεται μέσα στα σύνορα του κράτους στο οποίο ανήκει.
- Σε περίπτωση αεροναυτικών σταθμών ραδιοπλοήγησης που βρίσκονται στο έδαφος το σημείο αναφοράς είναι η γεωγραφική θέση του σταθμού και το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από το σημείο αυτό, αζιμουθιακά. Σε περίπτωση αεροναυτικών σταθμών ραδιοπλοήγησης που βρίσκονται στον αέρα το σημείο αναφοράς είναι το κέντρο βάρους της service area μέσα στην οποία λειτουργεί ο σταθμός, αν αυτό είναι μέσα στην περιοχή αυτή. Σε περίπτωση που το κέντρο βάρους αυτό είναι εκτός της service area τότε ως σημείο αναφοράς παίρνεται το πιο κοντινό σημείο στο κέντρο βάρους που βρίσκεται μέσα στην service area. Το περίγραμμα συντονισμού κατασκευάζεται γύρω από τα όρια της συγκεκριμένης service area. Επιπρόσθετα υπάρχει ο περιορισμός ότι η service area μέσα στην οποία ο κινητός σταθμός λειτουργεί θα πρέπει να περιορίζεται μέσα στα σύνορα του κράτους στο οποίο ανήκει.

#### 4. Κατασκευή περιγραμμάτων συντονισμού (Coordination Contours).

Ξεκινώντας με κέντρο το σημείο αναφοράς του οποίου η θέση έχει καθορισθεί, ανάλογα με το σενάριο συντονισμού, παίρνουμε για κάθε μία ακτίνα από την 1<sup>ο</sup> μέχρι τις 360<sup>ο</sup>, ξεκινώντας από τα 1000 km και με βήμα 10 km μετράμε το πεδίο του σταθμού που τροποποιείται. Καθώς αυτό αυξάνεται βρίσκουμε σε ποιο σημείο αυτό γίνεται ίσο με την “trigger field strength value” τιμή. Ενώνοντας τα σημεία αυτά σχηματίζεται το “coordination contour”. Σε περίπτωση που αυτό δεν συμβεί δηλαδή η “trigger field strength value” τιμή είναι πιο μικρή από την τιμή του πεδίου στα 1000 km τότε ως σημείο του coordination contour παίρνουμε τα 1000 km.

Με παρόμοιο τρόπο ή με κάποια άλλη μέθοδο που θα έχουν συμφωνήσει οι ενδιαφερόμενες πλευρές, μπορούν να κατασκευασθούν κάποια επιπρόσθετα περιγράμματα που θα στηρίζονται σε κάποια άλλα δεσμευτικά κριτήρια όπως για παράδειγμα στην πόλωση της κεραίας λήψης κ.α.

## 5. Τελικό στάδιο ανίχνευσης

Γνωρίζοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά του assignment ή του allotment που θέλουμε να τροποποιήσουμε ή να εισάγουμε στο ψηφιακό ή στο αναλογικό πλάνο, καθώς και την ακριβή γεωγραφική τους θέση, η μέθοδος ανίχνευσης των επηρεαζόμενων assignments και χωρών έχει τα παρακάτω βήματα:

1. Αρχικά, χαράζουμε γύρω από την περιοχή του allotment ή την θέση του assignment που θέλουμε να μετατρέψουμε ή να εισάγουμε στα πλάνα συχνοτήτων ένα περίγραμμα σε ακτίνα 1000 μέτρων. Οι χώρες που πιθανώς κάποιες υπηρεσίες τους (είτε μετάδοσης είτε άλλων επίγειων υπηρεσιών) επηρεάζονται από την αλλαγή αυτή, είναι οι χώρες που τα σύνορά τους τέμνονται ή εσωκλείονται από το περίγραμμα αυτό.
2. Ανάλογα με την Band συχνοτήτων (Band III, ή Band IV/V) στην οποία ανήκει η συχνότητα λειτουργίας του allotment ή του assignment που τροποποιείται και ανάλογα με το τι είδους υπηρεσία μετάδοσης θέλουμε να προστατέψουμε επιλέγουμε την κατάλληλη “trigger field-strength value” τιμή, από τις προτεινόμενες τιμές που μας δίνονται. Στην συνέχεια με την τιμή αυτή κατασκευάζουμε το περίγραμμα συντονισμού (coordination contour) για κάθε υπηρεσία μετάδοσης.
3. Στην συνέχεια κάνουμε μια λίστα των χωρών των οποίων assignments άλλων βασικών υπηρεσιών, εκτός των υπηρεσιών μετάδοσης, βρίσκονται μέσα στο περίγραμμα των 1000 μέτρων και επιπλέον ανήκουν στην List ή έχει ξεκινήσει για αυτά η διαδικασία συντονισμού τους με τις υπηρεσίες μετάδοσης και ένταξής τους στην List. Στην συνέχεια επιλέγοντας και πάλι την κατάλληλη “trigger field-strength value” από το προτεινόμενες τιμές που μας δίνονται, κατασκευάζουμε για κάθε άλλη βασική επίγεια υπηρεσία το αντίστοιχο περίγραμμα συντονισμού.
4. Αφού έχουμε κατασκευάσει τα περιγράμματα συντονισμού τόσο για την προστασία των υπηρεσιών αναμετάδοσης όσο και για την προστασία οποιασδήποτε άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας τότε αναγνωρίζουμε τις διοικήσεις των χωρών με τις οποίες χρειάζονται να γίνουν περαιτέρω ενέργειες συντονισμού. Αυτές είναι εκείνες οι διοικήσεις των χωρών που τα περιγράμματα συντονισμού που έχουν σχέση με τις υπηρεσίες μετάδοσης τέμνουν ή εσωκλείουν τα εθνικά τους σύνορα. Όσον αφορά τις άλλες βασικές επίγειες υπηρεσίες, ενέργειες συντονισμού χρειάζονται σε εκείνες τις περιπτώσεις, που τα περιγράμματα που κατασκευάστηκαν στο 3<sup>ο</sup> βήμα, τέμνουν ή εσωκλείουν τις περιοχές των σταθμών λήψης ή τις “service areas” των άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών της ίδια της χώρας ή των γειτονικών χωρών.

---

Ανάλογη διαδικασία εφαρμόζεται και σε περίπτωση που θέλουμε να συντονίσουμε ή να προσθέσουμε ένα assignment σε έναν σταθμό κάποιας άλλης επίγειας υπηρεσίας. Κατασκευάζουμε τα περιγράμματα συντονισμού και για τον σταθμό εκπομπής αλλά και για τους σχετιζόμενους με αυτόν σταθμούς λήψης σε συγκεκριμένες θέσεις ή με συγκεκριμένες “service areas”. Το μεγαλύτερο από αυτά τα περιγράμματα

χρησιμοποιείται για την διαδικασία ανίχνευσης των διοικήσεων που επηρεάζονται. Η ανάλυση τελειώνει με το υπολογισμό πεδίου από το νέο ή τροποποιημένο assignment στο εθνικά σύνορα των αναγνωρισμένων, ως επηρεαζόμενων, χωρών

### 6.3.2 Εξέταση συμβατότητας του νέου σταθμού, με το ψηφιακό πλάνο συχνοτήτων

Στην παράγραφο αυτή περιγράφεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί όταν γίνεται αίτηση, από την διοίκηση μιας χώρας για να τροποποιήσει ή να εντάξει ένα νέο σταθμό αναμετάδοσης στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο συχνοτήτων (κυρίως στο ψηφιακό) και συγκεκριμένα όταν:

- Όταν, ένα ή περισσότερα assignments προκύπτουν από την μετατροπή ενός allotment, με ή χωρίς συνδεδεμένα assignments, που ανήκει στο ψηφιακό πλάνο.
- Όταν, γενικά τροποποιείται ένας σταθμός χωρίς να αυξάνει το επίπεδο παρεμβολής που δημιουργεί.
- Όταν, υπάρχουν ένα ή περισσότερα assignments για να εγγραφούν στο MIRF.

Σκοπός της μεθόδου αυτής είναι:

1. Να επιβεβαιωθεί ότι το κανάλι ενός σταθμού είναι το ίδιο πριν και μετά την τροποποίηση και ότι η γεωγραφική θέση του είναι μέσα στα καθορισμένα όρια που έχουν δοθεί.
2. Να συγκριθεί η παρεμβολή που προκύπτει πριν και μετά την τροποποίηση.

Η λειτουργία του νέου σταθμού είναι συμβατή με το ψηφιακό πλάνο όταν αποδειχθεί ότι η παρεμβολή που δημιουργείται μετά την τροποποίηση, δεν υπερβαίνει την παρεμβολή που υπήρχε πριν τη μετατροπή, μετρούμενη σε συγκεκριμένα σημεία που ονομάζονται “calculation points”.

Για την μέθοδο αυτή θα χρειαστεί να κατασκευαστεί το “cut-off field strength contour”, γύρω από τον νέο ή τροποποιημένο σταθμό. Επίσης θα χρειαστεί να κατασκευαστούν και κάποια επιπλέον περιγράμματα που ονομάζονται γεωμετρικά (geometrical contours), γύρω από το αρχικό σταθμό που τροποποιείται, και να βρεθούν τα calculation points, στα οποία θα γίνουν οι μετρήσεις του πεδίου και τις παρεμβολής.

Οι μετρήσεις του πεδίου στηρίζονται στο μοντέλο διάδοσης ITU 1546 στο οποίο χρησιμοποιούνται οι καμπύλες διάδοσης για την περίπτωση της τροποσφαιρικής παρεμβολής, για πιθανότητα χρόνου 1% και 50% χώρου. Οι υπολογισμοί της παρεμβολής γίνονται για όλους τους πομπούς που βρίσκονται σε ακτίνα 1000 χλμ. Οι υπολογισμένες τιμές στρογγυλοποιούνται στο πρώτο δεκαδικό ψηφίο.

Σε περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες από μία πηγές παρεμβολής τότε το ολικό πεδίο που μετριέται σε ένα “calculation point” προκύπτει εφαρμόζοντας την “power sum method”.

Ανάλογα με τον τύπο του σταθμού που έχουμε να διαχειριστούμε διαφοροποιούνται και ορισμένα στοιχεία όσον αφορά την διαδικασία της μεθόδου. Στην συνέχεια δίνονται κάποια από τα στοιχεία αυτά για κάθε τύπο σταθμού.

### 1. Ένα allotment

Ο σταθμός χαρακτηρίζεται από τα όρια που καθορίζουν την περιοχή του allotment, μια συγκεκριμένη συχνότητα λειτουργίας, ένα τύπο RN και ένα τύπο RPC.

Η θέση των assignments που προκύπτουν από την μετατροπή του allotment θα πρέπει να είναι μέσα στα όρια του allotment ή το πολύ μέχρι 20 χλμ. έξω από τα όρια της περιοχής του allotment και εντός των εδαφών της χώρας που επιθυμεί να κάνει την τροποποίηση, εκτός και αν έχει γίνει συμφωνία που να προβλέπει κάτι διαφορετικό.

Το σημείο αναφοράς για την κατασκευή των “cut-off field strength contour” και των “geometrical contours” είναι το κέντρο βάρους του πολυγώνου που ορίζει την περιοχή του allotment.

Για τους υπολογισμούς της παρεμβολής που δημιουργεί το allotment χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά του σχετικού του RN. Η διαδικασία έχει περιγραφεί σε προηγούμενη παράγραφο. Για τον υπολογισμό της παρεμβολής μετά την μετατροπή σε assignments, χρησιμοποιείται η “power sum method” για όλα τα assignments που έχουν προκύψει από την μετατροπή και ήδη έχουν συμπεριληφθεί στο ψηφιακό πλάνο ή έχει ξεκινήσει η διαδικασία για να ενταχθούν στο πλάνο. Όμοια δεδομένα ισχύουν και για τα assignments που θα συμπεριληφθούν στο MIRF.

### 2. Ένα assignment

Ο σταθμός χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά του assignment. Στην περίπτωση που τα χαρακτηριστικά του assignment που προκύπτει από την μετατροπή είναι ίδια με αυτά του αρχικού assignment τότε αυτόματα θεωρούμε ότι η λειτουργία του είναι σύμφωνη με το ψηφιακό πλάνο και δεν χρειάζεται να κάνουμε την διαδικασία έλεγχου.

Η θέση της κεραίας εκπομπής του assignment δεν πρέπει να απέχει πάνω από 20 χλμ. από την γεωγραφική θέση που είναι δηλωμένη στο ψηφιακό πλάνο ενώ θα πρέπει να είναι εντός των εδαφών της διοίκησης που θέλει να κάνει την τροποποίηση, εκτός αν έχει γίνει συμφωνία που προβλέπει κάτι διαφορετικό.

Το σημείο αναφοράς για την κατασκευή των “cut-off field strength contour” και “geometrical contours” είναι η γεωγραφική θέση της κεραίας εκπομπής.

Για την μέτρηση της παρεμβολής χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά του αρχικού assignment και του νέου assignment που έχει ήδη ή έχει αρχίσει η διαδικασία εγγραφής τους στο MIRF.

### 3. Ένα allotment με “linked” assignments

Ο σταθμός χαρακτηρίζεται όσον αφορά το allotment από τα όρια που καθορίζουν την περιοχή του allotment, μια συγκεκριμένη συχνότητα λειτουργίας, ένα τύπο RN και ένα τύπο RPC ή μια μεταβλητή του συστήματος και τον τύπο λήψης. Κάθε ένα από τα linked assignments από συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά και ο σύνδεσμος μεταξύ του allotment και των assignments γίνεται με το να έχουν τα assignments το ίδιο allotment και SFN αναγνωριστικό με το allotment.

Η θέση των assignments που προκύπτουν από την μετατροπή του allotment θα πρέπει να είναι μέσα στα όρια του allotment ή το πολύ μέχρι 20 χλμ. έξω από τα όρια της περιοχής του allotment και η θέση της κεραίας εκπομπής των linked assignments δεν πρέπει να απέχει πάνω από 20 χλμ. από την γεωγραφική θέση που είναι δηλωμένη στο ψηφιακό πλάνο. Και στις δύο περιπτώσεις θα πρέπει να είναι εντός των εδαφών της διοίκησης που θέλει να κάνει την τροποποίηση, έκτος αν έχει γίνει συμφωνία που προβλέπει κάτι διαφορετικό.

Το σημείο αναφοράς για την κατασκευή των “cut-off field strength contour” και “geometrical contours” είναι το κέντρο βάρους του πολυγώνου που ορίζει την περιοχή του allotment.

Για την μέτρηση της παρεμβολή πριν την μετατροπή χρησιμοποιείται η power sum method για όλα τα “linked” assignments και για το allotment τα χαρακτηριστικά του σχετικού RN. Όποια από τα δύο πεδία είναι μεγαλύτερο αυτό θεωρείται ως το παρεμβάλον πεδίο. Ενώ για τον υπολογισμό της παρεμβολής μετά την μετατροπή χρησιμοποιείται η “power sum method” για όλα τα assignments που έχουν προκύψει από την μετατροπή και ήδη έχουν συμπεριληφθεί στο Plan ή έχει ξεκινήσει για αυτά η διαδικασία για να ενταχθούν στο ψηφιακό πλάνο. Ανάλογα και για τα “linked” και νέα assignments που θα εγγραφούν στο MIRF.

### 4. Ένα σύνολο από assignments με ένα κοινό SFN αναγνωριστικό (SFN identifier)

Ο αριθμός των assignments που μεταβάλουν το πλάνο δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των αρχικών assignments του SFN. Ο σταθμός χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε assignment. Στην περίπτωση που τα χαρακτηριστικά όλων των assignments που προκύπτει από την μετατροπή είναι ίδια με αυτά του αρχικών assignments τότε αυτόματα θεωρούμε ότι η λειτουργία του είναι σύμφωνη με το Plan και δεν χρειάζεται να κάνουμε την διαδικασία έλεγχου. Όμως έστω και ένα να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά ο έλεγχος θα πρέπει να γίνει για όλα.

Η θέση της κεραίας εκπομπής του κάθε assignment δεν πρέπει να απέχει πάνω από 20 χλμ. από την γεωγραφική θέση που είναι δηλωμένη στο digital Plan ενώ θα πρέπει να είναι εντός των εδαφών της διοίκησης που θέλει να κάνει την τροποποίηση, έκτος αν έχει γίνει συμφωνία που προβλέπει κάτι διαφορετικό.

Το σημείο αναφοράς για την κατασκευή των cut-off field strength contour και geometrical contours είναι το κέντρο βάρους του πολυγώνου που ορίζουν οι γεωγραφικές θέσεις όλων των κεραιών εκπομπής του κάθε assignment.

Για την μέτρηση της αρχικής παρεμβολής χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά των αρχικών assignments και η power sum method. Ενώ για την μέτρηση της παρεμβολής μετά την μετατροπή χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά των νέων assignments που έχουν ήδη ή έχει αρχίσει η διαδικασία εγγραφής τους στο MIRF, και η “power sum method”.

#### 5. Ένα assignment συνδεδεμένο με ένα allotment χωρίς SFN αναγνωριστικό.

Στην περίπτωση αυτή ως πηγή παρεμβολής θεωρείται μόνο το assignment και το allotment καθορίζει μόνο την περιοχή που πρέπει να προστατεύεται.

Το allotment χαρακτηρίζεται από τα όρια που καθορίζουν την περιοχή του allotment, και μια μεταβλητή του συστήματος μαζί με τον τύπο λήψης. Το linked assignments χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Στην περίπτωση που τα χαρακτηριστικά του assignment που προκύπτει από την μετατροπή είναι ίδια με αυτά του αρχικού assignment τότε αυτόματα θεωρούμε ότι η λειτουργία του είναι σύμφωνη με το ψηφιακό πλάνο και δεν χρειάζεται να κάνουμε την διαδικασία έλεγχου.

Πάντως στην περίπτωση αυτή δεν γίνεται να γίνει μετατροπή του allotment σε assignments. Γι’ αυτό αν θέλουμε να κάνουμε αυτήν την μετατροπή θα πρέπει να αντικατασταθεί ο τύπος του σταθμού αυτού από τον τύπο του σταθμού που έχει ένα μόνο allotment.

Η μέθοδος για τον έλεγχο του μοναδικού αυτού linked assignment σε ένα allotment είναι η ίδια με την μέθοδο του σταθμού με ένα μόνο assignment

#### Κατασκευή “cut-off field strength contour”

Το “cut-off field strength contour” είναι ο μηχανισμός με τον οποίο βρίσκουμε και απαριθμούμε τα “calculation points”. Για την κατασκευή του χρησιμοποιούμε τις ίδιες “trigger field strength values” τιμές, με αυτές που είδαμε και σε προηγούμενη παράγραφο, ανάλογα με την υπηρεσία μετάδοσης που τροποποιείται και το είδος υπηρεσιών που θέλουμε να προστατέψουμε.

Το “cut-off field strength contour” αναπτύσσεται ακτινικά, για κάθε ακτίνα από τις 1<sup>ο</sup> μέχρι τις 360<sup>ο</sup>, με κέντρο ένα ορισμένο σημείο αναφοράς το οποίο επιλέγεται ανάλογα με τον τύπο του σταθμού που τροποποιούμε. Παίρνοντας λοιπόν κάθε ακτίνα από τις 1<sup>ο</sup> μέχρι τις 360<sup>ο</sup> μετράμε το πεδίο που δημιουργεί νέος τροποποιημένος σταθμός ξεκινώντας από τα 1000 χιλιόμετρα, μετρημένα από τον κοντινότερο πομπό του ή το σύνορο του allotment, και προχωρώντας προς το σημείο αναφοράς μέχρι η τιμή του επιθυμητού πεδίου να γίνει ίση με την “trigger field strength value” τιμή. Ενώνοντας τα σημεία αυτά προκύπτει το “cut-off field strength contour”. Σε κάποια σημεία, είτε για λόγους ανώμαλης μετάδοσης είτε πολύ



ευαίσθητης “trigger field strength value” τιμή, υπάρχει πιθανότητα η “trigger field strength value” να είναι πιο μακριά από τα 1000 χλμ. Στην ακτίνα αυτή το σημείο του “cut-off field strength contour” θα είναι τα 1000 χλμ.

### Κατασκευή Γεωμετρικών Περιγραμμάτων (Geometrical Contours)

Το “geometrical contour” είναι μια γραμμή, σε μια σταθερή απόσταση γύρω από την θέση του αρχικού σταθμού. Για να κατασκευασθεί το “geometrical contour” για μια δεδομένη κλειστή περιοχή θα πρέπει αυτή να ορίζεται από ένα σύνολο σημείων ως πολύγωνο.

Το πρώτο βήμα για την κατασκευή του “geometrical contour” είναι να ταξινομήσουμε τα σημεία, που ορίζουν τα σύνορα της περιοχής γύρω από την οποία θέλουμε να το κατασκευάσουμε, σύμφωνα με την φορά του ρολογιού. Σημεία που είναι πανομοιότυπα δηλαδή σημεία που συνδέονται με γωνίες μηδενικού μήκους αφαιρούνται. Επίσης αν δύο γειτονικές γωνίες έχουν την ίδια κατεύθυνση τότε το κοινό σημείο παραλείπεται.

Το επόμενο βήμα είναι να κατασκευάσουμε τις νέες γωνίες που βρίσκονται σε απόσταση 60, 100, 200, 300, 500, 750 και 1000 χλμ. από το αρχικό πολύγωνο. Αυτές οι νέες γωνίες είναι παράλληλες γραμμές και τόξα όταν κυρτά σημεία εφάπτονται. Στην περίπτωση αυτή που κυρτά σημεία εφάπτονται τα αρχικά σημεία λειτουργούν ως κέντρα για τα τόξα αυτά.

Στην συνέχεια οι παράλληλες αυτές γραμμές και τα τόξα συνδέονται υπολογίζοντας τα σημεία τομής δύο συνεχόμενων γραμμών ή τόξων.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει πολύγωνο αλλά μόνο ένα σημείο τα “geometrical contours” είναι ομόκεντροι κύκλοι με κέντρο την γεωγραφική θέση του assignment.

### Καθορισμός “Calculation Points”

Τα “calculation points” στα οποία θα γίνουν οι μετρήσεις του πεδίου είναι τα σημεία πάνω στα “geometrical contours”, που είναι εκτός των συνόρων της χώρας που προτείνει την αλλαγή και ταυτόχρονα εντός του “coordination contour” που έχει κατασκευασθεί για τον νέο τροποποιημένο σταθμό.

### Τελικό στάδιο ελέγχου συμβατότητας.

Ο έλεγχος της συμβατότητας της λειτουργίας του νέου, μετά την μετατροπή, σταθμού γίνεται ως εξής:

- Αν τα προτεινόμενα, και υπό έλεγχο, assignments λειτουργούν σε συχνότητα που ανήκει σε μια Band συχνοτήτων στην οποία δεν λειτουργούν, μέσα σε μια περιοχή ακτίνας 1000 χλμ., assignments κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας, που να είναι καταγεγραμμένα στην List ή να έχει ξεκινήσει για αυτά η διαδικασία ένταξης τους στην List και επιπλέον, αν το “cut-off field strength contour”, που έχει κατασκευασθεί βασισμένο στις “trigger field

strength values” τιμές για υπηρεσίες μετάδοσης, δεν εκτείνεται εκτός των εθνικών συνόρων της χώρας που προτείνει την τροποποίηση, τότε το αποτέλεσμα του έλεγχου θεωρείται αποδεκτό και ο νέος σταθμός μπορεί να τεθεί σε λειτουργία.

- Αν τα προτεινόμενα, και υπό έλεγχο, assignments λειτουργούν σε συχνότητα που ανήκει σε μια Band συχνοτήτων στην οποία λειτουργούν, μέσα σε μια περιοχή ακτίνας 1000 χλμ., assignments κάποιας άλλης βασικής επίγειας υπηρεσίας, που είναι καταγεγραμμένα στην List ή να έχει ξεκινήσει για αυτά η διαδικασία ένταξης τους στην List και επιπλέον, αν το “cut-off field strength contour”, που έχει κατασκευασθεί βασισμένο στις “trigger field strength values” τιμές για υπηρεσίες μετάδοσης, δεν εκτείνεται εκτός των εθνικών συνόρων της χώρας που προτείνει την τροποποίηση, τότε το “cut-off field strength contour” ξανασχεδιάζεται με βάση τις “trigger field strength values” τιμές για την αντίστοιχη άλλη βασική επίγεια υπηρεσία της οποίας assignments θέλουμε να προστατέψουμε. Το νέο αυτό “cut-off field strength contour” σχεδιάζεται με εμβέλεια και κατεύθυνση προς την πιθανώς επηρεαζόμενη service area και περιοριζόμενο στα εδάφη της συγκεκριμένης χώρας. Αν το τελικό “cut-off field strength contour” που προκύπτει εξακολουθεί να μην εκτείνεται εκτός των εθνικών συνόρων της χώρας που προτείνει την τροποποίηση, τότε το αποτέλεσμα του έλεγχου θεωρείται αποδεκτό και ο νέος σταθμός μπορεί να τεθεί σε λειτουργία.
- Αν σε οποιαδήποτε στιγμή της εφαρμογής της μεθόδου αυτής το “cut-off field strength contour” υπερβεί τα σύνορα της χώρας που προτείνει την τροποποίηση, τότε θα πρέπει να κατασκευασθούν τα “geometrical contours”. Στην συνέχεια βρίσκουμε τα calculation points. Από τα “calculation points” λαμβάνονται όλα υπόψη, μόνο αυτά που βρίσκονται εκτός των συνόρων της χώρας που προτείνει την τροποποίηση και ταυτόχρονα εντός του cut-off field strength contour. Τελικά το αποτέλεσμα του έλεγχου θεωρείται αποδεκτό και ο νέος σταθμός μπορεί να τεθεί σε λειτουργία, αν σε όλα τα calculation points, η μετρούμενη παρεμβολή από το νέο σταθμό δεν είναι μεγαλύτερη από την παρεμβολή που υπήρχε από πριν από την μετατροπή, από τον αρχικό σταθμό.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ALLOTMENT ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**7.1 Χαρακτηριστικά Του Allotment Της Αττικής.**

**7.2 Περιγραφή της μεθόδου μετατροπής**

**7.3 Εφαρμογή της μεθόδου μετατροπής**

**7.3.1 Υπολογισμός πεδίου αναλογικής μετάδοσης**

**7.3.2 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου με τα χαρακτηριστικά των πομπών της αναλογικής μετάδοσης**

**7.3.3 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για κατευθυντικές κεραιές και ισχύεις ίδιες με της αναλογικής μετάδοσης**

**7.3.4 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για ομοιοκατευθυντικές κεραιές και μειωμένες ισχύεις σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**

**7.3.5 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για κατευθυντικές κεραιές και μειωμένες ισχύεις σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**

**7.4 Αποτελέσματα – Παρατηρήσεις**

**7.5 Σύγκριση παρεμβολής νέου SFN δικτύου και παρεμβολής allotment**

**7.5 Έλεγχος ενδο-παρεμβολής στο νέου SFN δικτύου**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

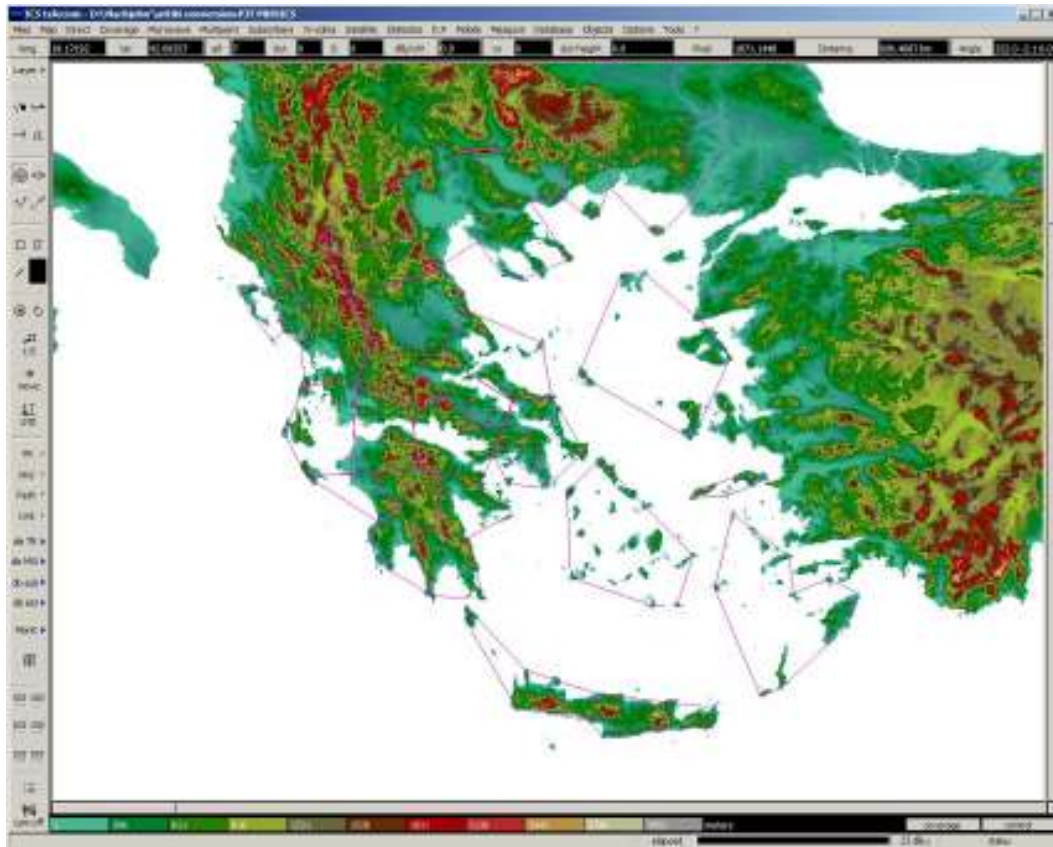
### ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΟΥ ALLOTMENT ΤΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Στην παράγραφο αυτή θα εφαρμόσουμε τις μεθόδους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, στο κεφάλαιο αυτό, για την μετατροπή του allotment της Αττικής και την αντικατάστασή του από assignments. Για τον σκοπό αυτό και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, θα χρησιμοποιηθεί το εργαλείο ICS Telecom της ATDI.

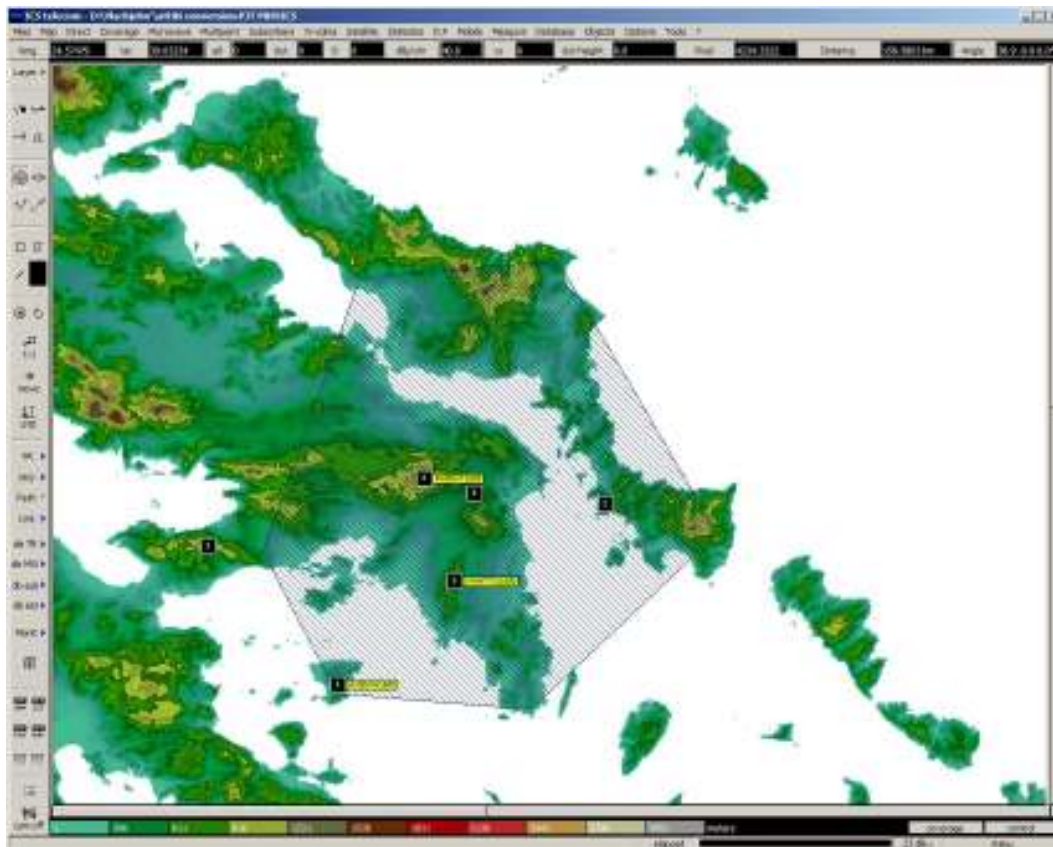
#### 7.1 Χαρακτηριστικά του allotment της Αττικής

Η περιοχή κάλυψης της Αττικής, έχει όρια, τα σύνορα του νομού Αττικής, εκτός από τα Κύθηρα, τα Αντικύθηρα, την Ύδρα, τις Σπέτσες και τις περιοχές της Πελοποννήσου που ανήκουν στον νομό Αττικής.. Η Αττική, σήμερα, καλύπτεται τηλεοπτικά από πομπούς τοποθετημένους στον Υμηττό, στην Πάρνηθα, στην Αίγινα και κατά συνθήκη στα Γεράνια Κορινθίας και στα Δελίβια. Είναι προφανές ότι δεν είναι δυνατό να καλυφθεί εξ' ολοκλήρου η Αττική από αυτά τα σημεία. Έτσι χρησιμοποιούνται αρκετοί τοπικοί αναμεταδότες μικρής ισχύος, που όμως δεν εμφανίζονται στα επίσημα αρχεία με τα ονόματα των σταθμών μετάδοσης. Οι αναμεταδότες αυτοί λειτουργούν, κυρίως, στις περιοχές της Αττικής εκτός του λεκανοπεδίου, όπου η δομή των περιοχών αυτών μπορεί, στην πλειοψηφία της, να θεωρηθεί ημιαστική έως και αγροτική σε ορισμένες περιπτώσεις. Στο εσωτερικό του λεκανοπεδίου, οι συμπληρωματικοί αυτοί πομποί είναι σαφώς λιγότεροι στον αριθμό.

Για το ψηφιακό πλάνο DVB-T στην Ελλάδα έχουν σχεδιασθεί κάποια allotments. Τα allotments αυτά φαίνονται παρακάτω Στο χάρτη που ακολουθεί φαίνεται το allotment της Αττικής.



Εικόνα 7.3 Allotment Ελλάδας



Εικόνα 7.4 Allotment Αττικής

Το allotment της Αττικής ορίζεται από επτά σημεία. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων αυτών, δηλαδή το γεωγραφικό πλάτος (latitude) και γεωγραφικό μήκος (longitude), δίνονται στο σύστημα συντεταγμένων 4DMS εκφρασμένες σε βαθμούς (degrees), λεπτά (minutes) και δευτερόλεπτα (seconds). Επίσης γίνεται και διάκριση του ημισφαιρίου στο οποίο βρίσκονται τα σημεία.. Έτσι, το allotment της Αττικής είναι ή περιοχή που εσωκλείεται από τα σημεία:

Σημείο	Συντεταγμένες					
	Γεωγραφικό Πλάτος - Βόρεια (N)			Γεωγραφικό Μήκος - Ανατολικά (E)		
	Deg.	Min.	Sec.	Deg.	Min.	Sec.
1	38	36	26	23	32	57
2	38	38	45	24	05	53
3	38	02	59	24	32	14
4	37	41	19	24	03	05
5	37	40	08	24	01	11
6	37	42	07	23	29	28
7	38	00	33	23	17	10

**Πίνακας 7.1 Γεωγραφικές συντεταγμένες των κορυφών του allotment της Αττικής**

Για τον σχεδιασμό του allotment της Αττικής έχει χρησιμοποιηθεί ως δίκτυο αναφοράς το RN2, ενώ τα χαρακτηριστικά του είναι αυτά του RPC2. Η συχνότητα λειτουργίας του allotment είναι στα 650 MHz. Τα στοιχεία του allotment της Αττικής δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Reference planning configuration	RPC 2
Type of network	Open
Geometry of service area	Hexagon
Number of transmitters	3
Geometry of transmitter lattice	Triangle
Inter-transmitter distance d(km)	25
Service area diameter D(km)	33
Tx antenna height(m)	150
Tx antenna pattern	non-directional
E.R.P (dBW)	36.0 + $\Delta=3$ dB

**Πίνακας 7.2 Γενικά χαρακτηριστικά του allotment της Αττικής**

Σκοπός της εργασίας είναι η αντικατάσταση της λειτουργίας και των υπηρεσιών κάλυψης που προσφέρει το σχεδιαζόμενο allotment της Αττικής, από ένα SFN δίκτυο τριών assignments. Επίσης θα πρέπει να γίνει ανίχνευση των επηρεαζόμενων σταθμών, υπηρεσιών μετάδοσης ή άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών, γειτονικών χωρών αλλά και της ίδια της Ελλάδας..

Για τα τρία προτεινόμενα assignments που θα προκύψουν από την μετατροπή του allotment της Αττικής, είναι επιθυμητό να χρησιμοποιηθούν οι πομποί της Πάρνηθας, του Υμηττού και της Αίγινας. Έτσι η γεωγραφική θέση των νέων assignments θα είναι η ίδια με αυτή των πομπών της αναλογικής τηλεόρασης. Επίσης κατά το σχεδιασμό των τριών νέων πομπών θα δοθεί έμφαση στη διατήρηση όσο το δυνατόν περισσότερων από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πομπών της αναλογικής τηλεόρασης που ήδη λειτουργούν. Και αυτό γιατί είναι σημαντικό η μετάβαση των δικτύων στην ψηφιακή εκπομπή να είναι όσο το δυνατόν ομαλότερη, είτε με απευθείας χρήση των κεραιών που ήδη υπάρχουν, είτε με προμήθεια νέου εξοπλισμού. Η διατήρηση των παραμέτρων λειτουργίας όπου είναι δυνατόν βέβαια, προφανώς επιτρέπει την εναλλαγή κάποιων πομπών απευθείας, και διευκολύνει την προμήθεια, εγκατάσταση και συντήρηση του νέου εξοπλισμού, καθώς θα είναι ήδη διαθέσιμος στην αγορά και η θα υπάρχει η απαραίτητη τεχνογνωσία. Η θέση των τριών προτεινόμενων assignments δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πομπός	Συντεταγμένες					
	Γεωγραφικό Πλάτος - Βόρεια (N)			Γεωγραφικό Μήκος - Ανατολικά (E)		
	Deg.	Min.	Sec.	Deg.	Min.	Sec.
Αίγινα	37	43	19	23	29	44
Πάρνηθα	38	10	17	23	43	48
Υμηττός	37	56	53	23	48	54

**Πίνακας 7.3 Γεωγραφικές συντεταγμένες των τριών προτεινόμενων assignments**

Οι αποστάσεις μεταξύ των πομπών είναι:

Ζευγάρι πομπών	Απόσταση (χλμ.)
Αίγινα – Πάρνηθα	53,99
Αίγινα – Υμηττός	37,35
Πάρνηθα – Υμηττός	26,30

**Πίνακας 7.4 Απόσταση μεταξύ των τριών προτεινόμενων assignments**

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η πλήρης κάλυψη εξασφαλίζεται με τη βοήθεια τοπικών αναμεταδοτών μικρής ισχύος σε περιοχές που αντιμετωπίζουν ιδιαίτερα προβλήματα λήψης. Η ανάγκη για τους επιπλέον αυτούς αναμεταδότες συχνά δεν οφείλεται σε κακό σχεδιασμό ραδιοκάλυψης, αλλά σε πρακτικά προβλήματα που γίνονται αντιληπτά σε συνθήκες καθημερινής λειτουργίας, και που λόγω της μορφολογίας του εδάφους ή της πυκνής δόμησης δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν διαφορετικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αρχή σχεδιασμού SFN προβλέπει τη λειτουργία τέτοιων αναμεταδοτών στην ίδια συχνότητα με τους κύριους πομπούς, κάτι που η διαμόρφωση OFDM του DVB-T διευκολύνει συσχετίζοντας και ενισχύοντας τα σήματα από διαφορετικές πηγές.



Αν υπολογιστεί η περιοχή κάλυψης για κάθε πομπό ξεχωριστά και στη συνέχεια ενωθούν οι, σε μεγάλο βαθμό επικαλυπτόμενες, περιοχές αυτές θα δοθεί μια ικανοποιητική προσέγγιση της συνολικής επίδοσης του δικτύου. Επιπλέον, λόγω της χαρακτηριστικής ιδιότητας του SFN τα όρια κάλυψης ενδέχεται να επεκτείνονται και πέρα από αυτά που θα υπολογισθούν, δίνοντας έτσι ακόμα μεγαλύτερο βαθμό αξιοπιστίας στο σύστημα.

## 5.2 Περιγραφή της μεθόδου μετατροπής

Όπως είπαμε, για τα νέα, προτεινόμενα assignments του SFN δικτύου που θα δημιουργηθεί και θα αντικαταστήσει το allotment της Αττικής, θα χρησιμοποιηθούν οι ήδη υπάρχοντες αναλογικοί πομποί της Πάρνηθας, του Υμηττού και της Αίγινας. Για να επιτευχθεί ο στόχος της κάλυψης του λεκανοπεδίου από ψηφιακό σήμα τηλεόρασης χρειάζεται σημαντικά χαμηλότερη ισχύς εκπομπής από ένα πομπό που εκπέμπει αναλογικό σήμα τηλεόρασης. Έτσι λοιπόν, ξεκινώντας από τις ισχύεις των πομπών που υπάρχουν για την μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης, θα προσπαθήσουμε να βρούμε την βέλτιστη λύση για την μετάδοση της DVB-T. Αφού πρώτα ανιχνεύσουμε τους σταθμούς αναλογικής TV και DVB-T, σε γειτονικές χώρες, που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα για την διαδικασία της μετατροπής του allotment εφαρμόζουμε τα παρακάτω βήματα:

### 1. Επιλογή “trigger field strength value” τιμής

Στην διαδικασία που ακολουθεί, δεχόμαστε ότι το μόνο που πρέπει να ελέγχουμε και να προστατεύσουμε είναι σταθμοί DVB-T και οι σταθμοί αναλογικής τηλεόρασης σε άλλες χώρες. Δεν θα ασχοληθούμε καθόλου με σταθμούς άλλων βασικών επίγειων υπηρεσιών και T-DAB είτε στην Ελλάδα είτε σε γειτονικές χώρες. Έτσι από τον πίνακα 4.1 η “trigger field strength value” είναι **23 dB(μV/m)**.

### 2. Εύρεση σημείου αναφοράς

Το σημείο αναφοράς στην περίπτωση που στο σενάριο συντονισμού υπάρχει ένα allotment είναι το κέντρο βάρους του πολυγώνου που ορίζει το allotment. Το κέντρο βάρους του allotment της Αττικής έχει τις παρακάτω συντεταγμένες:

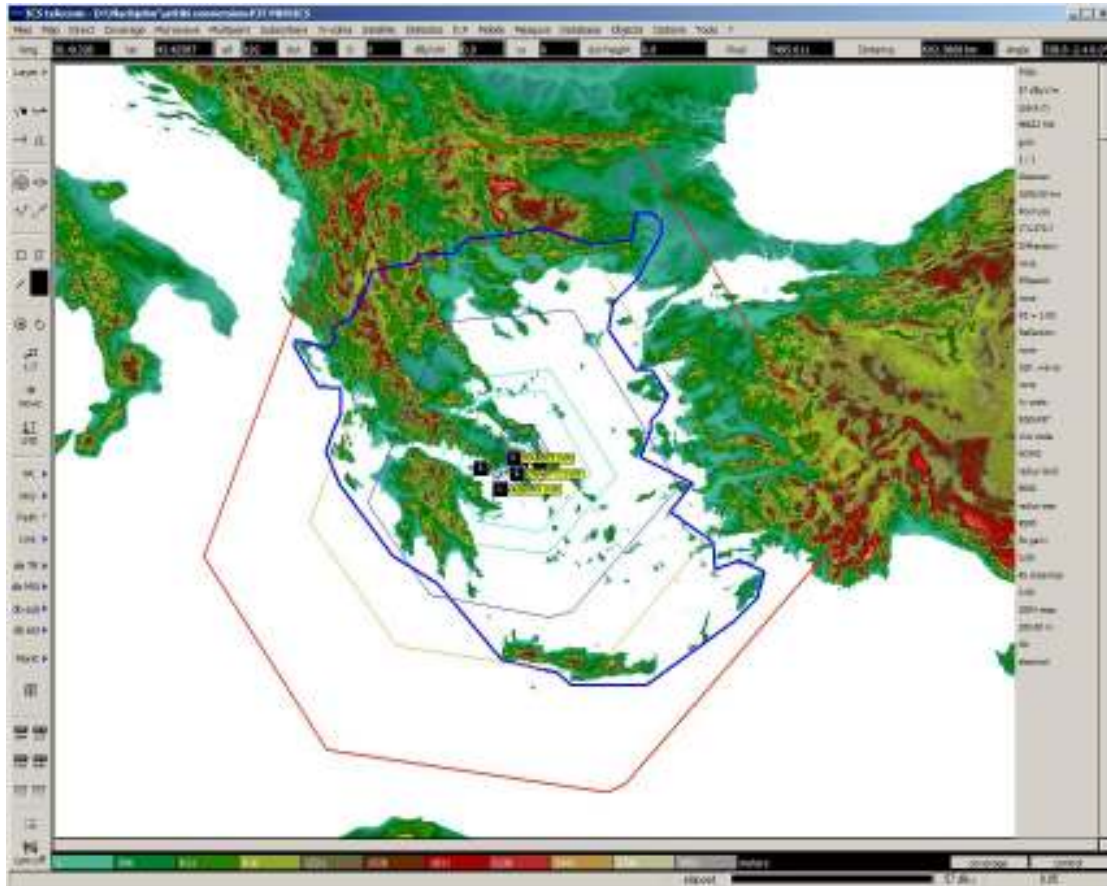
Γεωγραφικό Πλάτος - Βόρεια (N)			Γεωγραφικό Μήκος - Ανατολικά (E)		
Deg.	Min.	Sec.	Deg.	Min.	Sec.
38	08	21	23	52	06

**Πίνακας 7.5 Γεωγραφικές συντεταγμένες του κέντρου βάρους του allotment της Αττικής**

### 3. Κατασκευή γεωμετρικών περιγραμμάτων (geometrical contours)

Κατασκευάζουμε τα “geometrical contours” για τις αποστάσεις 500, 300, 200, 100, και 60 χλμ. από το allotment.

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται με το μπλε χρώμα τα σύνορα της Ελλάδας, και με τις άλλες χρωματιστές γραμμές τα “geometrical contours”.



Εικόνα 7.3 Σύνορα Ελλάδας και "geometrical contours"

### 4. Υπολογισμός επιθυμητού πεδίου

Όπως είπαμε, κρατώντας τα χαρακτηριστικά των ήδη υπάρχοντων πομπών της αναλογικής τηλεόρασης στην Πάρνηθα, τον Υμηττό και την Αίγινα, σταθερά και με τις ισχύεις των σταθμών, για την αναλογική τηλεόραση, υπολογίζουμε το πεδίο που δημιουργεί ο κάθε σταθμός στην μετάδοση DVB-T σήματος, με εύρος ζώνης 8 MHz και παραμέτρους συστήματος 16 QAM 3/4. Στην συνέχεια με την “power sum method” υπολογίζεται το ολικό πεδίο που δημιουργούν και οι τρεις πομποί. Η συχνότητα των assignments είναι, όπως και στην περίπτωση του allotment της Αττικής, τα 650 MHz. Οι αρχικές ονομαστικές ισχύεις (nominal power) και E.R.P για τους σταθμούς της Πάρνηθας, του Υμηττού και της Αίγινας είναι:

Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	39	51
Πάρνηθα	45	57
Υμηττός	45	57

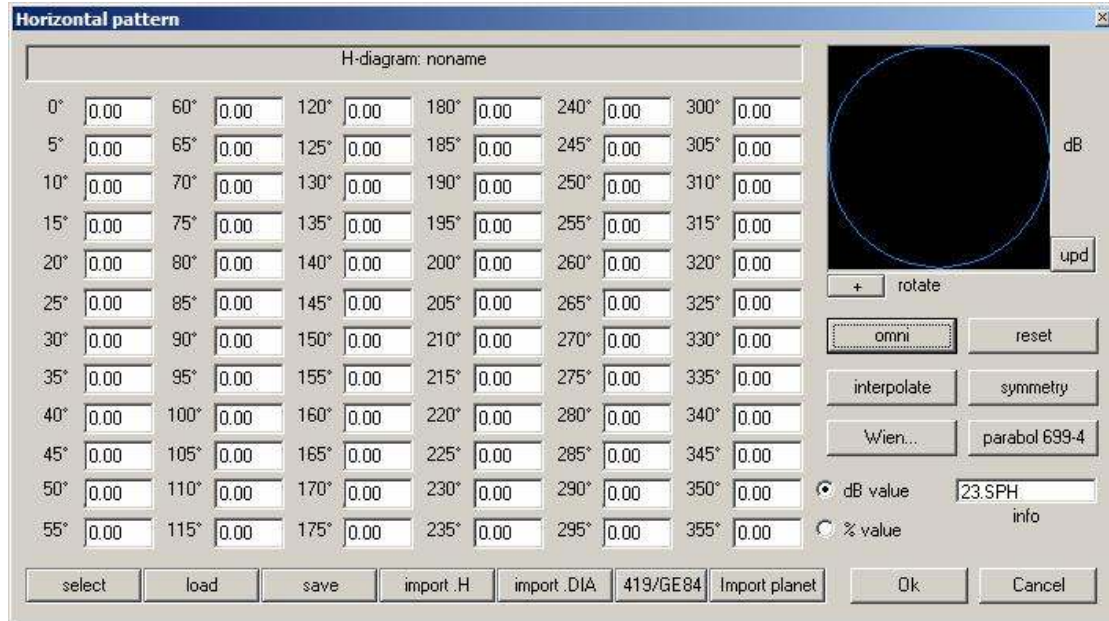
**Πίνακας 7.6 Αρχικές ισχύεις των τριών προτεινόμενων assignments**

Κάποια από τα υπόλοιπα κοινά χαρακτηριστικά των τριών πομπών και των υποτιθέμενων δεκτών, που έχουν χρησιμοποιηθεί για τις μετρήσεις είναι:

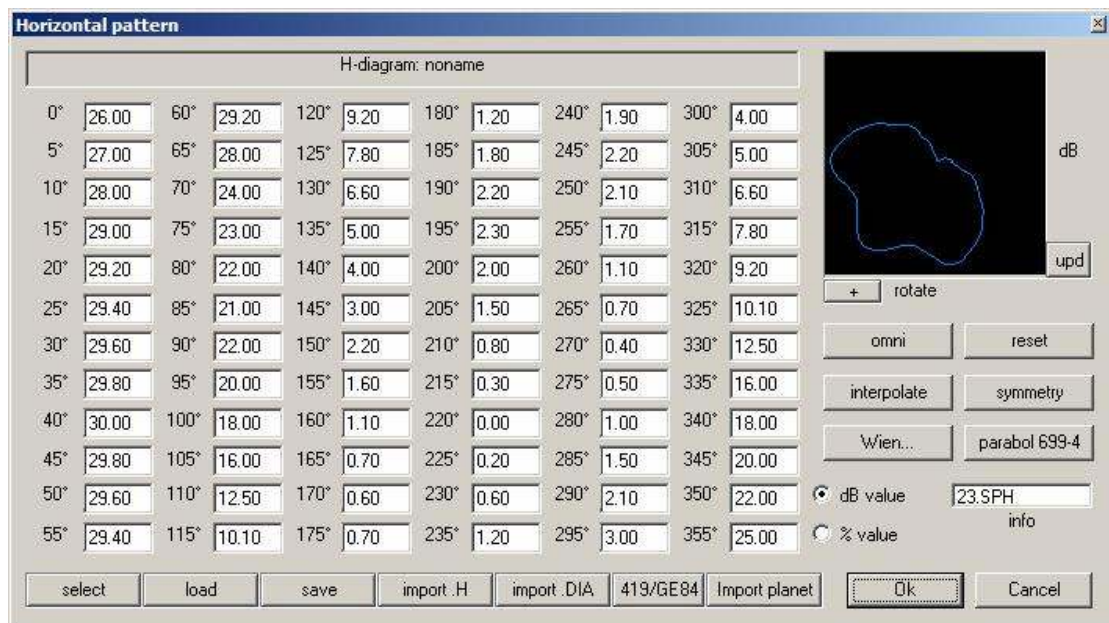
- Κέρδος κεραίας πομπού : 12 dB
- Κέρδος κεραίας δέκτη : 12 dB
- Απώλειες κεραίας πομπού και δέκτη και επιπρόσθετες απώλειες : 0 dB
- Συχνότητα : 650 MHz (Band V)
- Ύψος κεραίας πομπού: 30 μέτρα
- Εύρος ζώνης : 8 MHz
- Τρόπος εκπομπής και λήψης : σταθερής συχνότητας
- Πόλωση κεραίας πομπού και δέκτη : οριζόντια (horizontal – H)
- Αζιμούθιο (0 – 359°) : 0
- Γωνία κύριου λοβού - tilt (-90° – 90°) : -2°

Για την μέτρηση του πεδίου του πομπού θεωρούμε το ύψος της κεραίας του πιθανού δέκτη, για RPC2 δηλαδή σε περίπτωση φορητής λήψης, 1,5 μέτρο από το επίπεδο του εδάφους. Για την αναλογική μετάδοση το ύψος αυτό είναι σταθερά 10 μέτρα από το επίπεδο του εδάφους. Οι μετρήσεις γίνονται σε μια ακτίνα 1000 χλμ.

Όσον αφορά τα διαγράμματα ακτινοβολίας των κεραιών, οι προσομοιώσεις θα πραγματοποιηθούν αρχικά για ομοιοκατευθυντικές κεραίες (omni), ενώ στην συνέχεια θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις και για κατευθυντικές κεραίες. Οι διαφορές των διαγραμμάτων ακτινοβολίας είναι αφενός στο κόστος κατασκευής της κεραίας και αφετέρου στην αποδοτικότητα της κάλυψης την οποία θέλουμε να επιτύχουμε. Έτσι ενώ οι ομοιοκατευθυντικές κεραίες είναι γενικά φθηνότερες σαν λύση, οι κατευθυντικές κεραίες, που έχουν επιλεγεί για κάθε σταθμό, «φωτίζουν» αποτελεσματικότερα τις περιοχές που θέλουμε να καλύψουμε, με αποτέλεσμα με μεγαλύτερη ισχύ να δημιουργείται μικρότερη παρεμβολή. Έχουμε δηλαδή, ισχυρότερο σήμα στην περιοχή που θέλουμε αλλά ταυτόχρονα και λιγότερη δημιουργούμενη παρεμβολή. Τα επιλεγόμενα διαγράμματα ακτινοβολίας των κεραιών φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.

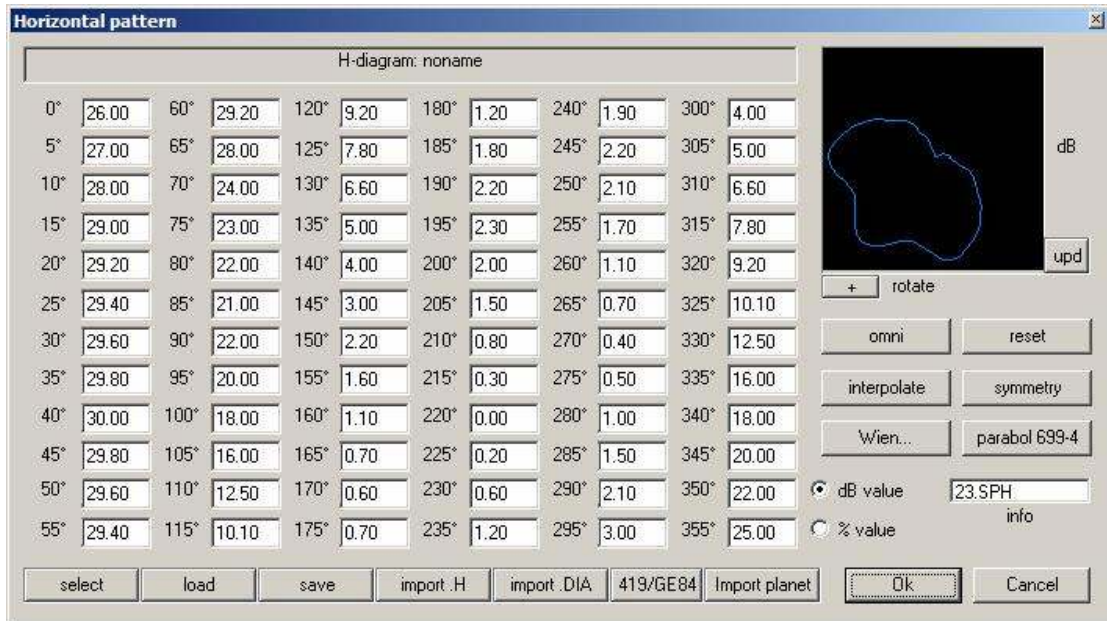


Εικόνα 7.4 Διάγραμμα ακτινοβολίας ομοκατευθυντικής κεραίας

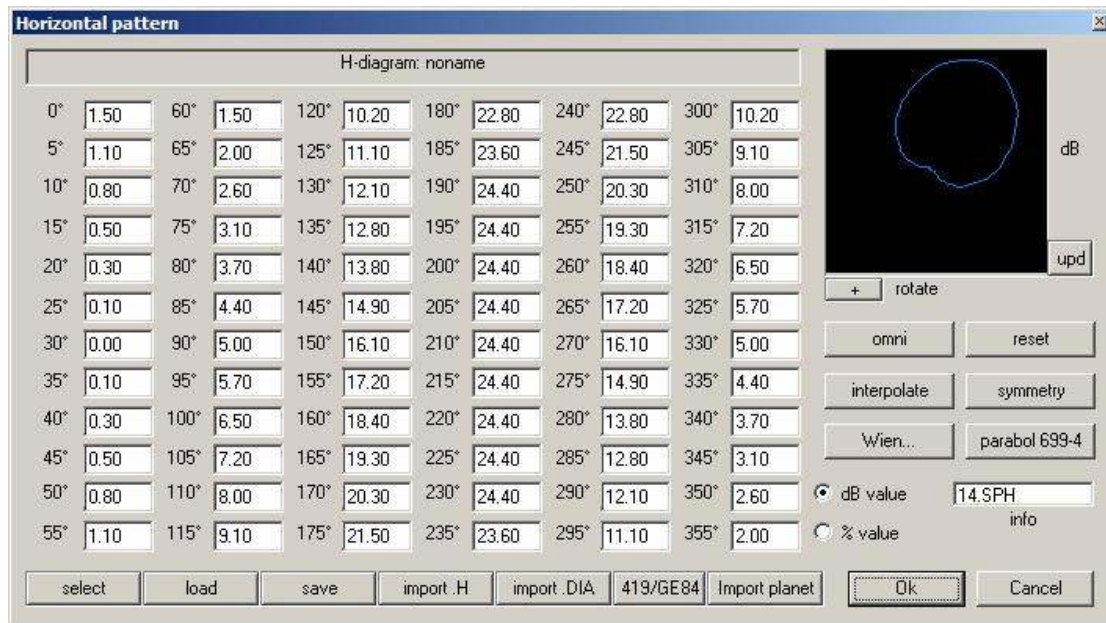


Εικόνα 7.5 Διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυντικής κεραίας Υμηττού





Εικόνα 7.6 Διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυντικής κεραίας Πάρνηθας



Εικόνα 7.7 Διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυντικής κεραίας Αίγινας

Για την μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης το ελάχιστο απαιτούμενο πεδίο για να έχουμε ανεκτής ποιότητας σήμα είναι σύμφωνα με το Rec. ITU-R BT. 417 :

Band III	55 dB $\mu$ V/m
Band IV	65 dB $\mu$ V/m
<b>Band V</b>	<b>70 dB<math>\mu</math>V/m</b>

**Πίνακας 7.7 Τιμές ελάχιστου μέσου απαιτούμενου πεδίου για την αναλογική τηλεόραση**

Για την μετάδοση DVB-T το ελάχιστο απαιτούμενο πεδίο, σύμφωνα με τα RPC που έχουμε επιλέξει είναι:

	RPC2
Band III	67 dB $\mu$ V/m
<b>Band IV/V</b>	<b>78 dB<math>\mu</math>V/m</b>

**Πίνακας 7.8 Τιμές ελάχιστου μέσου απαιτούμενου πεδίου για την ψηφιακή τηλεόραση**

Τέλος το συνολικό πεδίο υπολογίζεται με την “power sum method” και από τους τρεις πομπούς,

## 5. Κατασκευή των “cut-off field strength contours”

Το “cut-off field strength contour” κατασκευάζεται σύμφωνα με τις οδηγίες προηγούμενου κεφαλαίου και έχει όρια εκεί που το συνολικό πεδίο των τριών πομπών είναι ίσο με έχει 23 dB( $\mu$ V/m) που είναι η “trigger field strength value” τιμή για την προστασία της αναλογικής τηλεόρασης και DVB-T για τις οποίες όπως είπαμε θα περιορίσουμε την εφαρμογή της μεθόδου.

## 6. Προσδιορισμός των “calculation points”

Τα “calculation points” είναι τα σημεία των “geometrical contours” που είναι εκτός των συνόρων της Ελλάδας και ταυτόχρονα εντός του “cut-off field strength contour” σε κάθε περίπτωση.

### 5.3 Εφαρμογή της μεθόδου μετατροπής

Στις εικόνες που δίνονται στην συνέχεια για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής της μεθόδου μετατροπής υπάρχουν κάποιες γραμμές. Αυτές είναι:

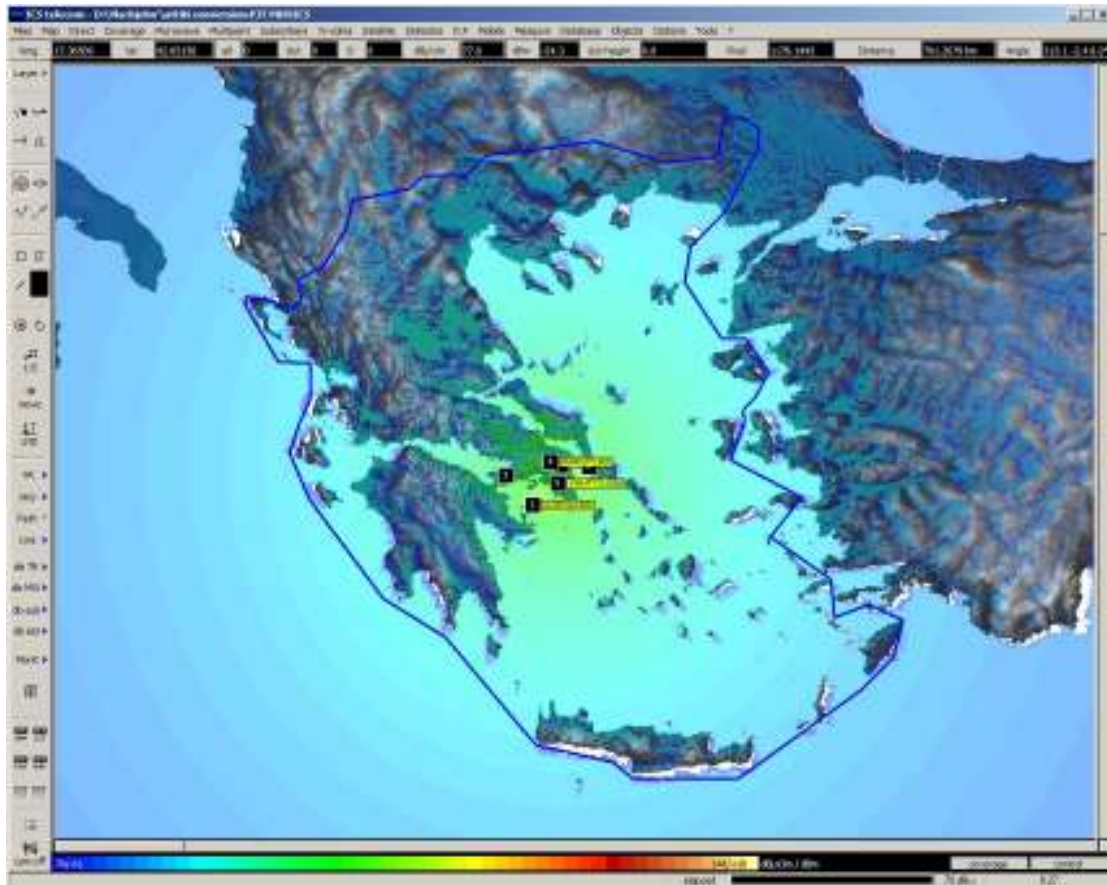
- Η μπλε γραμμή δείχνει τα σύνορα της Ελλάδας
- Η κίτρινη γραμμή είναι το “cut-off field strength contour”
- Οι κόκκινες γραμμές είναι τα “calculation points”
- Η πολύχρωμη μπάρα στο κάτω μέρος της εικόνας, δείχνει το επίπεδο της τιμής του συνολικού (με την “power sum method”) επιθυμητού πεδίου σε dB( $\mu$ V/m) σε αύξουσα σειρά από το μπλε για την τιμή κατωφλίου μέχρι το πορτοκαλί.

### 5.3.1 Υπολογισμός πεδίου αναλογικής μετάδοσης

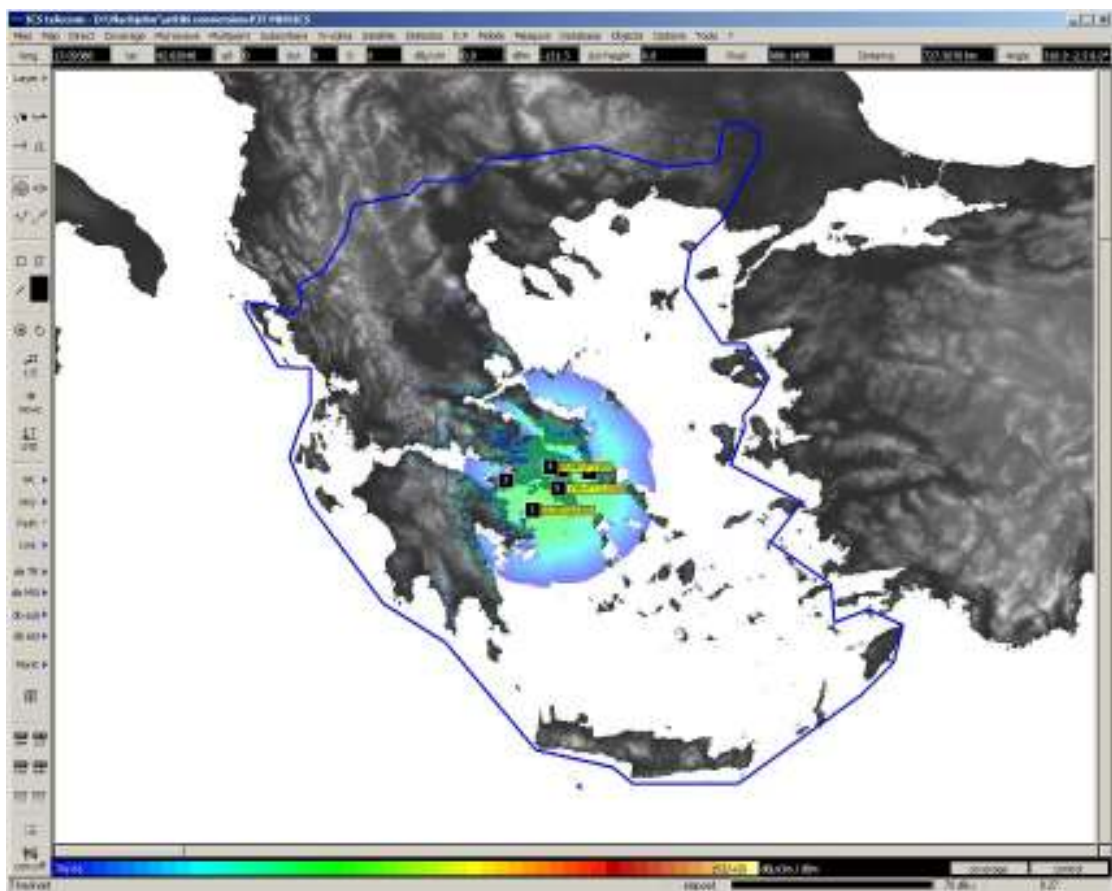
Το πεδίο που προκύπτει για την αναλογική μετάδοση σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 370-7\*, για location probability 50% και time probability 50 % χρόνου, και τιμή ελάχιστου μέσου απαιτούμενου πεδίου **70 dB $\mu$ V/m**, δεν μπορεί να μας οδηγήσει σε οποιοδήποτε αποτέλεσμα λόγω της τεράστιας προσεγγιστικότητας του μοντέλου που χρησιμοποιεί η ITU. Αυτό φαίνεται και στην εικόνα 5.8. Για τον λόγο αυτό καταφεύγουμε στην εφαρμογή του μοντέλου διάδοσης Fresnel, για τον υπολογισμό του πεδίου κατά την μετάδοση του αναλογικού σήματος, με ελάχιστη απόκλιση του τελικού αποτελέσματος. Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται στην εικόνα 5.9.

Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	39	51
Πάρνηθα	45	57
Υμηττός	45	57

Πίνακας 7.9 Ισχύεις αναλογικής μετάδοσης των τριών προτεινόμενων assignments



Εικόνα 7.8 Πεδίο για μετάδοση σήματος αναλογικής τηλεόρασης, με τιμή κατοφλίου 70 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 370-7\*



**Εικόνα 7.9 Πεδίο για μετάδοση σήματος αναλογικής τηλεόρασης, με τιμή κατωφλίου 70 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel**

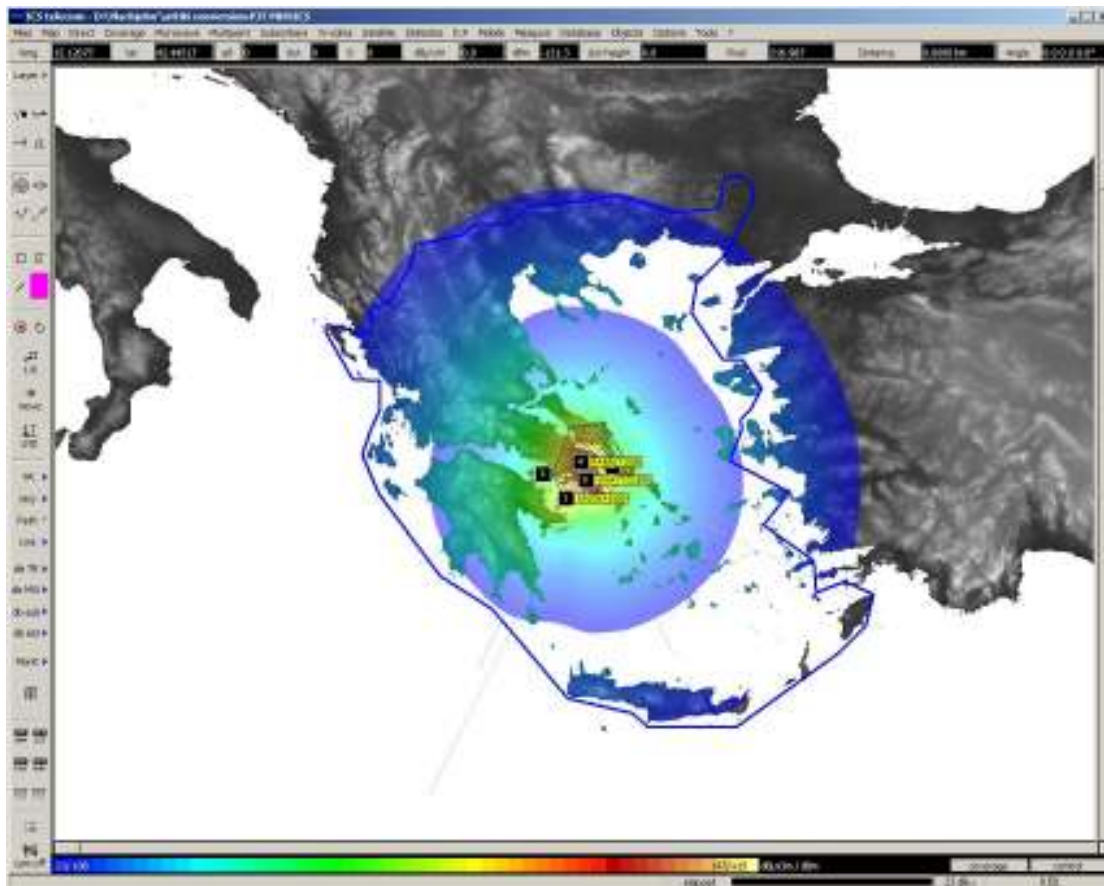


### 5.3.2 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου με τα χαρακτηριστικά των πομπών της αναλογικής μετάδοσης

Το πεδίο που προκύπτει για την μετάδοση DVB-T σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 1546-2\*, για location probability 50% και time probability 10 % χρόνου, τιμή ελάχιστου μέσου απαιτούμενου πεδίου **23 dB(μV/m)** και ισχύεις πομπών αυτές της αναλογικής μετάδοσης

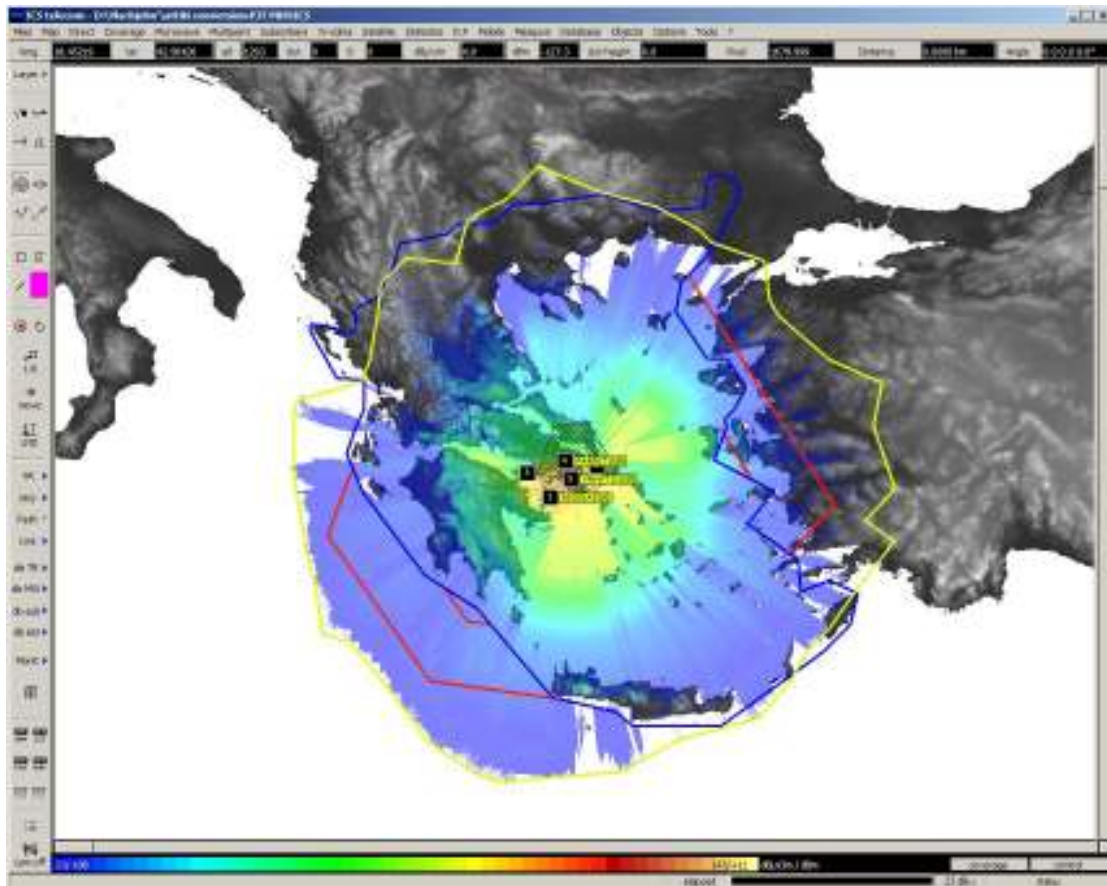
Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	39	51
Πάρνηθα	45	57
Υμηττός	45	57

**Πίνακας 7.9** Ισχύεις αναλογικής μετάδοσης των τριών προτεινόμενων assignmetnts



**Εικόνα 7.10** Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης ITU – RP. 1546-2, για ομοιοκατευθυντικές κεραίες και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης

Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.10 δεν μπορεί να μας οδηγήσει σε οποιοδήποτε αποτέλεσμα λόγω της τεράστιας προσεγγιστικότητας του μοντέλου που χρησιμοποιεί η ITU και η οποία θα μας οδηγήσει σε προβλήματα με πολλές γειτονικές χώρες, Για τον λόγο αυτό καταφεύγουμε στην εφαρμογή του μοντέλου διάδοσης Fresnel, για τον υπολογισμό του πεδίου κατά την μετάδοση του DVB-T, με ελάχιστη απόκλιση του τελικού αποτελέσματος.



**Εικόνα 7.11 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, για ομοιοκατευθυντικές κεραιές και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης**

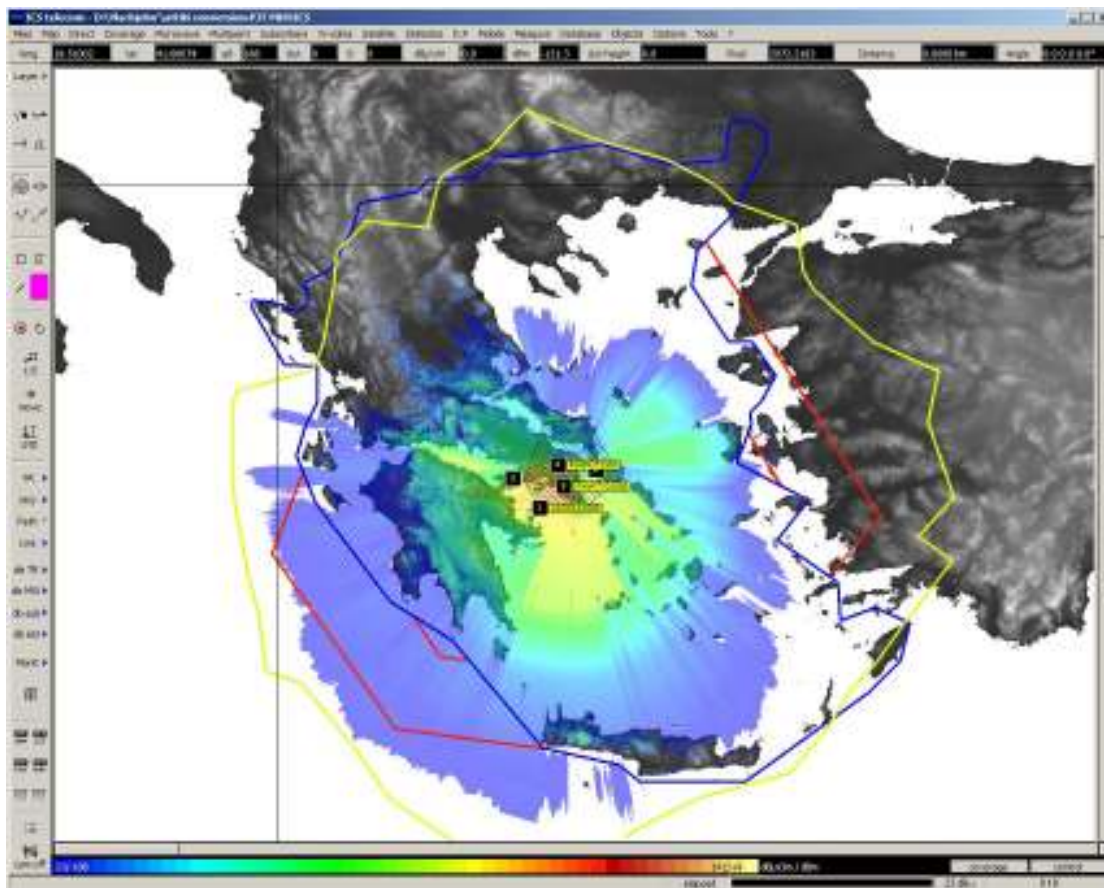
- Συμπέρασμα: Τα χαρακτηριστικά των πομπών της αναλογικής μετάδοσης δεν είναι κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν για την μετάδοση DVB-T αφού όπως βλέπουμε στην εικόνα 5.11 τα “calculation points” είναι μέσα στο “cut-off field strength contour”. Άρα η παρεμβολή που δημιουργείται σε σταθμούς DVB-T και αναλογικής τηλεόρασης είναι μεγαλύτερη από αυτήν που θεωρείται αποδεκτή. Επομένως θα πρέπει να αλλάξουμε αυτά τα χαρακτηριστικά, δηλαδή είτε την κατευθυντικότητα των κεραιών , είτε τις ισχύεις για να βγούνε τα “calculation points” εκτός του “cut-off field strength contour”.

### 5.3.3 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για κατευθυντικές κεραιές και ισχύεις ίδιες με της αναλογικής μετάδοσης

Όπως είπαμε το πεδίο υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel για κατευθυντικές κεραιές με διαγράμματα αυτά των εικόνων 5.4 – 5.7 για κάθε σταθμό και για ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης.

Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	39	51
Πάρνηθα	45	57
Υμηττός	45	57

Πίνακας 7.9 Ισχύεις αναλογικής μετάδοσης των τριών προτεινόμενων assignments



Εικόνα 7.12 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραιές και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης

- **Συμπέρασμα:** Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε ότι σε ορισμένα “calculation points” η τιμή του συνολικού πεδίου είναι μικρότερη των 23 dB(μV/m) που σημαίνει ότι η παρεμβολή που δημιουργείται στα σημεία αυτά είναι αποδεκτή. Παρατηρούμε όμως ότι σε ορισμένα “calculation points” που βρίσκονται σε διεθνή χωρικά ύδατα η τιμή του πεδίου είναι μεγαλύτερη των 23 dB(μV/m). Επειδή αυτές πρόκειται για μη κατοικήσιμες περιοχές μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η παρεμβολή που δημιουργείτε είναι αποδεκτή.



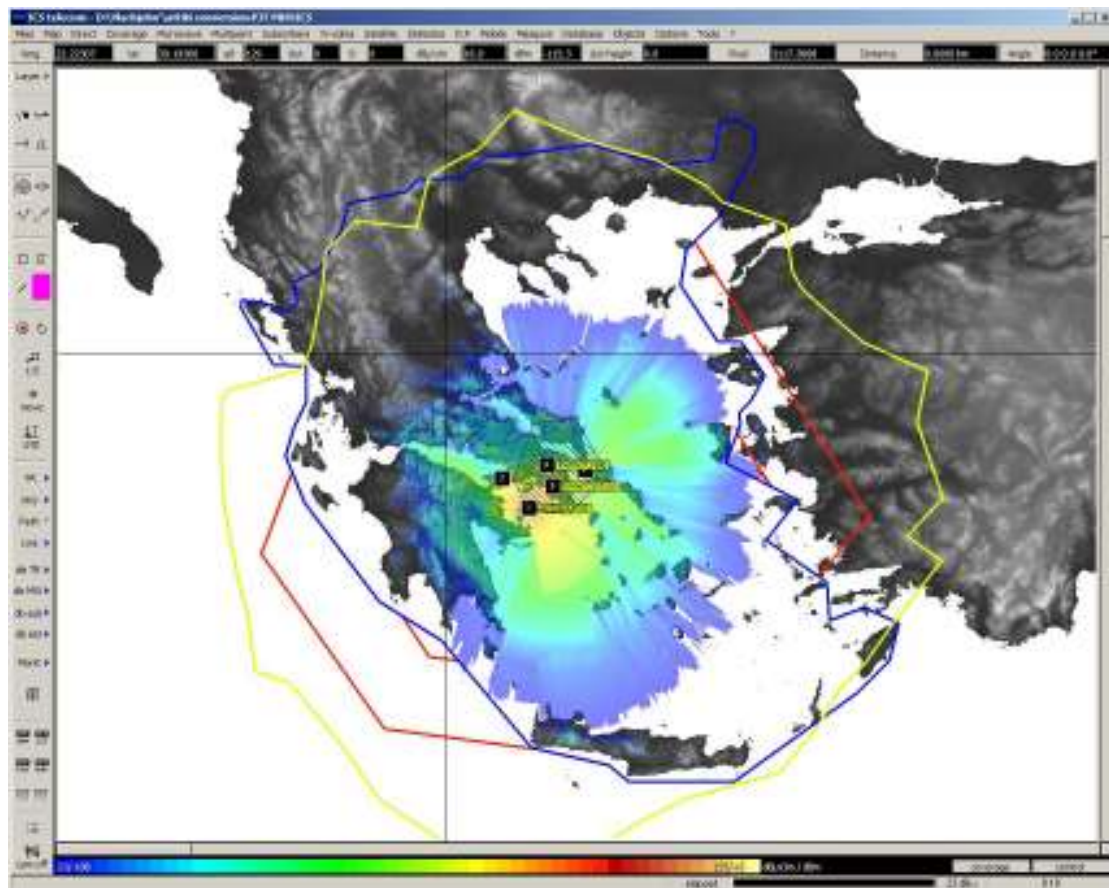
5.3.4 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για ομοιοκατευθυντικές κεραιές και μειωμένες ισχύεις σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης

1<sup>η</sup> περίπτωση:

Όπως είπαμε το πεδίο υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel για ομοιοκατευθυντικές κεραιές και οι ισχύεις μειώνονται.

Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	37	49
Πάρνηθα	27	39
Υμηττός	27	39

**Πίνακας 7.10 1<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων των τριών προτεινόμενων assignmetnts σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**



**Εικόνα 7.13 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραιές και για την 1<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**

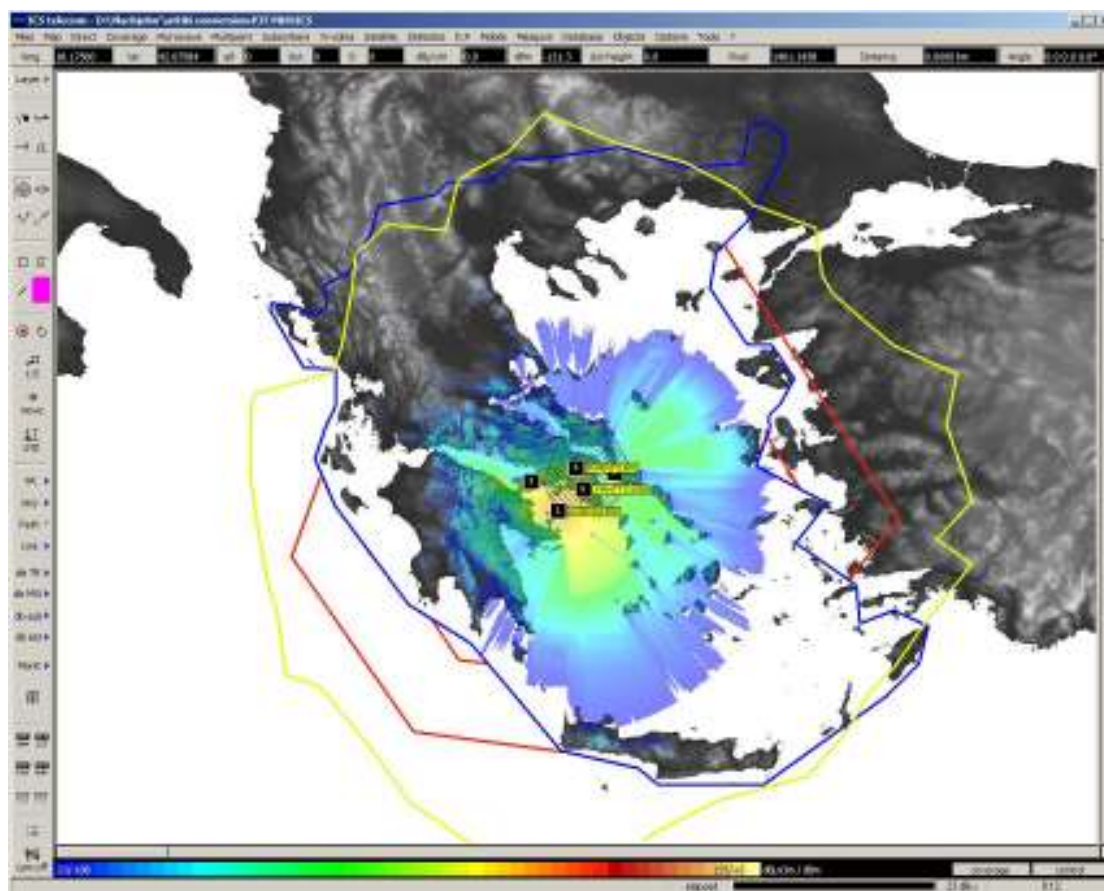
- Συμπέρασμα: Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε ότι σε όλα τα “calculation points”, εκτός από ένα πολύ μικρό κομμάτι που όμως ανήκει σε διεθνή χωρικά ύδατα, η τιμή του συνολικού πεδίου είναι μικρότερη των 23 dB(μV/m) που σημαίνει ότι η παρεμβολή που δημιουργείται στα σημεία αυτά είναι αποδεκτή.

## 2<sup>η</sup> περίπτωση:

Όπως είπαμε το πεδίο υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel για ομοιοκατευθυντικές κεραιές και οι ισχύεις μειώνονται ακόμα περισσότερο.

Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	37	49
Πάρνηθα	20	32
Υμηττός	20	32

Πίνακας 7.11 2<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων των τριών προτεινόμενων assignmetnts σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης



Εικόνα 7.14 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραιές και για την 2<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης

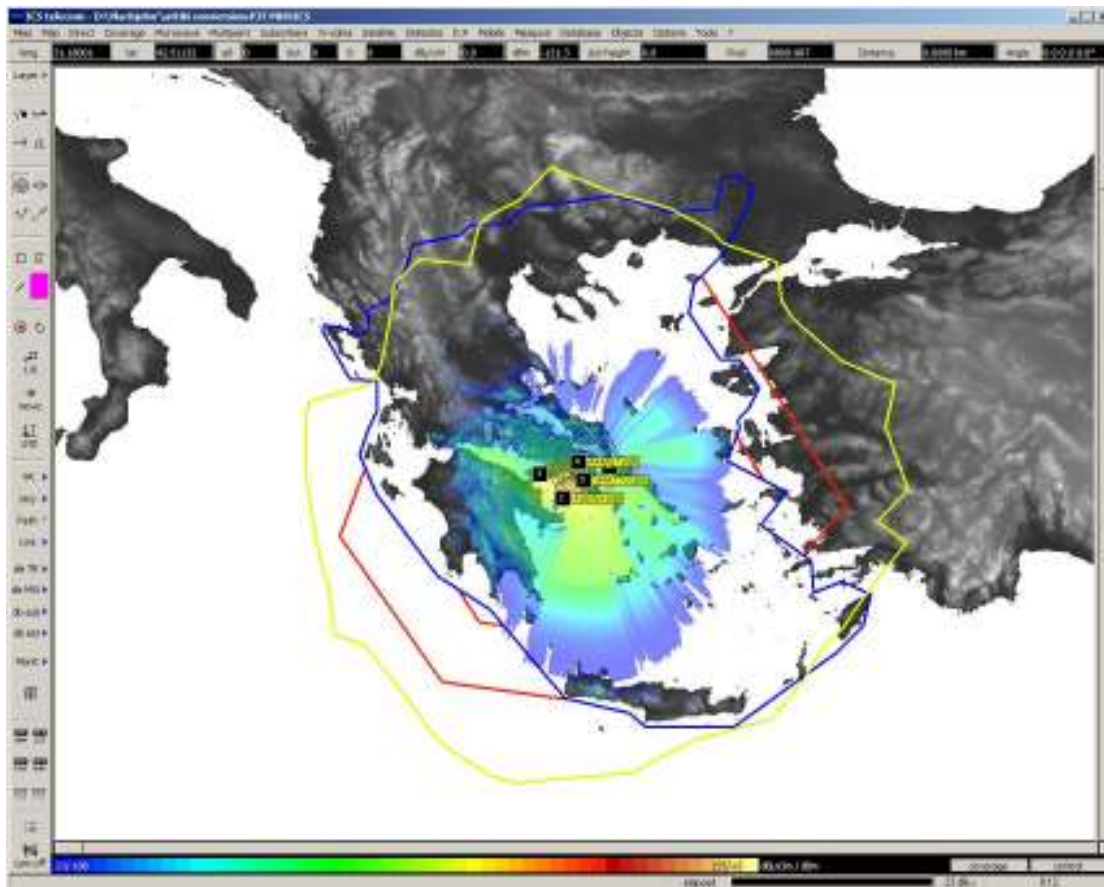
- Συμπέρασμα: Στην περίπτωση αυτή βλέπουμε ότι σε όλα τα “calculation points” η τιμή του συνολικού πεδίου είναι μικρότερη των 23 dB( $\mu$ V/m) που σημαίνει ότι η παρεμβολή που δημιουργείται στα σημεία αυτά είναι αποδεκτή.

5.3.5 Υπολογισμός πεδίου νέου SFN DVB-T δικτύου για κατευθυντικές κεραιές και μειωμένες ισχύεις σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης

Όπως είπαμε το πεδίο υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel για κατευθυντικές κεραιές με διαγράμματα αυτά των εικόνων 5.4 – 5.7 για κάθε σταθμό και για ισχύεις μειωμένες σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης

Πομπός	Nominal Power (dBW)	E.R.P (dBW)
Αίγινα	39	51
Πάρνηθα	35	47
Υμηττός	35	47

**Πίνακας 7.12 3<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων των τριών προτεινόμενων assignmetnts σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**



**Εικόνα 7.15 Πεδίο για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 23 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραιές και για την 3<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**

- Συμπέρασμα: Και στην περίπτωση αυτή βλέπουμε ότι σε όλα τα “calculation points” η τιμή του συνολικού πεδίου είναι μικρότερη των 23 dB(μV/m) που σημαίνει ότι η παρεμβολή που δημιουργείται στα σημεία αυτά είναι αποδεκτή

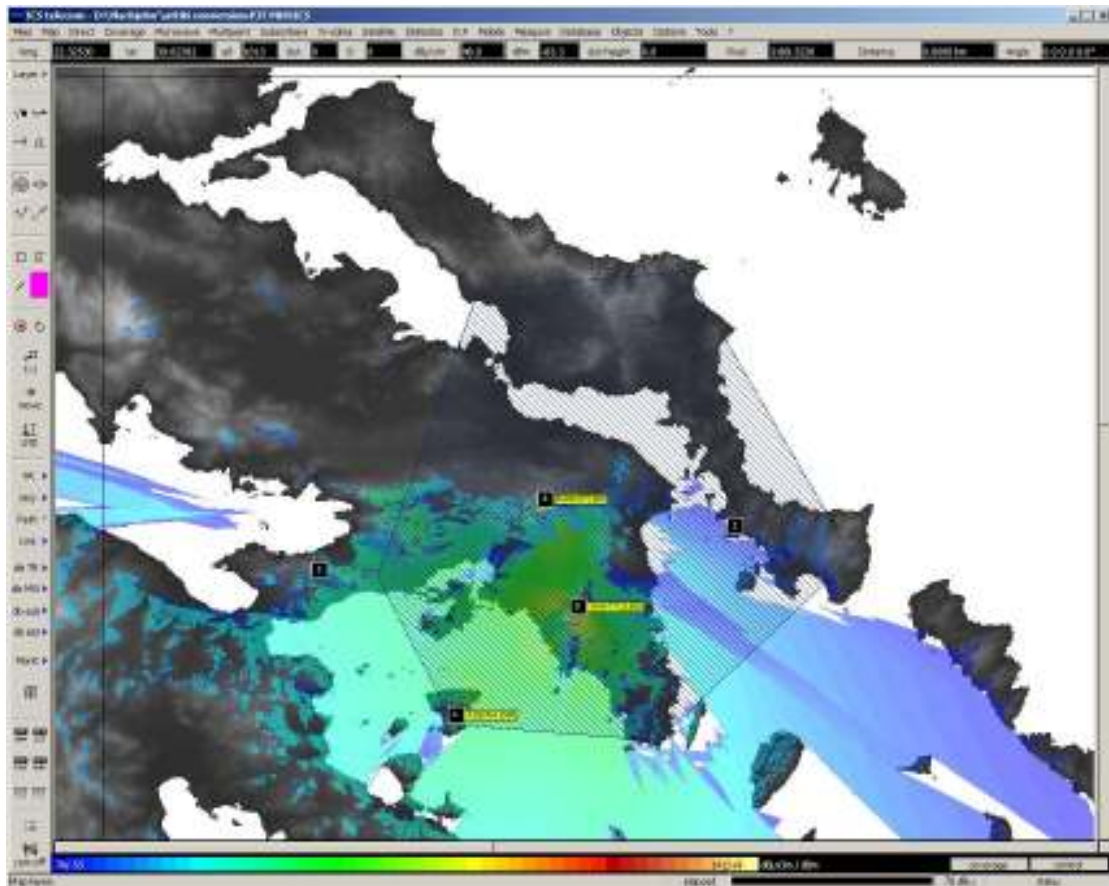


## 5.4 Αποτελέσματα – Παρατηρήσεις

Όπως είπαμε σκοπός της όλης διαδικασίας των δοκιμών ήταν να μειωθεί η τιμή του συνολικού πεδίου (“power sum method”) των τριών προτεινόμενων assignments του νέου SFN DVB-T δικτύου στα “calculation points” κάτω από τα 23 dB( $\mu$ V/m) που είναι η “trigger field strength value” τιμή. Σε ορισμένες από τις περιπτώσεις που είδαμε έχουμε θεωρήσει ότι τα “calculation points” που βρίσκονται σε διεθνή χωρικά ύδατα δεν χρειάζεται να προστατευθούν. Στην συνέχεια για όλες τις πιθανές περιπτώσεις υλοποίησης του νέου SFN DVB-T δικτύου δίνεται η κάλυψη που πετυχαίνουμε στον χώρο του allotment της Αττικής που θέλουμε να αντικαταστήσουμε με τιμή κατωφλίου τα 78 dB( $\mu$ V/m) που ισχύει στο RPC2.

1. Υλοποίηση του νέου SFN DVB-T δικτύου με την χρήση κατευθυντικών κεραιών και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης.

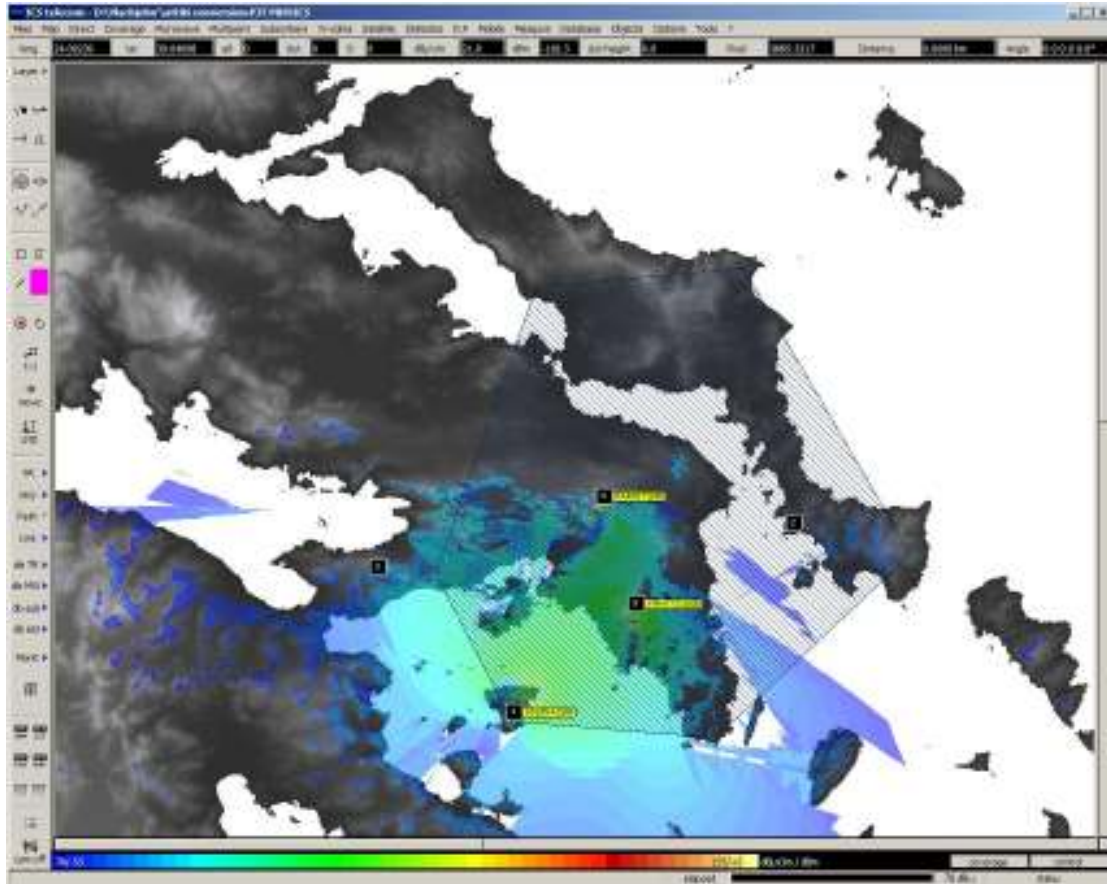
Η κάλυψη που έχουμε στην περιοχή του allotment της Αττικής είναι:



**Εικόνα 7.16 Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB( $\mu$ V/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραιές και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης**

2. Υλοποίηση του νέου SFN DVB-T δικτύου με την χρήση κατευθυντικών κεραιών και ισχύεις της 3<sup>ης</sup> περίπτωσης μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.

Η κάλυψη που έχουμε στην περιοχή του allotment της Αττικής είναι:

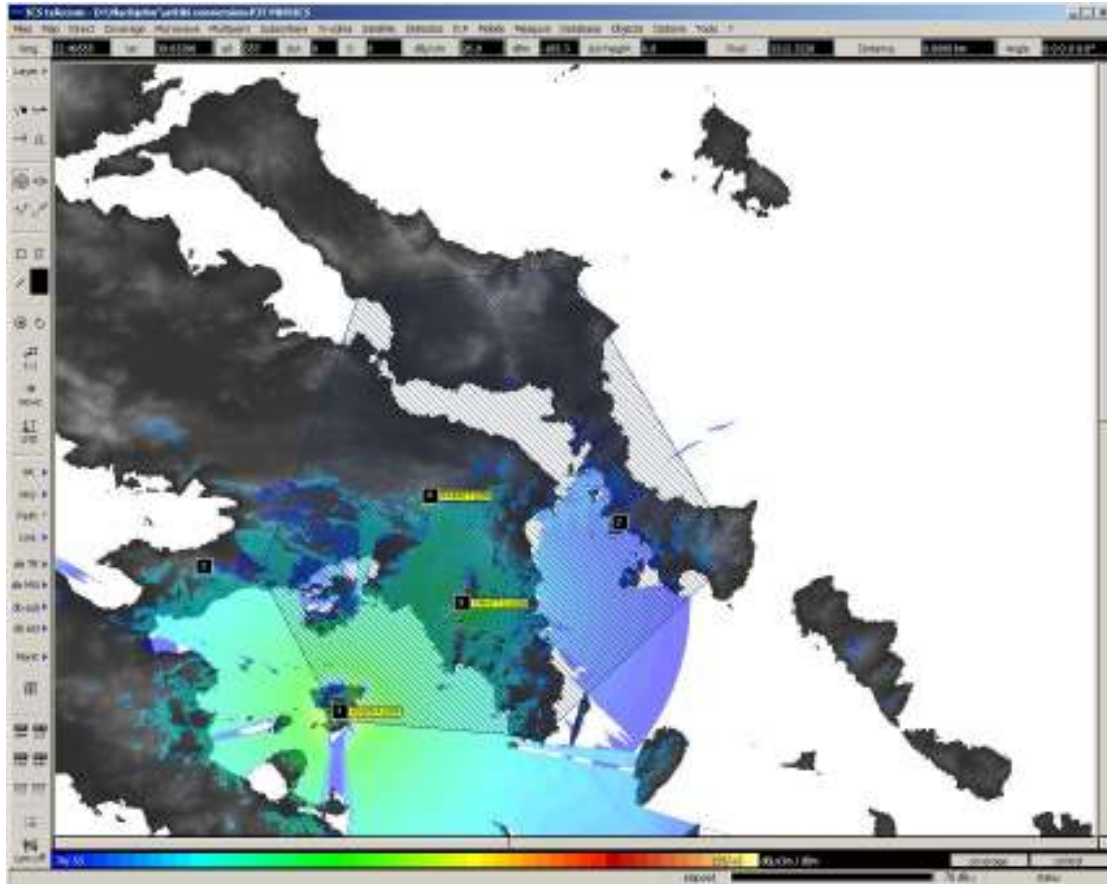


**Εικόνα 7.17 Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με κατευθυντικές κεραιές και για την 3<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**



3. Υλοποίηση του νέου SFN DVB-T δικτύου με την χρήση ομοιοκατευθυντικών κεραιών και ισχύεις της 1<sup>ης</sup> περίπτωσης μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.

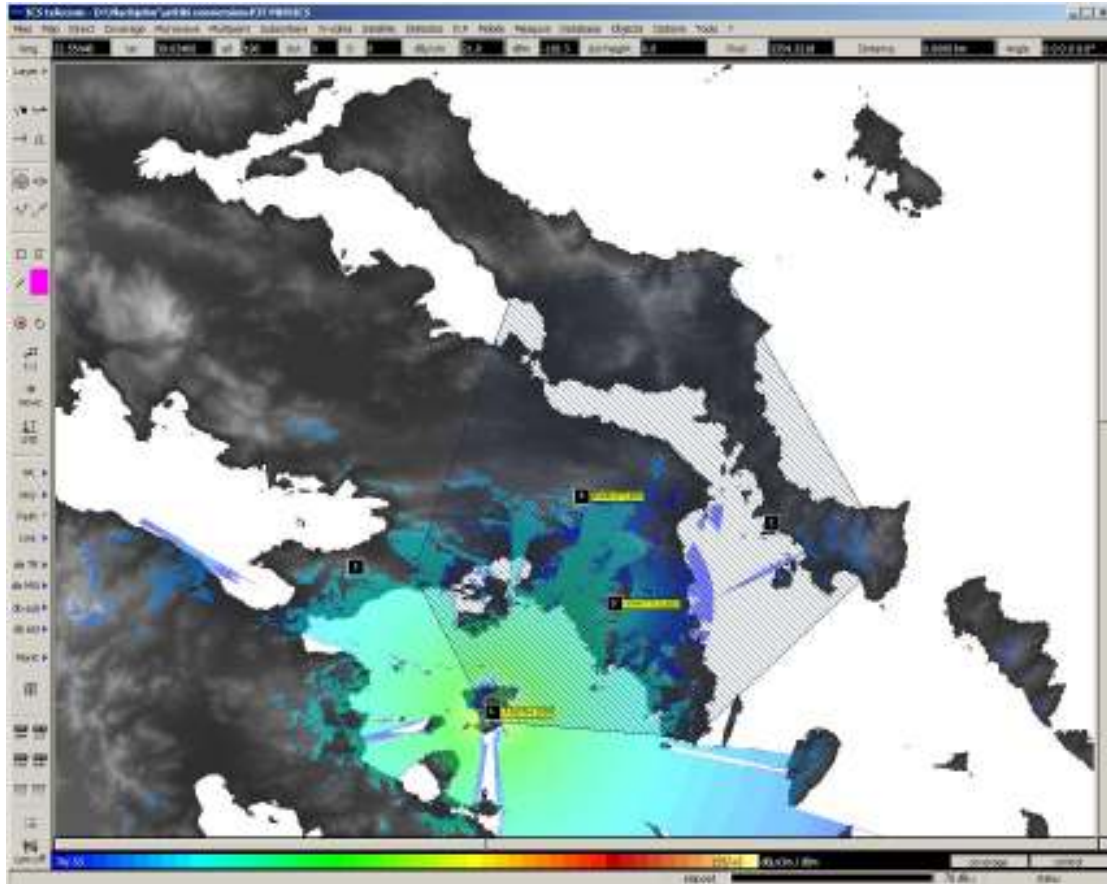
Η κάλυψη που έχουμε στην περιοχή του allotment της Αττικής είναι:



**Εικόνα 7.18 Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραιές και για την 1<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**

4. Υλοποίηση του νέου SFN DVB-T δικτύου με την χρήση ομοιοκατευθυντικών κεραιών και ισχύεις της 2<sup>ης</sup> περίπτωσης μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης.

Η κάλυψη που έχουμε στην περιοχή του allotment της Αττικής είναι:



**Εικόνα 7.19 Κάλυψη στην περιοχή του allotment της Αττικής για μετάδοση σήματος DVB-T, με τιμή κατωφλίου 78 dB(μV/m) σύμφωνα με το μοντέλο διάδοσης Fresnel, με ομοιοκατευθυντικές κεραιές και για την 2<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης**

- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βλέπουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις δεν καταφέρνουμε να καλύψουμε πλήρως την περιοχή του allotment της Αττικής. Η βέλτιστη υλοποίηση για το νέο SFN DVB-T δίκτυο με assignments, στην οποία πετυχαίνουμε την μεγαλύτερη κάλυψη και με το πιο δυνατό σήμα είναι η υλοποίηση με την χρήση κατευθυντικών κεραιών και ισχύεις ίδιες με αυτές της αναλογικής μετάδοσης. Στην περίπτωση αυτή η κάλυψη που πετυχαίνουμε είναι καλύτερη σε σχέση και με την αρχική κάλυψη του allotment. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις η κάλυψη στην περιοχή του allotment είναι στα ίδια επίπεδα με αυτήν πριν την μετατροπή.

## 5.5 Σύγκριση παρεμβολής νέου SFN δικτύου και παρεμβολής allotment

Ύστερα από λεπτομερείς μετρήσεις που έγιναν στα “calculation points”, η τιμή του πεδίου του νέου SFN δικτύου που έχει προκύψει στις προηγούμενες περιπτώσεις κυμαίνεται από 0-22 dBμV/m. Εκτός από την περίπτωση που ορισμένα “calculation points” βρίσκονται σε διεθνή χωρικά ύδατα και θεωρούμε ότι η επιπλέον παρεμβολή είναι αποδεκτή. Το ίδιο ισχύει και για το πεδίο παρεμβολής που δημιουργεί το allotment αφού η λειτουργία του είναι συμβατή με το ψηφιακό πλάνο (η “trigger field strength value” είναι και σε αυτή την περίπτωση 23 dBμV/m). Το ίδιο ισχύει και για το πεδίο. Οπότε ισχύει και η παράμετρος που θέλει η παρεμβολή που δημιουργείται μετά την μετατροπή να είναι ίση η μικρότερη από την παρεμβολή πριν την μετατροπή. Το πεδίο που πλησιάζει πιο κοντά σε αυτό του allotment είναι αυτό που προκύπτει για ομοιοκατευθυντικές κεραίες και για την 1<sup>η</sup> περίπτωση μειωμένων ισχύων σε σχέση με αυτών της αναλογικής μετάδοσης. Υπενθυμίζετε ότι η παρεμβολή είναι:

$$E_n = E_i + PR + L_{cm} + A_d + A_p$$

όπου,

$E_i$ : το υπολογιζόμενο ανεπιθύμητο σήμα (dBμV/m)

PR: ο βαθμός προστασίας (dB) για σταθμούς DVB-T και αναλογικής TV που είναι 21 και 35 dB αντίστοιχα

$L_{cm}$ : ο location correction factor για 95% location probability που ισχύει στο RPC2 και είναι ίσο με 9 dB (για την αναλογική TV είναι 0 dB).

$A_d$ : η διάκριση της κατευθυντικότητας της κεραίας (dB) με  $A_d \leq 0$

$A_p$ : η διάκριση της πόλωσης της κεραίας (dB) με  $A_p \leq 0$

- Όταν το επιθυμητό και το ανεπιθύμητο σήμα είναι DVB-T τότε ανεπιθύμητο πεδίο μετριέται για location probability 50% και time probability 1% .
- Όταν το επιθυμητό σήμα είναι αναλογικό και το ανεπιθύμητο DVB-T τότε ανεπιθύμητο πεδίο μετριέται
  - Για location probability 50% και time probability 50% για συνεχή παρεμβολή.
  - Για location probability 50% και time probability 10% για τροποσφαιρική παρεμβολή.

## 5.6 Έλεγχος ενδο-παρεμβολής στο νέου SFN δικτύου

Τέλος, σε κάθε περίπτωση υλοποίησης του νέου SFN δικτύου θα πρέπει να ελέγχεται η ενδο-παρεμβολή του δικτύου SFN.

Η διαμόρφωση COFDM επομένως μπορεί να χρησιμοποιεί ως και 8k φέροντα που επιτρέπουν μέγιστο “guard interval”  $T_g = 224 \mu\text{sec}$  το οποίο αντιστοιχεί στο 25% του  $T_U = 896 \mu\text{sec}$  που είναι ο χρήσιμος χρόνος του συμβόλου. 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 αριθμό φερόντων 2k ενώ ο μεγαλύτερος σε 8k. Οι προδιαγραφές DVB-T επιτρέπουν έξι διαφορετικές τιμές για το διάστημα προστασίας από 7 έως 224μsec. Έτσι, για τις επιτρεπτές τιμές του “guard interval” σε σχέση με την διάρκεια του επιθυμητού σήματος  $T_U$ , οι αποστάσεις μεταξύ των πομπών του δικτύου είναι:

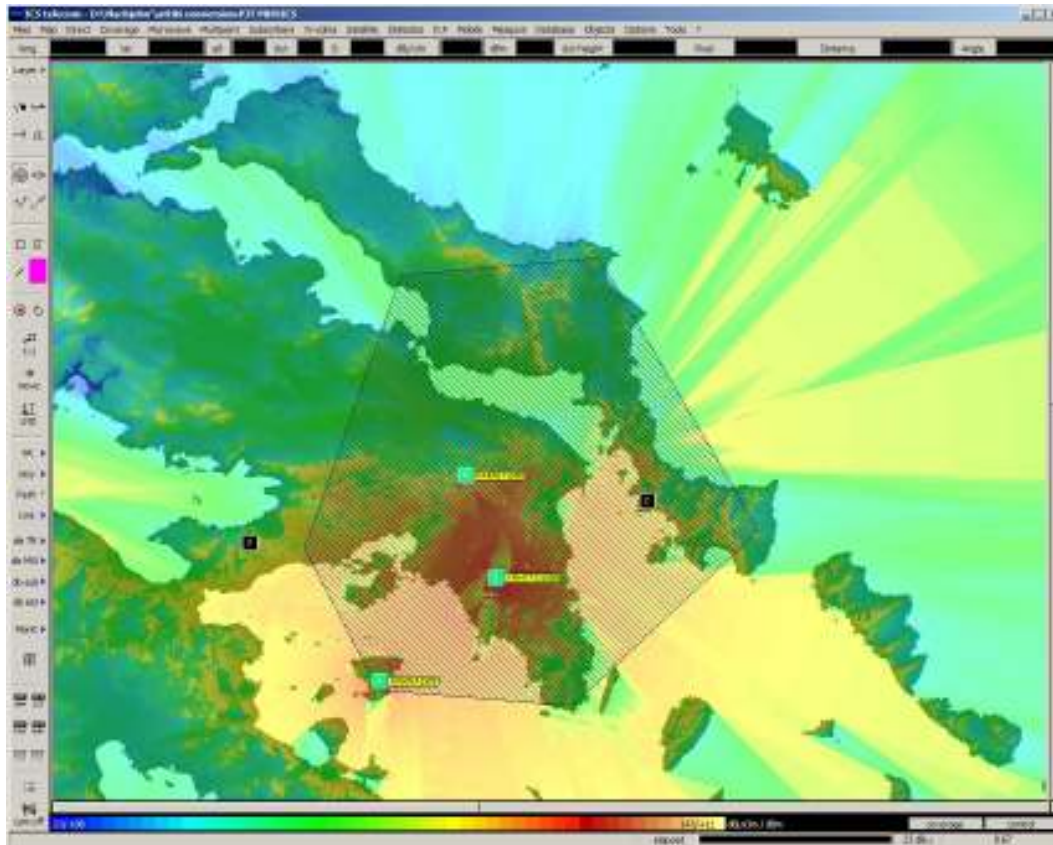
Παράμετροι	Τύπος εκπομπής							
	2k (1705 φέροντα)				8k (6817 φέροντα)			
Φέροντα								
$\Delta/T_U$	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Ωφέλιμη διάρκεια συμβόλου $T_U$	224 $\mu\text{s}$				896 $\mu\text{s}$			
Διάρκεια διαστήματος φύλαξης $\Delta$	56 $\mu\text{s}$	28 $\mu\text{s}$	14 $\mu\text{s}$	7 $\mu\text{s}$	224 $\mu\text{s}$	112 $\mu\text{s}$	56 $\mu\text{s}$	28 $\mu\text{s}$
Μέγιστη απόσταση μεταξύ 2 πομπών SFN	17 km	8 km	4 km	2 km	67 km	34 km	17 km	8 km
Ρυθμός μετάδοσης για 64-QAM 2/3 (Mbps)	19,91	22,12	23,42	24,13	19,91	22,12	23,42	24,13

Πίνακας 5.3 Τιμές “guard interval” σε SFN δίκτυα

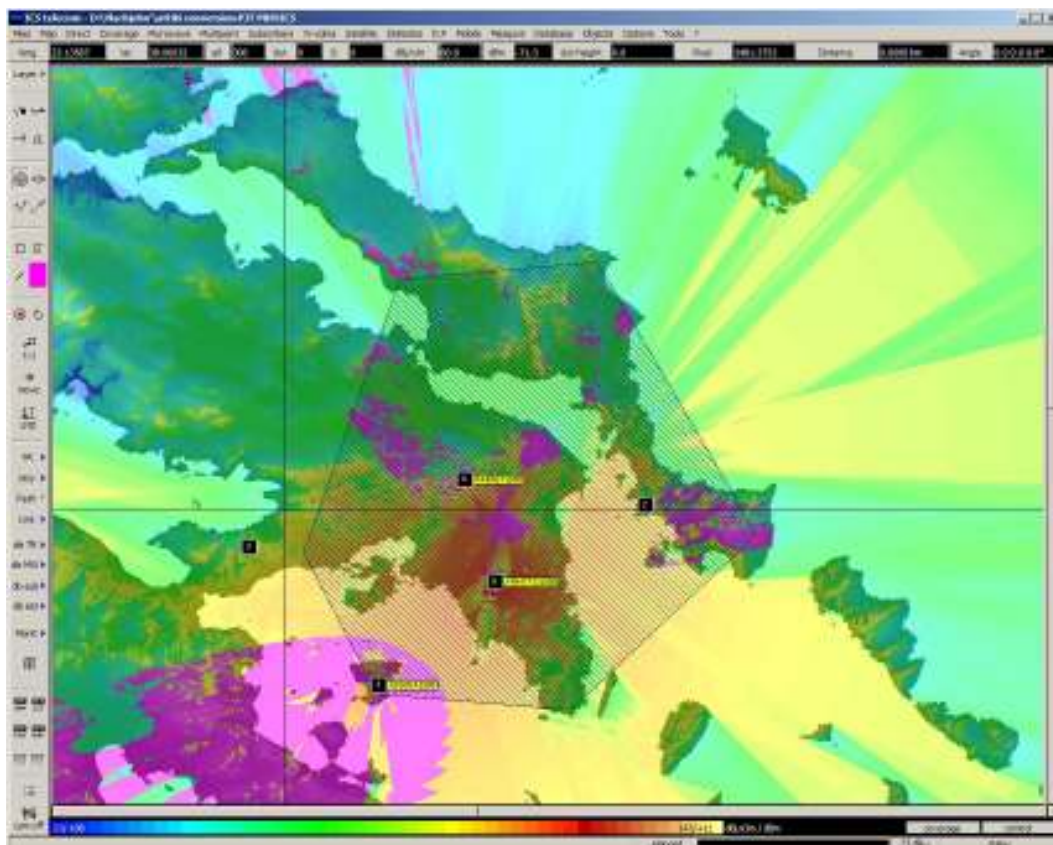
Η επιλογή ενός μεγάλου “guard interval” μειώνει την ενδογενή παρεμβολή, με κόστος όμως την μείωση του επιθυμητού ρυθμού μετάδοσης.

Στις εικόνες που ακολουθούν δίνεται για μια από τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα του ελέγχου για  $T_g = 224 \mu\text{sec}$  και  $T_g = 112 \mu\text{sec}$ , όπου η εμφάνιση του ροζ χρώματος στην δεύτερη εικόνα υποδηλώνει την ύπαρξη μη ανεκτής ενδο-παρεμβολής.





Εικόνα 7.20 Έλεγχος της ενδο-παρεμβολής για διάστημα προστασίας 224 μsec



Εικόνα 7.21 Έλεγχος της ενδο-παρεμβολής για διάστημα προστασίας 112 μsec

- Συμπέρασμα:

Από τις μετρήσεις που έγιναν και φαίνονται στις παρακάτω εικόνες, το 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 είναι η μόνιμη περίπτωση για να αποφύγουμε την επιβαρυντική επίδραση της ενδο-παρεμβολής. Αυτό σημαίνει ότι οι επιτρεπόμενοι χρόνοι καθυστέρησης σημάτων επιτρέπουν μία μέγιστη απόσταση 67 χλμ. μεταξύ των γειτονικών πομπών. Για  $T_g = 224 \mu\text{sec}$  αρχίζουμε να έχουμε αρκετά μη αποδεκτή ενδο-παρεμβολή. Όπως έχουμε δει και στην σχετική θεωρία η επιλογή ενός μεγάλου διαστήματος προστασίας έχει επιπτώσεις στην χωρητικότητα του καναλιού. Επίσης, επηρεάζεται το κόστος του υλικού στον δέκτη το οποίο αυξάνεται λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας των συμβόλων OFDM. Η επιλογή μεγάλου διαστήματος προστασίας συμβάλλει στην οικονομία συχνοτήτων (SFNs δίκτυα), αλλά και στην πτώση της αποδοτικότητας μετάδοσης (χαμηλός ρυθμός μετάδοσης). ότι το μεγαλύτερο διάστημα προστασίας που επιλέχθηκε για τον 8k τρόπο μετάδοσης (δηλ. 224  $\mu\text{sec}$ ) ήταν ένας συμβιβασμός προκειμένου να κρατηθεί το συνολικό προς μετάδοση σύμβολο μέσα σε αποδεκτό χρονικά όρια (25% του ενεργού χρόνου  $T_U = 896 \mu\text{sec}$ ). Ο έλεγχος αυτός έγινε για κάθε περίπτωση από τις παραπάνω και έδωσε για όλες το ίδιο αποτέλεσμα.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

*Παράρτημα 1 “Power Sum Method”*

*Παράρτημα 2 Υπολογισμός Κέντρου Βάρους Πολυγώνου*

*Παράρτημα 3 Πίνακες Πλάνων Συχνότητων*

*Παράρτημα 4 Πίνακες Τροποποίησης Πλάνων Συχνότητων*





## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

### “POWER SUM METHOD”

Η “power sum method” είναι μια διαδικασία για τον κατά προσέγγιση υπολογισμό του μέσου όρου ενός πεδίου που αποτελείται από το άθροισμα πολλών επιμέρους πεδίων. Αν συμβολίσουμε την μέση τιμή του (λογαριθμικού) πεδίου ισχύος ενός σήματος, που μετρείται σε dB(μV/m), με  $\bar{F}$  τότε η ισχύς του P σε αυθαίρετες μονάδες είναι:

$$P = 10^{\frac{\bar{F}}{10}}$$

Για n τέτοια επιμέρους πεδία οι ισχύεις υπολογίζεται το άθροισμα:

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_i$$

και η μέση τιμή  $\bar{F}_{\Sigma}$  του (λογαριθμικού) συνολικού πεδίου ισχύος υπολογίζεται από τον τύπο:

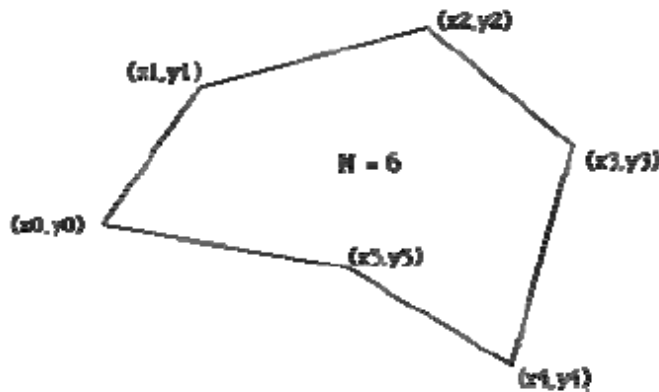
$$\bar{F}_{\Sigma} = 10 \times \log_{10}(P_{\Sigma})$$

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ

Υποθέτουμε ένα πολύγωνο που αποτελείται από γραμμές μεταξύ  $N$  κορυφών  $(x_i, y_i)$ ,  $i=0$  μέχρι  $N-1$ .

Η τελευταία κορυφή  $(x_N, y_N)$  θεωρείται ίδια με την πρώτη (κλειστό πολύγωνο)



Το εμβαδόν  $A$  του πολυγώνου μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

Το κέντρο βάρους του πολυγώνου μπορεί να υπολογιστεί με την χρήση των παρακάτω τύπων:

$$c_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i + x_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$
$$c_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{N-1} (y_i + y_{i+1}) (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

### ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΛΑΝΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Κάθε assignment και allotment που ανήκει στο αναλογικό ή στο ψηφιακό πλάνο δηλώνεται με κάποια συγκεκριμένα στοιχεία σύμφωνα με τους παρακάτω πίνακες.

#### DVB-T Plan assignments

No.	Data item
1	ITU serial number
2	ITU symbol for administration responsible for the DVB-T assignment
3	Unique identification code given by the administration for the assignment (AdminRefId)
4	Plan entry code (1 – Assignment, 2 – SFN, 3 – Allotment, 4 – Allotment with linked assignment(s) and SFN_id, 5 – Allotment with a single linked assignment and no SFN_id)
5	Assignment Code (L – Linked, or C – Converted, or S – Standalone)
6	Unique identification code for the associated allotment
7	ITU symbol for country or geographical area
8	Name of the location of the transmitting station
9	Geographical coordinates of the transmitting antenna:
	9a latitude (±DDMMSS)
	9b longitude (±DDDMMSS)
10	Altitude of site above sea level (m)
	<i>Either 11 and 12, or 13</i>
11	Digital television system (A, B, C, D, E, F and 1, 2, 3, 5, 7)
12	Reception mode (FX, PO, PI, MO)
13	Reference planning configuration (RPC 1, RPC 2, RPC 3)
14	Assigned frequency (MHz)
15	Channel number
16	Frequency offset between the centre frequency of the emission and the centre frequency of the channel (kHz)
17	Polarization (H – Horizontal, V – Vertical, M – Mixed, U – Unspecified)
18	Maximum effective radiated power of the horizontally polarized component in the horizontal plane (dBW)
19	Maximum effective radiated power of the vertically polarized component in the horizontal plane (dBW)
20	Antenna directivity (D – Directional, ND – Non-directional)
21	Height of transmitting antenna above ground level (m)
22	Maximum effective antenna height (m)
23	Effective antenna height (m), at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction
24	Antenna attenuation (dB) – horizontal: value of attenuation of the horizontally polarized component, normalized to 0 dB, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction
25	Antenna attenuation (dB) – vertical: value of attenuation of the vertically polarized component, normalized to 0 dB, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction
26	Spectrum mask (N = Non-critical, S = Sensitive)
27	Identification code for an SFN
28	Remarks
28-1	Remarks with respect to assignments in the analogue Plan of the following administrations (ITU symbol)
28-2	Remarks with respect to entries to the digital Plan of the following administrations (ITU symbol)
28-3	Remarks with respect to existing assignments to other primary terrestrial services of the following administrations (ITU symbol)

### DVB-T Plan allotments

No.	Data item
1	ITU serial number
2	ITU symbol for administration responsible for the DVB-T allotment
3	Unique identification code given by the administration for the allotment (AdminRefId)
4	Plan entry code (1 – Assignment, 2 – SFN, 3 – Allotment, 4 – Allotment with linked assignment(s) and SFN_id, 5 – Allotment with a single linked assignment and no SFN_id)
5	ITU symbol for country or geographical area
6	Digital broadcasting allotment name
7	ITU symbol for country or geographical area if all the test points for the allotment are on the country or geographical area boundary
8	Number of subareas (up to 9) within the allotment if not all the test points for the allotment are on the country boundary; if there is no subdivision of the allotment, number = 1
9	For each subarea within the allotment:
	9a a unique contour number (1 to 9)
	9b the number of subarea boundary test points (up to 99)
	9c the geographical coordinates of each subarea boundary test point consisting of:
	9c1 latitude (±DDMMSS)
	9c2 longitude (±DDDMMSS)
10	Reference planning configuration (RPC 1, RPC 2, RPC 3)
11	Type of reference network (RN1, RN2, RN3, RN4)
12	Assigned frequency (MHz)
13	Channel number
14	Frequency offset between the centre frequency of the emission and the centre frequency of the channel (kHz)
15	Polarization (H – Horizontal, V – Vertical, M – Mixed, U – Unspecified)
16	Spectrum mask (N = Non-critical, S = Sensitive)
17	Identification code for an SFN
18	Remarks
18-1	Remarks with respect to assignments in the analogue Plan of the following administrations (ITU symbol)
18-2	Remarks with respect to entries to the digital Plan of the following administrations (ITU symbol)
18-3	Remarks with respect to <i>existing assignments to other primary terrestrial services</i> of the following administrations (ITU symbol)

**Frequency Assignment Plan for Analogue Television Broadcasting in the frequency bands 174-230 MHz (for Morocco 170-230 MHz) and 470-862 MHz in the transition period (see Article 12 of the Agreement)**

**Information included in the data items of the Plan**

No.	Data item
1	ITU serial number
2	ITU symbol for administration responsible for the analogue assignment
3	Unique identification code given by the administration for the assignment (AdminRefId)
4	Channel number
5	Assigned frequency (MHz)
6	Vision carrier frequency offset (positive or negative multiples of 1/12 line frequency or kHz)
7	Sound carrier frequency offset (positive or negative multiples of 1/12 line frequency or kHz)
8	Frequency stability indicator (RELAXED, NORMAL or PRECISION)
9	Television system (B, B1, D, D1, G, H, I, K, K1, L, or M)
10	Colour system (P = PAL, S = SECAM)
11	Name of the location of the transmitting station
12	ITU symbol for country or geographical area
13	Geographical coordinates of the transmitting antenna:
	13a latitude ( $\pm$ DDMMSS)
	13b longitude ( $\pm$ DDDMMSS)
14	Altitude of site above sea level (m)
15	Height of transmitting antenna above ground level (m)
16	Maximum effective antenna height (m)
17	Effective antenna height (m) at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction; if not provided, the value of the maximum effective antenna height is used for all 36 values
18	Polarization (H, V, M)
19	Maximum effective radiated power of the horizontally polarized component (dBW)
20	Maximum effective radiated power of the vertically polarized component (dBW)
21	Vision to sound carrier power ratio
22	Antenna directivity (D, ND)
23	Antenna attenuation (dB) – horizontal. The value of attenuation of the horizontally polarized component, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction, relative to the maximum gain of the transmitting antenna
24	Antenna attenuation (dB) – vertical. The value of attenuation of the vertically polarized component, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction, relative to the maximum gain of the transmitting antenna
25	Remarks

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

### ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΑΝΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται οι πίνακες σύμφωνα με τους οποίους δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των νέων ή τροποποιημένων assignments ή allotments του αναλογικού ή ψηφιακού πλάνου κατά την διάρκεια των προηγούμενων διαδικασιών, όποτε αυτό ζητηθεί.

X	Mandatory information
+	Mandatory under the conditions specified in column 2
O	Optional information
C	Mandatory if used as a basis to effect coordination with another administration

1 If any data item has a condition attached to it, then it has a “+”.

4	if the assignment or allotment is part of a single frequency network, the identification code for the SFN	+
---	---	---

2 Data items grouped under a common subheading that limits the range of procedures, services or frequency bands have an “X” as the conditional nature is shown in the subheading title.

	<b>For a specific transmitting station operating at a single fixed location</b>	
7	name of the location of the transmitting station	X

Data for a digital broadcasting assignment or allotment

No.	CHARACTERISTICS TO BE SUBMITTED FOR EACH DIGITAL BROADCASTING ALLOTMENT OR ASSIGNMENT	Article 4 T-DAB allotment	Article 4 T-DAB assignment	Article 5 T-DAB assignment	Article 4 DVB-T allotment	Article 4 DVB-T assignment	Article 5 DVB-T assignment
1	<b>GENERAL INFORMATION AND FREQUENCY CHARACTERISTICS</b>						
1.1	ITU symbol of the notifying administration (see the Preface)	X	X	X	X	X	X
1.2	Status code (Add, Modify, Suppress)	X	X	X	X	X	X
1.3	Unique identification code given by the administration to the allotment or assignment (AdminRefId)	X	X	X	X	X	X
1.4	Plan entry code (1 – Assignment, 2 – SFN, 3 – Allotment, 4 – Allotment with linked assignment(s) and SFN_id, 5 – Allotment with a single linked assignment and no SFN_id)	X	X	X	X	X	X
1.5	Assignment Code (L – Linked, C – Converted, S – Standalone)		X	X		X	X
1.6	If the assignment is associated with an allotment, the unique identification code for the associated allotment		+	+		+	+
1.7	If the assignment or allotment is part of a single frequency network, the identification code for the SFN	+	+	+	+	+	+
1.8	Call sign or other identification used in accordance with Article 19 of the RR			O			O
1.9	Assigned frequency (MHz)	X	X	X	X	X	X

No.	CHARACTERISTICS TO BE SUBMITTED FOR EACH DIGITAL BROADCASTING ALLOTMENT OR ASSIGNMENT	Article 4 T-DAB allotment	Article 4 T-DAB assignment	Article 5 T-DAB assignment	Article 4 DVB-T allotment	Article 4 DVB-T assignment	Article 5 DVB-T assignment
1.10	If the centre frequency of the emission is offset from the assigned frequency, the frequency offset (kHz)	+	+	+	+	+	+
1.11	Date (actual or foreseen, as appropriate) of bringing the frequency assignment (new or modified) into use		C	X		C	X
1.12	If the assignment or allotment is subject to § 4.1.5.4 of Article 4, the expiry date of that period	+	+	+	+	+	+
<b>2 LOCATION OF THE ANTENNA(S)</b>							
2.1	Name of the location of the transmitting station		X	X		X	X
2.2	Digital broadcasting allotment name	X			X		
2.3	Symbol for the country or geographical area (see the Preface)	X	X	X	X	X	X
2.4	Geographical coordinates of the transmitting antenna in:						
2.4.1	latitude ( $\pm$ DDMMSS)		X	X		X	X
2.4.2	longitude ( $\pm$ DDMMSS)		X	X		X	X
<b>2.5 For an allotment:</b>							
2.5.1	If all the test points are on the country or geographical area boundary for this allotment, the symbol for the country or geographical area	+			+		
2.5.2	If not all the test points for the allotment are on the country or geographical area boundary, the number (up to 9) of sub-areas within this allotment (if there is no subdivision, enter 1 for the unique contour number)	+			+		

No.	CHARACTERISTICS TO BE SUBMITTED FOR EACH DIGITAL BROADCASTING ALLOTMENT OR ASSIGNMENT	Article 4 T-DAB allotment	Article 4 T-DAB assignment	Article 5 T-DAB assignment	Article 4 DVB-T allotment	Article 4 DVB-T assignment	Article 5 DVB-T assignment
<b>2.5.3 For each sub-area (up to 9):</b>							
2.5.3.1	A unique contour number	X			X		
2.5.3.2	The number of sub-area boundary test points (up to 99)	X			X		
2.5.3.3	The geographical coordinates of each sub-area boundary test point in:						
2.5.3.3.1	latitude ( $\pm$ DDMMSS)	X			X		
2.5.3.3.2	longitude ( $\pm$ DDMMSS)	X			X		
<b>3 DIGITAL BROADCASTING SYSTEM CHARACTERISTICS</b>							
3.1	If the reference planning configuration is not provided, the digital television system (including DVB-T variant) (A, B, C, D, E, F and 1, 2, 3, 5, 7)					+	+
3.2	If the reference planning configuration is not provided, the reception mode (FX, PO, PI, MO)					+	+
3.3	Reference planning configuration (RPC 1, RPC 2, RPC 3, RPC 4 or RPC 5) In the case of a DVB-T assignment, required if the digital television system and the reception mode are not provided	X	X	X	X	+	+
3.4	Type of reference network (RN1, RN2, RN3 or RN4)				X		
3.5	Type of spectrum mask (for DVB-T: N = Non-critical, S = Sensitive. For T-DAB: 1, 2, 3 (see § 3.6 of this Agreement))	C	X	X	C	X	X

No.	CHARACTERISTICS TO BE SUBMITTED FOR EACH DIGITAL BROADCASTING ALLOTMENT OR ASSIGNMENT	Article 4 T-DAB allotment	Article 4 T-DAB assignment	Article 5 T-DAB assignment	Article 4 DVB-T allotment	Article 4 DVB-T assignment	Article 5 DVB-T assignment
3.6	If the polarization is horizontal or mixed, the maximum effective radiated power of the horizontally polarized component in the horizontal plane (dBW)		+	+		+	+
3.7	If the polarization is vertical or mixed, the maximum effective radiated power of the vertically polarized component in the horizontal plane (dBW)		+	+		+	+
3.8	Maximum effective radiated power in the plane defined by the beam tilt angle (dBW)					O	O
<b>4 ANTENNA CHARACTERISTICS</b>							
4.1	Antenna directivity (directional (D) or non-directional (ND))		X	X		X	X
4.2	Polarization (H – horizontal, or V – vertical, or M – mixed), or U <sup>1</sup> – unspecified, for allotments only	X	X	X	X	X	X
4.3	Height of transmitting antenna above ground level (m)		X	X		X	X
4.4	Altitude of the site above sea level (m) measured at the base of the transmitting antenna		X	X		X	X
4.5	Maximum effective antenna height (m)		X	X		X	X

No.	CHARACTERISTICS TO BE SUBMITTED FOR EACH DIGITAL BROADCASTING ALLOTMENT OR ASSIGNMENT	Article 4 T-DAB allotment	Article 4 T-DAB assignment	Article 5 T-DAB assignment	Article 4 DVB-T allotment	Article 4 DVB-T assignment	Article 5 DVB-T assignment
4.6	Effective antenna height (m) at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction		X	X		X	X
4.7	If the polarization is horizontal or mixed, the value of the antenna attenuation (dB) of the horizontally polarized component, normalized to 0 dB, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction		+	+		+	+
4.8	If the polarization is vertical or mixed, the value of the antenna attenuation (dB) of the vertically polarized component, normalized to 0 dB, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction		+	+		+	+
4.9	Beam tilt angle (degrees)					0	0
5	HOURS OF OPERATION						
5.1	Regular hours (UTC) of operation of the frequency assignment:						
5.1.1	start time			X			X
5.1.2	stop time			X			X
6	COORDINATION AND AGREEMENT						
6.1	If coordination is necessary and agreement has been obtained:						

No.	CHARACTERISTICS TO BE SUBMITTED FOR EACH DIGITAL BROADCASTING ALLOTMENT OR ASSIGNMENT	Article 4 T-DAB allotment	Article 4 T-DAB assignment	Article 5 T-DAB assignment	Article 4 DVB-T allotment	Article 4 DVB-T assignment	Article 5 DVB-T assignment
6.1.1	the ITU symbol of the administration with which coordination has been effected	+	+	+	+	+	+
6.1.2	the provision (No. of the Radio Regulations, regional agreement or other arrangement) requiring such coordination	+	+	+	+	+	+
6.2	If the assignment is subject to § 5.1.2 of Article 5, a declaration by the notifying administration that all conditions associated with the remark are fully met for the submitted assignment for recording in the MIFR			+			+
6.3	If the assignment is subject to § 5.1.8 of Article 5, a signed commitment from the notifying administration that the submitted assignment for recording in the MIFR shall not cause unacceptable interference and shall not claim protection			+			+
7	OPERATING ADMINISTRATION OR AGENCY						
7.1	Symbol for the operating agency (see the Preface)			0			0
7.2	Symbol for the address of the administration (see the Preface) responsible for the station and to which communication should be sent on urgent matters regarding interference, quality of emissions and questions referring to the technical operation of the circuit (see Article 15 of the RR)			X			X
8	REMARKS						
8.1	Any comment designed to assist the Bureau in processing the notice	0	0	0	0	0	0

Data for a VHF/UHF analogue television broadcasting assignment  
(to be used during the transition period)

No.	CHARACTERISTICS TO BE PROVIDED FOR EACH ANALOGUE BROADCASTING ASSIGNMENT	Article 4 (GE06)	Article 5 (GE06)
1	GENERAL INFORMATION AND FREQUENCY CHARACTERISTICS		
1.1	ITU symbol of the notifying administration (see the Preface)	X	X
1.2	Status code (Add, Modify, Suppress)	X	X
1.3	Unique identification code given by the administration to the assignment (AdminRefID)	X	X
1.4	Call sign or other identification used in accordance with Article 19 of the RR		0
1.5	Assigned frequency (MHz)	X	X
1.6	Vision carrier frequency offset, expressed as a multiple of 1/12 of the line frequency of the television system concerned, expressed by a number (positive or negative) or kHz	X	X
1.7	If the sound carrier frequency offset is different from the vision carrier frequency offset, the sound carrier frequency offset expressed as a multiple of 1/12 of the line frequency of the television system concerned, expressed by a number (positive or negative) or kHz	+	+
1.8	Date (actual or foreseen, as appropriate) of bringing the frequency assignment (new or modified) into use	C	X
1.9	If the assignment is subject to § 4.1.5.4 of Article 4, the expiry date of that period	+	+
2	LOCATION OF THE TRANSMITTING ANTENNA(S)		
2.1	Name of the location of the transmitting station	X	X
2.2	ITU symbol of the country or the geographical area	X	X
2.3	Geographical coordinates of the transmitting antenna:		
2.3.1	latitude (±DDMMSS)	X	X
2.3.2	longitude (±DDDMMSS)	X	X



No.	CHARACTERISTICS TO BE PROVIDED FOR EACH ANALOGUE BROADCASTING ASSIGNMENT	Article 4 (GE06)	Article 5 (GE06)
3	<b>ANALOGUE BROADCASTING SYSTEM CHARACTERISTICS</b>		
3.1	Frequency stability indicator (RELAXED, NORMAL or PRECISION)	X	X
3.2	Symbol corresponding to the television system (B, B1, D, D1, G, H, I, K, K1, L or M)	X	X
3.3	Symbol corresponding to the colour system (P = PAL, S = SECAM)	X	X
3.4	If the polarization is horizontal or mixed, the maximum effective radiated power of the horizontally polarized component (dBW)	+	+
3.5	If the polarization is vertical or mixed, the maximum effective radiated power of the vertically polarized component (dBW)	+	+
3.6	Vision/sound carrier power ratio	X	X
4	<b>ANTENNA CHARACTERISTICS</b>		
4.1	Antenna directivity (directional (D) or non-directional (ND))	X	X
4.2	Polarization (H – horizontal, or V – vertical, or M – mixed)	X	X
4.3	Height of antenna above ground level (m)	X	X
4.4	Altitude of the site above sea level (m) measured at the base of the transmitting antenna	X	X
4.5	Maximum effective height of the antenna (m)	X	X
4.6	Effective antenna height (m) at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction	X	X
4.7	If the polarization is horizontal or mixed, the value of the antenna attenuation (dB) of the horizontally polarized component, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction	+	+
4.8	If the polarization is vertical or mixed, the value of the antenna attenuation (dB) of the vertically polarized component, at 36 different azimuths in 10° intervals, measured in the horizontal plane from True North in a clockwise direction	+	+

No.	CHARACTERISTICS TO BE PROVIDED FOR EACH ANALOGUE BROADCASTING ASSIGNMENT	Article 4 (GE06)	Article 5 (GE06)
5	<b>HOURS OF OPERATION</b>		
5.1	Regular hours (UTC) of operation of the frequency assignment:		
5.1.1	start time	C	X
5.1.2	stop time	C	X
6	<b>COORDINATION AND AGREEMENT</b>		
6.1	If coordination is necessary and agreement has been obtained:		
6.1.1	the ITU symbol of the administration with which coordination has been effected	-	-
6.1.2	the provision (No. of the Radio Regulations, regional agreement or other arrangement) requiring such coordination	-	-
6.2	If the assignment is subject to § 1.1.3 of Article 5, a signed commitment from the notifying administration that the submitted assignment for recording in the MIFR shall not cause unacceptable interference and shall not claim protection		-
7	<b>OPERATING ADMINISTRATION OR AGENCY</b>		
7.1	Symbol for the operating agency (see the Preface)		Ø
7.2	Symbol for the address of the administration (see the Preface) responsible for the station and to which communications should be sent on urgent matters regarding interference, quality of emission and questions relating to the technical operation of the station (see Article 15 of the RR)		X
8	<b>REMARKS</b>		
8.1	Any comment designed to assist the Bureau in processing the notice	Ø	Ø



## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. *ECC, REPORT 49, Technical Criteria of Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB- T) and Terrestrial – Digital Audio Broadcasting (T – DAB) Allotment Planning, Copenhagen, April 2004*
2. *TECHNICAL REPORT - Annex to ECC REPORT 49 Initial Ideas Concerning The Revision Of The Stockholm (1961) Agreement*
3. *CEPT: “The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)”, Chester, July 1997*
4. *International Telecommunications Union (ITU) RRC 04 “Regional Radiocommunication Conference for the Revision of the European Broadcasting Agreement, Stockholm, 1961 (ST-61)”*
5. *International Telecommunications Union (ITU) RRC 06 “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”, ITU June 2006*
7. *European Broadcasting Union (EBU), Terrestrial Digital Planning and Implementation Considerations*
8. *European Broadcasting Union (EBU) “TECHNICAL ANNEX: Criteria For Planning DVB-T , EBU Technical Review*
9. *Recommendation ITU-R BT.655-6: Radio-frequency protection ratios for AM vestigial sideband terrestrial television systems interfered with by unwanted analogue vision signals and their associated sound signals*
10. *Recommendation ITU-R BT.565: Protection ratios for 625-line television against radionavigation transmitters operating in the shared bands between 582 and 606 MHz*
11. *Recommendation ITU-R BT.419-3: Directivity and polarization discrimination of antennas in reception of television broadcasting*
12. *Recommendation ITU-R BT.1368-2: Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands*
13. *ITU-R P.1546-1, Draft revision of Recommendation - Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz.*
14. *ITU –R BT.1368, Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands.*

15. <http://www.dvb.org>

16. <http://www.ebu.ch>

17. <http://www.itu.int>

18. <http://www.cept.org>

19. <http://www.ero.dk>