



*ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ*

*ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ*

*ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ*

# **Μελέτη και σχεδιασμός δικτύου DVB-H στην Αθήνα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ι. ΔΕΜΕΛΗΣ**

**ΜΑΡΙΑ-ΕΛΙΖΑΜΠΕΘ Ε. ΜΕΤΑΞΑ**

**Επιβλέπων:** Φίλιππος Κωνσταντίνου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα  
Οκτώβριος 2007





*ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ*

*ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ*

*ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ*

## **Μελέτη και σχεδιασμός δικτύου DVB-H στην Αθήνα**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ Ι. ΔΕΜΕΛΗΣ  
ΜΑΡΙΑ-ΕΛΙΖΑΜΠΕΘ Ε. ΜΕΤΑΞΑ**

**Επιβλέπων:** Φίλιππος Κωνσταντίνου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Οκτωβρίου 2007

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

.....  
Ν. Ουζούνογλου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Μ. Θεολόγου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα  
Οκτώβριος 2007

.....

**Γεώργιος Ι. Δεμελής**

**Μαρία-Ελίζαμπεθ Ε. Μεταξά**

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Γεώργιος Ι. Δεμελής, 2007

Copyright © Μαρία-Ελίζαμπεθ Ε. Μεταξά, 2007

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 τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται η μελέτη των χαρακτηριστικών του προτύπου DVB-H, με έμφαση στα θέματα εκείνα που αφορούν τη σχεδίαση δικτύων για μετάδοση DVB-H περιεχομένου. Αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προτύπου DVB-H στο φυσικό στρώμα (TPS signaling, 4K mode, in-depth interleaving ) και στο στρώμα ζεύξης δεδομένων (MPE-FEC, time slicing). Εξετάζεται η κοινή χρήση των προτύπων DVB-H και DVB-T, καθώς και η συμβατότητά τους. Στη συνέχεια περιγράφονται οι υπηρεσίες στο DVB-H με βασικότερα σημεία τον τρόπο οργάνωσής τους, την πρόσβαση σε αυτές και την ιεραρχική διαμόρφωση, και αναλύονται θέματα σχετικά με τα δίκτυα DVB-H. Γίνεται επίσης μια σύνοψη των πιλοτικών προγραμμάτων που βρίσκονται σε εξέλιξη στην Ευρώπη. Τέλος παρατίθενται οι συστάσεις για το σχεδιασμό ραδιοκάλυψης σύμφωνα με το ITU-R 1546 και με βάση αυτές επιχειρείται η προσομοίωση της κάλυψης της περιοχής του Αμαρουσίου με το λογισμικό ATDI, ICS Telecom.

## **ABSTRACT**

The main aim of this thesis is to study the characteristics of the DVB-H standard, with special merit to the specific characteristics that deal with network planning of broadcasting DVB-H content. The technical characteristics of the DVB-H standard are analyzed; both in the physical layer (TPS signaling, 4K mode, in-depth interleaving), and the link layer (MPE-FEC, time slicing). The common use of the standard DVB-H and DVB-T, along with their compatibility is also investigated. Furthermore, this study gives a description of the DVB-H services and especially their organization, access and the hierarchical modulation, as well as a detailed analysis of DVB-H networks. In addition a summary of the technical trials and pilot projects that are currently developed in Europe is also outlined. Finally, this thesis includes an attempt to simulate the coverage of the area of Amarousion - based on the recommendations on the network planning according to the ITU R 1546 which are also provided in this study – using the software ATDI, of ICS Telecom.

## **Ευχαριστίες**

Οι συγγραφείς της παρούσης διπλωματικής εργασίας ευχαριστούν θερμά τον κ. Φίλιππο Κωνσταντίνου, Καθηγητή Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη του και την καθοδήγησή του κατά τη συγγραφή της παρούσης, τον κ. Δημήτρη Δρε , Δρ. Ηλεκτρολόγο Μηχανικό, για τη στενή συνεργασία και την σημαντική βοήθεια που παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ABSTRACT .....	5
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	8
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	13
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	15
Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγικά στοιχεία .....	17
1.1.    Σύντομη περιγραφή – Βασικά χαρακτηριστικά .....	17
1.2.    Σκοπός της εργασίας .....	18
Κεφάλαιο 2 – Τεχνικά Χαρακτηριστικά του DVB-H .....	20
2.1. Επεκτάσεις στο φυσικό στρώμα (σηματοδοσία TPS, λειτουργία 4K και in-depth interleaving ) .....	20
2.1.1.    Λειτουργία 4K .....	20
2.1.2.    In-depth interleaver για τις λειτουργίες 2K και 4K .....	25
2.1.3.    Σηματοδοσία TPS-bit .....	27
2.2. Επεκτάσεις στο στρώμα ζεύξης δεδομένων .....	28
2.2.1.    Τα κύρια θέματα που απαιτούν λύση .....	28
2.2.2.    Πως το Time slicing παρέχει λύση .....	28
2.2.3.    Η εφαρμογή Time slicing .....	31
2.2.3.1.    Δέκτης .....	31
2.2.3.2.    Διαστρωμάτωση .....	32
2.2.3.3.    Εφαρμογή στο στρώμα ζεύξης δεδομένων .....	34
2.2.3.4.    Μέθοδος Delta-t .....	34
2.2.3.5.    Burst Size και Off-time .....	38
2.2.3.6.    Υποστήριξη Μεταπομπής .....	42
2.2.3.7.    Συνδυασμός Time Sliced στοιχειωδών ρευμάτων σε πολυπλεγμένο σήμα .....	43
2.2.3.8.    Time slicing των PSI/SI (Program Specific Information/Service Information) .....	46
2.2.3.9.    Time slicing και υπό όρους πρόσβαση .....	46
2.2.4.    Η εφαρμογή MPE-FEC .....	49
2.2.4.1.    Πλαίσιο MPE-FEC .....	49
2.2.4.2.    Μεταφορά του πλαισίου MPE-FEC .....	52



2.2.4.2.1.	Μεταφορά του πίνακα εφαρμογής δεδομένων. . . . .	52
2.2.4.2.2.	Μεταφορά των bytes ισοτιμίας στο RS data table. . . . .	53
2.2.4.3.	Αποκωδικοποίηση RS . . . . .	53
2.2.4.3.1.	Βασική λειτουργία. . . . .	53
2.2.4.3.2.	Γεμισμένες στήλες του πίνακα εφαρμογής δεδομένων. . . . .	55
2.2.4.3.3.	Απόρριψη στηλών δεδομένων RS – Διάτρηση . . . . .	56
2.2.4.4.	Εξέταση Πολυπλοκότητας και Κόστους . . . . .	56
2.2.4.5.	Πλεονεκτήματα από τη χρήση του MPE-FEC . . . . .	57
2.2.5.	Μνήμη . . . . .	58
2.2.5.1.	Χρήση Μνήμης . . . . .	58
2.2.5.2.	Μέγεθος μνήμης MPE-FEC και φραγμοί δέκτη. . . . .	59
2.2.5.3.	Ελάχιστες απαιτήσεις Μνήμης . . . . .	60
Κεφάλαιο 3 – Σύγκριση και κοινή χρήση DVB-H – DVB-T. . . . .		62
3.1.	Εισαγωγή . . . . .	62
3.2.	Αποτελέσματα εργαστηριακών τεστ. . . . .	65
3.3.	Φάσμα εκπομπής. . . . .	68
3.4.	Κοινή χρήση DVB-T/H . . . . .	68
3.5.	Θέματα συμβατότητας DVB-H/DVB-T. . . . .	70
Κεφάλαιο 4 – Υπηρεσίες DVB-H. . . . .		74
4.1.	Επιδράσεις του περιβάλλοντος και του εξοπλισμού . . . . .	74
4.1.1.	Αργά κινούμενο DVB-H τερματικό . . . . .	74
4.1.2.	Γρήγορα κινούμενο DVB-H τερματικό . . . . .	75
4.2.	Υπηρεσίες . . . . .	76
4.3.	Ιεραρχικά δίκτυα για κλιμακωτή υποβάθμιση ποιότητας υπηρεσίας ή υποστήριξη πολλαπλών format/συσκευών. . . . .	76
4.3.1.	Εισαγωγή. . . . .	76
4.3.2.	Θέματα σχεδίασης δικτύου. . . . .	78
4.3.3.	Δίκτυα αποκλειστικά για DVB-H. . . . .	79
4.3.3.1.	Κλιμακωτή υποβάθμιση της ποιότητας υπηρεσίας . . . . .	79
4.3.3.2.	Υποστήριξη πολλαπλών τύπων συσκευών και format. . . . .	81
4.3.3.3.	Εκμετάλλευση του LP ρεύματος για την αναβάθμιση του περιεχομένου του HP ρεύματος . . . . .	82
4.4.	Μοίρασμα με DVB-T MPEG-2 υπηρεσίες . . . . .	82
4.4.1.	Πολυπλεξία . . . . .	83

4.4.2.	Ιεραρχική διαμόρφωση. . . . .	84
4.5.	Πρόσβαση σε DVB-H υπηρεσίες. . . . .	86
4.6.	Παράλληλα στοιχειώδη ρεύματα και παράλληλες υπηρεσίες σε ένα στοιχειώδες ρεύμα . . . . .	88
4.6.1.	Παράλληλα ρεύματα / υπηρεσίες. . . . .	88
4.6.2.	Τρόποι τοποθέτησης των βασικών ρευμάτων και υπηρεσιών παράλληλα	89
4.6.3.	Οφέλη από τη χρήση παράλληλων βασικών ρευμάτων / υπηρεσιών . . . .	90
4.6.3.1.	Μείωση της καταναλισκόμενης ισχύος όταν λαμβάνονται περισσότερες της μίας υπηρεσίες . . . . .	90
4.6.3.2.	Μικρός χρόνος αλλαγής προγράμματος από το χρήστη. . . . .	90
4.6.3.3.	Λήψη υπηρεσιών χαμηλής ταχύτητας ταυτόχρονα με βασικές υπηρεσίες (ESG update, ειδοποιήσεις, συναγερμοί, κλπ) . . .	91
4.6.3.4.	Τοπική εισαγωγή υπηρεσιών. . . . .	92
4.6.3.5.	Καλύτερη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης. . . . .	92
Κεφάλαιο 5 – Δίκτυα DVB-H. . . . .		95
5.1.	Μελέτη της δομής του δικτύου. . . . .	95
5.1.1.	DVB-H FFT modes. . . . .	95
5.1.1.1.	Φορητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους (με μηδενική ταχύτητα) .	95
5.1.1.2.	Φορητή λήψη σε εξωτερικούς χώρους (με μέτρια προς υψηλή ταχύτητα) . . . . .	96
5.1.2.	Παράμετροι DVB-H. . . . .	98
5.1.2.1.	Παράμετροι φυσικού στρώματος. . . . .	98
5.1.2.2.	Παράμετροι στρώματος ζεύξης δεδομένων. . . . .	98
5.2.	Αφιερωμένα δίκτυα DVB-H . . . . .	104
5.3.	Θέματα πληροφοριών υπηρεσίας. . . . .	105
5.4.	Μελέτη στη χρήση επαναληπτών σε δίκτυα DVB-H. . . . .	109
5.4.1.	Επαναλήπτες On-channel. . . . .	109
5.4.2.	Frequency synchronized transposing repeaters. . . . .	113
5.5.	Κατευθυντήριες οδηγίες για τη χρήση του DVB-H σε κανάλι εύρους ζώνης 5MHz . . . . .	116
5.5.1.	Παράμετροι διαμόρφωσης. . . . .	116
5.5.1.1.	Περίοδος Συμβόλου. . . . .	116
5.5.1.2.	Φασικός Θόρυβος. . . . .	117
5.5.1.3.	Μετατόπιση Doppler. . . . .	118

5.5.2.	Μελέτη network planning. . . . .	118
Κεφάλαιο 6 – Κριτήριο υποβάθμισης στο DVB-H. . . . .		120
Κεφάλαιο 7 – Network planning σύμφωνα με το ITU-R 1546. . . . .		122
7.1.	Θέματα κάλυψης . . . . .	122
7.1.1.	Εισαγωγή. . . . .	122
7.1.2.	Φορητή λήψη. . . . .	122
7.1.3.	Κινητή λήψη . . . . .	124
7.1.4.	Περιοχή κάλυψης. . . . .	124
7.2.	Κριτήρια Κάλυψης . . . . .	125
7.2.1.	KTBF και Ελάχιστες στάθμες σήματος στην είσοδο του δέκτη. . . . .	126
7.2.2.	Απαιτούμενο C/N. . . . .	127
7.2.2.1.	C/N επίδοση σε Gaussian δίαυλο. . . . .	128
7.2.2.2.	C/N επίδοση σε φορητό δίαυλο. . . . .	128
7.2.2.3.	C/N επίδοση σε κινητό δίαυλο . . . . .	129
7.2.3.	Ελάχιστες στάθμες σήματος. . . . .	131
7.2.3.1.	Φορητή λήψη . . . . .	133
7.2.3.2.	Κινητή λήψη . . . . .	137
7.3.	Στάθμες σήματος για σχεδίαση DVB-H. . . . .	139
7.3.1.	Φορητή λήψη. . . . .	139
7.3.2.	Κινητή λήψη. . . . .	142
Κεφάλαιο 8 – Πιλοτικά προγράμματα στην Ευρώπη. . . . .		144
8.1.	Κατάσταση στις ευρωπαϊκές χώρες . . . . .	144
8.2.	Παρατηρήσεις. . . . .	152
Κεφάλαιο 9 – Προσομοίωση κάλυψης με το ATDI. . . . .		153
9.1.	Σχεδιασμός δικτύου. . . . .	153
9.1.1.	Σκοπός. . . . .	153
9.1.2.	Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τη σχεδίαση. . . . .	153
9.1.2.1.	Χαρτογραφικά δεδομένα. . . . .	153
9.1.2.2.	Τεχνικές παράμετροι. . . . .	155
9.1.2.3.	Μοντέλο διάδοσης. . . . .	158
9.1.2.4.	Επιλογή του ρυθμού μετάδοσης και υπολογισμός του απαιτούμενου C/N. . . . .	162
9.1.2.4.1.	Επιλογή του ρυθμού μετάδοσης των παρεχόμενων υπηρεσιών . . . . .	162

9.1.2.4.2.	Επιλογή σχήματος διαμόρφωσης και C/N . . . . .	166
9.1.2.5.	Επιθυμητές στάθμες σήματος . . . . .	168
9.2.	Αποτελέσματα προσομοίωσης. . . . .	171
Κεφάλαιο 10 – Αποτελέσματα – Συμπεράσματα . . . . .		177
10.1.	Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών. . . . .	177
10.2.	Συμπεράσματα. . . . .	178
10.3.	Προτάσεις για μελλοντική εργασία. . . . .	179
Βιβλιογραφία . . . . .		181

## Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 2.1	Λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα του συστήματος μετάδοσης DVB-H . . . . .	20
Σχήμα 2.2	Η λειτουργία 4K σε σύγκριση με τις 2K και 8K . . . . .	24
Σχήμα 2.3	In-depth interleaving . . . . .	26
Σχήμα 2.4	Αρχή του time slicing . . . . .	29
Σχήμα 2.5	Κινητό τερματικό DVB-H . . . . .	32
Σχήμα 2.6	Αναμενόμενη στοίβα πρωτοκόλλων για μετάδοση IP δεδομένων σε DVB . .	33
Σχήμα 2.7	MPE sections και delta_t ένδειξη . . . . .	36
Σχήμα 2.8	Delta_t jitter . . . . .	37
Σχήμα 2.9	Παράμετροι ριπών . . . . .	39
Σχήμα 2.10	Μέγιστη διάρκεια ριπής . . . . .	40
Σχήμα 2.11	Σχέση μεταξύ ρυθμού μετάδοσης ριπής και εξοικονόμηση ενέργειας . . . . .	42
Σχήμα 2.12	Κατασκευή του headend του δικτύου για αφιερωμένο σε DVB-H multiplex . .	43
Σχήμα 2.13	Κατασκευή του headend του δικτύου για μικτό multiplex . . . . .	45
Σχήμα 2.14	Κατασκευή του headend του δικτύου για ιεραρχική μετάδοση . . . . .	45
Σχήμα 2.15	Η δομή του MPE-FEC frame . . . . .	50
Σχήμα 2.16	Σχέδιο του application data table . . . . .	51
Σχήμα 2.17	Σχέδιο του RS data table . . . . .	52
Σχήμα 2.18	Παράδειγμα επεξεργασίας υπηρεσιών στο δέκτη . . . . .	58
Σχήμα 2.19	Παράδειγμα επεξεργασίας δυο υπηρεσιών στο δέκτη . . . . .	59
Σχήμα 2.20	Αποκωδικοποίηση υπηρεσιών (MPE-FEC με 512 γραμμές) . . . . .	60
Σχήμα 2.21	Αποκωδικοποίηση υπηρεσιών (επιπρόσθετη μνήμη στο δέκτη) . . . . .	61
Σχήμα 2.22	Αποκωδικοποίηση παράλληλων υπηρεσιών . . . . .	61
-----		
Σχήμα 3.1	C/N vs Doppler για δέκτες σε κίνηση. . . . .	63
Σχήμα 3.2	Κέρδη DVB-H σε QPSK 1/2 . . . . .	66
Σχήμα 3.3	Κέρδη DVB-H σε 16QAM 2/3 . . . . .	67
Σχήμα 3.4	Δίκτυο κοινής χρήσης DVB-T και DVB-H. . . . .	69
-----		
Σχήμα 4.1	QPSK in 64QAM constellation για ιεραρχική διαμόρφωση . . . . .	77
Σχήμα 4.2	Κλιμακωτή υποβάθμιση ποιότητας υπηρεσίας με χρήση ιεραρχικής διαμόρφωσης. . . . .	81
Σχήμα 4.3	Phase-shifted μετάδοση περιεχομένου στα ρεύματα LP και HP. . . . .	82

Σχήμα 4.4	Παράδειγμα εισαγωγής DVB-H περιεχομένου σε υπάρχων DVB-T δίκτυο με χρήση πολυπλεξίας . . . . .	84
Σχήμα 4.5	Παράδειγμα εισαγωγής DVB-H περιεχομένου σε υπάρχων DVB-T δίκτυο με χρήση ιεραρχικής διαμόρφωσης. . . . .	86
Σχήμα 4.6	Υπηρεσίες σε διαδοχικές ριπές . . . . .	88
Σχήμα 4.7	Παράλληλες υπηρεσίες . . . . .	89
Σχήμα 4.8	Παράδειγμα οργάνωσης παραλλήλων υπηρεσιών . . . . .	94
-----		
Σχήμα 5.1	Φάσεις συγχρονισμού του δέκτη. . . . .	100
Σχήμα 5.2	Φάσεις συγχρονισμού του δέκτη. . . . .	102
Σχήμα 5.3	Ορισμοί χρόνων του time slicing . . . . .	103
Σχήμα 5.4	On-channel repeater. . . . .	110
Σχήμα 5.5	Κυματισμός peak-to-peak στην συνάρτηση μεταφοράς σε σχέση με το Gain Margin . . . . .	111
Σχήμα 5.6	Παράδειγμα δικτύου SFN δυο συχνοτήτων με ένα κεντρικό πομπό και διάφορους transposers. . . . .	113
-----		
Σχήμα 7.1	Επίδοση C/N δέκτη DVB-H σε κινητό διάυλο. . . . .	130
-----		
Σχήμα 8.1	DVB-H υπηρεσίες στην Ευρώπη . . . . .	144
-----		
Σχήμα 9.1	Digital Terrain Model, Ground Occupancy File και Building Height File. . . . .	154
Σχήμα 9.2	Digital Elevation Model . . . . .	155
Σχήμα 9.3	Παράθυρο του ATDI, ICS Telecom για τις επιλογές του εκπομπού. . . . .	156
Σχήμα 9.4	Παράθυρο του ATDI, ICS Telecom για τις επιλογές του μοντέλου διάδοσης. . . . .	158
Σχήμα 9.5	Μέθοδος Bullington. . . . .	160
Σχήμα 9.6	Μέθοδος Deygout '94 . . . . .	160
Σχήμα 9.7	Subpath attenuation . . . . .	160
Σχήμα 9.8	Ανακλάσεις μόνο στο κατακόρυφο επίπεδο . . . . .	161
Σχήμα 9.9	Ανακλάσεις στις τρεις διαστάσεις . . . . .	162
Σχήμα 9.10	Αντιπαράθεση οργάνωσης υπηρεσιών σε DVB-T και DVB-H . . . . .	164
Σχήμα 9.11	Location Correction Factor – Percentage of Locations – Standard deviation . . . . .	170

## Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 2.1	C/N για $PER=10^{-4}$ σε αστικό περιβάλλον και ενδεικτικές ταχύτητες για 2K,4K και 8K. . . . .	22
Πίνακας 2.2	Διαστήματα φύλαξης (guard intervals) για 2K,4K και 8K. . . . .	24
-----		
Πίνακας 5.1	Χρόνοι κατανάλωσης ισχύος στο DVB-H. . . . .	102
-----		
Πίνακας 7.1	Ελάχιστη στάθμη σήματος στην είσοδο του δέκτη. . . . .	127
Πίνακας 7.2	C/N απαιτήσεις σε Gaussian δίαυλο. . . . .	128
Πίνακας 7.3	C/N απαιτήσεις σε φορητό δίαυλο . . . . .	129
Πίνακας 7.4	C/N απαιτήσεις σε κινητό δίαυλο για δυο πιθανούς τύπους δέκτη. . .	130
Πίνακας 7.5	Κέρδη κεραιών στη φορητή λήψη. . . . .	133
Πίνακας 7.6	Location Correction Factor στη φορητή λήψη (ITU-R 1546) . . . . .	135
Πίνακας 7.7	Απώλεια ύψους στη φορητή λήψη (ITU-R 1546) . . . . .	135
Πίνακας 7.8	Απώλεια επιρροής κτιρίων στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (μετρήσεις στη Φινλανδία) . . . . .	136
Πίνακας 7.9	Απώλεια επιρροής κτιρίων ανάλογα με τον τύπο κτιρίου στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (μετρήσεις στη Γαλλία) . . . . .	136
Πίνακας 7.10	Απώλεια επιρροής κτιρίων στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (ITU-R 1546) . . . . .	136
Πίνακας 7.11	Location Correction Factor στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (ITU-R 1546) . . . . .	137
Πίνακας 7.12	Location Correction Factor στην κινητή λήψη (ITU-R 1546) . . . . .	138
Πίνακας 7.13	Κέρδη κεραιών στην κινητή λήψη - κλάση D . . . . .	138
Πίνακας 7.14	Κέρδη κεραιών στην κινητή λήψη - κλάση C. . . . .	139
Πίνακας 7.15	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV Φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση A), αστικό περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 3. . . . .	140
Πίνακας 7.16	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V Φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση A), αστικό περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 3. . . . .	140

Πίνακας 7.17	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV Φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση B), αστικό περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 3. . . . .	141
Πίνακας 7.18	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V Φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση B), αστικό περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 3. . . . .	141
Πίνακας 7.19	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV Κινητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση C), υπαίθριο περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 1 . . . . .	142
Πίνακας 7.20	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V Κινητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση C), υπαίθριο περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 1. . . . .	142
Πίνακας 7.21	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV Κινητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση D), υπαίθριο περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 3. . . . .	143
Πίνακας 7.22	Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V Κινητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση D), υπαίθριο περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 3. . . . .	143
<hr/>		
Πίνακας 9.1	H.264 για μέγεθος οθόνης 320 × 240 . . . . .	163
Πίνακας 9.2	Διαστήματα φύλαξης στις 2K, 4K, 8K . . . . .	167
Πίνακας 9.3	Ρυθμοί μετάδοσης – Constellation . . . . .	167
Πίνακας 9.4	C/N για κινητό δίαυλο – Constellation . . . . .	168
Πίνακας 9.5	Location Correction Factor με standard deviation 3dB. . . . .	169
Πίνακας 9.6	Απαιτούμενες στάθμες σήματος για σχεδίαση με το ATDI, κλάσεις A,C και D. . . . .	170
<hr/>		
Πίνακας 10.1	Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών. . . . .	177
Πίνακας 10.2	Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την δεύτερη τοπολογία. . . . .	177



# Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγικά στοιχεία

## 1.1. Σύντομη περιγραφή – Βασικά χαρακτηριστικά

Το DVB-H είναι το πρότυπο που αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει εκπομπή ψηφιακού βίντεο σε κινητούς δέκτες. Είναι μια προέκταση του DVB-T το οποίο παρέχει την ίδια υπηρεσία αλλά σε σταθερές και φορητές τερματικές συσκευές. Τα κινητά τερματικά απαιτούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από το σύστημα μετάδοσης που τα εξυπηρετεί. Αρχικά ως συσκευές τροφοδοτούμενες από μπαταρία απαιτούν από το σύστημα μετάδοσης να παρέχει την δυνατότητα επαναλαμβανόμενης διακοπής της τροφοδοσίας για τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας της μπαταρίας. Δεύτερον αφού η υπηρεσία προορίζεται για κινητούς χρήστες πρέπει το σύστημα μετάδοσης να εξασφαλίζει ομαλή μετάβαση από κυψέλη σε κυψέλη χωρίς τη διακοπή της υπηρεσίας. Τρίτον αφού το περιβάλλον μετάδοσης αναμένεται να χαρακτηρίζεται από έντονη πολυδιαδρομική διάδοση και υψηλά επίπεδα θορύβου, πρέπει το σύστημα μετάδοσης να προσφέρει τα μέσα για τη μετρίαση της επίδρασης των φαινομένων αυτών. Ακόμη, για διάφορα σενάρια λήψης (σε εσωτερικό /εξωτερικό χώρο, μέσα σε κινούμενο όχημα) είναι απαραίτητο το σύστημα μετάδοσης να παρέχει αρκετή ελαστικότητα και να επιδέχεται κλιμακώσεις (scalability) ούτως ώστε η λήψη υπηρεσιών DVB-H να είναι δυνατή σε διάφορες ταχύτητες με παράλληλη βελτιστοποίηση κάλυψης. Παράλληλα καθώς το DVB-H προορίζεται για χρήση σε διάφορα μέρη του κόσμου το σύστημα μετάδοσης πρέπει να παρέχει ευελιξία σε ότι αφορά τις ζώνες συχνοτήτων μετάδοσης και τα εύρη ζώνης. Τέλος όλα τα παραπάνω πρέπει να επιτευχθούν με ένα σύστημα στηριγμένο στο DVB-T ούτως ώστε να έχουμε μέγιστη συμβατότητα με τα υπάρχοντα δίκτυα και υλοποιήσεις DVB-T.

Οι επεκτάσεις του DVB-H για να πληρούν τις παραπάνω απαιτήσεις εντοπίζονται στο φυσικό στρώμα και στο στρώμα ζεύξης δεδομένων.

Στο στρώμα ζεύξης δεδομένων οι προσθήκες του DVB-H είναι η λειτουργία «time slicing» και το «MPE-FEC». Το time slicing επιτρέπει στα τερματικά την επαναλαμβανόμενη διακοπή της τροφοδότησης από τη μπαταρία, μειώνοντας έτσι τη μέση κατανάλωση ενέργειας, και παράλληλα εξασφαλίζει την ομαλή μεταπομπή. Είναι υποχρεωτικό για το DVB-H. Το MPE-FEC (Forward Error Correction for Multiprotocol Encapsulated Data), το οποίο δεν είναι υποχρεωτικό, βελτιώνει την απόδοση του C/N, την απόδοση Doppler και την ανεκτικότητα σε ενδογενή παρεμβολή.

Στο φυσικό στρώμα υποχρεωτική είναι η σηματοδότηση μέσω των TPS-bits, η οποία ενισχύει και επιταχύνει τον εντοπισμό της υπηρεσίας. Επίσης, η πρόσθεση της κατάστασης λειτουργίας «4K mode» επιτρέπει τη λήψη σε μεσαίου μεγέθους SFN (Single Frequency Networks) για πολύ μεγάλες ταχύτητες, προσθέτοντας ευελιξία στη σχεδίαση του δικτύου. Τέλος είναι δυνατή η χρήση του χαρακτηριστικού «in-depth interleaving» στις καταστάσεις λειτουργίας 2K και 4K για την περαιτέρω ενίσχυση της επίδοσης σε κινητά περιβάλλοντα.

## **1.2. Σκοπός της εργασίας**

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των χαρακτηριστικών του προτύπου DVB-H, με έμφαση στα θέματα εκείνα που αφορούν τη σχεδίαση δικτύων για μετάδοση DVB-H περιεχομένου. Επίσης, επιχειρείται ο ενδεικτικός σχεδιασμός ενός τέτοιου δικτύου για την κάλυψη της περιοχής του Αμαρουσίου με το πρόγραμμα προσομοίωσης ATDI.

Αρχικά αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προτύπου DVB-H στο φυσικό στρώμα και στο στρώμα ζεύξης δεδομένων. Έπειτα γίνεται η σύγκριση των προτύπων DVB-H και DVB-T, εξετάζεται η κοινή τους χρήση και η συμβατότητά τους. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται οι υπηρεσίες στο DVB-H με βασικότερα σημεία τον τρόπο οργάνωσής τους, την πρόσβαση σε αυτές και την ιεραρχική διαμόρφωση. Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται θέματα σχετικά με τα δίκτυα DVB-H. Ύστερα

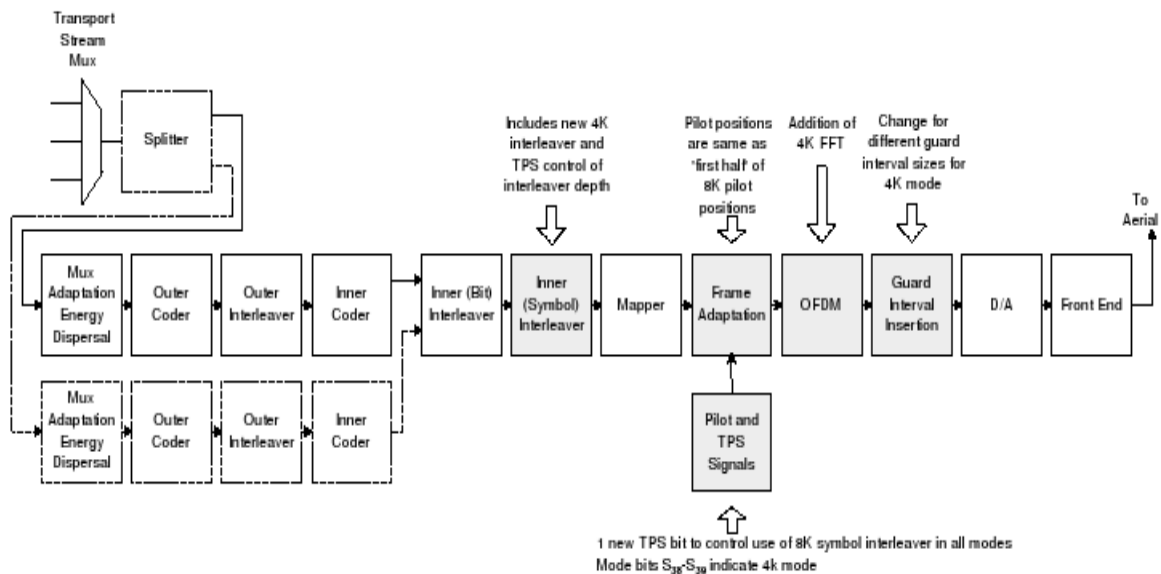
αναφέρεται το κριτήριο υποβάθμισης για το DVB-H. Το έβδομο κεφάλαιο περιλαμβάνει συστάσεις για το σχεδιασμό ραδιοκάλυψης σύμφωνα με το ITU-R 1546 για υπηρεσίες φορητής και κινητής λήψης. Στο επόμενο κεφάλαιο δίνονται στοιχεία από τα πιλοτικά προγράμματα που βρίσκονται σε εξέλιξη στην Ευρώπη. Τα δύο τελευταία κεφάλαια περιέχουν την ανάλυση και την προσομοίωση ραδιοκάλυψης της περιοχής του Αμαρουσίου με το λογισμικό ATDI, ICS Telecoms καθώς και τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτήν.

## Κεφάλαιο 2 - Τεχνικά Χαρακτηριστικά του DVB-H

### 2.1. Επεκτάσεις στο φυσικό στρώμα (σηματοδοσία TPS, λειτουργία 4K και in-depth interleaving )

#### 2.1.1. Λειτουργία 4K

Το DVB-H περιλαμβάνει μια νέα λειτουργία μετάδοσης στο φυσικό στρώμα του DVB-T χρησιμοποιώντας FFT μεγέθους 4096. Κατ' επέκταση των λειτουργιών μετάδοσης 2K και 8K, οι οποίες παρέχονται και από το DVB-T πρότυπο, η λειτουργία 4K προσφέρει επιπρόσθετη ευελιξία στο σχεδιασμό του δικτύου εξισορροπώντας την επίδοση κινητής λήψης και το μέγεθος των SFN δικτύων. Η λειτουργία 4K είναι απόλυτα συμβατή με την υπάρχουσα υποδομή για το DVB από πλευράς αρχιτεκτονικής αλλά και υλικού, απαιτώντας μόλις ελάχιστες ασήμαντες αλλαγές στο διαμορφωτή και αποδιαμορφωτή.



Σχήμα 2.1 Λειτουργικό μπλοκ διάγραμμα του συστήματος μετάδοσης DVB-H

Στην παραπάνω εικόνα εμφανίζονται τα στοιχεία του συστήματος DVB-T που επηρεάζονται από την προσθήκη της 4K λειτουργίας. Το πρώτο στοιχείο που επηρεάζεται είναι ο interleaver, ο οποίος μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί ως in-depth και γι' αυτό χρειάζεται και πρόσθετη σηματοδότηση μέσω των TPS bits. Τα θέματα αυτά επεξηγούνται περαιτέρω στις αντίστοιχες ενότητες. Έπειτα επηρεάζεται το μέγεθος των OFDM συμβόλων με την εισαγωγή του νέου 4K FFT. Τέλος επηρεάζεται το μέγεθος των διαστημάτων φύλαξης.

Η πρόσθετη αυτή λειτουργία 4K είναι ένας συμβιβασμός ανάμεσα στις 2K και 8K λειτουργίες. Έχει σκοπό να προσφέρει αντιστάθμιση ανάμεσα στο μέγεθος της κυψέλης ενός SFN και στην επίδοση κινητής λήψης, προσθέτοντας επιπλέον ευελιξία στο σχεδιασμό του δικτύου.

-Η 2K είναι κατάλληλη για μετάδοση σε υπερβολικά μεγάλες ταχύτητες, χάρη στο μεγάλο διάστημα ανάμεσα στα φέροντα (intercarrier spacing) που υλοποιεί. Ωστόσο, η μικρή διάρκεια συμβόλου, και συνεπώς τα μικρά guard intervals κάνουν τη λειτουργία 2K κατάλληλη μόνο για SFN με μικρό μέγεθος κυψέλης, καθιστώντας δύσκολο το σχεδιασμό φασματικά αποδοτικών δικτύων.

-Η λειτουργία 8K μπορεί να χρησιμοποιηθεί για SFN (και MFN) μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Εμφανίζει τέτοια ανοχή Doppler έτσι ώστε να επιτρέπει τη λήψη σε υψηλές ταχύτητες, οι οποίες δεν είναι επαρκώς υψηλές ώστε να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις όλων των σεναρίων λήψης που υπάρχουν στο DVB-H. Ενδεικτικές ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν με τη λειτουργία 8K, στα 500 MHz και χρησιμοποιώντας σχήμα κωδικοποίησης 16QAM είναι 65 χμ/ω για ρυθμό κωδικοποίησης 1/2 και 86 χμ/ω για 2/3. Αυτές οι ταχύτητες μπορούν να βελτιωθούν χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές εκτίμησης καναλιού (advanced channel estimation) και αντιμετώπισης της παρεμβολής φέροντος (ICI cancellation), αλλά αυτές οι μέθοδοι προσθέτουν κόστος, πολυπλοκότητα και κατανάλωση ενέργειας στο δέκτη και έρχονται σε αντίθεση με τις προοπτικές του DVB-H.

-Η λειτουργία 4K υποστηρίζει μικρού και μεσαίου μεγέθους SFN, εξαιτίας της μεγαλύτερης διάρκειας συμβόλου και των διαστημάτων φύλαξης (guard intervals), επιτρέποντας τη δημιουργία SFN με μεσαίο μέγεθος κυψελών και διευκολύνοντας το σχεδιασμό αποδοτικών δικτύων από πλευράς φάσματος. Αν και η λειτουργία 8K προσφέρει μεγαλύτερο μέγεθος κυψέλης, άλλα πλεονεκτήματα προκύπτουν από τη χρήση της 4K. Έχοντας διάρκεια συμβόλου μικρότερη από αυτήν της 8K, παρέχει επίδοση σε κινητή λήψη αρκετή για διάφορα σενάρια λήψης υπηρεσιών DVB-H, αν και σαφώς χειρότερη από την επίδοση που προσφέρει η 2K. Επίσης, η μικρότερη διάρκεια συμβόλου από την 8K και τα μεγαλύτερα διαστήματα ανάμεσα στα φέροντα επιτρέπουν κινητή λήψη με εκτιμητές καναλιού με αισθητά μικρότερη πολυπλοκότητα, μειώνοντας έτσι και την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος του DVB-H δέκτη.

Η εισαγωγή της λειτουργίας 4K παρέχει έναν πολύ καλό συμβιβασμό ανάμεσα στις δυο πλευρές ενός DVB-H δικτύου: αποδοτική χρήση του φάσματος από την πλευρά του δικτύου και υψηλή κινητικότητα από την πλευρά του χρήστη. Επίσης αυξάνει τις επιλογές σχεδίασης ενός δικτύου εξισορροπώντας παράλληλα τη γεωγραφική κάλυψη, τη φασματική απόδοση και την κινητικότητα λήψης.

4K mode expected mobile performances in TU6 channel profile															
GI = 1/4				2K				4K				8K			
Code Rate	Bitrate	C/N Rayleigh	C/N min	Fd max	At C/N min + 3dB		C/N min	Fd max	At C/N min + 3dB		C/N min	Fd max	At C/N min + 3dB		
					Fd	500 MHz			Fd	500 MHz			Fd	500 MHz	
QPSK	1/2	4,98 Mbps	5,4 dB	13,0 dB	201 Hz	109 Hz	305 km/h	13,0 dB	133 Hz	112 Hz	242 km/h	13,0 dB	65 Hz	55 Hz	119 km/h
QPSK	2/3	6,64 Mbps	8,4 dB	16,0 dB	167 Hz	135 Hz	291 km/h	16,0 dB	111 Hz	90 Hz	194 km/h	16,0 dB	55 Hz	45 Hz	97 km/h
16-QAM	1/2	9,95 Mbps	11,2 dB	18,5 dB	142 Hz	114 Hz	246 km/h	18,5 dB	96 Hz	77 Hz	166 km/h	18,5 dB	50 Hz	40 Hz	86 km/h
16-QAM	2/3	13,27 Mbps	14,2 dB	21,5 dB	113 Hz	96 Hz	207 km/h	21,5 dB	74 Hz	63 Hz	136 km/h	21,5 dB	35 Hz	30 Hz	65 km/h
64-QAM	1/2	14,93 Mbps	16,0 dB	23,5 dB	90 Hz	75 Hz	162 km/h	23,5 dB	60 Hz	50 Hz	108 km/h	23,5 dB	30 Hz	25 Hz	54 km/h
64-QAM	2/3	19,91 Mbps	19,3 dB	27,0 dB	52 Hz	39 Hz	84 km/h	27,0 dB	36 Hz	27 Hz	58 km/h	27,0 dB	20 Hz	15 Hz	32 km/h

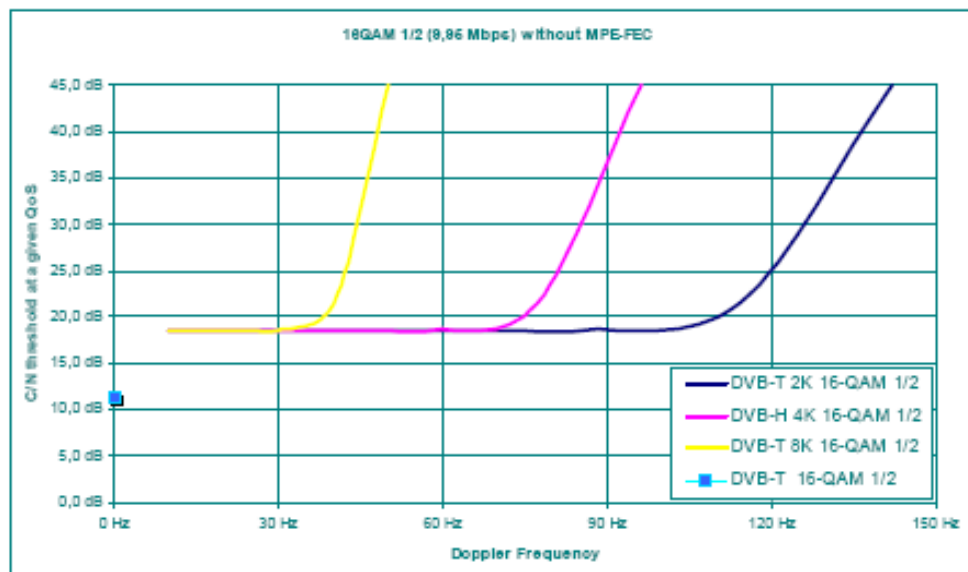
**Πίνακας 2.1** C/N για PER=10<sup>-4</sup> σε αστικό περιβάλλον και ενδεικτικές ταχύτητες για 2K,4K και 8K

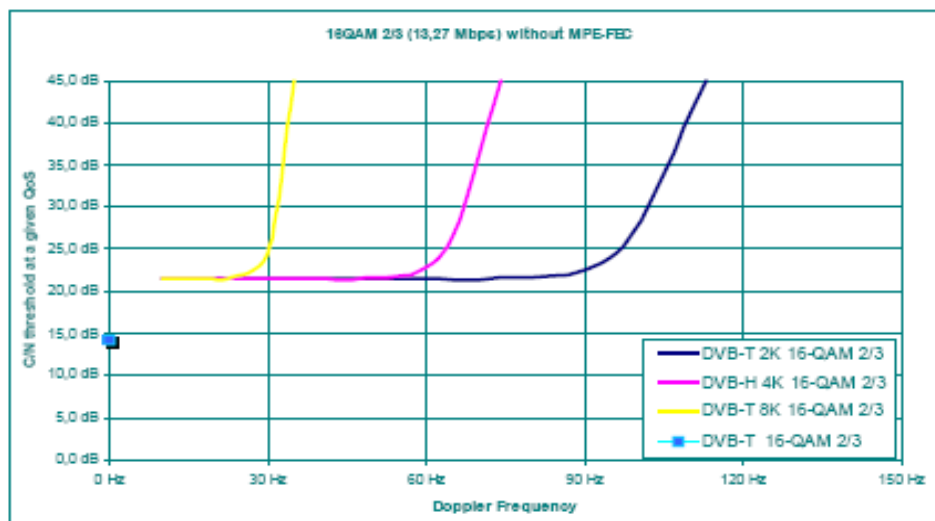
Ο λόγος C/N δεν επηρεάζεται από το μέγεθος του FFT και συνεπώς είναι ο ίδιος για όλες τις λειτουργίες μετάδοσης και επιπλέον για όλους τους τύπους διαύλων - Gaussian, Rice και Rayleigh-. Παράλληλα η λειτουργία 4K παρέχει χοντρικά 2 φορές καλύτερη

επίδοση Doppler. Με αυτά τα δεδομένα και κάνοντας γραμμική παρεμβολή προκύπτει ο παραπάνω πίνακας ο οποίος περιγράφει τις δυνατές ταχύτητες και το C/N για τις διάφορες λειτουργίες και με διάφορα σχήματα διαμόρφωσης.

Από τον πίνακα αυτό είναι εμφανές ότι η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί με τη λειτουργία 8K είναι τα 119 χμ/ω στην ιδανική περίπτωση. Η ταχύτητα αυτή δεν είναι αρκετή για να καλύψει για παράδειγμα το σενάριο στο οποίο ένας δέκτης καταναλώνει υπηρεσία DVB-H μέσα σε ένα αυτοκίνητο που κινείται με ταχύτητα 130 χμ/ω.

Επίσης στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις για τις τρεις λειτουργίες μετάδοσης και χρησιμοποιώντας το 16QAM ως σχήμα διαμόρφωσης, είναι ξεκάθαρο πως η επίδοση στη μέγιστη ταχύτητα για τη λειτουργία 4K είναι επαρκής για την ποιότητα υπηρεσίας στην οποία στοχεύει το DVB-H, σε σύγκριση με τις άλλες λειτουργίες.





**Σχήμα 2.2** Η λειτουργία 4K σε σύγκριση με τις 2K και 8K

*Σημείωση:* Στις παραπάνω παραστάσεις μια προσέγγιση της ταχύτητας μπορεί χοντρικά να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τη συχνότητα Doppler επί δύο.

Όσον αφορά το πεδίο του χρόνου, ο σχεδιασμός SFN είναι αρκετά απλός με την 4K λειτουργία. Η θεωρητική ακτίνα μιας SFN περιοχής είναι ανάλογη με τη μέγιστη αποδεκτή από το σύστημα μετάδοσης καθυστέρηση, η οποία εξαρτάται από την τιμή του διαστήματος φύλαξης. Για την 4K λειτουργία η ακτίνα αυτή είναι διπλάσια απ’ ότι στην 2K και μισή σε σχέση με την 8K.

Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει τα μεγέθη των διαστημάτων φύλαξης για τις τρεις λειτουργίες.

OFDM parameter	Mode		
	2K	4K	8K
Overall carriers (= FFT size)	2048	4096	8192
Modulated carriers	1705	3409	6817
Useful carriers	1512	3024	6048
OFDM symbol duration (μs)	224	448	896
Guard interval duration (μs)	7,14,28,56	14,28,56,112	28,56,112,224
Carrier spacing (kHz)	4.464	2.232	1.116
Maximum distance of transmitters (km)	17	33	67

**Πίνακας 2.2** Διαστήματα φύλαξης (guard intervals) για 2K,4K και 8K



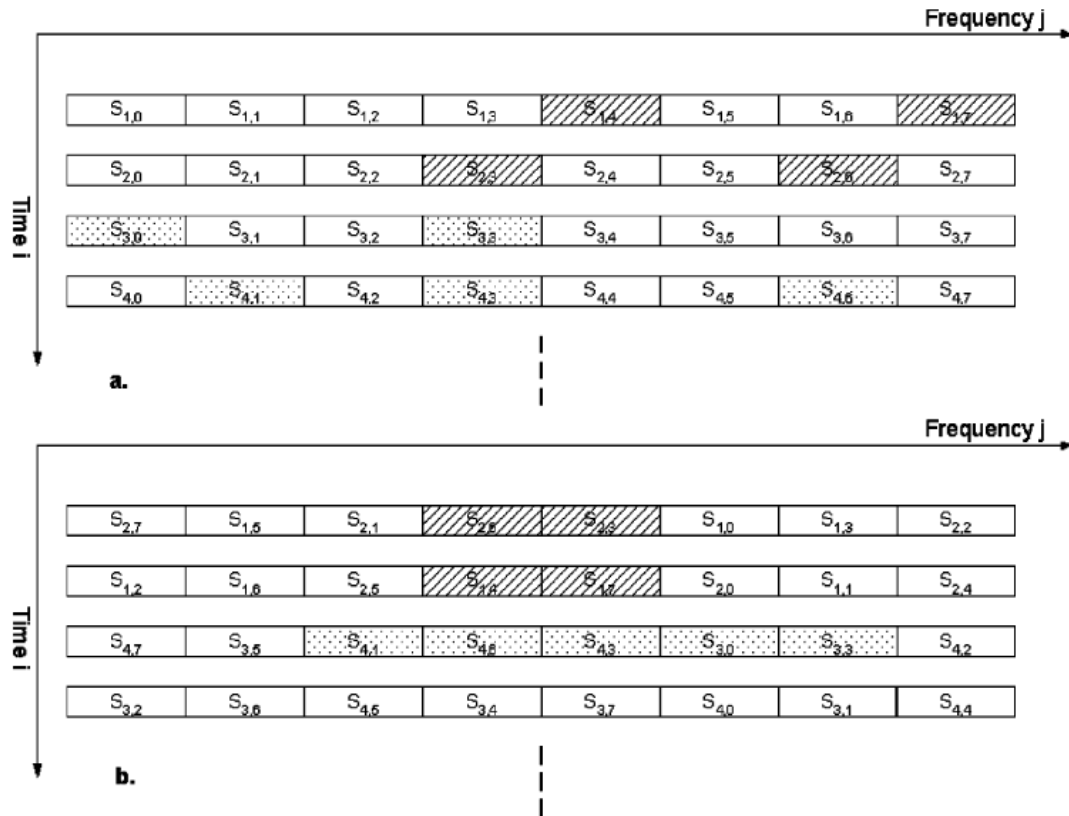
Τελικά, το μεγάλο πλεονέκτημα που επιτυγχάνεται με την εισαγωγή της λειτουργίας 4K από πλευράς σχεδίασης του δικτύου είναι ότι προσφέρει μέγεθος κυψέλης με διπλάσια ακτίνα απ' ό,τι η λειτουργία 2K και διπλά καλύτερη επίδοση Doppler από την 8K, υποστηρίζοντας παράλληλα την κινητή λήψη της υπηρεσίας DVB-H σε λογικές ταχύτητες και χωρίς να προσθέτει σημαντικό κόστος στο δίκτυο.

### ***2.1.2. In-depth interleaver για τις λειτουργίες 2K και 4K***

Η μεγαλύτερη διάρκεια συμβόλου της λειτουργίας 8K την καθιστά πιο ανθεκτική σε ενδογενή παρεμβολή. Αυτό συμβαίνει επειδή η ισχύς του ενδογενούς θορύβου που μπορεί να εμφανιστεί κατανέμεται επάνω σε 8192 φέροντα (sub-carriers) από τον FFT στον αποδιαμορφωτή. Στις λειτουργίες 2K και 4K η ίδια ισχύς θορύβου θα μοιραστεί πάνω σε 2048 και 4096 φέροντα αντίστοιχα. Έτσι η ισχύς του θορύβου ανά φέρον είναι διπλάσια για τη λειτουργία 4K και τετραπλάσια για την 2K σε σύγκριση με την 8K.

Η χρήση του 8K «symbol interleaver» για τις 2K και 4K βοηθάει στην κατανομή του ενδογενούς θορύβου επάνω σε 4 ή 2 σύμβολα αντίστοιχα. Οι λειτουργίες αυτές εκμεταλλεύονται τη διαθέσιμη μνήμη του 8K «interleaver» για να βελτιώσουν τη λήψη και την προστασία απέναντι σε ενδογενή θόρυβο που προκαλούνται π.χ. από συστήματα εκκίνησης μηχανών ή από διάφορες ηλεκτρικές συσκευές. Αν μόνο ένα σύμβολο υποστεί ενδογενή θόρυβο, τότε στην έξοδο του interleaver 1 στα 4 διαδοχικά σύμβολα στην περίπτωση της λειτουργίας 2K θα είχε θόρυβο, ενώ 1 στα 2 στην περίπτωση της 4K.

Η βασική ιδέα του in-depth interleaving απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα που παρουσιάζει την περίπτωση για τη λειτουργία 4K.



Σχήμα 2.3 In-depth interleaving

Η εικόνα παρουσιάζει τα σύμβολα OFDM στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Κάθε OFDM σύμβολο στο χρόνο  $i$  έχει  $j$  φέροντα. Για λόγους απλότητας στο παράδειγμα κάθε σύμβολο έχει μόνο 8 φέροντα. Χωρίς τη χρήση του in-depth interleaver η επαναδιάταξη των φερόντων του συμβόλου θα γινόταν ξεχωριστά για κάθε OFDM σύμβολο. Ωστόσο, με τη χρήση του in-depth interleaver η επαναδιάταξη αυτή θα γίνει για 2 διαδοχικά σύμβολα. Έτσι ένα λάθος που βρίσκεται συγκεντρωμένο σε κάποια φέροντα, είτε στο πεδίο του χρόνου είτε στις συχνότητες, κατανέμεται πιο ομοιόμορφα και αυξάνει τις πιθανότητες για ορθή αποκωδικοποίηση αυτών των bits. Η περίπτωση της λειτουργίας 2K είναι παρόμοια με μόνη διαφορά την κατανομή των λαθών επάνω σε 4 σύμβολα κάθε φορά και συνεπώς το ακόμα μεγαλύτερο όφελος από το in-depth interleaving.

Η εισαγωγή του in-depth interleaving, αν και επηρεάζει το φυσικό στρώμα μετάδοσης, δε δημιουργεί νέες απαιτήσεις στην πολυπλοκότητα του εξοπλισμού καθώς οποιοσδήποτε δέκτης ήδη διαθέτει μνήμη για τη διαχείριση σημάτων της 8K λειτουργίας, η οποία είναι αρκετή και για την 4K λειτουργία.

### ***2.1.3. Σηματοδοσία TPS-bit***

Η σηματοδοσία με TPS bits παρουσιάζει μεγάλη ευρωστία καθώς η ανίχνευση του TPS σε κάποιον αποδιαμορφωτή μπορεί να γίνει ακόμα και με πολύ μικρή τιμή C/N. Επίσης είναι πολύ γρηγορότερο να αποδιαμορφωθεί η πληροφορία που μεταφέρεται στα TPS bits παρά στην επικεφαλίδα του MPE. Έτσι τα TPS bits χρησιμοποιούνται στο DVB-H για την ένδειξη του time slicing, του MPE-FEC και της λειτουργίας 4K.

Μη χρησιμοποιούμενοι συνδυασμοί των ήδη χρησιμοποιούμενων από το DVB-T TPS bits χρησιμοποιούνται για να σηματοδοτήσουν τη λειτουργία 4K για χρήση σε δίκτυα αφιερωμένα αποκλειστικά για μετάδοση DVB-H υπηρεσιών, τον τρόπο λειτουργίας του interleaver (in-depth ή native) και το αναγνωριστικό κελιού (cell identifier), το οποίο ενώ ήταν προαιρετικό για το DVB-T είναι υποχρεωτικό στο DVB-H (Στα SFN δίκτυα το αναγνωριστικό κελιού είναι ίδιο σε όλο το δίκτυο).

Δύο επιπλέον μη χρησιμοποιούμενα TPS bits έχουν δεσμευτεί από το DVB-H για τη σηματοδότηση του time slicing, όταν υπάρχει τουλάχιστον μια time-sliced υπηρεσία DVB-H στο δίαυλο μετάδοσης, και του MPE-FEC, όταν υπάρχει τουλάχιστον μια υπηρεσία DVB-H προστατευμένη από MPE-FEC στο δίαυλο μετάδοσης.

Στα μη ιεραρχικά δίκτυα τα bits σηματοδότησης του time-slicing και του MPE-FEC είναι σταθερά καθώς αυτές οι παράμετροι παραμένουν αμετάβλητες. Στην περίπτωση των ιεραρχικών δικτύων οι ενδείξεις για το time-slicing και το MPE-FEC σηματοδοτούν

ανεξάρτητα τις παραμέτρους του κάθε ρεύματος HP ή LP, χρησιμοποιώντας τα διαδοχικά OFDM frames του super-frame.

## **2.2. Επεκτάσεις στο στρώμα ζεύξης δεδομένων**

### **2.2.1. Τα κύρια θέματα που απαιτούν λύση**

Τα κυριότερα θέματα που καλείται να ‘λύσει’ το πρότυπο DVB-H είναι η κατανάλωση ενέργειας, η μεταπομπή και η επίδοση RF για κινητή λήψη από μια κεραία.

Η λειτουργία Time Slicing και το MPE-FEC παρέχουν λύσεις για τα θέματα αυτά.

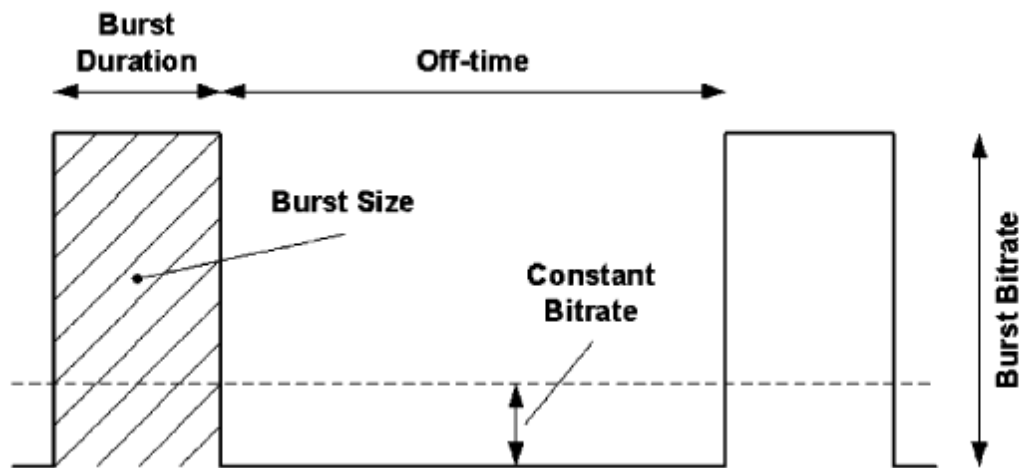
### **2.2.2. Πως το Time slicing παρέχει λύση**

Οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται στα κινητά τερματικά απαιτούν σχετικά χαμηλά bitrates. Το μέγιστο bitrate για υπηρεσίες audio/video μεταδιδόμενες μέσω IP σε στοιχειώδη ρεύματα (ES) χρησιμοποιώντας προηγμένη τεχνολογία συμπίεσης (π.χ. MPEG-4) είναι της τάξης μερικών εκατοντάδων Kilobits ανά δευτερόλεπτο (Kbps). Κάποιες άλλες υπηρεσίες, όμως, όπως το κατέβασμα αρχείων μπορεί να χρειάζονται αρκετά μεγαλύτερα bitrates.(π.χ. 10Mb/s) Συνεπώς υπάρχει ανάγκη από ευελιξία στα bitrates.

Το σύστημα μετάδοσης DVB συνήθως παρέχει bitrate των 10Mbps ή και περισσότερο. Αυτό προσφέρει τη δυνατότητα να μειωθεί σημαντικά η μέση κατανάλωση ενέργειας του δέκτη DVB εισάγοντας μια μέθοδο βασισμένη στην Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου (Time Division Multiplexing). Αυτή η μέθοδος καλείται time slicing.

Η φιλοσοφία του time slicing βασίζεται στην αποστολή δεδομένων σε ριπές ('bursts') (data bursts) χρησιμοποιώντας ένα αρκετά μεγαλύτερο bitrate σε σχέση με αυτό που θα απαιτείτο αν η αποστολή δεδομένων ήταν συνεχόμενη. Κατά τη διάρκεια του χρόνου μεταξύ των bursts (off-time) η λήψη διακόπτεται και σταματάει η τροφοδότηση από την

μπαταρία. Μέσα σε ένα burst υποδεικνύεται ο χρόνος μέχρι την επόμενη αποστολή δεδομένων από μια παράμετρο, που βρίσκεται στην επικεφαλίδα όλων των τμημάτων του burst, την 'delta\_t'. Μεταξύ των bursts τα δεδομένα του ES (Elementary Stream) δεν μεταδίδονται επιτρέποντας έτσι σε bursts από άλλα ES να μεταδίδονται. Έτσι ο Δέκτης μένει ενεργός (τροφοδοτείται) για ένα μέρος του χρόνου ενώ δέχεται bursts από μια ζητούμενη υπηρεσία. Σε περίπτωση που απαιτείται χαμηλότερο συνεχόμενο bitrate από την κινητή τερματική συσκευή αυτό μπορεί να γίνει με αποθήκευση των λαμβανομένων bursts.



Σχήμα 2.4 Αρχή του time slicing

Ο χρόνος μεταξύ των bursts καθώς και το μέγεθός τους δεν είναι ανάγκη να είναι σταθερά χάρη στην ευελιξία που προσφέρει η παράμετρος delta\_t. Άρα ένα video stream κωδικοποιημένο με μεταβλητό bitrate μπορεί να χρησιμοποιεί μεταβλητό μέγεθος burst και/ή μεταβλητό χρόνο μεταξύ των bursts. Πρέπει να τονιστεί ότι ένα burst μπορεί να περιέχει αρκετές υπηρεσίες που θα έχουν κοινό Packet IDentifier (PID) αλλά μπορούν π.χ. να διακρίνονται από διαφορετικές διευθύνσεις IP.

Για παράδειγμα εάν το μέσο bitrate του ES είναι 500kb/s, το peak bitrate είναι 10Mb/s και το μέγεθος του burst είναι 2Mb τότε η διάρκεια του burst θα είναι 200ms και το burst cycle time θα είναι 4s (βλ. σχήμα 2.4). Όμως ο δέκτης θα πρέπει να 'ξυπνήσει' λίγο πριν την άφιξη του burst για να συγχρονιστεί και να είναι έτοιμος να λάβει τα τμήματα MPE. Υποθέτοντας ότι χρειάζεται 200ms για την όλη προετοιμασία συμπεριλαμβάνοντας και ένα περιθώριο για  $\Delta t_{jitter}$  η εξοικονόμηση ενέργειας στο παράδειγμα φτάνει το 90%. Είναι πιθανόν οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται στο time slicing να είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ εξοικονόμησης ενέργειας και άλλων παραγόντων όπως ο χρόνος πρόσβασης υπηρεσιών και η απόδοση RF συχνοτήτων.

Για να έχουμε μια επαρκή εξοικονόμηση ενέργειας το Burst Bitrate (Bb) πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές το Constant bitrate της αποσταλμένης υπηρεσίας.

Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται από το duty cycle του time slicing. Υποθέτουμε 10% duty cycle που σημαίνει 90% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Οι εκτιμήσεις αυτές λαμβάνουν υπόψη το duty cycle καθώς και την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας που οφείλεται στο MPE-FEC. Τα αποτελέσματα εκτιμούν περίπου 1mW με 2mW για το MPE-FEC.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι εκτιμήσεις αυτές για την κατανάλωση ενέργειας υποθέτουν ότι όλες οι κωδικοποιημένες λέξεις RS (Reed Solomon) αποκωδικοποιούνται πάντα.

Παρόλα αυτά για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου σε κανονικές συνθήκες λήψης η αποκωδικοποίηση RS δεν θα χρησιμοποιείται, διότι το TS (Transport Stream) του MPEG-2 είναι ήδη πλήρως διορθωμένο και έτσι δεν χρειάζεται αποκωδικοποίηση MPE-FEC. Ακόμη και σε περιπτώσεις που το MPE-FEC χρησιμοποιείται, αυτό μπορεί να γίνει σε κάποιο υποσύνολο από τα λαμβανόμενα bursts. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για ένα συνδυασμό συνθηκών λήψης το MPE-FEC θα καταναλώνει τα επιπλέον 2mW όπως εκτιμήθηκε μόνο περιστασιακά. Έτσι η επίδραση στο χρόνο ζωής της μπαταρίας είναι αμελητέα.

## Μεταπομπή

Η τεχνολογία time slicing έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί το δέκτη για ανίχνευση γειτονικών κυψέλων κατά τη διάρκεια του χρόνου μεταξύ των bursts (off-time) που η λήψη διακόπτεται. Με την ολοκλήρωση της μεταγωγής μεταξύ των ρευμάτων μεταφοράς κατά τη διάρκεια μιας περιόδου «off» η λήψη της υπηρεσίας γίνεται ομαλά και χωρίς να διακόπτεται. Πρέπει να τονιστεί ότι η δυνατότητα αυτή της ‘σιωπηλής’ αξιολόγησης εναλλακτικών συχνοτήτων χωρίς να επηρεάζεται η λήψη που βρίσκεται σε εξέλιξη είναι ένα πάρα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του DVB-H συστήματος.

Με κατάλληλο προγραμματισμό τα bursts ενός ορισμένου ρεύματος IP μπορούν να συγχρονιστούν μεταξύ γειτονικών κυψελών με τέτοιο τρόπο που ο δέκτης θα μπορεί να συντονιστεί στις γειτονικές κυψέλες και να συνεχίζει να λαμβάνει το ρεύμα IP χωρίς να χάνει δεδομένα.

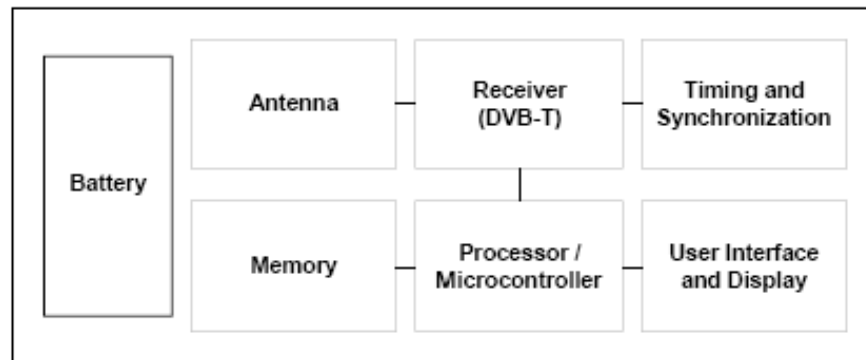
Σημειώνεται ότι στα SFN (Single Frequency Network) η μεταπομπή χρειάζεται όταν το τερματικό αλλάζει δίκτυο αφού όλοι οι πομποί στο SFN διαμορφώνουν μια μοναδική κυψέλη.

### ***2.2.3. Η εφαρμογή Time slicing***

#### ***2.2.3.1. Δέκτης***

Εισάγουμε μια οντότητα που καλούμε ‘Δέκτη’. Η οντότητα αυτή υποθέτουμε ότι υποστηρίζει κάποιες από τις λειτουργίες ενός παραδοσιακού δέκτη IRD (IRD = Integrated Receiver Decoder), συμπεριλαμβανομένων ειδικά RF τμήματος, αποκωδικοποίησης καναλιών και αποπολυπλεξίας. Ο Δέκτης υποστηρίζει πρόσβαση σε υπηρεσίες που στέλνονται δια μέσου μετάδοσης DVB σε κινητά τερματικά.

Το time slicing επιτρέπει στο τμήμα του Δέκτη να σβήνει περιοδικά, κι έτσι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας.



Σχήμα 2.5 Κινητό τερματικό DVB-H

### 2.2.3.2. Διαστρωμάτωση

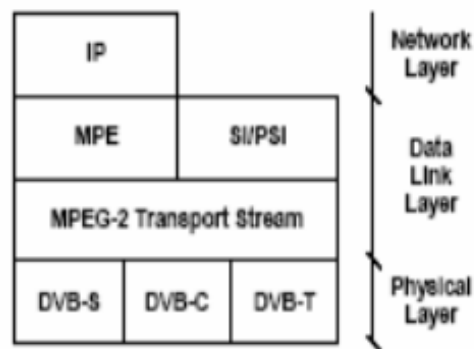
Αποκωδικοποιώντας βίντεο/ήχο (κωδικοποιημένο σε MPEG-2) μεγάλου εύρους ζώνης ξοδεύεται αρκετή ενέργεια. Επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί ως κατάλληλη επιλογή για ένα κινητό τερματικό. Παράλληλα υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους το time slicing δεν είναι βολικό για υπηρεσίες που απαιτούν υψηλό bitrate, εκ των οποίων ένας λόγος είναι ότι δεν είναι εφικτό ένα λογικό μήκος για το off-time (το bitrate που απαιτείται από την υπηρεσία είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με το bitrate που υποστηρίζεται από το σύστημα μετάδοσης).

Η χρήση Internet Protocol επιτρέπει την αποσύνδεση της κωδικοποίησης από την μεταφορά, ανοίγοντας έτσι την πόρτα σε χαρακτηριστικά που ωφελούν τα κινητά τερματικά όπως αρκετές μεθόδους αποκωδικοποίησης, που απαιτούν λίγη ενέργεια στον αποκωδικοποιητή. Επομένως το IP είναι το πρωτόκολλο επιπέδου 3 (OSI) που χρησιμοποιείται στα κινητά τερματικά. Επίσης το IP δεν είναι ευαίσθητο στο «buffering» ή καθυστερήσεις στην μετάδοση (αντίθετα με το MPEG-2). Άρα το IP ταιριάζει καλά και σε κινητά τερματικά αλλά και σε μετάδοση που υφίσταται time slicing.



Το IPv6 μπορεί να είναι ακόμη καλύτερο σε κινητά περιβάλλοντα (συγκρινόμενο με το IPv4). Επομένως το IPv6 μπορεί να προτιμάται σαν επιλογή στην διεπαφή της εκπομπής. Ωστόσο το time slicing και το MPE-FEC μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με το IPv4 και το IPv6. Επομένως δεν θα γίνεται διαχωρισμός των δύο εκδόσεων IP όποτε αναφερόμαστε σε time slicing και/ή MPE-FEC.

Το DVB έχει ορίσει τέσσερις μεθόδους για εκπομπή δεδομένων. Τις εξής: Data Piping, Data Streaming, Multi-Protocol Encapsulation (MPE) και Data Carousel. Και οι τέσσερις αυτές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποστολή IP. Οι Data Piping και Data Streaming χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια. Η μέθοδος Data Carousel υποστηρίζει αποστολή αρχείων και άλλων αντικειμένων δεδομένων (data objects) αλλά δεν ταιριάζει για υπηρεσίες streaming. Επίσης η εγκατάσταση time slicing σε Data Carousel μπορεί να είναι δύσκολη. Το Multi-Protocol Encapsulation ταιριάζει σε αποστολή υπηρεσιών streaming αλλά και για αποστολή αρχείων και άλλων data objects (αντικειμένων δεδομένων). Ας σημειωθεί ότι το DVB έχει καθορίσει ανάλυση διεύθυνσης IP (IP address resolution) σε MPE - δηλαδή πίνακα INT (IP/MAC Notification Table). Επίσης το MPE υποστηρίζει αποστολή και άλλων πρωτοκόλλων, δίνοντας μεγαλύτερη ευελιξία. Τελικά η εγκατάσταση του time slicing σε MPE είναι απλή.



**Σχήμα 2.6** Αναμενόμενη στοιβή πρωτοκόλλων για μετάδοση IP δεδομένων σε DVB

### 2.2.3.3. Εφαρμογή στο στρώμα ζεύξης δεδομένων

Στο στρώμα ζεύξης δεδομένων (OSI – στρώμα 2), το time slicing μπορεί καταρχήν να εγκατασταθεί είτε στο επίπεδο MPE (το delta-t μεταδίδεται στο τμήμα MPE) είτε στο επίπεδο του Ρεύματος Μεταφοράς (TS) (το delta-t να μεταδίδεται μέσα από το transport\_packet).

Το time slicing πρέπει να εγκατασταθεί στο επίπεδο MPE για τους παρακάτω λόγους:

- Απλή και φθηνή εγκατάσταση στην πλευρά του δέκτη. Μπορεί να εγκατασταθεί χρησιμοποιώντας υπάρχων hardware αφού η διαχείριση παραμέτρων πραγματικού χρόνου μπορεί να εφαρμοστεί στο λογισμικό. Ανάλογα με την εγκατάσταση το time slicing μπορεί να υιοθετηθεί ακόμη και από υπάρχοντες IRDs ενημερώνοντας απλά το λογισμικό του συστήματος.
- Απλή και φθηνή εγκατάσταση στη πλευρά του δικτύου. Όλες οι απαιτούμενες λειτουργίες μπορούν να εγκατασταθούν στον ενθυλακωτή IP.
- Η αποστολή παραμέτρων πραγματικού χρόνου δεν επιδρά στο bitrate. Οι παράμετροι μπορούν να αποσταλούν στο πεδίο MAC\_address.
- «Backward» συμβατό. Η προδιαγραφή MPE ορίζει μια μέθοδο για την τοποθέτηση ενός μέρους του πεδίου MAC\_address για άλλες χρήσεις. Το ελάχιστο μήκος της MAC\_address είναι ένα byte επιτρέποντας μέχρι και πέντε bytes να χρησιμοποιηθούν για παραμέτρους πραγματικού χρόνου. Στην περίπτωση του time slicing, η λειτουργία του φιλτραρίσματος μπορεί να χρησιμοποιήσει την MAC\_address και/ή την IP address.

### 2.2.3.4. Μέθοδος Delta-t

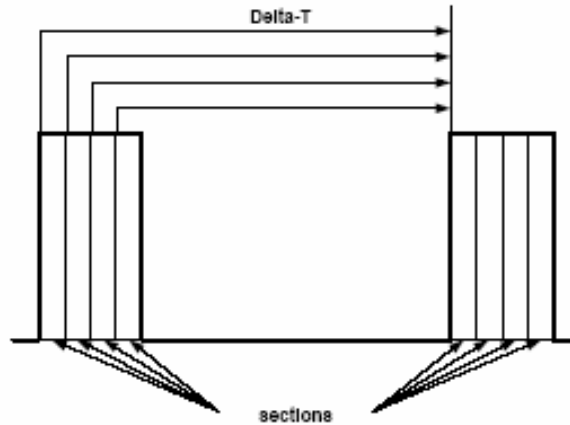
Ο βασικός στόχος της μεθόδου delta-t είναι να σηματοδοτήσει τον χρόνο από την αρχή του MPE (ή MPE-FEC ) που λαμβάνεται, έως την αρχή του επόμενου burst στο

Στοιχειώδες Ρεύμα (ES). Για να κρατηθεί το delta-t ανεπηρέαστο από οποιεσδήποτε συνεχόμενες καθυστερήσεις στη διαδρομή μετάδοσης, η πληροφορία συγχρονισμού delta-t είναι σχετική.

Με την αποστολή του delta-t σε τμήματα MPE (ή MPE-FEC) δεν υπάρχει η ανάγκη για συγχρονισμό ρολογιών μεταξύ του πομπού και του Δέκτη. Αυτό είναι αρκετά εύελικτο αφού παράμετροι όπως «Burst Size», «Burst Duration», «Burst Bitrate» και «Off-time» μπορούν να ποικίλουν μεταξύ στοιχειωδών ρευμάτων αλλά και μεταξύ bursts σε ένα στοιχειώδες ρεύμα. Ο Δέκτης πρέπει να είναι επαρκώς ακριβής για ένα Off-time μόνον επειδή το ρολόι ξαναξεκινάει σε κάθε burst.

Σε μια επικεφαλίδα του τμήματος MPE, ένα πεδίο από 6 byte είναι τοποθετημένο για τη MAC\_address. Το μήκος της MAC\_address σηματοδοτείται στον data\_broadcast\_descriptor που περιλαμβάνεται στο SDT (Service Description Table) ή στο EIT (Event Information Table). Το ελάχιστο μήκος MAC\_address είναι ένα byte αφήνοντας μέχρι πέντε bytes για άλλη χρήση. Αυτό δίνει ένα επιπλέον πλεονέκτημα, αφού δεν απαιτείται επιπλέον bitrate για αποστολή τέτοιων παραμέτρων. Ας σημειωθεί ότι η μετάδοση των πέντε bytes είναι υποχρεωτική ανεξαρτήτως αν χρησιμοποιούνται για MAC\_address ή όχι.

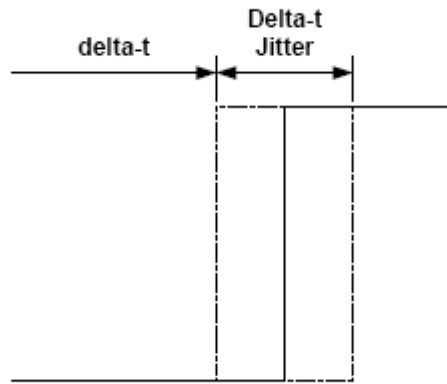
Στην περίπτωση των multicast ρευμάτων IP η MAC\_address είναι ουσιαστικά περιττό δεδομένο, αφού είναι μια λειτουργία του γκρουπ «multicast IP address». Για όλα τα ρεύματα IP, η επικεφαλίδα του IP datagram που ακολουθεί αμέσως μετά την επικεφαλίδα του τμήματος MPE περιλαμβάνει τις διευθύνσεις πηγής και προορισμού προσδιορίζοντας μοναδικά το ρεύμα IP. Ο Δέκτης μπορεί είτε να αγνοήσει εντελώς την MAC\_address, φιλτράροντας τις διευθύνσεις IP μόνο, είτε να χρησιμοποιήσει το ένα byte της MAC\_address για να διαφοροποιήσει τα ρεύματα IP μέσα στο στοιχειώδες ρεύμα. Ακόμη και αν εφαρμοστεί φιλτράρισμα στον αποπολυπλέκτη μόνο στο επίπεδο τμήματος, το στρώμα IP θα ήταν σε θέση να φιλτράρει οποιαδήποτε IP datagrams που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί, βασισμένο σε διευθύνσεις IP.



Σχήμα 2.7 MPE sections και delta\_t ένδειξη

Σε συνθήκες κακής λήψης, τμήματα ενός burst μπορεί να χαθούν. Εάν χαθεί η πληροφορία του delta-t, ο Δέκτης δεν θα μπορεί να ξέρει τον χρόνο του επόμενου burst επομένως είναι αναγκασμένος να παραμείνει ανοιχτός περιμένοντας το επόμενο burst. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση το delta-t (μαζί και με άλλες παραμέτρους πραγματικού χρόνου) αποστέλλονται στην επικεφαλίδα κάθε τμήματος MPE και MPE-FEC μέσα σε ένα burst. Ακόμη και σε συνθήκες πολύ κακής λήψης, εάν μόνο ένα τμήμα MPE ή MPE-FEC ληφθεί, υπάρχει πρόσβαση σε κατάλληλη delta-t πληροφορία και επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας.

Αφού το delta-t δείχνει το σχετικό χρόνο και όχι τον απόλυτο, η μέθοδος δεν είναι ευαίσθητη σε συνεχόμενες καθυστερήσεις στη διαδρομή μετάδοσης. Ωστόσο, το jitter επιδρά στην ακρίβεια του delta-t. Αυτό το jitter αργότερα αναφέρεται και σαν Delta-t Jitter. Εάν το delta-t δείχνει το συντομότερο δυνατό χρόνο που θα ξεκινήσει το επόμενο burst, οποιοδήποτε Delta-t Jitter μπορεί να διαχειριστεί μειώνοντας το delta-t και άρα μειώνοντας και την ακρίβεια του delta-t. Ας σημειωθεί όμως ότι η ακρίβεια του delta-t επιδρά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι δυνατόν να γίνει μια εκτίμηση για το jitter στον δέκτη, για να εξασφαλιστεί ότι ο χρόνος ξυπνήματος (wakeup time) για το επόμενο burst δεν θα αργήσει πολύ λόγω της καθυστέρησης του παρόντος burst.



Σχήμα 2.8 Delta\_t jitter

Για το time slicing, ένα Delta-t Jitter των 10ms είναι αποδεκτό, και αυτό γιατί 10 ms είναι η ανάλυση της σηματοδοσίας του delta-t. Αυτός ο χρόνος επιτυγχάνεται εύκολα αφού οι τυπικές διαδρομές μετάδοσης ήδη υποστηρίζουν πολύ καλύτερη ακρίβεια. Εξ άλλου, ουσιαστικά δεν κερδίζεται τίποτα μειώνοντας το χρόνο κάτω από 10ms, αφού είναι ήδη λιγότερος από ένα σύνηθες jitter στον χρόνο συγχρονισμού.

Ο χρόνος συγχρονισμού είναι ο έξτρα χρόνος που απαιτείται από τον Δέκτη για να ξανακλειδώσει στο σήμα πριν την αρχή της λήψης του επόμενου burst. Στις υπάρχουσες εφαρμογές DVB-T ο χρόνος εκτιμάται να είναι το πολύ της τάξης των 200 με 250ms. Ο χρόνος συγχρονισμού εξαρτάται από την εφαρμογή, και διαφέρει εμφανώς από χρόνο σε χρόνο (δηλ. έχει εμφανές jitter).

Εύκολα διακρίνεται ότι το Delta-t Jitter έχει παρεμφερή επίδραση με τον χρόνο συγχρονισμού. Όταν το μέγιστο Delta-t Jitter είναι γνωστό με ακρίβεια, μπορούμε να υποθέσουμε ότι κατά μέσο όρο κάθε burst ξεκινάει  $\frac{1}{2} \times \text{Delta-t Jitter}$  αργότερα από τον χρόνο που δείχνει το delta-t. Ωστόσο, για λόγους ασφάλειας στους υπολογισμούς αργότερα στην παρούσα εργασία προστίθενται  $\frac{3}{4} \times \text{Delta-t Jitter}$  στον χρόνο συγχρονισμού. Αυτό επιτρέπει σε έναν χειριστή δικτύου να χρησιμοποιεί δύο φορές την τιμή ακρίβειας του Delta-t Jitter.

### 2.2.3.5. *Burst Size και Off-time*

Το μέγεθος ενός burst πρέπει να είναι μικρότερο από την μνήμη που είναι διαθέσιμη στον Δέκτη. Όταν ένα burst λαμβάνεται, ο Δέκτης πρέπει να αποθηκεύσει τα δεδομένα μέσα στην μνήμη του, για να καταναλωθούν στο χρόνο ανάμεσα από τα burst. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι ο Δέκτης υποστηρίζει 2Mb μνήμη για να αποθηκεύσει ένα εισερχόμενο burst. Οι υπηρεσίες streaming μπορεί να απαιτούν ακόμη μεγαλύτερη μνήμη, ακόμη και αν δεν χρησιμοποιείται time slicing. Ας σημειωθεί ότι ο Δέκτης που υποστηρίζει λήψη από πολλαπλά time-sliced στοιχειώδη ρεύματα ταυτόχρονα μπορεί να χρειάζεται να υποστηρίζει 2Mb buffer για κάθε time-sliced στοιχειώδες ρεύμα εκτός και αν τα στοιχειώδη ρεύματα χρησιμοποιούν μικρότερα μεγέθη burst.

#### Μέγεθος Burst

Αναφέρεται στον αριθμό των bits στο Στρώμα Δικτύου μέσα σε ένα burst. Τα bits του Στρώματος Δικτύου αποτελούνται από bits πληροφορίας του τμήματος MPE-FEC. Κάθε τμήμα MPE και MPE-FEC περιλαμβάνει 16 bytes overhead που προκαλούνται από την επικεφαλίδα και το CRC-32. Υποθέτοντας ένα μέσο μέγεθος IP datagram 1kB, θα έχουμε 1,5% overhead.

Αντίθετα, η επικεφαλίδα του transport\_packet προκαλεί overhead, που εξαρτάται από το μέγεθος ενός τμήματος. Εάν το μήκος ενός τμήματος είναι 1kB, το overhead είναι περίπου 2,2%. Η παρούσα εργασία υποθέτει overhead 4% που προκαλείται από επικεφαλίδες του τμήματος και του transport\_packet.

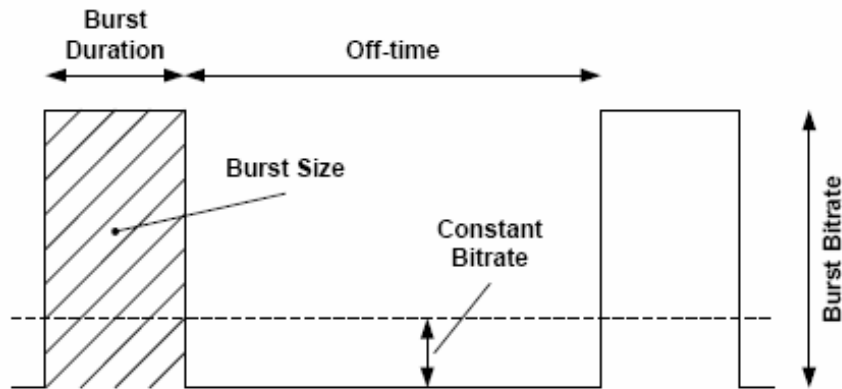
#### Burst Bitrate

Είναι το bitrate που χρησιμοποιείται από time-sliced στοιχειώδη ρεύματα ενώ μεταδίδεται ένα burst. Constant Bitrate είναι το μέσο bitrate που απαιτείται από το στοιχειώδες ρεύμα όταν δεν είναι time-sliced. Και τα δύο περιλαμβάνουν μετάδοση transport\_packets (188 bytes). Για μέγεθος burst 1Mb και Burst Bitrates 1Mbps, η

διάρκεια του burst (Burst Duration – ο χρόνος από την αρχή μέχρι το τέλος του burst) είναι 1,04 sec (λόγω του 4% overhead).

### Off-time

Είναι ο χρόνος μεταξύ των bursts. Κατά τη διάρκεια του Off-time δεν μεταδίδονται καθόλου transport\_packets στο σχετικό στοιχειώδες ρεύμα.



Σχήμα 2.9 Παράμετροι ριπών

Ας σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια του On-time (δηλ. ενώ μεταδίδεται ένα burst), μπορεί να μεταδίδονται transport\_packets από άλλα στοιχειώδη ρεύματα. Αυτό συμβαίνει όταν το Burst Bitrate είναι μικρότερο από το bitrate του ρεύματος μεταφοράς (δηλ. το burst χρησιμοποιεί μόνο ένα μέρος του διαθέσιμου bitrate στο ρεύμα μεταφοράς).

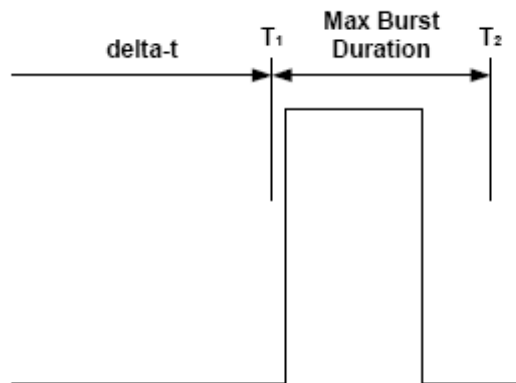
Σε αυτή την περίπτωση, τα πακέτα μεταφοράς των Time-sliced και των non-Time-sliced στοιχειωδών ρευμάτων πολυπλέκονται μαζί πακέτο προς πακέτο. Αυτό εξασφαλίζει ότι παραδοσιακοί δέκτες DVB-T, που λαμβάνουν non-Time-sliced υπηρεσίες, δεν αποκλείονται από την λήψη κατά τη διάρκεια ενός Time-slice burst.

Το Maximum Burst Duration είναι η μέγιστη διάρκεια ενός burst, και σηματοδοτείται για κάθε Time-sliced στοιχειώδες ρεύμα. Ένα burst δεν πρέπει να ξεκινάει πριν το χρόνο T1 και δεν πρέπει να σταματάει μετά από το χρόνο T2, όπου T1 ο χρόνος που δηλώνεται

από το  $\Delta t$  στο προηγούμενο burst, και  $T_2$  είναι το άθροισμα  $T_1 + \text{Maximum Burst Duration}$ . Σε συνθήκες κακής λήψης, ο Δέκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτή την πληροφορία για να ξέρει πότε τελειώνει ένα burst (time-out).

Για να επιτρέψουμε στον Δέκτη να διακρίνει με αξιοπιστία το ένα burst από το άλλο, το επόμενο burst δεν θα πρέπει να ξεκινά πριν το χρόνο  $T_2$  του παρόντος burst (δηλ. το  $\Delta t$  σηματοδοτεί τον χρόνο πέραν του  $T_2$ ). Η διάκριση μεταξύ των bursts με αξιόπιστο τρόπο απαιτείται ειδικά όταν χρησιμοποιείται το MPE-FEC.

Αυτή η παράμετρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να υποστηρίξει το Delta-t Jitter μέχρι κάποια δευτερόλεπτα.



**Σχήμα 2.10** Μέγιστη διάρκεια ριπής

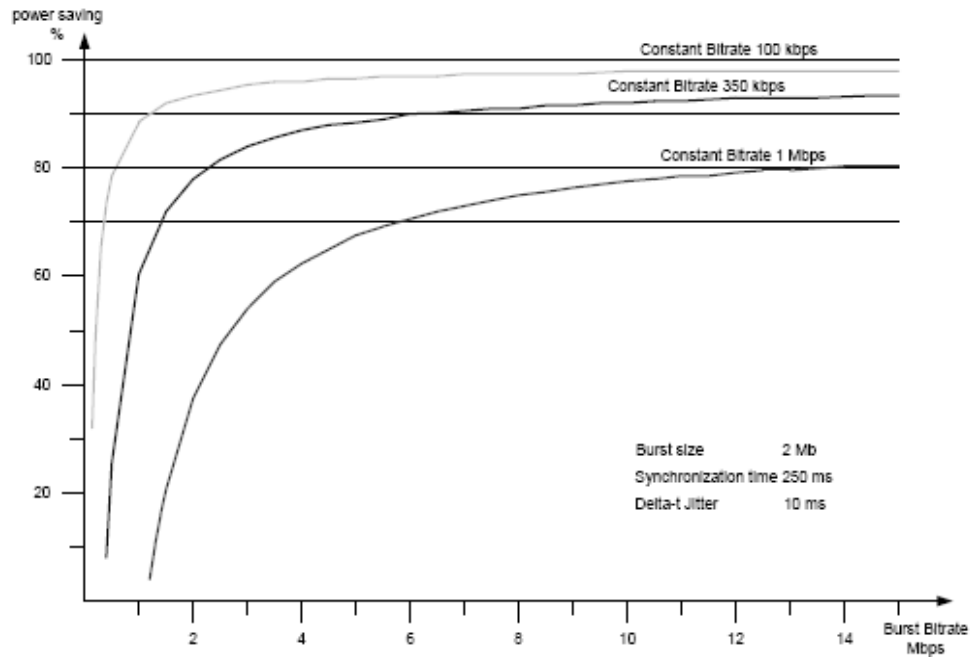
Παρακάτω φαίνονται κάποιοι απλοποιημένοι τύποι για τον υπολογισμό του μήκους του burst, του μήκους του off-time, και της εξοικονόμησης ενέργειας. Ο συντελεστής διόρθωσης 0,96 αντισταθμίζει για το overhead που προκαλείται από τα `transport_packet_headers` και τα `section_headers`.



<b>Bd</b>	Burst Duration (seconds)	$Bd = \frac{Bs}{Bb \times 0,96}$
<b>Bs</b>	Burst Size (bits)	
<b>Bb</b>	Burst Bitrate (bits per second)	
<b>Cb</b>	Constant Bitrate (bits per second)	$Ot = \frac{Bs}{Cb \times 0,96} - Bd$
<b>Ot</b>	Off-time (seconds)	
<b>St</b>	Synchronization Time (seconds)	
<b>Ps</b>	Power Saving (per cent)	$Ps = \left(1 - \frac{(Bd + St + (3/4 \times Dj)) \times Cb \times 0,96}{Bs}\right) \times 100 \%$
<b>Dj</b>	Delta-t Jitter (seconds)	

Εάν το μέγεθος του burst (Burst Size) είναι 2 Mb και το Burst Bitrate είναι 15 Mbps, η Μέγιστη Διάρκεια Burst (Maximum Burst Duration) είναι 140 ms (από την αρχή του πρώτου transport stream έως το τέλος του τελευταίου). Εάν το στοιχειώδες ρεύμα μεταφέρει μια υπηρεσία streaming σε συνεχές bitrate των 350 Kbps, και το MPE-FEC δεν υποστηρίζεται, το μέσο Off-time είναι 6,10 s. Υποθέτοντας ότι ο Χρόνος Συγχρονισμού είναι 250 ms και το Delta-t Jitter είναι 10 ms, επιτυγχάνεται 93% εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας. Το Delta-t Jitter έχει μόνο μικρή επίδραση στην εξοικονόμηση ενέργειας αφού αν αλλάξουμε την τιμή του από 0 σε 100 ms η εξοικονόμηση ενέργειας μειώνεται μόνο από 94% σε 92%.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει πως το Burst Bitrate αυξανόμενο μέχρι 10 φορές περίπου από το Constant Bitrate αυξάνει την Εξοικονόμηση Ενέργειας (Power Saving). Για ένα Constant Bitrate των 350 Kbps, αυξάνοντας το Burst Bitrate από 1 Mbps σε 2 Mbps αυξάνεται η Εξοικονόμηση Ενέργειας από 60% σε 78% (δηλ. κατά 30%). Ωστόσο, αντίστοιχος διπλασιασμός του Burst Bitrate από 7 Mbps σε 14 Mbps δίνει λιγότερο από 3% σε Εξοικονόμηση Ενέργειας.(από 91% σε 93%).



**Σχήμα 2.11** Σχέση μεταξύ ρυθμού μετάδοσης ριπής και εξοικονόμηση ενέργειας

### 2.2.3.6. Υποστήριξη Μεταπομπής

Το time slicing επιτρέπει στον Δέκτη να παρακολουθεί τις γειτονικές κυψέλες χωρίς να διακόπτεται η λήψη της υπηρεσίας. Κατά τη διάρκεια του χρόνου μεταξύ των bursts, ο Δέκτης μπορεί να σαρώσει την περιοχή για άλλα διαθέσιμα σήματα, να συγκρίνει την ένταση των σημάτων, ακόμη και να εφαρμόσει μια μεταπομπή μεταξύ των ρευμάτων μεταφοράς χωρίς να διακόπτει την λήψη της υπηρεσίας.

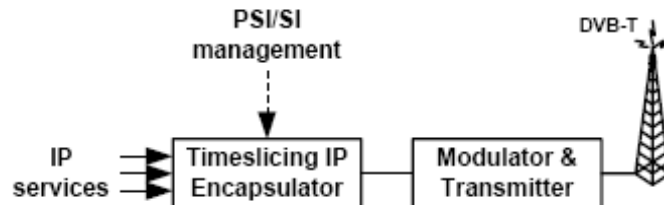
Η επεξεργασία αυτών των διαδικασιών επιδρά στη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας, αφού ο Δέκτης πρέπει να παραμένει σε λειτουργία κατά τη διάρκεια κάθε διαδικασίας. Ωστόσο, η επίδραση αυτή μπορεί να κρατηθεί σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Ο απαιτούμενος χρόνος για τον έλεγχο της έντασης του σήματος σε μία συχνότητα είναι λιγότερο από 20 ms. Χρησιμοποιώντας έξυπνες μεθόδους για την πρόβλεψη διαθέσιμων σημάτων (δηλ. γειτονικές κυψέλες), ο Δέκτης μπορεί ενδεικτικά να μειώσει τον αριθμό των συχνοτήτων που θα ελέγξει. Αφού τελειώσει ο έλεγχος μια φορά σε κάθε κύκλο, ο χρόνος που απαιτείται θα είναι ένα κλάσμα του Off-time.

Στο κεντρικό σταθμό μπορεί να εφαρμοστεί προσεκτικός συγχρονισμός, έτσι ώστε η ίδια υπηρεσία να μεταδοθεί σε διαφορετικά κομμάτια στον ίδιο χρόνο σε γειτονικές κυψέλες. Αυτό θα εξασφάλιζε φαινομενικά αδιάκοπη λήψη (μηδενική απώλεια πακέτων) κατά το πέρασμα (μεταπομπή) από την μια κυψέλη στην άλλη.

### 2.2.3.7. Συνδυασμός *Time Sliced* στοιχειωδών ρευμάτων σε πολυπλεγμένο σήμα

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει μια απλοποιημένη κατασκευή ενός headend για το οποίο η μετάδοση είναι αφιερωμένη σε υπηρεσίες μόνο IP.

Ο Ενθυλακωτής IP (IP Encapsulator) παράγει τμήματα MPE από εισερχόμενα IP datagrams, και προσθέτει τα απαιτούμενα PSI/SI data. Ακόμη, πλαίσια MPE-FEC, όταν χρησιμοποιούνται παράγονται στον Ενθυλακωτή IP. Το παραγόμενο ρεύμα από τον Ενθυλακωτή IP αποτελείται από πακέτα μεταφοράς MPEG-2 .



**Σχήμα 2.12** Κατασκευή του headend του δικτύου για αφιερωμένο σε DVB-H multiplex

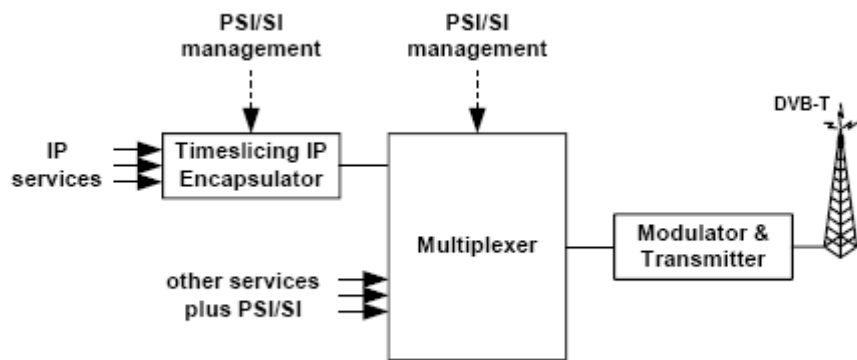
Εφόσον δεν υπάρχουν άλλες υπηρεσίες (δηλ. όχι non-Time-sliced υπηρεσίες), η λειτουργία του headend παραμένει απλή. Τα burst με time-slicing παράγονται στον Ενθυλακωτή IP. Το burst μπορεί να χρησιμοποιεί το μέγιστο bitrate. Κάθε περίοδος off μπορεί να γεμιστεί με μηδενικά πακέτα (null). Τα τμήματα PSI/SI μπορούν να διασκορπιστούν στο ρεύμα μεταφοράς προσδιορίζοντας ένα σταθερό bitrate για αυτό. Ας σημειωθεί ότι το σωστά ρυθμισμένο time slicing δεν αφήνει ποτέ περιόδους off, αφού υπάρχει πάντα ένα burst από ένα στοιχειώδες ρεύμα σε μετάδοση.

Η εικόνα 2.13 απεικονίζει την κατασκευή ενός headend για το μεταδιδόμενο πολυπλεγμένο σήμα που περιλαμβάνει υπηρεσίες IP και άλλες (ψηφιακής τηλεόρασης) υπηρεσίες. Η μεγαλύτερη διαφορά στην περίπτωση ενός αφιερωμένου πολυπλεγμένου σήματος είναι η απαίτηση για πολυπλέκτη. Αυτό είναι παρόμοιο με την περίπτωση που όταν ένα ρεύμα μεταφοράς που περιέχει Time-sliced στοιχειώδη ρεύματα, πολυπλέκεται ξανά.

Υποθέτουμε ότι καθιερώνεται ένα σταθερό bitrate για όλα τα Time-sliced στοιχειώδη ρεύματα. Το υπόλοιπο bitrate του ρεύματος μεταφοράς είναι διαθέσιμο για non-Time-sliced στοιχειώδη ρεύματα.

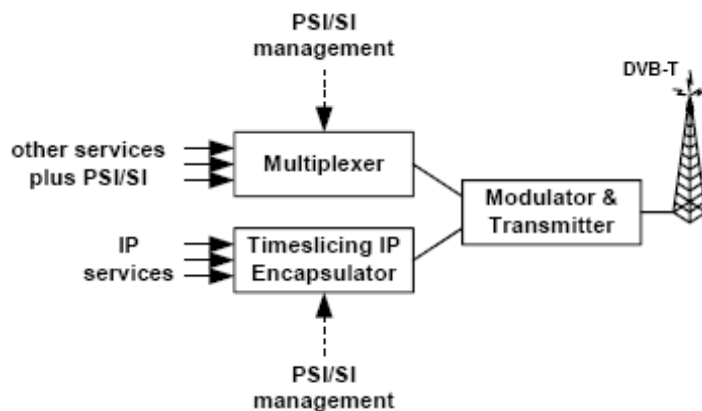
Η διαδικασία της πολυπλεξίας αυξάνει χαρακτηριστικά το Delta-t Jitter, πράγμα που επιδρά αρνητικά στην ακρίβεια του delta-t και επομένως μειώνεται η εξοικονόμηση ενέργειας. Όπως προαναφέρθηκε, μια χαρακτηριστική διαδρομή μετάδοσης που περιλαμβάνει πολυπλέκτη/ες μπορεί να εγγυηθεί jitter κάτω από το απαιτούμενο 10 ms. Επομένως, η χρήση πολυπλέκτη γενικά δεν έχει εμφανή επίδραση στο time slicing. Ωστόσο, είναι αρκετά σημαντικό το ότι λαμβάνεται υπόψη στην σηματοδότηση του delta-t, η αύξηση του Delta-t Jitter.

Άλλες υπηρεσίες μπορεί να θέτουν προϋποθέσεις στο πώς θα χωρίζεται το bitrate μεταξύ των στοιχειωδών ρευμάτων. Για παράδειγμα, τα πακέτα PCR συνιστάται να εμφανίζονται στο ρεύμα μεταφοράς κάθε 40 ms. Αφού το Burst Bitrate μπορεί να είναι λιγότερο από το πλήρες bitrate του ρεύματος μεταφοράς, αυτό μπορεί εύκολα να λυθεί.



Σχήμα 2.13 Κατασκευή του headend του δικτύου για μικτό multiplex

Ένας πιθανός τρόπος για να αποφευχθεί ο συνδυασμός Time-sliced και non-Time-sliced ρευμάτων σε ένα κοινό πολυπλεγμένο σήμα – και να αποφευχθεί και η χρήση πολυπλέκτη – είναι να γίνει χρήση ιεραρχικού τρόπου μετάδοσης. Σε αυτή την περίπτωση το πολυπλεγμένο σήμα που περιέχει υπηρεσίες Time-sliced μεταδίδεται στο ρεύμα με υψηλή προτεραιότητα (HP) – διασφαλίζοντας μεγαλύτερη ευρωστία στο κινητό περιβάλλον – ενώ το πολυπλεγμένο σήμα για non-Time-sliced υπηρεσίες μεταδίδεται στο ρεύμα με χαμηλή προτεραιότητα (LP) – δίνοντας μεγαλύτερο bitrate για υπηρεσίες σταθερής λήψης. Αυτό υποστηρίζει αποτελεσματικά δύο πολυπλεγμένα σήματα σε μια μόνο μετάδοση. Μια απλοποιημένη κατασκευή του headend που υποστηρίζει ιεραρχική μετάδοση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.14 Κατασκευή του headend του δικτύου για ιεραρχική μετάδοση

### **2.2.3.8. Time slicing των PSI/SI (Program Specific Information/Service Information)**

Τα PSI/SI δεν πρέπει να γίνονται time-sliced. Τα υπάρχοντα PSI/SI δεν υποστηρίζουν αποστολή της παραμέτρου delta-t μέσα στους πίνακες, και η πρόσθεση τέτοιας υποστήριξης δεν θα ήταν συμβατή με υπάρχοντες εφαρμογές. Εκτός αυτού, το κινητό τερματικό δεν απαιτεί να γίνουν time-sliced τα PSI/SI.

Οι πίνακες SI στους οποίους έχουν πρόσβαση τα κινητά τερματικά είναι οι NIT (Network Information Table) και INT (IP/MAC Notification Table). Άλλοι πίνακες δεν απαιτούνται, αφού δεν μεταφέρουν επιπλέον πληροφορία για ένα τερματικό που έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες που στέλνονται μέσω MPE. Το περιεχόμενο του NIT είναι στατικό εκ φύσεως, άρα ένα τερματικό έχει πρόσβαση σε αυτό μόνο όταν συνδέεται σε ένα δίκτυο. Όταν αλλάζει από ένα ρεύμα μεταφοράς σε άλλο, το τερματικό μπορεί να χρειαστεί να διαβάσει το περιεχόμενο του INT, αλλά όχι παραπάνω από μια φορά. Αλλαγές στο INT μπορούν να σηματοδοτηθούν στο PSI (πίνακας PMT - Program Map Table), εξασφαλίζοντας ότι δεν χρειάζεται συνεχές φιλτράρισμα του INT.

Οι πίνακες PSI επαναμεταδίδονται τουλάχιστον μια φορά κάθε 100 ms. Όταν το Burst Duration είναι μεγαλύτερο από 100 ms, το τερματικό έχει πρόσβαση σε όλους τους πίνακες PSI ενώ λαμβάνει ένα burst. Εάν έχουμε μικρότερα bursts, το τερματικό μπορεί να επιλέξει να κρατήσει τον Δέκτη σε λειτουργία μέχρι να ληφθούν όλοι οι απαιτούμενοι πίνακες PSI.

### **2.2.3.9. Time slicing και υπό όρους πρόσβαση**

Για την υποστήριξη της υπό όρους πρόσβασης στις υπηρεσίες DVB-H, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα πρόσβασης υπό όρους (Conditional Access System, IP-CAS) βασισμένο πλήρως σε IP. Όπως όλα τα CAS με συγκεκριμένη ανταλλαγή μηνυμάτων σε IP, η αποστολή τέτοιων μηνυμάτων μπορεί να χρησιμοποιήσει Time-sliced στοιχειώδη ρεύματα, εξασφαλίζοντας εξοικονόμηση ενέργειας για τον Δέκτη.

Ωστόσο, το περιβάλλον του DVB-H δεν υποστηρίζει απαραίτητα σύνδεση διπλής κατεύθυνσης μεταξύ του CAS και του Δέκτη. Το IP-CAS θα πρέπει να υποστηρίζει ένα περιβάλλον εκπομπής, εάν δεν υποστηρίζεται κανάλι επιστροφής (return channel) από την συσκευή DVB-H του τελικού χρήστη.

Για την υποστήριξη της υπό όρους πρόσβασης στις υπηρεσίες DVB-H, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κοινός αλγόριθμος κρυπτογράφησης στα πακέτα ρεύματος μεταφοράς (DVB-CAS). Ο DVB-CAS χρησιμοποιεί μηνύματα ECM για να αποστείλει κλειδιά για την αποκρυπτογράφηση. Η αποστολή των ECMs δεν είναι Time-sliced, ο δέκτης πρέπει να λάβει ένα ECM με το που τεθεί σε λειτουργία ούτως ώστε να αποκρυπτογραφήσει το επερχόμενο burst. Επίσης, ένα τυπικό DVB-CAS στέλνει μηνύματα EMM – για την αποστολή μηνυμάτων διαχείρισης δικαιοδοσίας. Τα EMMs είναι Time-sliced.

Παρακάτω η συγκεκριμένη ενότητα επικεντρώνεται σε θέματα ειδικά για DVB-CASs.

Για να εξασφαλίσουμε ότι ο Δέκτης έχει το κλειδί για την αποκρυπτογράφηση πριν ληφθεί ένα burst με κρυπτογραφημένα δεδομένα, πρέπει να ληφθεί το κατάλληλο ECM πριν το burst. Για να γίνει αυτό ο Δέκτης μπορεί να τεθεί σε λειτουργία πριν το burst, για να περιμένει για το μήνυμα ECM. Το ECM\_repetition\_rate\_descriptor δείχνει τον ελάχιστο ρυθμό επανάληψης των μηνυμάτων ECM. Εάν ο Δέκτης τεθεί σε λειτουργία στον χρόνο πριν την αρχή του burst, θα λάβει τουλάχιστον ένα μήνυμα ECM και θα πάρει το απαιτούμενο κλειδί πριν το ξεκίνημα του burst.

Κάθε πολυπλεγμένο σήμα ενός δικτύου που χρησιμοποιεί DVB-CAS πρέπει να στείλει μηνύματα EMM σε όλους τους Δέκτες που υποστηρίζονται στο δίκτυο, με αποτέλεσμα το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μηνυμάτων EMM σε ένα ρεύμα μεταφοράς να είναι σχετικά μικρό. Για την υποστήριξη της εξοικονόμησης ενέργειας εισάγεται μια μέθοδος για να κάνει time slicing στην αποστολή των μηνυμάτων EMM.

Για να χρησιμοποιηθεί time slicing στην αποστολή των μηνυμάτων EMM, τα EMM πρέπει να ενθυλακωθούν σε IP datagrams.

Το time slicing στο ρεύμα από IP με τα ενθυλακωμένα μηνύματα EMM δεν διαφέρει από το time slicing σε οποιοδήποτε άλλο ρεύμα από IP. Επίσης η μέθοδος MPE-FEC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει το ρυθμό απώλειας πακέτων των μηνυμάτων EMM. Από την πλευρά του Δέκτη, το ρεύμα από IP που μεταφέρει τα EMM είναι μια επιπλέον υπηρεσία που πρέπει να λάβει. Ο Δέκτης δεν χρειάζεται να γνωρίζει το περιεχόμενο των IP datagrams που μεταφέρουν τα EMM, αλλά τα IP datagrams αποστέλλονται στο συγκεκριμένο πρότυπο DVB-CAS στην συσκευή του τελικού χρήστη, και αυτό το πρότυπο είναι μετά υπεύθυνο να επεξεργαστεί το ωφέλιμο φορτίο των datagrams.

Ας σημειωθεί ότι το time slicing των μηνυμάτων EMM δεν έχει επίδραση στον προαναφερόμενο περιορισμό στην περιαγωγή μεταξύ δικτύων.

Η χρήση του DVB-CAS έχει μια ελαφριά επίδραση σε λεπτομέρειες που περιγράφηκαν σε προηγούμενη ενότητα (2.2.3.5). Πιο συγκεκριμένα χρειάζονται κάποιες μετατροπές στους τύπους. Παρακάτω δίδονται αυτές οι μετατροπές. Η νέα παράμετρος Χρόνος Συγχρονισμού ECM (Ca) αντιστοιχεί στον χρόνο που απαιτείται για να ληφθεί ένα μήνυμα ECM πριν από ένα data burst.

<b>Bd</b>	Burst Duration (seconds)	$Bd = \frac{Bs}{Bb \times 0,96}$
<b>Bs</b>	Burst Size (bits)	
<b>Bb</b>	Burst Bitrate (bits per second)	
<b>Cb</b>	Constant Bitrate (bits per second)	$Ot = \frac{Bs}{Cb \times 0,96} - Bd$
<b>Ot</b>	Off-time (seconds)	
<b>St</b>	Synchronization Time (seconds)	
<b>Ps</b>	Power Saving (per cent)	$Ps = \left(1 - \frac{(Bd + St + Ca + (3/4 \times Dj)) \times Cb \times 0,96}{Bs}\right) \times 100 \%$
<b>Dj</b>	Delta-t Jitter (seconds)	
<b>Ca</b>	ECM synchronization time (seconds)	

Θεωρώντας το Μέγεθος Burst να είναι 2 Mb, το Burst Bitrate στα 15 Mbps, το Constant Bitrate 350 Kbps, το Synchronization Time 250 ms, το Delta-t Jitter 10 ms, χωρίς να υποστηρίζεται MPE-FEC, και ο Χρόνος Συγχρονισμού ECM να έχει την



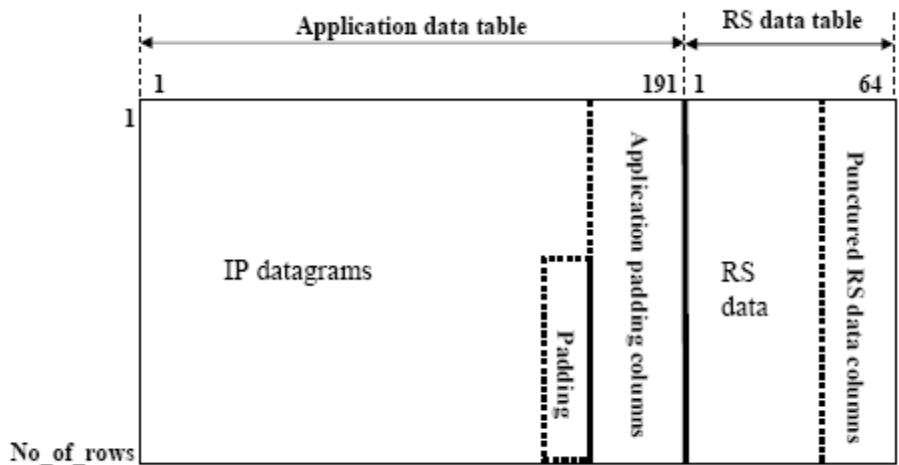
προεπιλεγμένη τιμή (100 ms), η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μένει λίγο κάτω από το 92%. Για Burst Bitrate 1 Mbps, η ενέργεια που εξοικονομείται θα είναι 58%, για 2 Mbps θα είναι 76%, 89% για 7 Mbps και 91% για 14 Mbps. Για λόγους απλούστευσης μπορεί να θεωρηθεί ότι η επίδραση του Χρόνου Συγχρονισμού ECM είναι περίπου η ίδια με αυτή που προκαλεί μια μικρή άνοδος του Delta-t Jitter.

## **2.2.4. Η εφαρμογή MPE-FEC**

### **2.2.4.1. Πλαίσιο MPE-FEC**

Το πλαίσιο MPE-FEC είναι διατεταγμένο σαν ένας πίνακας με 255 στήλες και έναν ευέλικτο αριθμό γραμμών. Ο αριθμός γραμμών κυμαίνεται από 1 μέχρι μια τιμή που σηματοδοτείται στον `time_slice_fec_identifier_descriptor`. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για αυτό το μέγεθος είναι 1024, που κάνει το συνολικό πλαίσιο MPE-FEC σχεδόν 2Mb. Κάθε θέση στον πίνακα περιλαμβάνει ένα byte πληροφορίας. Το αριστερό μέρος του πλαισίου MPE-FEC, που αποτελείται από τις 191 αριστερότερες στήλες, είναι αφιερωμένο για τα IP datagrams και ενδεχόμενο γέμισμα (padding), και καλείται Πίνακας Δεδομένων Εφαρμογής (Application data table). Το δεξί κομμάτι του πλαισίου MPE-FEC, που αποτελείται από τις 64 δεξιότερες στήλες, είναι αφιερωμένο στην πληροφορία ισοτιμίας (parity information) του FEC κώδικα και λέγεται πίνακας δεδομένων RS. Κάθε θέση byte στον Πίνακα Δεδομένων Εφαρμογής έχει μια διεύθυνση που κυμαίνεται από 1 σε  $191 \times \text{no\_of\_rows}$ . Με τον ίδιο τρόπο, κάθε θέση byte στον πίνακα δεδομένων RS έχει μια διεύθυνση που κυμαίνεται από 1 σε  $64 \times \text{no\_of\_rows}$ .

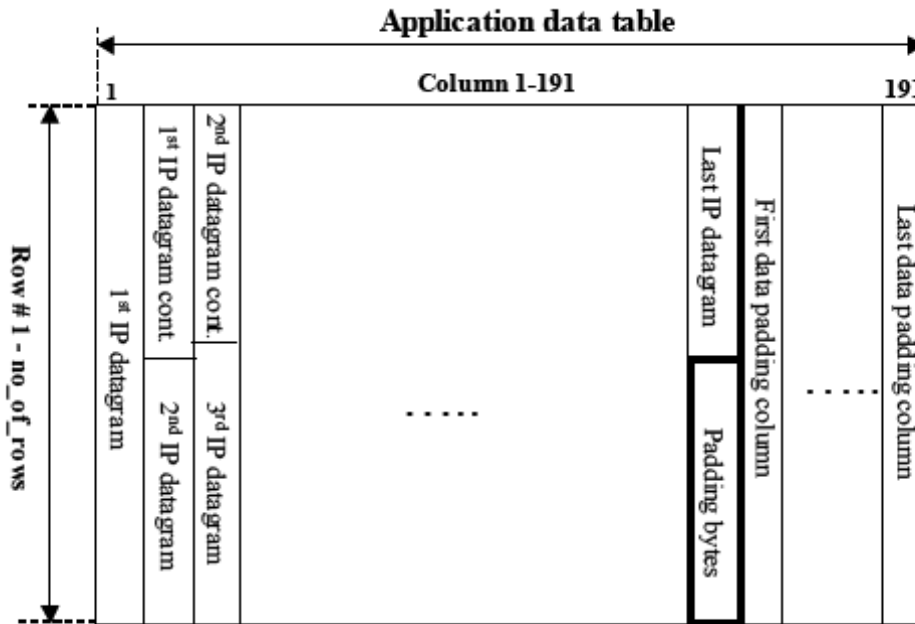
Η διευθυνσιοδότηση στο πίνακα δεδομένων RS είναι περιττή, αφού τα `section_length` και `section_number` είναι γνωστά.



Σχήμα 2.15 Η δομή του MPE-FEC frame

### Πίνακας Δεδομένων Εφαρμογής

Τα IP datagrams μεταδίδονται ξεχωριστά το ένα μετά το άλλο, ξεκινώντας με το πρώτο byte του πρώτου datagram στην πάνω αριστερά γωνία του πίνακα και προχωρώντας προς τα κάτω στην πρώτη στήλη. Το μήκος των IP datagrams μπορεί να ποικίλει αυθαίρετα από datagram σε datagram. Αμέσως μετά το τέλος του ενός IP datagram ξεκινάει το επόμενο. Εάν ένα IP datagram δεν τελειώνει ακριβώς στο τέλος μιας στήλης, συνεχίζει στην κορυφή της επόμενης στήλης. Όταν όλα τα IP datagrams εισαχθούν στον Πίνακα Δεδομένων Εφαρμογής κάθε θέση byte που δεν συμπληρώθηκε γεμίζεται με μηδενικά bytes, και έτσι γεμίζονται και οι 191 αριστερότερες στήλες. Ο αριθμός των πλήρως γεμισμένων στηλών σηματοδοτείται δυναμικά στο τμήμα MPE-FEC με 8 bits.



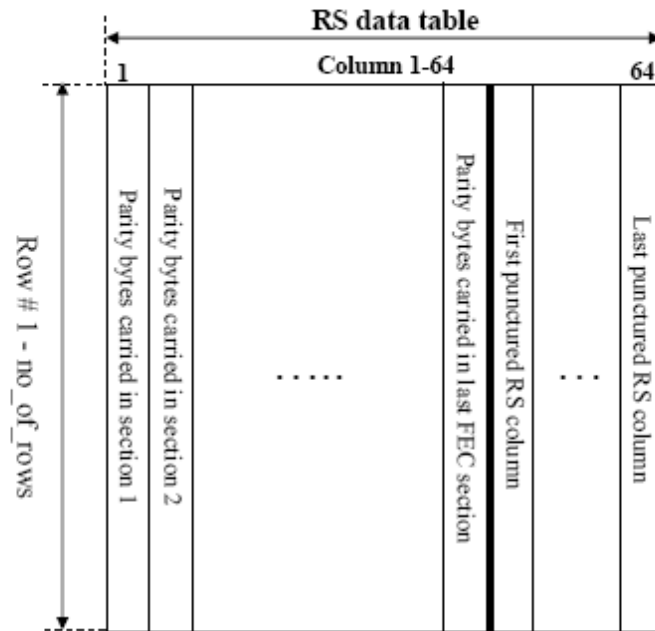
Σχήμα 2.16 Σχέδιο του application data table

### Πίνακας Δεδομένων RS

Με όλες τις 191 αριστερότερες στήλες γεμάτες είναι τώρα δυνατόν, για κάθε γραμμή, να υπολογιστούν τα 64 bytes ισοτιμίας από τα 191 bytes των IP data και ενδεχόμενου γεμίσματος. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται είναι Reed-Solomon RS (255,191) με field generator polynomial (πολυώνυμο παραγωγής πεδίου) και code generator polynomial (πολυώνυμο παραγωγής κώδικα) όπως προσδιορίζεται παρακάτω. Κάθε γραμμή περιέχει μια κωδικό-λέξη RS. Κάποιες από τις δεξιότερες στήλες του πίνακα δεδομένων RS μπορεί να απορρίπτονται και ως εκ τούτου να μην μεταδίδονται, κάνοντας τον πίνακα διάτρητο. Ο ακριβής αριθμός των διάτρητων στηλών RS δεν είναι ανάγκη να σηματοδοτείται επακριβώς και μπορεί να αλλάζει δυναμικά μεταξύ πλαισίων. Με αυτό γεμίζεται πλήρως και ο πίνακας δεδομένων RS και το πλαίσιο MPE-FEC ολοκληρώνεται.

Code Generator Polynomial:  $g(x) = (x+\lambda^0)(x+\lambda^1)(x+\lambda^2)\dots(x+\lambda^{63})$ , where  $\lambda = 02_{\text{HEX}}$

Field Generator Polynomial:  $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$



Σχήμα 2.17 Σχέδιο του RS data table

#### 2.2.4.2. Μεταφορά του πλαισίου MPE-FEC

##### 2.2.4.2.1. Μεταφορά του πίνακα εφαρμογής δεδομένων

Τα δεδομένα IP μεταφέρονται σε τμήματα MPE με τον τρόπο του προτύπου DVB, ανεξαρτήτως αν χρησιμοποιείται το MPE-FEC ή όχι. Αυτό κάνει την λήψη πλήρως αντίστροφα συμβατή (backwards compatible) με δέκτες που δεν υποστηρίζουν MPE-FEC. Κάθε τμήμα μεταφέρει μια διεύθυνση αρχής για το IP datagram, που μεταφέρεται μέσα στο τμήμα. Αυτή η διεύθυνση δηλώνει την θέση byte στον πίνακα δεδομένων εφαρμογής του πρώτου byte του IP datagram και σηματοδοτείται στην επικεφαλίδα του MPE. Ο δέκτης μπορεί πλέον να βάλει τα IP datagram που έλαβε στη σωστή θέση byte στον πίνακα δεδομένων εφαρμογής και να μαρκάρει αυτές τις θέσεις σαν ‘αξιόπιστες’ για τον αποκωδικοποιητή RS, δεδομένου ότι το CRC-32 δείχνει ότι το τμήμα είναι σωστό.

Το τελευταίο τμήμα του πίνακα δεδομένων εφαρμογής περιλαμβάνει ένα `table_boundary_flag`, που υποδηλώνει το τέλος των IP datagrams στον πίνακα δεδομένων εφαρμογής. Εάν όλα τα προηγούμενα τμήματα στον πίνακα δεδομένων εφαρμογής έχουν ληφθεί σωστά ο δέκτης δεν χρειάζεται να λάβει άλλα τμήματα MPE-FEC και, αν χρησιμοποιείται time slicing, μπορεί να σταματήσει τη λειτουργία του χωρίς να λαμβάνει και να αποκωδικοποιεί δεδομένα RS.

Εάν λαμβάνονται τμήματα MPE-FEC ο ακριβής αριθμός των γεμισμένων στηλών στον πίνακα δεδομένων εφαρμογής δηλώνεται με 8 bits στην επικεφαλίδα των τμημάτων MPE-FEC όπου μόνο αν πραγματοποιηθεί αποκωδικοποίηση RS χρησιμοποιείται αυτή η τιμή.

#### **2.2.4.2.2. *Μεταφορά των bytes ισοτιμίας στο RS data table***

Τα bytes ισοτιμίας μεταφέρονται σε ένα ξεχωριστό, ειδικά καθορισμένο τύπο τμήματος, με το δικό του `table_id`. Αυτά είναι παρόμοια με τα τμήματα MPE και ονομάζονται τμήματα MPE-FEC. Το μήκος ενός τμήματος MPE-FEC ρυθμίζεται έτσι ώστε να υπάρχει ένα ακριβώς τμήμα ανά στήλη. Οι διάτρητες στήλες δεν στέλνονται και δεν σηματοδοτούνται λεπτομερώς.

#### **2.2.4.3. *Αποκωδικοποίηση RS***

##### **2.2.4.3.1. *Βασική λειτουργία***

Ο αριθμός των γραμμών σηματοδοτείται στο `time_slice_and_fec_identifier_descriptor` αλλά μπορεί να καθοριστεί και από το `section_length` των τμημάτων MPE-FEC, αφού το ωφέλιμο μήκος(payload) αυτών των τμημάτων ισούται με τον αριθμό των γραμμών. Έτσι υπάρχει πάντα ακριβώς ένα τμήμα ανά στήλη. Ο αριθμός των διάτρητων στηλών RS μπορεί να υπολογιστεί ως η διαφορά  $64 - \text{last\_section\_number}$ , αφού το

last\_section\_number δηλώνει τον αριθμό των τμημάτων και άρα και τον αριθμό των στηλών.

Ο δέκτης εισάγει τον αριθμό των γεμισμένων στηλών του πίνακα δεδομένων εφαρμογής με μηδενικά bytes, που δηλώνεται δυναμικά στα τμήματα MPE-FEC, και τα μαρκάρει σαν αξιόπιστα. Εάν ο δέκτης έχει λάβει σωστά τη σημαία table\_boundary μπορεί ακόμη να προσθέσει οποιαδήποτε εναπομείναντα bytes γεμίματος και να τα μαρκάρει σαν αξιόπιστα. Αλλιώς, αυτά θα διαχειριστούν σαν μη αξιόπιστα όπως και τα άλλα χαμένα δεδομένα. Ο δέκτης επίσης εισάγει τον αριθμό των διάτρητων στηλών RS όπως υπολογίστηκαν από το last\_section\_number. Τα πραγματικά δεδομένα στις διάτρητες στήλες RS, όπως όλα τα διάτρητα δεδομένα θεωρούνται μη αξιόπιστα.

Όλα τα τμήματα MPE και MPE-FEC προστατεύονται από έναν κώδικα CRC-32, που εντοπίζει όλα τα εσφαλμένα τμήματα. Για κάθε σωστά λαμβανόμενο τμήμα που ανήκει στον πίνακα δεδομένων εφαρμογής ή στον πίνακα δεδομένων RS, ο δέκτης κοιτάει στην επικεφαλίδα του τμήματος για την αρχική διεύθυνση του ωφελίμου φορτίου μέσα στο τμήμα και είναι μετά σε θέση να βάλει το ωφέλιμο φορτίο στην σωστή θέση του αντίστοιχου πίνακα. Τα τμήματα MPE μπορεί να χρησιμοποιούν είτε checksum (άθροισμα ελέγχου) είτε CRC-32, αν και συνιστάται η χρήση του CRC-32. Ωστόσο, όταν χρησιμοποιείται MPE-FEC είναι υποχρεωτική η χρήση του CRC-32. Στην πράξη όλα τα τερματικά πρέπει να υποστηρίζουν και τα δύο, το checksum και το CRC-32.

Μετά από αυτήν την διαδικασία μπορεί να υπάρχουν ορισμένα χαμένα τμήματα. Όλα τα bytes που παραλήφθηκαν σωστά και τα γεμισμένα δεδομένα στον πίνακα εφαρμογής, μπορούν να μαρκριστούν σαν αξιόπιστα και όλες οι θέσεις byte στα χαμένα τμήματα, και στις διάτρητες στήλες RS, μπορούν να μαρκριστούν ως μη αξιόπιστες στην αποκωδικοποίηση RS.

Όλες οι θέσεις byte στο πλαίσιο MPE-FEC είναι μαρκρισμένες είτε αξιόπιστες είτε μη αξιόπιστες. Με τέτοια πληροφορία αξιοπιστίας μπορεί να διορθώσει ο αποκωδικοποιητής RS έως 64 bytes ανά κωδικό-λέξη των 255 bytes.

Εάν υπάρχουν πάνω από 64 μη αξιόπιστες θέσεις bytes σε μια γραμμή, ο αποκωδικοποιητής RS δεν θα είναι σε θέση να διορθώσει τίποτα και άρα θα βγάλει τα λάθη στα bytes χωρίς διόρθωση. Κατά συνέπεια ο δέκτης θα έχει πλήρη γνώση των θέσεων των εναπομεινάντων λανθασμένων bytes στο πλαίσιο MPE-FEC μετά από την αποκωδικοποίηση RS. Εάν ένα IP datagram είναι μόνο μερικώς διορθωμένο ο δέκτης θα είναι σε θέση να το εντοπίσει και (προαιρετικά) να το απορρίψει.

Εκτός του CRC-32, που εντοπίζει λανθασμένα τμήματα, ο αποκωδικοποιητής RS του DVB-T επίσης εντοπίζει πολύ αξιόπιστα τα λανθασμένα πακέτα του ρεύματος μεταφοράς TS. Εάν ο αποπολυπλέκτης MPEG-2 απορρίπτει λανθασμένα πακέτα θα μπορούσε να σχεδιαστεί να μην χτίζει τμήματα, που να περιέχουν χαμένα πακέτα TS. Κατά αυτόν τον τρόπο μόνο τα σωστά τμήματα θα χτίζονταν και ο ρόλος του CRC-32 θα ήταν να παρέχει επιπλέον λειτουργία ανίχνευσης λαθών, που κανονικά δεν χρειάζεται. Σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις μπορεί ο αποκωδικοποιητής RS του DVB-T να αποτύχει να ανιχνεύσει ένα λανθασμένο πακέτο TS, που τυχαίνει να έχει και το σωστό PID, και έτσι να κατασκευαστεί ένα λανθασμένο τμήμα. Σε αυτές τις περιπτώσεις το CRC-32 μπορεί να ανακαλύψει το λάθος στο τμήμα.

#### **2.2.4.3.2. Γεμισμένες στήλες του πίνακα εφαρμογής δεδομένων**

Εισάγοντας ένα συγκεκριμένο αριθμό γεμισμένων στηλών με μηδενική τιμή στο δεξιότερο τμήμα του πίνακα δεδομένων εφαρμογής, είναι πιθανό να κάνουμε τον κώδικα πιο δυνατό. Αυτές οι γεμισμένες στήλες χρησιμοποιούνται μόνο για τον υπολογισμό των bytes ισοτιμίας, δεν μεταδίδονται. Στον δέκτη επανεισάγονται και μαρκάρονται ως 'αξιόπιστες' για τον αποκωδικοποιητή RS. Για παράδειγμα με 127 στήλες γεμισμένες, μένουν 64 στήλες για δεδομένα IP. Με τις 64 στήλες ισοτιμίας το αποτελεσματικό ποσοστό του κώδικα γίνεται  $\frac{1}{2}$ . Ωστόσο, το τμήμα για αυτό είναι ότι το ενεργό μήκος της λέξης κώδικα μειώνεται χοντρικά κατά 50%. Ο αριθμός των γεμισμένων στηλών του

πίνακα δεδομένων εφαρμογής είναι δυναμικός και σηματοδοτείται στα τμήματα MPE-FEC. Τα επιτρεπόμενα όρια είναι από 0 έως 190.

#### **2.2.4.3.3. Απόρριψη στηλών δεδομένων RS - Διάτρηση**

Ένας κώδικας αισθητά ασθενέστερος από τον αρχικό μπορεί να επιτευχθεί με την διάτρηση. Η διάτρηση γίνεται απορρίπτοντας μια ή περισσότερες από τις τελευταίες στήλες δεδομένων RS. Ο αριθμός των απορριμμένων (διάτρητων) στηλών RS μπορεί να ποικίλλει δυναμικά μεταξύ πλαισίων MPE-FEC από 0 έως 63 και υπολογίζεται ως η διαφορά 63-last\_section\_number, εκτός από την περίπτωση που δεν μεταδίδεται καμία στήλη (η διάτρηση είναι 64 στήλες). Η διάτρηση θα μειώσει το overhead που εισάγεται από τα δεδομένα RS και ως εκ τούτου και το αναγκαίο bitrate. Το μειονέκτημα της διάτρησης είναι ένας αρκετά ασθενέστερος κώδικας.

#### **2.2.4.4. Εξέταση Πολυπλοκότητας και Κόστους**

Από πλευράς πολυπλοκότητας και κόστους η κυρίως συνιστώσα για το time slicing είναι τα 2Mb μνήμη στον Δέκτη. Όταν γίνεται χρήση του MPE-FEC αυτή η μνήμη επαναχρησιμοποιείται και χρειάζονται περίπου 1000 Kbytes για την αποκωδικοποίηση MPE-FEC. Οι εκτιμήσεις πολυπλοκότητας θεωρούν ότι χρησιμοποιείται πλήρης αποκωδικοποίηση RS (255,191). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κανονικά το MPE-FEC δουλεύει με αποκωδικοποίηση RS erasure-based μόνο, όπου η αποκωδικοποίηση μπορεί να απλοποιηθεί αισθητά με μια ακολουθούμενη επίδραση στην πολυπλοκότητα, που μπορεί να μειωθεί επί πλέον.

Η επιπλέον πολυπλοκότητα που εισάγεται με το MPE-FEC είναι μικρή και εφαρμόζεται ευθέως. Η επιπλέον πολυπλοκότητα του συνδυασμού του time slicing και του MPE-FEC πρέπει να είναι μέσα στο μέγιστο 20% των εμπορικών απαιτήσεων.

Επίσης εάν ένας Δέκτης δεν έχει τις λειτουργίες MPE-FEC και/ή time slicing αυτά μπορούν να προστεθούν αργότερα, με πλήρως αντίστροφη συμβατότητα. Αυτό οφείλεται



στο γεγονός ότι και το MPE-FEC και το time slicing είναι πλήρως αντιστρόφως συμβατά με την παραδοσιακή αποστολή IP δια μέσου MPE.

#### ***2.2.4.5. Πλεονεκτήματα από τη χρήση του MPE-FEC***

Το MPE-FEC βελτιώνει την επίδοση του DVB-H δέκτη σε C/N και σε ανοχή σε Doppler. Η σχετική βελτίωση στην ανοχή σε Doppler εξαρτάται από την επίδοση του DVB-T δέκτη σε Doppler. Αν ο δέκτης ήδη έχει πολύ καλή επίδοση σε Doppler, κοντά στο θεωρητικό όριο, τα περιθώρια κέρδους από το MPE-FEC είναι μικρά. Αντίθετα, αν ο δέκτης εμφανίζει μέτρια επίδοση σε Doppler, τότε η βελτίωση σε ανοχή Doppler στο DVB-H θα είναι μεγάλη.

Το κέρδος στο λόγο C/N εξαρτάται από τη συχνότητα ολίσθησης Doppler. Σε μεσαίες συχνότητες, από 10Hz μέχρι το 90% της μέγιστης συχνότητας ολίσθησης Doppler υπάρχει ένα σταθερό κέρδος 6-7dB σε σύγκριση με το DVB-T. Η μέγιστη συχνότητα ολίσθησης Doppler στην οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία είναι μεγαλύτερη στο DVB-H απ' ό τι στο DVB-T. Ακόμα και στις μικρές συχνότητες ολίσθησης Doppler, όπου το απαιτούμενο C/N αυξάνεται, το κέρδος από το MPE-FEC παραμένει. Η αύξηση του απαιτούμενου C/N οφείλεται σε άλλους παράγοντες, όπως η μείωση της επίδρασης του “virtual time interleaving”. Ακόμα και στην περίπτωση που ο δέκτης είναι ακίνητος θα υπάρχει βελτίωση του C/N που οφείλεται στο MPE-FEC.

Επίσης το MPE-FEC βελτιώνει την ανοχή σε ενδογενή παρεμβολή. Η βελτίωση αυτή έχει επιβεβαιωθεί και από τα πειραματικά δεδομένα, ωστόσο είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί με απλό τρόπο και να συνυπολογιστεί. Το κέρδος σε C/I είναι μεγαλύτερο σε κινητούς και φορητούς διαύλους (TU6) παρά σε Gaussian διαύλους, όπου υπάρχει μόνο ενδογενής παρεμβολή. Αυτό δίνει έμφαση στο κέρδος λόγω του MPE-FEC σε κινητούς και φορητούς διαύλους, καθώς σε αυτούς το κέρδος προκύπτει από τη βελτίωση σε C/I και C/N.

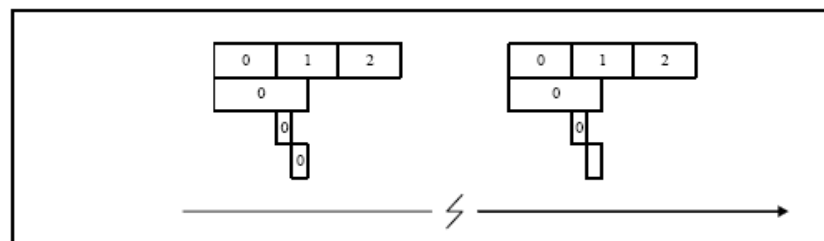
## 2.2.5. Μνήμη

### 2.2.5.1. Χρήση Μνήμης

Ο τρόπος που χρησιμοποιούνται τα MPE-FEC και τα buffers μνήμης μπορεί να ποικίλει μεταξύ διαφόρων εφαρμογών. Στην παρούσα ενότητα περιγράφεται μια πιθανή εναλλακτική για να φανούν οι πιθανές επιδράσεις των δεσμεύσεων της μνήμης στους δέκτες.

Κατά τη διάρκεια της λήψης μιας υπηρεσίας MPE-FEC, όλα τα πακέτα MPE IP πρέπει να φυλάσσονται στην μνήμη MPE-FEC μέσα στο δέκτη. Στο τέλος του πλαισίου, ο buffer στην μνήμη MPE-FEC είναι έτοιμος για την αποκωδικοποίηση RS που θα διορθώσει τα λάθη στον buffer. Μετά από αυτό, ο δέκτης πρέπει να είναι σε θέση να δώσει τα σωστά/διορθωμένα πακέτα IP στο ανώτερο OSI επίπεδο. Αφού γίνει και αυτό, ο buffer πρέπει να είναι ελεύθερος για να είναι έτοιμος για το επόμενο πλαίσιο.

Ο ρυθμός εξαγωγής δεδομένων πρέπει να είναι αρκετά υψηλός ούτως ώστε να πάρει όλα τα πακέτα IP από την μνήμη MPE-FEC πριν την άφιξη του επόμενου πλαισίου.



**Σχήμα 2.18** Παράδειγμα επεξεργασίας υπηρεσιών στο δέκτη

Η κανονική προσέγγιση της οργάνωσης υπηρεσιών DVB-H είναι να τοποθετηθούν διάφορες υπηρεσίες η μια μετά την άλλη. Στο παρόν παράδειγμα δείχνονται μόνο 3 υπηρεσίες, και ο δέκτης επεξεργάζεται την υπηρεσία 0. Ενώ η υπηρεσία λαμβάνεται,

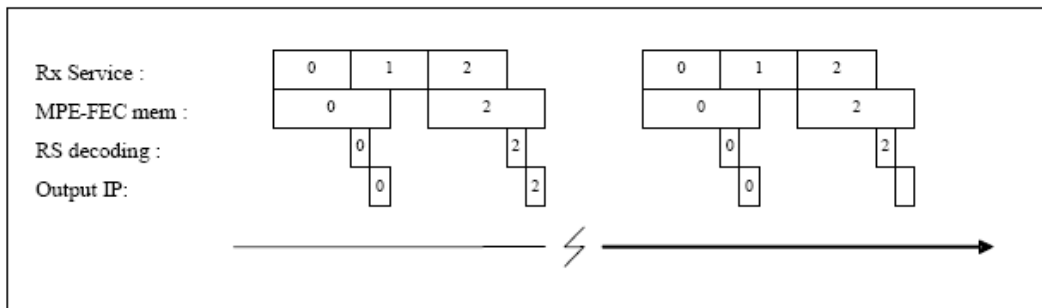
φυλάσσεται στην μνήμη MPE-FEC. Μετά η αποκωδικοποίηση RS διορθώνει τα λάθη. Έπειτα, απαιτείται κάποιος χρόνος για να βγουν τα πακέτα IP από το δέκτη.

### 2.2.5.2. Μέγεθος μνήμης MPE-FEC και φραγμοί δέκτη

Το γεγονός ότι ο δέκτης χρειάζεται κάποιο χρόνο για να βγάλει τα δεδομένα, δεν επιτρέπει στην τρέχουσα μνήμη MPE-FEC να λαμβάνει μια υπηρεσία αμέσως μετά την πρώτη.

Το παράδειγμα που φαίνεται παρακάτω δείχνει ότι κατά τη διάρκεια της λήψης της υπηρεσίας 1, ο δέκτης αποκωδικοποιεί και στέλνει στην έξοδο την υπηρεσία 0. Η υπηρεσία 1 είναι μετά αδύνατον να ληφθεί, αν δεν υπάρχει επιπλέον μνήμη να την αποθηκεύσει, ενώ η υπηρεσία 0 επεξεργάζεται.

Απ' την άλλη η υπηρεσία 2 μπορεί να ληφθεί χωρίς επιπλέον μνήμη:



**Σχήμα 2.19** Παράδειγμα επεξεργασίας δυο υπηρεσιών στο δέκτη

Σε αυτό το σημείο είναι πολύ σημαντικό να κάνουμε μια κατάλληλη ταξινόμηση των υπηρεσιών στον ενθυλακωτή IP. Εάν δύο υπηρεσίες ληφθούν μαζί δεν θα πρέπει να συνδιαταχθούν μαζί, η μια ακριβώς μετά την άλλη. Δυστυχώς αυτός ο φραγμός μπορεί να προκαλέσει δυσκολίες στις πραγματικές εφαρμογές. Είναι ξεκάθαρο ότι αν ο δέκτης ξοδεύει πολύ χρόνο για να στείλει τα πακέτα IP έξω, μπορεί να μην είναι έτοιμος για την επεξεργασία της υπηρεσίας 2.

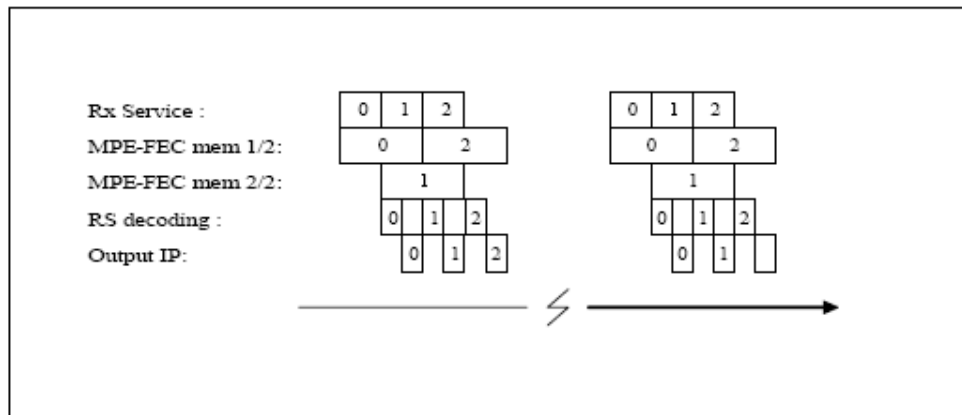
### 2.2.5.3. Ελάχιστες απαιτήσεις Μνήμης

Αυτός ο περιορισμός στην λήψη παραπάνω από μιας υπηρεσίες όταν ο δέκτης δεν έχει αρκετή μνήμη, αναγκάζει σε εκτίμηση των φραγμών μνήμης μέσα στους δέκτες:

- Κάθε δέκτης DVB-H πρέπει να έχει αρκετή μνήμη για να λάβει τουλάχιστον μια υπηρεσία στην λειτουργία MPE-FEC υψηλότερης απαίτησης σε μνήμη. Αυτή η κατάσταση υπάρχει για 1024 γραμμές, 191 στήλες δεδομένων και 64 στήλες RS.
- Αυτή η ελάχιστη μνήμη μπορεί να επιτρέψει ή μπορεί και να μην επιτρέψει την λήψη διαφόρων υπηρεσιών στο ίδιο time slice, ανάλογα με τον χρόνο μεταξύ τους.

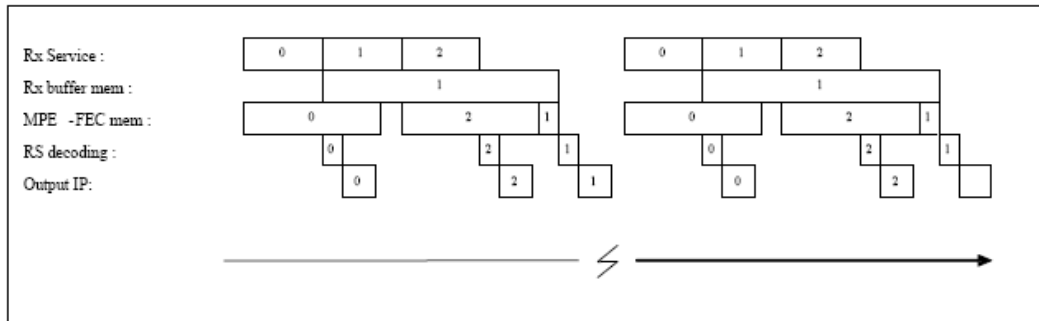
Για να ξεπεράσουμε αυτόν τον περιορισμό υπάρχουν διάφορες επιλογές:

- Ο περιορισμός της λειτουργίας του MPE-FEC σε 512 γραμμές. Αυτό μπορεί να απαιτεί μόνο μισή μνήμη για κάθε υπηρεσία, και παραπάνω από μια υπηρεσίες μπορούν να ληφθούν κάθε φορά.



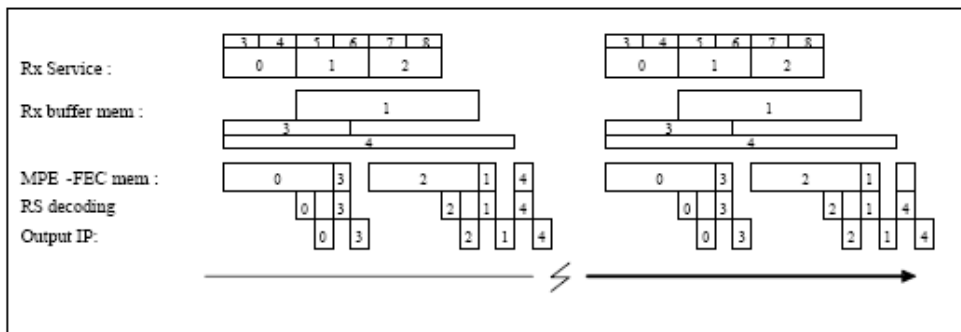
Σχήμα 2.20 Αποκωδικοποίηση υπηρεσιών (MPE-FEC με 512 γραμμές)

- Η προσθήκη παραπάνω μνήμης στον δέκτη για να αποθηκεύει τις εισερχόμενες υπηρεσίες ενώ άλλες είναι σε φάση αποκωδικοποίησης.



**Σχήμα 2.21** Αποκωδικοποίηση υπηρεσιών (επιπρόσθετη μνήμη στο δέκτη)

Εάν υπάρχει ανάγκη για λήψη παραπάνω από μιας υπηρεσιών ταυτόχρονα, ο περιορισμός για το μέγεθος μνήμης μπορεί να γίνει σημαντικός.



**Σχήμα 2.22** Αποκωδικοποίηση παράλληλων υπηρεσιών

Στην περίπτωση που απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα, η επιλογή της ελάττωσης σε 512 του αριθμού των γραμμών μπορεί να μην είναι αρκετή για να διαχειριστούν όλες οι υπηρεσίες.

### Συμπέρασμα

Η αντιστάθμιση μεταξύ του μεγέθους της μνήμης του δέκτη και του αριθμού των υπηρεσιών που λαμβάνονται παράλληλα, παράγει διαφορετικές διατάξεις δεκτών. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι κάποιοι δέκτες μπορούν να λαμβάνουν πολλές παράλληλες υπηρεσίες, και κάποιοι άλλοι όχι, ανάλογα με την διάταξη του δικτύου IP Datacast.

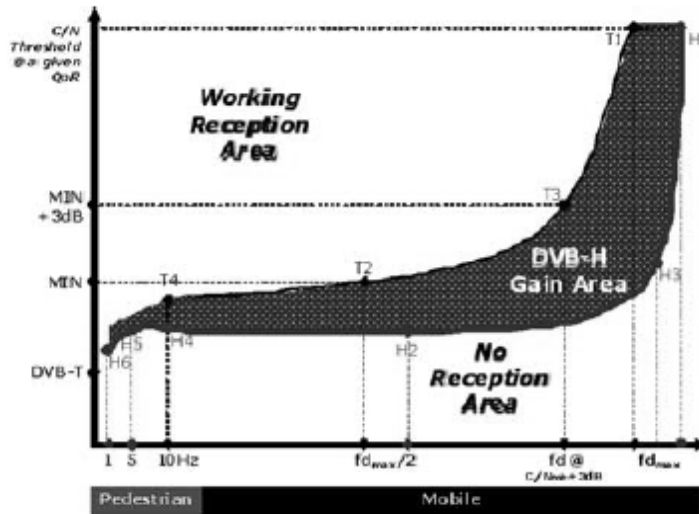
## Κεφάλαιο 3 - Σύγκριση και κοινή χρήση DVB-H – DVB-T

### 3.1. Εισαγωγή

Χτίζοντας στις αρχές του DVB-T προτύπου, το DVB-H πρότυπο εισάγει λειτουργικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τις απαιτήσεις ενός περιβάλλοντος φορητής-κινητής λήψης.

Και τα δύο αυτά πρότυπα χρησιμοποιούν το ίδιο φυσικό στρώμα και το DVB-H μπορεί να είναι αντιστρόφως συμβατό με το DVB-T. Όπως το DVB-T, έτσι και το DVB-H μπορεί να μεταφέρει το ίδιο ρεύμα μεταφοράς MPEG-2 και να χρησιμοποιεί τους ίδιους πομπούς και διαμόρφωση OFDM για το σήμα του. Μέχρι 50 κανάλια τηλεόρασης θα μπορούν να μεταδίδονται σε ένα μονό πολυπλέκτη ή η δυνατότητα του πολυπλέκτη θα μπορεί να μοιράζεται μεταξύ DVB-T και DVB-H.

Από το 1998 έως το 2000, στο European Collaborative Research πρόγραμμα (MOTIVATE–ACTS318) μελετήθηκε η δυνατότητα του DVB-T να εξυπηρετεί κινητούς χρήστες. Υπαίθριες δοκιμές επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα από τα εργαστηριακά τεστ και έδειξαν τις ισχυρές σχέσεις μεταξύ τρόπων μετάδοσης DVB-T και την επιτεύξιμη ποιότητα υπηρεσιών από δέκτες σε κίνηση. Αυτή η συμπεριφορά μοντελοποιείται χρησιμοποιώντας την καμπύλη ‘C/N versus Doppler’ που απεικονίζεται στο παρακάτω γράφημα.



Σχήμα 3.1 C/N vs Doppler για δέκτες σε κίνηση

Το γράφημα αυτό δείχνει στον άξονα των Y, το C/N που απαιτείται από τους δέκτες για την αποδιαμόρφωση ενός σήματος που επηρεάζεται από ένα κινητό κανάλι, ενώ στον άξονα των X αντιστοιχεί η τιμή μετατόπισης της τιμής της συχνότητας Doppler που προκύπτει από την ταχύτητα του δέκτη.

Αρχικά, από στατικές σε αργής κίνησης καταστάσεις, το C/N αυξάνεται ξαφνικά (T4 σημείο) αντιστοιχώντας στο ονομαζόμενο «mobile penalty». Όσο η συχνότητα Doppler (ταχύτητα) αυξάνεται, μόνο μια μικρή βελτίωση C/N χρειάζεται, μέχρι η συχνότητα Doppler να φτάσει την τιμή όπου η διαδικασία της αποδιαμόρφωσης γίνεται αδύνατη.

Στο πρότυπο DVB-T, πολυάριθμα τεστ και δοκιμές έχουν δείξει ότι το ελάχιστο C/N για κινητή λήψη είναι αυστηρώς συνυφασμένο με τον χρησιμοποιούμενο αστερισμό κωδικοποίησης (δηλ., δυνατοί αστερισμοί -όπως QPSK CR 1/2- μειώνουν το ‘mobile penalty’) και η μέγιστη ταχύτητα είναι αυστηρά συνδεδεμένη με την απόσταση μεταξύ των φερόντων (ICS) του μεταδιδόμενου σήματος (δηλ., σε κανάλι εύρους ζώνης 8 MHz, το 8K mode προσφέρει  $\approx 1\text{KHz}$  ICS ενώ το 2K mode προσφέρει  $\approx 4\text{KHz}$  ICS ). Με άλλα λόγια, το ελάχιστο C/N είναι σχετικά ανεξάρτητο από τον χρησιμοποιούμενο δέκτη, ενώ η μέγιστη ταχύτητα είναι εξαρτημένη από τις τεχνικές εκτίμησης/ διόρθωσης καναλιού

που εφαρμόζονται καθώς και από τις τεχνικές για τη μείωση της επίδρασης του ICI, αλλά παραμένει, για όλες τις περιπτώσεις εφαρμογών, ανάλογη του ICS.

Σε ένα DVB – H πλαίσιο, η παραπάνω προστασία ορίζεται σε κάθε DVB – H υπηρεσία πάνω από τους μηχανισμούς προστασίας που προσφέρονται σε όλες τις υπηρεσίες πολυπλεξίας από το φυσικό στρώμα DVB – T. Το σχέδιο MPE-FEC προσφέρει σε κάθε burst υπηρεσιών DVB – H ένα σετ από κώδικες-λέξεις Reed-Solomon επιτρέποντας στους δέκτες να εκτελούν παραπάνω διόρθωση στα IP datagrams που λαμβάνονται ατελώς.

Η δεύτερη καμπύλη στο σχήμα (σημεία H1 έως H6) απεικονίζει τις επιπτώσεις της διόρθωσης Reed-Solomon, ενισχυμένης από το «virtual time interleaving».

Για κινητές περιπτώσεις πάνω από 10Hz Doppler το σχέδιο προστασίας MPE-FEC μειώνει το απαιτούμενο C/N παραπάνω ενώ λαμβάνονται αυξήσεις ταχύτητας, και επιπλέον το MPE-FEC επιτρέπει την αύξηση της μέγιστης ταχύτητας (βλέπε H1 σημείο στο γράφημα) στο οποίο η αποκωδικοποίηση παραμένει δυνατή χωρίς MPE-FEC.

Για περιπτώσεις πεζής κίνησης, με Doppler κάτω από 10Hz, τα αποτελέσματα του «virtual time interleaving» είναι λιγότερο αποδοτικά, και η μετάδοση DVB – H επωφελείται κυρίως από την τραχύτητα που φέρνει η προστασία Reed-Solomon και το DVB – T γενικότερα. Αλλά, σε αυτή την περιοχή, η απόλυτη διάρκεια των bursts αναμένεται να φέρει παραπάνω πλεονεκτήματα.

Συνοπτικά, η χρήση MPE-FEC σε μεταδόσεις DVB–H κάνει την διαθεσιμότητα της υπηρεσίας ανεξάρτητη από την λαμβανόμενη ταχύτητα ενώ ακυρώνει ένα μεγάλο μέρος του C/N penalty.



### 3.2. Αποτελέσματα εργαστηριακών τεστ

Πολυάριθμα συμπεράσματα έχουν αποκομισθεί από την καμπάνια μεγάλου εύρους εργαστηριακών τεστ που έγιναν από τα μέλη προτυποποίησης του DVB-H. Παρουσιάζονται κάποια αποτελέσματα που αφορούν τις διαφορές του DVB-H από το DVB-T:

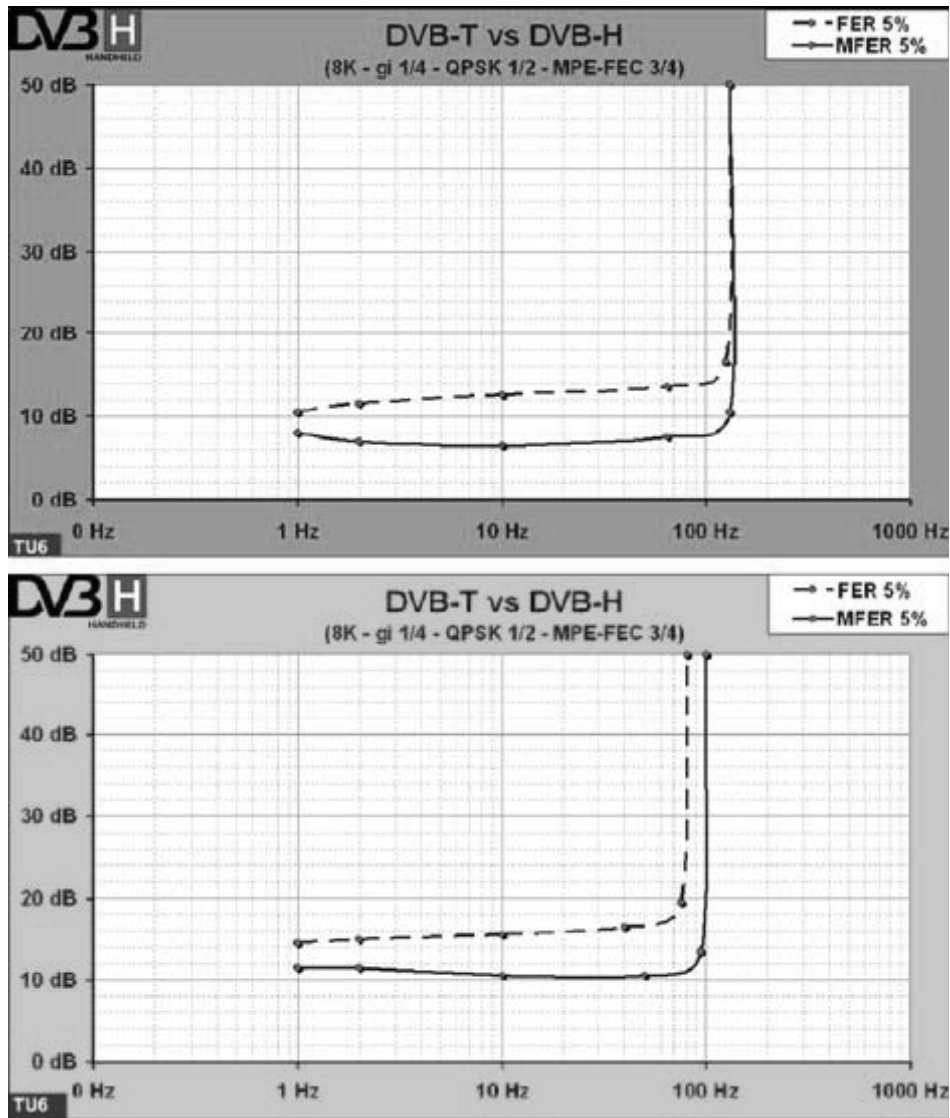
#### DVB-T Versus DVB-H

Να αναφερθεί αρχικά ότι για αυτή την αξιολόγηση χρησιμοποιώντας MPE-FEC  $\frac{3}{4}$  bursts υπηρεσιών το χαρακτηριστικό C/N versus Doppler δύο δεκτών έχει εδραιωθεί, και για QPSK και 16QAM, χρησιμοποιήθηκαν coding rates  $\frac{1}{2}$  και  $\frac{2}{3}$ .

Στα παρακάτω σχήματα η καμπύλη 'FER5' αντιστοιχεί σε κατάσταση παρόμοια του DVB-T, ενώ η καμπύλη 'MFER5' δείχνει το όφελος από το DVB-H που προέρχεται από την προστασία MPE-FEC  $\frac{3}{4}$ .

Από αυτά τα γραφήματα μπορεί να εκτιμηθεί ότι σε μια κινητή κατάσταση ( $f_D > 10$  Hz), το MPE-FEC όχι μόνο μειώνει την απαίτηση C/N κατά 6-8dB αλλά ακόμη κάνει την διαθεσιμότητα της υπηρεσίας ανεξάρτητη από την λαμβανόμενη ταχύτητα.

Όσον αφορά στη μέγιστη ταχύτητα (υψηλό  $f_D$ ), το MPE-FEC σπρώχνει παραπάνω το όριο μέγιστης ταχύτητας, δρώντας σε συνδυασμό με τους αλγόριθμους ακύρωσης ICI που είναι εφαρμοσμένοι στους αποδιαμορφωτές.



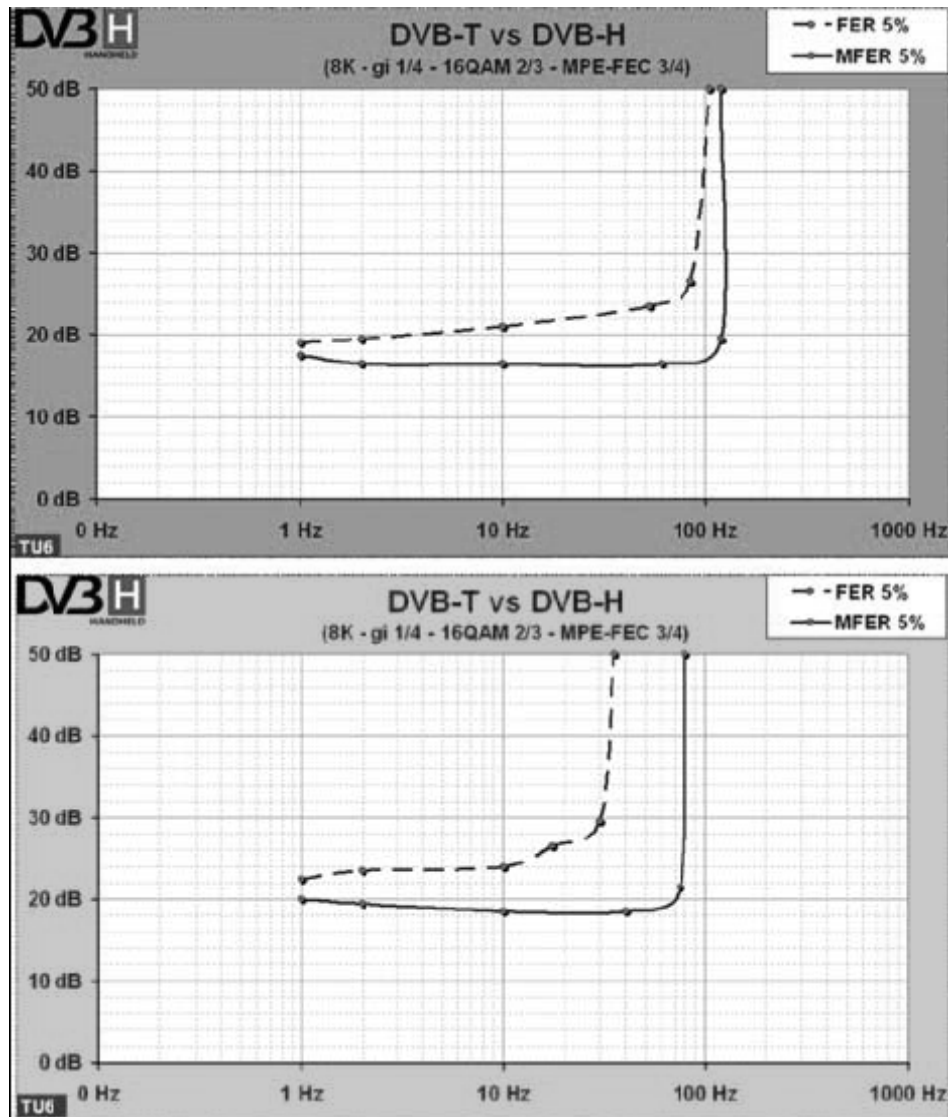
Σχήμα 3.2 Κέρδη DVB-H σε QPSK 1/2

Στην επόμενη σειρά γραφημάτων φαίνονται τα αποτελέσματα που αποκομίζονται με 16QAM CR 2/3 mode. Μπορεί να παρατηρηθεί ένα 5-6dB κέρδος C/N που έρχεται από το MPE-FEC 3/4, αλλά ενδιαφέρον έχει και για τον δεύτερο δέκτη, το κέρδος ταχύτητας 'speed gain' που είναι πιο αξιόλογο με αυτό το σχέδιο διαμόρφωσης.

Δοκιμές, όπου χρησιμοποιήθηκαν 8K με QPSK 2/3 και 16QAM 1/2, επιβεβαίωσαν αυτά τα αποτελέσματα, δείχνοντας ότι το MPE-FEC επιτρέπει στο DVB-H σύστημα

μετάδοσης να χρησιμοποιεί TS bitrates των 5 μέχρι 14 Mb/s από 500km/h (Band III) έως 130km/h (Band IV).

Αυτή η απόδοση DVB-H μοιάζει με την βελτίωση στο C/N και στην μέγιστη ταχύτητα που παρατηρείται με την διαφορισμότητα κεραίας.



Σχήμα 3.3 Κέρδη DVB-H σε 16QAM 2/3

### **3.3.Φάσμα εκπομπής**

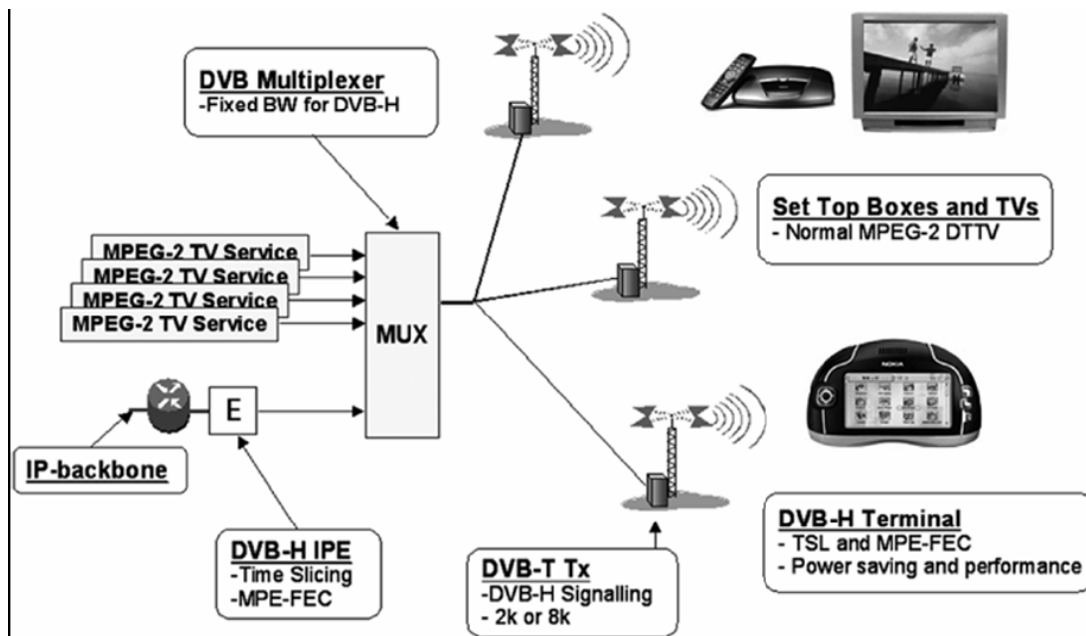
Το DVB – H σκοπεύει να χρησιμοποιήσει το ίδιο φάσμα εκπομπής με αυτό που χρησιμοποιεί το DVB – T . Το φυσικό στρώμα του DVB – H είναι στην πραγματικότητα DVB – T επομένως υπάρχει πλήρης συμβατότητα φάσματος με τις υπηρεσίες DVB – T.

Το DVB – H μπορεί να εισαχθεί είτε σαν αφιερωμένο σε DVB – H δίκτυο ή μοιράζοντας το υπάρχων πολυπλεγμένο σήμα DVB – T μεταξύ των υπηρεσιών DVB – H και DVB – T. Τεχνικά σχεδόν οποιαδήποτε κατανομή ή ανάθεση συχνοτήτων DVB – T μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για το DVB – H` οι μόνοι περιορισμοί έρχονται από την διαλειτουργικότητα με τον κυψελωτό πομπό GSM900 στο τερματικό DVB – H. Αν απαιτείται ταυτόχρονη λειτουργία, οι συχνότητες κάτω από περίπου 700-750 MHz ευνοούνται.

Το DVB – H μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα καινούργιο μέσο που παρέχει υπηρεσίες εκπομπής για ένα νέο ενδιαφέρον γκρουπ πελατών, δηλαδή, τους χρήστες κινητής τηλεφωνίας. Εάν αυτό αποδειχτεί αρκετά ενδιαφέρον το φάσμα θα γίνει διαθέσιμο. Σε οποιαδήποτε περίπτωση αναμένεται ότι η κατάσταση θα δρομολογηθεί αφού αρχίσουν να κλείνουν οι υπηρεσίες αναλογικής τηλεόρασης. Θα πρέπει να τονιστεί ακόμη ότι το DVB – H είναι πολύ αποδοτικό από πλευράς φάσματος όταν συγκρίνεται με τις παραδοσιακές υπηρεσίες τηλεόρασης. Ένα κανάλι 8 MHz μπορεί να παραδώσει 30-50 υπηρεσίες video streaming σε τερματικά μικρής οθόνης. Αυτό είναι δέκα φορές περισσότερο από το standard-definition TV (SDTV) με MPEG-2 ή είκοσι φορές περισσότερο από ότι με high definition TV (HDTV) με AVC.

### **3.4.Κοινή χρήση DVB-T/H**

Ένα κοινό δίκτυο μπορεί να μοιάζει με αυτό όπως στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 3.4 Δίκτυο κοινής χρήσης DVB-T και DVB-H

Ένα δίκτυο DVB-T πομπών εξυπηρετεί τερματικά και DVB-H και DVB-T. Ωστόσο το υπάρχον DVB-T δίκτυο πρέπει να είναι σχεδιασμένο για φορητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους έτσι ώστε να παρέχει ικανοποιητικά υψηλή δύναμη πεδίου για τα φορητά τερματικά μέσα στην επιθυμητή περιοχή υπηρεσίας. Η μόνη απαιτούμενη τροποποίηση στους πομπούς είναι μια ενημέρωση έτσι ώστε τα bits που σηματοδοτούνται από το DVB-H και τα Cell ID bits να προστίθενται στην πληροφορία TPS του πομπού.

Η πραγματική διανομή γίνεται σε επίπεδο πολυπλεγμένου σήματος. Το DVB-H προσφέρει μια πλήρη ελαστικότητα στην επιλογή της μερίδας των υπηρεσιών του πολυπλεγμένου σήματος DVB-H. Το συστατικό κλειδί του DVB-H στο δίκτυο είναι ο ενθλακωτής IP όπου εφαρμόζονται το MPE των IP δεδομένων, το time slicing, και το MPE-FEC.

Μια άλλη δυνατότητα για τη κοινή χρήση του δικτύου είναι η χρήση της ιεραρχικής διαμόρφωσης DVB-T. Σε αυτή τη περίπτωση το MPEG-2 και οι υπηρεσίες IP του DVB-H θα έχουν τις δικές τους ανεξάρτητες εισαγωγές στο TS στους πομπούς DVB-T. Οι υπηρεσίες DVB-H θα χρησιμοποιούν το ρεύμα υψηλής προτεραιότητας, το οποίο θα προσφέρει αυξημένη ευρωστία σε σχέση με το ρεύμα χαμηλής προτεραιότητας που χρησιμοποιείται μετά για τις κανονικές υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης.

### **3.5.Θέματα συμβατότητας DVB-H/DVB-T**

Εφόσον το time slicing και το MPE-FEC συνιστούν διεργασίες εφαρμοσμένες στο στρώμα ζεύξης δεδομένων δεν τίθεται θέμα ασυμβατότητας, και είναι πλήρως συμβατά με το υπάρχον φυσικό στρώμα DVB. Ακόμη η διεπαφή του στρώματος δικτύου υποστηρίζει είσοδο datagrams σε μορφή bursts, οπότε είναι πλήρως συμβατή με το time slicing.

Τα time slicing και MPE-FEC αλλάζουν τα MPE πρωτόκολλα με πλήρως αντιστρεπτά συμβατό τρόπο. Η μετατόπιση bytes των πεδίων MAC\_address που βρίσκονται στην επικεφαλίδα του τμήματος MPE, για αποστολή συγκεκριμένων παραμέτρων DVB-H, υποστηρίζεται πλήρως από το DVB-SI standard.

Τα time slicing και MPE-FEC μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα πολυπλέκτη μαζί με υπηρεσίες non-Time Sliced και non-MPE-FEC. Παραδοσιακοί DVB IRDs μπορούν να συνεχίσουν να λαμβάνουν υπηρεσίες non-Time Sliced και non-MPE-FEC αφού τα time slicing και MPE-FEC δεν έχουν καμία επίδραση στην λήψη αυτών των υπηρεσιών.

Ωστόσο όμως το time slicing μπορεί να απαιτεί ένα λογικό bitrate για να τοποθετηθεί σε υπηρεσίες αποκλειστικά Time Slicing και έτσι να επηρεάζει πιθανόν το διαθέσιμο bitrate για υπηρεσίες non-Time Sliced. Οι παραδοσιακοί δέκτες DVB μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λήψη υπηρεσιών time slicing και MPE-FEC δεδομένου ότι δεν θα απορρίπτουν το χρησιμοποιούμενο stream\_type. Τέτοιοι δέκτες απλά θα αγνοούν τα

χαρακτηριστικά του DVB-H (delta-t, FEC data) και θα παραμένουν σε λειτουργία κατά τη διάρκεια των περιόδων Off-time. Ωστόσο, παραδοσιακοί δέκτες DVB ενδεχομένως να μπορούν αλλά και να μην μπορούν να λάβουν ρεύματα δεδομένων (δηλ. να αποθηκεύουν) στο υψηλότερο bitrate που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια των bursts, πράγμα που μπορεί να περιορίσει την χρήση τέτοιων δεκτών στο να δέχονται υπηρεσίες time sliced. Από την πλευρά των standards, το Data Broadcast standard δεν θέτει περιορισμούς στα bitrates που χρησιμοποιούνται επομένως δεν υπάρχει θέμα συμβατότητας ή μη.

Ο δέκτης που λαμβάνει Time Sliced στοιχειώδες ρεύμα μπορεί να χρειαστεί να υποστηρίζει IP datagram buffering μέχρι 256kBytes. Άλλες υπηρεσίες streaming θέτουν ακόμη μεγαλύτερες απαιτήσεις για αρχικό buffering. Επομένως ο δέκτης που υποστηρίζει IP streaming πρέπει να υποστηρίζει και το απαιτούμενο buffer, ανεξάρτητα από το αν υποστηρίζει time slicing ή όχι.

Εδώ ας σημειώσουμε ότι ένα συγκεκριμένο stream\_type έχει προσδιοριστεί για ένα στοιχειώδες ρεύμα που υποστηρίζει time slicing και/ή MPE-FEC, ενώ ένα στοιχειώδες ρεύμα που δεν υποστηρίζει ούτε time slicing ούτε MPE-FEC μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα μεγάλο εύρος τιμών stream-type (τιμή 0x0D και 0x80...0xFF επιτρέπονται). Ο λόγος της τοποθέτησης ενός νέου stream-type είναι το γεγονός ότι η τιμή 0x0D δεν επιτρέπει αποστολή κανενός άλλου τμήματος εκτός από το MPE, ενώ η χρήση μεθόδου MPE-FEC απαιτεί και τμήματα MPE-FEC. Χάριν απλότητας, ένα στοιχειώδες ρεύμα που χρησιμοποιεί μόνο time slicing (αλλά όχι MPE-FEC) χρησιμοποιεί και το νέο stream\_type.

Πολλοί, αν όχι όλοι, από τους παραδοσιακούς δέκτες DVB μπορούν να μετατραπούν έτσι ώστε να υποστηρίζουν time slicing απλά ενημερώνοντας το λογισμικό του συστήματός τους. Παρόλα αυτά μπορεί να μην χρειαστεί αυτή η ενημέρωση στους δέκτες, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις δεν απαιτείται η ενεργοποίηση της λήψης Time Sliced στοιχειωδών ρευμάτων.

Όσον αφορά στη σηματοδοσία η DVB-H σηματοδοσία είναι πλήρως συμβατά αντιστρέψιμη αφού γίνεται με bits ‘φυλαγμένα για μελλοντική χρήση’. Τα μη χρησιμοποιημένα bits αγνοούνται από τους δέκτες DVB-T.

Η νέα προτεινόμενη κατάσταση λειτουργίας «4K-mode» και ο in-depth symbol interleaver για τις 2K και 4K modes επηρεάζει την συμβατότητα με την υπάρχουσα προδιαγραφή φυσικού στρώματος DVB-T, αφού οι παλαιότεροι δέκτες δεν μπορούν να αποκωδικοποιήσουν ένα σήμα DVB-H που χρησιμοποιεί αυτήν την κατάσταση λειτουργίας μετάδοσης. Παρόλα αυτά είναι ‘συμβατοί’ με την υπάρχουσα προδιαγραφή DVB-T με τους παρακάτω τρόπους:

#### **Απαιτήσεις φάσματος**

Στο ανώτερο επίπεδο είναι πλήρως συμβατοί με τις απαιτήσεις φάσματος των 2K και 8K DVB-T modes’ το απασχολημένο εύρος ζώνης παραμένει το ίδιο καθώς και το σχήμα και τα χαρακτηριστικά των παρεμβολών.

#### **Το επίπεδο του συστήματος**

Το επόμενο επίπεδο συμβατότητας είναι στο επίπεδο συστήματος DVB-T. Η νέα 4K mode μπορεί να θεωρηθεί σαν μια παρεμβολή των υαρχόντων 2K και 8K mode, απαιτώντας μόνο μια επιπλέον παράμετρο στο σύστημα DVB-T και μια μικρή λογική ελέγχου στη συσκευή’ ενώ αυτή η αναβάθμιση θα είναι 100% συμβατή με άλλα μπλοκ του συστήματος (όπως κάποιοι δέκτες 2K δεν μπορούν να αποκωδικοποιήσουν μια 8K μετάδοση, ενώ είναι και τα δύο modes 100% DVB-T). Άλλωστε όπως οι περισσότερες από τις συσκευές DVB-T περιλαμβάνουν και 8K και 2K FFT-modes, η επιπλέον πολυπλοκότητα είναι ελάχιστη και περιέχει κυρίως την επιπλέον λογική ελέγχου.

#### **Δέκτες**

Σε ό,τι αφορά το δέκτη, είναι προφανές ότι δέκτες που μπορούν να λάβουν 2K και 8K δεν είναι ικανοί να λάβουν σήματα 4K, αλλά αυτό δεν αποτελεί αυστηρό περιορισμό αφού κάθε νέο δίκτυο DVB-H που χρησιμοποιεί το 4K mode θα στοχεύει σε νέες υπηρεσίες και νέους τύπους φορητών τερματικών. Ο μοναδικός περιορισμός σε αυτή τη



περίπτωση προκύπτει όταν μοιράζεται η πολυπλεξία μεταξύ παραδοσιακών DVB-T και DVB-H υπηρεσιών. Το πρότυπο επιτρέπει στους νέους δέκτες, ικανούς να υποστηρίξουν 4K, να λαμβάνουν και 2K και 8K μεταδόσεις· αφήνοντας την εφαρμογή όλων των modes στην απόφαση της αγοράς. Τέλος πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψιν και η σχετική απλότητα της προσθήκης νέου 4K mode στις υπάρχουσες 8K/2K πλακέτες. Αυτό διασφαλίζει χαμηλό κόστος και γρήγορη διάθεση στην αγορά του υλικού του DVB-H που μπορεί να υποστηρίξει 4K.

## Κεφάλαιο 4 - Υπηρεσίες DVB-H

Το DVB-H είναι ένα σύστημα κατάλληλο για το διαρκώς μεταβαλλόμενο κινητό περιβάλλον. Η ένταση του πεδίου και η φάση του λαμβανόμενου σήματος διαφέρει από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου σήματος, η πολυδιαδρομική διάδοση προκαλεί μεγάλες διαφορές στην καθυστέρηση στη λήψη, οι κυψέλες αλλάζουν διαρκώς κλπ, τα οποία σημαίνουν ότι στη χειρότερη περίπτωση μέρος των δεδομένων χάνεται κατά τη διάρκεια της αναμετάδοσης.

### 4.1.Επιδράσεις του περιβάλλοντος και του εξοπλισμού

Ο στόχος του DVB-H να υποστηρίξει κινητή λήψη κάνει δυνατή τη μεταφορά του δέκτη σε περιβάλλοντα ασυνήθιστα για τα μέχρι σήμερα επίγεια συστήματα εκπομπής. Το γεγονός αυτό εγείρει ιδιαίτερα θέματα σε σχέση με το σχεδιασμό του δικτύου καθώς οι συνθήκες του ραδιοδιαύλου διαφέρουν ανάλογα με τη θέση του κινητού δέκτη. Επιπλέον οι προσφερόμενες υπηρεσίες πρέπει να είναι ειδικά σχεδιασμένες για κινητά τερματικά, τα οποία τις περισσότερες φορές έχουν συγκριτικά μικρή οθόνη.

#### 4.1.1. *Αργά κινούμενο DVB-H τερματικό*

Το μικρό μέγεθος των DVB-H τερματικών επιτρέπει τη χρησιμοποίηση της υπηρεσίας πρακτικά οπουδήποτε υπάρχει σήμα. Γι' αυτό το λόγο μια διαφορετική προσέγγιση, απ' ότι μέχρι σήμερα, χρειάζεται σε ό,τι αφορά τη σχεδίαση του δικτύου και των υπηρεσιών.

Οι πεζοί χρήστες μπορεί να χρησιμοποιήσουν την υπηρεσία σε σημεία όπου δεν υπάρχει κάλυψη από κάποια κυψέλη. Εξαιτίας της πολύ μικρής κεραίας του τερματικού, η λαμβανόμενη ισχύς ενδέχεται να αποτελεί σημαντικά περιοριστικό παράγοντα, και ιδιαίτερα μέσα σε κτίρια.

Μια άλλη συνηθισμένη περίπτωση είναι αυτή στην οποία ο δέκτης, ενώ βρίσκεται σε κάποιο όχημα, είναι συνδεδεμένος με εξωτερική κεραία η οποία βρίσκεται στην οροφή του οχήματος. Εν προκειμένω, το κέρδος κεραίας είναι σαφώς μεγαλύτερο απ' ότι χωρίς την εξωτερική σύνδεση. Μια εκτίμηση για το κέρδος της εξωτερικής κεραίας του οχήματος είναι μεταξύ 2 dBi και 5 dBi, ενώ το κινητό τερματικό με την εσωτερική του μόνο κεραία θα είχε εκτιμώμενο κέρδος από -5dBi έως -10dBi.

#### ***4.1.2. Γρήγορα κινούμενο DVB-H τερματικό***

Υπάρχουν ιδιαίτερες περιπτώσεις όπου το DVB-H τερματικό μπορεί να κινείται εξαιρετικά γρήγορα όπως για παράδειγμα μέσα σε γρήγορα τραίνα ή αυτοκίνητα. Στις περιπτώσεις αυτές το ίδιο το όχημα εξασθενίζει το σήμα που φτάνει στο δέκτη κατά πολύ. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί τοποθετώντας επαναλήπτες εντός του οχήματος. Όμως η λειτουργία του συστήματος εξαρτάται επίσης από το χρησιμοποιούμενο σχήμα διαμόρφωσης και την επιλεγμένη λειτουργία (2K, 4K ή 8K).

Στους υπολογισμούς για την εκτιμώμενη επιθυμητή στάθμη του σήματος το ύψος της κεραίας για τα παραπάνω σενάρια θεωρείται ίσο με 1,5 m. Καθώς το ύψος της κεραίας του τερματικού μέσα σε αυτοκίνητο είναι μικρότερο από 1,5 m και το αντίστοιχο ύψος για τερματικό μέσα σε τραίνο μεγαλύτερο, η θεώρηση του ύψους στο 1,5 m είναι μια λογική μέση τιμή για τους υπολογισμούς.

Η λειτουργία 2K και σε κάποιο βαθμό και η 4K είναι κατάλληλες για μελλοντική χρήση του συστήματος σε περιπτώσεις πολύ υψηλών ταχυτήτων. Επίσης οι λειτουργίες αυτές λειτουργούν σωστά και σε συχνότητες μεγαλύτερες από τις παραδοσιακές συχνότητες εκπομπής.

## 4.2. Υπηρεσίες

Τα πιο ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά του DVB-H από τη σκοπιά του σχεδιασμού της υπηρεσίας είναι:

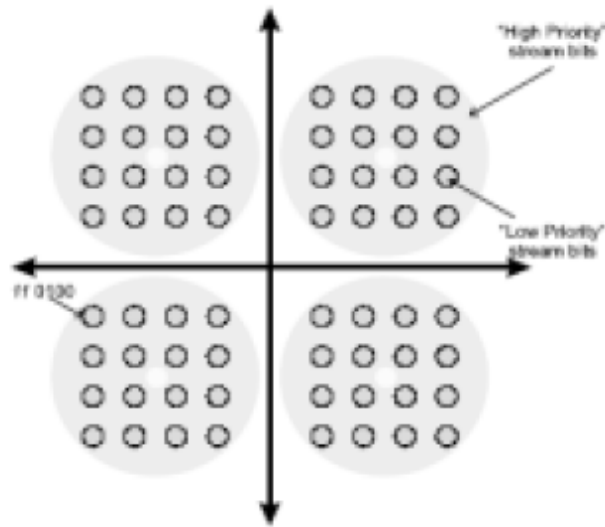
- Ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων σε σύγκριση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, ακόμα και σε συνθήκες κινούμενου περιβάλλοντος.
- Η ταυτόχρονη λήψη της πληροφορίας από όλους τους χρήστες.
- Η δυνατότητα να ικανοποιεί ταυτόχρονα μεγάλες απαιτήσεις σε όγκο δεδομένων χωρίς τον κίνδυνο κορεσμού του δικτύου.
- Η απλότητα στο να απευθυνθεί σε μια κοινότητα χρηστών χάρη στην υποστήριξη multicast πρωτοκόλλων.

## 4.3. Ιεραρχικά δίκτυα για κλιμακωτή υποβάθμιση ποιότητας υπηρεσίας ή υποστήριξη πολλαπλών format/συσκευών

### 4.3.1. Εισαγωγή

Ένα από τα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά του προτύπου DVB-H είναι η δυνατότητα δημιουργίας ιεραρχικών δικτύων. Αυτά τα δίκτυα διαμοιράζουν τον ίδιο RF δίαυλο για δυο ανεξάρτητα σχήματα πολυπλεξίας.

Στην ιεραρχική διαμόρφωση οι πιθανές ψηφιακές καταστάσεις του χρησιμοποιούμενου αστερισμού ερμηνεύονται διαφορετικά απ' ότι στη μη ιεραρχική. Συγκεκριμένα, δυο διαφορετικά ρεύματα δεδομένων μπορούν να γίνουν διαθέσιμα για μετάδοση. Το πρώτο (υψηλής προτεραιότητας ρεύμα ή HP stream) προσδιορίζεται από τον αριθμό του τεταρτημορίου στο οποίο βρίσκεται (για παράδειγμα ένα QPSK ρεύμα), ενώ το δεύτερο (χαμηλής προτεραιότητας ρεύμα, LP stream) προσδιορίζεται από τη θέση της κατάστασής του μέσα στο τεταρτημόριο (για παράδειγμα ένα 16QAM ή QPSK ρεύμα).



**Σχήμα 4.1** QPSK in 64QAM constellation για ιεραρχική διαμόρφωση

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχέδιο κατά την μη ιεραρχική ερμηνεία έχουμε ένα 64QAM constellation, ενώ σύμφωνα με την ιεραρχική διαμόρφωση έχουμε ένα συνδυασμό 16QAM και QPSK, το οποίο συχνά αναφέρεται ως «QPSK μέσα σε 64QAM».

Επομένως η ιεραρχική διαμόρφωση επιτρέπει τη μετάδοση δυο ρευμάτων με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης και επίδοση στο ίδιο RF κανάλι.

Το άθροισμα των ρυθμών μετάδοσης των δυο ρευμάτων είναι ίσο με το ρυθμό μετάδοσης του ρεύματος στη μη ιεραρχική περίπτωση χρησιμοποιώντας την ίδια διαμόρφωση. (Ο ρυθμός μετάδοσης «χρήσιμων» δεδομένων είναι ελαφρώς μικρότερος λόγω της μετάδοσης της επικεφαλίδας του MPEG2 δυο φορές, μια για κάθε ρεύμα).

Σε ό,τι αφορά την επίδοση, το καλύτερα προστατευμένο HP ρεύμα έχει περίπου την ίδια ευαισθησία σε θόρυβο όπως και ένα QPSK ρεύμα, με μια επιπλέον χειροτέρευση κατά 1-2 dB λόγω του θορύβου που προκαλεί η παρουσία του LP ρεύματος. Το LP ρεύμα έχει την ίδια ευαισθησία όπως το συνολικό σχήμα στην περίπτωση που η

παράμετρος  $\alpha$  έχει την τιμή 1 (ομοιόμορφη διαμόρφωση), είτε ελαφρώς χειρότερη για μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου  $\alpha$  (μη ομοιόμορφη διαμόρφωση).

Συγκεκριμένα για το DVB-H η τιμή της παραμέτρου  $\alpha$  μπορεί να επιλεγθεί ίση με 2 για να βελτιώσει την ευαισθησία του HP ρεύματος, υποβαθμίζοντας ταυτόχρονα το LP ρεύμα.

#### **4.3.2. Θέματα σχεδίασης δικτύου**

Αν σχεδιάζει κανείς μια υπηρεσία DVB-H για λήψη σε εσωτερικούς χώρους για το HP ρεύμα, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι όλες οι υπηρεσίες του LP ρεύματος μεταδίδονται «σχεδόν δωρεάν». Το ζήτημα είναι ο σκοπός αυτών των υπηρεσιών: αν προορίζονται για λήψη με σταθερούς δέκτες θεωρείται πως υπάρχει πλεονασμός πολλών πόρων, καθώς η σχεδίαση ενός δικτύου για κινητή λήψη απαιτεί πολύ μεγαλύτερο αριθμό εκπομπών ή μεγαλύτερη εκπεμπόμενη ισχύ. Αντίθετα, αν οι υπηρεσίες αυτές προορίζονται να παρέχουν κάλυψη σε κινητά τερματικά σε εσωτερικούς είτε εξωτερικούς χώρους, τότε έχουμε αναβάθμιση του δικτύου «σχεδόν δωρεάν».

Για παράδειγμα έστω ότι έχουμε QPSK μέσα σε 64QAM ( $\alpha=2$ ):

Το HP ρεύμα με σχήμα διαμόρφωσης QPSK με FEC=1/2 και GI=1/8 θα έχει ρυθμό μετάδοσης 5,53 Mbps έχοντας C/N=8,7 dB, θεωρώντας διάυλο Rayleigh.

Το LP ρεύμα με σχήμα διαμόρφωσης 16QAM με FEC=1/2 και GI=1/8 θα έχει ρυθμό μετάδοσης 11,06 Mbps έχοντας C/N=18,2 dB, θεωρώντας διάυλο Rayleigh.

Ο συνολικός ρυθμός στο διάυλο θα είναι 16,59 Mbps. Υπάρχει μια διαφορά μεγαλύτερη από 10 dB ανάμεσα στα δύο ρεύματα, αλλά πρέπει να επισημάνουμε τα εξής:

-Υπάρχουν συσκευές που μπορούν να λαμβάνουν το LP ρεύμα ακόμα και σε κλειστό χώρο, για παράδειγμα χάρη στην κεραία που μπορεί να διαθέτουν και η οποία να έχει πολύ μεγαλύτερο κέρδος από τις μικρές κεραίες των κινητών τερματικών, όπως για παράδειγμα ένας φορητός υπολογιστής με κάρτα DVB-H και εξωτερική κεραία.

-Ανάλογα με τη θέση μιας συσκευής, είναι πιθανό να μπορεί να λάβει το LP ρεύμα αντί του HP ρεύματος. Για παράδειγμα ένα κινητό τερματικό που λαμβάνει το LP ρεύμα σε κλειστό χώρο.

### ***4.3.3. Δίκτυα αποκλειστικά για DVB-H***

Τα πλεονεκτήματα ενός δικτύου αποκλειστικά αφιερωμένου για μετάδοση DVB-H υπηρεσιών είναι ότι προσφέρει τη δυνατότητα για κλιμακωτή υποβάθμιση της ποιότητας υπηρεσίας, υποστήριξη για πολλούς τύπους συσκευών και format, ακόμα και την εκμετάλλευση του LP ρεύματος για την αναβάθμιση του περιεχομένου που μεταδίδεται στο HP ρεύμα.

#### ***4.3.3.1. Κλιμακωτή υποβάθμιση της ποιότητας υπηρεσίας***

Οι ψηφιακές εκπομπές χαρακτηρίζονται από πολύ απότομες υποβαθμίσεις του λαμβανόμενου σήματος. Στην περίπτωση του DVB-H το φαινόμενο αυτό εντείνεται περισσότερο. Αυτό κάνει αναγκαία τη χρήση των πιο εύρωστων παραμέτρων και λειτουργιών του DVB-H. Το τίμημα είναι η μείωση του ρυθμού μετάδοσης.

Πολύ χρήσιμο είναι το παράδειγμα που ακολουθεί: Για μια κινητή τηλεφωνική συσκευή οι συνθήκες λήψης είναι ποικίλες. Η συσκευή μπορεί να βρίσκεται στο πρώτο όροφο ενός κτιρίου χωρίς παράθυρα, δηλαδή εξαιρετικά δυσχερείς συνθήκες. Είναι πιθανό επίσης η συσκευή να βρεθεί σε ανοικτό χώρο όπου η ισχύς του πεδίου είναι άριστη.

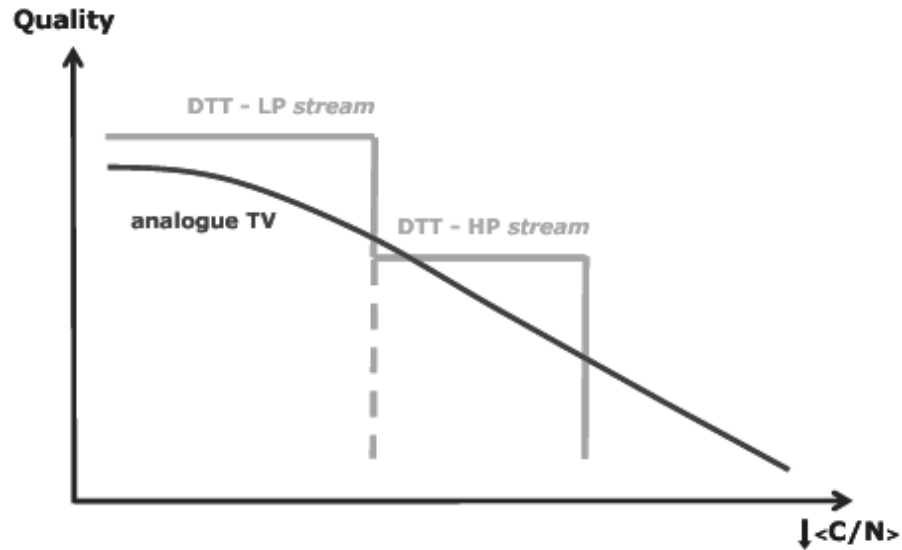
Κατά τη σχεδίαση οποιουδήποτε παραδοσιακού ασύρματου δικτύου θα έπρεπε η κάλυψη να σχεδιαστεί με βάση τη χειρότερη περίπτωση (για το παραπάνω παράδειγμα η λήψη σε κλειστό χώρο χωρίς παράθυρα), χρησιμοποιώντας πολύ εύρωστη λειτουργία και χαμηλό ρυθμό μετάδοσης (π.χ. 128 kbps) με πλεόνασμα πληροφορίας.

Απ' εναντίας, χρησιμοποιώντας ιεραρχική διαμόρφωση στο δίκτυο μπορούν παράλληλα να μεταδίδονται δυο υπηρεσίες με διαφορετικούς ρυθμούς: μικρό ρυθμό (π.χ. 128 kbps) στο HP ρεύμα και μεγαλύτερο (π.χ. 384 kbps) στο LP. Η συσκευή έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ LP και HP ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στη θέση που βρίσκεται. Είναι πιθανό να υπάρχει διαφορά της τάξης των 15-20 dB στην ισχύ του λαμβανόμενου σήματος, όπως εξηγήθηκε στο προηγούμενο παράδειγμα, και έτσι ενώ σε ανοικτό χώρο η συσκευή λαμβάνει το LP ρεύμα με καλή ποιότητα εικόνας είναι δυνατή η συνέχιση της λήψης της υπηρεσίας ακόμα και κατά τη μετάβαση στον πρώτο όροφο του κτιρίου λαμβάνοντας πλέον το HP ρεύμα με χειρότερη φυσικά ποιότητα εικόνας.

Χωρίς την ιεραρχική διαμόρφωση η υπηρεσία είτε θα ήταν μη διαθέσιμη στον κλειστό χώρο, είτε θα ήταν παντού διαθέσιμη αλλά με μεγάλη σπατάλη σε πόρους του δικτύου. Με την ιεραρχική διαμόρφωση η σπατάλη αυτή σε πόρους δεν είναι απαραίτητη ενώ παράλληλα η υπηρεσία είναι διαθέσιμη και σε κλειστό και σε ανοικτό χώρο.

Το σχήμα που ακολουθεί παραλληλίζει την υποβάθμιση του λαμβανόμενου σήματος στην αναλογική και στην ψηφιακή περίπτωση με ιεραρχική διαμόρφωση. Η κλιμάκωση αυτή που παρατηρείται δε θα μπορούσε να επιτευχθεί χωρίς ιεραρχική διαμόρφωση.





Σχήμα 4.2 Κλιμακωτή υποβάθμιση ποιότητας υπηρεσίας με χρήση ιεραρχικής διαμόρφωσης

#### 4.3.3.2. Υποστήριξη πολλαπλών τύπων συσκευών και format

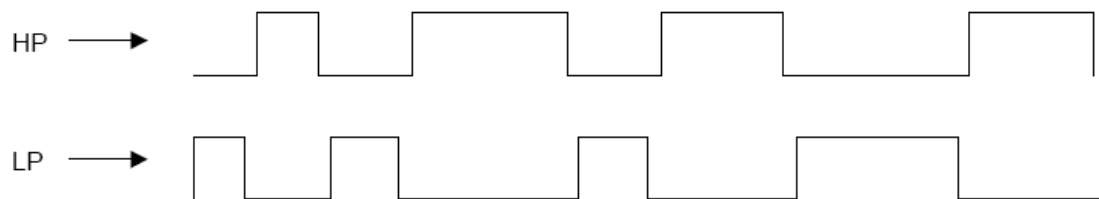
Οι συσκευές που θα υποστηρίζουν την υπηρεσία DVB-H αναμένεται να παρουσιάζουν διαφορές, π.χ. σε ό,τι αφορά το μέγεθος της οθόνης ή το κέρδος της κεραίας λήψης τους. Στις περιπτώσεις αυτές το ρεύμα LP, λόγω της διαφοράς στα κέρδη των κεραίων, μπορεί να είναι δυνατό να ληφθεί από κάποιες συσκευές και από άλλες όχι. Η βασική ιδέα εδώ είναι η χρησιμοποίηση του LP ρεύματος για την παροχή μιας αναβαθμισμένης υπηρεσίας σε εκείνες τις συσκευές που έχουν μεγάλο κέρδος κεραίας, αλλά και μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης λόγω της μεγαλύτερης τους οθόνης, όπως για παράδειγμα ένας φορητός υπολογιστής με μια κάρτα για DVB-H. Έτσι τα δύο διαφορετικά είδη ρευμάτων LP και HP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν διαφορετικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας ανάλογα με την εκάστοτε συσκευή.

### 4.3.3.3. Εκμετάλλευση του LP ρεύματος για την αναβάθμιση του περιεχομένου του HP ρεύματος

Στα δίκτυα που είναι αποκλειστικά αφιερωμένα στη μετάδοση DVB-H περιεχομένου η ιεραρχική διαμόρφωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτιστοποίηση της αποδοτικής χρήσης του εύρους ζώνης, όταν το ίδιο περιεχόμενο μεταδίδεται σε δυο διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης με το ίδιο σήμα.

Αντί να στέλνεται ταυτόχρονα το ίδιο περιεχόμενο στα δύο ρεύματα σε διαφορετικά επίπεδα ποιότητας, όπως στην περίπτωση της βαθμιαίας υποβάθμισης της ποιότητας υπηρεσίας, εδώ το περιεχόμενο κωδικοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε το μεν HP ρεύμα να μεταφέρει υπηρεσία με όχι υψηλή ποιότητα και το δε LP ρεύμα μόνο την πρόσθετη πληροφορία που απαιτείται για την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης, και επομένως της ποιότητας υπηρεσίας.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μετάδοση των δυο ρευμάτων πρέπει να είναι συγχρονισμένη σε διαφορά φάσης με τρόπο ανάλογο εκείνου που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, επειδή διαφορετικά θα απαιτούνταν δέκτες με δυνατότητα λήψης παράλληλων ρευμάτων δεδομένων.



Σχήμα 4.3 Phase-shifted μετάδοση περιεχομένου στα ρεύματα LP και HP

## 4.4. Μοίρασμα με DVB-T MPEG-2 υπηρεσίες

Με την εισαγωγή υπηρεσίας DVB-H σε ένα υπάρχον DVB-T δίκτυο, πρέπει να εξασφαλιστεί ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης για τις IP υπηρεσίες είτε μέσω

πολυπλεξίας είτε μέσω της ιεραρχικής διαμόρφωσης. Αν δεν υπάρχει διαθέσιμο εύρος ζώνης τότε πρέπει να δημιουργηθεί ένα δίκτυο αφιερωμένο αποκλειστικά για DVB-H.

Στη περίπτωση μοιράσματος εύρους ζώνης ανάμεσα σε MPEG-2 και DVB-H υπηρεσιών η κατάσταση λειτουργίας μετάδοσης θα είναι η 2K ή η 8K χωρίς in-depth interleaving. Ωστόσο, ο DVB-T διαμορφωτής θα πρέπει να είναι σε θέση να δέχεται TPS σηματοδότηση έτσι ώστε να αντιλαμβάνεται την ύπαρξη time slicing.

Πρέπει στο σημείο αυτό να τονισθεί ότι από τη σκοπιά της κάλυψης (π.χ. τα απαιτούμενα επίπεδα ισχύος του σήματος) οι παραδοσιακές MPEG-2 υπηρεσίες, οι οποίες συνήθως απευθύνονται σε χρήστες με κεραία λήψης πάνω στην οροφή ενός κτιρίου, μπορεί να διαφέρουν κατά πολύ από τις DVB-H υπηρεσίες, στις οποίες ο δέκτης μπορεί να είναι ένα κινητό τηλέφωνο με ολοκληρωμένη κεραία στο δρόμο. Συνεπώς οι τοπολογίες του δικτύου για τις δυο υπηρεσίες αναμένεται συνήθως να διαφέρουν αρκετά.

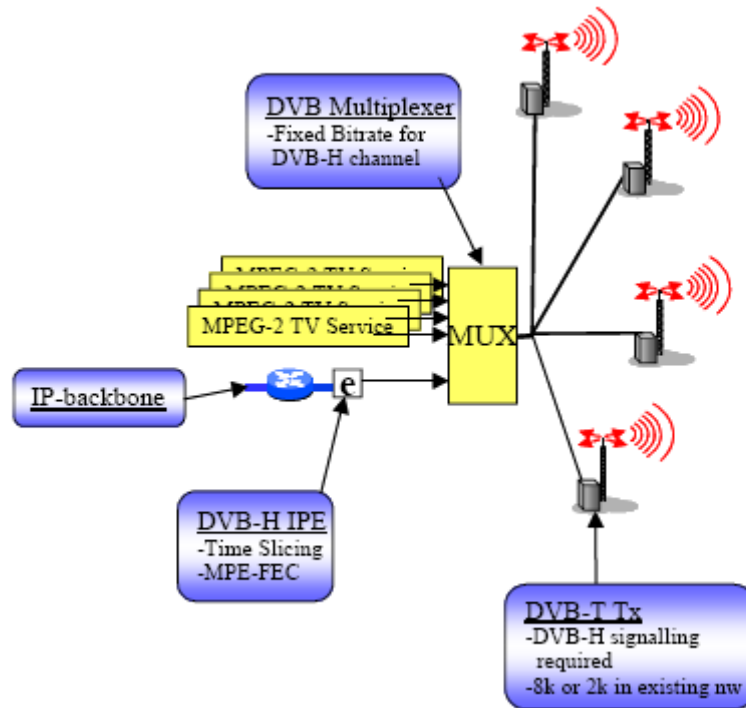
#### ***4.4.1. Πολυπλεξία***

Στην περίπτωση εισαγωγής υπηρεσιών IP (DVB-H) στο ρεύμα μετάδοσης μαζί με MPEG-2 (DVB-T) υπηρεσίες με πολυπλεξία τα ακόλουθα βήματα είναι απαραίτητα:

- Ενθυλακωτές με δυνατότητα time-slicing συνδέονται στο last hop πολυπλέκτη του δικτύου και ένας προκαθορισμένος ρυθμός μετάδοσης δεσμεύεται για τις υπηρεσίες DVB-H.

- Οι last hop πολυπλέκτες αναβαθμίζονται για καλύτερη υποστήριξη DVB-H (ομαλοποίηση των επανεισαχθέντων PSI/SI πινάκων και διαχείριση του INT πίνακα). Με την ομαλοποίηση των επανεισαχθέντων PSI/SI συνόδων χρησιμοποιείται ένας σταθερός ρυθμός για τη μετάδοση των PSI/SI, οδηγώντας έτσι σε ακόμη μικρότερο jitter στα βασικά ρεύματα που μεταφέρουν time-sliced υπηρεσίες.

- Αν είναι απαραίτητο δημιουργούνται περισσότερα κελιά, αναβαθμίζονται οι εκπομπές και προστίθενται επαναλήπτες, για τη βελτίωση της κάλυψης του DVB-T δικτύου.



**Σχήμα 4.4** Παράδειγμα εισαγωγής DVB-H περιεχομένου σε υπάρχον DVB-T δίκτυο με χρήση πολυπλεξίας

Το μειονέκτημα της πολυπλεξίας είναι ότι αφενός προσθέτει επιπλέον  $\Delta t$  jitter και αυξάνει συνεπώς την κατανάλωση ενέργειας στο δέκτη, και αφετέρου δημιουργεί την απαίτηση στους last hop πολυπλέκτες για ομαλή επανεισαγωγή των PSI/SI συνόδων και διαχείριση του πίνακα INT. Ωστόσο ακόμα και με τους ήδη υπάρχοντες πολυπλέκτες η αύξηση του  $\Delta t$  jitter δεν δημιουργεί σημαντικά προβλήματα.

#### 4.4.2. Ιεραρχική διαμόρφωση

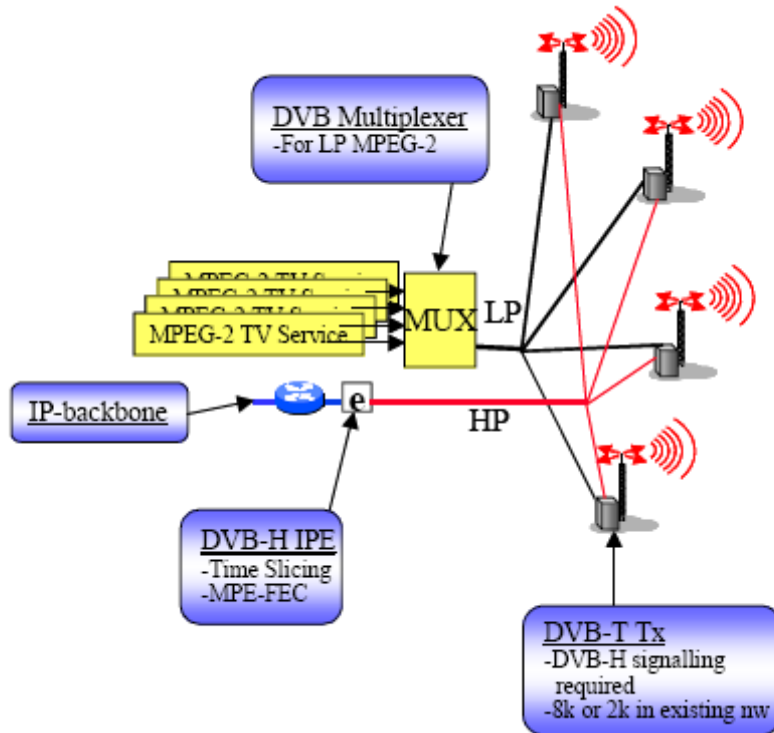
Ένας εναλλακτικός τρόπος για τη συνύπαρξη DVB-H και DVB-T υπηρεσιών σε ένα δίκτυο και την αποφυγή χρήσης πολυπλεκτών είναι η ιεραρχική διαμόρφωση. Στην περίπτωση αυτή οι time-sliced υπηρεσίες μεταδίδονται στο ρεύμα υψηλής

προτεραιότητας (HP stream), εξασφαλίζοντας έτσι περισσότερη ευρωστία στο κινητό περιβάλλον, ενώ οι μη time-sliced υπηρεσίες μεταδίδονται στο ρεύμα χαμηλής προτεραιότητας (LP stream), παρέχοντας αυξημένο ρυθμό μετάδοσης στις υπηρεσίες σταθερής λήψης.

Τα πλεονεκτήματα της ιεραρχικής διαμόρφωσης σε σχέση με τη χρήση πολυπλεξίας είναι αφενός μεν η αποφυγή του delta\_t jitter που εισάγουν οι πολυπλέκτες και αφετέρου η δυνατότητα ύπαρξης διαφορετικών παραμέτρων διαμόρφωσης για τη σταθερή και την κινητή λήψη, οδηγώντας έτσι σε βέλτιστη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης. Το μειονέκτημα είναι ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί προκαθορισμένο εύρος ζώνης για τις υπηρεσίες DVB-H.

Για την εισαγωγή DVB-H υπηρεσιών σε ένα δίκτυο DVB-T με χρήση της ιεραρχικής διαμόρφωσης είναι απαραίτητη η αντικατάσταση των διαμορφωτών με μοντέλα που υποστηρίζουν ιεραρχική διαμόρφωση, η τοποθέτηση ενός παράλληλου συγχρονισμένου ρεύματος μετάδοσης στα SFN και η σύνδεση ενθυλακωτών με δυνατότητα time-slicing στους διαμορφωτές, ή στην περίπτωση των SFN, η εισαγωγή «αποτυπώματος χρόνου» (timestamp inserter). Επιπλέον, για τη βελτίωση της κάλυψης του δικτύου μπορεί να γίνει αύξηση του αριθμού των κελιών, αναβάθμιση των πομπών ή προσθήκη επαναληπτών.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα εφαρμογή της ιεραρχικής διαμόρφωσης, εκτός από την υποστήριξη συνύπαρξης DVB-T και DVB-H υπηρεσιών στο ίδιο δίκτυο, είναι και η χρήση της σε αποκλειστικά DVB-H δίκτυα για τη σταδιακή υποβάθμιση της ποιότητας της υπηρεσίας ή την υποστήριξη της υπηρεσίας για διάφορα format και τερματικά. (βλ. ενότητα 4.3.3)



**Σχήμα 4.5** Παράδειγμα εισαγωγής DVB-H περιεχομένου σε υπάρχων DVB-T δίκτυο με χρήση ιεραρχικής διαμόρφωσης

## 4.5. Πρόσβαση σε DVB-H υπηρεσίες

Για την πρόσβαση του δέκτη σε κάποια DVB-H υπηρεσία του ρεύματος μεταφοράς είναι απαραίτητοι οι εξής SI (Service Information) πίνακες:

- BAT (Bouquet Association Table)
- INT (IP/MAC Notification Table)
- NIT (Network Information Table)
- PSI (Program Specific Information)

Η διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Επιλογή ενός από τα διαθέσιμα ρεύματα μεταφοράς.
- Επιλογή μιας από τις διαθέσιμες IP πλατφόρμες. (IP πλατφόρμα = σύνολο ρευμάτων IP datagrams)
- Επιλογή μιας IP υπηρεσίας, δηλαδή ενός ρεύματος IP datagrams.

- Φιλτράρισμα για το επιθυμητό ρεύμα IP.

Η ανίχνευση των διαθέσιμων ρευμάτων μεταφοράς είναι πιθανό να απαιτεί σάρωση συχνοτήτων. Ένας δέκτης που αναζητεί μια time-sliced υπηρεσία μπορεί να βελτιώσει την αναζήτησή του αγνοώντας τα σήματα στα οποία το TPS δεν έχει ένδειξη για υποστήριξη time-slicing. Η ίδια βελτίωση μπορεί να γίνει και κατά την αναζήτηση υπηρεσίας που απαιτεί MPE-FEC (για παράδειγμα λόγω χαμηλής ισχύος σήματος), οπότε ο δέκτης αγνοεί οποιοδήποτε σήμα στο οποίο το TPS δεν έχει ένδειξη για MPE-FEC. Αυτή η βελτίωση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη μείωση του χρόνου σάρωσης συχνοτήτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι, παρόλο που το SI παρέχει πιο ακριβείς πληροφορίες σχετικά με το time-slicing και το MPE-FEC σε ένα ρεύμα IP, η πρόσβαση στην TPS σηματοδότηση είναι πολύ γρηγορότερη, κι αυτό αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα ιδιαίτερα σε περίπτωση που η πρόσβαση στο σήμα γίνεται για πρώτη φορά.

Μετά την ανίχνευση των ρευμάτων δεδομένων συνήθως επιλέγεται εκείνο με τη μεγαλύτερη ισχύ σήματος.

Όλες οι IP πλατφόρμες που βρίσκονται σε κάποιο ρεύμα μεταφοράς περιέχονται στον πίνακα INT (ή εναλλακτικά στο BAT μέσω του INT). Ο πίνακας INT περιέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους πρόσβασης των IP ρευμάτων.

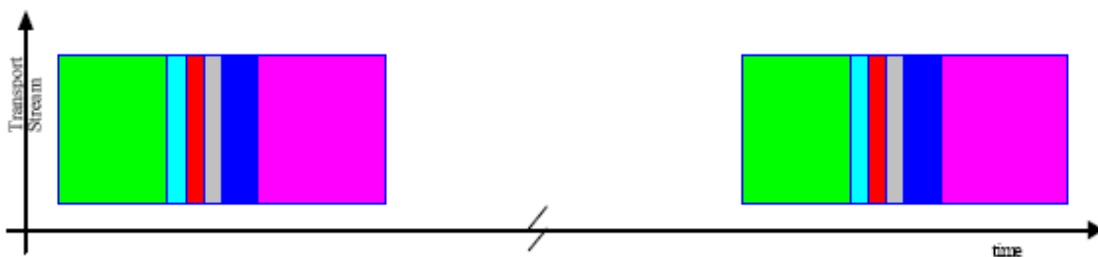
Η επιλογή IP πλατφόρμας γίνεται τυπικά από το χρήστη. Για τη λήψη μιας IP υπηρεσίας ελέγχεται ο υποπίνακας INT της δεδομένης IP πλατφόρμας που υποστηρίζει την υπηρεσία, ώστε να ανιχνευθούν οι παράμετροι των ρευμάτων IP datagrams που μεταφέρουν τη ζητούμενη υπηρεσία. Στη συνέχεια, με τις παραμέτρους αυτές και τον πίνακα PMT, ο δέκτης βρίσκει το βασικό ρεύμα που μεταφέρει το επιθυμητό IP ρεύμα και το φιλτράρει σύμφωνα με τη διεύθυνση IP.

## 4.6. Παράλληλα στοιχειώδη ρεύματα και παράλληλες υπηρεσίες σε ένα στοιχειώδες ρεύμα

Σε αυτό το εδάφιο γίνεται αναφορά στο πως η χρησιμοποίηση παράλληλων στοιχειωδών ρευμάτων, ή παράλληλων υπηρεσιών στο ίδιο στοιχειώδες ρεύμα, μπορεί να φανεί ωφέλιμη για τη μείωση του χρόνου αλλαγής προγράμματος από το χρήστη (zapping), βελτίωση του εύρους ζώνης, τοπική εισαγωγή υπηρεσιών, ακόμα και ανανεώσεις του ηλεκτρονικού οδηγού υπηρεσιών (ESG - Electronic Services Guide) και υπηρεσίες αποστολής μηνυμάτων με σκοπό την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ισχύος στο δέκτη.

### 4.6.1. Παράλληλα ρεύματα / υπηρεσίες

Τα παράλληλα στοιχειώδη ρεύματα και υπηρεσίες είναι ένας τρόπος οργάνωσης των υπηρεσιών στο πεδίο του χρόνου και του ρεύματος μετάδοσης. Μια απλή προσέγγιση για την οργάνωση του DVB-H ρεύματος είναι η οργάνωσή του σε διαδοχικές ριπές με ένα στοιχειώδες ρεύμα κάθε φορά και μια υπηρεσία ανά στοιχειώδες ρεύμα όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



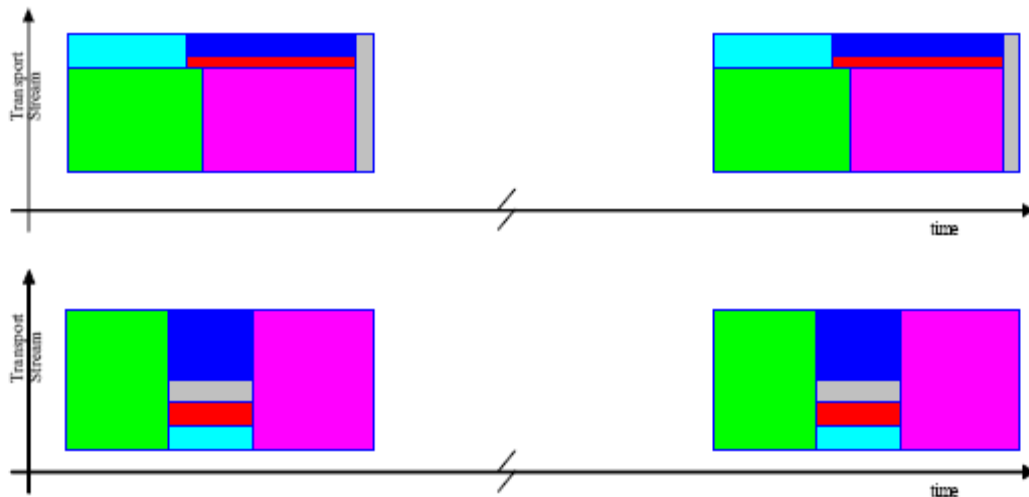
Σχήμα 4.6 Υπηρεσίες σε διαδοχικές ριπές

Υπηρεσίες διαφορετικών μεγεθών τοποθετούνται η μία μετά την άλλη μέσα σε χρόνο ενός time-slice κύκλου. Κατόπιν αυτού η διαδοχή των υπηρεσιών επαναλαμβάνεται στο χρόνο. Όλες οι υπηρεσίες έχουν το ίδιο μέγιστο (burst) throughput.



Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι είναι πιθανό όλες οι υπηρεσίες να μην έχουν την ίδια περίοδο χρονικής σχισμής. Ωστόσο χάριν απλότητας στο εδάφιο αυτό υποθέτουμε ότι έχουν ίδια περίοδο.

Οι υπηρεσίες μπορούν να οργανωθούν με πολλούς άλλους διαφορετικούς τρόπους. Συγκεκριμένα, μπορούν να τοποθετηθούν η μια πάνω από την άλλη παράλληλα στο χρόνο και σε παράλληλα στοιχειώδη ρεύματα ή στο ίδιο στοιχειώδες ρεύμα. Οι περιπτώσεις αυτές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα. Το συνολικό burst throughput είναι ακριβώς το ίδιο, η ποσότητα των δεδομένων η ίδια αλλά ο τρόπος που στέλνονται διαφέρει.



Σχήμα 4.7 Παράλληλες υπηρεσίες

#### 4.6.2. Τρόποι τοποθέτησης των στοιχειωδών ρευμάτων και υπηρεσιών παράλληλα

Υπάρχουν δυο τρόποι για να τοποθετήσει κανείς υπηρεσίες παράλληλα. Σε πολλαπλά στοιχειώδη ρεύματα, είτε στο ίδιο στοιχειώδες ρεύμα, δηλαδή με το ίδιο PID αλλά διαφορετικές multicast διευθύνσεις

### ***4.6.3. Οφέλη από τη χρήση παράλληλων βασικών ρευμάτων / υπηρεσιών***

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση παραλλήλων ρευμάτων και υπηρεσιών έχουν ήδη διατυπωθεί προηγουμένως και επαναλαμβάνονται και πάλι με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

#### ***4.6.3.1. Μείωση της καταναλισκόμενης ισχύος όταν λαμβάνονται περισσότερες της μίας υπηρεσίες***

Ένας από τους λόγους της μετάδοσης δύο ή περισσότερων παράλληλων υπηρεσιών είναι η δυνατότητα για ταυτόχρονη λήψη τους από το δέκτη. Αυτή η παράλληλη λήψη επιτρέπει τη μείωση της ισχύος που καταναλώνει ο δέκτης, πράγμα που οφείλεται στο γεγονός ότι ο δέκτης σπαταλάει 50 -100 ms για να ανοίξει κάθε φορά που θέλει να λάβει δεδομένα μιας υπηρεσίας. Αν οι υπηρεσίες δε λαμβάνονται παράλληλα η διαδικασία του ανοίγματος και κλεισίματος του δέκτη γίνεται περισσότερες από μια φορές, που σημαίνει μεγαλύτερη σπατάλη χρόνου και συνεπώς ενέργειας. Όταν οι υπηρεσίες λαμβάνονται παράλληλα ο δέκτης χρειάζεται να ανοίξει και να κλείσει μια φορά σε κάθε κύκλο, εξοικονομώντας χρόνο και ενέργεια. Η εξοικονόμηση αυτή που προκύπτει από την εκμετάλλευση του γεγονότος ότι ο δέκτης ανοίγει και κλείνει μια φορά σε κάθε κύκλο μπορεί επίσης να επιτευχθεί αν οι υπηρεσίες τοποθετηθούν σε γειτονικές ριπές έτσι ώστε ο δέκτης, αφού λάβει την πρώτη υπηρεσία, να μην κλείνει και να παραμένει ανοιχτός για τη λήψη των άλλων υπηρεσιών που θέλει να λάβει και οι οποίες ακολουθούν αμέσως μετά.

#### ***4.6.3.2. Μικρός χρόνος αλλαγής προγράμματος από το χρήστη***

Η ομαδοποίηση των υπηρεσιών μέσα στα time slices πρέπει να γίνεται με κριτήριο το πόσο συχνά ο χρήστης αλλάζει κανάλια. Όταν ο χρήστης επιθυμεί να μεταβεί μεταξύ δυο υπηρεσιών της ίδιας ομάδας που μεταδίδονται παράλληλα, ο χρόνος για τη μετάβαση αυτή θα είναι πολύ μικρός (σχεδόν μηδενικός), προϋποθέτοντας ότι όλα τα ληφθέντα

δεδομένα αποκωδικοποιούνται ακόμα κι όταν ο χρήστης έχει επιλέξει μια μόνο υπηρεσία.

Για το δέκτη είναι πολύ πιο αποδοτική η μετάβαση ανάμεσα σε υπηρεσίες στο ίδιο στοιχειώδες ρεύμα. Οι υπηρεσίες αυτές που βρίσκονται στο ίδιο στοιχειώδες ρεύμα είναι ήδη κωδικοποιημένες από το MPE-FEC, έτσι η μετάβαση αυτή μπορεί να γίνει στο στρώμα εφαρμογών.

Αν οι υπηρεσίες βρίσκονται σε διαφορετικά στοιχειώδη ρεύματα η μετάβαση αυτή ανάμεσα στις υπηρεσίες ενδέχεται να μην είναι στιγμιαία, ιδιαίτερα αν η αλλαγή καναλιού ζητηθεί κατά τη διάρκεια λήψεως κάποιας ριπής δεδομένων. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη διάρκεια της ριπής αυτής ο δέκτης ήδη προσπαθεί να λάβει το πρώτο ρεύμα δεδομένων, απορρίπτοντας τα υπόλοιπα.

Αυτή η μείωση στο χρόνο για την αλλαγή καναλιών μπορεί επίσης να επιτευχθεί τοποθετώντας τις υπηρεσίες διαδοχικά τη μια μετά την άλλη. Ωστόσο, όταν τα ρεύματα ή οι υπηρεσίες είναι παράλληλα, ο δέκτης μπορεί να ανιχνεύσει την παράμετρο delta-t όλων των διαθέσιμων υπηρεσιών, χωρίς να απαιτείται να μένει ανοιχτός περισσότερο χρόνο για να ελέγξει ποιες υπηρεσίες είναι γειτονικές. Αυτό βοηθάει το δέκτη, κατά την αλλαγή καναλιού, να εντοπίζει τη νέα υπηρεσία στο χρόνο και να ανοίγει μόνο όταν χρειάζεται, και όχι να μένει ανοιχτός έως ότου η υπηρεσία φτάσει (για το πρώτο frame).

#### ***4.6.3.3. Λήψη υπηρεσιών χαμηλής ταχύτητας ταυτόχρονα με βασικές υπηρεσίες (ESG update, ειδοποιήσεις, συναγερμοί, κλπ)***

Υπάρχουν ορισμένες υπηρεσίες όπως PSI-SI, ESG updates, ειδοποιήσεις, συναγερμοί, συστήματα αποστολής μηνυμάτων, κλπ, οι οποίες είναι πολύ χρήσιμο να μεταδίδονται παράλληλα με τις υπόλοιπες υπηρεσίες. Καθώς μια βασική υπηρεσία λαμβάνεται, άλλες υπηρεσίες μικρότερου μεγέθους μπορούν επίσης να λαμβάνονται χωρίς να απαιτείται ο δέκτης να ανοίγει ξανά σε διαφορετική στιγμή. Εναλλακτικός

τρόπος να επιτευχθεί αυτό είναι η τοποθέτηση των μικρότερων υπηρεσιών δίπλα στη βασική υπηρεσία, έτσι ώστε ο δέκτης το μόνο που έχει να κάνει είναι να παραμένει ανοιχτός για λίγο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ώστε να τις λαμβάνει.

#### 4.6.3.4. Τοπική εισαγωγή υπηρεσιών

Η βασική ιδέα εδώ είναι η δέσμευση κάποιου ποσοστού από το συνολικό throughput έτσι ώστε τοπικές υπηρεσίες να μπορούν να προστεθούν παράλληλα πάνω από τις υπόλοιπες.

#### 4.6.3.5. Καλύτερη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης

Οι παράλληλες υπηρεσίες επιτρέπουν καλύτερη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης. Η εξήγηση θα δοθεί μέσω παραδείγματος στο οποίο μεταδίδονται τρεις υπηρεσίες οργανωμένες με τρόπο που βοηθάει στην αποδοτικότερη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης.

Στο παράδειγμα αυτό θεωρούμε τρεις υπηρεσίες με διαφορετικά throughput (378000 bps, 256000 bps και 64000 bps), ρυθμό κωδικοποίησης MPE-FEC  $\frac{3}{4}$ , και QPSK  $\frac{1}{2}$ . Το συνολικό throughput του ρεύματος μεταφοράς είναι 4975471 bps. Το αποτέλεσμα είναι:

Constant max Throughput					Calculated values						
	Average Throughput	MFEC CR	Puncturing	Rows	Data Cols	RS Cols	Avg TS Throughput	Max TS Throughput	Burst Data	Burst Length	Frame Period
Service 1	378 000	0,75	100 %	512	191	64	554 400	4976471	1 044 480	0,210	1,884
Service 2	256 000	0,75	100 %	512	191	64	375 467	4976471	1 044 480	0,210	2,782
Service 3	64 000	0,75	100 %	512	191	64	93 867	4976471	1 044 480	0,210	11,127

Το μέσο throughput κάθε υπηρεσίας έχει αυξηθεί από το ρυθμό κωδικοποίησης MPE-FEC και έχει επαυξηθεί κατά 10% λόγω των επιπλέον επικεφαλίδων (το ποσοστό αυτό είναι τυπικά μικρότερο, έτσι το 10% θεωρείται ως η χειρίστη περίπτωση).

Εφόσον η ποσότητα των γραμμών και της κωδικοποίησης FEC είναι ίδιες και για τις τρεις υπηρεσίες, η ποσότητα των δεδομένων ανά ριπή και η διάρκεια της ριπής είναι επίσης ίδιες. Έτσι μόνο η περίοδος με την οποία εμφανίζονται τα frames θα διαφέρει. Οι περίοδοι επανάληψης των frames είναι καλή για τις δύο πρώτες υπηρεσίες, αλλά πολύ μεγάλη για την τρίτη. Αν επιχειρήσει κανείς να ξεπεράσει αυτό το πρόβλημα μειώνοντας τον αριθμό των γραμμών είτε παραγεμίζοντας (puncturing), τότε θα προκύψει ιδιαίτερα μικρή διάρκεια ριπής.

	Average Throughput	MFEC CR	Puncturing	Rows	Data Cols	RS Cols	Avg TS Throughput	Max TS Throughput	Burst Data	Burst Length	Frame Period
Service 3a	64 000	0,75	100 %	256	191	64	93 867	4 976 471	522 240	0,105	5,564
Service 3b	64 000	0,75	50 %	512	96	32	93 867	4 976 471	524 288	0,105	5,585

Αν υπάρχει η απαίτηση όλες οι υπηρεσίες να έχουν ίδια περίοδο frames τότε το αποτέλεσμα θα είναι πολύ μικρές διάρκειες ριπής για τις υπηρεσίες 2 και 3.

Constant Time Slice period + Constant Max Throughput											
	Avg Throu	MFEC CR	Puncturing	Rows	Data Cols	RS Cols	Avg TS Through	Max Thr	Burst Data	Burst Length	Frame Period
Service 1	378 000	0,75	100 %	512	191	64	554 400	4 976 471	1 044 480	0,210	1,884
Service 2	256 000	0,75	67 %	512	128	43	375 467	4 976 471	700 416	0,141	1,865
Service 3	64 000	0,75	17 %	512	32	11	93 867	4 976 471	176 128	0,035	1,876

Για να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός θα μπορούσαν οι υπηρεσίες 2 και 3 να τοποθετηθούν η μια πάνω από την άλλη και να μεταδίδονται παράλληλα.

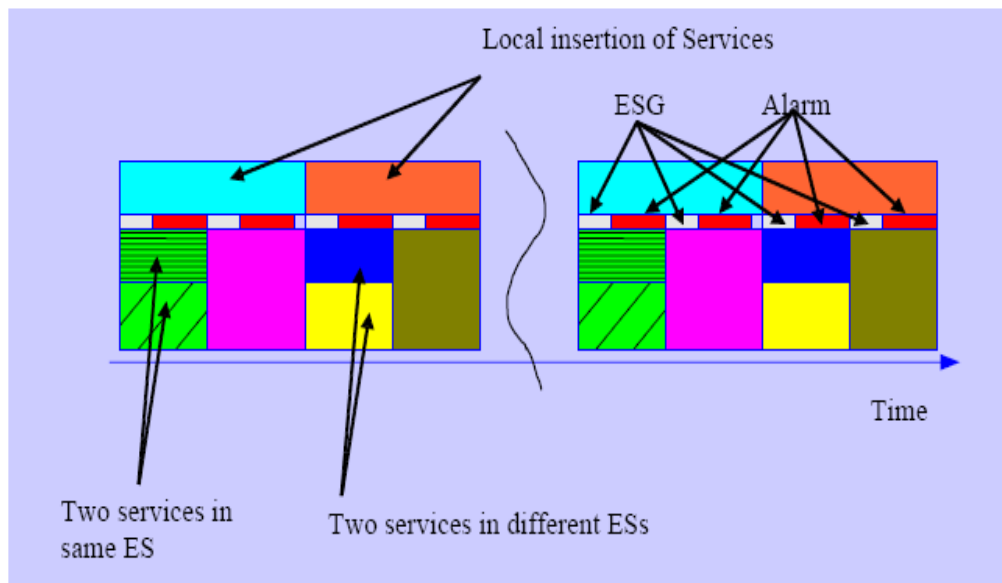
Constant burst length											
	Average Throughput	MFEC CR	Puncturing	Rows	Data Cols	RS Cols	Avg TS Throughput	Max TS Throughput	Burst Data	Burst Length	Frame Period
Service 1	378 000	0,75	100 %	512	191	64	554 400	4 976 471	1044480	0,210	1,884
Service 2	256 000	0,75	100 %	512	191	64	375 467	4 000 000	1044480	0,261	2,782
Service 3	64 000	0,75	24 %	512	46	15	93 867	976 471	249856	0,256	2,662

Αν χρειάζεται οι υπηρεσίες να έχουν την ίδια περίοδο frames τότε μια πιθανή λύση θα ήταν:

Constant Time Slice period + Minimum Burst Length											
	Avg Throu	MFEC CR	Puncturing	Rows	Data Cols	RS Cols	Avg TS Through	Max Thr	Burst Data	Burst Length	Frame Period
Service 1	378 000	0,75	100 %	512	191	64	554 400	4 976 471	1 044 480	0,210	1,884
Service 2	256 000	0,75	68 %	512	130	43	375 467	3 300 000	708 608	0,215	1,887
Service 3	64 000	0,75	17 %	512	32	11	93 867	838 235	176 128	0,210	1,876
Service 4	64 000	0,75	17 %	512	32	11	93 867	838 235	176 128	0,210	1,876

Έτσι θα υπήρχε και αρκετός χώρος για τη μετάδοση ακόμα μιας υπηρεσίας πάνω από τις 2 και 3.

Τέλος, ακολουθεί ένα σχήμα που καταδεικνύει το συνολικό τρόπο με τον οποίο μπορούν να οργανωθούν οι παράλληλες υπηρεσίες σε ίδια ή παράλληλα στοιχειώδη ρεύματα και είναι αποτέλεσμα όλης της συζήτησης που έχει γίνει μέχρι αυτό το σημείο.



**Σχήμα 4.8** Παράδειγμα οργάνωσης παραλλήλων υπηρεσιών

## Κεφάλαιο 5 – Δίκτυα DVB-H

### 5.1. Μελέτη της δομής του δικτύου

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το DVB-H προκύπτει από δύο ανάγκες: η πρώτη είναι η εξοικονόμηση ενέργειας στην πλευρά του δέκτη, που είναι ουσιαστικά καλυμμένη με το time slicing, και η δεύτερη είναι να έχουμε πιο εύρωστο σήμα που θα επιτρέπει την ανάπτυξη φθηνών δικτύων που θα παρέχουν υπηρεσίες στους δέκτες σε συνθήκες παρόμοιες με αυτές της κινητής κυβελωτής τηλεφωνίας, δηλαδή φορητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους με πολύ μικρή ή μηδενική ταχύτητα, και φορητή λήψη σε εξωτερικούς χώρους με μεγάλη ή πολύ μεγάλη ταχύτητα.

Για αυτή την δεύτερη ανάγκη, το DVB-H προβλέπει δύο μηχανισμούς: επιλογή του κατάλληλου DVB-H/T mode και παραμέτρων στα οποία βασίζεται το πρότυπο, και την χρήση επιπλέον προστασίας στο στρώμα ζεύξης δεδομένων μέσω του MPE-FEC. Η συγκεκριμένη ενότητα παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για τις καταστάσεις λειτουργίας και τις παραμέτρους που συνιστώνται.

#### 5.1.1. DVB-H FFT modes

##### 5.1.1.1. Φορητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους (με μηδενική ταχύτητα)

Η φορητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους δεν περιορίζεται από την ταχύτητα· οι μοναδικοί περιορισμοί είναι οι επιδράσεις της πολυδιαδρομικής διάδοσης (απαιτείται υψηλό C/N σε κανάλι Rayleigh) και του ενδογενούς θορύβου. Αυτή η δεύτερη επίδραση οδηγεί στην επιλογή mode μεγαλύτερου συμβόλου, του 8K mode που είναι πιο εύρωστο από το 2K, ή τουλάχιστον την χρήση των in-depth interleavers, όπως την χρήση του 4K mode σε έναν 8K interleaver ή ακόμη και 2K mode σε έναν 8K interleaver.

Τα SFNs (Single Frequency Networks) προσφέρουν την πιο αποδοτική αρχιτεκτονική δικτύου από άποψη φάσματος. Εάν ξεκινήσουμε με την θεωρητική ακτίνα κάθε κυψέλης SFN σε ένα 2K SFN για δεδομένο διάστημα φύλαξης, τότε η ακτίνα για δίκτυα 4K και 8K, είναι αντιστοίχως, 2 και 4 φορές μεγαλύτερη από αυτή του δικτύου 2K. Ο πίνακας 2.2 απεικονίζει για κάθε mode και επιλεγμένο διάστημα φύλαξης, την διάρκεια του διαστήματος φύλαξης, που θα καθορίσει την ακτίνα της κυψέλης SFN. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του 8K mode ή του 4K mode προσφέρει το πλεονέκτημα της παροχής τοπολογιών SFN.

#### **5.1.1.2. Φορητή λήψη σε εξωτερικούς χώρους (με μέτρια προς υψηλή ταχύτητα)**

Η φορητή λήψη σε εξωτερικούς χώρους περιορίζεται από την ταχύτητα, την πολυδιαδρομική διάδοση (απαιτείται υψηλό C/N σε κανάλι Rayleigh) και τον ενδογενή θόρυβο. Ανάλογα με την μέγιστη ταχύτητα στην οποία θα θέλαμε η υπηρεσία μας να λαμβάνεται, η επιλογή του κατάλληλου DVB-H mode γίνεται καίρια για την λειτουργία της υπηρεσίας.

Το τωρινό πρότυπο DVB-T παρέχει άριστη απόδοση σε κινητό περιβάλλον με τα 2K modes, αλλά με τα 8K modes η απόδοση δεν είναι ικανοποιητική, ειδικά ως προς το κόστος και την πολυπλοκότητα του δέκτη. Από την άλλη, στη σχεδίαση του δικτύου το 2K mode είναι αμελητέο κυρίως λόγω του μικρού διαστήματος φύλαξης, που αποτρέπει αποτελεσματικά την χρήση του στην κατανομή του δικτύου, όπου μεγάλες γεωγραφικές περιοχές είναι καλυμμένες με μια συχνότητα (SFN). Για αυτούς τους λόγους η συμβιβαστική λύση του 4K mode θα επιτρέπει αποδεκτή απόδοση σε κινητό περιβάλλον με εύλογο κόστος δέκτη, ενώ θα επιτρέπει και την χρήση πιο οικονομικών και ευέλικτων αρχιτεκτονικών δικτύων.

Εκτιμάται ότι η απόδοση σε κινητό περιβάλλον σε συνθήκες αστικού καναλιού με 8K είναι 65km/h για CR=2/3 και 86km/h για CR=1/2, στα 500MHz με Tg=1/4. Αυτές οι ταχύτητες επιτυγχάνονται με τον δέκτη *Motivate*. Ο δέκτης *Motivate*, που είχε αυτή την



απόδοση, χρησιμοποιεί έναν εκτιμητή καναλιών μέτριας πολυπλοκότητας ενδεικτικά καλύτερο από τους περισσότερους υπάρχοντες αποδιαμορφωτές DVB-T που προορίζονται για σταθερή λήψη. Το μειωμένο διάστημα ανάμεσα στα φέροντα («sub-carrier spacing») στο 8K mode έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη ευαισθησία του αποδιαμορφωτή στην ICI παρεμβολή που προκύπτει από την διασπορά Doppler σε κινητό κανάλι. Καλύτερη απόδοση είναι δυνατή στο 8K mode εάν εφαρμόζεται πιο προηγμένη εκτίμηση καναλιού και τεχνικές ακύρωσης του ICI. Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές προσθέτουν σημαντικό κόστος, πολυπλοκότητα, και κατανάλωση ενέργειας στον αποδιαμορφωτή, που αποτελεί πρόβλημα για τους φορητούς δέκτες. Το 4K mode με διπλό διάστημα ανάμεσα στα φέροντα από το 8K mode παρέχει χονδρικά δύο φορές καλύτερη απόδοση Doppler από το 8K. Χρησιμοποιώντας αυτόν τον κανόνα και κάνοντας γραμμική παρεμβολή μεταξύ των γνωστών γραφημάτων απόδοσης 2K και 8K του δέκτη *Motivate*, μπορεί να προβλεφθεί όπως στον πίνακα 2.1, η απόδοση του 4K σε κινητό περιβάλλον.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κινητή λήψη στο 8K mode περιορίζεται από το C/N, όχι από το θεωρητικό όριο (που σχετίζεται με το φαινόμενο Doppler). Χρησιμοποιώντας MPE-FEC και επιλέγοντας τις κατάλληλες παραμέτρους του φυσικού στρώματος DVB-H, η χρήση του 8K mode είναι εφικτή σε ταχύτητες μικρότερες από 120 km/h στις UHF IV και V ζώνες συχνοτήτων. (Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα τόσο μικρότερη είναι η ταχύτητα). Αυτό θα παρείχε μια άριστη συμπεριφορά ενάντια στον ενδογενή θόρυβο και στην δυνατότητα κατασκευής μεγάλων SFN's.

Εντούτοις, για υπηρεσίες υψηλότερων ταχυτήτων (π.χ. τρένα υψηλών ταχυτήτων στα 300 km/h) απαιτείται η χρήση 4K ή 2K mode. Το ίδιο ισχύει και όταν η υπηρεσία απαιτεί υψηλότερα bitrates, δηλ. μικρότερο πλεονασμό, μικρότερη προστασία, αλλά σε αυτή την περίπτωση το 4K mode θα ήταν καλύτερο αφού είναι πιο εύρωστο απέναντι στον ενδογενή θόρυβο από το 2K. Η αντιστάθμιση, είναι η δυσκολία της κατασκευής μεγάλων δικτύων SFN, με οικονομικό τρόπο.

Ενδεχόμενες μελλοντικές υπηρεσίες σε άλλες ζώνες συχνοτήτων (υψηλότερες) θα απαιτούν 2K mode για να παρέχουν κινητές υπηρεσίες.

### **5.1.2. Παράμετροι DVB-H**

#### **5.1.2.1. Παράμετροι φυσικού στρώματος**

Για κινητή και φορητή λήψη, το σχέδιο διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι το 16-QAM με code rate  $\frac{1}{2}$  ή  $\frac{2}{3}$  απαιτώντας ένα μέτριο C/N, ενώ παράλληλα παρέχει και αρκετή χωρητικότητα για τις απαιτήσεις της αγοράς:

- Αστερισμός κωδικοποίησης («Constellation»): QPSK, 16-QAM, και τελικά αν και δεν συστήνεται, 64-QAM.
- FEC:  $\frac{1}{2}$  και  $\frac{2}{3}$  (το mode  $\frac{1}{2}$  του υψηλότερου constellation παρέχει το ίδιο bitrate αλλά προσφέρει καλύτερο C/N σε κανάλι Rayleigh από το  $\frac{3}{4}$ , π.χ. το 16-QAM είναι καλύτερο από το QPSK  $\frac{3}{4}$ ).
- G.I. (διάστημα φύλαξης): Ανάλογα με την τοπολογία του δικτύου, τα ίδια με το DVB-T. Το συνιστώμενο διάστημα φύλαξης για SFN είναι: για 2K:  $\frac{1}{4}$ , για 4K:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ , και για 8K :  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ .

#### **5.1.2.2. Παράμετροι στρώματος ζεύξης δεδομένων**

Οι παράμετροι του στρώματος ζεύξης δεδομένων, και πιο συγκεκριμένα οι παράμετροι MPE-FEC, είναι εξαιρετικά σημαντικοί για τα δίκτυα DVB-H γιατί η πραγματική κάλυψη εξαρτάται από το επιπλέον FEC που προστίθεται σε αυτό το στρώμα. Για παράδειγμα, χωρίς MPE-FEC θα ήταν δύσκολο/ μη οικονομικό να κατασκευαστούν δίκτυα 8K SFN για κινητή λήψη. Από την άλλη πλευρά, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι χρειάζεται μια αντιστάθμιση μεταξύ του διαθέσιμου bitrate και της επιπλέον ευρωστίας που απαιτείται για την υπηρεσία που χρησιμοποιεί MPE-FEC.

Ο χρόνος πρόσβασης στην υπηρεσία είναι μια καίρια παράμετρος για την χρήση του DVB-H. Ειδικά το «ζάπινγκ» μεταξύ διαφορετικών υπηρεσιών, ‘καναλιών’ πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορο. Δοκιμές σε χρήστες έχουν δείξει ότι οι χρόνοι «ζάπινγκ» από 1,5 έως 3 δευτερόλεπτα θεωρούνται αποδεκτοί.

Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ελαχιστοποιηθεί το μήκος της περιόδου off του time slicing. Το σκεπτικό της μετατόπισης φάσης (για να επιτρέπεται αδιάλειπτη μεταπομπή σε άλλο TS) βάζει και άλλα όρια στο ελάχιστο μήκος της περιόδου off.

Η δεύτερη σημαντική παράμετρος είναι η κατανάλωση ενέργειας. Η μέση κατανάλωση ενέργειας πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή, και έρχεται σε αντιστάθμιση με τον χρόνο «ζάπινγκ καναλιών». Το ιδανικό σημείο αντιστάθμισης επιτυγχάνεται όταν η μέση κατανάλωση ενέργειας είναι ακριβώς κάτω από το ορισμένο κατώφλι και το μήκος της περιόδου off ελαχιστοποιείται.

Η μέση κατανάλωση ενέργειας πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή έτσι ώστε να δίνει αρκετά μεγάλο χρόνο χρήσης. Το όριο που τίθεται για την μέση κατανάλωση ενέργειας, που είναι 100 mW, προέρχεται από την ομάδα του DVB-H από τις εμπορικές απαιτήσεις του. Το όριο 100 mW μπορεί να δικαιολογηθεί και από πλευράς ολόκληρης της κατανάλωσης του τερματικού. Εάν η μέση κατανάλωση ενέργειας του DVB-H είναι μικρότερη από 100 mW θα είναι ουσιαστικά μικρότερη από 10% ολόκληρης της κατανάλωσης του τερματικού.

Εκτός αυτού είναι και άλλες παράμετροι που πρέπει να εξεταστούν:

- Μέσο bitrate του Elementary Stream (ES): μια υψηλότερη τιμή θα επιτρέψει περισσότερες υπηρεσίες ανά ES και μπορεί να επιτρέψει
  - Γρήγορο «ζάπινγκ» μεταξύ των υπηρεσιών στο ίδιο ES,
  - Στατιστική πολυπλεξία υπηρεσιών βίντεο (ή ήχου) στο ίδιο ES (με παρόμοιο τρόπο όπως μια κανονική DTT πολυπλεξία)
  - Μεγαλύτερη ευελιξία στο bitrate της υπηρεσίας.
- Burst time / interleaving time: επιδρά στην απόδοση RF.

- Μέγεθος πλαισίου MPE-FEC: επιδρά στην απόδοση RF (για δεδομένο βάθος interleaving).

Οι κύριες παράμετροι εισαγωγής για την διαδικασία επιλογής παραμέτρων DVB-H από πλευράς δέκτη είναι:

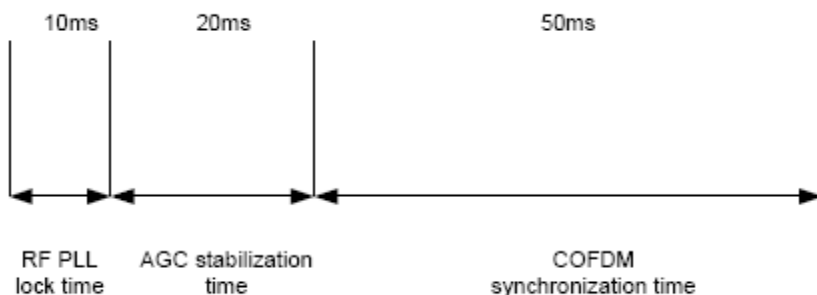
- Χρόνος συγχρονισμού δέκτη
- Τιμές κατανάλωσης ενέργειας, σε κατάσταση λειτουργίας και σε κατάσταση off (active-state, off-state).

Οι παράμετροι περιγράφονται με περισσότερη λεπτομέρεια στις επόμενες ενότητες.

### Χρόνος συγχρονισμού του δέκτη

Ο χρόνος συγχρονισμού του δέκτη είναι διαφορετικός για τις διαφορετικές χρήσεις του. Ο χρόνος συγχρονισμού μπορεί να μειωθεί εάν οι παράμετροι του DVB-H είναι γνωστοί από πριν. Ο αρχικός συγχρονισμός, χωρίς να γνωρίζουμε την ακριβή κεντρική συχνότητα σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται offsets και παράμετροι DVB-H, μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερος. Ωστόσο κατά τη διάρκεια της time sliced λήψης η κεντρική συχνότητα και οι παράμετροι DVB-H παραμένουν τα ίδια. Επομένως για τον υπολογισμό της μέσης κατανάλωσης ενέργειας θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο μικρότερος χρόνος συγχρονισμού.

Ο χρόνος συγχρονισμού του δέκτη μπορεί να χωριστεί σε αρκετές φάσεις. Αρχικά το RF synthesizer (PLL) πρέπει να σταθεροποιηθεί. Έπειτα ο αυτόματος έλεγχος κέρδους πρέπει να σταθεροποιήσει αρκετά πριν ο συγχρονισμός COFDM ξεκινήσει. Οι διαφορετικές φάσεις απεικονίζονται στην εικόνα 5.1.



## Σχήμα 5.1 Φάσεις συγχρονισμού του δέκτη

Ο συγχρονισμός COFDM ήταν μεταξύ 200 ms και 300 ms στις εφαρμογές «set-top-box» του DVB-T. Εκεί η στρατηγική συγχρονισμού ήταν βασισμένη πρώτα στην απόκτηση του συγχρονισμού προ-FFT και μετα-FFT και ύστερα το κλείδωμα TPS. Συνολικά ο συγχρονισμός απαιτούσε τουλάχιστον 100 σύμβολα OFDM, που είναι 100 ms σε σύστημα 8K. Ωστόσο, σε διάφορα συνέδρια έχουν παρουσιαστεί αρκετά ταχύτερα σχέδια συγχρονισμού. Στα γρήγορα σχέδια ο αριθμός των απαιτούμενων συμβόλων OFDM για συγχρονισμό είναι μικρότερος από 15, που είναι 15 ms σε σύστημα 8K. Σε συστήματα 2K και 4K οι χρόνοι συγχρονισμού είναι ταχύτεροι. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες τιμές για το συγχρονισμό όμως είναι αρκετά απαισιόδοξες και σε πραγματικές εφαρμογές ο συγχρονισμός μπορεί να είναι ταχύτερος.

- RF PLL σταθεροποίηση 10 ms
- AGC σταθεροποίηση 20 ms
- COFDM συγχρονισμός 50 ms (σύστημα 8K). Σε δύσκολα δίκτυα SFN με  $\frac{1}{4}$  διάστημα φύλαξης ο χρόνος συγχρονισμού μπορεί να είναι λίγο μεγαλύτερος, π.χ. 80 ms μέχρι 90 ms.

**Επομένως ο συνολικός χρόνος συγχρονισμού είναι συνήθως μικρότερος από 80 ms (<120 ms με  $\frac{1}{4}$  GI).**

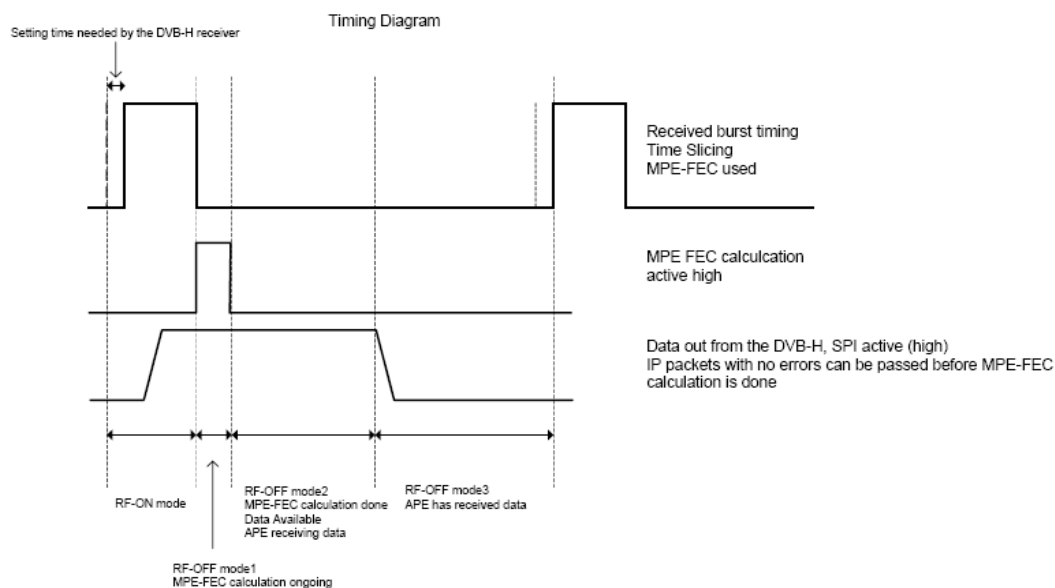
### Σχήματα κατανάλωσης ενέργειας

Ο δέκτης έχει συνήθως πέντε καταστάσεις ενέργειας. Αυτές είναι RF\_ON mode, RF\_OFF1 mode, RF\_OFF2 mode, RF\_OFF3 mode και Sleep mode. Οι καταστάσεις αυτές περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα. Ο διαχειριστής ενέργειας του συστήματος είναι συνήθως βέλτιστος έτσι ώστε να τροφοδοτούνται και να ανανεώνονται μόνο οι απαραίτητες λειτουργίες.

Power mode	Περιγραφή
RF_ON	Το RF τμήμα είναι ενεργό και η αποδιαμόρφωση DVB-H είναι ενεργή. Λαμβάνεται το επιθυμητό time slicing burst.
RF_OFF1	Το RF τμήμα είναι εκτός λειτουργίας. Ο υπολογισμός του MPE-FEC βρίσκεται σε εξέλιξη. Τα πακέτα IP χωρίς λάθη μπορούν να προωθούνται πριν τελειώσει ο υπολογισμός του MPE-FEC.
RF_OFF2	Ο υπολογισμός του MPE-FEC έχει τελειώσει. Ο δέκτης DVB-H τροφοδοτεί με δεδομένα την μηχανή εφαρμογής.
RF_OFF3	Η μεταφορά δεδομένων στην μηχανή εφαρμογής έχει τελειώσει. Ο δέκτης DVB-H περιμένει για το επόμενο burst.
SLEEP	Η εφαρμογή DVB-H δεν χρησιμοποιείται. Ο δέκτης DVB-H είναι σε κατάσταση 'ύπνου' περιμένοντας την εντολή ξυπνήματος.

**Πίνακας 5.1** Χρόνοι κατανάλωσης ισχύος στο DVB-H

Το σχήμα 5.2 παρουσιάζει τον χρονοισμό που σχετίζεται με τις λειτουργίες ενέργειας.



**Σχήμα 5.2** Φάσεις συγχρονισμού του δέκτη

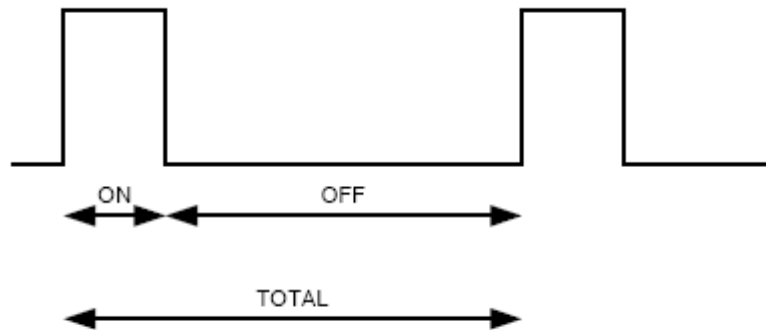
Για τους υπολογισμούς του time slicing τα RF\_OFF1 και RF\_OFF2 μπορούν να συνδυαστούν. Έστω RF\_OFF1 η συνδυασμένη τιμή τους. Τυπικές τιμές για τις παραμέτρους δίνονται παρακάτω. Αυτές μπορεί να θεωρηθούν χαρακτηριστικές για εφαρμογές από το 2006 και μετά.

- RF\_ON 400 mW (200 mW το τμήμα RF και 200 mW το τμήμα BB)
- RF\_OFF1 50 mW (RF OFF και βρίσκεται σε εξέλιξη αποθήκευση δεδομένων)
- RF\_OFF3 10 mW (Περιμένοντας το επόμενο burst).

### Εξισώσεις περιόδου time slicing και μεγέθους MPE-FEC burst

Η περίοδος time slicing έχει μεγάλη επίδραση στον χρόνο πρόσβασης στην υπηρεσία στην περίπτωση του zapping καναλιών. Από πλευράς χρηστικότητας το μήκος της περιόδου OFF πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Ο στόχος της μέσης κατανάλωσης ενέργειας και της ενδεχόμενης χρήσης μετατόπισης φάσης σε δίκτυα θέτει όρια για το μικρότερο δυνατό μήκος της περιόδου OFF.

Οι διευκρινίσεις των χρόνων φαίνονται στο σχήμα 5.3.



**Σχήμα 5.3** Ορισμοί χρόνων του time slicing

Η περίοδος time slicing προσδιορίζεται κατευθείαν από το μέγεθος του burst και το bitrate του Elementary Stream που εδώ θα λέγεται ESstreambitrate:

$$TOTAL = \frac{burstsize}{ESstreambitrate}$$

Η περίοδος ON προσδιορίζεται από το μέγεθος του burst και το ρυθμό του, το locktime προστίθεται επιπλέον:

$$ON = \frac{burstsize}{burstrate} + locktime$$

Επομένως η περίοδος OFF θα είναι:

$$OFF = \frac{burstsize}{ESstreambitrate} - \left( \frac{burstsize}{burstrate} + locktime \right)$$

Το μέγεθος του burst σε περίπτωση που χρησιμοποιείται MPE-FEC προσδιορίζεται απευθείας από τον αριθμό των σειρών. Με MPE-FEC coderate  $\frac{3}{4}$  (δηλ. 255 στήλες) επιτυγχάνονται τα ακόλουθα μεγέθη burst:

- 256 σειρές = 512 kbits
- 512 σειρές = 1024 kbits = 1Mbit
- 768 σειρές = 1536 kbits
- 1024 σειρές = 2048 kbits = 2Mbit

## 5.2. Αφιερωμένα δίκτυα DVB-H

Ένα αφιερωμένο δίκτυο DVB-H είναι αυτό στο οποίο οι υπηρεσίες DVB-H δεν μοιράζονται την πολυπλεξία TS με υπάρχοντες υπηρεσίες DVB-T. Επομένως η πλήρης πολυπλεξία είναι αφιερωμένη στην μεταφορά μόνο υπηρεσιών DVB-H. Για τέτοια δίκτυα, οι αλλαγές στα στοιχεία του δικτύου DVB-T είναι κυρίως:

- Head-end: Οι υπάρχοντες πολυπλέκτες είναι έτοιμοι να περιλάβουν υπηρεσίες DVB-H. Το μόνο καινούργιο στοιχείο που χρειάζεται είναι το λεγόμενο “DVB-H codec”, που είναι η εξέλιξη του ενθυλακωτή IP περιλαμβάνοντας MPE-FEC και time slicing. Οι SFN προσαρμογείς (adapters) θα πρέπει επίσης να αναβαθμιστούν έτσι ώστε να περιλαμβάνουν την σηματοδότηση των νέων παραμέτρων μετάδοσης στο πακέτο MIP.
- Διαμορφωτής: Οι υπάρχοντες διαμορφωτές DVB-T είναι έτοιμοι να υποστηρίξουν υπηρεσίες DVB-H αναβαθμίζοντας την παρεμβολή TPS



έτσι ώστε να υποστηρίζει σηματοδότηση DVB-H TPS όπως περιγράφεται στο 2.1.3.

Ωστόσο, εάν οι υπηρεσίες DVB-H απαιτούν την χρήση της 4K (ή in-depth symbol interleaver για 2K/4K), τότε απαιτούνται οι παρακάτω αλλαγές στους διαμορφωτές DVB-T:

- 1) Αλλαγές στο symbol (inner) interleaver να περιλαμβάνει interleaving 8K για λειτουργία δικτύου 2K και 4K.
- 2) Αλλαγές στο IFFT έτσι ώστε να υποστηρίζει το 4K mode.

### **5.3. Θέματα πληροφοριών υπηρεσίας**

Το MPE-FEC παρέχει πολύ μεγάλο κέρδος απόδοσης για την μεταφορά IP datagrams στο DVB-H. Ωστόσο, οι Πληροφορίες Υπηρεσίας (Service Information - SI) δεν προστατεύονται από το MPE-FEC.

Γενικά, κάποια κομμάτια του SI είναι αρκετά στατικά ενώ άλλα αρκετά δυναμικά. Ο ρόλος του SI είναι ωστόσο, αρκετά διαφορετικός με τις υπηρεσίες IP Datacast DVB-H από ότι με τις υπηρεσίες DTT. Στο DTT, ο πίνακας EIT (Event Information Table) του SI σηματοδοτεί δυναμικά, για παράδειγμα ποιο περιεχόμενο προγράμματος μεταδίδεται. Αυτό δεν συμβαίνει και με το IPDC/DVB-H όπου τέτοιου είδους πληροφορία σηματοδοτείται μέσω του Electronic Service Guide (ESG) που στέλνεται μέσω IP και είναι επομένως προστατευμένη με MPE-FEC.

Τα κυρίως PSI/SI που χρειάζονται από ένα τερματικό IPDC/DVB-H είναι:

- **NIT** Network Information Table
- **INT** IP/MAC Notification Table
- **PAT** Program Association Table
- **PMT** Program Map Table

Όσο αναφορά στα PAT/PMT, το μέγεθος των αντίστοιχων πινάκων και ο ρυθμός επανάληψης (10 φορές το δευτερόλεπτο) είναι τέτοια ώστε η ευρωστία να μην είναι πρόβλημα σε TS PER του 10% ή και μεγαλύτερο.

Ο ρόλος του SI στο IPDC/DVB-H είναι πιο περιορισμένος και είναι κυρίως να παρέχει στο δέκτη πληροφορία για το πως θα έχει πρόσβαση σε συγκεκριμένη διεύθυνση IP. Ο βασικός μηχανισμός είναι ο ακόλουθος: Στο ESG ο δέκτης μπορεί να διαβάσει ότι μια συγκεκριμένη υπηρεσία είναι διαθέσιμη σε συγκεκριμένη διεύθυνση IP την συγκεκριμένη μέρα/ώρα. Προκειμένου να καθορίσει σε ποια συχνότητα και σε ποιο PID κτλ. είναι διαθέσιμη η διεύθυνση IP, ο δέκτης χρησιμοποιεί το PSI/SI για να πάρει τη σωστή χαρτογράφηση μεταξύ της διεύθυνσης IP και των συγκεκριμένων παραμέτρων.

Το INT παρέχει την αντιστοίχιση από την διεύθυνση IP σε φυσικές παραμέτρους όπως TS id, id υπηρεσίας, κτλ., και το NIT παρέχει πληροφορίες για το δίκτυο και για την πρόσβαση σε συγκεκριμένο TS (cell\_id, συχνότητα, mode κτλ.). Η πληροφορία που στέλνεται στο INT και στο NIT μπορεί επομένως να είναι αρκετά στατική. Ακόμη και αν το περιεχόμενο μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης IP αλλάζει, το INT δεν χρειάζεται να αλλάξει. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αλλαγή του περιεχομένου προστατεύεται από το MPE-FEC και σηματοδοτείται στο ESG.

Συμπερασματικά οι πίνακες INT και NIT μπορεί να είναι εν μέρει στατικοί και ο δέκτης δεν χρειάζεται να τους λαμβάνει κάθε φορά που τίθεται σε λειτουργία ή κάθε φορά που πραγματοποιεί μεταπομπή, δεδομένου ότι είναι αποθηκευμένοι στον δέκτη.

***Περίπτωση 1:** Οι πίνακες SI δεν εξαρτώνται από την γεωγραφική τοποθεσία σε μια χώρα.*

Εάν οι NIT και INT ορίζονται για να καλύψουν, για παράδειγμα, μια ολόκληρη χώρα, μπορούν να αποθηκεύονται στον δέκτη και να ενημερώνονται μόνο όταν έχουν αλλάξει. Οποιαδήποτε αλλαγή του περιεχομένου του NIT και/ή του INT θα σηματοδοτείται στο PMT και άρα ο δέκτης DVB-H θα το μαθαίνει αμέσως και θα μπορεί

να ξεκινήσει να ‘κατεβάζει’ τους αλλαγμένους πίνακες. Σε αυτή την περίπτωση η ευρωστία δεν αποτελεί πρόβλημα.

***Περίπτωση 2:** Οι πίνακες SI εξαρτώνται από την γεωγραφική τοποθεσία σε μια χώρα.*

Εάν οι πίνακες SI διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών περιοχών του δικτύου, μπορεί να είναι αναγκαίο να λαμβάνονται αυτοί οι πίνακες πιο συχνά, εκτός κι αν είναι ήδη αποθηκευμένοι.

Εάν υποθεθεί ότι ο δέκτης έχει πρόσβαση στο SI κάθε φορά που τίθεται σε λειτουργία και είναι συνδεδεμένος με κάθε μεταπομπή, τότε το SI πρέπει να λαμβάνεται με εύρωστο τρόπο χωρίς πολλή καθυστέρηση (καλύτερα πριν το επόμενο burst). Λόγω του ότι το SI είναι ακριβώς φτιαγμένο για την συγκεκριμένη περιοχή, το μέγεθος των πινάκων SI μπορεί να περιοριστεί πολύ. Τότε είναι δυνατόν να επαναλαμβάνονται οι πίνακες πολύ πιο συχνά από το απαιτούμενο ελάχιστο (κάθε 10 sec για το NIT και κάθε 30 sec για το INT). Εάν τα μεγέθη των πινάκων είναι μικρά, μπορούν να επαναλαμβάνονται, π.χ. κάθε δευτερόλεπτο, και η πιθανότητα της σωστής λήψης θα αυξηθεί δραματικά χάρις τον πλεονασμό που παρέχεται από τις επαναλήψεις.

Με μέγεθος τμήματος 1kbyte, πιθανότητα λανθασμένου τμήματος 0,1, και μέγεθος πίνακα 16 kbyte επαναλαμβανόμενο κάθε δευτερόλεπτο, το overhead του πίνακα θα είναι 13Kbps, και η πιθανότητα να ληφθεί ολόκληρος ο πίνακας σωστά θα είναι ως ακολούθως:

μετά από 1 δευτερόλεπτο: > 18 %

μετά από 2 δευτερόλεπτα: > 85 %  $(1-0,1^2)^{16}$

μετά από 3 δευτερόλεπτα: > 98 %  $(1-0,1^3)^{16}$

μετά από 4 δευτερόλεπτα: > 99,8 %  $(1-0,1^4)^{16}$

Άρα, μετά από 2 δευτερόλεπτα ή και περισσότερο, η πιθανότητα της σωστής λήψης του πίνακα είναι μεγαλύτερη από 85 % σε αυτό το παράδειγμα. Αξιοσημείωτο είναι ότι όταν είναι δυνατή αποτελεσματική αποκωδικοποίηση MPE-FEC, το TS PER είναι τέτοιο

ώστε εξασφαλίζεται και σωστή λήψη SI μετά από περιορισμένο αριθμό κύκλων επανάληψης.

Σχετικά με τη μεταπομπή ή τη σάρωση άλλων συχνοτήτων θα έπρεπε σε πολλές ή στις περισσότερες περιπτώσεις να είναι δυνατή η πρόσβαση στο SI με εύρωστο τρόπο πριν φτάσει το επόμενο burst, δεδομένου ότι ο χρόνος κύκλου του burst είναι μεγαλύτερος από, για παράδειγμα, 3 δευτερόλεπτα.

Με την πιθανότητα λανθασμένου τμήματος να είναι 0,3 μπορεί να γίνει λήψη ολόκληρου του πίνακα σωστά με πιθανότητα 88% μετά από 4 δευτερόλεπτα (98,8% μετά από 6 δευτερόλεπτα).

Τα τμήματα που λαμβάνονται επιτυχώς μπορούν να αποθηκευτούν, και πίνακες που αποτελούνται από πολλαπλά τμήματα μπορούν να γεμιστούν σταδιακά, μετά από μερικούς κύκλους λήψης. Εάν, για παράδειγμα, ένας πίνακας αποτελείται από 10 τμήματα, και η πιθανότητα λανθασμένου τμήματος είναι 10%, τότε, κατά μέσο όρο, θα ληφθούν σωστά 9 τμήματα στην πρώτη προσπάθεια. Αυτά θα αποθηκευτούν. Στον επόμενο κύκλο λήψης υπάρχει πιθανότητα 90% τα εναπομείναντα τμήματα να ληφθούν σωστά. Σε περίπτωση ατυχίας πρέπει να περιμένουμε άλλον έναν κύκλο λήψης μετά τον οποίο έχουμε πάλι 90% πιθανότητα να το λάβουμε σωστά (και ούτω καθεξής).

Η πιθανότητα να ληφθεί ένα συγκεκριμένο τμήμα, με πιθανότητα λανθασμένου τμήματος  $p_{e\_section}$ , εντελώς σωστά μετά από  $N$  κύκλους είναι:  $1 - p_{e\_section}^N$ .

Η αντίστοιχη πιθανότητα  $p_{e\_table}$  να μην ληφθεί ένα πίνακας, που περιλαμβάνει  $M$  τμήματα, εντελώς σωστά μετά από  $N$  κύκλους μπορεί να υπολογιστεί ως φαίνεται:

$$p_{e\_table} = 1 - (1 - p_{e\_section}^N)^M$$

Όπως μπορεί να υπολογιστεί, στις περισσότερες περιπτώσεις, πολύ εύρωστη λήψη των πινάκων SI μπορεί να επιτευχθεί μερικά δευτερόλεπτα μετά, ακόμη και σε πολύ κακές συνθήκες καναλιού.

Για παράδειγμα, με ένα SER (Section Error Ratio) 0,3 (που αντιστοιχεί σε PER=0,15 για τμήματα των 4096 byte) και 3 τμήματα ανά πίνακα, μπορεί να αναμένεται σωστή λήψη μετά από 4 δευτερόλεπτα με πιθανότητα 98%. (Μετά από 10 δευτερόλεπτα υπάρχει μόνο μια πιθανότητα στις  $10^5$  να χαθεί ο πίνακας).

Ανακεφαλαιώνοντας, το PSI/SI όταν χρησιμοποιείται στο DVB-H θα είναι πιθανότατα εν μέρει στατικό, αφού όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με το περιεχόμενο στέλνονται μέσω IP. Επομένως αυτή η πληροφορία μπορεί να αποθηκεύεται στο δέκτη, κάτι το οποίο θα κάνει την πρόσβαση αρκετά λιγότερο εξαρτώμενη από το χρόνο. Με το πλεονασμό της επανάληψης των πινάκων PSI/SI, εξασφαλίζεται σωστή λήψη, αργά ή γρήγορα σε όλες τις συνθήκες λήψης όπου η αποκωδικοποίηση MPE-FEC είναι αποτελεσματική. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται γρήγορη πρόσβαση στο SI, που δεν έχει προηγουμένως αποθηκευτεί, αυτό επιτυγχάνεται αυξάνοντας τον ρυθμό επανάληψης του NIT και του INT. Με ρυθμό επανάληψης του ενός δευτερολέπτου, για παράδειγμα, μπορεί να επιτευχθεί σωστή λήψη πινάκων SI μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα, ακόμη και σε πολύ κακές συνθήκες καναλιού.

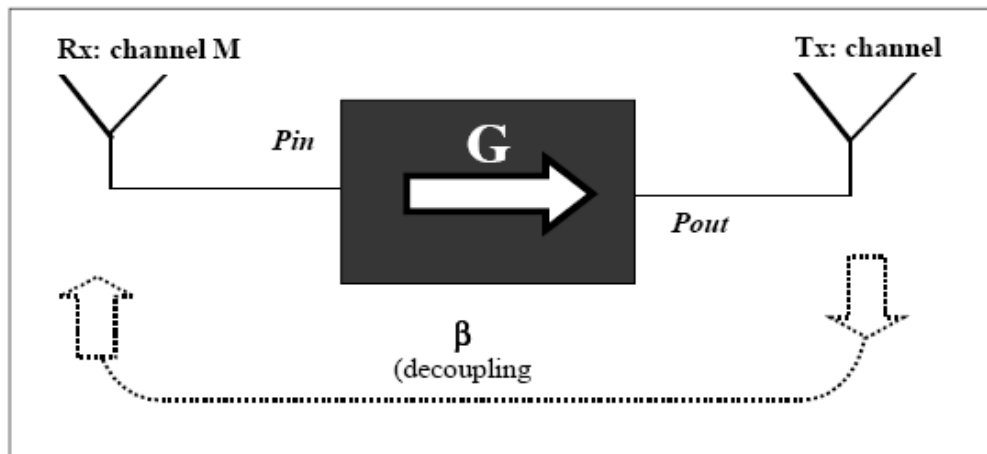
## **5.4. Μελέτη στη χρήση επαναληπτών σε δίκτυα DVB-H**

### ***5.4.1. Επαναλήπτες On-channel***

Ένας on-channel DVB-H επαναλήπτης, επίσης γνωστός και σαν gap-filler, είναι μια συσκευή που λαμβάνει μια γήινη εκπομπή DVB-H σε συγκεκριμένη VHF/UHF συχνότητα, ενισχύει το λαμβανόμενο κανάλι, και το επαναμεταδίδει στην ίδια συχνότητα. Τέτοιος επαναλήπτης χρησιμοποιείται για να επεκτείνει την κάλυψη ενός υπάρχοντος δικτύου DVB-H μέσω εκπομπών σε μια συχνότητα χωρίς την ανάγκη για επιπλέον πομπούς. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των επαναληπτών, όταν συγκρίνονται με κανονικούς πομπούς, είναι η απλούστερη τοποθέτηση και το μικρότερο κόστος.

Η καθυστέρηση που εισάγεται από όλη τη διαδικασία της λήψης, ενίσχυσης και εκπομπής πρέπει να είναι σημαντικά μικρότερη από το διάστημα φύλαξης του χρησιμοποιημένου DVB-H mode (μια τυπική καθυστέρηση είναι 5  $\mu$ s), έτσι ώστε ο δέκτης που δέχεται το σήμα από τον πομπό και το σήμα από τον επαναλήπτη δεν θα αντιμετωπίσει μια παρεμβολή, αλλά μια εποικοδομητική πρόσθεση σημάτων.

Το κύριο εμπόδιο στην τοποθέτηση επαναληπτών είναι ένα πρόβλημα που εμπεριέχεται στη λογική του. Το εκπεμπόμενο σήμα μπορεί να υποστεί ανάδραση στην είσοδο των επαναληπτών, και έτσι να δημιουργήσει ένα βρόχο ανάδρασης, που γεννά δύο είδη προβλημάτων: ελαφρύ κυματισμό στην συνάρτηση μεταφοράς της συσκευής, και, στην χειρότερη περίπτωση, αστάθεια στη συσκευή.



Σχήμα 5.4 On-channel repeater

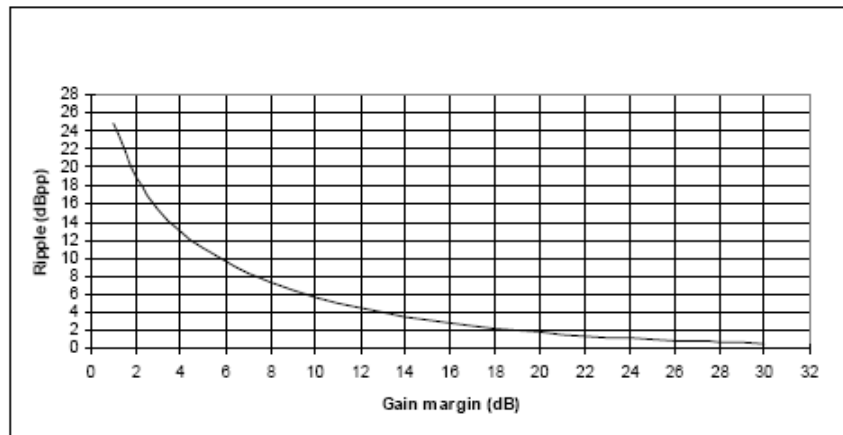
Η αντιστάθμιση της τοποθέτησης ενός επαναλήπτη on-channel είναι μεταξύ:

- Του κέρδους ( $G$ , dB) της συσκευής.
- Της αποσύζευξης ( $\beta$ , dB) ή της απομόνωσης μεταξύ της εξόδου και της εισόδου του επαναλήπτη.

Η διαφορά μεταξύ της αποσύζευξης και του κέρδους είναι γνωστό σαν Περιθώριο Κέρδους, Gain Margin (dB). Είναι προφανές ότι για να λειτουργεί ο επαναλήπτης χωρίς

αστάθεια, η αποσύζευξη πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το Κέρδος, δηλ. το Gain Margin πρέπει να είναι θετικό.

Ο κυματισμός peak-to-peak στην συνάρτηση μεταφοράς εξαρτάται από το Gain Margin ως ακολούθως:



**Σχήμα 5.5** Κυματισμός peak-to-peak στην συνάρτηση μεταφοράς σε σχέση με το Gain Margin

Η επίδραση του κυματισμού στην συνάρτηση μεταφοράς είναι μια πτώση του C/N των φερόντων DVB-H. Η επίδραση μπορεί, επομένως, να είναι ελάχιστα σημαντική αν το C/N του σήματος που λαμβάνεται είναι αρκετά πάνω από την απαιτούμενη, σχεδόν χωρίς λάθη, λήψη QEF (Quasi-Error Free), και η επίδραση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη εάν το C/N είναι κοντά σε αυτό που απαιτείται για λήψη QEF, ιδιαίτερα στα άκρα της καλυμμένης περιοχής.

Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες ένας επαναλήπτης on-channel βελτιώνει αποτελεσματικά την κάλυψη ενός υπάρχοντος δικτύου DVB-H είναι οι εξής:

- Η αποσύζευξη μεταξύ της εξόδου και της εισόδου του επαναλήπτη είναι πολύ μεγάλη (δηλ. μεγαλύτερη από 80 dB). Ο προσεκτικός σχεδιασμός της κεραίας λήψης, της κεραίας πομπού, και ειδικά η επιλογή της διάταξής τους στο χώρο αναφορικά και με τα εμπόδια που τα περιβάλλουν είναι κρίσιμος.

- Η διαφορά μεταξύ της επιθυμητής ισχύος που εκπέμπεται και της ισχύος που λαμβάνεται από τον επαναλήπτη, δηλ. το λειτουργικό κέρδος, είναι μικρότερο από την υπάρχουσα αποσύζευξη. Μια ασφαλής διαφορά μπορούν να θεωρηθούν τα 10dB.

Πρακτικά, η ακολουθία των ενεργειών για τον έλεγχο της καταλληλότητας ενός χώρου να φιλοξενήσει έναν δέκτη on-channel μπορεί να είναι η ακόλουθη:

- Έλεγχος του επιπέδου της ισχύος που λαμβάνεται από έναν γειτονικό πομπό.
- Έλεγχος του επιπέδου της ισχύος που έρχεται σαν ανάδραση από τον επαναλήπτη.
- Αναγνώριση του τύπου της κεραίας που λαμβάνει και της θέσης του στον χώρο, που μεγιστοποιεί την διαφορά μεταξύ της ισχύος που λαμβάνεται από τον πομπό και της ισχύος που έρχεται σαν ανάδραση από τον επαναλήπτη. Μέτρηση της ισχύος που λαμβάνεται από τον γειτονικό πομπό· μέτρηση της αποσύζευξης.
- Υπολογισμός Κέρδους (G) ως η διαφορά μεταξύ της επιθυμητής εκπεμπόμενης ισχύος και της ισχύος που λαμβάνεται από τον γειτονικό πομπό.
- Υπολογισμός του Ορίου Κέρδους ως η διαφορά μεταξύ της αποσύζευξης και του G.

Εάν το Περιθώριο Κέρδους είναι κοντά στο 0 ή είναι αρνητικό, γίνεται προσπάθεια να ιδανικοποιήσουμε τις συνθήκες του χώρου. Αλλιώς, ο χώρος δεν θα δεχθεί έναν επαναλήπτη on-channel στην επιθυμητή εκπεμπόμενη ισχύ.

Μερικοί επαναλήπτες on-channel ήδη περιλαμβάνουν στις συσκευές τους εσωτερικά συστήματα που ακυρώνουν την ηχώ. Αυτό το στοιχείο προσθέτει μια εσωτερική αποσύζευξη στην εξωτερική, και επιτρέπει επομένως μια υψηλότερη συνολική αποσύζευξη. Έχουν αναφερθεί βελτιώσεις πάνω από 15dB.

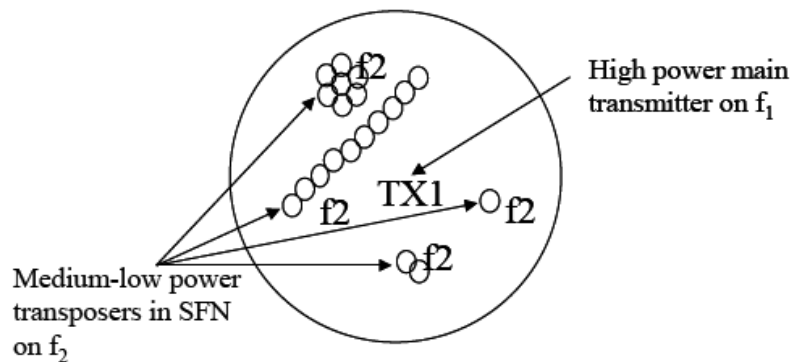


Η χρήση συστημάτων που ακυρώνουν την ηχώ σε επαναλήπτες on-channel φέρνει δύο πλεονεκτήματα:

- Την ανάπτυξη των επαναληπτών σε χώρους όπου σε άλλη περίπτωση δεν θα ήταν εφικτή.
- Την μείωση του κυματισμού μέσα στη ζώνη και άρα την βελτίωση της ποιότητας του λαμβανόμενου σήματος στην περιοχή που καλύπτεται από τον επαναλήπτη.

#### 5.4.2. Επαναλήπτες μετατοπισμένης συχνότητας

Μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική προσέγγιση στον επαναλήπτη on-channel που περιγράφηκε προηγουμένως, και σε ένα συχνά συγχρονισμένο SFN, είναι η χρήση ενός κεντρικού πομπού και ενός συνόλου transposers. Οι transposers λαμβάνουν ένα σήμα από τον κεντρικό πομπό σε μια συχνότητα και το αναμεταδίδουν σε μια δεύτερη συχνότητα (χωρίς προηγούμενη απο/αναδιαμόρφωση DVB-T). Το σύνολο των transposers επομένως διαμορφώνουν ένα SFN σε αυτή τη δεύτερη συχνότητα.



**Σχήμα 5.6** Παράδειγμα δικτύου SFN δυο συχνοτήτων με ένα κεντρικό πομπό και διάφορους transposers

Η προσέγγιση αυτή προσφέρει έναν αριθμό από σημαντικά πλεονεκτήματα στον επαναλήπτη on-channel, στο συχνά συγχρονισμένο SFN και στο παραδοσιακό (μη συγχρονισμένο) transposer:

- Δεν απαιτείται αφιερωμένη διανομή σε κάθε σταθμό.

- Δεν απαιτείται (ενεργός) συγχρονισμός χρόνου του SFN.
- Δεν απαιτείται διαμορφωτής DVB-T/H σε κάθε σταθμό.
- Δεν υπάρχει περιορισμός ισχύος (σε αντίθεση με τον επαναλήπτη on-channel). Δεν υπάρχουν προβλήματα απομόνωσης. Εύκολη εγκατάσταση.
- Μια μόνο συχνότητα transposer για μια ευρεία περιοχή.

Ο ρόλος του κύριου πομπού μπορεί να είναι να παρέχει κάλυψη εξωτερικού χώρου ευρείας περιοχής (πιθανόν σε συνδυασμό με άλλους πομπούς συγχρονισμένου SFN) και να τροφοδοτεί όλους τους transposer. Ο ρόλος του δικτύου transposer στην δεύτερη συχνότητα μπορεί να είναι να παρέχει κάλυψη σε εσωτερικό χώρο (σε συνδυασμό με τον κύριο πομπό) στις περιοχές όπου αυτό απαιτείται. Για την εκπλήρωση αυτής της απαίτησης κάλυψης υπάρχει ανάγκη για πιο πυκνό δίκτυο, ειδικά σε αστικές περιοχές, από αυτό που ήταν δυνατό με τους παραδοσιακούς σταθμούς εκπομπής. Το transposer SFN θα είναι άρα ένας απλός και οικονομικός τρόπος για την παροχή αυτής της κάλυψης.

Για να επιτευχθούν οι απαιτήσεις για κάλυψη εσωτερικών χώρων, είναι πολύ σημαντική η βέλτιστη εκμετάλλευση του δυνατού κέρδους που παρέχεται από τα SFNs. Χάρη στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί στο διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κεραίες omni-directional (σε αντίθεση με την περίπτωση των επαναληπτών on-channel), και άρα να παρέχουν πλήρες κέρδος SFN.

Ένα προφανές μειονέκτημα είναι ότι οι transposers απαιτούν μια δεύτερη συχνότητα. Ωστόσο, αφού το δίκτυο των transposers κανονικά δεν παρέχει συνεχόμενη κάλυψη (μπορεί να είναι περιορισμένοι σε αστικές και ημιαστικές περιοχές) και συχνά περιέχουν πολλούς transposers μέσα σε κάθε SFN, η πιθανότητα για επαναχρησιμοποίηση συχνότητας σε άλλες περιοχές είναι πολύ καλή. Ο απαιτούμενος αριθμός συχνοτήτων για transposers για την κάλυψη μιας χώρας μπορεί επομένως να είναι αρκετά μικρότερος από τον απαιτούμενο αριθμό συχνοτήτων για το κυρίως δίκτυο εκπομπής. Επιπλέον, χάρη στο γεγονός ότι μέσα σε ένα transposer SFN το ύψος των σταθμών είναι περιορισμένο και στο ότι η απόσταση μεταξύ των σταθμών transposer είναι πιθανόν να είναι μικρή σε

σχέση με το διάστημα φύλαξης, θα υπάρχουν πιθανόν λίγα ή και καθόλου προβλήματα με την αυτοπαρεμβολή (self-interference) μέσα στο transposer SFN, ακόμη και όταν είναι αρκετά μεγάλο.

### Συγχρονισμός Χρόνου

Χάρη στο γεγονός ότι το σήμα λαμβάνεται εκτός εκπομπής, δεν υπάρχει ανάγκη για ενεργό συγχρονισμό χρόνου. Θα υπάρχει μια σχετική διαφορά χρόνου μεταξύ διαφορετικών transposers, που εξαρτάται από την καθυστέρηση διάδοσης από τον κύριο πομπό (ακόμη και σε μικρή έκταση από εσωτερικές καθυστερήσεις του transposer). Όσο η απόσταση μεταξύ γειτονικών transposers είναι μικρή σε σχέση με το διάστημα φύλαξης, δεν θα υπάρχει πρόβλημα με την αυτοπαρεμβολή μέσα σε ένα SFN 8K, χρησιμοποιώντας τα μεγαλύτερα διαστήματα φύλαξης.

### Συγχρονισμός Συχνότητας

Υπάρχει η απαίτηση για συγχρονισμό συχνότητας των εκπεμπόμενων σημάτων RF από τους transposers στο SFN. Μια προφανής τεχνική λύση είναι η χρήση δέκτη GPS με 10 MHz συχνότητα αναφοράς. Εναλλακτικά, η συχνότητα αναφοράς θα μπορούσε να εξαχθεί τοπικά χωρίς GPS, σε κάθε transposer, από το ίδιο το σήμα DVB-T, που θα μπορούσε πιθανότατα να μειώσει το κόστος/πολυπλοκότητα της ολικής εγκατάστασης του transposer. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικές μέθοδοι για αυτό:

- Εάν το bitrate του MPEG-TS είναι κλειδωμένο στο GPS είναι πιθανόν να αναγεννηθεί η συχνότητα αναφοράς από το TS στον transposer αποδιαμορφώνοντας το σήμα DVB-T και εξάγοντας το TS. Η εξαγόμενη αναφορά χρησιμοποιείται για να συνθέσει την συχνότητα RF με κατάλληλη ακρίβεια.
- Εάν η συχνότητα RF του σήματος DVB-T από τον κύριο πομπό είναι κλειδωμένη στο GPS θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για παράδειγμα αλγόριθμοι AFC ενός δέκτη DVB-T στον transposer για να εξαχθεί το λάθος της συχνότητας του τοπικού ταλαντωτή που

χρησιμοποιείται για την αποδιαμόρφωση. Με την εκτίμηση του λάθους συχνότητας μπορεί το ίδιο να διορθωθεί και η συχνότητα RF μπορεί καταρχήν να συντεθεί με κατάλληλη ακρίβεια.

## **5.5. Κατευθυντήριες οδηγίες για τη χρήση του DVB-H σε κανάλι εύρους ζώνης 5MHz**

### ***5.5.1. Παράμετροι διαμόρφωσης***

Η λειτουργία μέσα σε εύρος ζώνης 5MHz μπορεί να επιτευχθεί με μια πιο απλή διαβάθμιση των παραμέτρων OFDM από τα αντίστοιχα 6MHz, 7MHz ή 8MHz. Μια προφανής επίδραση τέτοιας διαβάθμισης είναι η μείωση στο ωφέλιμο φορτίο του συστήματος, που μπορεί να μετριαστεί με άλλους τρόπους, όπως η μείωση της δύναμης του κώδικα (code strength), ανάλογα με την απαιτούμενη απόδοση στο δίκτυο. Άλλες επιδράσεις που πρέπει επίσης να λογαριαστούν γιατί μπορεί να εμφανιστούν περιγράφονται περιληπτικά παρακάτω. Για κάθε δοθείσα 2K, 4K ή 8K mode, ο αριθμός των φερόντων παραμένει σταθερός, ανεξαρτήτως εύρους ζώνης. Επομένως η μείωση του εύρους ζώνης λειτουργίας στα 5MHz προσφέρει το στενότερο δυνατό διάστημα φερόντων για ένα δεδομένο mode. Αυτή η μείωση του διαστήματος των φερόντων μπορεί να επιδράσει πρωτίστως στην απόδοση του συστήματος από τρεις πλευρές: αύξηση της περιόδου του συμβόλου, ανοχή σε φασικό θόρυβο, και ανοχή σε μετατόπιση Doppler σε κινητό περιβάλλον. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του δικτύου, μπορεί να είναι δυνατόν να γίνει αλλαγή της κατάστασης λειτουργίας για να μετριαστεί αυτή η επίδραση, και η διαθεσιμότητα της νέας «4K mode» στο DVB-H μπορεί να είναι ωφέλιμη.

#### ***5.5.1.1. Περίοδος Συμβόλου***

Η μείωση του διαστήματος των φερόντων αναγκαστικά θα απαιτεί μια αύξηση της περιόδου του συμβόλου για να διατηρηθεί η ορθογωνιότητα. Όπως επισημάνθηκε και

παραπάνω, η πιο προφανής επίδραση είναι η μείωση του ωφέλιμου φορτίου του συστήματος. Πρέπει ωστόσο, να ληφθεί υπόψη και ότι για οποιοδήποτε δεδομένο κλάσμα του διαστήματος φύλαξης το απόλυτο μήκος του διαστήματος φύλαξης θα αυξηθεί. Αυτή η αύξηση μπορεί να είναι ευεργετική στη σχεδίαση SFN. Εάν οι παράμετροι του SFN μπορούν να αλλαχθούν, η μείωση του ωφέλιμου φορτίου μπορεί να μετριαστεί σε κάποιο βαθμό αλλάζοντας σε άλλο κλάσμα διαστήματος φύλαξης. Για παράδειγμα, ένα σύστημα 8K, 8 MHz με κλάσμα φύλαξης  $\frac{1}{4}$  παράγει διάστημα 224  $\mu\text{s}$ . Εάν ένα ισοδύναμο σύστημα 5 MHz προβλεφθεί, ένα κλάσμα φύλαξης του  $\frac{1}{8}$  παράγει διάστημα 179  $\mu\text{s}$ , που μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη εναλλακτική, ανάλογα με τις παραμέτρους του δικτύου.

#### **5.5.1.2. Φασικός Θόρυβος**

Σε συστήματα COFDM, ο φασικός θόρυβος εμφανίζεται πρωτίστως σε ταλαντωτές στον πομπό και στον δέκτη και πρέπει να ελέγχονται ούτως ώστε να αποφεύγεται υποβάθμιση της απόδοσης. Η επίδραση του φασικού θορύβου σε συχνότητες κάτω από το διάστημα των φερόντων μπορεί να μετριαστεί με διόρθωση των λαθών φάσης στον δέκτη. Ωστόσο, όταν η συχνότητα του φασικού θορύβου ξεπερνάει το διάστημα των φερόντων, η προκύπτουσα επίδραση είναι ICI παρεμβολή που δεν μπορεί να εξαλειφθεί. Για αυτό το λόγο, τα όρια ανοχής του φασικού θορύβου είναι διαφορετικά πάνω και κάτω από μια συχνότητα ισοδύναμη με το διάστημα των φερόντων. Επομένως η μείωση του διαστήματος φερόντων για να επιδράσει σε μια εφαρμογή των 5 MHz, θα θέσει μια πιο σφιχτή ανοχή στο φασικό θόρυβο και πρέπει να λογαριαστεί στην εφαρμογή του συστήματος.

Κάθε μείωση στο διάστημα φερόντων θα πρέπει να συνοδεύεται από μια ισοδύναμη αλλαγή στις παραμέτρους της ανοχής του φασικού θορύβου.

### **5.5.1.3. Μετατόπιση Doppler**

Σε ένα κινητό περιβάλλον, η ανοχή στην μετατόπιση Doppler είναι μια σημαντική παράμετρος που πρέπει να εξετάσει ο σχεδιαστής του δικτύου. Όπως και ο φασικός θόρυβος, αυτή η ανοχή είναι άμεσα συσχετισμένη με το διάστημα των φερόντων. Επομένως όταν σχεδιάζουμε ένα δίκτυο 5 MHz που προορίζεται να αποστέλλει υπηρεσίες σε κινητούς δέκτες, πρέπει να λογαριάζεται η επίδραση του μειωμένου διαστήματος φερόντων. Η επίδραση της μετατόπισης Doppler μπορεί να μετριάσει σε μικρή έκταση κατά τη σχεδίαση του αποδιαμορφωτή. Ωστόσο, στο σύστημα DVB-H η διαθεσιμότητα του MPE-FEC βοηθάει επίσης στην μετρίαση της επίδρασης της μετατόπισης Doppler στο επίπεδο του συστήματος. Η αύξηση της ποσότητας του εφαρμοσμένου MPE-FEC θα μειώσει το διαθέσιμο payload του συστήματος. Αυτό μπορεί να είναι αποδεκτό στο ευρύτερο πλαίσιο ενός δεδομένου δικτύου εάν όμως δεν είναι, γίνεται να ανακτήσουμε κάποιο payload χρησιμοποιώντας διαφορετική ταχύτητα στον συνελκτικό κώδικα. Η συνελκτική κωδικοποίηση έχει ένα άμεσο αντίκτυπο στην απόδοση Gauss, πάνω στην οποία το MPE-FEC έχει μικρή επίδραση. Αντίθετα, το MPE-FEC πλεονεκτεί όσο αναφορά στην ανοχή Doppler, πάνω στην οποία η δύναμη του συνελκτικού κώδικα έχει μικρή επίδραση. Είναι επομένως, δυνατόν να ‘ανταλλάξουμε’ το ένα για το άλλο μέχρι κάποιο βαθμό, για να παρέχουμε μια συμβιβαστική λύση μεταξύ απόδοσης στην ταχύτητα και στο payload, παρόλο που οι επιδράσεις τέτοιων αλλαγών θα είναι δύσκολο να προβλεφθούν επακριβώς και θα ήταν καλύτερο να εξακριβωθούν με τεστ πεδίου.

### **5.5.2. Μελέτη network planning 5MHz**

Η χρήση εύρους ζώνης 5 MHz, σχεδόν εξ ορισμού, συνεπάγεται την χρήση άλλου φάσματος συχνοτήτων από αυτή που προορίζεται για χρήση εκπομπής. Τέτοιο φάσμα συνήθως οργανώνεται σε ζώνες 6 MHz, 7 MHz ή 8 MHz, όπως επισημαίνεται στην συμπερίληψη τέτοιων εύρων ζώνης στη προδιαγραφή του DVB-T. Η ανάπτυξη υπηρεσιών σε ζώνες εκπομπής συνεπάγεται ότι αυτές θα λειτουργήσουν σε συνεχόμενα κανάλια με παρόμοια σήματα DVB, ή αναλογικά σήματα των οποίων τα χαρακτηριστικά

είναι γνωστά. Τα 'ποσοστά προστασίας' για τέτοιες σχέσεις είναι είτε ήδη προκαθορισμένα είτε καθορίζονται εύκολα από τιμές καλά θεμελιωμένες. Ωστόσο, η λειτουργία σε ζώνες εκτός της εκπομπής προϋποθέτει ότι γειτονικές μεταδόσεις μπορεί να είναι οποιουδήποτε προτύπου. Τα πρότυπα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από την σχετικά σταθερή και προβλέψιμη φύση των σημάτων εκπομπής. Οι τοπολογίες δικτύου επίσης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, π.χ. ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αποτελείται από πολλούς σταθμούς βάσης μεταβλητής ισχύος και από πολύ μεγάλο αριθμό κινητών συσκευών μεταβλητής ισχύος. Η λειτουργία σε διπλανό φάσμα σε τέτοιο δίκτυο μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά ενδιαφέροντα ως προς τη σχεδίαση του δέκτη, και ένα τέτοιο σενάριο χρειάζεται να μελετηθεί.

## Κεφάλαιο 6 - Κριτήριο υποβάθμισης στο DVB-H

Αντί του QoS κριτηρίου, το οποίο περιλαμβάνει πολλά υποκειμενικά στοιχεία (όπως π.χ. η απόκρυψη της επεξεργασίας των σφαλμάτων στο δέκτη), ένα αντικειμενικό QoR (Quality of Restitution) κριτήριο χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό του ορίου λειτουργίας στην κινητή λήψη.

Το QEF κριτήριο, το οποίο χρησιμοποιείται στο DVB-T, δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στιγμιαίες μετρήσεις, εξαιτίας της υψηλής διακύμανσης στους κινητούς διαύλους.

Στην περίπτωση που μεταδίδονται DVB-T υπηρεσίες (υπηρεσίες που μεταδίδονται συνεχώς, όχι σε ριπές) σε κινητούς δέκτες ένα ESR 5% (Erroneous Seconds Ratio) κριτήριο είναι ικανό να περιγράψει την ποιότητα της υπηρεσίας.

Στο DVB-H, όπου οι υπηρεσίες μεταδίδονται με προστασία MPE-FEC σε ριπές, έχουν οριστεί άλλα κριτήρια: το FER (Frame Error Ratio) και το MFER (MPE FER). Το FER είναι ο λόγος των frames που περιέχουν κάποιο λάθος χωρίς να έχουν υποστεί προσπάθεια διόρθωσης από το MPE-FEC προς το συνολικό αριθμό frames. Το MFER είναι ο λόγος των frames τα οποία παρέμειναν λανθασμένα ακόμα και μετά από τη διόρθωση MPE-FEC προς τα συνολικά frames.

Το MFER5 (5% λανθασμένα frames έπειτα από MPE-FEC διόρθωση) έχει οριστεί ως το σημείο υποβάθμισης των DVB-H υπηρεσιών. Ας σημειωθεί η ποιότητα υπηρεσίας που επιτυγχάνεται στο MFER5 είναι πιθανό να μην πληροί πάντοτε τις απαιτήσεις QoS.

Για εκτίμηση του MFER δεν είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του MPE-FEC. Η εκτίμηση του MFER μπορεί να γίνει μετρώντας γραμμή προς γραμμή τα λανθασμένα bytes, συγκρίνοντας τον αριθμό τους με τον αριθμό των bytes που ο RS κώδικας μπορεί να διορθώσει. Στη συνέχεια τα frames χαρακτηρίζονται ως μη λανθασμένα μόνο αν όλες οι γραμμές τους είναι μη λανθασμένες. Αυτή η μέθοδος απλουστεύει πολύ τη διαδικασία



εκτίμησης αλλά και συντομεύει το χρόνο παρατήρησης των frames που χρειάζεται για την εκτίμηση του MFER.

Το κριτήριο FER χρησιμοποιείται όταν δε χρησιμοποιείται το MPE-FEC. Ένα frame θεωρείται λανθασμένο αν οποιοδήποτε πακέτο μέσα στο frame είναι λανθασμένο καθώς δεν υπάρχει εδώ δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Το FER5 οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας από το MFER5, αφού με κριτήριο το FER ένα frame που θεωρείται λανθασμένο μπορεί να περιέχει μόνο λίγα λανθασμένα TS πακέτα, ενώ με το MFER ένα frame που θεωρείται λανθασμένο και δε μπορεί να διορθωθεί σημαίνει πως έχει πολλά λανθασμένα πακέτα. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι το FER αποτελεί μια μίμηση του DVB-T τρόπου μετάδοσης, ενώ το MFER δείχνει τη σημαντική βελτίωση της μετάδοσης που εισάγει το DVB-H.

## **Κεφάλαιο 7 - Network planning σύμφωνα με το ITU-R 1546**

### **7.1. Θέματα κάλυψης**

#### **7.1.1. Εισαγωγή**

Είναι σημαντικό να δοθούν κάποιιοι ορισμοί σχετικά με την κάλυψη από ένα σταθμό που μεταδίδει DVB-H υπηρεσία.

Η κάλυψη για «DVB-T υπηρεσία» χαρακτηρίζεται από πολύ απότομη μετάβαση από συνθήκες σχεδόν τέλειας λήψης σε συνθήκες μηδενικής λήψης και συνεπώς είναι πολύ κρίσιμο το να μπορεί κανείς να αποφασίσει σε ποιες περιοχές θα υπάρχει κάλυψη και σε ποιες όχι. Η περίπτωση του DVB-H είναι ακόμη πιο απαιτητική αφού η λήψη αντιμετωπίζει ακόμη δυσχερέστερες συνθήκες (κίνηση του δέκτη, απώλεια λόγω του ανθρώπινου σώματος, όχι οπτική επαφή με τον πομπό, κλπ). Επίσης, εξαιτίας της πολύ απότομης αυτής μετάβασης που περιγράφηκε πιο πάνω, υπάρχει επιπλέον κόστος αν στοχεύουμε σε πολύ καλή κάλυψη, ακόμη και μιας μικρής περιοχής (πχ 100m × 100m ). Αυτό συμβαίνει διότι είναι απαραίτητη είτε η αύξηση της ισχύος των πομπών, είτε η αύξηση του αριθμού τους για να επιτευχθεί κάλυψη ακόμα και στα σημεία με τις χειρότερες συνθήκες.

#### **7.1.2. Φορητή λήψη**

Φορητή κεραία ορίζεται η κεραία εκείνη που λαμβάνει σε μηδενική ταχύτητα ή σε πολύ χαμηλή ταχύτητα (ταχύτητα βάδισης):

Κλάση A: Λήψη σε εξωτερικό χώρο, όπου χρησιμοποιείται φορητός δέκτης με ενσωματωμένη κεραία, σε ύψος άνω του 1,5 m από το έδαφος και ταχύτητα μηδενική έως πολύ χαμηλή.

Κλάση Β: Λήψη σε εσωτερικό χώρο, στο επίπεδο του εδάφους, όπου χρησιμοποιείται φορητός δέκτης με ενσωματωμένη κεραία, σε ύψος άνω του 1,5 m από το έδαφος, στο ισόγειο κτιρίων με παράθυρα και ταχύτητα μηδενική έως πολύ χαμηλή.

Σημείωση: Είναι γνωστό ότι η λήψη της υπηρεσίας DVB-H δε θα γίνεται πάντα στο 1,5 m από το ύψος του εδάφους, Ωστόσο για υπηρεσίες broadcast μετάδοσης αυτή είναι μια συνηθισμένη τιμή. Έχοντας λάβει υπόψη πως οι διαφορές ανάμεσα στη σχεδίαση για ύψη 1m ή 2m μπορούν να παραμεληθούν το 1,5m θεωρείται εδώ ως το ύψος των κεραιών λήψης.

Η φορητή λήψη στην πράξη είναι δυνατό να συμβεί κάτω από ποικίλες συνθήκες (για παράδειγμα σε εσωτερικό / εξωτερικό χώρο, στο ισόγειο / πρώτο όροφο / άλλους ορόφους). Επιπλέον, εξαιτίας της φύσης της DVB-H υπηρεσίας ο δέκτης θα είναι συνήθως κινούμενος με μια πολύ μικρή ταχύτητα, ενώ λαμβάνει την υπηρεσία. Ωστόσο για λόγους απλοποίησης της σχεδίασης η εξής απλούστευση γίνεται για τις κλάσεις Α και Β: ο δέκτης θεωρείται ακίνητος και εξίσου ακίνητο θεωρείται και το περιβάλλον του, δηλαδή μεγάλα αντικείμενα που βρίσκονται γύρω απ' αυτόν. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι δεν καλύπτονται οι ακραίες περιπτώσεις, όπως λήψη σε εντελώς κλειστούς χώρους (χωρίς κάποιο παράθυρο ή πόρτα).

Είναι αναμενόμενο πως θα υπάρχει αρκετή διακύμανση στις συνθήκες λήψης κατά τη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο. Η διακύμανση αυτή οφείλεται αφενός μεν σε κάποιο βαθμό από το γεγονός ότι η λήψη γίνεται σε διάφορους ορόφους, αφετέρου δε από τη διακύμανση της απώλειας που οφείλεται στο κτίριο, η οποία εξαρτάται από τα υλικά αλλά και την κατασκευή του κάθε κτιρίου. Επίσης τα κινητά τερματικά είναι πιθανό να υπόκεινται επιπλέον και σε εξασθένηση λόγω του ανθρωπίνου σώματος. Η εξασθένηση όμως αυτή δε θα ληφθεί υπόψη στην ανάλυση που ακολουθεί. Κάποιες εκτιμήσεις για τις απαιτούμενες στάθμες σήματος για τη φορητή λήψη δίνονται στην ενότητα 7.2.

### **7.1.3. Κινητή λήψη**

Κινητή λήψη ορίζεται εκείνη η περίπτωση λήψης στην οποία η κεραία κινείται με μέση έως μεγάλη ταχύτητα (όχι της τάξης της ταχύτητας βάρδισης):

Κλάση C: Εξωτερική λήψη με κινούμενο DVB-H τερματικό σε ύψος μεγαλύτερο από 1,5 m, για παράδειγμα κεραία ενσωματωμένη σε κάποιο όχημα.

Κλάση D: Εσωτερική λήψη μέσα σε κινούμενα οχήματα σε ύψος μεγαλύτερο από 1,5 m.

Στην περίπτωση αυτή για το λόγο  $C/N$  πρέπει να ληφθεί υπόψη η τιμή  $C/N_{\min} + 3$  dB, σύμφωνα με όσα αναφέρονται σε επόμενη ενότητα. Επίσης το MPE-FEC έχει πολύ σημαντική επίδραση στην τιμή  $C/N_{\min}$  και στην μέγιστη ολίσθηση Doppler.

Η αναμενόμενη διακύμανση στις συνθήκες λήψης κατά την κινητή λήψη οφείλονται κυρίως στο κινούμενο περιβάλλον του τερματικού, αλλά και στην εξασθένιση που εισάγει το εκάστοτε όχημα. Για την εξασθένιση που προέρχεται από το ανθρώπινο σώμα η θεώρηση είναι ίδια όπως και στη φορητή λήψη. Τέλος, δεν περιλαμβάνονται οι ακραίες περιπτώσεις, όπως η λήψη σε εντελώς κλειστά οχήματα.

### **7.1.4. Περιοχή κάλυψης**

Για τον ορισμό της περιοχής κάλυψης γίνεται μια προσέγγιση σε τρία επίπεδα:

#### **1. Περιοχή λήψης**

Η μικρότερη μονάδα σε μια περιοχή λήψης με διαστάσεις  $0,5 \times 0,5$  m<sup>2</sup>. Στην περίπτωση της φορητής λήψης γίνεται η υπόθεση ότι οι βέλτιστες συνθήκες λήψης μπορούν να βρεθούν μετακινώντας την κεραία κατά 0,5 m προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Μια τέτοια περιοχή θεωρείται καλυμμένη όταν οι απαιτούμενες τιμές για τους λόγους C/N και C/I επιτυγχάνονται για το 99% του χρόνου.

## 2. Μικρή περιοχή κάλυψης

Το δεύτερο επίπεδο της προσέγγισης είναι η μικρή περιοχή με διαστάσεις  $100 \times 100$  m<sup>2</sup>.

Η κάλυψη για την περιοχή αυτή θεωρείται ως

«καλή», όταν τουλάχιστον 95% των σημείων στα όρια της περιοχής καλύπτονται για φορητή λήψη και 99% των σημείων μέσα στην περιοχή για κινητή λήψη,

«αποδεκτή», όταν τουλάχιστον 70% των σημείων στα όρια της περιοχής καλύπτονται για φορητή λήψη και 90% των σημείων μέσα στην περιοχή για κινητή λήψη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω ποσοστά αναφέρονται στα όρια της περιοχής και συνεπώς εντός της περιοχής θα έχουν μεγαλύτερη τιμή.

## 3. Περιοχή κάλυψης

Η συνολική περιοχή κάλυψης προκύπτει ως το άθροισμα των μικρών περιοχών κάλυψης που καλύπτονται για κάποια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης.

### 7.2. Κριτήρια Κάλυψης

Για τον υπολογισμό των ελάχιστων σταθμών σήματος είναι απαραίτητο να ξεπεραστεί ο θόρυβος. Η απαιτούμενη ισχύς πεδίου βασίζεται στα παρακάτω:

- το KTBF του εξοπλισμού
- το απαιτούμενο C/N
- κάποιες επιπρόσθετες εξασθενίσεις

### **7.2.1. *KTBF και Ελάχιστες στάθμες σήματος στην είσοδο του δέκτη***

Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος που ο λόγος C/N επηρεάζει την απαιτούμενη στάθμη του σήματος στην είσοδο του δέκτη, η τελευταία έχει υπολογιστεί για πέντε αντιπροσωπευτικές τιμές του C/N σε εύρος από 2dB έως 26dB. Ο υπολογισμός των υπόλοιπων τιμών μπορεί να γίνει με απλή γραμμική παρεμβολή. Ο συντελεστής θορύβου του δέκτη θεωρείται ίσος με 6dB για τις ζώνες συχνοτήτων IV και V. Έτσι η ελάχιστη στάθμη σήματος στην είσοδο του δέκτη γίνεται ανεξάρτητη της συχνότητας εκπομπής.

#### **Definitions:**

- B: Receiver noise bandwidth (Hz)
- F: Receiver noise figure (dB)
- $P_n$ : Receiver noise input power (dBW)
- C/N: RF signal to noise ratio required by the system (dB)
- $P_{s \text{ min}}$ : Minimum receiver signal input power (dBW)
- $Z_i$ : Receiver input impedance (75  $\Omega$ )
- $U_{s \text{ min}}$ : Minimum equivalent receiver input voltage into  $Z_i$  (dB $\mu$ V)

#### **Constants:**

- k: Boltzmann's constant =  $1,38 \times 10^{-23}$  Ws/K
- $T_0$ : absolute Temperature = 290 K

#### **Formulae used:**

$$P_n = F + 10 \log(k \times T_0 \times B)$$
$$P_{s \text{ min}} = P_n + C/N$$
$$U_{s \text{ min}} = P_{s \text{ min}} + 120 + 10 \log(Z_i)$$

Φυσικά αν χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη τιμή για τον συντελεστή θορύβου, η στάθμη αυτή θα μεταβληθεί κατά την ίδια ποσότητα. Οι ελάχιστες στάθμες σήματος που υπολογίζονται εδώ χρησιμοποιούνται στην ενότητα 7.2.3 για την εξαγωγή των τιμών της ελάχιστης πυκνότητας ισχύος και της μέσης ισχύος πεδίου για διάφορες ζώνες συχνοτήτων.

Frequency Band: IV, V						
Equivalent noise band width	B (Hz)	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^6$
Receiver noise figure	F (dB)	6	6	6	6	6
Receiver noise input power	$P_n$ (dBW)	-129,2	-129,2	-129,2	-129,2	-129,2
RF signal/noise ratio	C/N (dB)	2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s \min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s \min}$ (dBμV)	12	18	24	30	36

**Πίνακας 7.1**

Ελάχιστη στάθμη σήματος στην είσοδο του δέκτη

### 7.2.2. Απαιτούμενο C/N

Οι τιμές του απαιτούμενου C/N για DVB-H σε διαύλους Gaussian και Rayleigh είναι βασισμένες στις αντίστοιχες τιμές για DVB-T ενώ έχει προστεθεί σ' αυτές και η επίδραση του MPE-FEC αλλά και το διαφορετικό κριτήριο για το σημείο υποβάθμισης της υπηρεσίας.

Οι τιμές αυτές δίνονται για δυο τύπους δεκτών. Ο πρώτος από αυτούς αναφέρεται ως «τυπικός» και αποτελεί ένα λογικό συμβιβασμό μεταξύ επίδοσης και πολυπλοκότητας-κόστους. Ο δεύτερος ονομάζεται «πιθανός» και περιγράφει τις δυνατότητες που υπάρχουν στο DVB-H, αν και με αυξημένο κόστος και πολυπλοκότητα.

Επίσης οι τιμές αυτές δίνονται για τις παρακάτω παραμέτρους

DVB-H burst bitrate 4 Mbit/s

MPE-FEC code rate 3/4

Number of rows in MPE-FEC 1 024

DVB-T/H bandwidth 7,61 MHz

Διάρκεια των time slicing bursts περίπου 0,5 s.

Κριτήριο υποβάθμισης 5 % MFER.

### 7.2.2.1. C/N επίδοση σε Gaussian διάλο

Θεωρούμε ότι το επιθυμητό φέρον μεταδίδεται μαζί με θόρυβο σε σήμα εύρους ζώνης 7,61MHz. Ο υπολογισμός των τιμών έχει γίνει χρησιμοποιώντας τις θεωρητικές τιμές που δίνονται στο «EN 300 744», την επίδραση του MPE-FEC και το κριτήριο MFER5 (Η διαφορά ανάμεσα στο QEF του DVB-T και το MFER5 έχει θεωρηθεί ίση με 1dB).

<b>Modulation</b>	<b>Code rate</b>	<b>Gaussian MPE-FEC CR = 3/4</b>
QPSK	1/2	2,5
QPSK	2/3	4,3
QPSK	3/4	
16-QAM	1/2	8,3
16-QAM	2/3	10,4
16-QAM	3/4	
64-QAM	1/2	
64-QAM	2/3	
64-QAM	3/4	

**Πίνακας 7.2**

C/N απαιτήσεις σε Gaussian διάλο

### 7.2.2.2. C/N επίδοση σε φορητό διάλο

Θεωρούμε ότι το επιθυμητό φέρον μεταδίδεται μαζί με θόρυβο σε σήμα εύρους ζώνης 7,61MHz. Ο υπολογισμός των τιμών έχει γίνει χρησιμοποιώντας τις θεωρητικές τιμές που δίνονται στο «EN 300 744», την επίδραση του MPE-FEC και το κριτήριο MFER5 (Η διαφορά ανάμεσα στο QEF του DVB-T και το MFER5 έχει θεωρηθεί ίση με 1,5dB).



Modulation	Code rate	Portable MPE-FEC CR = 3/4
QPSK	1/2	3,9
QPSK	2/3	6,9
QPSK	3/4	
16-QAM	1/2	9,7
16-QAM	2/3	12,7
16-QAM	3/4	
64-QAM	1/2	
64-QAM	2/3	
64-QAM	3/4	

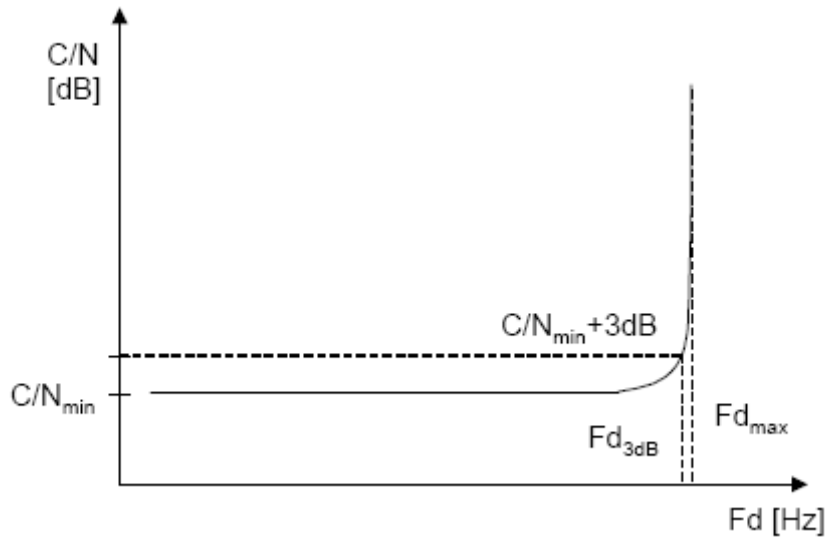
Πίνακας 7.3

C/N απαιτήσεις σε φορητό δίαυλο

### 7.2.2.3. C/N επίδοση σε κινητό δίαυλο

Στην περίπτωση αυτή πρέπει να θεωρηθούν δυο παράγοντες: το  $C/N_{\min}$  και η  $Fd_{3dB}$ . Το  $C/N_{\min}$  είναι το ελάχιστο απαιτούμενο C/N για MFER5. Η καμπύλη του C/N είναι επίπεδη σε μεγάλες συχνότητες ολίσθησης Doppler, αλλά μη εφαρμόσιμη σε πολύ χαμηλές. Η  $Fd_{3dB}$  είναι η συχνότητα ολίσθησης Doppler όπου το απαιτούμενο C/N έχει αυξηθεί κατά 3dB σε σχέση με την τιμή  $C/N_{\min}$ . Η τιμή  $Fd_{3dB}$  είναι σχεδόν ίση με τη μέγιστη συχνότητα ολίσθησης Doppler  $Fd_{\max}$ .

Σε ό,τι αφορά τη σχεδίαση δικτύων, το C/N που πρέπει να χρησιμοποιείται είναι το  $C/N_{\min}$  καθώς η τιμή αυτή ισχύει για υψηλές συχνότητες Doppler όπως υποδεικνύεται και από το επίπεδο τμήμα της καμπύλης.



Σχήμα 7.1 Επίδοση C/N δέκτη DVB-H σε κινητό διάυλο

Οι τιμές του απαιτούμενου C/N ( $=C/N_{min}$ ) ακολουθούν στους παρακάτω πίνακες και για τους δυο τύπους δεκτών, υποθέτοντας ότι θόρυβος και ολίσθηση Doppler μεταδίδονται μαζί με το επιθυμητό σήμα.

"Typical" Reference Receiver Guard Interval = 1/4			2k				Speed at $F_{d_{3dB}}$ [km/h]		4k				Speed at $F_{d_{3dB}}$ [km/h]		8k		Speed at $F_{d_{3dB}}$ [km/h]	
Modulation	Code rate	Bitrate [Mbit/s]	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz
QPSK	1/2	4.98	9,5	360	866	688	9,5	190	433	294	9,5	95	216	147				
QPSK	2/3	6,64	12,5	360	820	557	12,5	180	410	279	12,5	90	205	139				
16-QAM	1/2	9,95	15,5	340	775	526	15,5	170	387	263	15,5	85	194	132				
16-QAM	2/3	13,27	18,5	320	729	495	18,5	160	365	248	18,5	80	182	124				

"Possible" Reference Receiver Guard Interval = 1/4			2k				Speed at $F_{d_{3dB}}$ [km/h]		4k				Speed at $F_{d_{3dB}}$ [km/h]		8k		Speed at $F_{d_{3dB}}$ [km/h]	
Modulation	Code rate	Bitrate [Mbit/s]	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz	$C/N_{min}$ [dB]	$F_{d_{3dB}}$ [Hz]	474 MHz	698 MHz
QPSK	1/2	4,98	8,5	520	1185	805	8,5	260	592	402	8,5	130	296	201				
QPSK	2/3	6,64	11,5	520	1185	805	11,5	260	592	402	11,5	130	296	201				
16-QAM	1/2	9,95	14,5	480	1094	743	14,5	240	547	371	14,5	120	273	186				
16-QAM	2/3	13,27	17,5	480	1094	743	17,5	240	547	371	17,5	120	273	186				

Πίνακας 7.4

C/N απαιτήσεις σε κινητό διάυλο για δυο πιθανούς τύπους δέκτη

### 7.2.3. Ελάχιστες στάθμες σήματος

Στον πίνακα 7.1 δίνονται οι ελάχιστες τιμές ισχύος και τάσης του σήματος στην είσοδο του δέκτη για να ξεπεραστεί ο θόρυβος. Οι τιμές αυτές είναι οι ελάχιστες απαιτούμενες τιμές στην είσοδο του δέκτη και οι αντίστοιχες ισοδύναμες τιμές της τάσης εισόδου του δέκτη. Στον υπολογισμό τους δεν περιλαμβάνεται κανένας υπολογισμός των επιδράσεων στη διάδοση του σήματος. Ωστόσο, είναι σαφές ότι οι επιδράσεις αυτές πρέπει να συνυπολογιστούν όταν έχουμε να κάνουμε με DVB-H λήψη στην πράξη.

Κατά τον ορισμό της περιοχής κάλυψης υπονοήθηκε ότι εξαιτίας της ραγδαίας μετάβασης από πολύ καλή λήψη στην αδυναμία λήψης, είναι απαραίτητο οι ελάχιστες απαιτούμενες στάθμες του σήματος να επιτυγχάνονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό της περιοχής. Το ποσοστό αυτό έχει οριστεί σε 95% για «καλή» και 70% για «αποδεκτή» κάλυψη κατά τη φορητή λήψη, και σε 99% και 90% αντίστοιχα κατά την κινητή λήψη.

Οι τιμές για την ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος υπολογίζονται για τις εξής περιπτώσεις:

α) Τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις για φορητή και κινητή λήψη

-Φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση A)

-Φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο στο ύψος του εδάφους (κλάση B)

-Κινητή λήψη σε όχημα με ενσωματωμένη εξωτερική κεραία (κλάση C)

-Κινητή λήψη μέσα σε όχημα (κλάση D)

β) Δύο συχνότητες: 500MHz στη ζώνη IV και 800MHz στη ζώνη V.

γ) Πέντε αντιπροσωπευτικές τιμές του λόγου C/N στο διάστημα 2dB-26dB με βήμα 6dB.

Οι τιμές για την ελάχιστη ισχύ πεδίου στην παρούσα ενότητα είναι για την περίπτωση της κάλυψης από ένα μόνο πομπό, όχι για SFNs. Στη γενική περίπτωση οι τιμές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε SFNs, με τη διαφορά ότι στην τελευταία περίπτωση συνεισφέρουν πολλά σήματα στον υπολογισμό του τελικού επιθυμητού σήματος.

Για τον υπολογισμό των τιμών για την ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος ή την ισοδύναμη ισχύ του λαμβανόμενου σήματος και την εγγύηση ότι οι απαιτούμενες τιμές επιτυγχάνονται στο ζητούμενο ποσοστό της περιοχής, χρησιμοποιούνται οι τύποι που ακολουθούν:

$$\phi_{\min} = P_{s \min} - A_a$$

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

$$\phi_{\text{med}} = \phi_{\min} + P_{\text{mmm}} + C_1 + L_h$$

$$\phi_{\text{med}} = \phi_{\min} + P_{\text{mmm}} + C_1 + L_h + L_b$$

$$\phi_{\text{med}} = \phi_{\min} + P_{\text{mmm}} + C_1 + L_h + L_v$$

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

όπου

$C/N$  : RF signal to noise ratio required by the system (dB)

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

$E_{\min}$  : Equivalent minimum field strength at receiving location (dBμV/m)

$L_h$  : Height loss (10 m a.g.l. to 1,5 m. a.g.l.) (dB)

$L_b$  : Building penetration loss (dB)

$L_v$  : Vehicle entry loss (dB)

$P_{\text{mmm}}$  : Allowance for man made noise (dB)

$C_1$  : Location correction factor (dB)

$\phi_{\text{med}}$  : Minimum median power flux density, planning value (dBW/m<sup>2</sup>)

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

Για τον υπολογισμό του παράγοντα διόρθωσης περιοχής (location correction factor) γίνεται η υπόθεση ότι το ληφθέν σήμα ακολουθεί λογαριθμοκανονική κατανομή.

Ο παράγοντας αυτός υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Cl = \mu \times \sigma$$

όπου

$\mu$  είναι ένας παράγοντας που εξαρτάται από το ποσοστό κάλυψης και οι δυνατές τιμές του είναι οι ακόλουθες

0,52	1,28	1,64	2,33
70%	90%	95%	99%

$\sigma$  είναι η τυπική απόκλιση και λαμβάνεται ίση με 5,5 dB για λήψη σε εξωτερικό χώρο.

Οι τιμές του  $\sigma$  για εσωτερικούς χώρους αναλύονται σε επόμενη ενότητα.

### 7.2.3.1. Φορητή λήψη

#### **Κριτήρια για τη φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση A)**

##### **Πρόβλεψη στάθμης σήματος**

Οι εκτιμήσεις των τιμών για τις στάθμες ισχύος του σήματος βασίζονται στο ITU-R Recommendation P.1546-1. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα αποτελέσματα της μεθόδου αυτής παρουσιάζουν διαφορές σε σύγκριση με τις τιμές που προκύπτουν από τις πραγματικές μετρήσεις, όπως συμβαίνει και με όλες τις μεθόδους πρόβλεψης.

##### **Κεραίες για φορητή λήψη**

Η κεραία σε μία μικρή κινητή συσκευή θα είναι μικρή σε διαστάσεις σε σύγκριση με το μήκος κύματος καθώς αποτελεί μέρος ολόκληρης της συσκευής. Συνεπώς και το κέρδος της θα είναι αναλόγως μικρό. Σε ό,τι αφορά τη σχεδίαση, όπου η χειρότερη περίπτωση κέρδους πρέπει να θεωρηθεί, τα κέρδη των κεραιών που θα χρησιμοποιηθούν για τις ζώνες συχνοτήτων IV, V και τις κλάσεις A, B περιέχονται στον ακόλουθο πίνακα:

Band	Gain (dBd)
IV	-12
V	-7

**Πίνακας 7.5**

Κέρδη κεραιών στη φορητή λήψη

### **Διακυμάνσεις στη στάθμη του σήματος**

Οι διακυμάνσεις στη ισχύ του λαμβανόμενου σήματος μπορούν να διαιρεθούν σε μεγάλης και μικρής κλίμακας. Οι διακυμάνσεις μεγάλης κλίμακας σχετίζονται με περιοχές με διαστάσεις από 10m ως 100m ή περισσότερα και προκαλούνται κυρίως λόγω σκίασης ή πολύοδης διάδοσης από τις ανακλάσεις από μακρινά αντικείμενα. Οι διακυμάνσεις μικρής κλίμακας σχετίζονται με περιοχές διαστάσεων της τάξης του μήκους κύματος και προκαλούνται κυρίως από την πολύοδη διάδοση εξαιτίας των ανακλάσεων από κοντινά αντικείμενα. Καθότι μπορεί να θεωρηθεί ότι για την κινητή λήψη η βέλτιστη θέση της κεραίας μπορεί να βρεθεί με μετακίνηση σε απόσταση ίση με ένα μήκος κύματος, οι διακυμάνσεις μικρής κλίμακας δεν έχουν μεγάλη επίδραση στη σχεδίαση.

Οι διακυμάνσεις μεγάλης κλίμακας είναι πολύ σημαντικές για την εκτίμηση της κάλυψης. Γενικά, επιδιώκεται ένα μεγάλο ποσοστό κάλυψης για να αντισταθμιστεί η ραγδαία εξασθένηση των τηλεοπτικών σημάτων. Συνεπώς απαιτείται ένας επιπλέον παράγοντας διόρθωσης για την τιμή που προκύπτει από τις καμπύλες του ITU-R Recommendation P.1546-1.

### **Απαιτήσεις για το ποσοστό κάλυψης σε εξωτερικούς χώρους**

Το ITU-R Recommendation P.1546-1 συνιστά ως τυπική απόκλιση για τα σήματα ευρείας ζώνης στη ζώνη συχνοτήτων UHF τα 5,5dB. Η τιμή αυτή έχει προκύψει διαιρώντας την επιθυμητή περιοχή κάλυψης σε υποπεριοχές με διαστάσεις 500m × 500m. Αν χρησιμοποιηθούν πιο ακριβή δεδομένα, π.χ. υποπεριοχές διαστάσεων 10m × 10m, συνίσταται η χρήση μικρότερης τιμής. Αυτή η τιμή των 5,5 dB χρησιμοποιείται εδώ για τον υπολογισμό του παράγοντα διόρθωσης τοποθεσίας για εξωτερικούς χώρους. Συνεπώς ο παράγοντας διόρθωσης τοποθεσίας για διακυμάνσεις μεγάλης κλίμακας είναι:

Coverage target	Location Correction Factor
> 95 %	9 dB
> 70 %	3 dB

**Πίνακας 7.6** Location Correction Factor στη φορητή λήψη (ITU-R 1546)

### Απώλεια λόγω ύψους

Για τη φορητή λήψη, το ύψος κεραίας 10m από το έδαφος που γενικά χρησιμοποιείται κατά τη σχεδίαση δεν είναι ρεαλιστικό και χρειάζεται ένας παράγοντας διόρθωσης θεωρώντας πως η κεραία λήψης βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Γι' αυτό το λόγο γίνεται η υπόθεση μιας κεραίας στο 1,5m ύψος για εξωτερικό χώρο ή πάνω απ' αυτό για εσωτερικό χώρο.

Η μέθοδος πρόβλεψης του ITU-R Recommendation P.1546-1 χρησιμοποιεί ως ύψος κεραίας τα 10m. Για τη διόρθωση των προβλεπόμενων τιμών ώστε να ανταποκρίνονται σε ύψος 1,5m εισάγεται ο παράγοντας απώλειας ύψους:

Frequency	Receiving antenna height loss		
	Rural	Suburban	Urban
500 MHz	11 dB	16 dB	22 dB
800 MHz	13 dB	18 dB	24 dB

**Πίνακας 7.7** Απώλεια ύψους στη φορητή λήψη (ITU-R 1546)

### Κριτήρια για φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση B)

#### Απώλειες επιρροής κτιρίων

Η φορητή λήψη DVB-H υπηρεσιών είναι δυνατόν να γίνει σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους, αλλά ακόμα και μέσα σε οχήματα με πολύ χαμηλή ταχύτητα. Η ισχύς του πεδίου στις περιπτώσεις αυτές θα εξασθενεί σημαντικά κατά μια ποσότητα που

εξαρτάται από το υλικό και τη δομή του κτιρίου ή του οχήματος. Αναμένεται να υπάρχει ένα πολύ ευρύ φάσμα τιμών για τις απώλειες που προκαλούν τα κτίρια και τα οχήματα.

Πολλές μετρήσεις έχουν διεξαχθεί για να υπολογιστούν οι τιμές των απωλειών αυτών. Για τη ζώνη συχνοτήτων UHF οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 7dB ως 15dB. Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει ορισμένα παραδείγματα της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης των απωλειών επιρροής κτιρίων:

Case	Building penetration loss (dB)	Standard Deviation (dB)
- Suburban residential building	7	5
- A room with a window on the exterior wall in an apartment in urban environment		
- Exterior rooms in office buildings in urban environment	11	6
- Inner rooms in an apartment in urban environment		
- Inner rooms in office buildings	15	7

**Πίνακας 7.8** Απώλεια επιρροής κτιρίων στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (μετρήσεις στη Φινλανδία)

Wall type	Building penetration loss (dB)	Standard Deviation (dB)
With windows	Normal window	8,12
	Large window	8,16
	Door with a window	8,02
	Glass + wood	7,35
	Glass + metal	10,08
Without windows	Several materials	8,80
	Wood	7,97
	Garage door	10,22

**Πίνακας 7.9** Απώλεια επιρροής κτιρίων ανάλογα με τον τύπο κτιρίου στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (μετρήσεις στη Γαλλία)

Στο παρόν σύγγραμμα, επειδή δεν υπάρχει ξεκάθαρο κριτήριο για τον υπολογισμό των απωλειών επιρροής κτιρίων, θα χρησιμοποιηθούν για τη σχεδίαση οι παρακάτω τιμές:

Band	Median value	Standard deviation
UHF	11 dB	6 dB

**Πίνακας 7.10** Απώλεια επιρροής κτιρίων στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (ITU-R 1546)



## Απαιτήσεις για το ποσοστό κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους

Ο παράγοντας διόρθωσης τοποθεσίας για εσωτερικό χώρο είναι ο συνδυασμός του αντίστοιχου παράγοντα για εξωτερικό χώρο και του παράγοντα επιρροής κτιρίων. Οι διακυμάνσεις των δύο αυτών παραγόντων θεωρούνται ασυσχέτιστες. Έτσι η τυπική απόκλιση για εσωτερικό χώρο μπορεί να υπολογιστεί από τη ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων των αποκλίσεων των παραγόντων αυτών. Ως αποτέλεσμα, ο παράγοντας διόρθωσης είναι μεγαλύτερος για εσωτερικό χώρο. Στα UHF, όπου η τυπική απόκλιση μεγάλης κλίμακας είναι 5,5dB, η τιμή μετά το συνδυασμό είναι 8,3dB. Ο παράγοντας διόρθωσης για εσωτερικό χώρο σε UHF συχνότητες προκύπτει:

Band	Coverage target	Location variation
UHF	> 95 %	14 dB
UHF	> 70 %	4 dB

**Πίνακας 7.11**

Location Correction Factor στη φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (ITU-R 1546)

### 7.2.3.2. Κινητή λήψη

Ως κινητή λήψη ορίζεται η λήψη όπου ο δέκτης κινείται ή γύρω από το δέκτη υπάρχουν μεγάλα κινούμενα αντικείμενα. Υπάρχει επίσης η περίπτωση όπου ο δέκτης βρίσκεται μέσα σε κάποιο κινούμενο όχημα. Στην περίπτωση αυτή η κατάσταση είναι παρόμοια με την κινητή λήψη, με τη μόνη διαφορά ότι πρέπει να συνυπολογιστεί και η απόσβεση λόγω του φαινομένου Doppler. Στον πίνακα 7.4 δίνονται οι τιμές C/N που πρέπει να χρησιμοποιούνται στην κινητή λήψη. Η σημαντική επιρροή του MPE-FEC και της ολίσθησης Doppler (και συνεπώς της μέγιστης ταχύτητας σε ένα συγκεκριμένο διάυλο) στο λόγο C/N πρέπει να ληφθεί επίσης υπόψη.

### Διακυμάνσεις στις στάθμες του σήματος

Οι διακυμάνσεις μικρής κλίμακας θεωρούνται αμελητέες καθώς μετριάζονται κατά τη διαδρομή του δέκτη. Μόνο οι διακυμάνσεις μεγάλης κλίμακας λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό των παραγόντων διόρθωσης τοποθεσίας για την κινητή λήψη.

## Απαιτήσεις για το ποσοστό κάλυψης στην κινητή λήψη

Το ITU-R Recommendation P.1546-1 συνιστά ως τυπική απόκλιση για τα σήματα ευρείας ζώνης τα 5,5dB. Αυτή η τιμή χρησιμοποιείται και στην κινητή λήψη για τον υπολογισμό του παράγοντα διόρθωσης τοποθεσίας για εξωτερικούς χώρους. Ωστόσο στην κινητή λήψη χρησιμοποιούνται μεγαλύτεροι παράγοντες διόρθωσης τοποθεσίας απ' ότι στην φορητή λήψη.

Coverage target	Location variation
> 99 %	13 dB
> 90 %	7 dB

**Πίνακας 7.12** Location Correction Factor στην κινητή λήψη (ITU-R 1546)

## Απώλεια οχήματος

Για την κινητή λήψη μέσα σε κάποιο όχημα πρέπει να υπολογιστεί και η απώλεια που εισάγει το όχημα. Κατά τη σχεδίαση χρησιμοποιείται η τιμή των 7dB για αυτήν την απώλεια σε περίπτωση κινητής λήψης κλάσης D.

## Κεραίες για κινητή λήψη

Σε ό,τι αφορά τις κεραίες στην κινητή λήψη υπάρχουν δύο ξεχωριστές προσεγγίσεις για τις δύο κλάσεις C και D. Στην κλάση D το κέρδος της κεραίας του δέκτη θεωρείται το ίδιο όπως και στη φορητή λήψη, αφού το μέγεθος της κεραίας είναι το ίδιο. Οι τιμές επαναλαμβάνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Band	Gain (dBd)
IV	-12
V	-7

**Πίνακας 7.13** Κέρδη κεραιών στην κινητή λήψη - κλάση D

Στην κλάση C χρησιμοποιείται κεραία ενσωματωμένη στο όχημα, έχοντας έτσι αρκετά μεγαλύτερο κέρδος απ' ότι ένα κινητό τερματικό. Η πιο συνηθισμένη κεραία που χρησιμοποιείται στην πράξη είναι μονόπολο μήκους  $\frac{1}{4}$  με τη μεταλλική οροφή σε ρόλο εδάφους. Το κέρδος της κεραίας για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης του κύματος εξαρτάται από τη θέση της κεραίας στην οροφή. Για τους σκοπούς της σχεδίασης οι τιμές που βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Band	Gain (dBd)
Band IV	-2
Band V	-1

**Πίνακας 7.14** Κέρδη κεραιών στην κινητή λήψη - κλάση C

### 7.3. Στάθμες σήματος για σχεδίαση DVB-H

Οι ακόλουθες τιμές είναι σε προκαταρκτικό στάδιο. Η εργασία για ακριβέστερες και πιο αξιόπιστες τιμές βρίσκεται σε εξέλιξη.

#### 7.3.1. Φορητή λήψη

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz) (dB)	500				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s\ min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s\ min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-12				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-25,3				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-101,9	-95,9	-89,9	-83,9	-77,9
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{min}$ (dBμV/m)	44	50	56	62	68
Allowance for man made noise	$P_{mnn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	22				
<b>Location Probability: 70 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	3				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-76,9	-70,9	-64,9	-58,9	-52,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	69	75	81	87	93
<b>Location Probability: 95 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-70,9	-64,9	-58,9	-52,9	-46,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	75	81	87	93	99

**Πίνακας 7.15**

Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV  
Φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση A), αστικό περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 3

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz) (dB)	800				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s\ min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s\ min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-7				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-24,4				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-102,8	-96,8	-90,8	-84,8	-78,8
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{min}$ (dBμV/m)	43	49	55	61	67
Allowance for man made noise	$P_{mnn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	24				
<b>Location Probability: 70 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	3				
Minimum median power flux density at 1,5 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-75,8	-69,8	-63,8	-57,8	-51,8
Minimum median equivalent field strength at 1,5 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	70	76	82	88	94
<b>Location Probability: 95 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	9				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-69,8	-63,8	-57,8	-51,8	-45,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	76	82	88	94	100

**Πίνακας 7.16**

Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V  
Φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση A), αστικό περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 3

Frequency	f (MHz)	500				
Minimum C/N required by system	(dB)	2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s\ min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s\ min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-12				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-25,3				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-101,9	-95,9	-89,9	-83,9	-77,9
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{min}$ (dBμV/m)	44	50	56	62	68
Allowance for man made noise	$P_{mmn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	22				
Building penetration loss	$L_b$ (dB)	11				
<b>Location Probability: 70 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	4				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-64,9	-58,9	-52,9	-46,9	-40,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	81	87	93	99	105
<b>Location Probability: 95 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	14				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-54,9	-48,9	-42,9	-36,9	-30,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	91	97	103	109	115

**Πίνακας 7.17** Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV  
Φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση B), αστικό περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 3

Frequency	f (MHz)	800				
Minimum C/N required by system	(dB)	2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s\ min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s\ min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-7				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-24,4				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-102,8	-96,8	-90,8	-84,8	-78,8
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{min}$ (dBμV/m)	43	49	55	61	67
Allowance for man made noise	$P_{mmn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	24				
Building penetration loss	$L_b$ (dB)	11				
<b>Location Probability: 70 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	4				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-63,8	-57,8	-51,8	-45,8	-39,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	82	88	94	100	106
<b>Location Probability: 95 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	14				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-53,8	-47,8	-41,8	-35,8	-29,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	92	98	104	110	116

**Πίνακας 7.18** Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V  
Φορητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση B), αστικό περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 3

### 7.3.2. Κινητή λήψη

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz) (dB)	500				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s\ min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s\ min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-2				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-15,3				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-111,9	-105,9	-99,9	-93,9	-87,9
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{min}$ (dBμV/m)	34	40	46	52	58
Allowance for man made noise	$P_{mmn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	11				
<b>Location Probability: 90 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	7				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-93,9	-87,9	-81,9	-75,9	-69,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	52	58	64	70	76
<b>Location Probability: 99 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	13				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-87,9	-81,9	-75,9	-69,9	-63,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	58	64	70	76	82

Πίνακας 7.19

Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV  
Κινητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση C), υπαίθριο περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού I

Frequency Minimum C/N required by system	f (MHz) (dB)	800				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s\ min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s\ min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-1				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-18,4				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-108,8	-102,8	-96,8	-90,8	-84,8
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{min}$ (dBμV/m)	37	43	49	55	61
Allowance for man made noise	$P_{mmn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	13				
<b>Location Probability: 90 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	7				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-88,8	-82,8	-76,8	-70,8	-64,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	57	63	69	75	81
<b>Location Probability: 99 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	13				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{med}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-82,8	-76,8	-70,8	-64,8	-58,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{med}$ (dBμV/m)	63	69	75	81	87

Πίνακας 7.20

Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V  
Κινητή λήψη σε εξωτερικό χώρο (κλάση C), υπαίθριο περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού I

Frequency	f (MHz)	500				
		Minimum C/N required by system (dB)				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s \min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s \min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-12				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-25,3				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{\min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-101,9	-95,9	-89,9	-83,9	-77,9
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{\min}$ (dBμV/m)	44	50	56	62	68
Allowance for man made noise	$P_{nmn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	11				
Vehicular entry loss	$L_v$ (dB)	7				
<b>Location Probability: 90 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	7				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{\text{med}}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-76,9	-70,9	-64,9	-58,9	-52,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{\text{med}}$ (dBμV/m)	69	75	81	87	93
<b>Location Probability: 99 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	13				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{\text{med}}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-70,9	-64,9	-58,9	-52,9	-46,9
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{\text{med}}$ (dBμV/m)	75	81	87	93	99

**Πίνακας 7.21**

Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων IV

Κινητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση D), υπαίθριο περιβάλλον, UHF IV, κατηγορία τερματικού 3

Frequency	f (MHz)	800				
		Minimum C/N required by system (dB)				
		2	8	14	20	26
Min. receiver signal input power	$P_{s \min}$ (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Min. equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s \min}$ (dBW)	12	18	24	30	36
Antenna gain relative to half dipole	$U_a$ (dB)	-7				
Effective Antenna aperture	$A_a$ (dBm <sup>2</sup> )	-24,4				
Min. power flux density at receiving location	$\phi_{\min}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-102,8	-96,8	-90,8	-84,8	-78,8
Min. equivalent field strength at receiving location	$E_{\min}$ (dBμV/m)	43	49	55	61	67
Allowance for man made noise	$P_{nmn}$ (dB)	0				
Height loss	$L_h$ (dB)	13				
Vehicular entry loss	$L_v$ (dB)	7				
<b>Location Probability: 90 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	7				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{\text{med}}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-75,8	-69,8	-63,8	-57,8	-51,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{\text{med}}$ (dBμV/m)	70	76	82	88	94
<b>Location Probability: 99 %</b>						
Location correction factor	$C_l$ (dB)	13				
Minimum median power flux density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$\phi_{\text{med}}$ (dBW/m <sup>2</sup> )	-69,8	-63,8	-57,8	-51,8	-45,8
Minimum median equivalent field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of location	$E_{\text{med}}$ (dBμV/m)	76	82	88	94	100

**Πίνακας 7.22**

Ελάχιστη μέση πυκνότητα ισχύος και ελάχιστη μέση ισχύς πεδίου στη ζώνη συχνοτήτων V

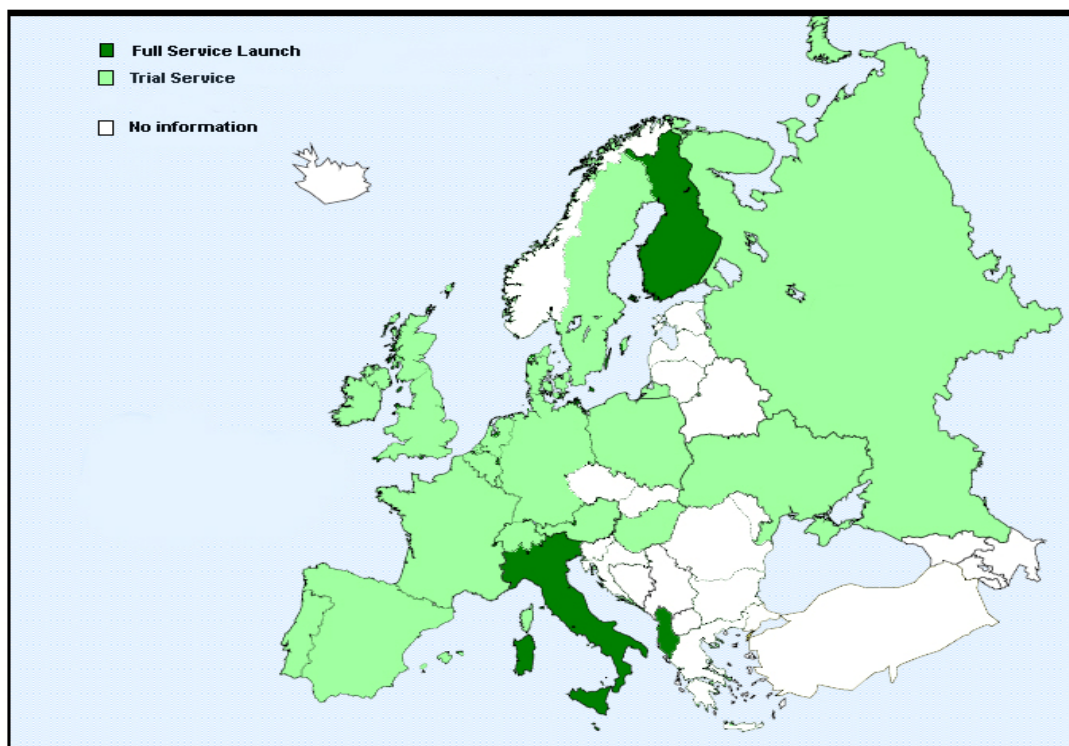
Κινητή λήψη σε εσωτερικό χώρο (κλάση D), υπαίθριο περιβάλλον, UHF V, κατηγορία τερματικού 3

## Κεφάλαιο 8 – Πιλοτικά προγράμματα στην Ευρώπη

### 8.1. Κατάσταση στις ευρωπαϊκές χώρες

Ένας σημαντικός αριθμός χωρών στην Ευρώπη έχει ξεκινήσει πειραματικές δοκιμές για την μετάδοση ψηφιακής εικόνας σε κινητά τερματικά και κάποιες άλλες έχουν ήδη θέσει σε εφαρμογή το πλάνο DVB-H.

Οι χώρες αυτές διακρίνονται στον παρακάτω χάρτη.



Σχήμα 8.1 DVB-H υπηρεσίες στην Ευρώπη

Οι παρακάτω πίνακες περιλαμβάνουν τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά που υιοθετήθηκαν από τις ευρωπαϊκές χώρες στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν από το 2005 μέχρι και σήμερα.



	Αλβανία (DigitALB)	Αυστρία (Vienna/Salzburg)	Φινλανδία	
			Mobiili-TV	Finnish Mobile TV
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	65% της χώρας	Vienna, Salzburg	Helsinki, Turku, Oulu	Helsinki
SERVICE CONTENT	16 κανάλια	7 κανάλια τηλεόρασης 4 σταθμοί ραδιοφώνου	-	16 κανάλια τηλεόρασης 3 σταθμοί ραδιοφώνου
TRANSMITTERS	24 (150W έως 2kW)	-	-	-
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	-	Vienna: Κανάλι 36, 594 MHz Salzburg: Κανάλι 38, 610 MHz	UHF	8 MHz band κανάλι 38
MODE	8k	-	-	-
MODULATION	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16 QAM	-
GI	1/8	1/8	-	-
MPE-FEC	3/4	-	-	-
TIME SLICE	2 sec	-	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	8MHz	8,294 Mbps	11 Mbps	8 MHz
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.264, AAC+	H.264 Baseline, AAC LC Stereo	H.264, AAC+	H.263
INTERACTIVITY PLATFORM	SmartVision Mobility Service Platform	Salzburg: Nokia Siemens Networks - Interactive Application Center	-	GPRS και SMS
LAUNCHED OR TRIAL	Launched	Trial	Launched	Trial

	Γαλλία			Ιταλία			
	Metz (TDF)	Paris (TDF phase 2)	Paris (CANAL+)	3 Italia	TIM TV	Vodafone	Turin
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	Metz	Paris	Paris	Italy	Italy	Italy	Turin
SERVICE CONTENT	-	14 κανάλια τηλεόρασης 13 σταθμοί ραδιοφώνου	13 κανάλια τηλεόρασης 4 σταθμοί ραδιοφώνου	12 κανάλια	-	9 κανάλια	10 κανάλια
TRANSMITTERS	3 (1000W ERP)	8 (380 W – 11kW)	3	11000+ transmitters from 5 W to 2.5 KW	-	-	1 (ERP>1kW), 1-2 rep. (ERP<50 W)
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	Κανάλι 50 (706 MHz)	Κανάλι 37 (602MHz)	538 MHz Κανάλι 7 MHz	474-746 MHz CH 21-55	-	-	UHF Κανάλι 29
MODE	-	8k	8k	8 k	-	-	8k
MODULATION	QPSK ½ /16 QAM ½	QPSK	QPSK 2/3	QPSK ½	-	-	QPSK ½
GI	-	1/8	1/8	1/8	-	-	-
MPE-FEC	3/4	2/3	Not activated	¾	-	-	¾
TIME SLICE	-	-	15 timeslices	2 sec	-	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	Full DVB-H/ Combined with DVB-T	8 MHz bandwidth used to broadcast 7,37 Mbit/s DVB-H stream	100%	Full DVB-H	-	-	Hierarchical QPSK 1/2 in 64QAM 1/2
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.263, MPEG4, H.264 και VC1	H264	H263	H.264/AAC+	H.264/AAC+	-	H.264
INTERACTIVITY PLATFORM	INSTINCT user and service system	Broadcast ESG and EPG from Expway	Nokia IPDC	FastESG from EXPWAY	FastESG from EXPWAY	-	-
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Launched	Launched	Launched	Trial

	Πορτογαλία		Ρωσία			Δανία (Copenhagen)
	Lisbon (TVI & RETI)	Lisbon (SGC Telecom)	Kaliningrad	Moscow	Sverdlovsk Oblast	
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	Lisbon	Lisbon	Kaliningrad	Moscow	Sverdlovsk Oblast	Copenhagen
SERVICE CONTENT	8 υπηρεσίες	4 υπηρεσίες DVB-T/H	8 κανάλια τηλεόρασης	3 κανάλια τηλεόρασης	15 υπηρεσίες	6 κανάλια
TRANSMITTERS	4 (50W-600W)	1 (50W), 3 (1.3W) gap fillers	(0.5-1.5kW)	1 (1.3 kW)	(1kW)	1
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	UHF, κανάλι 30	UHF, κανάλι 41	-	UHF band, κανάλι 32, Frequency 562 MHz	Κανάλι 40	Κανάλι 49 (498Mhz)
MODE	8k	-	-	8k	-	8 k
MODULATION	QPSK ½	16 QAM 2/3 ή ½	QPSK ½	QPSK 2/3	QPSK 2/3	QPSK
GI	1/32	-	1/8	1/4	1/8	¼
MPE-FEC	¾	2/3	¾	Not used	-	-
TIME SLICE	2 sec	10/90	2 sec	Not used	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	8 MHz	8MHz (3Mbps)	Full DVB-H	6,54 Mbps (DVB-T/H)	8MHz	4,97 Mbps
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.264	H.264/AVC	H.264/AAC+	H.263	H.264/AVC - AAC	H.264
INTERACTIVITY PLATFORM	Thomson	No interactivity	Own	-	SIDSA-LambdaStream: VoDKA-Antares, Server Client Platform allowing interactive services	Nokia BMS
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Trial	Trial	Trial

	<b>Ισπανία</b>			
	<u>Barcelona /Madrid</u>	<u>Seville-Axion Technical Trial</u>	<u>Seville/Valencia (Vodafone España)</u>	<u>Zaragoza/Gijón</u>
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	Barcelona & Madrid	Seville	Seville & Valencia	Zaragoza & Gijón
SERVICE CONTENT	16 κανάλια	15 κανάλια τηλεόρασης 10 σταθμοί ραδιοφώνου	22 υπηρεσίες συνολικά	13 υπηρεσίες συνολικά
TRANSMITTERS	-	3 (0.5kW-13kW)	Seville: 2 Valencia: 2	Gijón: 1 Zaragoza: 1
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	Barcelona: κανάλι 22 (482MHz) Madrid: κανάλι 27 (522MHz)	UHF, CH39 (618MHz)	Seville: κανάλι 36 (594 MHz) Valencia: κανάλι 36 (594 MHz)	Gijón: κανάλι 40 (623 MHz) Zaragoza: κανάλι 34 (575 MHz)
MODE	8k	8k	8k	8k
MODULATION	QPSK ½	QPSK 2/3	QPSK ½	QPSK ½
GI	1/8	1/8	1/8	1/8
MPE-FEC	-	-	-	-
TIME SLICE	-	-	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	5,3Mbps	Full DVB-H	5,53Mbps	5,53Mbps
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.263	H.264 AVC	H.263	H.263
INTERACTIVITY PLATFORM	GPRS	-	GPRS	GPRS
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Trial

	Ουκρανία (Kiev)	Ηνωμένο Βασίλειο		Ουγγαρία (Budapest)	Ιρλανδία (Dublin)
		Cambridge	Oxford		
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	Kiev	Cambridge	Oxford	Budapest	Dublin
SERVICE CONTENT	4 υπηρεσίες	-	16 κανάλια τηλεόρασης	-	16 υπηρεσίες
TRANSMITTERS	-	1	9	1(1 kW ERP) 2 gap-fillers, 20 W / 5 W ERP	1 (25kW ERP)
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	UHF Κανάλι 51 (714 MHz)	Band IV, 538MHz	Band IV, 554MHz	UHF band, κανάλι 43 (650 MHz)	UHF, Κανάλι 26
MODE	8k	-	-	8k	-
MODULATION	-	QPSK ½	QPSK ½	QPSK ½	-
GI	1/32	-	-	¼	-
MPE-FEC	-	-	-	¾	-
TIME SLICE	-	-	10 time slices	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	Sharing with DVB-T, Hierarchical modulation on DVB-H on HP	All bandwidth in HP stream allocated to DVB-H services. LP stream uses IP file delivery.	100%	5 Mbps	Full DVB-H
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.264	Windows Media	H.263	MPEG-4/H.264	H.264
INTERACTIVITY PLATFORM	-	Penthera/Windows	No interactivity	WAP and Web portal	-
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Trial	Trial

	Βέλγιο (Ghent/ Brussels/ Mechelen)	Ελβετία		Πολωνία (Warsaw)	Κάτω Χώρες (The Hague)
		Bern (Customer Acceptance )	Bern (Technical)		
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	Ghent (Κάλυψη πόλης, εσωτ/εξωτ.) Brussels/Mechelen (τοπική κάλυψη)	Bern	Bern	Warsaw	The Hague
SERVICE CONTENT	-	15-17 κανάλια τηλεόρασης 3-4 σταθμοί ραδιοφώνου	16 κανάλια τηλεόρασης	-	10 κανάλια τηλεόρασης 2 σταθμοί ραδιοφώνου
TRANSMITTERS	Ghent: 3 Brussels: 1 Mechelen: 1	4	2	(700 W ERP)	2
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	Κανάλι 37	UHF, Κανάλι 40, 626 MHz	UHF, Channel 40	Κανάλι 21 (474MHz) - DVB-H Κανάλι 48 (690 MHz) - DVB-T/H	Κανάλι 37
MODE	4k	8k	-	-	-
MODULATION	16 QAM ½	QPSK 3/4	QPSK 2/3	-	-
GI	-	1/8	¼	-	-
MPE-FEC	-	Not used	Not used	-	-
TIME SLICE	-	-	-	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB- H	10 Mbps	8 MHz, 7.74 Mbits/s	7Mbits/s	-	-
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.264	H.264	H.263	-	H.263
INTERACTIVITY PLATFORM	Server Client Platform	MNO specific	-	No interactivity	Nokia IPDC platform
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Trial	Trial

	Γερμανία			Σουηδία
	Berlin (bmco)	Berlin (T-Systems)	Erlangen	Stockholm (Viasat)
GEOGRAPHICAL COVERAGE OF SERVICE	Berlin	Berlin	Erlangen	Stockholm
SERVICE CONTENT	4 TV services 1 interactive TV service 1 download application	40 υπηρεσίες	-	11 κανάλια τηλεόρασης
TRANSMITTERS	2, 10kW και 5kW	2, 20 και 50kW ERP	1x 50 W EIRP	4 (250W)
BROADCAST BAND AND FREQUENCY	Κανάλι 59, 778MHz	Κανάλι 39, 618MHz	Band V, 706 MHz	514 MHz
MODE	8k	8k	2k	-
MODULATION	16 QAM 2/3	16 QAM 1/2	QPSK	-
GI	1/8	1/8	-	-
MPE-FEC	Not used	-	-	-
TIME SLICE	-	-	-	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	4.7Mbit/s in a public DVB-T multiplex	dedicated DVB-H multiplex, non-hierarchical	8 Mbps	192 kbit/s video, 32 kbit/s stereo audio
VIDEO & AUDIO FORMAT	H.263/ H.264	H.264AVC /HE-AACv2	H.264/AVC / HE-AAV v2	MPEG4
INTERACTIVITY PLATFORM	SMS and telephone calls	T-Systems	-	-
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Trial

## 8.2. Παρατηρήσεις

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία η εξαγωγή κάποιου γενικού συμπεράσματος είναι δύσκολη καθώς σε κάθε πιλοτικό πρόγραμμα δεν παρέχονται όλες οι πληροφορίες των τεχνικών χαρακτηριστικών. Επίσης τα πιλοτικά προγράμματα έχουν βασιστεί στα γεωφυσικά και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της κάθε χώρας και πόλης, επομένως φυσικό είναι το κάθε ένα να προσαρμόζει τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας στις ανάγκες του. Ωστόσο μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σε κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά έχουν γίνει οι ίδιες επιλογές από αρκετές χώρες. Πιο συγκεκριμένα η λειτουργία έχει επιλεγεί παντού 8k με ελάχιστες εξαιρέσεις (Βέλγιο – 4k, Erlangen – 2k). Αυτή η επιλογή γίνεται πιθανότατα επειδή ο σχεδιασμός αναφέρεται συνήθως σε αστικές περιοχές όπου οι ταχύτητες των οχημάτων δεν αναμένονται να είναι πολύ υψηλές και επιπλέον δίκτυα με κατάσταση λειτουργίας 8K ήταν ήδη διαθέσιμα για μετάδοση DVB-T. Για τη διαμόρφωση, η συχνότερη επιλογή είναι η QPSK  $\frac{1}{2}$  και για το MPE-FEC, όπου χρησιμοποιείται, είναι  $\frac{3}{4}$ . Επίσης το διάστημα φύλαξης παρατηρούμε ότι συνήθως επιλέγεται  $\frac{1}{8}$ . Τέλος το video format έχει σαν συχνότερη επιλογή το H.264.

Χάρη σε αυτά τα πιλοτικά προγράμματα και τις τεχνικές δοκιμές που έγιναν και συνεχίζουν να γίνονται έχει αποκομισθεί πολύτιμη εμπειρία σχετικά με την υιοθέτηση των νέων αυτών υπηρεσιών από τους τελικούς χρήστες και τον τρόπο κατανάλωσής τους. Ακόμη, οι δοκιμές αυτές παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία σχεδιασμού του φάσματος συχνοτήτων.



## **Κεφάλαιο 9 – Προσομοίωση κάλυψης με το ATDI**

### **9.1. Σχεδιασμός δικτύου**

#### **9.1.1. Σκοπός**

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό ATDI, ICS Telecoms -έκδοση 4.16 12/02/99- επιχειρούμε την προσομοίωση της κάλυψης της περιοχής του Αμαρουσίου με δίκτυο για μετάδοση DVB-H περιεχομένου.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν είναι ο ακριβής σχεδιασμός του δικτύου. Κύριος σκοπός της είναι να δείξει τα βασικά θέματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σχεδίαση ενός δικτύου DVB-H. Εξάλλου κατά τη σχεδίαση δε λαμβάνονται καθόλου υπόψη οικονομικά κριτήρια, όπως πληροφορίες για τις θέσεις τοποθέτησης, το κόστος για τα ύψη των κεραιών και την ακτινοβολούμενη ισχύ, καθώς και τη διαθεσιμότητα της συχνότητας που χρησιμοποιείται.

#### **9.1.2. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τη σχεδίαση**

##### **9.1.2.1. Χαρτογραφικά δεδομένα**

Ένας τυπικός χάρτης μέτριας ανάλυσης για σχεδίαση DVB-H στο ATDI, ICS telecom περιλαμβάνει :

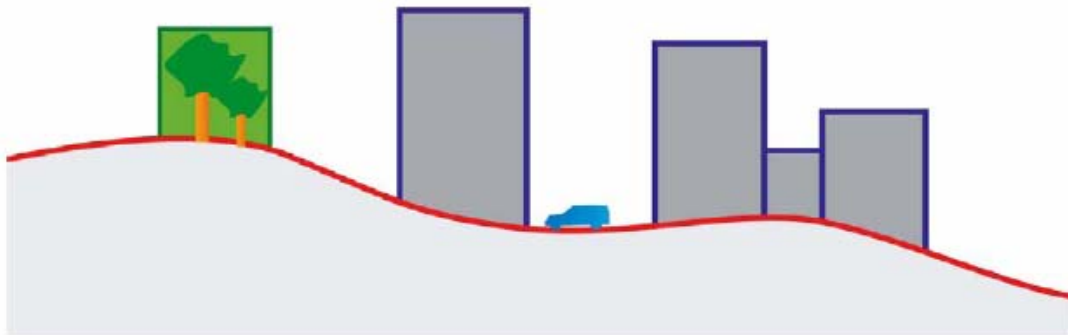
- Ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Terrain Model) το οποίο περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις συντεταγμένες XYZ της περιοχής.
- Ένα αρχείο κατανομής εδάφους (Ground Occurance File ή clutter). Παρέχει πληροφορία για τη δόμηση της περιοχής (αστική, προαστιακή, υπαίθρια, θαλάσσια).

Προαιρετικά μπορεί να περιλαμβάνει και τοπογραφικό χάρτη ή ακόμα και πληροφορίες σχετικά με τον πληθυσμό που κατοικεί στην περιοχή.

Ένας τυπικός χάρτης υψηλής ανάλυσης για σχεδίαση DVB-H στο ATDI, ICS telecom περιλαμβάνει :

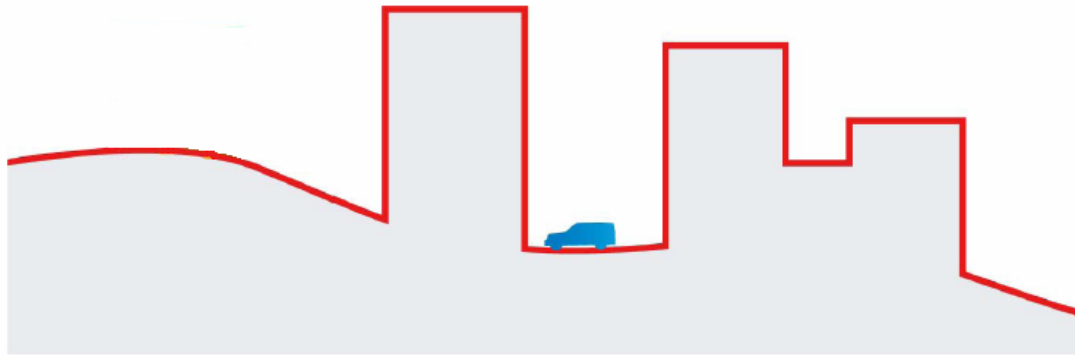
- Ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Terrain Model) το οποίο περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις συντεταγμένες XYZ της περιοχής.
- Ένα αρχείο κατανομής εδάφους (Ground Occupancy File ή clutter). Παρέχει πληροφορία όχι μόνο για τη βλάστηση της περιοχής αλλά και για τις απώλειες διάχυσης ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου προκειμένου για κάλυψη σε εσωτερικό χώρο.
- Έναν υψομετρικό χάρτη (Building Height File) που περιέχει τα ύψη των κτιρίων από το επίπεδο του εδάφους.

Προαιρετικά μπορεί να περιλαμβάνει και φωτογραφικό χάρτη ή ακόμα και αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τον πληθυσμό που κατοικεί στην περιοχή.



**Σχήμα 9.1** Digital Terrain Model, Ground Occupancy File και Building Height File

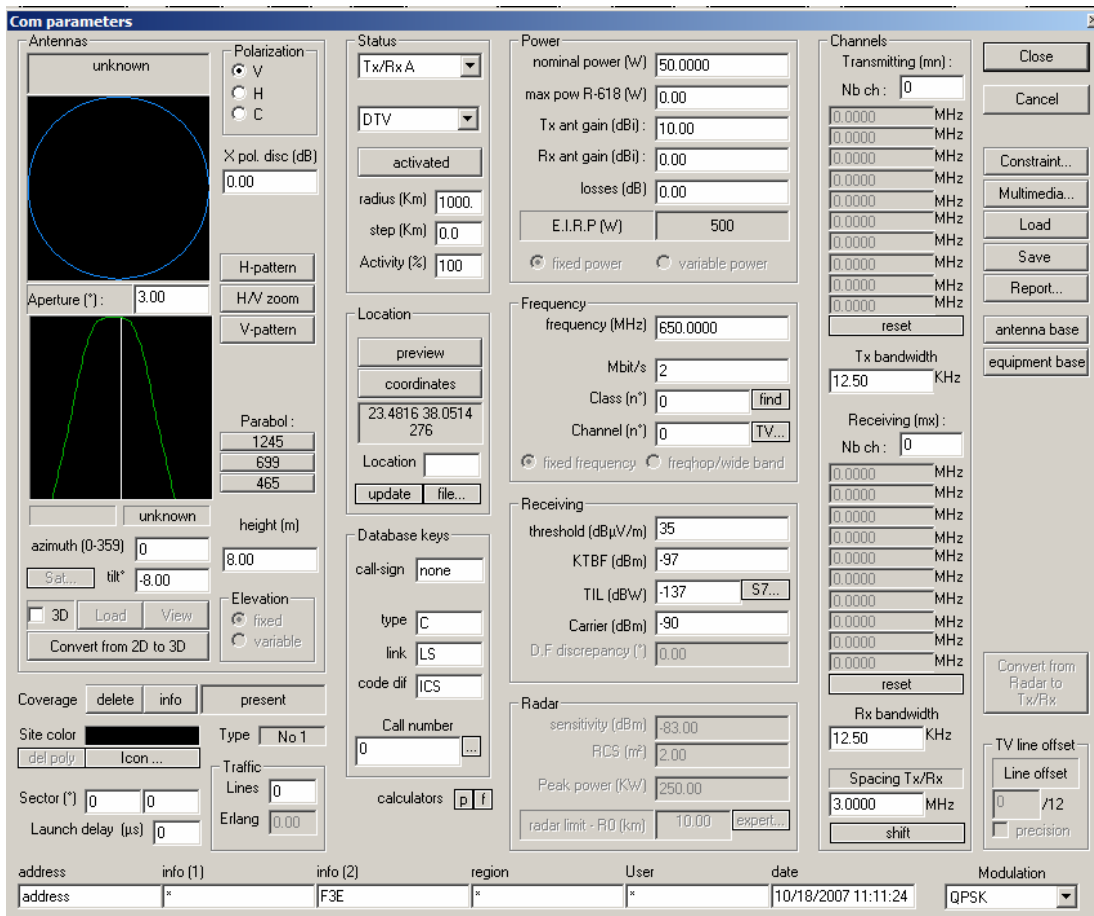
Ο χάρτης της περιοχής που χρησιμοποιούμε ανήκει στην κατηγορία Digital Elevation Model. Αποτελεί συνδυασμό Digital Terrain Model και Building Height File δεδομένου ότι περιέχει συνδυασμένες τις πληροφορίες για τις συντεταγμένες της περιοχής και για τα ύψη των κτιρίων. Ουσιαστικά θεωρείται έτσι ότι τα κτίρια έχουν τις ίδιες ιδιότητες παρεμπόδισης όπως το έδαφος. Εξάλλου η έκδοση του συγκεκριμένου λογισμικού δεν υποστηρίζει Building Height File.



**Σχήμα 9.2** Digital Elevation Model

Για τις ανάγκες της προσομοίωσης και κυρίως για την επιλογή του μοντέλου διάδοσης ο χάρτης θεωρείται υψηλής ευκρίνεια. Ωστόσο δεν υπάρχει πληροφορία για τη βλάστηση της περιοχής (συνεπώς δεν υπάρχει clutter file) καθώς επίσης και για τα υλικά κατασκευής των κτιρίων. Η έλλειψη των πληροφοριών αυτών επηρεάζει τη διάδοση του εκπεμπόμενου σήματος και συνεπώς και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.

#### **9.1.2.2. Τεχνικές παράμετροι**



Σχήμα 9.3 Παράθυρο του ATDI, ICS Telecom για τις επιλογές του εκπομπού

Η συχνότητα εκπομπής ορίστηκε στα 650 MHz, της ζώνης συχνοτήτων UHF V. Αυτή η ζώνη συχνοτήτων είναι και η προτιμητέα για εκπομπή τηλεοπτικών σημάτων. Το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται είναι τα 8MHz.

Οι κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν για την κάλυψη της περιοχής είναι ομπι-directional, με κυκλικό διάγραμμα ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, ενώ στο κάθετο επίπεδο έχει γίνει η επιλογή το διάγραμμα ακτινοβολίας να έχει μια ελαφριά κλίση προς τα κάτω, λόγω της θεώρησης ότι οι κεραίες βρίσκονται σε σημεία με μεγάλο ύψος (> 20m) ενώ οι δέκτες σε μικρά ύψη (1-2m).

Για την κάλυψη της περιοχής σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικές τοπολογίες δικτύου. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν έξι κεραίες ενώ στη δεύτερη τρεις.

## 1<sup>η</sup> τοπολογία

Συνολικά τοποθετήθηκαν έξι κεραιές στις οροφές κτιρίων. Τα κτίρια επελέγησαν με κριτήριο τη θέση τους στο χάρτη καθώς και το μεγάλο ύψος τους σε σύγκριση με τα ύψη των κτιρίων της γύρω περιοχής.

Η πρώτη με EIRP = 200 watts τοποθετήθηκε στο κτίριο του ΟΤΕ (78m ύψος από το έδαφος και ύψος ιστού 8m). Η επιλογή του ύψους ιστού στα 8m δεν έγινε μόνο για λόγους καλύτερης «ορατότητας» της κεραιάς αλλά και για να πληροί τα όρια που ορίζει η ΚΥΑ 1105. Συγκεκριμένα τα όρια που ορίζονται είναι  $0.6 f_{\text{MHz}}/200 \text{ watt/m}^2$ , δηλαδή στην περίπτωσή μας  $1,95 \text{ watt/m}^2$ . Άρα η απόσταση ασφαλείας είναι:

$$S = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi d^2} \rightarrow$$
$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 2,86m$$

Άλλες δυο κεραιές (2 και 6), με EIRP = 50 w, τοποθετήθηκαν σε κτίρια ύψους 24m και 21m αντίστοιχα και έχουν ύψος ιστού 5m. Η απόσταση ασφαλείας από αυτές είναι:

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 1,43m .$$

Τέλος, οι υπόλοιπες τρεις κεραιές (3, 4 και 5), με EIRP = 50 w, τοποθετήθηκαν σε κτίρια ύψους 22m, 24m και 21m αντίστοιχα και έχουν ύψος ιστού 5m. Η απόσταση ασφαλείας από αυτές είναι:

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 2,02m$$

## 2<sup>η</sup> τοπολογία

Συνολικά τοποθετήθηκαν τρεις κεραιές στις οροφές κτιρίων.

Η πρώτη με EIRP = 500 watts τοποθετήθηκε στο κτίριο του ΟΤΕ (78m ύψος από το έδαφος και ύψος ιστού 8m). Η απόσταση ασφαλείας είναι:

$$S = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi d^2} \rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 4,5m$$

Η δεύτερη και τρίτη, με EIRP = 50 w, τοποθετήθηκαν σε κτίρια ύψους 15m και 28m αντίστοιχα και έχουν ύψος ιστού 5m. Η απόσταση ασφαλείας από αυτές είναι:

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 1,43m .$$

### 9.1.2.3. Μοντέλο διάδοσης

(1) this option calculates the max h/r (h<0) and adds the weighted attenuation: 20.log(75000.D/PI/h1/h2/F)  
 (2) this option calculates the mean elevation (h) compared with the max r (h>0). Used for coverage only (fastest).  
 (3) this option calculates the max h/r (h>0)  
 (4) this option compares the overlapped area (H=sum of altitudes in ellipsoid) with the total area (R) to obtain H/R  
 (5) if the ellipsoid\*FZ fraction is not free, then the calculation returns 0. Used for site searching.  
 (6) no attenuation calculated if the ellipsoid is not free. Used for site searching.

Σχήμα 9.4 Παράθυρο του ATDI, ICS Telecom για τις επιλογές του μοντέλου διάδοσης

Το ATDI υποστηρίζει διάφορα μοντέλα διάδοσης, τα οποία χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες: τα ντετερμινιστικά και τα εμπειρικά. Τα εμπειρικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να προσομοιώσουν με μαθηματικούς όρους τοπογραφικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι διαθέσιμα στα χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται, όπως το μέσο ύψος των κτιρίων, το πλάτος των δρόμων κλπ. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι ήδη διαθέσιμα σε χαρτογραφικά δεδομένα υψηλής ευκρίνειας. Έτσι θα υπάρχει πλεονάζουσα πληροφορία σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν μαζί. Το αστικό περιβάλλον περιγράφεται με μεγάλη ακρίβεια, καθιστώντας τα ντετερμινιστικά μοντέλα πολύ πιο ακριβή σε σύγκριση με τα εμπειρικά σε χάρτες υψηλής ευκρίνειας.

Δεδομένου ότι θεωρούμε πως τα χαρτογραφικά δεδομένα που διαθέτουμε είναι υψηλής ευκρίνειας, ως καταλληλότερο μοντέλο διάδοσης για την προσομοίωση επελέγη το ντετερμινιστικό μοντέλο Fresnel.

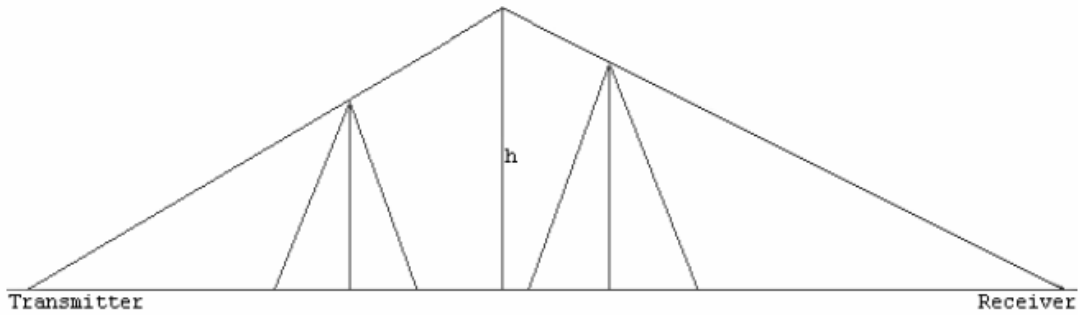
### **Μέθοδος περίθλασης**

Όταν στην ευθεία που ενώνει πομπό και δέκτη παρεμβάλλονται ένα ή περισσότερα εμπόδια, πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο παράγοντας εξασθένησης λόγω περίθλασης. Το ATDI, ICS Telecom περιλαμβάνει μερικές μεθόδους για τον υπολογισμό της περίθλασης.

Παρακάτω αναλύονται δύο από αυτές, οι Bullington και Deygout 94.

#### Μέθοδος Bullington

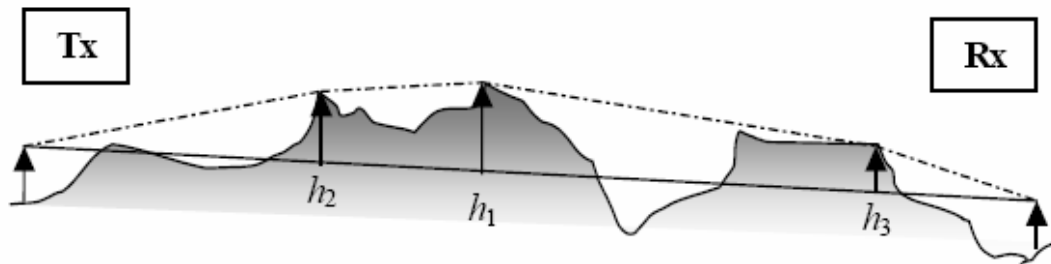
Στη μέθοδο αυτή όλα τα εμπόδια αντικαθίστανται από ένα νοητό εμπόδιο όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Η μέθοδος αυτή δείχνει περισσότερη εξασθένηση από όση υπάρχει στη πραγματικότητα, επομένως αποτελεί πεσιμιστική μέθοδο.



Σχήμα 9.5 Μέθοδος Bullington

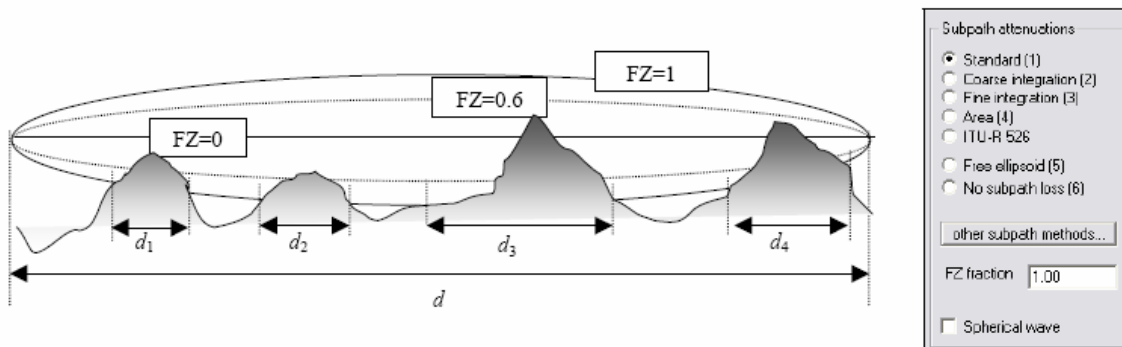
Μέθοδος Deygout '94

Η μέθοδος αυτή θεωρεί το πρώτο εμπόδιο που συναντά το σήμα ως τη βασική πηγή εξασθένησης λόγω περίθλασης και ότι τα υπόλοιπα εμπόδια απλά δημιουργούν πρόσθετη εξασθένηση. Η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο πεσιμιστική από την Bullington.



Σχήμα 9.6 Μέθοδος Deygout '94

**Subpath attenuation**

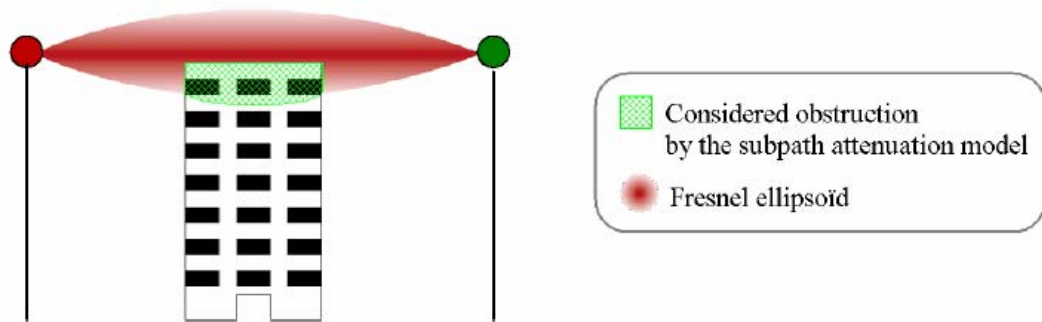


Σχήμα 9.7 Subpath attenuation



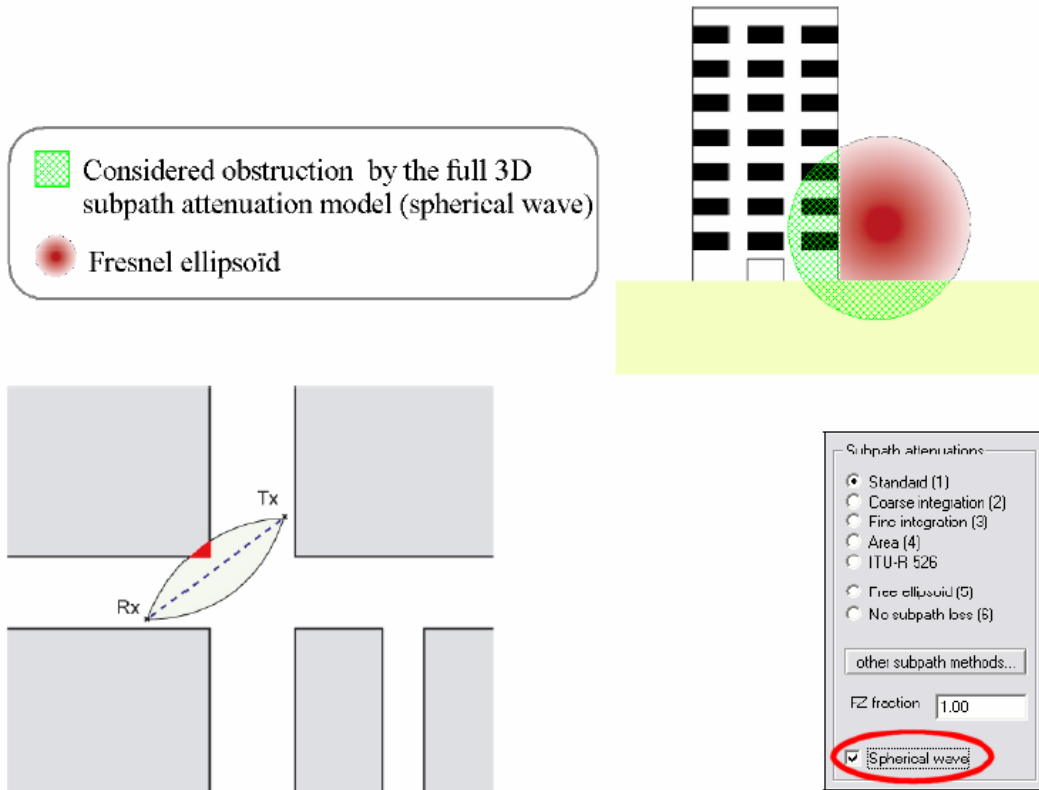
Με την επιλογή ενός ντετερμινιστικού μοντέλου και μιας μεθόδου περίθλασης μόνο το αποτέλεσμα της πρόβλεψης είναι αρκετά αισιόδοξο. Για ντετερμινιστικές προβλέψεις πρέπει να εισαχθεί ένας επιπλέον παράγοντας το sub-path attenuation, ο οποίος συμπεριλαμβάνει την εξασθένηση λόγω μερικής παρεμπόδισης της πρώτης ζώνης Fresnel. Αυτός ο διορθωτικός όρος προέρχεται απευθείας από την μοντελοποίηση των ανακλάσεων στην επιφάνεια για μικρές γωνίες πρόσπτωσης. Λέγεται και εξασθένηση ανάκλασης εδάφους  $L_{gr}$  και εκφράζει την εξασθένηση εξαιτίας μερικής παρεμπόδισης της ζώνης Fresnel ενώ πομπός και δέκτης έχουν οπτική επαφή. Είναι αντιπροσωπευτικό μιας πρώτης μεθόδου υπολογισμού εξασθένησης έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής διάδοσης για OFDM ή όχι.

Αρχικά το sub-path attenuation υπολογίζει ανακλάσεις μόνο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Αυτή η μεθοδολογία είναι κατάλληλη για περιπτώσεις σταθερής λήψης όπου οι δέκτες βρίσκονται στις οροφές των κτιρίων.



Σχήμα 9.8 Ανακλάσεις μόνο στο κατακόρυφο επίπεδο

Ωστόσο μπορεί να είναι αρκετά απαισιόδοξη όταν οι δέκτες βρίσκονται ανάμεσα σε κτίρια ή στο δρόμο. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει η επιλογή να υπολογιστούν οι ανακλάσεις όχι μόνο στην κατακόρυφη διεύθυνση αλλά και στις πλευρές των κτιρίων.



Σχήμα 9.9 Ανακλάσεις στις τρεις διαστάσεις

#### 9.1.2.4. Επιλογή του ρυθμού μετάδοσης και υπολογισμός του απαιτούμενου C/N

Οι επιλογές των διαφόρων χαρακτηριστικών του συστήματος όπως το video και audio format, το διάστημα φύλαξης, το constellation έγιναν και με βάση τις παρατηρήσεις από τα πιλοτικά προγράμματα της Ευρώπης (βλ. Ενότητα 8.2).

##### 9.1.2.4.1. Επιλογή του ρυθμού μετάδοσης των παρεχόμενων υπηρεσιών

Το πιο συνηθισμένο μέγεθος οθόνης στις κινητές συσκευές DVB-H που κυκλοφορούν μέχρι σήμερα είναι 320 × 240 (Nokia N92, LG U900). Οι προδιαγραφές του DVB-H προβλέπουν διάφορα πρότυπα συμπίεσης εικόνας και ήχου. Ένα από τα πιο

διαδεδομένα πρότυπα είναι το H.264. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει τις παραμέτρους του H.264 για μέγεθος οθόνης 320 × 240.

Level number	Max macroblocks per second	Max frame size (macroblocks)	Max video bit rate (VCL) for Baseline, Extended and Main Profiles	Max video bit rate (VCL) for High Profile	Max video bit rate (VCL) for High 10 Profile	Max video bit rate (VCL) for High 4:2:2 and High 4:4:4 Predictive Profiles	Examples for high resolution @ frame rate (max stored frames) in Level
1.1	3000	396	192 kbit/s	240 kbit/s	576 kbit/s	768 kbit/s	176x144@30.3 (9) 320x240@10.0 (3) 352x288@7.5 (2)
1.2	6000	396	384 kbit/s	480 kbit/s	1152 kbit/s	1536 kbit/s	320x240@20.0 (7) 352x288@15.2 (6)
1.3	11880	396	768 kbit/s	960 kbit/s	2304 kbit/s	3072 kbit/s	320x240@36.0 (7) 352x288@30.0 (6)
2	11880	396	2 Mbit/s	2.5 Mbit/s	6 Mbit/s	8 Mbit/s	320x240@36.0 (7) 352x288@30.0 (6)

**Πίνακας 9.1** H.264 για μέγεθος οθόνης 320 × 240

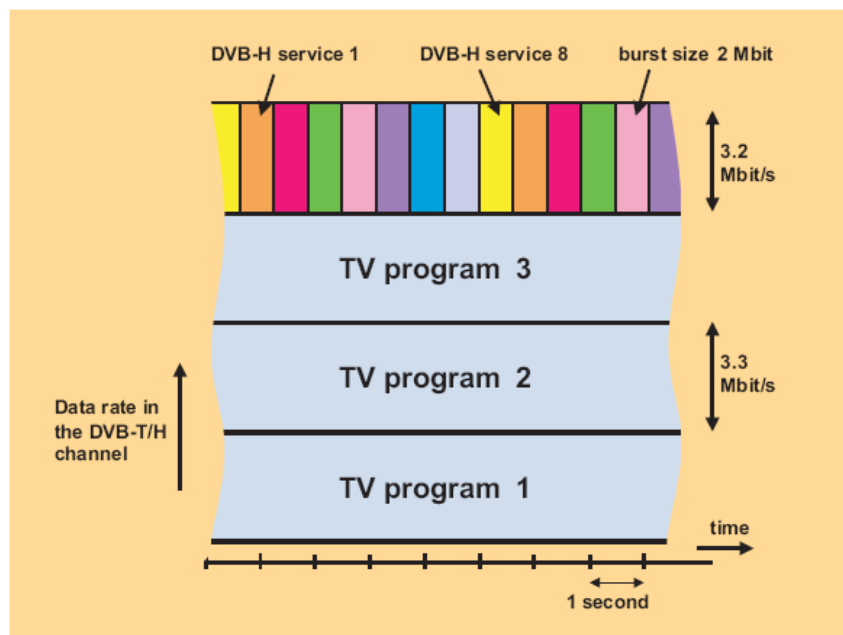
Το προφίλ που χρησιμοποιείται συνήθως για videoconferencing και εφαρμογές σε κινητές συσκευές είναι το baseline. Επιπλέον, το frame rate για τέτοιες εφαρμογές κυμαίνεται από 15 έως 22 fps. Συνεπώς ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης κινούμενης εικόνας επιλέγεται ίσος με 384 kbps.

Για τη συμπίεση του ήχου χρησιμοποιείται το πρότυπο AAC, το οποίο προβλέπει ρυθμό μετάδοσης 64 kbps για κάθε κανάλι ήχου.

Επίσης υπηρεσίες όπως ESG updates, alarms, ειδοποιήσεων, υπηρεσίες εκτάκτων αναγκών, μηνύματα συστήματος, πληροφορίες ελέγχου κλπ. θεωρούμε ότι απαιτούν επιπλέον ~500 kbps ρυθμό μετάδοσης.

Εικόνα (H.264) 320 × 240 × 20	384 kbps
Ήχος (AAC)	64 kbps
Άλλες υπηρεσίες	500 kbps

Αξίζει να επισημανθεί ότι στο DVB-H η κατανομή των παρεχόμενων υπηρεσιών στο πεδίο του χρόνου και στο ρεύμα μεταφοράς μπορεί να κάνει πολύπλοκο τον υπολογισμό του αριθμού των υπηρεσιών αυτών, σε σύγκριση με το DVB-T. Στο DVB-T ο μόνος περιορισμός για τον αριθμό των παρεχόμενων υπηρεσιών είναι το άθροισμα των ρυθμών μετάδοσής τους να μην ξεπερνά το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης που υποστηρίζει το σύστημα. Στο DVB-H η εισαγωγή του TDM λόγω του time-slicing περιπλέκει την κατάσταση καθώς ο αριθμός των παρεχόμενων υπηρεσιών εξαρτάται πλέον και από τα μεγέθη των ριπών και την περίοδο επανάληψής τους, τα οποία είναι διαφορετικά για κάθε υπηρεσία στη γενική περίπτωση. Ωστόσο για ευκολία στον υπολογισμό θεωρούμε ομοιόμορφες υπηρεσίες ως προς τα παραπάνω μεγέθη. Με τη θεώρηση αυτή ισχύει ο ίδιος περιορισμός που ισχύει και στην περίπτωση του DVB-T.



**Σχήμα 9.10** Αντιπαράθεση οργάνωσης υπηρεσιών σε DVB-T και DVB-H

Μια προτεινόμενη πολυπλεξία προγραμμάτων αποτελούμενη από δέκα προγράμματα περιέχει τα εξής:

- 6 προγράμματα εικόνας = 2,304 Mbps
- 6 δίαυλοι ήχου = 0,384 Mbps
- MPE-FEC  $\frac{3}{4}$  + overhead επικεφαλίδων 10% = 1,254 Mbps

- 1 δίαυλος υπολοίπων υπηρεσιών = 0,5 Mbps.

Σύνολο: 4,442 Mbps.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι παραπάνω ρυθμοί για τη μετάδοση εικόνας και ήχου είναι οι μέγιστοι δυνατοί. Με μεγαλύτερη συμπίεση και επομένως μικρότερη ποιότητα οι ρυθμοί αυτοί μπορούν να μειωθούν αρκετά. Μια τυπική τιμή ρυθμού μετάδοσης μιας υπηρεσίας εικόνας και ήχου είναι της τάξης των 250 kbps.

	<b>Εικόνα</b>	<b>Ήχος</b>
Μέσο throughput	384 kbps	64 kbps
MPE-FEC $\frac{3}{4}$ +10% overhead	179,2 kbps	29,9 kbps
Puncturing	100%	16.7%
Rows $\times$ Cols	512 $\times$ 255	512 $\times$ 43
Μέσο TS throughput	563,2 kbps	93,9 kbps
Μέγιστο TS throughput	5,53 Mbps	5,53 Mbps
Burst Data	1044480	176128
Burst length	0,189 sec	0,032 sec
Frame period	1,85 sec	1,88 sec

Για μια συνδυασμένη υπηρεσία εικόνας και ήχου, θεωρώντας το Μέγεθος Burst να είναι  $1,044 + 0,176 = 1,22$  Mb, το Burst Bitrate στα 5,53 Mbps, το Constant Bitrate  $563,2 + 93,9 = 657,1$  Kbps, το Synchronization Time 100 ms, το Delta-t Jitter 10 ms, η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι λίγο πάνω από το 83%.

Σημείωση: Η επιλογή του ρυθμού μετάδοσης 5,53 Mbps αιτιολογείται στην επόμενη ενότητα.

#### 9.1.2.4.2. *Επιλογή σχήματος διαμόρφωσης και C/N*

Για την επιλογή του κατάλληλου σχήματος διαμόρφωσης πρέπει πρώτα να ελέγξουμε το διάστημα φύλαξης. Το διάστημα φύλαξης με τη σειρά του εξαρτάται από την λειτουργία 8K, 4K ή 2K που θα χρησιμοποιηθεί. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα προσομοίωσης δεν υποστηρίζει λειτουργίες με πολλά φέροντα. Έτσι η προσομοίωση που πραγματοποιείται γίνεται με ένα φέρον. Ωστόσο για την επιλογή του διαστήματος φύλαξης θεωρούμε ότι η λειτουργία που χρησιμοποιείται είναι η 4K, η οποία υποστηρίζει αρκετά μεγάλες ταχύτητες ενώ παράλληλα επιτρέπει μεγάλο μέγεθος των SFN κυψελών.

Θα πρέπει να επιλεγεί κατάλληλο διάστημα φύλαξης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές μεταξύ των πομπών στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής κάλυψής τους, και ειδικά στις ενδιάμεσες περιοχές που ενδεχομένως να λαμβάνουν σήμα ίσης ισχύος από τους γειτονικούς πομπούς, καθώς είναι ευνόητο ότι αν κάποιο σήμα δράσει ως παρεμβολή σε τέτοια περίπτωση τα αποτελέσματα θα είναι δυσμενέστατα για την ποιότητα λήψης.

Η μαθηματική ανάλυση της συμπεριφοράς δύο πομπών που εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα έτσι ώστε να βρεθεί το θεωρητικά βέλτιστο διάστημα φύλαξης είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Πρόκειται για ένα σύνθετο γεωμετρικό πρόβλημα με μεταβλητές την απόσταση του σημείου λήψης από τους δύο πομπούς, την ισχύ εκπομπής καθώς τις συνθήκες διάδοσης και εξασθένησης. Ακόμα και σε ιδανικές συνθήκες επίπεδου εδάφους είναι δύσκολο να εξαχθεί αξιόπιστο αποτέλεσμα από την αναλυτική προσέγγιση, πόσο μάλλον σε περιοχή έντονης μορφολογίας και πυκνής δόμησης όπως η Αττική. Επιπλέον, αν ληφθεί υπόψη και η επίδραση των καιρικών συνθηκών στη διάδοση του σήματος, καθώς και η ύπαρξη πολλών ανακλάσεων σήματος που δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν, είναι προτιμότερο να υιοθετηθεί ο εμπειρικός κανόνας που ορίζει ότι η διάρκεια του διαστήματος φύλαξης πρέπει να επιτρέπει στο σήμα να διανύσει την απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών πομπών.

	8K	4K	2K
1/4	224 $\mu$ s	112 $\mu$ s	56 $\mu$ s
1/8	112 $\mu$ s	<b>56 <math>\mu</math>s</b>	28 $\mu$ s
1/16	56 $\mu$ s	28 $\mu$ s	14 $\mu$ s
1/32	28 $\mu$ s	14 $\mu$ s	7 $\mu$ s

**Πίνακας 9.2** Διαστήματα φύλαξης στις 2K, 4K, 8K

Επιλέγουμε διάστημα φύλαξης 1/8 το οποίο στην 4K αντιστοιχεί σε 56 $\mu$ sec. Σε αυτό το χρονικό διάστημα το σήμα διανύει απόσταση 16,8 km. Η απόσταση αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη από την μέγιστη απόσταση των γειτονικών πομπών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί σχημάτων διαμόρφωσης και διαστήματος φύλαξης με τον ρυθμό μετάδοσης που υποστηρίζει ο δίαυλος με εύρος ζώνης 8 MHz σε Mbps.

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

**Πίνακας 9.3** Ρυθμοί μετάδοσης – Constellation

Με βάση τον παραπάνω πίνακα για διάστημα φύλαξης 1/8 και για ρυθμό μεγαλύτερο από 4,442 Mbps, ο οποίος είναι ο ρυθμός που επελέγη προηγουμένως για τις παρεχόμενες υπηρεσίες, επιλέγουμε το σχήμα διαμόρφωσης QPSK 1/2 που υποστηρίζει ρυθμό μετάδοσης 5,53 Mbps.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο απαιτούμενος λόγος C/N στην είσοδο του αποκωδικοποιητή για διάφορα σχήματα διαμόρφωσης και τύπους διαύλων.

Σημείωση: Ο συγκεκριμένος πίνακας εξετάζει την περίπτωση όπου το διάστημα φύλαξης είναι 1/4. Για διάστημα φύλαξης 1/8 η μόνη αλλαγή θα ήταν στο υποστηριζόμενο από το σχήμα διαμόρφωσης ρυθμό μετάδοσης. Συνεπώς η επιλογή του διαστήματος φύλαξης δεν επηρεάζει το απαιτούμενο C/N και εξακολουθεί να ισχύει η τιμή για το ρυθμό μετάδοσης που υπολογίστηκε προηγουμένως.

"Typical" Reference Receiver Guard interval = 1/4			2k		Speed at Fd <sub>3dB</sub> [km/h]		4k		Speed at Fd <sub>3dB</sub> [km/h]		8k		Speed at Fd <sub>3dB</sub> [km/h]	
Modulation	Code rate	Bitrate [Mbit/s]	C/N <sub>min</sub> [dB]	Fd <sub>3dB</sub> [Hz]	474 MHz	698 MHz	C/N <sub>min</sub> [dB]	Fd <sub>3dB</sub> [Hz]	474 MHz	698 MHz	C/N <sub>min</sub> [dB]	Fd <sub>3dB</sub> [Hz]	474 MHz	698 MHz
QPSK	1/2	4,98	9,5	380	866	588	9,5	190	433	294	9,5	95	216	147
QPSK	2/3	6,64	12,5	360	820	557	12,5	180	410	279	12,5	90	205	139
16-QAM	1/2	9,95	15,5	340	775	526	15,5	170	387	263	15,5	85	194	132
16-QAM	2/3	13,27	18,5	320	729	495	18,5	160	365	248	18,5	80	182	124

**Πίνακας 9.4** C/N για κινητό δίαυλο – Constellation

#### 9.1.2.5. Επιθυμητές στάθμες σήματος

Οι κλάσεις υπηρεσίας για τις οποίες θα υπολογίσουμε τις στάθμες σήματος είναι οι A,C και D. Ο λόγος που δεν γίνεται ο υπολογισμός για την κλάση B είναι ότι στα χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούμε δεν υπάρχει πληροφορία σχετικά με το υλικό και την κατασκευή των κτιρίων και άρα δεν μπορεί να γίνει πρόβλεψη για εσωτερικούς χώρους.

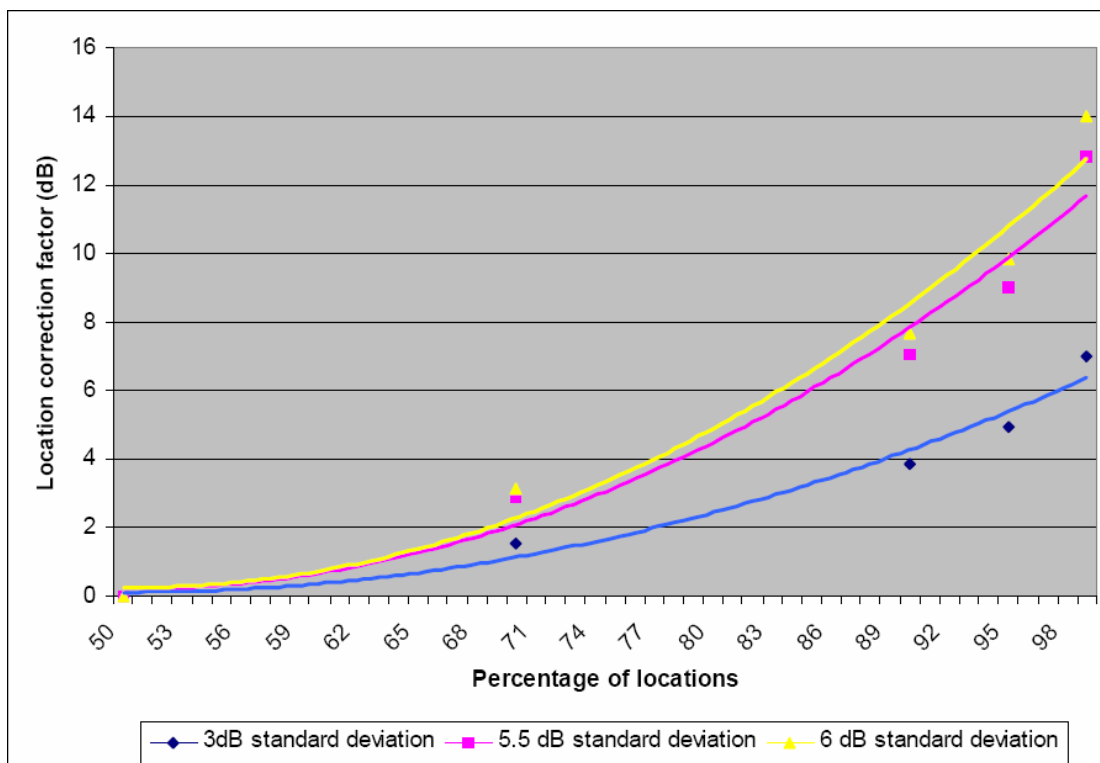
Οι επιθυμητές στάθμες σήματος έχουν ήδη αναφερθεί στην ενότητα 7.3. Οι στάθμες αυτές είναι κατάλληλες σε περίπτωση που το μοντέλο διάδοσης είναι το ITU-R 1546. Για



το μοντέλο όμως που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση δεν χρειάζεται να συνυπολογιστεί ο παράγοντας απωλειών ύψους, καθώς οι απώλειες αυτές υπολογίζονται από το πρόγραμμα. Παράλληλα θα χρησιμοποιηθεί και διαφορετική τιμή για το location correction factor η οποία προκύπτει από τη διαφορετική τιμή που θεωρούμε για το standard deviation. Η τιμή που χρησιμοποιούμε εδώ για το standard deviation είναι 3dB αντί των 5,5dB που χρησιμοποιούνται στο ITU-R 1546. Η τιμή αυτή των 5,5dB έχει υπολογιστεί θεωρώντας υποπεριοχές διαστάσεων 500m × 500m της περιοχής κάλυψης. Σε περιπτώσεις που οι υποπεριοχές αυτές είναι μικρότερων διαστάσεων, όπως για παράδειγμα στα αρκετά ακριβή χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούμε στην προσομοίωση, είναι ρεαλιστικότερο να χρησιμοποιηθεί μια μικρότερη τιμή όπως τα 3dB. Έτσι οι νέες τιμές του  $C_1$  προκύπτουν ως εξής:

Ποσοστό κάλυψης	70%	90%	95%	99%
$\mu$	0,52	1,28	1,64	2,33
$C_1$	1,6	3,8	4,9	7

**Πίνακας 9.5** Location Correction Factor με standard deviation 3dB



Σχήμα 9.11 Location Correction Factor – Percentage of Locations – Standard deviation

Με βάση τα παραπάνω υπολογίστηκαν οι ακόλουθες τιμές για τις επιθυμητές στάθμες σήματος για τη ζώνη συχνοτήτων V UHF:

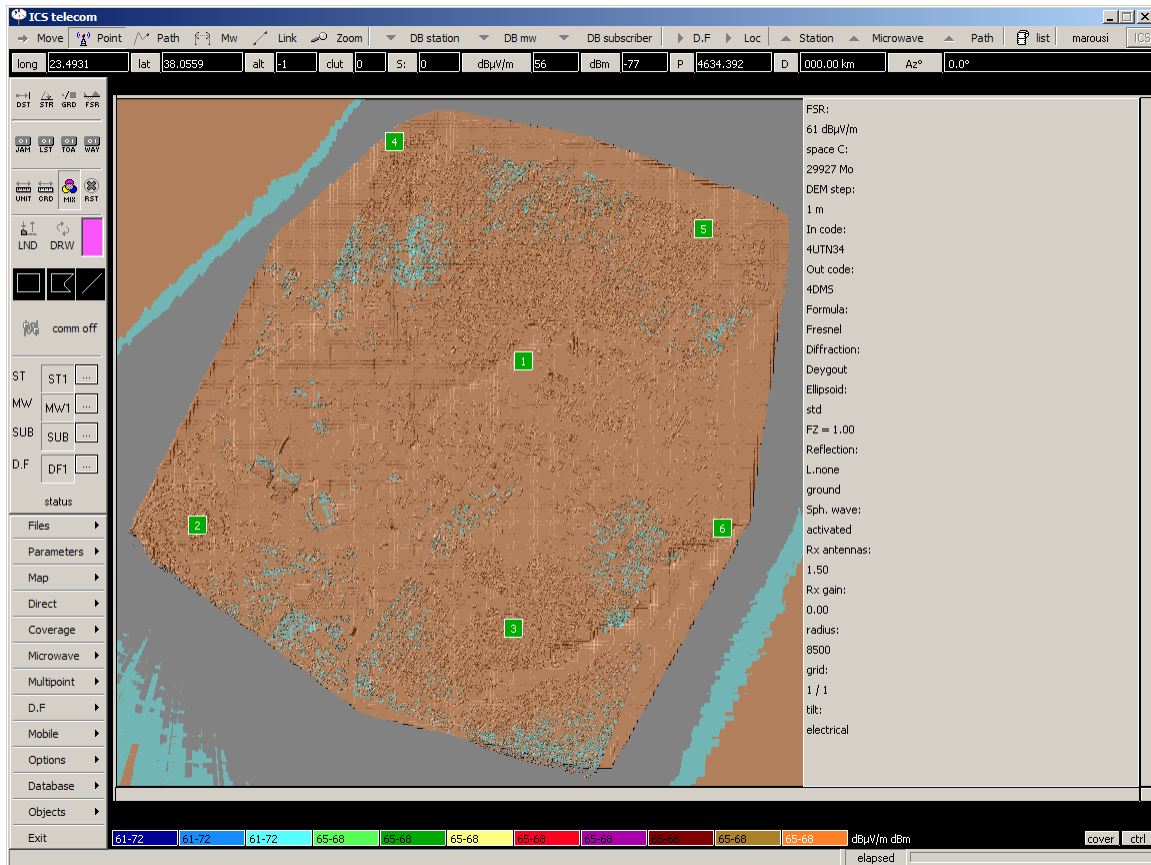
Κλάση υπηρεσίας	C/N					
	2	8	9.5	14	20	26
A- Φορητή λήψη σε εξωτερικό χώρο	43	49	50.5	55	61	67
Αποδεκτή – 70% ( $C_1 = 1.6$ dB )	44.6	50.6	52.1	56.6	62.6	68.6
Καλή – 95% ( $C_1 = 4.9$ dB )	47.9	53.9	55.4	59.9	65.9	71.9
C- Κινητή λήψη σε εσωτερικό χώρο	37	43	44.5	49	55	61
Αποδεκτή – 90% ( $C_1 = 3.8$ dB )	40.8	46.8	48.3	52.8	58.8	64.8
Καλή – 99% ( $C_1 = 7$ dB )	44	50	51.5	56	62	68
D- Κινητή λήψη σε εσωτερικό χώρο	43	49	50.5	55	61	67
Απώλεια οχήματος	7 dB					
Αποδεκτή – 90% ( $C_1 = 3.8$ dB )	53.8	59.8	61.3	65.8	71.8	77.8
Καλή – 99% ( $C_1 = 7$ dB )	57	63	64.5	69	75	81

Πίνακας 9.6 Απαιτούμενες στάθμες σήματος για σχεδίαση με το ATDI, κλάσεις A,C και D

## 9.2. Αποτελέσματα προσομοίωσης

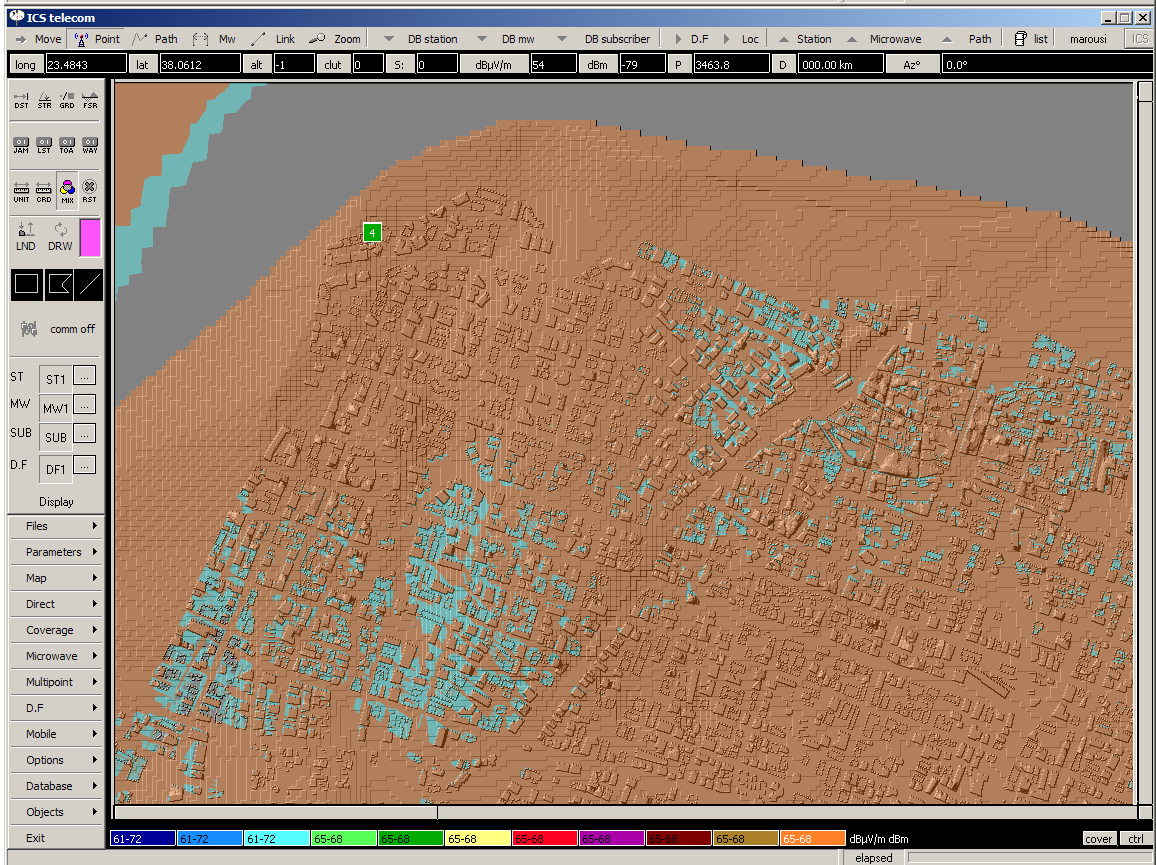
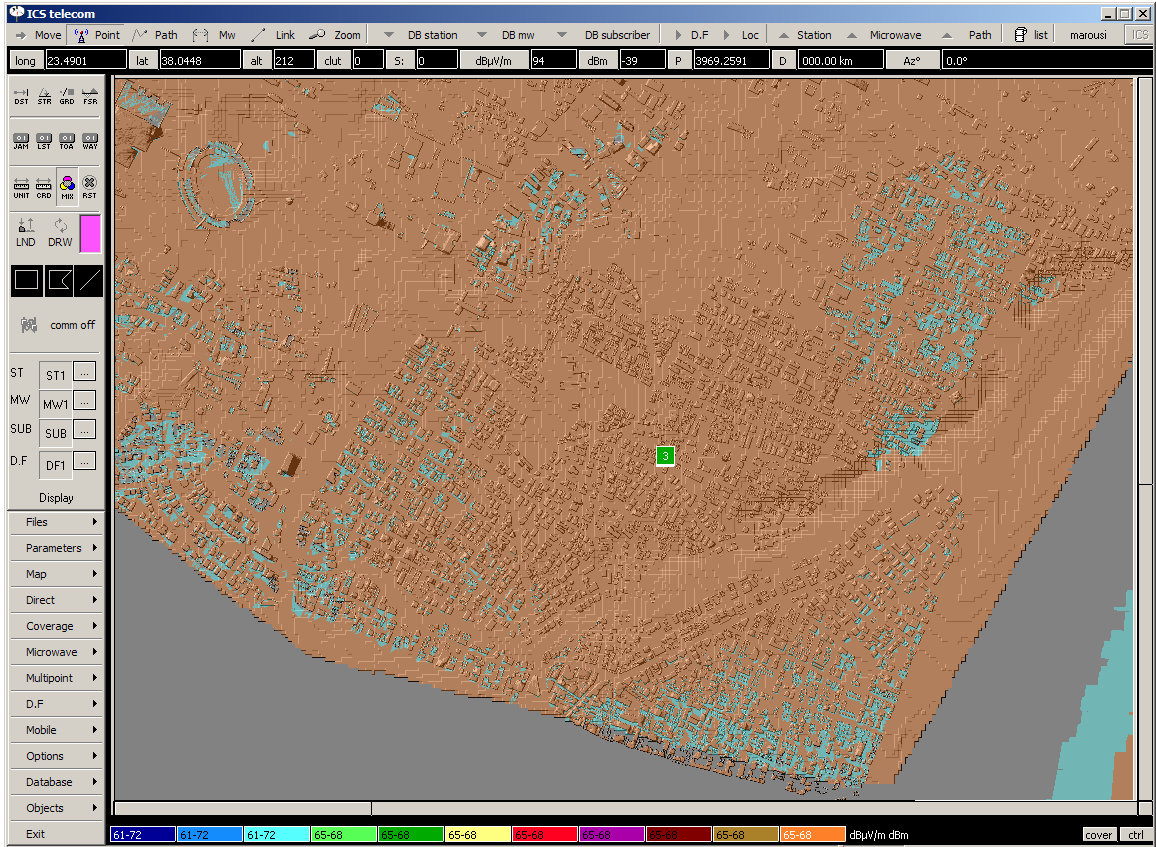
Η εικόνα της κάλυψης που επιτεύχθηκε με τις παραπάνω επιλογές για την κατηγορία D ακολουθεί στη συνέχεια. Σημειώνεται ότι με πορτοκαλί απεικονίζονται οι περιοχές εκείνες που έχουν “καλή” κάλυψη (65 dBμV/m), ενώ με γαλάζιο εκείνες με “αποδεκτή” κάλυψη (61 dBμV/m).

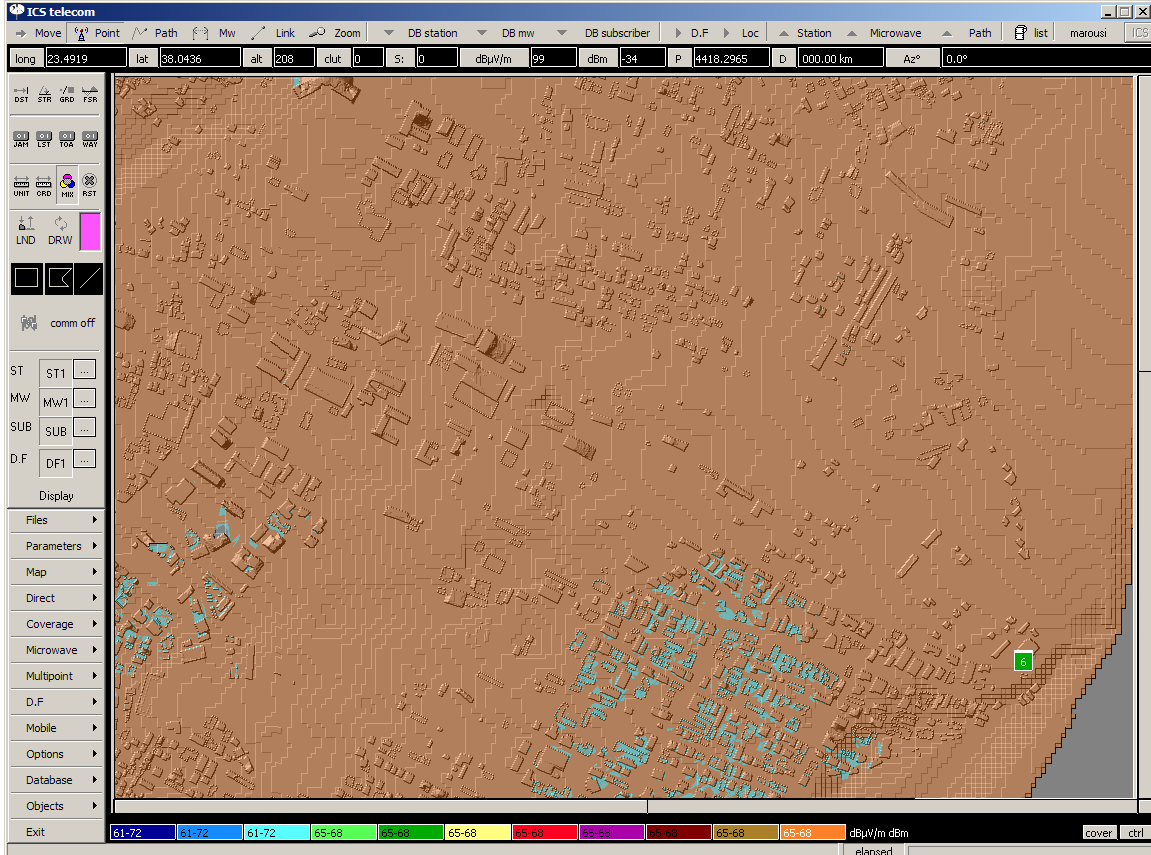
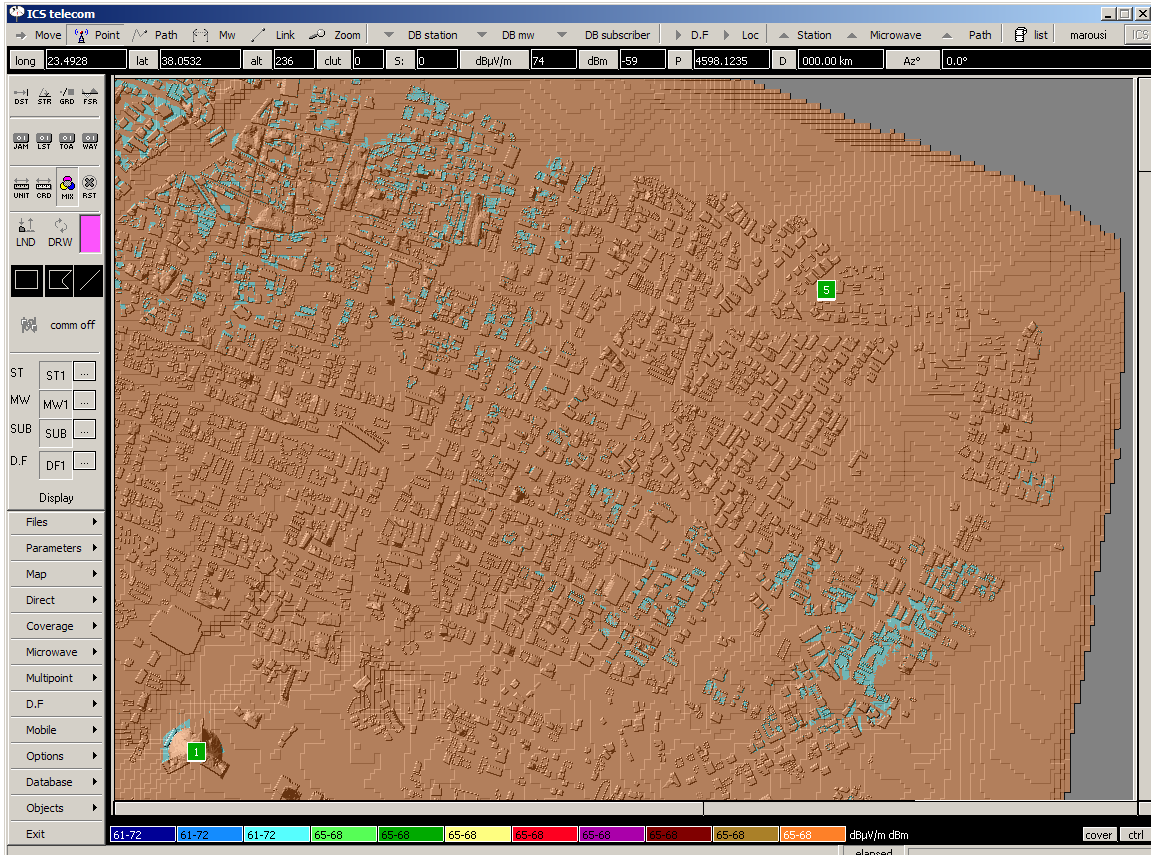
### 1<sup>η</sup> τοπολογία



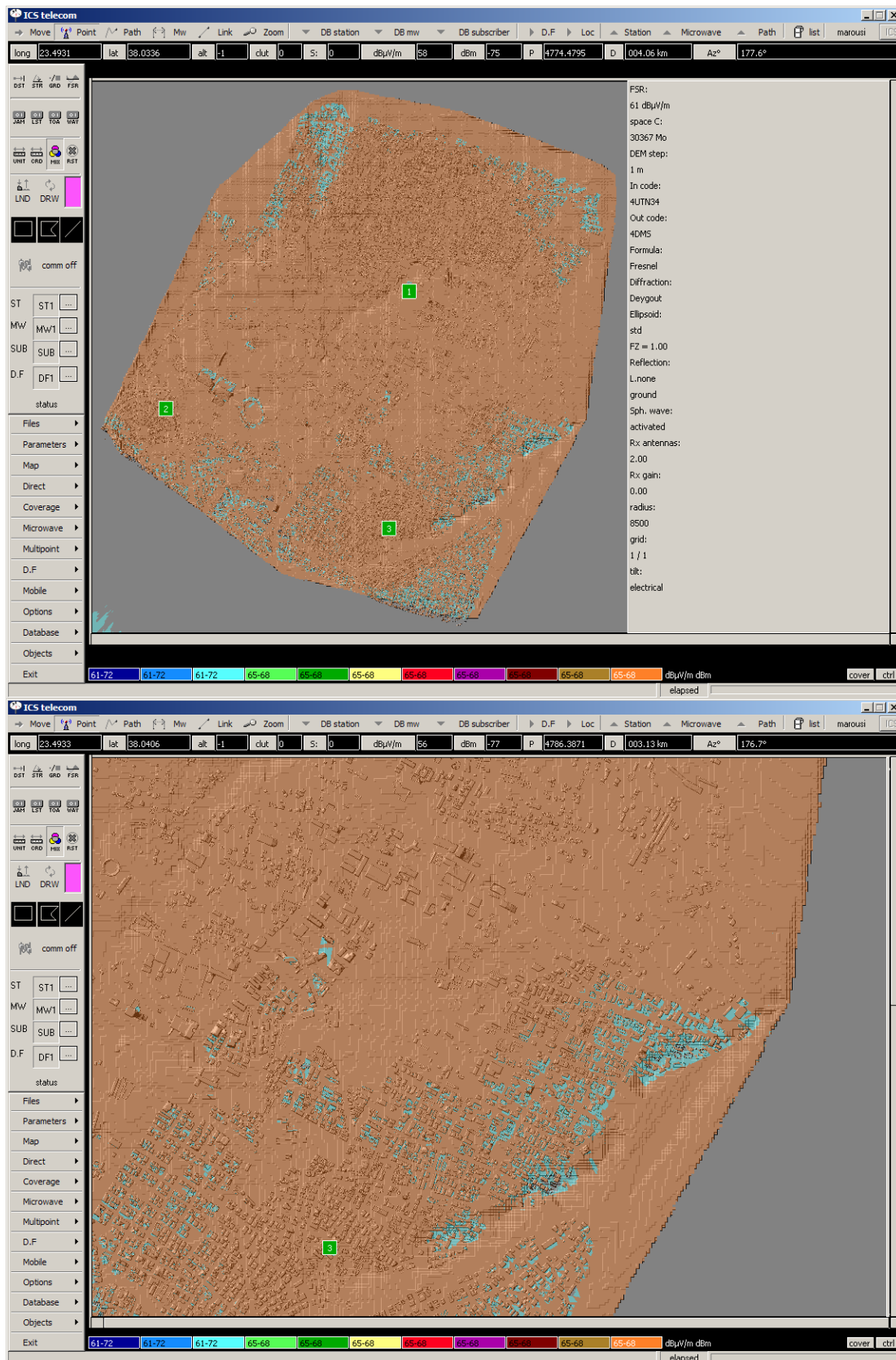
Στη συνέχεια απεικονίζονται οι περιοχές κάλυψης γύρω από κάθε κεραία ξεχωριστά.

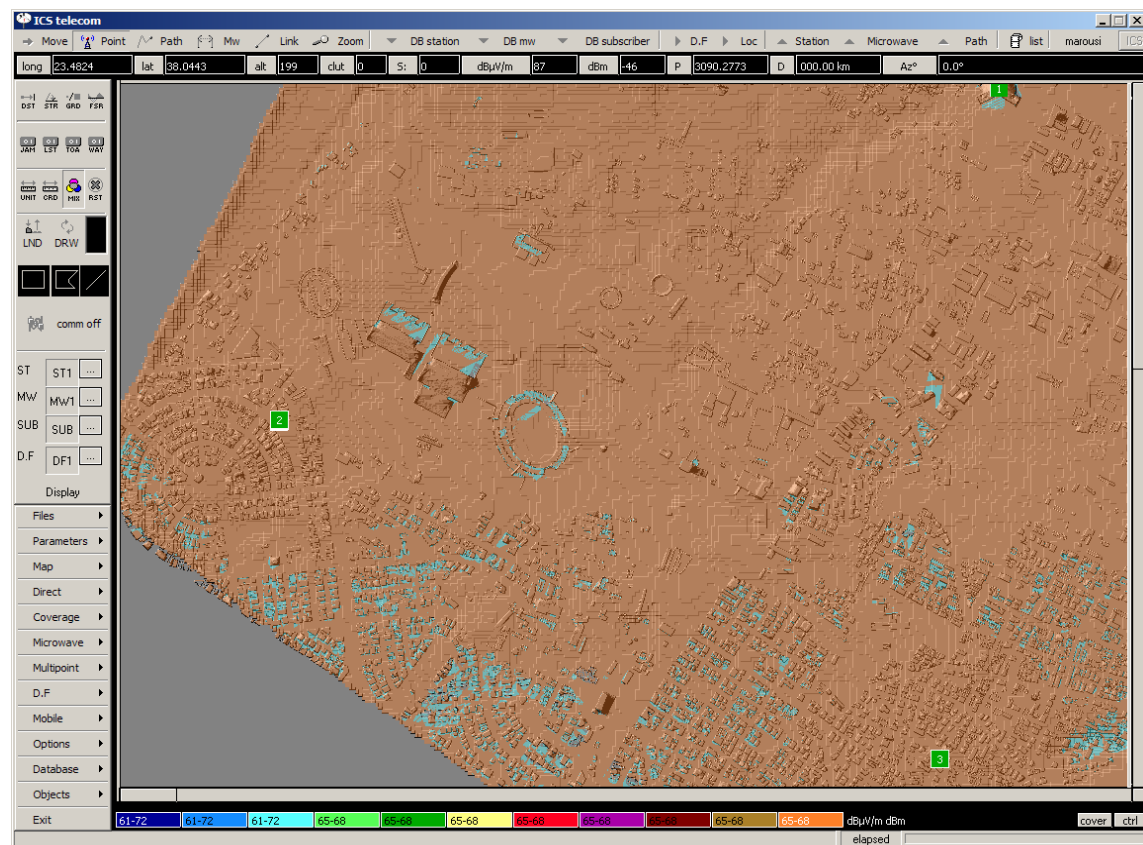
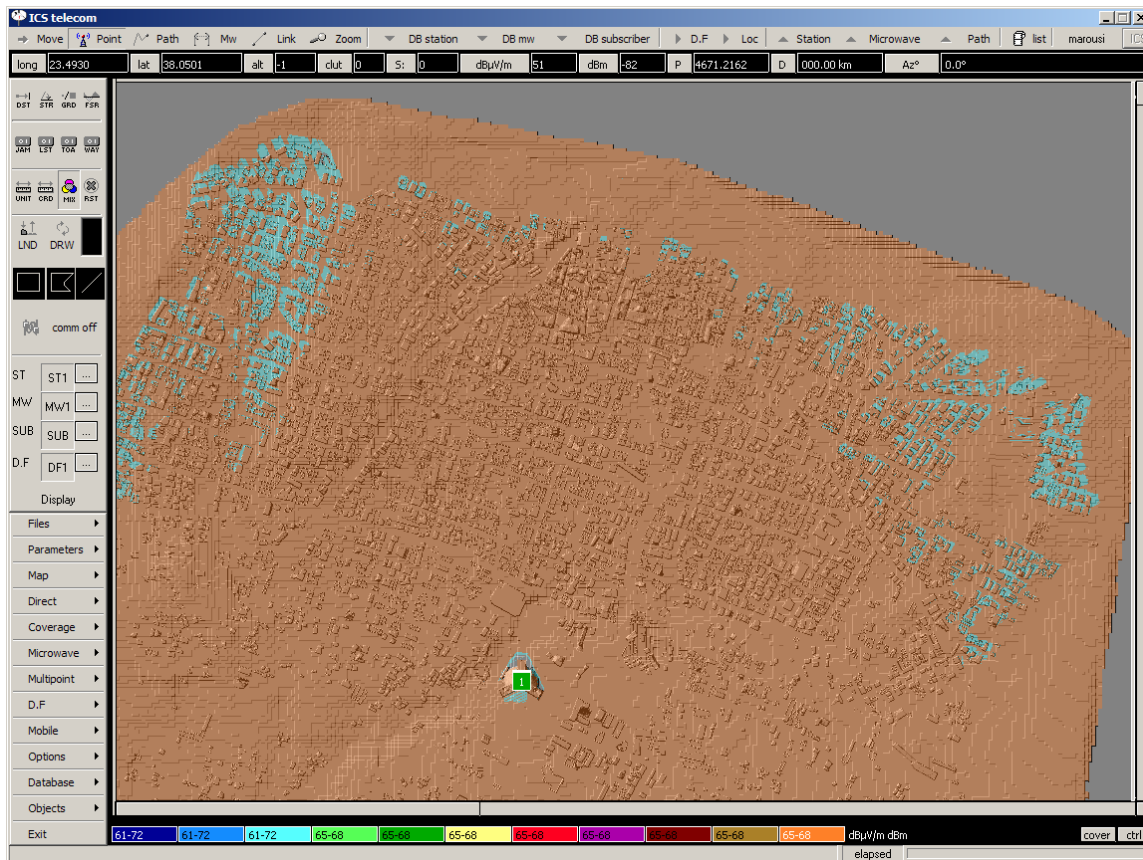






## 2<sup>η</sup> τοπολογία







## Κεφάλαιο 10 – Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

### 10.1. Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα στοιχεία του κάθε σταθμού για την πρώτη τοπολογία.

Αριθμός σταθμού	Συντεταγμένες		EIRP (watt)	Υψόμετρο περιοχής (m)	Ύψος κτιρίου (m)	Ύψος ιστού (m)
	Μήκος	Πλάτος				
1	23,4816	38,0514	200	198	78	8
2	23,4641	38,0439	50	147	24	5
3	23,4810	38,0414	100	188	22	5
4	23,4741	38,0605	100	247	24	5
5	23,4908	38,0543	100	236	21	5
6	23,4911	38,0435	50	211	21	5

**Πίνακας 10.1** Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την πρώτη τοπολογία

Αντίστοιχα φαίνονται παρακάτω τα στοιχεία για τη δεύτερη τοπολογία.

Αριθμός σταθμού	Συντεταγμένες		EIRP (watt)	Υψόμετρο περιοχής (m)	Ύψος κτιρίου (m)	Ύψος ιστού (m)
	Μήκος	Πλάτος				
1	23,4816	38,0514	500	198	78	8
2	23,4645	38,0443	50	151	15	5
3	23,4806	38,0407	50	180	28	5

**Πίνακας 10.2** Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την δεύτερη τοπολογία

## 10.2. Συμπεράσματα

Οι απαιτούμενες στάθμες του σήματος για τις κλάσεις A και C είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές της κλάσης D κατά 9dB και 13dB αντίστοιχα (βλ. πίνακα 9.6). Με τα παραπάνω δίκτυα, που σχεδιάστηκαν για κάλυψη της περιοχής με υπηρεσία κλάσης D, καλύπτονται πλήρως και οι κλάσεις A και C. Ωστόσο, εάν επιθυμούμε κάλυψη μόνο για κάποια από τις κλάσεις A και C, διατηρώντας ίδια την τοπολογία των πομπών, η μόνη διαφοροποίηση που απαιτείται είναι η μείωση της ισχύος των πομπών κατά 9 dB και 13 dB αντίστοιχα, οπότε και θα προκύπτει η ίδια ακριβώς εικόνα για τη ραδιοκάλυψη. Ακολουθούν οι εκτιμήσεις για τις τιμές της ισχύος των πομπών για κάλυψη της περιοχής με υπηρεσία κλάσης A και C, διατηρώντας κοινή την τοπολογία τους.

Για την πρώτη τοπολογία:

Αριθμός σταθμού	EIRP (watt)		
	Κλάση A	Κλάση C	Κλάση D
1	25,2	10	200
2	6,3	2,5	50
3	12,6	5	100
4	12,6	5	100
5	12,6	5	100
6	6,3	2,5	50

Για τη δεύτερη τοπολογία:

Αριθμός σταθμού	EIRP (watt)		
	Κλάση A	Κλάση C	Κλάση D
1	62,9	25,1	500
2	6,3	2,5	50
3	6,3	2,5	50

Από τους παραπάνω πίνακες μπορούμε να συμπεράνουμε ότι καθώς οι τιμές της ισχύος των πομπών προκύπτουν αρκετά χαμηλές ίσως είναι απαραίτητη η μελέτη μιας διαφορετικής τοπολογίας δικτύου με λιγότερους πομπούς λίγο μεγαλύτερης ισχύος.

### **10.3. Προτάσεις για μελλοντική εργασία**

Είναι προφανείς κάποιες από τις προτάσεις για μελλοντική εργασία στο σχεδιασμό της κάλυψης της συγκεκριμένης περιοχής, οι οποίες μπορούν να συμπληρώσουν τυχόν ατέλειες της παρούσας.

Μια από αυτές είναι η διεξαγωγή μετρήσεων πεδίου, έτσι ώστε να ελεγχθεί η ακρίβεια των θεωρητικών αποτελεσμάτων, καθώς και η καταλληλότητα των επιλογών που έγιναν στην προσομοίωση. Βάσει αυτών μπορεί να επανασχεδιαστεί η κάλυψη με αποδοτικότερο τρόπο.

Επίσης, ένα σημείο το οποίο δεν εξετάζεται στην παρούσα εργασία είναι η επαρκής κάλυψη της περιοχής για υπηρεσία κλάσης B, δηλαδή φορητής λήψης σε εσωτερικό χώρο. Η παράλειψη αυτή γίνεται σκόπιμα στην εργασία αυτή, καθώς τα χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούμε δεν περιέχουν πληροφορία σχετική με τα υλικά και την κατασκευή των κτιρίων. Αντιθέτως, τα κτίρια θεωρείται πως έχουν χαρακτηριστικά

παρεμπόδισης παρόμοια με αυτά του εδάφους, καθιστώντας αδύνατη την εκτίμηση της εξασθένησης που θα εισήγαγαν στην πραγματικότητα. Η μελλοντική κάλυψη της παράλειψης αυτής προϋποθέτει χαρτογραφικά δεδομένα ακόμα υψηλότερης ακρίβειας από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν εδώ, ή τουλάχιστον εκτιμήσεις της εξασθένησης που εισάγουν τα κτίρια ανάλογα με τον τύπο τους και κατόπιν πραγματικών μετρήσεων. Επιπλέον, η χρησιμοποίηση μιας πιο ενημερωμένης έκδοσης του υπάρχοντος λογισμικού (ATDI nG) θα παρήγαγε πιο αξιόπιστα και ακριβή αποτελέσματα καθώς θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του DVB-H και του OFDM.

Αντικείμενο μελλοντικής εργασίας μπορεί επιπλέον να αποτελέσει ο επανασχεδιασμός του δικτύου, λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη και παράγοντες οικονομικούς, marketing, αλλά και παράγοντες σχετικούς με τη διαθεσιμότητα του φάσματος συχνοτήτων. Το τελευταίο μάλιστα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για το DVB-H καθώς κανένα μέρος του φάσματος δε δεσμεύτηκε για το DVB-H κατά τη συμφωνία των ευρωπαϊκών χωρών για την κατανομή του φάσματος συχνοτήτων σε υπηρεσίες, η οποία διεξήχθη πριν την εμφάνιση του. Η θεώρηση των οικονομικών παραγόντων αναμένεται να δημιουργήσει σημαντικά διαφορετική τοπολογία του δικτύου, καθώς η θέση, το ύψος και η ακτινοβολούμενη ισχύς των πομπών είναι χαρακτηριστικά που εξαρτώνται άμεσα από το κόστος.

## Βιβλιογραφία

- [1] ETSI TR 102 377 V1.2.1 (2005-11): “Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines”
- [2] G. Faria, J. A. Henriksson, E. Stare, P. Talmola. “DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices”
- [3] ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004-11): “Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)”
- [4] The Digital Terrestrial Television Action Group V.1.2 (2005): “Television on a handheld receiver – broadcasting with DVB-H”
- [5] P. Unger, T.Kürner (2005). “Radio Network Planning of DVB-H/ UMTS Hybrid Mobile Communication Networks”
- [6] G. Faria (2004). “DVB-H to deliver digital TV to hand-held terminals”
- [7] ETSI TS 102 005 V1.2.1 (2006-04): “Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in DVB services delivered directly over IP protocols”
- [8] ETSI TR 102 401 V1.1.1 (2005-05): “Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals (DVB-H); Validation Task Force Report ”
- [9] E. Grenier (ATDI, White Paper June 2005). “Signal propagation modeling In Urban Environment”
- [10] E. Grenier (ATDI, White Paper July 2006). “DVB-H radio-planning aspects in ICS telecom”
- [11] E. Grenier, V. Roger-Machart. (ATDI, White Paper Dec 2004). “Planning a WiMAX network with ICS telecom nG”
- [12] E. Costa, M.Liniger (Feb 2007). “Hybrid Propagation Models for Broadcast Coverage Predictions and Spectrum Management”
- [13] ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01): "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television (DVB-T)"
- [14] AEGIS systems (Dec 2006). “Annex A: UHF Technical Compatibility Issues”

- [15] M. Hasna, A. Dabbous, A. Yammout, I. Atwi, (Spring 2006). "Propagation Model Development and Radio Planning for Future WiMAX Systems Deployment in Beirut"
- [16] <http://www.dvb-h.org/>, DVB-H : Global Mobile TV, Oct.2007

