

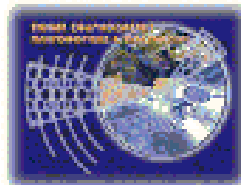


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

# **Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης**

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών**

**Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων**



**ΤΜΗΜΑ  
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
& ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

**Πτυχιακή εργασία**

**Τίτλος: Το πρότυπο DVB-H στην Ευρώπη**

**Τιμηλιώτης Γιάννης AM: 1286**

**Επιβλέπων καθηγητής: Βλησίδης Ανδρέας**

**Επιτροπή Αξιολόγησης: Μιαουδάκης Ανδρέας, Χαρακόπουλος Σταύρος**

**Ημερομηνία Παρουσίασης: 31/03/2011**

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο της εργασίας αυτής, καθηγητή κ Βλησίδα Ανδρέα για την ευκαιρία που μου έδωσε ν' ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς και για την καθοδήγησή του.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, τόσο για την υλική, όσο και για τη ψυχική στήριξη που μου προσέφεραν.

## **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. Presenting initially DVB standards and then analyzing the technical characteristics of the DVB-H in the physical layer and data link layer. 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. Analyzed the standard DVB-T and the common use of the standard DVB-H and DVB-T, along with their compatibility is also investigated. In addition a summary of the technical trials and pilot projects that are currently developed in Europe is also outlined.

## Σύνοψη

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. Αρχικά παρουσιάζονται τα πρότυπα DVB και έπειτα αναλύονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προτύπου DVB-H στο φυσικό στρώμα και στο στρώμα ζεύξης δεδομένων. 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. Αναλύεται το πρότυπο DVB-T και εξετάζεται η κοινή χρήση των προτύπων DVB-H και DVB-T, καθώς και η συμβατότητά τους. Γίνεται επίσης μια σύνοψη των πιλοτικών προγραμμάτων που βρίσκονται σε εξέλιξη στην Ευρώπη

**Πίνακας Περιεχομένων**

Ευχαριστίες .....	2
Abstract .....	3
Σύνοψη.....	4
Πίνακας Περιεχομένων.....	5
Πίνακας Εικόνων.....	7
<b><u>Κεφάλαιο1</u></b>	
1.1 Εισαγωγή στα πρότυπα DVB.....	8
1.1.1 Μετάδοση.....	8
1.1.2 Αλληλεπίδραση.....	8
1.2 Περιγραφές των προτύπων DVB.....	9
1.2.1 DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite).....	9
1.2.2 DVB-S2.....	9
1.2.2.1 Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του DVB-S2.....	10
1.2.2.2 Χρήσεις του DVB-S2.....	10
1.3 DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable).....	10
1.3.1 Τεχνική περιγραφή του αποστολέα.....	11
1.3.2 Τεχνική περιγραφή του δέκτη.....	12
1.3.3 DVB-C2.....	12
1.4 DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial).....	13
1.4.1 Μετάδοση δεδομένων IP πάνω από το κανάλι DVB-T.....	15
1.4.2 Προοπτικές χρήσης – Εφαρμογές.....	15
1.4.3 Κατηγορίες εφαρμογών.....	16
1.5 DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld).....	16
1.5.1 Προβλήματα.....	16
1.5.2 Οφέλη .....	17
1.5.3 Τεχνική εξήγηση.....	17
1.5.4 Συχνότητες λειτουργίας.....	18
1.5.5 Είδη ασύρματων εφαρμογών.....	18
1.5.5.1 DVB-IPDC.....	18
1.5.5.2 DVB-SH .....	18
1.5.5.3 DVB-H2.....	19
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u></b>	
2.1 Σύντομη περιγραφή – Βασικά χαρακτηριστικά .....	20
2.2 Πως λειτουργεί το DVB-H.....	20
2.3 Τα κύρια θέματα που απαιτούν λύση.....	21
2.3.1 Πως το Time slicing παρέχει λύση .....	21
2.3.2 Μεταπομπή .....	22
2.4 Υπηρεσίες DVB-H .....	23
2.4.1 Επιδράσεις του περιβάλλοντος και του εξοπλισμού .....	23
2.4.2 Αργά κινούμενο DVB-H τερματικό .....	23
2.4.3 Γρήγορα κινούμενο DVB-H τερματικό .....	24
2.5 Υπηρεσίες .....	24
2.6 Μελέτη της δομής του δικτύου.....	24
2.6.1 Φορητή λήψη σε εσωτερικούς χώρους (με μηδενική ταχύτητα).....	24
2.6.2 Φορητή λήψη σε εξωτερικούς χώρους (με μέτρια προς υψηλή ταχύτητα).....	25

<b>2.7 Μελέτη στη χρήση επαναληπτών σε δίκτυα DVB-H .....</b>	<b>26</b>
2.7.1 Επαναλήπτες On-channel .....	26
2.7.2 Επαναλήπτες μετατοπισμένης συχνότητας .....	28
<b>2.8 Θέματα κάλυψης .....</b>	<b>29</b>
2.8.1 Εισαγωγή .....	29
2.8.2 Φορητή λήψη .....	30
2.8.3 Κινητή λήψη.....	30
2.8.4 Περιοχή κάλυψης.....	30
<b><u>Κεφάλαιο 3</u></b>	
<b>3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ DVB.....</b>	<b>32</b>
3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ DVB-T.....	33
<b>3.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΗ....</b>	<b>33</b>
3.4 ΜΠΛΟΚ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΗ DVB-T.....	34
3.5 Διαφορές DVB-T DVB-H.....	35
3.6 Φάσμα εκπομπής.....	37
3.7 Κοινή χρήση DVB-T/H.....	37
<b>3.8 Θέματα συμβατότητας DVB-H/DVB-T.....</b>	<b>38</b>
<b><u>Κεφάλαιο 4</u></b>	
<b>4.1 Πιλοτικά προγράμματα στην Ευρώπη Κατάσταση στις Ευρωπαϊκές χώρες</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Προώθηση του DVB-H στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....</b>	<b>49</b>
<b><u>Κεφάλαιο 5</u></b>	
<b>5.1 Σχεδιασμός δικτύου</b>	
<b>5.2 Συνοπτικοί Πίνακες</b>	<b>53</b>
<b><u>Βιβλιογραφία</u></b>	<b>63</b>

## Πίνακας Εικόνων

### Κεφάλαιο1

Εικόνα 1.1 Αποστολέας ενός συστήματος DVB-C	12
Εικόνα 1.2 Αποστολέας DVB-T	15
Εικόνα 1.3 Δομή πλαισίων DVB-H	18
Εικόνα 1.4 Δέκτης DVB-H	19

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εικόνα 2.1 Αρχή του time slicing	23
Εικόνα 2.2 On-channel repeater	28
Εικόνα 2.3 Κυματισμός peak-to-peak στην συνάρτηση μεταφοράς σε σχέση με το Gain Margin	29
Εικόνα 2.4 Παράδειγμα δικτύου SFN δυο συχνοτήτων με ένα κεντρικό πομπό και διάφορους transposers	30

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σχήμα 3.1 C/N vs Doppler για δέκτες σε κίνηση	38
Σχήμα 3.2 Δίκτυο κοινής χρήσης DVB-T και DVB-H	39

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχήμα 4.1 DVB-H υπηρεσίες στην Ευρώπη	42
---------------------------------------	----

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Σχήμα 5.1 Digital Terrain Model, Ground Occupancy File και Building Height File	53
Σχήμα 5.2 Digital Elevation Model	54
Σχήμα 5.3 Κεραία omni-directiona	54
Σχήμα 5.4 Μέθοδος Bullington	56
Σχήμα 5.5 Μέθοδος Deygout '94	56
Σχήμα 5.6 Subpath attenuation	56
Σχήμα 5.7 Ανακλάσεις μόνο στο κατακόρυφο επίπεδο	57
Σχήμα 5.8 Ανακλάσεις στις τρεις διαστάσεις	58
Σχήμα 5.9 Αντιπαράθεση οργάνωσης υπηρεσιών σε DVB-T και DVB-H	59
Σχήμα 5.10 Location Correction Factor – Percentage of Locations – Standard deviation	62

## **Πίνακας Πινάκων**

### **Κεφάλαιο1**

**Πίνακας 1.1** Ρυθμοί ενός DVB-C συστήματος σε Mbit/s 13

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

**Πίνακας 2.1** Διαστήματα φύλαξης (guard intervals) για 2K,4K και 8K 27

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

**Πίνακας 5.1** H.264 για μέγεθος οθόνης 320 × 24 58

**Πίνακας 5.2** Διαστήματα φύλαξης στις 2K, 4K, 8K 61

**Πίνακας 5.3** Ρυθμοί μετάδοσης – Constellation 61

**Πίνακας 5.4** C/N για κινητό διάλο – Constellation 62

**Πίνακας 5.5** Location Correction Factor με standard deviation 3dB 62

**Πίνακας 5.6** Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την πρώτη τοπολογία 63

**Πίνακας 5.7** Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την δεύτερη τοπολογία 63



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή στα πρότυπα DVB

Η οικογένεια προτύπων **DVB (Digital Video Broadcasting)** αναπτύχθηκε για να προσφέρει υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης εκμεταλλευόμενη ένα ευρύ φάσμα μέσων διανομής, δορυφορικών, καλωδιακών και επίγειων. Όλα τα DVB standards έχουν υιοθετήσει τα πρότυπα MPEG-2 για συμπίεση ήχου και κινούμενης εικόνας καθώς και για πολύπλεξη. Χάρη στη χρήση των πακέτων μεταφοράς MPEG-2 ως γενικευμένων "μεταφορέων δεδομένων" (data containers), ένα MPEG-2 Transport Stream -και συνεπώς ένα σύστημα DVB- μπορεί να μεταφέρει σχεδόν ο,τιδήποτε μπορεί να ψηφιοποιηθεί, από τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), πολλαπλά κανάλια PAL/SECAM/NTSC, μέχρι και υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένων.

#### 1.1.1 Μετάδοση

Τα πρότυπα πυρήνων DVB είναι τα **DVB-S, DVB-C** και **DVB-T**, τα οποία είναι όλα βασισμένα στο MPEG-2 (DVB-MPEG) για την κωδικοποίηση του ήχου και του video καθώς επίσης και τη μεταφορά των δεδομένων. Το πιο πρόσφατο πρότυπο είναι το **DVB-H** για την κινητή υποδοχή στις κυψελοειδείς ζώνες τηλεφωνικής συχνότητας. Τα παραπάνω πρότυπα διαφέρουν κυρίως στις χρησιμοποιούμενες διαμορφώσεις, λόγω των διαφορετικών ζωνών. Το υψηλής συχνότητας DVB-S χρησιμοποιεί QPSK, το χαμηλότερης DVB-C χρησιμοποιεί QAM (64-QAM) και το DVB-T (VHF ή/και UHF ζώνη) χρησιμοποιεί COFDM.

#### 1.1.2 Αλληλεπίδραση

Εκτός από την μετάδοση ήχου και video, το DVB καθορίζει επίσης τις συνδέσεις δεδομένων (DVB-Data) με τα κανάλια επιστροφής DVB-RC\* για διάφορα μέσα (DECT, GSM, PSTN/ISDN κ.λπ.) και πρωτόκολλα (DVB-IPI: Πρωτόκολλο Διαδικτύου, DVB-NPI: ανεξάρτητο πρωτόκολλο δικτύων). Αυτό χρησιμοποιείται παραδείγματος χάριν για τις διαλογικές διεπαφές όπως εγχώρια πλατφόρμα πολυμέσων (DVB-MHP) και ηλεκτρονικοί οδηγοί προγραμμάτων (EPG).

### 1.2 Περιγραφές των προτύπων DVB

#### 1.2.1 DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite)

Το δορυφορικό σύστημα DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite) είναι το παλαιότερο και πιο διαδεδομένο από την οικογένεια προτύπων DVB και έχει αδιαμφισβήτητη τύχει παγκόσμιας αποδοχής εξαιτίας του γεγονότος ότι δεν απαιτεί καλώδιο όπως το DVB-C και επίσης δεν χρειάζεται επίγειες κεραιές όπως το DVBT.

Το DVB-S σχεδιάστηκε ώστε να εκμεταλλεύεται πλήρως το εύρος ζώνης των δορυφορικών τηλεοπτικών αναμεταδοτών. Χρησιμοποιεί ρυθμό μεταφοράς των 54Mbps με διαμόρφωση QPSK σε συνδυασμό με ένα σχήμα διπλής κωδικοποίησης και διεμπλοκής (coding/interleaving).

Το DVB-S περιγράφει το σύστημα κωδικοποίησης και διαμόρφωσης για τις δορυφορικές ψηφιακές υπηρεσίες τηλεοπτικού (SDTV και HDTV) σήματος που χρησιμοποιούνται για την αρχική και δευτεροβάθμια διανομή στις ζώνες σταθερών δορυφορικών υπηρεσιών (FSS) και δορυφορικών υπηρεσιών μετάδοσης ευρείας ζώνης (BSS).

Προορίζεται για να παρέχει τις Direct-To-Home υπηρεσίες (DTH-απευθείας στο σπίτι) στους ενσωματωμένους στα σπίτια των καταναλωτών αποκωδικοποιητές (IRD), καθώς επίσης και στα συστήματα κεραιών. Το DVB-S είναι κατάλληλο για χρήση στα διαφορετικά εύρη ζώνης των δορυφορικών αναμεταδοτών και είναι συμβατό με το MPEG-2. Η ευελιξία που καθορίζεται μέσα στην προδιαγραφή επιτρέπει την ικανότητα μετάδοσης σε διάφορες υπηρεσίες TV, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών ήχου και δεδομένων.

## 1.2.2 DVB-S2

Η δεύτερη έκδοση του DVB-S (DVB-S2) είναι μια ενισχυμένη προδιαγραφή που ήρθε για να αντικαταστήσει την πρώτη και έχει επικυρωθεί από την ETSI. Πιθανότατα θα χρησιμοποιηθεί σε όλους τους μελλοντικούς ευρωπαϊκούς δορυφόρους και οι δέκτες θα είναι κατάλληλα εξοπλισμένοι για να αποκωδικοποιήσουν και το DVB-S και DVB-S2. Σήμερα η κύρια χρήση για αυτά τα νέα πρότυπα είναι η διανομή HDTV ενώ τα αρχικά πρότυπα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για SDTV υπηρεσίες. Η ανάπτυξη DVB-S2 συνέπεσε με την εισαγωγή της HDTV και των H.264 (Mpeg-4) video codecs.

Το σύστημα επιτρέπει τη μετάδοση ενός ή περισσότερων Mpeg-2, και χρησιμοποίηση QPSK ή MAPSK διαμόρφωσης. Το DVB-S2 είναι βασισμένο στα πρότυπα DVB-S που χρησιμοποιούνται για τη δορυφορική μετάδοση, και στα DVB-DSNG πρότυπα. Δύο νέα κύρια χαρακτηριστικά που προστέθηκαν στο DVB-S είναι:

- Μεταβαλλόμενες παράμετροι κωδικοποίησης σε πραγματικό χρόνο
- ACM (μεταβλητή κωδικοποίηση και διαμόρφωση) η οποία βελτιστοποιεί τις παραμέτρους μετάδοσης για τους διάφορους χρήστες.

Οι μελετητές υποστηρίζουν ότι το DVB-S2 έχει περίπου 30% κέρδος απόδοσης σε σχέση με το DVB-S.

### 1.2.2.1 Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του DVB-S2

- Η πηγή μπορεί να είναι μια ή περισσότερες MPEG-2 TS (stream μεταφοράς mpeg-2).
- Οπίσθια συμβατότητα στο DVB-S, προοριζόμενο για τους τελικούς χρήστες, και το DVB-DSNG (δορυφορικές ψηφιακές συλλεγόμενες ειδήσεις), που χρησιμοποιούνται για συλλογή ηλεκτρονικών ειδήσεων.
- Προσαρμοστική κωδικοποίηση και διαμόρφωση για να βελτιστοποιήσει

τη χρήση των δορυφορικών αναμεταδοτών.

- Τέσσερις τρόπους διαμόρφωσης:

ο QPSK και 8PSK προτείνεται για τις εφαρμογές broadcast μετάδοσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους μη γραμμικούς αναμεταδότες που οδηγούνται κοντά στον κορεσμό.

ο 16APSK and 32APSK χρησιμοποιείται κυρίως για τις επαγγελματικές, ημιγραμμικές εφαρμογές, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για τη broadcast αναμετάδοση αλλά απαιτούν έναν υψηλότερου επιπέδου διαθέσιμο C/N και υιοθέτηση των προηγμένων μεθόδων προ-διαστρεβλώσεων στον uplink σταθμό για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση της γραμμικότητας των αναμεταδοτών.

- Ανέξοδο να εφαρμοστεί.

- Για εμπρόσθια διόρθωση λάθους (FEC), το DVB-S2 χρησιμοποιεί ένα σύστημα βασισμένο σε μια αλληλουχία από Bose-Chaudhuri-Hochquenghem κώδικες.

### 1.2.2.2 Χρήσεις του DVB-S2

- Εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων σε SDTV (Standard Definition TV) και HDTV (High Definition TV).

- Υπηρεσίες αλληλεπίδρασης με πρόσβαση στο διαδίκτυο. Τα δεδομένα μπορούν να στέλνονται μέσω καλωδίου, DSL ή δορυφορικά.

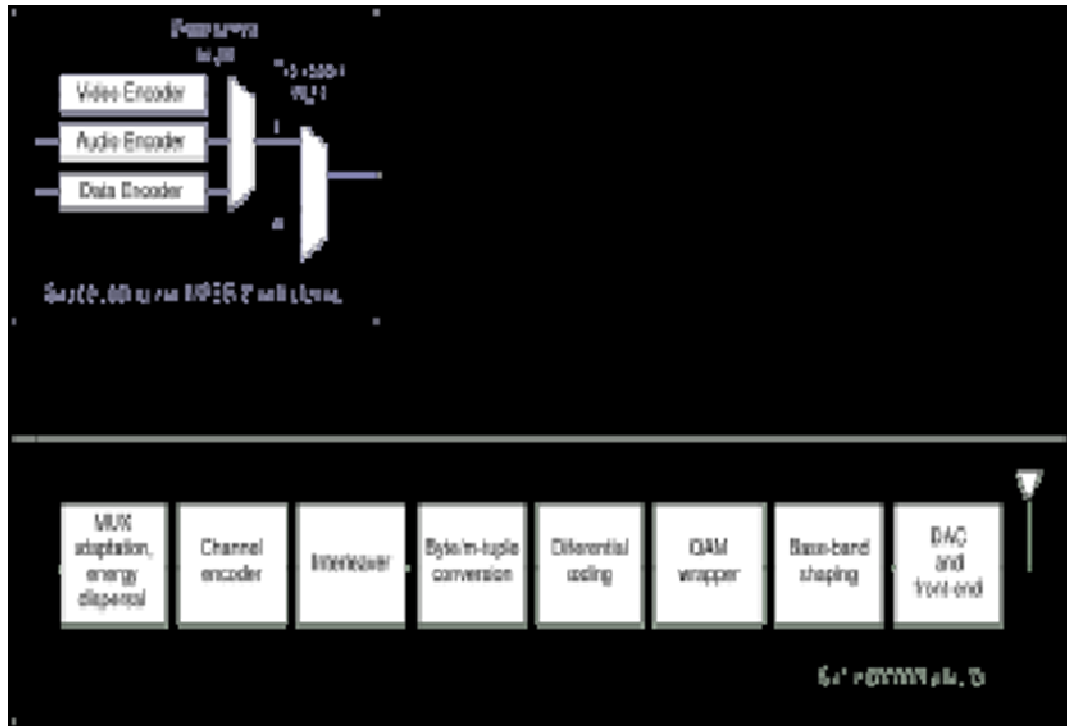
- Επαγγελματικές εφαρμογές όπου τα δεδομένα μπορούν να πολυπλέκονται σε πραγματικό χρόνο και η εκπομπή να γίνεται μετά στις VHF/UHF συχνότητες.

Η αλλαγή από το DVB-S στο DVB-S2 αναμένεται να πάρει αρκετά χρόνια, πιθανότατα σε συγχρονισμό με τον ερχομό της HDTV. Το DVB-S έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα πολύ καλά σχεδιασμένο και ευέλικτο πρότυπο και για το λόγο αυτό θα καθυστερήσει τόσο πολύ ο ερχομός του αποδεδειγμένα καλύτερου DVB-S2.

## 1.3 DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable)

Το καλωδιακό σύστημα **DVB-C** (Digital Video Broadcasting - Cable) έχει τεχνικά αρκετές ομοιότητες με το DVB-S. Η διαφορά του έγκειται στο ότι χρησιμοποιεί την αποδοτικότερη -αλλά και πιο ευαίσθητη σε παρεμβολές- διαμόρφωση 64QAM αντί της QPSK. Έτσι, ένα καλωδιακό κανάλι των 8MHz μπορεί να μεταφέρει 38.5Mbps. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί QAM λιγότερων ή περισσότερων επιπέδων. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχει μια αντιστάθμιση μεταξύ ταχύτητας και αξιοπιστίας.

### 1.3.1 Τεχνική περιγραφή του αποστολέα



Εικόνα 1.1 Αποστολέας ενός συστήματος DVB-C

Μια σύντομη περιγραφή των στοιχείων επεξεργασίας ακολουθεί παρακάτω

- **Κωδικοποίηση πηγής και Mpeg-2 πολύπλεξη (MUX)**: το βίντεο, ο ήχος (audio encoder), και τα δεδομένα (codec encoder) πολυπλέκονται σε ένα ενιαίο συρμό Mpeg-2 (PS-program stream). Ένας ή περισσότεροι PS ενώνονται μαζί στον Mpeg-2 συρμό μεταφορών (TS). Αυτό είναι το βασικό ψηφιακό stream (Transport stream) που διαβιβάζεται και λαμβάνεται από το σπίτι (Set-Top-Boxes). Τα bit streams για τα μεταφερόμενα Mpeg-2 δεδομένα εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους διαμόρφωσης και μπορεί να κυμανθούν από περίπου 6 ως περίπου 64 Mbps.
- **Διασπορά προσαρμογής MUX**: τα Mpeg-2 TS προσδιορίζονται ως ακολουθία πακέτων δεδομένων, καθορισμένου μήκους (188 ψηφιολέξεις). Αυτή η τεχνική ονομάζεται ενεργειακή διασπορά.
- **External encoder** (εξωτερικός κωδικοποιητής): ένα πρώτο επίπεδο προστασίας εφαρμόζεται σε διαβιβασθέντα δεδομένα, που χρησιμοποιούν έναν κώδικα φραγμών, Reed-Solomon RS (204, 188), επιτρέποντας την διόρθωση μέχρι ενός μεγίστου, 8 λανθασμένων ψηφιολέξεων κάθε πακέτου 188 ψηφιολέξεων.
- **Εξωτερικός interleaver**: η συνελκτική παρεμβολή χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την εκ νέου διαβιβασθείσα ακολουθία δεδομένων.
- **Byte/m -tuple μετατροπή**: οι ψηφιολέξεις δεδομένων κωδικοποιούνται στο πλαίσιο m-tuples ( $m = 4, 5, 6, 7, \text{ ή } 8$ ).
- **Διαφορική κωδικοποίηση (differential coding)**: οι δύο σημαντικότερες ψηφιολέξεις σε κάθε μια m-tuple είναι κωδικοποιημένες.
- **Mapper QAM**: η ακολουθία πλαισίων χαρτογραφείται σε μια ψηφιακή ακολουθία ζωνών βάσης από τα σύνθετα σύμβολα. Υπάρχουν 5 επιτρεπόμενοι τρόποι διαμόρφωσης: 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-

QAM, 256-QAM.

- **Ζώνη βάσης:** το σήμα QAM φιλτράρεται από ένα διαμορφωμένο φίλτρο αυξανόμενου συνημιτόνου, προκειμένου να αφαιρεθεί η αμοιβαία παρέμβαση σημάτων στη λαμβάνουσα πλευρά.
- **DAC και front-end:** το ψηφιακό σήμα μετασχηματίζεται σε ένα αναλογικό σήμα, με ένα digital-to-analog μετατροπέα (DAC), και έπειτα διαμορφώνεται στη ραδιοφωνική συχνότητα από τον RF front-end.

Modulation	Bandwidth (MHz)				
	2	4	6	8	10
16QAM	6,41	12,82	19,23	25,64	32,05
32QAM	8,01	16,03	24,04	32,05	40,07
64QAM	9,62	19,23	28,85	38,47	48,08
128QAM	11,22	22,44	33,66	44,88	56,10
256QAM	12,82	25,64	38,47	51,29	64,11

Πίνακας 1.1 Ρυθμοί ενός DVB-C συστήματος σε Mbit/s

### 1.3.2 Τεχνική περιγραφή του δέκτη

Η λήψη STB υιοθετεί τις εξής τεχνικές:

- Front-end και ADC: το αναλογικό σήμα RF μετατρέπεται στη ζώνη βάσης και μετασχηματίζεται σε ένα ψηφιακό σήμα, με χρησιμοποίηση αναλογικού σε ψηφιακό μετατροπέα (ADC).
- Αποδιαμόρφωση QAM
- Εξίσωση
- Διαφορική αποκωδικοποίηση
- Εξωτερική αποκωδικοποίηση
- Προσαρμογή MUX
- Mpeg-2 αποδιαύλωση και αποκωδικοποίηση πηγής
- Προγραμματισμο stream μεταφορών (Transport Stream)

### 1.3.3 DVB-C2

Η ψηφιακή οργάνωση προτύπων TV ελπίζει ότι η νέα προδιαγραφή DVB-C2 θα μεγιστοποιήσει τις αποδόσεις μετάδοσης, ώστε να είναι μεγαλύτερες των HFC (Hybrid Fibre Coax) σε σημείο όπου ένα DVB-C3 δεν θα χρειαστεί ποτέ.

Η πιό πρόσφατη προσπάθεια προτύπων DVB ακολουθεί την τυποποίηση DVB-S2 (30% περισσότερη ρυθμοαπόδοση στο δορυφορικό φάσμα) και την έναρξη της εργασίας για το DVB-T2 και DVB-H2 για την ψηφιακή επίγεια και κινητή TV αντίστοιχα.

Μια ομάδα μελέτης DVB-TM (DVB TM 3811) που εξετάζει το μέλλον της καλωδιακής τεχνολογίας έχει προσδιορίσει ήδη τις νέες εξελίξεις της τεχνολογίας στους τομείς της επεξεργασίας σήματος, της κωδικοποίησης καναλιών και της διαμόρφωσης που θα παράσχουν τα μέσα για να αυξηθεί σημαντικά η ικανότητα μετάδοσης των καλωδιακών δικτύων, και να επιτρέψει την ευρεία εισαγωγή των προηγμένων ψηφιακών υπηρεσιών TV μέσω του καλωδίου.

Μερικές από τις απαιτήσεις περιλαμβάνουν:

- Ανάγκη για μεγαλύτερη ικανότητα μεταφορών στα καλωδιακά δίκτυα και εφαρμόσιμα στις νέες υπηρεσίες όπως η HDTV, VOD και άλλες εξατομικευμένες και διαλογικές υπηρεσίες.
- Ανάγκη για τις εταιρίες (παρόχοι καλωδιακής τηλεόρασης) να παραμείνουν ανταγωνιστικές και εύελικτες και να είναι σε θέση να παρέχουν μια ψηφιακή

προσφορά, ανταγωνιστική στις ψηφιακές αγορές TV.

- Η ανάγκη των παρόχων να παραμείνουν ικανοί να αναμεταδίδουν ολόκληρη την πολύπλεξη που λαμβάνεται μέσω των δορυφορικών ή επίγειων δικτύων χρησιμοποιώντας τα ανώτερα σχέδια διαμόρφωσης.
- Ανάγκη να υπάρξουν περισσότερα και καλύτερα τεχνικά εργαλεία, που να παρέχουν νέες ευκαιρίες επέκτασης της επιχείρησης.

Οι μελετητές του DVB δηλώνουν ότι «τα αποτελέσματα της μελέτης του DVB-C2 παρήχαν ήδη σαφείς ενδείξεις ότι οι τεχνολογίες είναι διαθέσιμες επιτρέποντας στην απόδοση του συστήματος μετάδοσης του DVB-C2 να φτάσει κοντά στο θεωρητικό όριο Shannon και να επιβεβαιώσει ότι περαιτέρω βελτιώσεις στο μέλλον πιθανότατα δεν θα είναι σε θέση να δικαιολογήσουν την εισαγωγή μιας τρίτης έκδοσης». Το DVB σε απάντηση στην αυξανόμενη καταναλωτική ζήτηση για μια ευρύτερη σειρά υπηρεσιών (ψηφιακή TV), έχει αναγκάσει τους παρόχους καλωδιακής τηλεόρασης να αναβαθμίσουν τα δίκτυά τους, κάτι που είχε σαν αποτέλεσμα την επέκταση της διαμόρφωσης σε 256 QAM (ωφέλιμο φορτίο 50Mbps ανά κανάλι) και την αύξηση του φάσματος συχνοτήτων που χρησιμοποιείται για την προς τα κάτω μετάδοση, μέχρι το μέγιστο των 862 MHz. Πολλοί παρόχοι προσφέρουν αυτήν την περίοδο εκτός από την αναλογική τηλεόραση, αρκετά ψηφιακά τηλεοπτικά κανάλια και ένα αυξανόμενο ποσό νέων, και πίο περίπλοκων, διαλογικών (interactive) και εξατομικευμένων υπηρεσιών.

Η ζήτηση για τις προηγμένες υπηρεσίες αυξάνεται, και οι παρόχοι καλωδιακής τηλεόρασης επιδιώκουν να βρουν τρόπους να προσφέρουν προϊόντα όπως την HDTV και VOD μέσα σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό πλαίσιο, μαζί με τις απαραίτητες συνοδευτικές διαλογικές υπηρεσίες.

#### **1.4 DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial)**

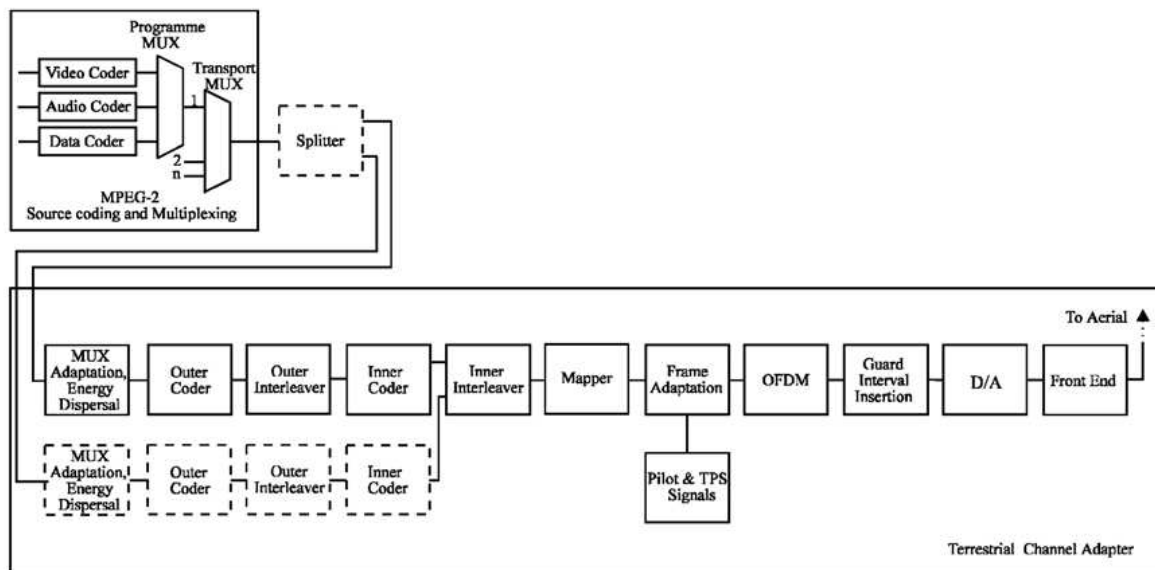
Το επίγειο σύστημα DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) αποτελεί το πρότελευταίο χρονικά μέλος της οικογένειας DVB. Επιτυγχάνει ψηφιακή μετάδοση υψηλών ταχυτήτων μέσω του επίγειου καναλιού, χρησιμοποιώντας διαμόρφωση πολλαπλών φερόντων στο σχήμα της πολύπλεξίας με ορθογωνική διαίρεση συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM). Η πολύπλεξη OFDM του DVB-T χρησιμοποιεί ένα μεγάλο αριθμό φερόντων (6817 ή 1704 για μετάδοση 8K και 2K αντίστοιχα), κάθε ένα από τα οποία διαμορφώνεται κατά QPSK, 16QAM ή 64QAM. Έτσι, η πληροφορία κατανέμεται ομοιόμορφα στο φάσμα και, σε συνδυασμό με κωδικοποίηση και διεμπλοκή δύο στρωμάτων, το σήμα αποκτά μεγάλη ευρωστία ακόμη και σε περιβάλλοντα με ισχυρές διαλείψεις και φαινόμενα πολυδιαδρομικής μετάδοσης (multipath).

Το DVB-T είναι το πιο πρόσφατο (και πιο εξελιγμένο τεχνολογικά) πρότυπο -σε σχέση με τα δύο προηγούμενα-, και οι προοπτικές χρήσης του για μετάδοση δεδομένων IP όχι μόνο είναι πολυάριθμες, αλλά και δεν έχουν ακόμη αναδειχθεί (δίκτυα παροχής δεδομένων βασισμένα στο DVB-S και DVB-C έχουν ήδη αναπτυχθεί αλλά οι δυνατότητες και οι προοπτικές τους είναι σχετικά περιορισμένες). Επίσης, το επίγειο σύστημα δεν απαιτεί ιδιαίτερο εξοπλισμό από πλευράς χρήστη (π.χ. δορυφορικό δέκτη ή καλωδιακή υποδομή) και από την πλευρά του παροχέα αποτελεί την πιο προσιτή και πιο ευέλικτη λύση σε σχέση με την δορυφορική μετάδοση ή το καλωδιακό δίκτυο. Τέλος, ένα επίγειο ψηφιακό σύστημα μπορεί να οργανωθεί σε περιοχές κάλυψης με κυψελωτή δομή και να προσφέρει υπηρεσίες και σε κινούμενους χρήστες, μια δυνατότητα που οι υπόλοιπες τεχνολογίες δεν μπορούν να προσφέρουν.

Το πρότυπο DVB-T συνδυάζει το OFDM με σύνθετες τεχνικές ισοστάθμισης και κωδικοποίησης, εισάγοντας την τεχνολογία του κωδικοποιημένου OFDM (Coded OFDM- COFDM). Συνδυάζοντας κωδικοποίηση και διεμπλοκή δύο επιπέδων, η διαδικασία διαμόρφωσης καθιστά το σήμα ιδιαίτερα ανθεκτικό σε πολυδιαδρομική διάδοση και παρεμβολές.

Η λειτουργία του διαμορφωτή είναι σχετικά σύνθετη. Το μπλοκ διάγραμμα που φαίνεται παρακάτω δείχνει τις βασικές λειτουργίες της μετατροπής του σήματος βασικής ζώνης στο προς μετάδοση σήμα. Οι λειτουργίες αυτές, με τη σειρά που εφαρμόζονται στο stream (ρεύμα) μεταφοράς, είναι οι εξής :

- Προσαρμογή MPEG-2 πακέτων και τυχαιοποίηση (randomization)
- Εξωτερική κωδικοποίηση (προστασία έναντι λαθών με κώδικα Reed-Solomon)
- Εξωτερική συνελικτική διεμπλοκή (convolutional interleaving)
- Εσωτερική κωδικοποίηση με διάτρητο συνελικτικό κώδικα (punctured convolutional code)
- Εσωτερική διεμπλοκή (inner interleaving) στον χρόνο και στη συχνότητα
- Αντιστοίχιση και διαμόρφωση των φερόντων
- Πολυπλεξία κατά OFDM με αντίστροφο ταχύ μετασχηματισμό Fourier (IFFT) και διαμόρφωση του φέροντος IF
- Μετατροπή (up-conversion) της τελικής RF συχνότητας.



Εικόνα 1.2 Αποστολέας DVB-T

Η τελευταία λειτουργία δεν υποστηρίζεται εγγενώς από αρκετούς διαμορφωτές, οπότε απαιτείται μία πρόσθετη μονάδα για μετατροπή προς τα πάνω.

Οι μονάδες που σημειώνονται με διακεκομμένες γραμμές στο παραπάνω σχήμα αφορούν την επιλογή της ιεραρχικής διαμόρφωσης (hierarchical modulation) που υποστηρίζεται πλήρως από το πρότυπο DVB-T. Στην περίπτωση της ιεραρχικής διαμόρφωσης, το σήμα βασικής ζώνης προϋπάρχει διαιρεμένο σε δύο stream μεταφοράς: ένα υψηλής προτεραιότητας (high priority TS) και ένα χαμηλής (low priority TS). Τα δύο σήματα διαμορφώνονται ταυτόχρονα σε ένα ιεραρχικό QAM σχήμα. Ως αποτέλεσμα, ένας δέκτης με κακές συνθήκες λήψης λαμβάνει μόνο τα δεδομένα υψηλής προτεραιότητας, ενώ ένας με καλύτερες λαμβάνει το σύνολο. Η

λειτουργία ιεραρχικής διαμόρφωσης παρέχει σημαντική ευελιξία στο σύστημα, ιδίως όταν συνοδευτεί από κλιμακωτή κωδικοποίηση της κινούμενης εικόνας κατά MPEG-2 (scalable MPEG-2 encoding).

#### 1.4.1 Μετάδοση δεδομένων IP πάνω από το κανάλι DVB-T

Η αποτελεσματικότητα και οι προοπτικές του IP-over-DVB φαίνονται από την ευρεία αποδοχή των τεχνικών του προαναφερθέντος προτύπου από το σύνολο σχεδόν των πυλών IP-to-DVB που κυκλοφορούν, αλλά και από την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για μονάδες ενθυλάκωσης.

Επίσης, όλες οι τεχνικές αναφέρονται σε πακέτα της τέταρτης έκδοσης του IP (IPv4) που κυριαρχεί αυτή τη στιγμή στο Internet. Η έλευση της έκκτης έκδοσης (IPv6) και η ενσωμάτωσή της στον χώρο της ψηφιακής τηλεοπτικής μετάδοσης είναι θέμα χρόνου, καθώς βρίσκονται υπό προτυποποίηση νέες τεχνικές ενθυλάκωσης IPv6-over-DVB. Μια τέτοια προοπτική φαίνεται να υπόσχεται πολλά, καθώς τα κυριότερα πλεονεκτήματα του IPv6 (μεγάλος χώρος διευθυνσιοδότησης, ομαλή δρομολόγηση, υποστήριξη QoS, αυξημένη ασφάλεια και υποστήριξη κινητικότητας (mobility) ) μπορούν να βρουν άμεσες και σημαντικές εφαρμογές στον χώρο της μετάδοσης δεδομένων μέσω ψηφιακής τηλεόρασης. Περισσότερη ανάλυση για το IP-over-DVB γίνεται σε παρακάτω κεφάλαιο.

#### 1.4.2 Προοπτικές χρήσης - Εφαρμογές

Η δυνατότητα χρήσης του συστήματος εκπομπής της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης ως μέσου ευρυζωνικής μετάδοσης δεδομένων με βάση την αρχιτεκτονική, ανοίγει νέες προοπτικές για αμφίδρομες υπηρεσίες πληροφορίας και πολυμέσων στους τελικούς χρήστες. Εξάλλου, παρ' όλο που η ψηφιακή τεχνολογία φαίνεται να ξεπερνά πολλούς περιορισμούς της αναλογικής μετάδοσης, είναι σχεδόν βέβαιο ότι αυτά τα πλεονεκτήματα από μόνα τους δεν μπορούν να εγγυηθούν μια επιτυχημένη εισαγωγή του DVB-T σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου η επίγεια αναλογική τηλεόραση κατέχει τη μερίδα του λέοντος στο χώρο της τηλεοπτικής μετάδοσης. Υπηρεσίες «προστιθέμενης αξίας» (added-value) είναι αναγκαίες για να προσελκύσουν περισσότερους χρήστες και να αυξήσουν τα κέρδη των τηλεοπτικών εταιρειών και των παροχών υπηρεσιών. Μπορεί η αγορά της ψηφιακής τηλεόρασης μέχρι τώρα να συντηρείται με τη χρέωση απλής τηλεθέασης (PayTV) όπως γίνεται και στη χώρα μας, αλλά το μέλλον όσον αφορά την εμπορική εκμετάλλευση βρίσκεται στις σύνθετες και πραγματικά αμφίδρομες υπηρεσίες. Αυτές οι υπηρεσίες είναι που τελικά θα διαφοροποιήσουν τον ψηφιακό τηλεοπτικό παροχέα από τον ανταγωνισμό.

Για παράδειγμα, η συνδυασμένη λήψη κινούμενης εικόνας, Internet και πολυμεσικού περιεχομένου από κινητούς χρήστες μπορεί να είναι ιδιαίτερα ελκυστική και ως εκ τούτου καταλυτική για την αποδοχή του DVB-T από το ευρύ κοινό. Εξάλλου, μόνο η τεχνολογία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης μπορεί να παρέχει δυνατότητα κίνησης σε έναν χρήστη αμφίδρομου τηλεοπτικού δικτύου. Και η δυνατότητα αυτή τονίζει μεταξύ άλλων την υπεροχή του Ευρωπαϊκού DVB-T έναντι ανταγωνιστικών προτύπων. Η λήψη του σήματος DVB-T από σταθερούς και κινητούς χρήστες με μικρούς σε μέγεθος και προσιτούς δέκτες / αποκωδικοποιητές δίνει τη δυνατότητα στον καθένα να προσπελάσει και να χρησιμοποιήσει παντού και οποτεδήποτε ακόμη και ευρυζωνικές υπηρεσίες δεδομένων για επαγγελματική ή προσωπική χρήση. Ιδιαίτερα απλοποιημένοι και οικονομικά προσιτοί δέκτες έχουν ήδη αναπτυχθεί και ενσωματωθεί σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα, με απόδοση πολύ κοντά σε αυτή ενός πρότυπου επαγγελματικού δέκτη. Ένα κανάλι επιστροφής χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις μπορεί να προστεθεί για να προσδώσει το χαρακτήρα της αληθινής αμφίδρομότητας (true interactivity) με ιδιαίτερα αξιολογικά αποτελέσματα.



### 1.4.3 Κατηγορίες εφαρμογών

Σε πρώτη φάση, οι σχεδιαζόμενες υπηρεσίες σε ένα σύστημα DVB-T γενικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις περιοχές :

- **Εμπλουτισμένη Εκπομπή** – Enhanced Broadcasting. Περιλαμβάνει την ψηφιακή εκπομπή οπτικοακουστικού σήματος μαζί με εφαρμογές που έχουν εγκατασταθεί στο τερματικό του χρήστη για να εξασφαλίσουν κάποια τοπική διαδραστικότητα. Δεν απαιτεί κανάλι επιστροφής (αμφιδρομότητας).
- **Αμφίδρομη Εκπομπή** – Interactive Broadcasting. Περιλαμβάνει πραγματικά αμφίδρομες υπηρεσίες που συνδέονται ή είναι τελείως ανεξάρτητες με άλλες, broadcast υπηρεσίες. Απαιτείται κανάλι επιστροφής.
- **Πρόσβαση στο Internet** – Internet Access. Αυτή η περιοχή εστιάζεται στην παροχή πρόσβασης στο Internet μέσω μιας πλατφόρμας DVB. Σενάρια εφαρμογής υπηρεσιών TCP/IP-over-DVB-T, μπορούν να περιλαμβάνουν:
  - Χρήση παραδοσιακών client-server εφαρμογών σε τηλεοπτικά προγράμματα για ενεργό συμμετοχή του κοινού (τηλε-ψηφοφορία, αναδραστικές διαφημίσεις, τηλεπαιχνίδια κ.λπ.),
  - Λήψη πληροφοριών on-demand και σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τα προβαλλόμενα προγράμματα και τις διαφημίσεις ,
  - Εύκολη μετακίνηση και εγκατάσταση σημείων παροχής πληροφοριών στο κοινό (“infokiosks”), που διασυνδέονται ασύρματα μέσω ενός κοινού DVB-T downlink, χωρίς την απαίτηση ενσύρματης υποδομής ,
  - Πληροφορίες κίνησης και τηλε-πλοήγηση σε ιδιωτικά μέσα μεταφοράς (αυτοκίνητα, φορτηγά). Υπάρχουν πολλά σενάρια για την εγκατάσταση πολυμεσικών συστημάτων και σε αυτοκίνητα, βασισμένων στο DVB-T,
  - Παροχή νέων αμφίδρομων πολυμεσικών εφαρμογών στους πελάτες μαζικών μέσων μεταφοράς (κυρίως λεωφορείων μεγάλων αποστάσεων, τρενών, πλοίων)
  - Εύκολη και ευρυζωνική πρόσβαση στο Internet από φορητά τερματικά παντού και οποτεδήποτε σε ταχύτητες πολύ υψηλότερες των κινητών τερματικών τρίτης γενιάς.

### 1.5 DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld)

Το DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld) είναι μια τεχνική προδιαγραφή που σκοπό έχει να φέρει τις υπηρεσίες μετάδοσης ψηφιακού βίντεο στους φορητούς δέκτες. Το DVB-H υιοθετήθηκε επισήμως από την ETSI με το τυποποιημένο EN 302 304 τον Νοέμβριο του 2004 και επικυρώθηκε επίσημα από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο σημαντικότερος ανταγωνιστής αυτής της τεχνολογίας είναι ψηφιακή αναμετάδοση πολυμέσων (DMB). Χρησιμοποιεί διαμόρφωση QAM, QPSK ή ακόμα και 64QAM, κώδικα διόρθωσης λαθών MPE-FEC, και τεχνική τεμαχισμού χρόνου.

#### 1.5.1 Προβλήματα

- Μεγάλη κατανάλωση ρεύματος
- Προβληματική απόδοση σε κυτταρικό περιβάλλον
  - Ο λόγος C/N στο κινητό κανάλι
  - Φαινόμενο Doppler στο κινητό κανάλι
  - Αυθόρμητες παρεμβολές
- Μικρή ευελιξία σχεδιασμού για κινητά

#### 1.5.2 Οφέλη

- Καταναλωτές: Νέες ελκυστικές υπηρεσίες
- Επαναχρησιμοποίηση δημοφιλών συσκευών δια μέσου νέων πλατφόρμων μετάδοσης
- Εταιρίες: Επιπρόσθετες επιχειρηματικές ευκαιρίες
- Διαχειριστές (Mobile operators): Εφοδιασμός από νέες υπηρεσίες αλληλεπίδρασης και πιθανότατα νέοι ρόλοι για αυτούς στις επιχειρήσεις (digital video broadcasting)
- Πωλητές εξοπλισμού: Νέα προϊόντα

### 1.5.3 Τεχνική εξήγηση:

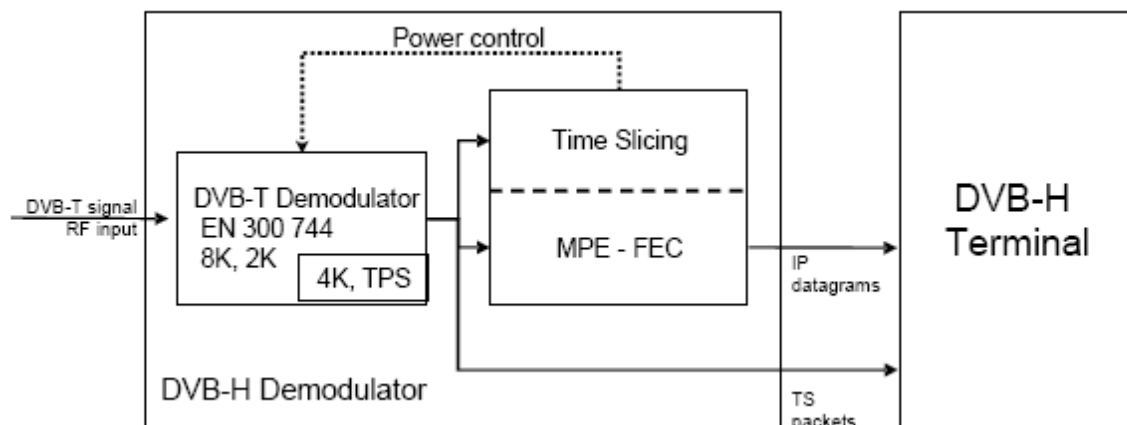


Εικόνα 1.3 Δομή πλαισίων DVB-H

Είναι η πιο πρόσφατη ανάπτυξη μέσα στο σύνολο προτύπων μετάδοσης DVB. Θεωρείται ως αντικαταστάτης του πολύ επιτυχημένου DVB-T, δηλαδή του συστήματος για την ψηφιακή επίγεια τηλεόραση, με πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να καλύψει τις συγκεκριμένες απαιτήσεις των φορητών -με μπαταρίες- δεκτών.

Μπορεί να προσφέρει ένα προς τα κάτω κανάλι στα υψηλά ποσοστά δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομα ή ως εμπλουτισμός των κινητών δικτύων τηλεπικοινωνιών όπου πολλά φορητά τερματικά είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση. Χρονικός τεμαχισμός είναι η τεχνολογία που υιοθετείται για να μειώσει την κατανάλωση ισχύος στα μικρά φορητά τερματικά. Τα IP δεδομένα διαβιβάζονται ως ριπές δεδομένων στις μικρές αυλακώσεις. Κάθε ριπή μπορεί να αποτελείται από περίπου 2 Mbits δεδομένων. Υπάρχουν 64 bit ισότιμιας για κάθε 191 bit, που προστατεύονται από Κώδικες Reed-Solomon Το μπροστινό άκρο του δέκτη ανάβει μόνο για το χρονικό διάστημα που η ριπή δεδομένων μιας επιλεγμένης υπηρεσίας είναι στον αέρα. Εντός αυτής της μικρής χρονικής περιόδου ένα υψηλό ποσοστό δεδομένων παραλαμβάνεται και μπορεί να αποθηκευτεί σε μια μονάδα προσωρινής αποθήκευσης.

Η επιτεύξιμη αποταμίευση ισχύος εξαρτάται από τη σχέση του on/off-χρόνου. Εάν υπάρχουν περίπου δέκα ή περισσότερες οι υπηρεσίες συνεχούς ροής σε ένα DVB-H, το ποσοστό της αποταμίευσης για το μπροστινό άκρο θα μπορούσε να είναι μέχρι 90%.



#### Εικόνα 1.4 Δέκτης DVB-H

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε την δομή του δέκτη ενός συστήματος DVB-H με τα μέρη που αναφέρονται πιο πάνω ενώ η δομή του αποστολέα αυτού του συστήματος είναι ίδια με αυτή του DVB-T. Παρατηρούμε ότι ο αποδιαμορφωτής του DVB-H αποτελείται από ένα αποδιαμορφωτή DVB-T, μια μονάδα χρονικού τεμαχισμού (time slicing) και μια μονάδα διόρθωσης λαθών MPE-FEC.

#### 1.5.4 Συχνότητες λειτουργίας

Το DVB-H λειτουργήσει στις ακόλουθες ζώνες:

- VHF-III (170-230 MHz)
- UHF-IV/V (470-862 MHz,)
- L (1.452-1.492 GHz)

Το DVB-H μπορεί να συνυπάρξει με το DVB-T στον ίδιο πολυπλέκτη.

#### 1.5.5 Είδη ασύρματων εφαρμογών

##### 1.5.5.1 DVB-IPDC

Το σύνολο προδιαγραφών DVB για τη IP Datacasting (DVB-IPDC) μπορεί να περιγραφεί από τα συστατικά που απαιτούνται για να επεκτείνουν μια εμπορική κινητή υπηρεσία TV που βασίζεται στο πρωτόκολλο Διαδικτύου. Το DVB-IPDC είναι ένα σύνολο προδιαγραφών που σχεδιάζεται αρχικά για χρήση στο φυσικό στρώμα του DVB-H, αλλά θα χρησιμοποιηθεί τελικά ως υψηλότερο στρώμα για όλα τα κινητά συστήματα TV DVB (συμπεριλαμβανομένου του DVB-SH), και ως υψηλότερο στρώμα για οποιοδήποτε οποιοδήποτε άλλο σύστημα IP.

Εν ολίγοις, όσον αφορά την κινητή TV, αυτές οι προδιαγραφές καθορίζουν τι παραδίδεται, πώς παραδίδεται, πώς περιγράφεται, και πώς προστατεύεται. Καλύπτουν την αρχιτεκτονική συστημάτων, τις περιπτώσεις χρήσης, τη σηματοδότηση DVB PSI/SI, τον ηλεκτρονικό οδηγό υπηρεσιών (ESG), τα πρωτόκολλα παράδοσης (CDP), καθώς και την αγορά και προστασία υπηρεσιών (SSP).

##### 1.5.5.2 DVB-SH

Είναι υβριδικά (δορυφορικά/επίγεια) πρότυπα που προέρχονται από το DVB-H και την ETSI SDR. Παρόμοιες αρχιτεκτονικές χρησιμοποιούνται ήδη: S-DMB, XM δορυφορικό ραδιόφωνο, MobaHo αλλά το DVB-SH δίνει υποσχέσεις ότι θα είναι ισχυρότερο. Το προβλεπόμενο σύστημα ενσωματώνει μια υψηλή ισχύ γεωστατικού δορυφόρου για τις υπαίθριες μεταφορές και ελαφριά εσωτερική κάλυψη που ενσωματώνεται με ένα επίγειο δίκτυο επαναληπτών (χαμηλής ισχύος gap-filler) για την εσωτερική κάλυψη στις αστικές περιοχές.

##### 1.5.5.3 DVB-H2:

Γίνονται μελέτες για κατασκευή του τελικού προτύπου μέσα στο 2008 μετά και την έλευση του δοκιμαστικού μοντέλου το 2007. Πιστεύεται ότι τα πρότυπα DVB-H2 και DVB-T2 θα συσχετίζονται.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Το Πρότυπο DVB-H**

#### **2.1 Σύντομη περιγραφή – Βασικά χαρακτηριστικά**

Στην Ελλάδα, όπως και σε πολλές άλλες χώρες, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας παρέχουν στους πελάτες τους υπηρεσίες Mobile TV, οι οποίες επιτρέπουν την παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων, είτε ζωντανά, είτε κατά απαίτηση (on-demand). Για την υλοποίηση των συγκεκριμένων υπηρεσιών στην χώρα μας, οι εταιρίες εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα της υποδομής που παρέχουν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης και τρίτης γενιάς. Ουσιαστικά, πρόκειται για εφαρμογές video-streaming μέσω δικτύων IP, όπου τα τηλεοπτικά προγράμματα μεταφέρονται ως κωδικοποιημένα δεδομένα, ξεχωριστά στον κάθε αποδέκτη. Το DVB-H ή Digital Video Broadcasting – Handheld επιτρέπει την ευρυεκπομπή (broadcasting) τηλεοπτικού σήματος υψηλότερης ποιότητας, ενώ πλέον τα απαραίτητα ψηφιακά δεδομένα εκπέμπονται μόνο μια φορά από ένα δίκτυο πομπών για όλους τους «θεατές» - όπως άλλωστε συμβαίνει και με την επίγεια ή τη δορυφορική τηλεόραση. Μολονότι έχουν παρουσιαστεί αρκετά πρότυπα που λίγο ή πολύ παρέχουν τις ίδιες λειτουργίες, 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.

## 2.2 Πως λειτουργεί το DVB-H

Το DVB-H παρέχει ένα καθοδικό κανάλι ζεύξης που επιτρέπει τη μονόδρομη μεταφορά δεδομένων σε υψηλούς ρυθμούς. Το συγκεκριμένο κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αυτόνομα, είτε σε συνδυασμό με τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Το DVB-H χρησιμοποιεί την τεχνική του χρονομερισμού ή time-slicing. Τα δεδομένα δεν μεταδίδονται συνεχόμενα, αλλά κατά ριπές (bursts). Υπολογίζεται ότι σε ένα δέκατο του δευτερολέπτου ο δέκτης μπορεί να λάβει τόσα δεδομένα, ώστε να επιτευχθεί η αναπαραγωγή τηλεοπτικού σήματος για τη διάρκεια του επόμενου δευτερολέπτου. Στο ενδιάμεσο διάστημα που είναι ανάλογο με το 90% της συνολικής διάρκειας παρακολούθησης τηλεοπτικού προγράμματος, ο δέκτης απενεργοποιείται ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ελαχιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο η μπαταρία ενός τυπικού κινητού επαρκεί για την παρακολούθηση τηλεοπτικού προγράμματος μέγιστης διάρκειας τεσσάρων (4) ωρών.

Επειδή οι φορητές συσκευές έχουν μικρές κεραίες και απαιτούν την λήψη τηλεοπτικού σήματος υπό διαφορετικές συνθήκες, το DVB-H εισάγει ένα εξελιγμένο σύστημα διόρθωσης λαθών, που αποτελείται από ένα ακόμη «επίπεδο» εμπροσθόδοτης διόρθωσης σφάλματος (FEC, Forward Error Correction) στο «στρώμα» Multi Protocol Encapsulation (MPE). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η βέλτιστη λήψη των εκπομπών, ακόμη και εν κινήσει. Επιπρόσθετα, το DVB-H εισάγει μια νέα κατάσταση λειτουργίας, γνωστή και ως 4K mode, η οποία επιτρέπει στα δίκτυα να σχεδιάσουν δίκτυα μονής συχνότητας (single frequency networks), καθώς και ένα ακόμη κανάλι σηματοδότησης για τη βελτιστοποίηση της πρόσβασης σε διάφορες λειτουργίες.

Το πλεονέκτημα των υπηρεσιών DVB-H σε σύγκριση με τις «κοινές» υπηρεσίες Mobile TV, οι οποίες βασίζονται στο video-streaming, είναι ότι δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των «δεκτών», που μπορούν να λάβουν την πληροφορία, εφόσον το σήμα μεταδίδεται μια φορά από έναν πομπό για να ληφθεί ταυτόχρονα από πολλούς δέκτες. Το DVB-H χρησιμοποιεί εξελιγμένα codec εικόνας και ήχου, όπως το H.264. Ένα σύστημα πολυπλεξίας DVB-H μπορεί να εκπέμπει ταυτόχρονα έως και 50 διαφορετικά τηλεοπτικά, υπό ιδανικές συνθήκες.

## 2.3 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.

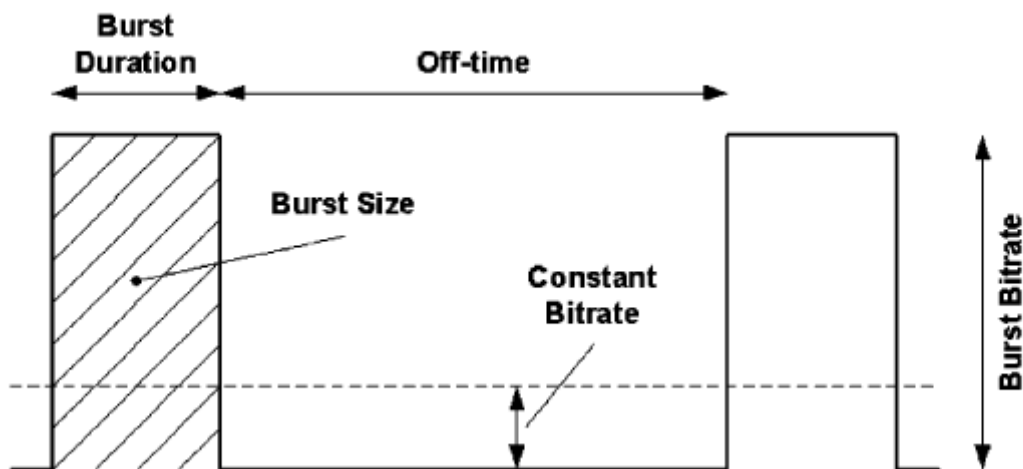
### 2.3.1 Πως το Time slicing παρέχει λύση

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 τελεματική συσκευή αυτό μπορεί να γίνει με αποθήκευση των λαμβανομένων bursts.



Εικόνα 2.1 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.

### 2.3.2 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 κυψέλων 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.

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.

## 2.4 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.

### 2.4.1 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.

### 2.4.2 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 dBι και 5 dBι, ενώ το κινητό τερματικό με την εσωτερική του μόνο κεραία θα είχε εκτιμώμενο κέρδος από -5dBι έως -10dBι.

### 2.4.3 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. Η λειτουργία 2K είναι κατάλληλη για μετάδοση σε υπερβολικά μεγάλες ταχύτητες, χάρη στο μεγάλο διάστημα ανάμεσα στα φέροντα (intercarrier spacing) που υλοποιεί από την άλλη η λειτουργία 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. Τέλος οι λειτουργίες αυτές λειτουργούν σωστά και σε συχνότητες μεγαλύτερες από τις παραδοσιακές συχνότητες εκπομπής.

## 2.5 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.



## 2.6 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

### 2.6.1 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.

Οι λειτουργίες μετάδοσης 2K και 8K, 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.

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.

Τέλος 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 κυβελών 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.

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 2.1 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.

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 ( $\mu$ s)	224	448	896
Guard interval duration ( $\mu$ s)	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 2.1 Διαστήματα φύλαξης (guard intervals) για 2K,4K και 8K

## 2.6.2 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.

## 2.7 Μελέτη στη χρήση επαναληπτών σε δίκτυα DVB-H

### 2.7.1 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.

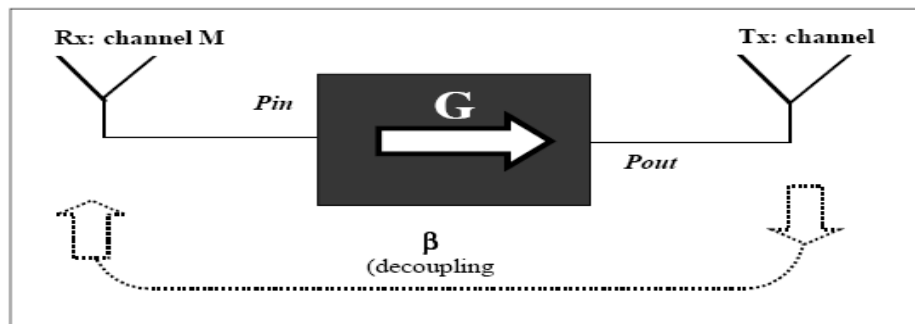


Figure 9.4: Illustration of an on-channel repeater

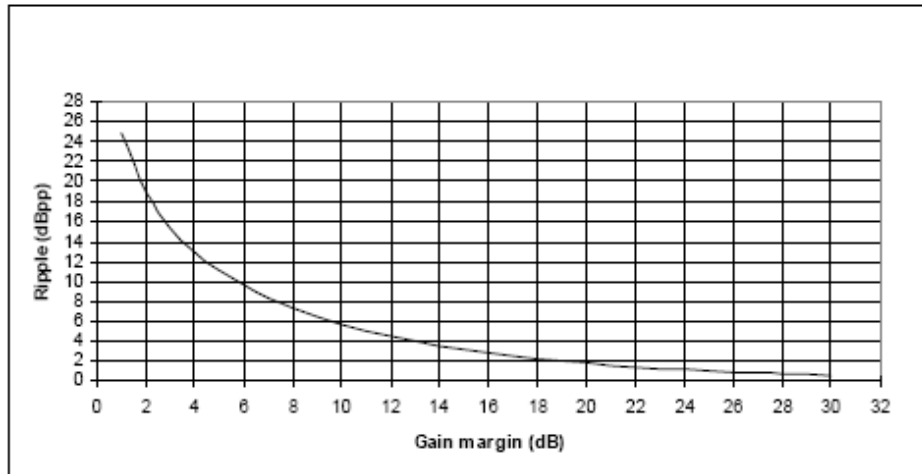
Εικόνα 2.2 On-channel repeater

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:



**Figure 9.5: Peak-to-Peak Ripple (dB) in the transfer function against Gain Margin (dB)**

**Εικόνα 2.3** 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.

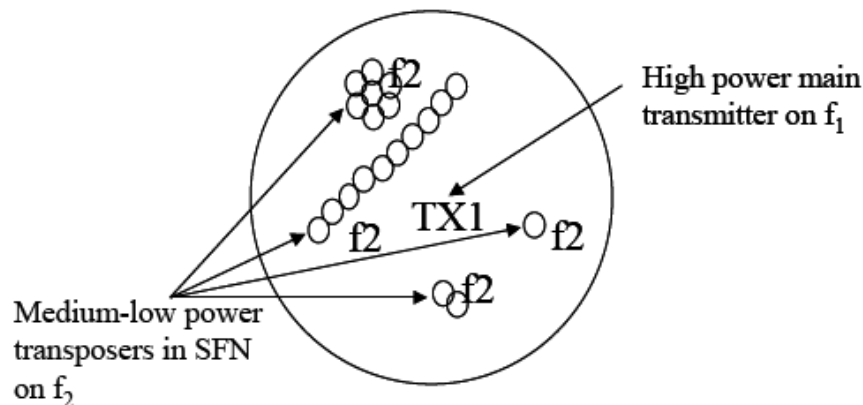
Μερικοί επαναλήπτες on-channel ήδη περιλαμβάνουν στις συσκευές τους εσωτερικά συστήματα που ακυρώνουν την ηχώ. Αυτό το στοιχείο προσθέτει μια εσωτερική αποσύζευξη στην εξωτερική, και επιτρέπει επομένως μια υψηλότερη συνολική αποσύζευξη. Έχουν αναφερθεί βελτιώσεις πάνω από 15dB.

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.

## 2.7.2 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.



Εικόνα 2.4 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 εξαγόντας 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.

## **2.8 Θέματα κάλυψης**

### **2.8.1 Εισαγωγή**

Είναι σημαντικό να δοθούν κάποιοι 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.

## 2.8.2 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 B: 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 A και B: 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.

## 2.8.3 Κινητή λήψη

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

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<sub>min</sub> + 3 dB, σύμφωνα με όσα αναφέρονται σε επόμενη ενότητα. Επίσης το MPE-FEC έχει πολύ σημαντική επίδραση στην τιμή C/N<sub>min</sub> 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 εξασθένηση που εισάγει το εκάστοτε όχημα. Για την εξασθένηση 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.

## 2.8.4 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 × 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.



## **Κεφάλαιο 3**

# **Το Πρότυπο DVB-T σύγκριση και κοινή χρήση με το DVB-H**

## **3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ DVB**

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

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

Για τον καθορισμό του προτύπου DVB και των παραγώγων προτύπων του, αποφασίστηκε ότι για την κωδικοποίηση των τηλεοπτικών και ηχητικών σημάτων καθώς και για την πολυπλεξία τους θα χρησιμοποιούνταν το ήδη παγκοσμίως αποδεκτό πρότυπο MPEG-2. Στη χρήση του προτύπου αυτού, οφείλεται η απόλυτη ευκρίνεια των μεταδιδόμενων εικόνων συνοδευόμενη από ήχο άριστης ποιότητας. Οι εικόνες μπορούν να είναι ορατές στην τυποποίηση που έχει αναλογία ανάλυσης εικόνας ίση με 4x3 και στην τυποποίηση ευρείας οθόνης, η οποία έχει αντίστοιχη αναλογία ανάλυσης ίση με 16x9, ενώ ο ήχος μπορεί να είναι μονοφωνικός, πολυφωνικός ή στερεοφωνικός. Επιπροσθέτως, η καθιέρωση του προτύπου MPEG-2 σε παγκόσμιο επίπεδο συνέβαλε στη αβίαστη μετάδοση των σημάτων DVB ανάμεσα σε διαφορετικά μέσα, ανάγκη επιτακτική στο σημερινό περιβάλλον τηλεπικοινωνιών.

Χάρη στη χρήση των πακέτων μεταφοράς MPEG-2 ως γενικευμένων «μεταφορέων δεδομένων» (data containers), ένας MPEG-2 συρμός μεταφοράς και συνεπώς ένα σύστημα DVB - μπορεί να μεταφέρει σχεδόν οτιδήποτε ψηφιοποιείται, από τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV), πολλαπλά κανάλια SDTV (PAL / SECAM / NTSC, 3 PAL (Phase Alternate Line), SECAM (Sequential Couleur Avec Memoire) Ευρωπαϊκά πρότυπα αναλογικής τηλεόρασης- NTSC (National Television Standard Committee) Αμερικάνικο πρότυπο αναλογικής τηλεόρασης) μέχρι και υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένων. Τόσο ο χρήστης όσο και ο αποκωδικοποιητής χρειάζονται βοηθητικές πληροφορίες για τη σωστή διαχείριση των διαφορετικών προγραμμάτων. Την ανάγκη αυτή καλύπτει η προδιαγραφή DVB-SI (Digital Video Broadcasting -Service Information), η οποία αποτελεί επέκταση της MPEG-PSI προδιαγραφής. Το DVB-SI εμπεριέχεται στο συρμό μεταφοράς (με τη μορφή επιπρόσθετων πακέτων μεταφοράς) και μεταφέρει τεχνικές πληροφορίες για

την ομαλή λειτουργία των αποκωδικοποιητών ή πληροφορίες ηλεκτρονικών οδηγών προγράμματος. Υπό την έννοια αυτή, το DVB αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευέλικτο πρότυπο ευρυεκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης και όχι μια απλή αντικατάσταση της υπάρχουσας αναλογικής τηλεοπτικής μετάδοσης.

Συμπερασματικά λοιπόν, το Ευρωπαϊκό πρότυπο ψηφιακής ευρυεκπομπής video συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής μετάδοσης τηλεοπτικών σημάτων.

## 3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ DVB-T

Το DVB-Terrestrial είναι το επίγειο σύστημα ασύρματης ευρυεκπομπής για τη UHF και VHF περιοχή συχνοτήτων, το οποίο εκδόθηκε από τον ETSI και δημοσιεύτηκε στην αναφορά ETSI/EBU 300 744 το Δεκέμβριο του 1995. Αποτελεί το πιο περίπλοκο αλλά και το πιο ευέλικτο πρότυπο επίγειας ασύρματης ευρυεκπομπής ψηφιακών προγραμμάτων που είναι διαθέσιμο σε παγκόσμιο επίπεδο σήμερα. Επιπλέον, προσφέρει την ταχύτερη μετάδοση δεδομένων για κινητή λήψη σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο ασύρματο δίκτυο.

Το DVB-Terrestrial σχεδιάστηκε για να επιτρέψει τη βέλτιστη χρήση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων, έχοντας τέτοια δομή ώστε να είναι σε θέση να μεταδίδει πλήθος ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων σε εύρος ζώνης που μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιούνταν από μια μόνο αναλογική υπηρεσία. Ήδη χρησιμοποιείται από πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, ενώ τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει σε σχέση με άλλα πρότυπα επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης δεν άργησαν να γίνουν αντιληπτά από τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς εκτός Ευρώπης, οι οποίοι προχώρησαν στην υιοθέτησή του. Έτσι λοιπόν, συστήματα DVB-T εκτός από την Ευρωπαϊκή Ένωση χρησιμοποιούνται στη Ρωσία, στην Ανατολική Ευρώπη, στην Ινδία, στην Σιγκαπούρη και στην Αυστραλία. Το πρότυπο DVB -Terrestrial, εφόσον τυποποιήθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος ψηφιακής βιντεοεκπομπής DVB συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά αυτού. Δεδομένου όμως ότι σχεδιάστηκε ώστε οι ψηφιακές υπηρεσίες να λειτουργήσουν στη UHF (Ultra High Frequency, 470 MHz – 862 MHz) ή στη VHF (Very High Frequency) κατανομή του φάσματος συχνοτήτων, απαιτεί την παροχή ικανοποιητικής προστασίας έναντι στις παρεμβολές που πηγάζουν από τις αναλογικές μεταδόσεις. Έτσι λοιπόν, τα δεδομένα που εκπέμπονται υπόκεινται σε ισχυρή διόρθωση σφαλμάτων, η οποία πραγματοποιείται σε διαδοχικά στάδια προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται ως κωδικοποίηση καναλιού. Επιπλέον, συγκεκριμένα κανάλια (“taboo channels”) της UHF κατανομής του φάσματος τα οποία δεν χρησιμοποιούνται από αναλογικές μεταδόσεις λόγω των έντονων παρεμβολών που προκαλούν με άλλα αναλογικά κανάλια, χρησιμοποιούνται από την τεχνολογία του DVB-T καθιστώντας δυνατή τη συνύπαρξη αναλογικής και ψηφιακής τεχνολογίας.

Συμπερασματικά το πρότυπο DVB-T λοιπόν, παρουσιάζει πολύ καλή συμπεριφορά κατά τη συνύπαρξη του με τα υπάρχοντα συστήματα αναλογικής μετάδοσης PAL, SECAM και NTSC, ενσωματώνεται στην τεχνολογία τους και αντιμετωπίζει επιτυχώς τις παρεμβολές που προέρχονται από τις μεταδόσεις τους.

## 3.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΗ

Κατά την αναλογική μετάδοση των τηλεοπτικών σημάτων η ποιότητα των εκπεμπόμενων προγραμμάτων υποβαθμίζεται, γεγονός που οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί συνίστανται στην ύπαρξη θορύβου στο κανάλι μετάδοσης, στις παρεμβολές που δημιουργούνται (από τρίτους) ή ακόμα και στις πολυδιαδρομικές μεταδόσεις. Οι τελευταίες αποτελούν σύνθητες φαινόμενο στις αστικές περιοχές και οφείλονται στις ανακλάσεις που προκαλούν κτίρια ή κινούμενα αντικείμενα, μεταξύ πομπού και δέκτη. Αποτέλεσμα των ανακλάσεων αυτών είναι η λήψη του μεταδιδόμενου αλλά και ενός ανακλώμενου σήματος από την κεραία του δέκτη, εκ των οποίων το δεύτερο προκαλεί τη δημιουργία ειδώλων στην εικόνα του χρήστη και συνεπώς υποβάθμιση της ποιότητας αυτής.

Σε αντίθεση με την αναλογική, η ψηφιακή μετάδοση χαρακτηρίζεται από άριστη ποιότητα ήχου και απόλυτη ευκρίνεια εικόνας. Αυτό συμβαίνει, διότι αυτού του είδους η μετάδοση

αντιμετωπίζει επιτυχώς τον θόρυβο, τυχόν παρεμβολές και πολυδιαδρομικές μεταδόσεις, λόγω της χρήσης μηχανισμών και τεχνικών διόρθωσης σφαλμάτων στα ψηφιακά σήματα της πληροφορίας. Οι μηχανισμοί αυτοί και οι τεχνικές διόρθωσης, πραγματοποιούνται σε διαδοχικά στάδια πριν την ευρυσυχνική (broadcasting) των ψηφιακών σημάτων στα πλαίσια μιας διαδικασίας, η οποία χαρακτηρίζεται ως «κωδικοποίηση καναλιού» και εξασφαλίζει (μέχρι ένα ποσοστό) την ποιότητα στη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας.

Σημαντικό χαρακτηριστικό της ψηφιακής τεχνολογίας το οποίο την καθιστά σε πλεονεκτική θέση σε σχέση με την αναλογική, είναι οι αποδοτικές τεχνικές συμπίεσης τις οποίες χρησιμοποιεί. Η συμπίεση στον τομέα της μετάδοσης αποσκοπεί στη μετάδοση μόνο της ωφέλιμης πληροφορίας που απαιτείται για την παρουσίαση εικόνας και ήχου, αυξάνοντας τη δυνατότητα του καναλιού να μεταδώσει επιπλέον υπηρεσίες. Μια βασική προϋπόθεση η οποία απαιτείται να τηρείται κατά τη ψηφιακή μετάδοση είναι η διατήρηση του επιπέδου της ποιότητας της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Η προϋπόθεση αυτή επιτυγχάνεται, δεδομένου ότι οι τεχνικές συμπίεσης που χρησιμοποιούνται εκμεταλλεύονται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του οπτικού συστήματος του ανθρώπου. Η ψηφιακή τηλεόραση χρησιμοποιεί το παγκοσμίως αποδεκτό πρότυπο συμπίεσης MPEG-2.

Αποτέλεσμα των εφαρμοζόμενων τεχνικών συμπίεσης είναι ότι επιτυγχάνεται εξοικονόμηση χωρητικότητας στο κανάλι, η οποία επιτρέπει τη μετάδοση πλήθους τηλεοπτικών προγραμμάτων αλλά και υπηρεσιών, σε εύρος ζώνης που μέχρι πρόσφατα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από μία μόνο αναλογική υπηρεσία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών αποτελούν η τηλεοπτική βιντεογραφία (teletext) και οι ηλεκτρονικοί οδηγοί προγράμματος (Electronic Program Guides). Ειδικότερα, η τηλεοπτική βιντεογραφία είναι ένα σύστημα μετάδοσης πληροφοριών με το οποίο στοιχεία μπορούν να διαβιβαστούν μέσω τηλεοπτικών σημάτων σε κοινούς δέκτες τηλεόρασης και υποστηρίζεται και από την αναλογική τηλεόραση σε μία λιγότερο όμως εξελιγμένη μορφή από ότι στην ψηφιακή. Επιπροσθέτως, ένας ηλεκτρονικός οδηγός προγράμματος προσφέρει πλήθος πληροφοριών και δυνατοτήτων στο χρήστη.

Σημαντική έννοια που εισάγει η τεχνολογία της ψηφιακής τηλεόρασης είναι η διαδραστικότητα, της οποίας σκοπός είναι η προσαρμογή της παρουσίας της πληροφορίας στις ατομικές ανάγκες κάθε χρήστη. Η πραγματοποίηση διαδραστικών εφαρμογών απαιτεί την ύπαρξη δύο καναλιών επικοινωνίας, ένα για τη μετάδοση σημάτων από τον παροχέα της υπηρεσίας στο χρήστη (κανάλι προώθησης – forward channel) και ένα για τη μετάδοση κατά την αντίστροφη φορά (κανάλι επιστροφής - reverse path). Με την ύπαρξη του καναλιού επιστροφής ο χρήστης δεν είναι πλέον παθητικός δέκτης μιας υπηρεσίας, αλλά δρα ενεργά σε μια τεχνολογία που ήταν εξ' ορισμού παθητική.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα διαδραστικών υπηρεσιών είναι η 'Video on Demand', η 'Near Video on Demand', διαδραστικές εφαρμογές εκμάθησης, μετάδοση δεδομένων διαδικτύου ή αποστολή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Ειδικότερα, στην υπηρεσία 'Video on Demand' ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέγει την ταινία της επιλογής του από μια βάση δεδομένων και κατά βούληση να σταματά, να ξεκινά, ή να γυρίζει εμπρός ή πίσω το πρόγραμμα. Το σύστημα αυτό μοιάζει με την ενοικίαση μιας βιντεοταινίας, χωρίς όμως να απαιτεί την απομάκρυνση του χρήστη από τον προσωπικό του χώρο. Παραλλαγή της υπηρεσίας αυτής αποτελεί η 'Near Video on Demand', σύμφωνα με την οποία ο παροχέας video διαθέτει στους χρήστες τα πιο δημοφιλή προγράμματα σε πολλά διαφορετικά κανάλια με διαφορετικές στιγμές έναρξης. Σε αυτή την περίπτωση όμως, δε δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επεμβαίνει στη ροή του προγράμματος, γεγονός που δικαιολογεί και το μικρότερο κόστος της υπηρεσίας αυτής σε σχέση με την προηγούμενη. Παρουσιάζεται επίσης η δυνατότητα παρακολούθησης συγκεκριμένων εκπομπών επί πληρωμή (pay per view), όπως για παράδειγμα κάποιων αθλητικών γεγονότων σε συνδυασμό με τη δυνατότητα επιλογής διαφορετικών γωνιών λήψης (σε Live πρόγραμμα) ή της παρακολούθησης τμήματος του αθλητικού προγράμματος σε αργή κίνηση (σε Non Live πρόγραμμα).

Συμπερασματικά λοιπόν, η ψηφιακή τηλεόραση παρέχει ένα εύρος υπηρεσιών στον χρήστη οι οποίες έχουν λάβει υπόψη τους τις ανάγκες και τις υψηλές του απαιτήσεις. Τις υπηρεσίες αυτές μπορεί να τις αξιοποιήσει για τη βελτίωση του επιπέδου της ποιότητας ζωής του.

### **3.4 ΜΠΛΟΚ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΝΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΗ DVB-T**

Το σύστημα αυτό είναι σχεδιασμένο για υπηρεσίες επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης στις ζώνες συχνοτήτων VHF/UHF όπου λειτουργούν παράλληλα και αναλογικά τηλεοπτικά κανάλια.

Για το λόγο αυτό η μορφή του σήματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε να προσφέρει επαρκή προστασία απέναντι σε υψηλά επίπεδα ομοδιαυλικής παρεμβολής και παρεμβολής γειτονικού διαύλου καθώς και στην εξασθένιση και τις διαλείψεις λόγω πολλαπλών διαδρομών. Πρέπει επίσης να χειρίζεται αποδοτικά το φάσμα συχνοτήτων στις μπάντες VHF/UHF. Η μορφή του σήματος που εκπληρώνει αυτά τα κριτήρια είναι η ορθογωνική πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplex, OFDM). Το OFDM είναι μια μορφή διαμόρφωσης στην οποία μεταδίδουμε περισσότερα του ενός φέροντα σε συχνότητες ορθογωνικές μεταξύ τους. Το OFDM χρησιμοποιεί πολλαπλά φέροντα για τη μετάδοση, έτσι ώστε να αποκτήσει αντοχή απέναντι στις απώλειες πολλαπλών διαδρομών. Οι απώλειες αυτές συμβαίνουν όταν το σήμα από τον εκπομπό φτάνει στο δέκτη από πολλαπλά μονοπάτια. Τα μονοπάτια αυτά οφείλονται σε ανακλάσεις του σήματος σε βουνά, κτίρια κτλ. Με αποτέλεσμα το σήμα να φτάνει στο δέκτη σε διαφορετικούς χρόνους. Χρησιμοποιώντας πολλαπλά φέροντα ο ρυθμός συμβόλων ανά φέρον είναι μικρός η ισοδύναμη η διάρκεια κάθε συμβόλου είναι μεγάλη. Αυξάνοντας τον αριθμό των φερόντων η καθυστέρηση λόγω πολλαπλών διαδρομών είναι μικρή σε σύγκριση με τη διάρκεια κάθε συμβόλου. Η μείωση της απόδοσης λόγω διασυμβολικής παρεμβολής μπορεί έτσι να περιοριστεί πάρα πολύ.

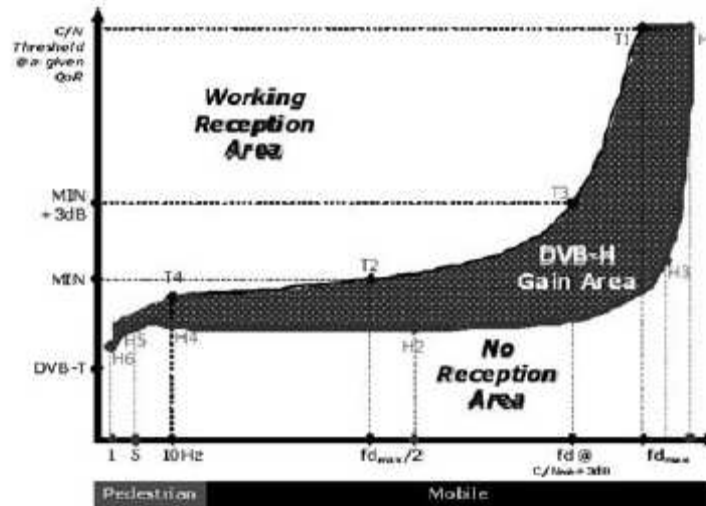
### 3.5 Διαφορές DVB-T ΚΑΙ DVB-H

Οι προδιαγραφές DVB-H ή Digital Video Broadcasting - Handheld περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο οι φορητές συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα, μπορούν να λάβουν και να αποκωδικοποιήσουν ψηφιακό τηλεοπτικό σήμα. Η τεχνολογία DVB-H βασίζεται στο σύστημα DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) για την παροχή υπηρεσιών ψηφιακής τηλεόρασης και το προσαρμόζει στις ειδικές ανάγκες των φορητών ψηφιακών συσκευών.

Αντίθετα με το DVB-T, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για την εκπομπή επίγειου ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος, το DVB-H έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπεται η λήψη των εκπομπών από φορητές συσκευές, ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός πυκνού δικτύου πομπών, χαμηλότερης ισχύς από αυτό ενός δικτύου DVB-T. Τυπικά 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 μόνο 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 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 του μεταδιδόμενου σήματος (δηλ., σε κανάλι εύρους ζώνης 8 MHz, το 8K mode προσφέρει  $\approx 1$  KHz ICS ενώ το 2K mode προσφέρει  $\approx 4$  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(Forward Error Correction for Multiprotocol Encapsulated Data) 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.

### 3.6 Φάσμα εκπομπής

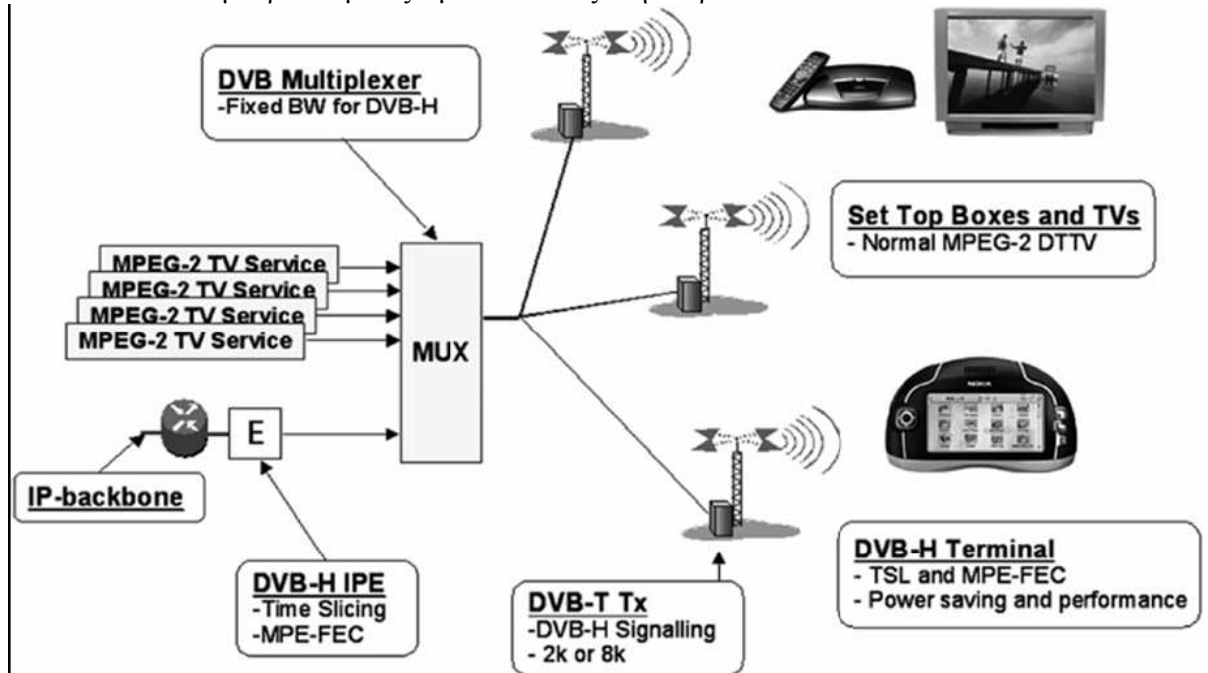
Το DVB- H σκοπεύει να χρησιμοποιήσει το ίδιο φάσμα εκπομπής με αυτό που χρησιμοποιεί το DVB- T . Το φυσικό στρώμα του DVB - H είναι στην πραγματικότητα DVB – T επομένως υπάρχει πλήρης συμβατότητα φάσματος με τις υπηρεσίες DVB – T.

Το DVB – H μπορεί να εισαχθεί είτε σαν αφιερωμένο σε DVB – H δίκτυο ή μοιράζοντας το υπάρχον 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.

### 3.7 Κοινή χρήση DVB-T/H

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



Σχήμα 3.2 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 ενθυλακωτής 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.

### 3.8 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 υπάρχων 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 σηματοδότηση η DVB-H σηματοδότηση 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 υπάρχοντων 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.

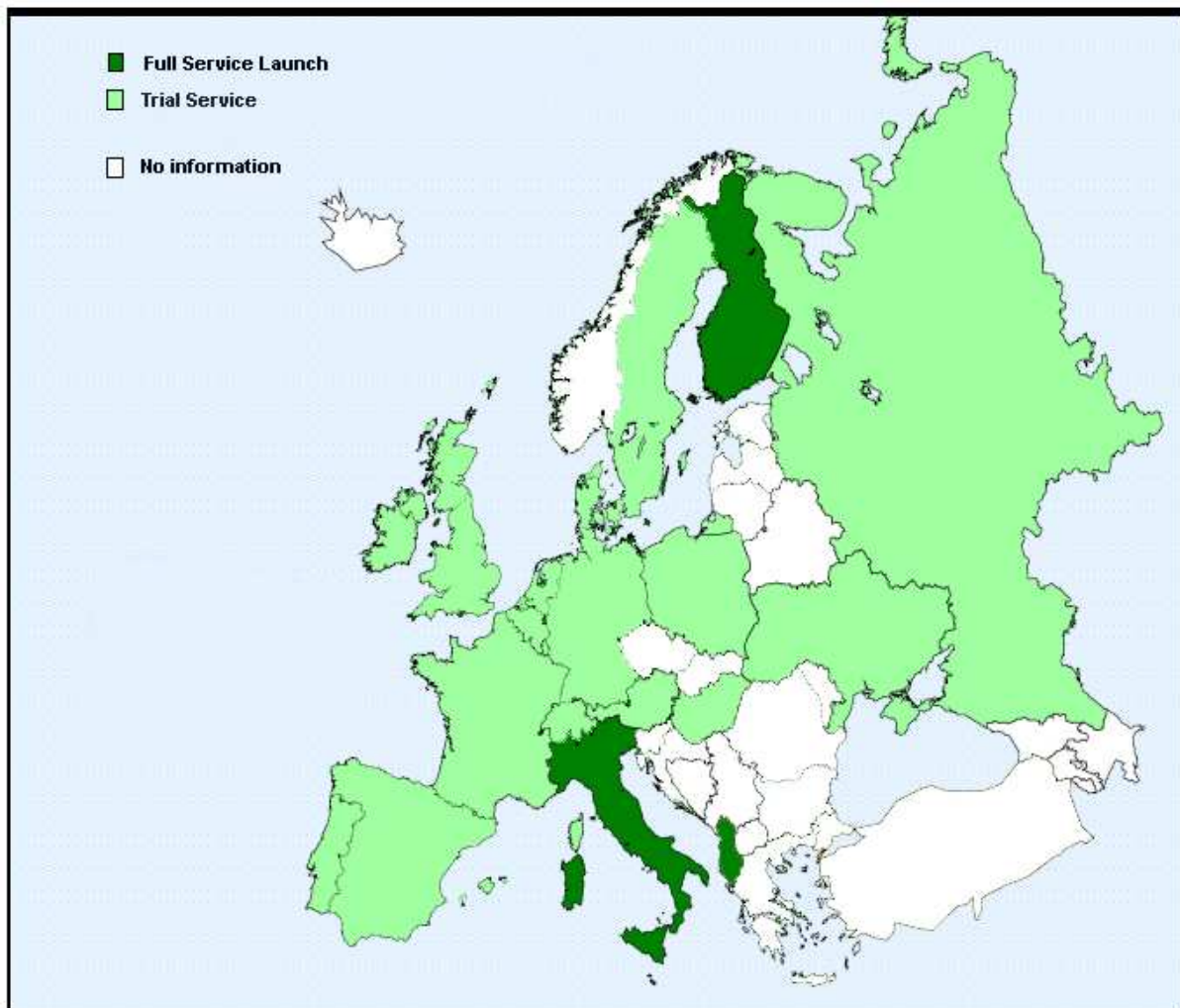


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 Πιλοτικά προγράμματα στην Ευρώπη 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 4.1 DVB-H υπηρεσίες στην Ευρώπη

Τον Ιούλιο του 2007, η εμπορική διάθεση υπηρεσιών DVB-H είχε ξεκινήσει σε δύο μόνο χώρες της Ευρώπης. Ωστόσο, το ίδιο αναμένεται να γίνει και σε πολλές άλλες, καθώς η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε τον ίδιο μήνα στρατηγική, για την προώθηση της αφομοίωση της «κινητής τηλεόρασης» και στα 27 μέλη της ΕΕ. Δοκιμές της τεχνολογίας έχουν γίνει σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις μεταξύ των οποίων οι ακόλουθες: Βέρνη, Βερολίνο, Ελσίνκι, Μαδρίτη, Οξφόρδη και Χάγη. Φυσικά, πιλοτικές εκπομπές DVB-H έχουν πραγματοποιηθεί και σε άλλες περιοχές του πλανήτη, όπως στην Αυστραλία και τη Νότια Αφρική. Η πρώτη δοκιμή μεγάλης κλίμακας υπηρεσιών DVB-H έγινε στις 4 Μαΐου του 2004 στο Βερολίνο της Γερμανίας. Η δοκιμή με τον τίτλο Broadcast Mobile Convergence πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή των εταιριών Nokia, Philips, Universal Studio Networks και Vodafone. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες δοκιμές της τεχνολογίας DVB-H πραγματοποιήθηκαν με το Nokia 7710, το οποίο ενσωμάτωνε έναν «υπό ανάπτυξη» δέκτη (SU-22) με αποτέλεσμα να μην επιτρέπεται η παρακολούθηση τηλεοπτικών εκπομπών σε ταχύτητες μεγαλύτερες των 200 έως 300 kbit ανά δευτερόλεπτο και στα 12 καρτέ ανά δευτερόλεπτο (fps). Στην πράξη ωστόσο, τόσο ο ρυθμός μεταφοράς των δεδομένων, όσο και ο ρυθμός αναπαραγωγής είναι πολύ υψηλότερος, αφού πλέον έχει τελειοποιηθεί η απαιτούμενη τεχνολογία.

Τον Μάιο του 2006, η 3 Italia ήταν η πρώτη εταιρία στην Ευρώπη, που παρείχε στους συνδρομητές της υπηρεσίες DVB-H. Ένα μήνα αργότερα ξεκίνησαν να παρέχουν ανάλογες υπηρεσίες στην Ιταλία οι TIM (Telecom Italia Mobile) και Mediaset, ενώ το Δεκέμβριο του 2006 ακολούθησε και η ιταλική Vodafone. Εκτιμάται ότι το καλοκαίρι του 2007 περισσότεροι από 500.000 χρήστες κινητών στη γειτονική χώρα είχαν πρόσβαση σε τηλεοπτικό πρόγραμμα DVB-H. Στη Φινλανδία, η άδεια για τη λειτουργία δικτύου DVB-H δόθηκε στη Digita τον Μάρτιο του 2006, ενώ η εμπορική του διάθεση ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2007. Στη Γερμανία, η Mobiles Fernsehen Deutschland προχώρησε στην εμπορική διάθεση της υπηρεσίας «Watcha» τον Ιούνιο του 2006, λίγο πριν από το Μουντιάλ. Στη Γαλλία έγιναν δοκιμές το 2006, ενώ ξεκίνησε η εμπορική διάθεση των υπηρεσιών DVB-H μέσα στο 2007, όπως άλλωστε και στην Ισπανία.

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	Αυστρία	Φινλανδία	
	(DigitALB)	(Vienna/Salzburg)	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 ½	QPSK ¾	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/A AC+	H.264/A AC+	-	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- LambdaStr eam: VoDKA- Antares, Server Client Platform allowing interactive services	Nokia BMS
LAUNCHED OR TRIAL	Trial	Trial	Trial	Trial	Trial	Trial

<b>Ισπανία</b>				
	Barcelona /Madrid	Seville-Axion Technical Trial	Seville/Valencia (Vodafone España)	Zaragoza/Gijón
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 MODULATION	8k	-	-	8k	-
GI	-	QPSK ½	QPSK ½	QPSK ½	-
MPE-FEC	1/32	-	-	¼	-
TIME SLICE	-	-	10 time slices	¾	-
AMOUNT OF BANDWIDTH USED FOR DVB-H	Sharing with DVB-T, Hierarchical modulation 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 MODULATION	4k 16 QAM ½	8k 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 ½	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

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 ½ και για το MPE-FEC, όπου χρησιμοποιείται, είναι ¾. Επίσης το διάστημα φύλαξης παρατηρούμε ότι συνήθως επιλέγεται 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.

## 4.2 Προώθηση του DVB-H στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Στη προσπάθειά της η Ευρωπαϊκή Ένωση να προωθήσει την ανάπτυξη της κινητής τηλεόρασης και του προτύπου DVB-H έχει προχωρήσει σε πολλές ενέργειες. Παρακάτω παρατίθεται νομοθετικό πλαίσιο της Ε.Ε. όπως έχει δημοσιευθεί στην επίσημη σελίδα της <http://europa.eu>

Το έτος 2008 θα είναι κρίσιμο για την επέκταση της κινητής τηλεόρασης στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ). Η Επιτροπή ενθαρρύνει την ανάπτυξη της νέας αυτής πλατφόρμας και εξηγεί ποια είναι τα αναγκαία στοιχεία-κλειδιά που θα επιτρέψουν να υιοθετηθεί η κινητή τηλεόραση από τους καταναλωτές και τους φορείς εκμετάλλευσης.

### ΠΡΑΞΗ

**Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και την Επιτροπή των Περιφερειών της 18ης Ιουλίου 2007 - Ενίσχυση της εσωτερικής αγοράς κινητής τηλεόρασης [COM(2007) 409 τελικό - Δεν έχει δημοσιευθεί στην Επίσημη Εφημερίδα].**

### ΣΥΝΟΨΗ

Ως κινητή τηλεόραση νοείται η μετάδοση οπτικοακουστικού περιεχομένου σε κινητή συσκευή, συνήθως στο κινητό τηλέφωνο. Παρέχει τη δυνατότητα θέασης οποιουδήποτε περιεχομένου και οποτεδήποτε. Η πλατφόρμα αυτή συνδέει τον δυναμικό χαρακτήρα των τηλεπικοινωνιών με την ποικιλότητα του οπτικοακουστικού τομέα.

Η κινητή τηλεόραση θεωρείται απαραίτητη καινοτόμος υπηρεσία. Η πλατφόρμα αυτή θα μπορούσε να δημιουργήσει μέχρι το 2015 μια αγορά 20 δις. ευρώ περίπου και να προσελκύσει 200 έως 500 εκατομμύρια καταναλωτές σε ολόκληρο τον πλανήτη.

Η Επιτροπή καλεί όλα τα κράτη μέλη και τους παράγοντες που δραστηριοποιούνται στον συγκεκριμένο κλάδο να συντονίσουν τις προσπάθειές τους και να επιταχύνουν τη διάδοση της κινητής τηλεόρασης σε όλη την Ευρώπη ώστε να μην απολεσθεί το ανταγωνιστικό της πλεονέκτημα στον τομέα των υπηρεσιών κινητής επικοινωνίας.

### Οι προϋποθέσεις για την επιτυχία της κινητής τηλεόρασης

Η επιτυχία της νέας αυτής πλατφόρμας εξαρτάται κυρίως από τρεις παράγοντες:

- τις **τεχνικές παραμέτρους**. Το πρότυπο DVB-H εμφανίζεται ως η πλέον προσαρμοσμένη τεχνολογία. Η Επιτροπή ενθαρρύνει τη χρήση κοινού τεχνικού προτύπου με την προσθήκη του DVB-H στον κατάλογο προτύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Από τη στιγμή που θα δημοσιευθεί στην Επίσημη Εφημερίδα, τα κράτη μέλη θα έχουν τη νομική δέσμευση να προάγουν και να ενθαρρύνουν τη χρήση του προτύπου DVB-H, χωρίς ωστόσο να απαγορεύουν τη χρήση άλλων προτύπων. Οι επιχειρήσεις καλούνται να εξασφαλίσουν αποτελεσματική διαλειτουργικότητα, προωθώντας τη συναίνεση όσον αφορά την κοινή χρήση του DVB-H.
- τη θέσπιση **συνεκτικού κανονιστικού πλαισίου**. Τα κράτη μέλη δεν εφαρμόζουν τους ίδιους κανόνες αδειοδότησης των υπηρεσιών κινητής τηλεόρασης. Η Επιτροπή επιθυμεί να άρει τα

κανονιστικά εμπόδια, με τη θέσπιση συνεκτικού κανονιστικού πλαισίου που να εφαρμόζεται στο σύνολο των καθεστώτων αδειοδότησης στην ΕΕ·

- την πρόσβαση στο ραδιοφάσμα . Η κινητή τηλεόραση μπορεί να επωφεληθεί από το ψηφιακό μέρισμα. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να εξασφαλιστεί φάσμα υψηλής ποιότητας με το συντονισμό της κατανομής αυτών των συχνοτήτων.

Η επιτυχία της υιοθέτησης της κινητής τηλεόρασης εξαρτάται επίσης από τη διαθεσιμότητα περιεχομένου. Η κινητή τηλεόραση δεν παρέχει απλώς τη δυνατότητα τηλεθέασης σε κινητά υποθέματα, αλλά επιτρέπει και την πρόσβαση στις κατ' αίτηση υπηρεσίες οπτικοακουστικών μέσων. Όπως υπογραμμίζεται στην ανακοίνωση της Επιτροπής για το επιγραμμικό περιεχόμενο, οι νέες αυτές δυνατότητες επιβάλλουν επίσης νέα προσέγγιση των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας.

### **Πλαίσιο**

Η νέα αυτή πλατφόρμα αποτελεί παράδειγμα ψηφιακής σύγκλισης, υποστηριζόμενης από την πρωτοβουλία i2010. Η ανάπτυξη της αγοράς κινητής τηλεόρασης συμβάλλει στην ανταγωνιστικότητα της ΕΕ και στην ευημερία των Ευρωπαίων σύμφωνα με τους στόχους της ανανεωμένης στρατηγικής της Λισσαβόνας για την ανάπτυξη και την απασχόληση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Σχεδιασμός δικτύου

#### Σκοπός

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι η κάλυψη μίας περιοχής με δίκτυο για μετάδοση DVB-H περιεχομένου.

Πρέπει να διευκρινιστεί ότι σκοπός της παρούσας 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.

#### Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τη σχεδίαση

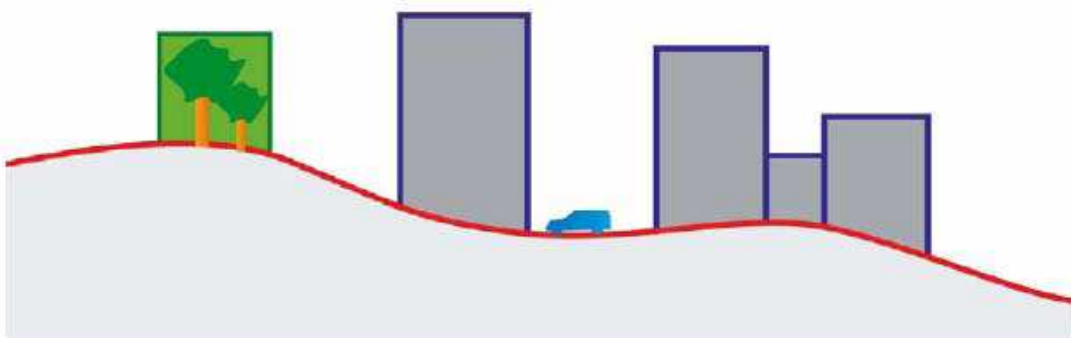
##### Χαρτογραφικά δεδομένα

Ένας τυπικός χάρτης μέτριας ανάλυσης για σχεδίαση DVB-H 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 για τη δόμηση της περιοχής (αστική, προαστιακή, υπαίθρια, θαλάσσια).

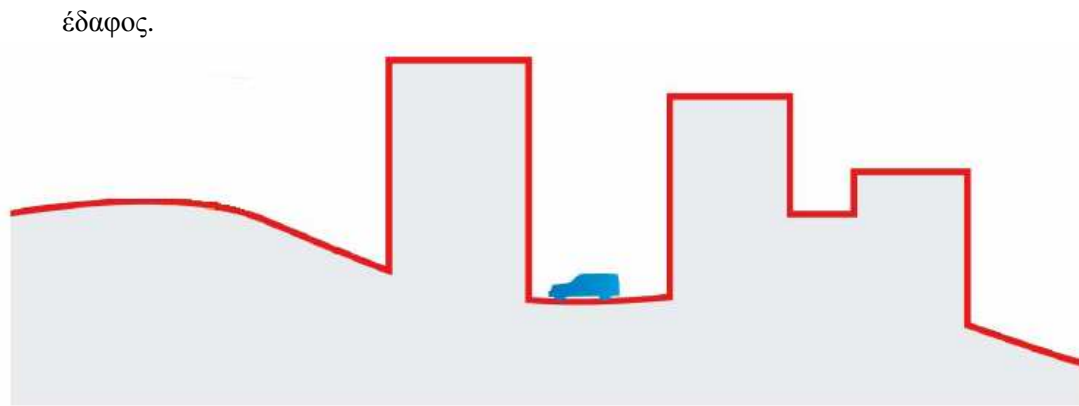
Προαιρετικά μπορεί να περιλαμβάνει και τοπογραφικό χάρτη ή ακόμα και πληροφορίες σχετικά με τον πληθυσμό που κατοικεί στην περιοχή.



Σχήμα 5.1 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



Σχήμα 5.2 Digital Elevation Model

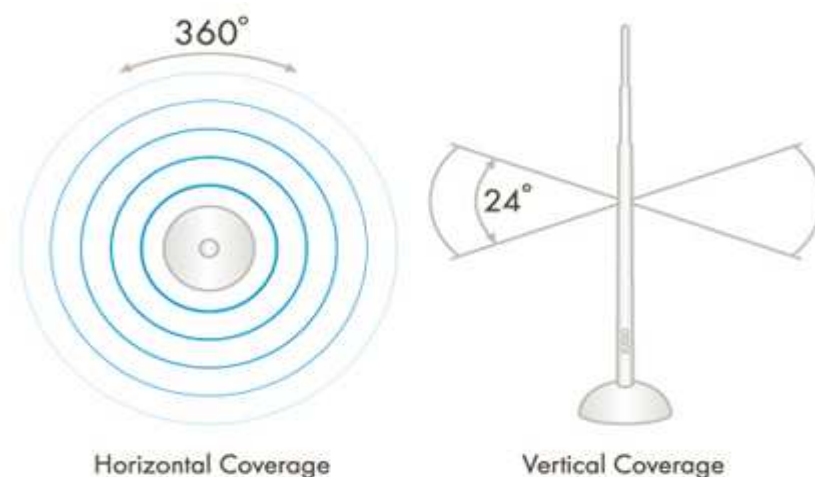
Για τις ανάγκες της εργασίας και κυρίως για την επιλογή του μοντέλου διάδοσης ο χάρτης θεωρείται υψηλής ευκρίνεια. Ωστόσο δεν υπάρχει πληροφορία για τη βλάστηση της περιοχής (συνεπώς δεν υπάρχει clutter file) καθώς επίσης και για τα υλικά κατασκευής των κτιρίων. Η έλλειψη των πληροφοριών αυτών επηρεάζει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

### Τεχνικές παράμετροι

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 omni-directional (σχ. 5.3), 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.



Σχήμα 5.3 Κεραία omni-directional

### 1η 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 σε κτίριο με 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 fMHz/200 watt/m<sup>2</sup>, δηλαδή στην περίπτωσή μας 1,95 watt/m<sup>2</sup>. Άρα η απόσταση ασφαλείας είναι:

$$S = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi d^2} \rightarrow d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 2.86 \text{ m}$$

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:

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 1.43 \text{ m}$$

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:

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 2.02 \text{ m}$$

### 2η τοπολογία

Συνολικά τοποθετήθηκαν τρεις κεραιές στις οροφές κτιρίων. Η πρώτη με EIRP = 500 watts τοποθετήθηκε σε κτίριο με 78m ύψος από το έδαφος και ύψος ιστού 8m. Η απόσταση ασφαλείας είναι:

$$S = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi d^2} \rightarrow d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{500 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 4.5 \text{ m}$$

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:

$$d = \sqrt{\frac{P_T \cdot G_T}{4\pi S}} = \sqrt{\frac{50 \cdot 10}{4\pi \cdot 1.95}} = 1.43 \text{ m}$$

### **Μοντέλο διάδοσης**

Τα μοντέλα διάδοσης 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.

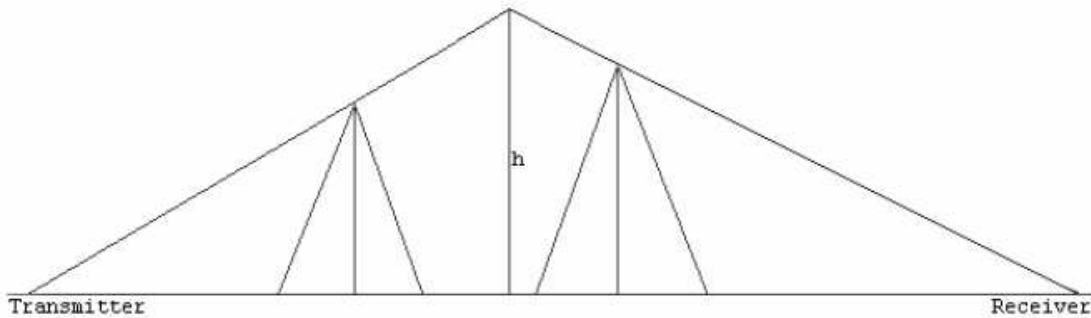
Δεδομένου ότι θεωρούμε πως τα χαρτογραφικά δεδομένα που διαθέτουμε είναι υψηλής ευκρίνειας, ως καταλληλότερο μοντέλο διάδοσης για την άσκηση επελέγη το νετερμινιστικό μοντέλο Fresnel.

### 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. αναλύονται δύο από τις μεθόδους για τον υπολογισμό της περίθλασης, οι Bullington και Deygout '94.

### Μέθοδος Bullington

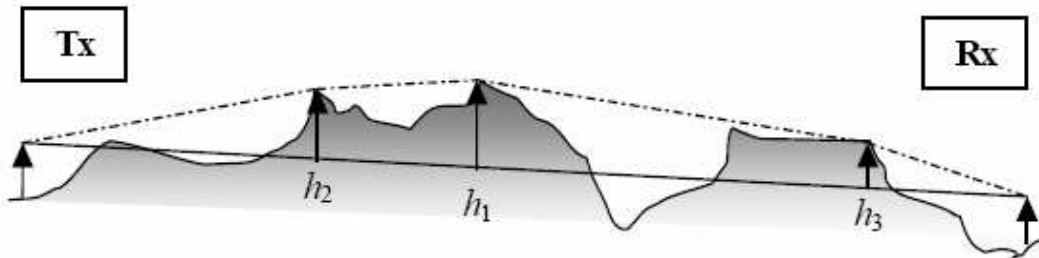
Στη μέθοδο αυτή όλα τα εμπόδια αντικαθίστανται από ένα νοητό εμπόδιο όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί. Η μέθοδος αυτή δείχνει περισσότερη εξασθένηση από όση υπάρχει στη πραγματικότητα, επομένως αποτελεί πεσιμιστική μέθοδο.



Σχήμα 5.4 Μέθοδος Bullington

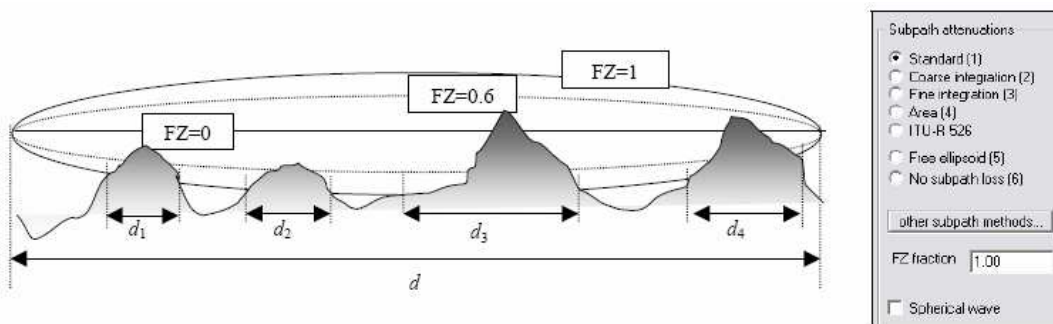
### Μέθοδος Deygout '94

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 5.5 Μέθοδος Deygout '94

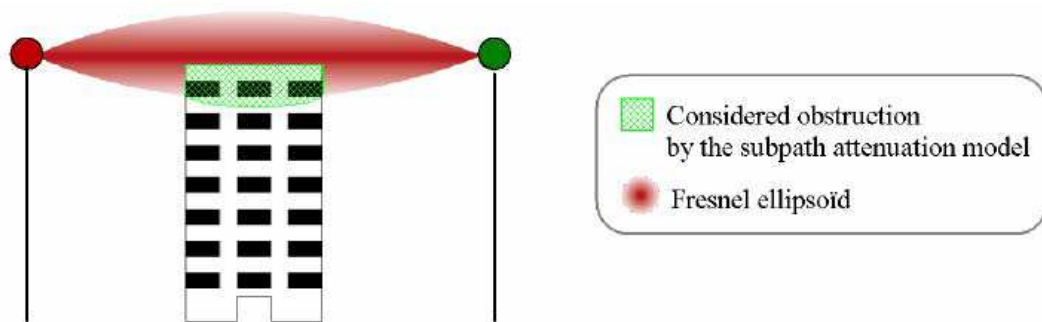
### Subpath attenuation



Σχήμα 5.6 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 εξασθένιση 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 εξασθένιση ανάκλασης εδάφους Lgr και εκφράζει την εξασθένιση εξαιτίας μερικής παρεμπόδισης της ζώνης Fresnel ενώ πομπός και δέκτης έχουν οπτική επαφή. Είναι αντιπροσωπευτικό μιας πρώτης μεθόδου υπολογισμού εξασθένισης έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής διάδοσης για OFDM ή όχι.

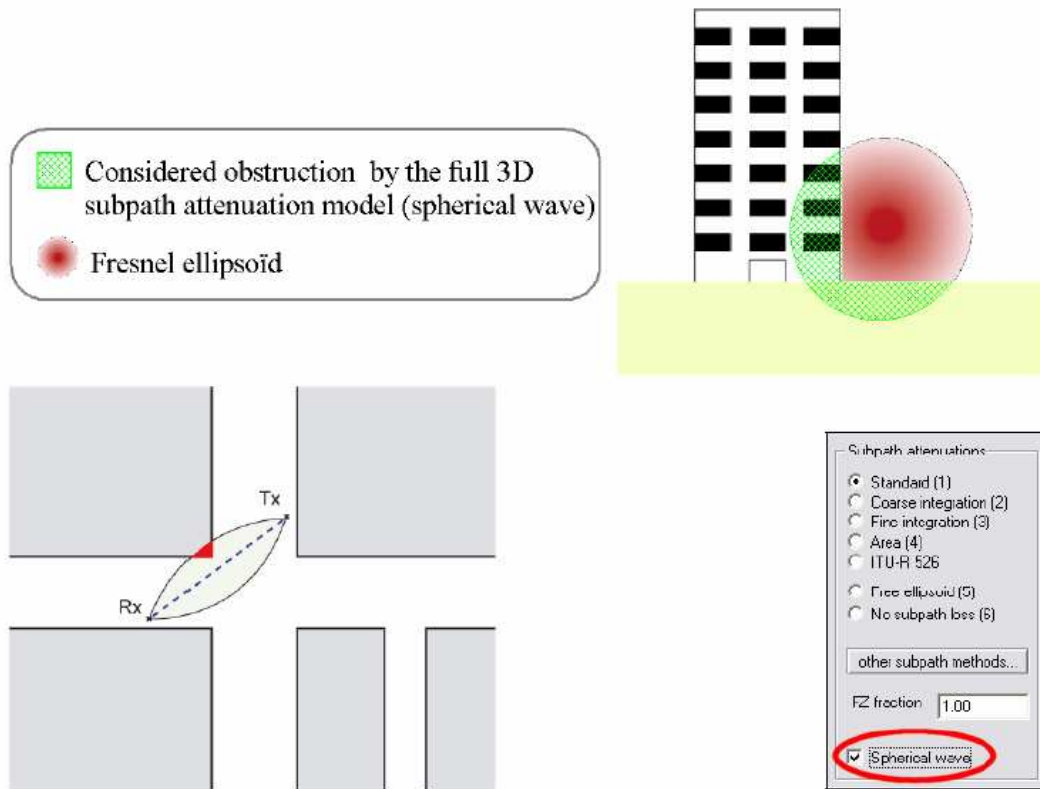
Αρχικά το sub-path attenuation υπολογίζει ανακλάσεις μόνο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Αυτή η μεθοδολογία είναι κατάλληλη για περιπτώσεις σταθερής λήψης όπου οι δέκτες βρίσκονται στις οροφές των κτιρίων



Σχήμα 5.7 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 5.8 Ανακλάσεις στις τρεις διαστάσεις

**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 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 x 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 x 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 5.1 H.264 για μέγεθος οθόνης 320 x 240

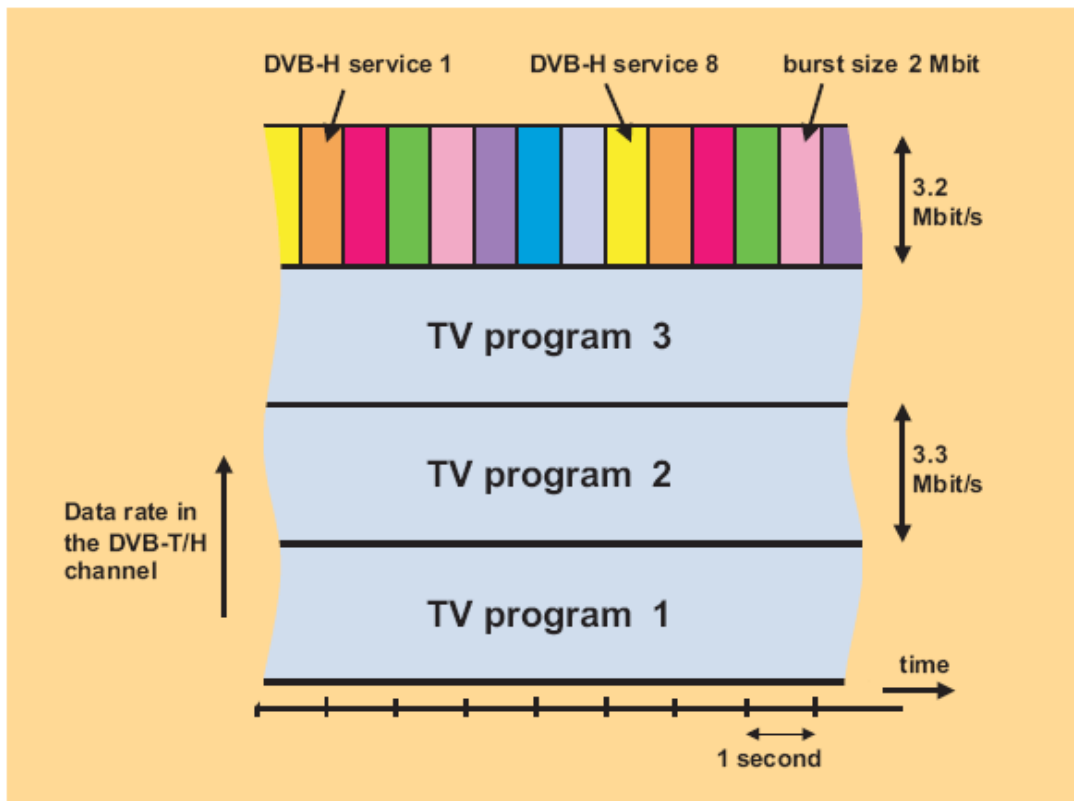
Το προφίλ που χρησιμοποιείται συνήθως για videoconferencing και εφαρμογές σε κινητές συσκευές είναι το baseline. Επιπλέον, το frame rate για τέτοιες εφαρμογές κυμαίνεται από 15 έως 22 fps (frame per second). Συνεπώς ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης κινούμενης εικόνας επιλέγεται ίσος με 384 kbps.

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 5.9 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

6 δίαυλοι ήχου = 0,384 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.

	Εικόνα	Ήχος
Μέσο throughput	384 kbps	64 kbps
MPE-FEC $\frac{3}{4}$ +10% overhead	179,2 kbps	29,9 kbps
Puncturing	100%	16.7%
Rows × Cols	512 × 255	512 × 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.

### 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. 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 δυσμενέστερα 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 πχ 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	56 $\mu$ s	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 5.2 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.

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί σχημάτων διαμόρφωσης και διαστήματος φύλαξης με τον ρυθμό μετάδοσης που υποστηρίζει ο διάυλος 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	5,53	5,85	6,03
	2	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	2	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	2	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	2	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	4	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	4	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	4	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	4	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	4	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	6	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	6	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	6	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	6	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	6	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

Πίνακας 5.3 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 5.4 C/N για κινητό διάλογο – Constellation

### Επιθυμητές στάθμες σήματος

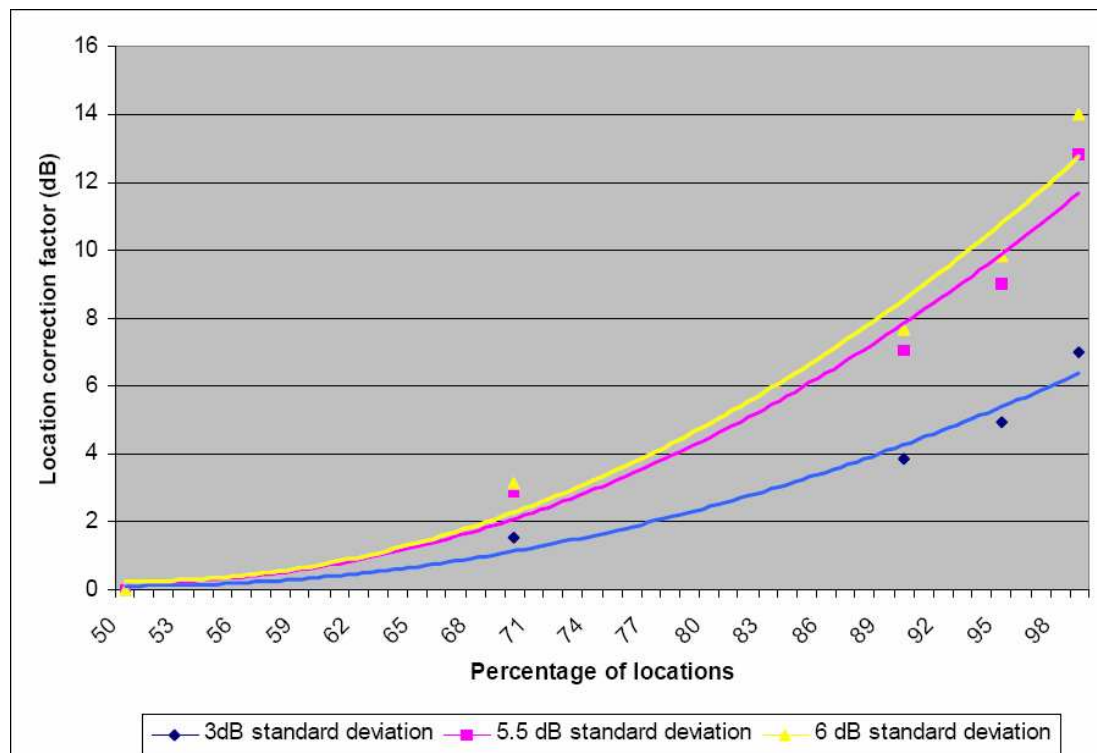
Οι κλάσεις υπηρεσίας για τις οποίες θα υπολογίσουμε τις στάθμες σήματος είναι οι A,C και D. Ο λόγος που δεν γίνεται ο υπολογισμός για την κλάση B είναι ότι στα χαρτογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιούμε δεν υπάρχει πληροφορία σχετικά με το υλικό και την κατασκευή των κτιρίων και άρα δεν μπορεί να γίνει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

Οι επιθυμητές στάθμες σήματος έχουν ήδη αναφερθεί στην ενότητα 2.8. Οι στάθμες αυτές είναι κατάλληλες σε περίπτωση που το μοντέλο διάδοσης είναι το ITU-R 1546.

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 CI προκύπτουν ως εξής:

Ποσοστό κάλυψης	70%	90%	95%	99%
μ	0,52	1,28	1,64	2,33
CI	1,6	3,8	4,9	7

Πίνακας 5.5 Location Correction Factor με standard deviation 3dB



Σχήμα 5.10 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% ( CI = 1.6 dB )	44.6	50.6	52.1	56.6	62.6	68.6
Καλή – 95% ( CI = 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% ( CI = 3.8 dB )	40.8	46.8	48.3	52.8	58.8	64.8
Καλή – 99% ( CI = 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% ( CI = 3.8 dB )	53.8	59.8	61.3	65.8	71.8	77.8
Καλή – 99% ( CI = 7 dB )	57	63	64.5	69	75	81

## 5.2 Συνοπτικοί Πίνακες

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 5.6 Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την πρώτη τοπολογία

Αντίστοιχα φαίνονται παρακάτω τα στοιχεία για τη δεύτερη τοπολογία. Αριθμός σταθμού

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	147	24	5
3	23,4806	38,0407	50	188	22	5

Πίνακας 5.7 Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών για την δεύτερη τοπολογία

## 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

## **Βιβλιογραφία**

- [1] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) “DVB-C”
- [2] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) “DVB-S”
- [3] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) “DVB-T”
- [4] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) “DVB-H”
- [5] [www.etsi.org](http://www.etsi.org) “DVB-S”
- [6] <http://explanation-guide> “DVB”
- [7] <http://explanation-guide.info> “DVB-Meaning”
- [8] ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ “An Interactive DVB-T Platform with Broadband
- [9] ETSI TR 102 377 V1.2.1 (2005-11): “Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines”
- [10] G. Faria, J. A. Henriksson, E. Stare, P. Talmola. “DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices”
- [11] ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004-11): “Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)”
- [12] The Digital Terrestrial Television Action Group V.1.2 (2005): “Television on a handheld receiver – broadcasting with DVB-H”
- [13] P. Unger, T.Kürner (2005). “Radio Network Planning of DVB-H/ UMTS Hybrid Mobile Communication Networks”
- [14] G. Faria (2004). “DVB-H to deliver digital TV to hand-held terminals”
- [15] 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”
- [16] ETSI TR 102 401 V1.1.1 (2005-05): “Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals (DVB-H); Validation Task Force Report ”
- [17] E. Grenier (ATDI, White Paper June 2005). “Signal propagation modeling In Urban Environment”



- [18] E. Grenier (ATDI, White Paper July 2006). “DVB-H radio-planning aspects in ICS telecom”
- [19] E. Grenier, V. Roger-Machart. (ATDI, White Paper Dec 2004). “Planning a WiMAX network with ICS telecom nG”
- [20] E. Costa, M.Liniger (Feb 2007). “Hybrid Propagation Models for Broadcast Coverage Predictions and Spectrum Management”
- [21] 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)"
- [22] AEGIS systems (Dec 2006). “Annex A: UHF Technical Compatibility Issues”
- [23] M. Hasna, A. Dabbous, A. Yammout, I. Atwi, (Spring 2006). “Propagation Model Development and Radio Planning for Future WiMAXSystems Deployment in Beirut
- [24] <http://www.dvb-h.org/>, DVB-H : Global Mobile TV, Oct.2007
- [25]<http://europa.eu>

<http://www.radio-electronics.com/info/broadcast/digital-video-broadcasting/what-is-dvb-tutorial.php>

[http://www.udcast.com/solutions/OLD/udcast\\_solutions\\_tv\\_mobile.htm](http://www.udcast.com/solutions/OLD/udcast_solutions_tv_mobile.htm)