



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

*ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ*



**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

---



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*"Ψηφιακή Τηλεόραση – Πρωτόκολλο DVB-H"*

*"Digital TV – Protocol DVB-H"*

**ΚΑΪΜΕΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

*Επιβλέπων Καθηγητής*

*Ευάγγελος Κόκκινος*  
ΧΑΝΙΑ, ΜΑΪΟΣ 2011

*Αφιέρωση*

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

1. **Ευάγγελος Κόκκινος**, Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ (ΧΑΝΙΑ)
2. **Ιωάννης Βαρδιάμπασης**, Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ (ΧΑΝΙΑ)
3. **Μιχαήλ Μαυρεδάκης**, Καθηγητής Εφαρμογών, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ (ΧΑΝΙΑ)

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Προτυποποίηση (Standardization) .....	3
2.1. Απαιτήσεις Συστήματος.....	4
3. Αρχιτεκτονική Συστήματος DVB-H.....	6
3.1. Γενική Περιγραφή.....	6
3.2. Νέα Στοιχεία .....	8
3.2.1. Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer).....	8
3.2.2. TPS Signalling Bits.....	9
3.2.3. 4K Mode .....	9
3.2.4. In-Depth Interleavers .....	11
3.2.5. 5MHz Channel Bandwidth .....	11
4. Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Link/MAC Layer) .....	13
4.1. Time-Slicing .....	13
4.2. MPE-FEC.....	16
5. Θέματα Απόδοσης .....	20
5.1. Doppler Effect.....	20
5.2. C/N vs Doppler – Αποδοτικότητα Δέκτη σε Κινητή Λήψη .....	21
6. DVB-H Networks .....	25
6.1. Επισκόπηση Συστήματος.....	25
6.2. DVB-T Shared Networks.....	26
6.3. Dedicated DVB-H Networks .....	28
6.4. IPDataCasting over DVB-H .....	29
7. Κανονιστικά Θέματα – Διαθεσιμότητα Φάσματος.....	32
7.1. VHF Band III .....	33
7.2. UHF Band IV & V .....	33
7.3. L-Band .....	34
7.4. Επόμενα Βήματα.....	34
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	36

## 1. Εισαγωγή

Η ψηφιοποίηση των παραδοσιακών συστημάτων εκπομπής (broadcast systems) παρουσιάζει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Η ανάπτυξη αυτή μπορεί να σχετισθεί με την παρουσία του DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) που αποτελεί ένα πρότυπο ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης και βρίσκεται ήδη σε λειτουργία σε 71 χώρες του πλανήτη. Η επιλογή του DVB-T βασίσθηκε σε σημαντικά χαρακτηριστικά του προτύπου, όπως η δυνατότητα λήψης υπηρεσιών εκπομπής σε φορητές συσκευές και σε αυτοκίνητα.

Εντωμεταξύ τα πλεονεκτήματα ενός ισχυρού επίγειου συστήματος εκπομπής, όπως το DVB-T, προσέλκυσε το ενδιαφέρον της βιομηχανίας κινητών τηλεπικοινωνιών. Συγκεκριμένα, η δυνατότητα πρόσβασης κινητών τερματικών μέσω ασύρματων point-to-multipoint συνδέσμων, η ευρεία γεωγραφική κάλυψη και η υψηλή χωρητικότητα μετάδοσης που προσφέρει το DVB-T, αποτελούν στοιχεία που κέντρισαν το ενδιαφέρον της βιομηχανίας.

Το διεθνές DVB Project ικανοποίησε αυτό το ενδιαφέρον αναπτύσσοντας ένα νέο πρότυπο, το DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld) που αποτελεί ένα ψηφιακό πρότυπο εκπομπής (broadcast standard) για τη μετάδοση περιεχομένου σε μικρού μεγέθους φορητές συσκευές όπως πχ. κινητά τηλέφωνα, PDAs (Personal Digital Assistants) κλπ. Ο καθορισμός των τεχνικών προδιαγραφών ξεκίνησε το φθινόπωρο του 2002 και ολοκληρώθηκε το Φεβρουάριο του 2004. Τέλος, εκδόθηκε ως πρότυπο από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI - European Telecommunications Standards Institute), το Νοέμβριο του 2004 [3].

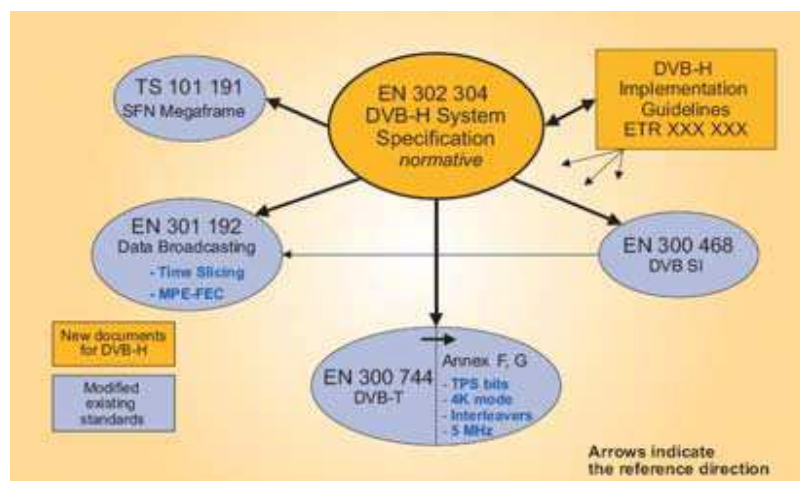
Η τεχνολογία DVB-H προέρχεται από το πρότυπο DVB-T και είναι συμβατή με αυτό. Επιπροσθέτως, λαμβάνει υπόψη ιδιότητες των τυπικών κινητών τερματικών, όπως μέγεθος, βάρος, φορητότητα και κυρίως εξοικονόμηση ενέργειας. Το DVB-H μπορεί να προσφέρει downstream κανάλι με υψηλό data-rate (Mbit/s), ως βελτίωση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, το οποίο είναι προσβάσιμο από τις περισσότερες τυπικές συσκευές. Το κανάλι αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές ροής ήχου και εικόνας, σε file downloading και πολλές άλλες υπηρεσίες. Συνεπώς, το

DVB-H γεφυρώνει τα παραδοσιακά συστήματα εκπομπής με τον κόσμο των κυψελωτών δικτύων, εισάγοντας ταυτόχρονα νέους τρόπους παροχής υπηρεσιών σε φορητά τερματικά και παρέχοντας νέες επιχειρηματικές δραστηριότητες στους παρόχους περιεχομένου (content providers) και στους διαχειριστές δικτύων (network operators).

## 2. Προτυποποίηση (Standardization)

Το πρότυπο DVB-H δεν περιγράφεται από ένα μοναδικό κείμενο αλλά ορίζεται από μια οικογένεια προγενέστερων προτύπων του ETSI (εικόνα 1), τα οποία χρειάστηκαν τροποποιήσεις ώστε τελικά να σχηματισθεί το νέο σύστημα [3].

- DVB-H System Specification (Normative): αποτελεί την κεντρική περιγραφή και εκδόθηκε ως νέα Ευρωπαϊκή Νόρμα, περιέχοντας αναφορές προς τα υπόλοιπα πρότυπα.[4]
- DVB-T Standard: ορίζονται οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου και περιλαμβάνονται (σε παράρτημα) οι αντίστοιχες βελτιώσεις του DVB-H.[5]
- DVB Data Broadcasting: περιγράφονται οι έννοιες time-slicing, MPE-FEC και Multi-Protocol Encapsulation.[6]
- DVB Service Information (SI): ορίζονται οι μέθοδοι σηματοδosis (signalling) του DVB-H.[7]
- DVB SFN Megaframe Specification: περιλαμβάνει το συγχρονισμό των επίγειων Δικτύων Μοναδικής Συχνότητας (Single Frequency Networks - SFNs).[8]
- DVB-H Implementation Guidelines: περιέχει υποδείξεις χρήσης και πρακτικής υλοποίησης του προτύπου.



Εικόνα 1: Προγενέστερα πρότυπα του ETSI

## 2.1. Απαιτήσεις Συστήματος

Οι απαιτήσεις του συστήματος καθορίστηκαν από το DVB Project το 2002 [2], [3], [5]:

- Το DVB-H πρέπει να προσφέρει υπηρεσίες φορητής και κινητής χρήσης, συμπεριλαμβανομένων ροών ήχου και εικόνας με αποδεκτή ποιότητα. Data rate περίπου 10 Mbit/s ανά κανάλι, θεωρείται ικανοποιητικό για το πρότυπο. Τα κανάλια μετάδοσης θα επιμερισθούν στην ζώνη εκπομπής UHF Band. Είναι δυνατόν όμως να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά η VHF Band III αλλά και μη-παραδοσιακές τηλεοπτικές ζώνες εκπομπής.
- Το τυπικό περιβάλλον χρήστη για ένα DVB-H φορητό τερματικό συγκρίνεται με το περιβάλλον κινητής επικοινωνίας. Συνεπώς το DVB-H πιθανόν να πρέπει να καλύψει παρόμοιες γεωγραφικές περιοχές. Ο όρος handheld terminal περιλαμβάνει πολυμεσικά κινητά τηλέφωνα με έγχρωμες οθόνες, PDAs και rocket PCs. Οι συσκευές αυτές έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά: μικρές διαστάσεις και βάρος, καθώς και λειτουργία βάσει μπαταρίας. Αυτές οι ιδιότητες αποτελούν προϋποθέσεις για κινητή χρήση αλλά παράλληλα δημιουργούν περιορισμούς στο σύστημα μετάδοσης. Οι τερματικές συσκευές στερούνται εξωτερικής παροχής ενέργειας και αναγκάζονται να λειτουργούν με περιορισμένο απόθεμα. Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι συνεπώς απαραίτητη.
- Η κινητικότητα (mobility) είναι μια επιπλέον απαίτηση, καθώς η πρόσβαση σε υπηρεσίες πρέπει να είναι δυνατή σε εσωτερικές (indoor), εξωτερικές (outdoor) τοποθεσίες αλλά και κατά τη διάρκεια κίνησης με υψηλή ταχύτητα. Επίσης το handover μεταξύ γειτονικών DVB-H κυψελών πρέπει να συμβαίνει ανεπαίσθητα (imperceptibly). Όμως τα ταχέως μεταβαλλόμενα κανάλια είναι επιρρεπή σε σφάλματα και η κατάσταση χειροτερεύει διότι οι ενσωματωμένες κεραίες των συσκευών, έχουν μικρές διαστάσεις και δε μπορούν να στοχεύσουν το μεταδότη, σε περίπτωση που η τερματική συσκευή βρίσκεται εν κινήσει. Επίσης, παρεμβολές παρατηρούνται όταν ραδιοσήματα GSM μεταδίδονται και λαμβάνονται από την ίδια συσκευή. Επομένως η διαχείριση του downstreaming αρκετών Mbit/s από φορητές συσκευές αποτελεί απαιτητική υπόθεση.
- Τέλος, το νέο σύστημα πρέπει να είναι συμβατό και να χρησιμοποιεί την

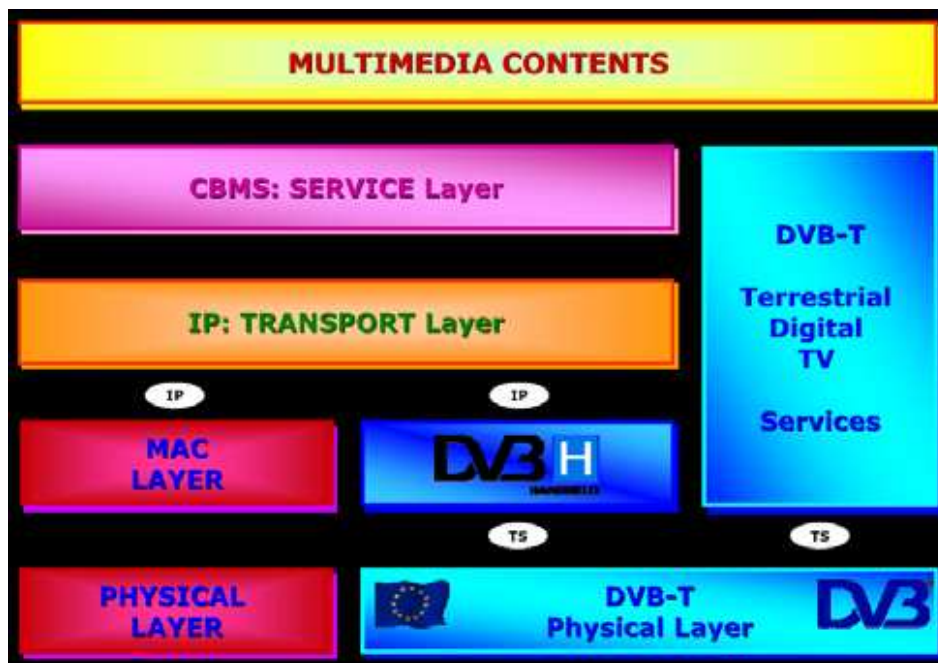
υπάρχουσα DVB-T υποδομή, ώστε να επιτυγχάνεται η επαναχρησιμοποίηση του εξοπλισμού μετάδοσης.



### 3. Αρχιτεκτονική Συστήματος DVB-H

#### 3.1. Γενική Περιγραφή

Οι παραδοσιακές υπηρεσίες εκπομπής του DVB-T χρησιμοποιούν τη στοίβα πρωτοκόλλων εκπομπής Transport Stream10 (TS). Το πρότυπο μετάδοσης DVB-H ορίζει στοιχεία στο φυσικό επίπεδο (physical layer) και στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων (link/MAC layer) (εικόνα 2) [1].

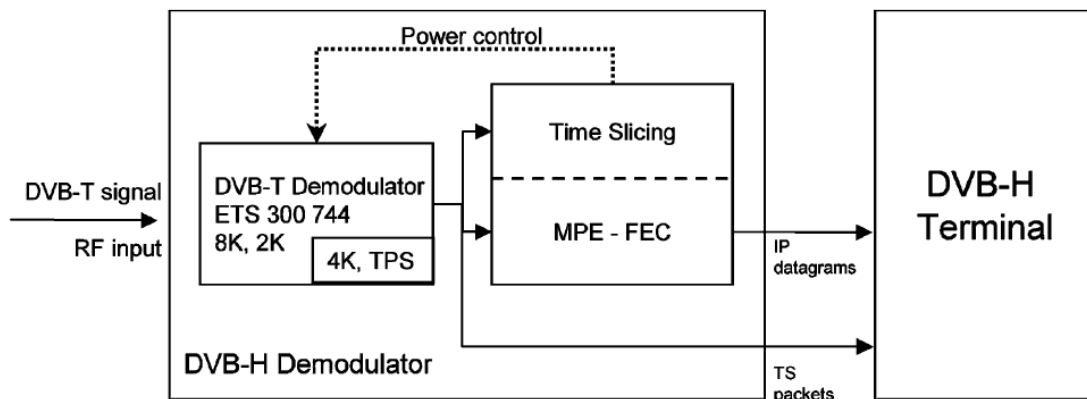


Εικόνα 2: Φυσικό επίπεδο και επίπεδο ζεύξης δεδομένων

Χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο εξοικονόμησης ενέργειας βασισμένο στη μετάδοση υπηρεσιών με πολύπλεξη χρόνου. Η τεχνική αυτή ονομάζεται time slicing και επιφέρει αυξημένη εξοικονόμηση ενέργειας και soft handover όταν ο δέκτης μετακινείται σε γειτονική δικτυακή κυψέλη. Σε συνθήκες ανεπαρκούς σήματος, η αξιόπιστη μετάδοση επιτυγχάνεται με το σχήμα MPE-FEC (Multi-Protocol Encapsulation – Forward Error Correction). Επιπλέον, το πρότυπο ορίζει ένα

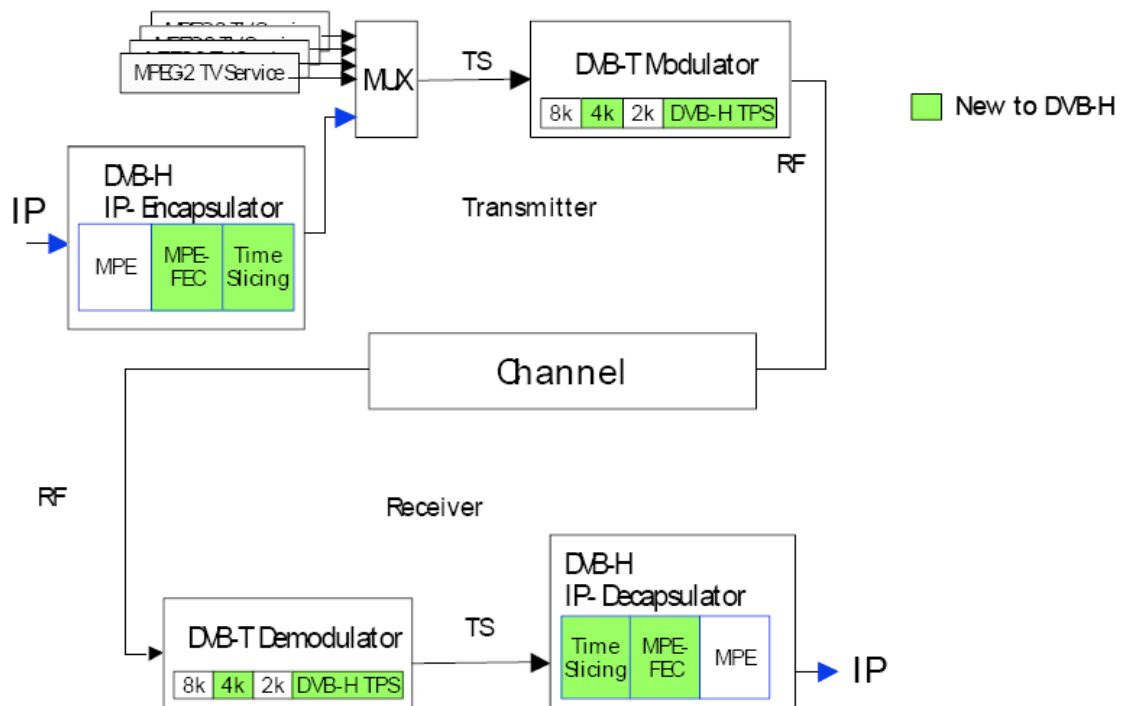
πρόσθετο δικτυακό mode (4K mode), προσφέροντας πρόσθετη ευελιξία στο σχεδιασμό SFNs, δεδομένου ότι τα δίκτυα αυτά ταιριάζουν στη λήψη σήματος από κινητά τερματικά και παρέχουν βελτιωμένο κανάλι σηματοδότησης και συνεπώς αξιόπιστες υπηρεσίες.[1]

Η δομή του τερματικού δέκτη (user equipment) φαίνεται στην εικόνα 3 [5]. Περιλαμβάνει δέκτη και τερματικό DVB-H. Ο δέκτης αποτελείται από DVB-T demodulator, time slicing module και ένα προαιρετικό MPE-FEC module. Ο DVB-T demodulator ανακτά τα πακέτα των ρών MPEG-2 TSs (Transport Streams) από το ληφθέν DVB-T RF (Radio Frequency) σήμα. Προσφέρονται τρία modes μετάδοσης (2K, 4K, 8K) με την κατάλληλη σηματοδότηση. Το time-slicing module ελέγχει το δέκτη ώστε να αποκωδικοποιήσει (decode) την κατάλληλη υπηρεσία. Τέλος, το MPEFEC module παρέχει μια επιπλέον FEC λειτουργία, βοηθώντας το δέκτη να αντεπεξέρχεται σε δύσκολες καταστάσεις λήψης.



Εικόνα 3: Τερματικός δέκτης

Ένα παράδειγμα μετάδοσης IP υπηρεσιών μέσω του DVB-H απεικονίζεται στην εικόνα 4 [5]. Στην περίπτωση αυτή μεταδίδονται ταυτόχρονα παραδοσιακές MPEG-2 τηλεοπτικές υπηρεσίες και time-sliced DVB-H υπηρεσίες, μέσω της ίδιας πολύπλεξης (multiplex). Το φορητό τερματικό αποκωδικοποιεί (χρησιμοποιεί) μόνο τις IP υπηρεσίες.



Εικόνα 4: Μέταδοση IP υπηρεσιών μέσω του DVB-H

## 3.2. Νέα Στοιχεία

### 3.2.1. Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)

Το φυσικό επίπεδο του DVB-T εμπλουτίστηκε με τέσσερα νέα χαρακτηριστικά, που περιγράφονται παρακάτω. Η μετάδοση εξακολουθεί να γίνεται βάσει του προτύπου DVB-T, χρησιμοποιώντας Ορθογώνια Πολύπλεξη με Διαίρεση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM). Η σηματοδότηση στο DVB-H υλοποιείται με τρόπο συμβατό προς το DVB-T. Επιπλέον οι ροές DVB-H είναι απολύτως συμβατές με τις DVB-T TS ροές, μεταφέροντας “κλασσικές” DVB-T πληροφορίες.

Ως αποτέλεσμα, μια DVB-H ροή μπορεί να εκπεμφθεί μέσω:[3]

- Δικτύων DVB-T αναμεταδοτών αφιερωμένων (dedicated) σε DVB-H Υπηρεσίες.
- Δικτύων DVB-T τα οποία μεταφέρουν παράλληλα κλασσικές DVB-T και

DVB-H υπηρεσίες.

Γι' αυτόν το λόγο, τα βασικά νέα χαρακτηριστικά του DVB-H (time-slicing και βελτιωμένο σχήμα FEC) τοποθετήθηκαν εσκεμμένα στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων.

### 3.2.2. TPS Signalling Bits

Η σηματοδότηση των παραμέτρων των ροών DVB-H, χρησιμοποιεί μια προέκταση του καναλιού TPS (Transmission Parameter Signalling) του DVB-T. Το κανάλι TPS αποτελεί ένα δεσμευμένο κανάλι πληροφοριών που παρέχει παραμέτρους ρύθμισης (tuning parameters) στο δέκτη. Δύο νέα TPS signalling bits πληροφορούν για τη διαθεσιμότητα ροών DVB-H και την πιθανή ύπαρξη προστασίας MPE-FEC σε τουλάχιστον μια ροή. Έτσι ο δέκτης μπορεί να ανιχνεύει γρήγορα την ύπαρξη DVB-H υπηρεσιών και να εντοπίζει γειτονικές κυψέλες στις οποίες υπάρχουν κοινές υπηρεσίες [2], [3].

### 3.2.3. 4K Mode

Οι ροές DVB-H μεταδίδονται με χρήση 4K OFDM πολύπλεξης, η οποία δεν αποτελεί μέρος του προτύπου DVB-T. Το DVB-T παρέχει τα 2K και 8K modes προκειμένου να υποστηρίξει διαφορετικές δικτυακές τοπολογίες. Το DVB-H εισάγει επιπρόσθετα το 4K mode, το οποίο δημιουργείται από έναν IDFT (Inverse Discrete Fourier Transformation) μετασχηματισμό 4096 σημείων, στον OFDM modulator. Το DVB-T δεν περιλαμβάνει το mode αυτό, άρα το 4K mode μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε αφιερωμένα DVB-H δίκτυα. Ο πίνακας 1 παρουσιάζει τιμές παραμέτρων για τα τρία διαθέσιμα modes μετάδοσης. [3],[2]

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

**Πίνακας 2: Παράμετροι για τρία modes μετάδοσης**

Το 4K mode αποτελεί ένα συμβιβασμό ανάμεσα στα άλλα δύο modes. Επιτρέπει διπλασιασμό της απόστασης ανάμεσα στους μεταδότες (33 km) σε σχέση με το 2K mode (17 km). Συγκρινόμενο με το 8K mode, είναι λιγότερο ευαίσθητο στο Doppler effect<sup>13</sup>. Συνεπώς το 4K mode παρέχει μεγαλύτερο βαθμό ευελιξίας στη σχεδίαση των δικτύων (καλύτερη σχέση – trade off - μεταξύ μεγέθους SFN κυψέλης και μέγιστης ταχύτητας) [1].

Συνεπώς, τα τρία modes παρέχουν ευελιξία στο σχεδιασμό του δικτύου, ώστε να επιλέξει ανάμεσα σε :[4]

- 2K mode: κατάλληλο για κυψέλες μικρής ακτίνας (μέγιστη απόσταση 17 km ανάμεσα στους μεταδότες). Υποστηρίζει εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες λήψης πχ. λήψη σε αυτοκινητόδρομους και τρένα ταχείας (high-speed) κυκλοφορίας.
- 4K mode: κατάλληλο για κυψέλες μικρής και μεσαίας ακτίνας (μέγιστη απόσταση 33 km ανάμεσα στους μεταδότες). Υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες λήψης και κρίνεται κατάλληλο για τα περισσότερα σενάρια χρήσης του DVB-H πχ. λήψη σε αυτοκινητόδρομους κλπ.
- 8K mode: κατάλληλο για κυψέλες μεγάλης ακτίνας (μέγιστη απόσταση 67 km ανάμεσα στους μεταδότες). Μολονότι υποστηρίζει αρκετά υψηλές ταχύτητες

λήψης, δεν αποτελεί καλή επιλογή, όταν η υψηλή ταχύτητα είναι αναγκαία.

Η χρήση της OFDM πολύπλεξης επιτρέπει το βέλτιστο σχεδιασμό του δικτύου, καθώς αυξάνεται το πλήθος των καναλιών που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα [4]. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται Single Frequency Networks (SFNs). Πολλαπλοί μεταδότες χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα. Το πλεονέκτημα σε σχέση με τα Multi Frequency Networks (MFNs) είναι ότι υπάρχει επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων. Επομένως στο DVB-H, είναι δυνατή η μετάδοση πολλών σημάτων πάνω από την ίδια συχνότητα.

### 3.2.4. In-Depth Interleavers

Σε σχέση με τα τρία διαθέσιμα modes, ορίζονται σχήματα διεμπλοκής συμβόλων (interleaving mode schemes)[14]. Ένα τερματικό DVB-H υποστηρίζει το 8K mode και συνεπώς ενσωματώνει στη λειτουργικότητά του έναν 8K symbol interleaver. Είναι λοιπόν φυσικό, η αυξημένη μνήμη του 8K symbol interleaver, να χρησιμοποιείται και στα 3 modes. Επομένως, ο symbol interleaver του τερματικού μπορεί να επεξεργαστεί δεδομένα που έχουν μεταδοθεί σε ένα 8K OFDM symbol, σε δύο 4K OFDM symbols ή σε τέσσερα 2K OFDM symbols. Το αποτέλεσμα είναι αυξημένο “βάθος” διεμπλοκής στα 2K και 4K modes, άρα και βελτιωμένη απόδοση. Αν το πλήρες μέγεθος της μνήμης χρησιμοποιηθεί, η μέθοδος ονομάζεται in-depth interleaving [3]. Το 4K mode και οι in-depth interleavers επηρεάζουν το φυσικό επίπεδο. Όμως οι υλοποίησή τους δεν απαιτεί αύξηση στην πολυπλοκότητα του εξοπλισμού (λογικές πύλες, μνήμη) των μεταδοτών και δεκτών. Ένας τυπικός κινητός demodulator ήδη ενσωματώνει αρκετή μνήμη και “λογική” για τη διαχείριση 8K σημάτων, η οποία υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις του 4K mode. Τέλος, το φάσμα εκπομπής είναι κοινό και για τα τρία modes, επομένως δεν απαιτούνται αλλαγές στα φίλτρα των μεταδοτών.

### 3.2.5. 5MHz Channel Bandwidth

Επιπλέον των τριών ζωνών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται στην εκπομπή

κλασσικών τηλεοπτικών σημάτων (VHF band III 174..230 MHz, UHF band IV 470..598 MHz, UHF band V 598..862 MHz) και οι οποίες διαθέτουν φάσμα 6, 7, 8 MHz σε κάθε κανάλι, το DVB-H ορίζει τη χρήση ενός φάσματος 5 MHz που ανήκει σε μη-παραδοσιακά τηλεοπτικά συστήματα εκπομπής [1].

## 4. Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Link/MAC Layer)

Ο σκοπός του επιπέδου ζεύξης δεδομένων είναι η παροχή μηχανισμών ταυτόχρονης πρόσβασης στο φυσικό μέσο και η προσαρμογή των δεδομένων στο φυσικό πλαίσιο (frame) μεταφοράς.

Στην περίπτωση του DVB-H, η ταυτόχρονη πρόσβαση δεν αποτελεί πρόβλημα, διότι το φυσικό επίπεδο του DVB-T αποτελεί μονοπάτι πολυεκπομπής (multicast) προς μια κατεύθυνση μόνο (unidirectional). Το πρόβλημα που παρέμενε όμως, ήταν η μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου (το οποίο μεταφέρεται μέσα σε IP πακέτα) σε φορητές συσκευές και η ικανοποίηση των απαιτήσεων των συσκευών αυτών [1]. Το DVB-H υλοποιεί μια ειδική διαδικασία μετάδοσης (time slicing) και μια τεχνική προστασίας (MPE-FEC) για να διασφαλίσει τη μεταδιδόμενη υπηρεσία απέναντι στις δύσκολες συνθήκες της κινητής λήψης.

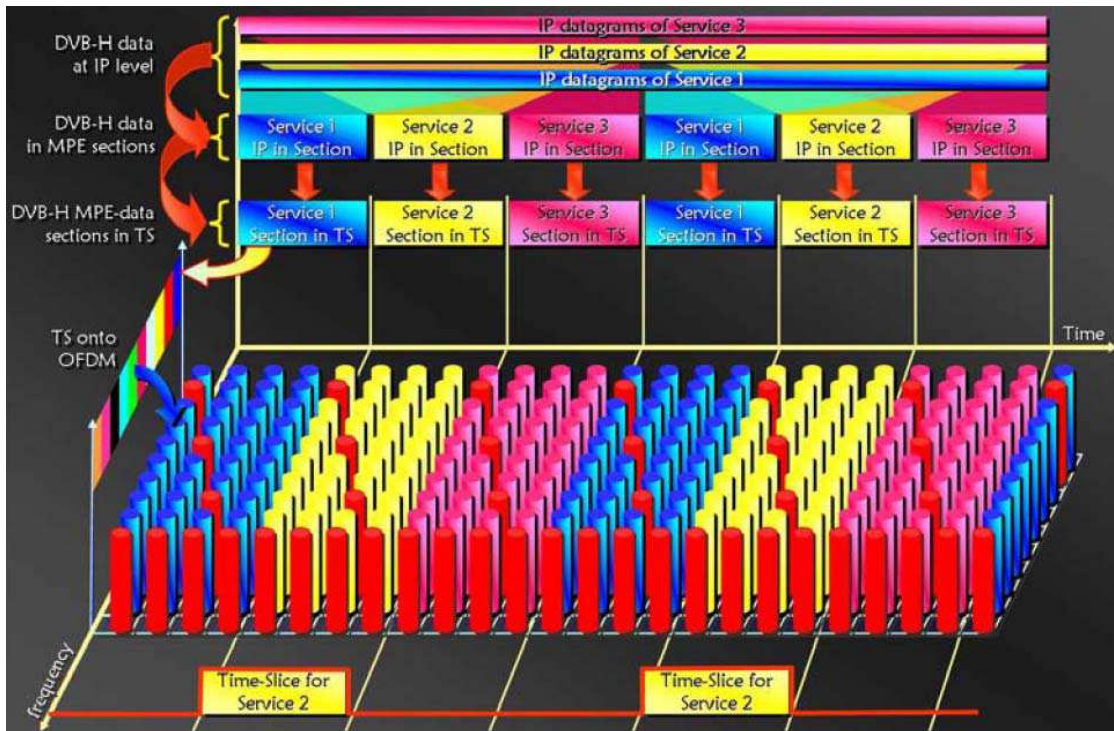
### 4.1. Time-Slicing

Ένα σημαντικό πρόβλημα των DVB-H τερματικών είναι η περιορισμένη χωρητικότητα (capacity) της μπαταρίας. Επιπλέον, η συμβατότητα με το DVB-T αποτελεί πρόσθετο φορτίο για τα DVB-H τερματικά, διότι η αποδιαμόρφωση (demodulating) και η αποκωδικοποίηση (decoding) μιας DVB-T ροής με υψηλό datarate, επιφέρει σπατάλη ενέργειας στο δέκτη και στο τμήμα αποδιαμόρφωσης. Η κατανάλωση ενέργειας σε ένα DVB-T τερματικό είναι περίπου 1 Watt και δεν αναμένεται να μειωθεί κάτω από 600mW μέχρι το 2007. Παράλληλα, ο στόχος των 100mW ως μέγιστο όριο (threshold) για ένα DVB-H τερματικό, είναι απρόσιτος στην περίπτωση του DVB-T [3].

Το DVB-H χρησιμοποιεί την τεχνική Multi-Protocol Encapsulation (MPE) για να εισάγει αυτοδύναμα πακέτα IP (IP datagrams) σε ροές MPEG TS. Δηλαδή, τα αυτοδύναμα πακέτα IP ενθυλακώνονται σε τμήματα MPE (MPE sections) και τα τελευταία κατακερματίζονται και εισάγονται σε πακέτα ροών MPEG TS. Τα τμήματα αυτά δεν μεταδίδονται μόλις είναι διαθέσιμα. Αντίθετα, συσσωρεύονται σε μια εγγραφή (record) μέχρι 191 kbytes και κατόπιν η εγγραφή αυτή μεταδίδεται το



ταχύτερο δυνατόν, χρησιμοποιώντας όλους τους διαθέσιμους πόρους που παρέχει το φυσικό επίπεδο. Έτσι τα δεδομένα μιας DVB-H υπηρεσίας μεταδίδονται στον ατμοσφαιρικό δίαυλο με τη μορφή περιοδικών ριπών (bursts) ( εικόνα 5) [3].



Εικόνα 5: Μεταφορά δεδομένων DVB-H σε ατμοσφαιρικό δίαυλο

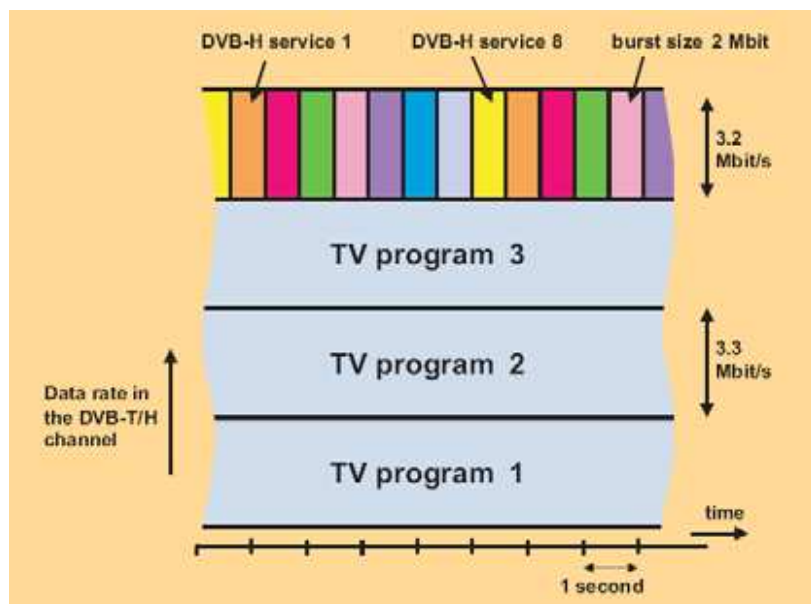
Τα φορητά τερματικά χαρακτηρίζονται από μικρού μεγέθους οθόνες, οι οποίες μπορούν να αποδώσουν υψηλής ποιότητας εικόνα, μετά την αποκωδικοποίηση μιας MPEG-4 ροής. Για παράδειγμα 500 kbps είναι αρκετά για μια υπηρεσία πολυμεσικού περιεχομένου (ήχου και εικόνας). Όμως το φυσικό επίπεδο επιτρέπει αξιόπιστη λήψη άνω των 10 Mbps. Άρα τουλάχιστον 20 DVB-H υπηρεσίες (500 kbps έκαστη) μπορούν να μεταδοθούν με τη μορφή περιοδικών ριπών των 100 ms, σε χρονικό διάστημα των δύο δευτερολέπτων. Αφού όλα τα δεδομένα μιας υπηρεσίας έχουν ληφθεί μέσα σε μια χρονοθυρίδα των 100 ms, ο δέκτης μπορεί να αποδιαμορφώσει το σήμα (στα 100 ms) και να διακόψει (power-off) τη διαδικασία αποδιαμόρφωσης για 1900 ms, περιμένοντας για την επόμενη ριπή (της ίδιας υπηρεσίας). Ο δέκτης γνωρίζει πότε να εκκινήσει (power-on), προκειμένου να λάβει την επόμενη ριπή. Σε μια συγκεκριμένη ριπή, ο χρόνος έναρξης της επόμενης ριπής (που ανήκει στην ίδια

υπηρεσία) σηματοδοτείται μέσω της παραμέτρου  $\Delta t$ , η οποία βρίσκεται σε όλες τις κεφαλίδες των τμημάτων της ριπής. Έτσι, η σηματοδότηση γίνεται πολύ ανθεκτική σε σφάλματα μετάδοσης. Αυτή η τεχνική ονομάζεται time-slicing.

Στο χρόνο αναμονής (1900 ms), άλλες υπηρεσίες μπορούν να μεταδοθούν. Στο παράδειγμα αυτό ο δέκτης διακόπτει τον RF tuner και το τμήμα αποδιαμόρφωσης κατά ένα ποσοστό 18/20 του συνολικού χρόνου, εξασφαλίζοντας εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 90%. Ανάλογα με το ποσοστό χρόνος\_λειτουργίας/χρόνος\_διακοπής, η εξοικονόμηση μπορεί να υπερβεί το 90%.

Κατά τη διάρκεια της διακοπής, ο αποκωδικοποιητής χρησιμοποιεί τα ενταμιευμένα (buffered) δεδομένα, ώστε ο χρήστης να παρακολουθεί συνεχές τηλεοπτικό σήμα. Εκτιμάται ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να παρέχει άνω των τεσσάρων ωρών συνεχούς τηλεοπτικής λήψης σε ένα συμβατικό DVB-H τερματικό.

Η μετάδοση time-sliced DVB-H υπηρεσιών μπορεί να γίνει παράλληλα με παραδοσιακές DVB-T υπηρεσίες (εικόνα 6) [3]. Στο παράδειγμα αυτό, ποσοστό 25% της συνολικής χωρητικότητας του DVB-T καναλιού (13,27 Mbit/s) έχει αφιερωθεί σε DVB-H υπηρεσίες, ενώ η υπόλοιπη παραμένει διαθέσιμη σε DVB-T υπηρεσίες. Επομένως είναι δυνατή η συνύπαρξη DVB-H και DVB-T υπηρεσιών στο ίδιο δίκτυο.



Εικόνα 6: Συνύπαρξη DVB-T και DVB-H

Η τεχνική time-slicing παρέχει ένα ακόμη πλεονέκτημα στην αρχιτεκτονική των

τερματικών συσκευών. Η πιθανόν μακρά περίοδος διακοπής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναζήτηση καναλιών σε γειτονικές κυψέλες, οι οποίες προσφέρουν τις επιλεγμένες υπηρεσίες. Το handover δεν γίνεται αντιληπτό (seamless) και συνεπώς η αναζήτηση και λήψη υπηρεσιών πραγματοποιείται από το ίδιο τερματικό.

## 4.2. MPE-FEC

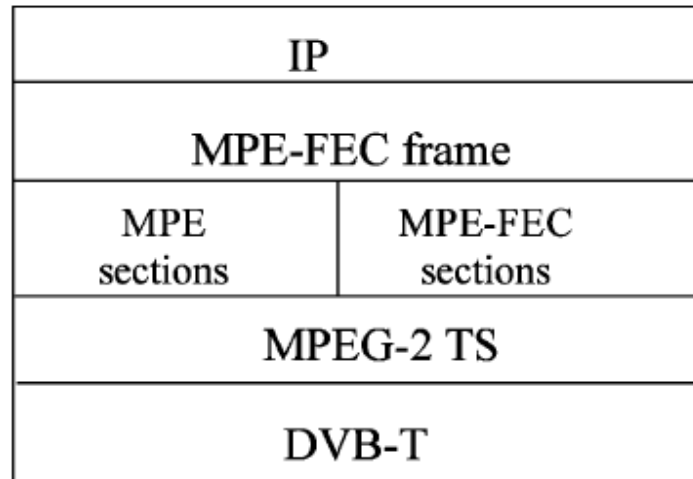
Σε αντίθεση με άλλα DVB συστήματα μετάδοσης που βασίζονται σε DVB Transport Streams (όπως υιοθετήθηκαν από το πρότυπο MPEG-2), το σύστημα DVB-H βασίζεται στο πρωτόκολλο IP. Επομένως η διεπαφή του DVB-H μπορεί να συνδυαστεί με άλλα IP δίκτυα. Ο συνδυασμός αυτός είναι ένα χαρακτηριστικό του συστήματος IP Datacasting<sup>15</sup>. Πάντως, οι ροές μετάδοσης (TS) του MPEG-2 εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται από το επίπεδο βάσης. Τα δεδομένα IP ενσωματώνονται στις ροές μετάδοσης με τη βοήθεια του Multi-Protocol Encapsulation (MPE). Πρόκειται για ένα πρωτόκολλο προσαρμογής που ορίστηκε στο DVB Data Broadcast Specification [9].

Τα DVB-H τερματικά χρησιμοποιούνται σε πληθώρα συνθηκών λήψης: σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο, στατικά, εν κινήσει κλπ. Η λήψη σήματος εκπομπής εν κινήσει αποτελεί τεχνική πρόκληση. Η χρήση πολλαπλών κεραιών είναι αδύνατη λόγω της ύπαρξης μπαταρίας. Περιορισμός στις διαθέσιμες υπηρεσίες δεν νοείται λόγω εμπορικού ανταγωνισμού. Προκειμένου λοιπόν να διατηρηθεί η χρηστικότητα στο σύστημα DVB-H, ορίστηκε (στο MAC επίπεδο) ένας πρόσθετος μηχανισμός ασφαλείας, ο οποίος εφαρμόζεται πάνω στα δεδομένα των ριπών. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται MPE-FEC (Multi-Protocol Encapsulation Forward Error Correction). Αποτελεί το δεύτερο πρωτοποριακό χαρακτηριστικό του DVB-H, μετά από το time-slicing.

Το σύστημα MPE-FEC συμπληρώνει το FEC (Forward Error Correction) του φυσικού επιπέδου, το οποίο βρίσκεται στο υποκείμενο πρότυπο DVB-T. Αποσκοπεί στη μείωση των απαιτήσεων του ποσοστού Signal/Noise<sup>17</sup> (S/N ratio) κατά τη διάρκεια της λήψης από τη φορητή συσκευή. Πειραματικοί έλεγχοι του DVB-H

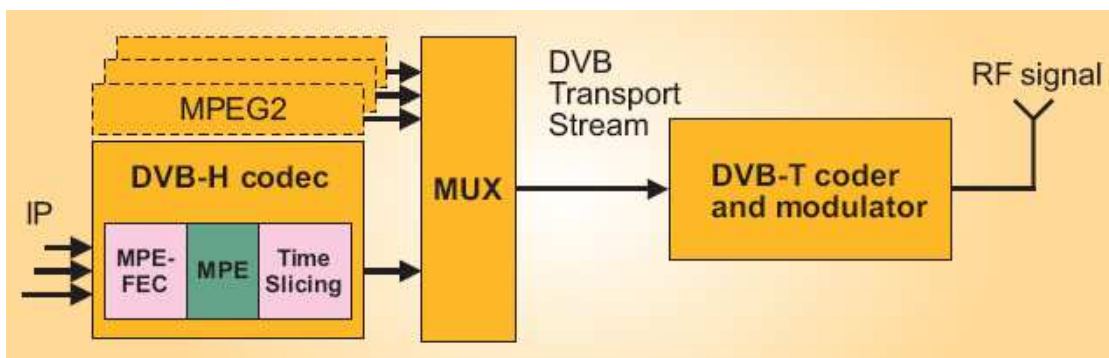
(φθινόπωρο 2004) απέδειξαν ότι η χρήση του MPE-FEC επιφέρει ένα κέρδος περίπου 7 dB, σε σχέση με το DVB-T [3],[9]

Το MPE-FEC τοποθετείται στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων (link layer), πριν οι ροές IP ενσωματωθούν στα τμήματα MPE (MPE sections) (εικόνα 7) [2].



Εικόνα 7: MPE sections

Οι τεχνικές MPE-FEC, MPE και timeslicing αποτελούν από κοινού τον DVB-H κωδικοποιητή (DVB-H codec), ο οποίος παρέχει τη βασική DVB-H λειτουργικότητα (εικόνα 8) [3].



Εικόνα 8: DVB-H codec

Οι διάφορες IP ροές εισόδου (που προέρχονται από διαφορετικές πηγές)

πολυπλέκονται βάσει της τεχνικής time-slicing. Η προστασία σφαλμάτων MPE-FEC υπολογίζεται χωριστά για κάθε μια ροή. Κατόπιν τα IP πακέτα ενθυλακώνονται στις ροές μεταφοράς. Όλες οι πιθανές επεξεργασίες λαμβάνουν χώρα πριν από την ενθυλάκωση αυτή, προκειμένου να εγγυηθεί η συμβατότητα με το DVB-T δίκτυο μετάδοσης.

Σχετικά με τις λεπτομέρειες της επεξεργασίας, το νέο MPE-FEC σχήμα χρησιμοποιεί έναν κωδικοποιητή Reed Solomon18 (RS coder), σε συνδυασμό με έναν block interleaver (εικόνα 9) [1]. Ο MPE-FEC κωδικοποιητής δημιουργεί μια συγκεκριμένη δομή πλαισίου, το FEC πλαίσιο (FEC frame). Το πλαίσιο αυτό περιέχει έως 1024 γραμμές και σταθερό πλήθος 255 στηλών.



Εικόνα 9: MPE-FEC

Κάθε κελί του πλαισίου αντιστοιχεί σε ένα byte, επομένως το μέγιστο μέγεθος του πλαισίου είναι περίπου 2 Mbit. Το πλαίσιο χωρίζεται σε δύο τμήματα, τον Πίνακα Δεδομένων Εφαρμογής (Application Data Table) και τον Πίνακα Δεδομένων RS (Reed-Solomon Data Table). Ο πρώτος πίνακας περιλαμβάνει 191 στήλες, ενώ ο δεύτερος 64. Στον Πίνακα Δεδομένων Εφαρμογής καταχωρούνται τα IP πακέτα της υπηρεσίας που πρόκειται να προστατευθούν. Κατόπιν εφαρμόζεται ο κώδικας RS(255,191) σε κάθε γραμμή του πρώτου πίνακα και τα bytes ισοτιμίας (parity bytes) που προκύπτουν, καταχωρούνται στο δεύτερο πίνακα. Ύστερα από την κωδικοποίηση, τα IP πακέτα ενθυλακώνονται σε IP τμήματα (IP sections) με τρόπο που ορίζει η τεχνική MPE. Τα δεδομένα εφαρμογής ακολουθούνται από τα δεδομένα

ισοτιμίας τα οποία διαβάζονται από το δεύτερο πίνακα ανά στήλη. Κατόπιν ενθυλακώνονται σε διαφορετικά FEC τμήματα. Η δομή του FEC πλαισίου περιέχει ένα εικονικό (virtual) block interleaving, επιπροσθέτως της κωδικοποίησης. Η εγγραφή προς, και το διάβασμα από το FEC πλαίσιο γίνεται ανά στήλη, ενώ η κωδικοποίηση ανά γραμμή.

Η τεχνική MPE-FEC σχετίζεται άμεσα με την time-slicing. Και οι δύο τεχνικές εφαρμόζονται σε βασικές ροές και μια time-slicing ριπή μπορεί να περιέχει το περιεχόμενο ενός ακριβώς FEC πλαισίου. Έτσι δίνεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης μνήμης στα κυκλώματα του δέκτη. Τέλος, ο διαχωρισμός των IP δεδομένων και των αντιστοίχων ισοτιμίας κάθε ριπής, καθιστά τη χρήση της MPEFEC αποκωδικοποίησης προαιρετική, δεδομένου ότι τα δεδομένα εφαρμογής μπορούν να τύχουν επεξεργασίας, αγνοώντας την πληροφόρηση που παρέχουν οι ισοτιμίες.

## 5. Θεμάτα Απόδοσης

Τα επίγεια συστήματα εκπομπής παρέχουν τρόπους αντιμετώπισης των πολλαπλών σημάτων που λαμβάνονται ως αντίγραφα από τους δέκτες. Στο DVB-T, η ανθεκτικότητα απέναντι στην ηχώ (echo) επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός guard interval ανάμεσα σε κάθε διαμορφωμένο σύμβολο. Ορίζεται δηλαδή μια περίοδος μετάβασης μεταξύ των συμβόλων, κατά την οποία το κανάλι αγνοείται από τους δέκτες.[9]

Η ενόχληση από την ηχώ αντιμετωπίζεται με ευκολία όταν οι target fixed δέκτες εκπομπής έχουν μια ποιοτική rooftop κατευθυντική (selective) κεραία, η οποία στρέφεται προς τον μεταδότη. Το πρόβλημα όμως γίνεται πιο σύνθετο, καθώς απαιτείται η στόχευση κινητών ή φορητών δεκτών, οι οποίοι διαθέτουν μη-κατευθυντικές (omni-directional) κεραίες και βρίσκονται σε απόσταση ενός μέτρου από το επίπεδο της γης.

### 5.1. Doppler Effect

Για τους κινητούς δέκτες, η πολυπλοκότητα δεν προέρχεται μόνο από την πολλαπλότητα των λαμβανομένων echoes (καθυστερημένων στο πεδίο του χρόνου), αλλά και από το frequency-shift που επηρεάζει αυτές τις echoes και το σήμα [1]. Όπως περιγράφηκε από τον Αυστριακό μαθηματικό Christian Andreas Doppler (1803-1853), τα σήματα που λαμβάνονται εν κινήσει επηρεάζονται από το frequency Doppler shift, το οποίο σχετίζεται με την ταχύτητα του δέκτη και τη σχετική γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης του δέκτη και της εισερχόμενης κατεύθυνσης του σήματος. Ορίζεται από τον τύπο:

$$\Delta f_D = V * \frac{f_{rf}}{C} * \cos(\Phi)$$

Όπου V: ταχύτητα δέκτη

f<sub>rf</sub>: συχνότητα φέροντος σήματος

C: ταχύτητα φωτός (299.792.458 m/s στο κενό)

$\Phi$ : γωνία μεταξύ κατεύθυνσης του δέκτη και της εισερχόμενης κατεύθυνσης του σήματος.

Η γωνία ( $\Phi$ ) αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό της τιμής του frequency Doppler shift. Επιπροσθέτως, η συχνότητα του φέροντος ( $f_r/f_c$ ) και η ταχύτητα του δέκτη ( $V$ ) αυξάνουν αναλογικά την τιμή. Με άλλα λόγια, ένα λαμβανόμενο σήμα που αποτελείται από echoes (επηρεαζόμενες από το Doppler effect) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία θορύβου (Inter Carrier Interference – ICI), ο οποίος σχετίζεται με τα μεγέθη  $f_r/f_c$  και  $V$ .

Ο μηχανισμός των guard intervals αποτελεί μέθοδο αντιμετώπισης ανωμαλιών στο πεδίο του χρόνου. Αντίθετα, τα αποτελέσματα του Doppler effect αντιμετωπίζονται μόνο από αφιερωμένες μεθόδους επεξεργασίας σήματος που λειτουργούν στους δέκτες. Επομένως, ένας ποιοτικός “Mobile TV” δέκτης πρέπει πρωτίστως να είναι ποιοτικός “Mobile” δέκτης και να υλοποιεί όχι μόνο αλγορίθμους αντιμετώπισης χρονικών ανωμαλιών (time-delayed echoes) αλλά και συχνοτήτων (frequency-shifted echoes). Είναι λοιπόν απίθανο, οι αποδιαμορφωτές σταθερής λήψης (set-top boxes) να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα κινητής λήψης

## **5.2. C/N vs Doppler – Αποδοτικότητα Δέκτη σε Κινητή Λήψη**

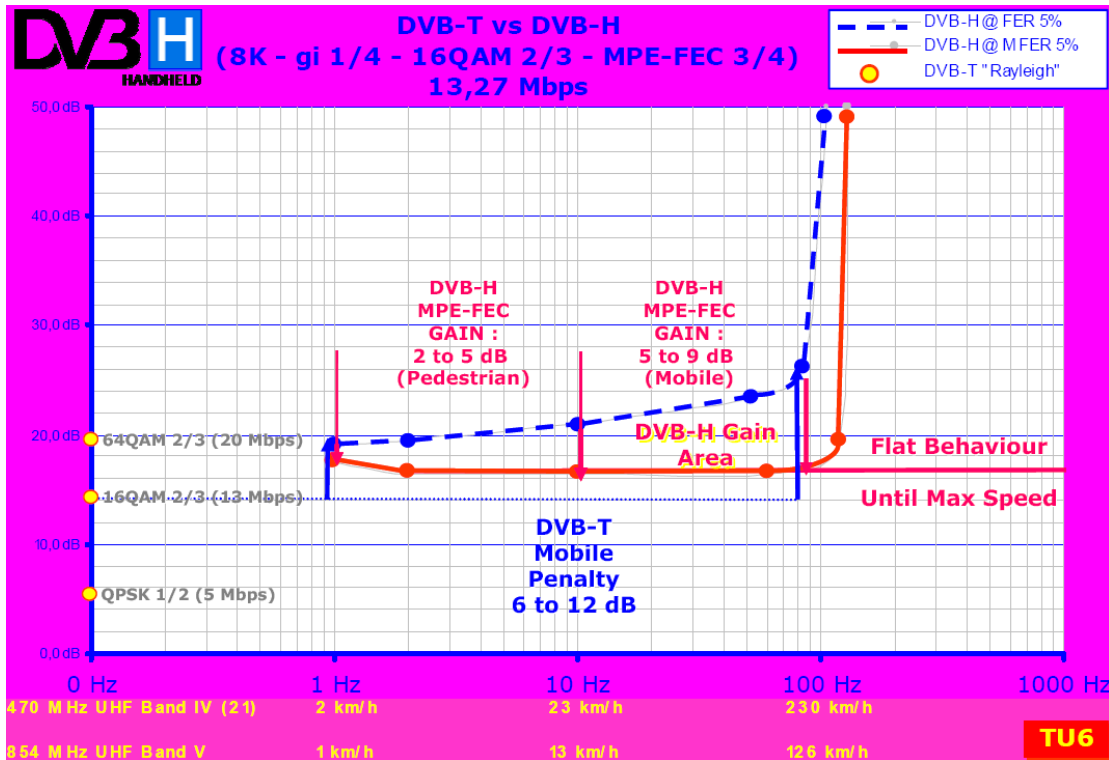
Το πρότυπο DVB-T ορίζει το Carrier/Noise (C/N) κατώφλι που απαιτείται για την ικανοποίηση των Quasi-Error-Free<sub>20</sub> (QEF) κριτηρίων, χωρίς να περιλαμβάνεται ποσότητα Doppler θορύβου. Το QEF κριτήριο που επιλέγεται για σταθερή λήψη (fixed reception) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε “κινητό” περιβάλλον, εξαιτίας των συχνών μεταβολών του καναλιού. Επομένως, αντί της χρήσης ενός “Quality of Service” (QoS) κριτηρίου, το οποίο εμπεριέχει υποκειμενικότητα πχ. έξυπνη επεξεργασία απόκρυψης σφαλμάτων στο δέκτη, ορίζεται ένα αντικειμενικό σημείο αποτυχίας ή “Quality of Restitution” (QoR) κριτήριο [21], το οποίο μπορεί να χαρακτηρίσει τα όρια “καλής” λειτουργίας κατά τη κινητή λήψη [1].

Στην περίπτωση του DVB-H, όπου οι υπηρεσίες λαμβάνονται μέσα σε προστατευμένες (μέσω MPE-FEC) time-sliced ριπές, ορίζονται τα FER και MFER κριτήρια ως εξής:



- Frame Error Rate (FER) είναι το ποσοστό των μεταφερθέντων πινάκων (ριπών) που περιέχουν σφάλματα, χωρίς MPE-FEC διόρθωση, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πχ. το κριτήριο FER5 αντιστοιχεί σε 5% πινάκων που περιέχουν σφάλματα.
- MPE Frame Error Rate (MFER) είναι το ποσοστό των μη-διορθωμένων MPEFEC πλαισίων, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πχ. το κριτήριο MFER5 αντιστοιχεί σε 5% μη-διορθωμένων MPE-FEC πλαισίων.  
Τα κριτήρια FER (λήψη χωρίς MPE-FEC διόρθωση) και MFER (λήψη κατόπιν MPEFEC διόρθωσης) αποτελούν πολύ αξιόπιστες ενδείξεις για την Quality of Restitution κάθε μεταδιδόμενης υπηρεσίας.

Το εικόνα 10 [1] παρουσιάζει το ποσοστό C/N που απαιτείται από ένα DVB-T (@FER5) και από ένα DVB-H (@MFER5) δέκτη, όταν αυξάνεται η τιμή του frequency Doppler shift. Κάθε τιμή του Doppler shift (στον άξονα X) αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ταχύτητα και συγκεκριμένη ραδιοσυχνότητα. Συνεπώς, η Maximum Doppler τιμή αντιστοιχεί στην Maximum Speed (ταχύτητα), αλλά η πραγματική τιμή της ταχύτητας εξαρτάται από τη ραδιοσυχνότητα. Στην περίπτωση του DVB-T (διακεκομμένη γραμμή), η αύξηση της ταχύτητας (Doppler shift) επιφέρει ανάλογη αύξηση στο C/N που χρειάζεται για να αποδιαμορφωθεί το σήμα. Από ένα σημείο και πέρα, ο δέκτης δεν είναι πλέον ικανός να αποδεχτεί το θόρυβο και διακόπτει την επεξεργασία του μεταφερόμενου σήματος.



Εικόνα 30: Ποσοστό C/N

Στην περίπτωση του DVB-T, η υπηρεσία παραμένει διαθέσιμη μέχρι τα 100 Hz (Doppler shift). Η τιμή αυτή ισοδυναμεί με ταχύτητα 230 km/h στο χαμηλότερο τμήμα της Band IV και (μόνο) 126 km/h στο ανώτερο τμήμα της Band V. Στην περίπτωση του DVB-H, η τεχνική διόρθωσης (MPE-FEC) ενεργοποιείται και το ποσοστό C/N μειώνεται μέχρι να επιτευχθεί ένα σταθερό (stabilized) επίπεδο. Το επίπεδο αυτό παραμένει ανεξάρτητο από το Doppler shift μέχρι το σημείο της αποτυχίας. Το κέρδος στο ποσοστό C/N εκτιμάται από 2 έως 9 dB. Σημειώνεται ότι η συμπεριφορά του δέκτη παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη από την ταχύτητα, μέχρι να επιτευχθεί το όριο της ταχύτητας. Το όριο αυτό μάλιστα αντιστοιχεί σε υψηλότερη τιμή Doppler shift από ότι στην περίπτωση του DVB-T.

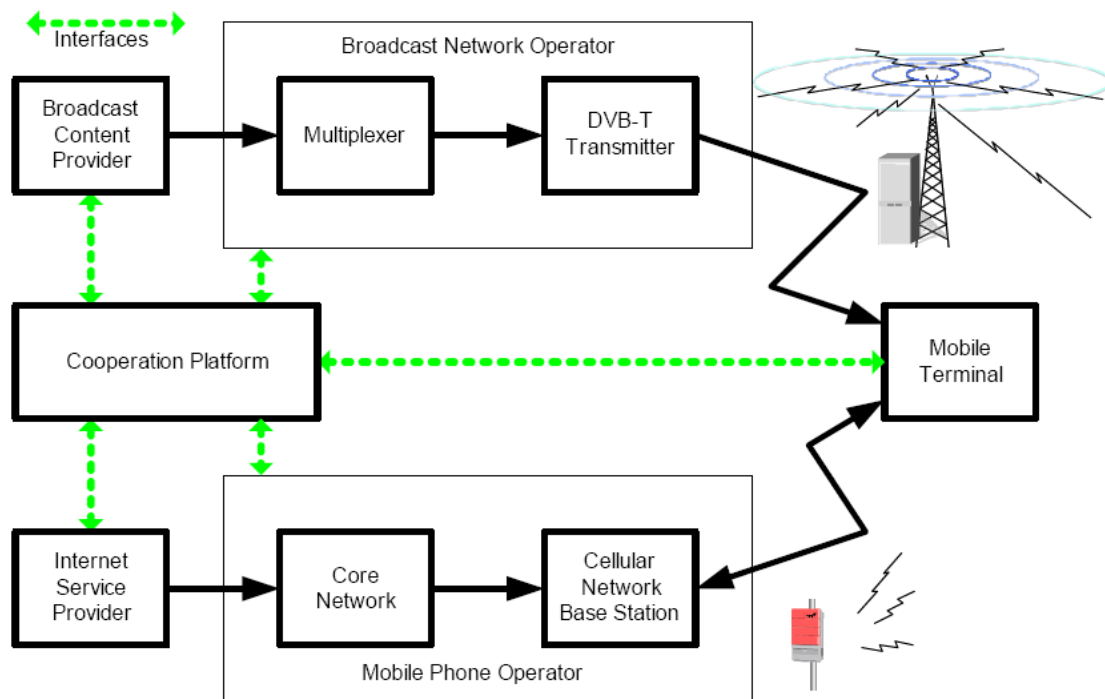
Σε κατάσταση κινητής λήψης (με άνω των 10 Hz Doppler shift), το σχήμα MPE-FEC μειώνει το απαιτούμενο C/N ενώ παράλληλα η ταχύτητα αυξάνεται και επεκτείνεται η μέγιστη ταχύτητα στην οποία η αποδιαμόρφωση παραμένει πιθανή. Σε κατάσταση

πεζής (pedestrian) λήψης (μέχρι 10 Hz Doppler shift) τα οφέλη επιτυγχάνονται κυρίως από την κωδικοποίηση Reed Solomon και από το DVB-T γενικά. Εν συντομία, η χρήση του MPE-FEC στις DVB-H μεταδόσεις κατοχυρώνει τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας, ανεξάρτητα της ταχύτητας και εξοικονομεί ένα μεγάλο τμήμα C/N, το οποίο προσβάλλει τον κινητό δέκτη.

## 6. DVB-H Networks

### 6.1. Επισκόπηση Συστήματος

Η κατασκευή ενός end-to-end DVB-H συστήματος ενδέχεται να απαιτεί χρήση των υπάρχοντων δικτύων κινητής τηλεφωνίας πχ. για την τιμολόγηση των συνδρομητών. Η αρχιτεκτονική ενός συνεργατικού συστήματος μεταξύ mobile και broadcast operators παρουσιάζεται στο εικόνα 11 [6].



Εικόνα 41: Αρχιτεκτονική συνεργατικού συστήματος

Οι υπηρεσίες εκπομπής μπορούν να μεταδοθούν από το DVB-H χωρίς τη χρήση του καναλιού αλληλεπίδρασης (interaction channel). Αν κριθεί αναγκαίο, το κανάλι μπορεί να παρασχεθεί από ένα κυψελωτό δίκτυο πχ. GSM δίκτυο. Οι μέθοδοι τιμολόγησης των υπηρεσιών μπορούν να βασίζονται σε ιδιόκτητους (proprietary) αλγόριθμους κωδικοποίησης και χρέωσης ή να δανείζονται στατιστικά στοιχεία χρήσης από τους αντίστοιχους μηχανισμούς των τηλεπικοινωνιακών φορέων. Ενώ τα DVB-T δίκτυα εξυπηρετούν κυρίως roof-top κεραίες, ένα DVB-H σύστημα

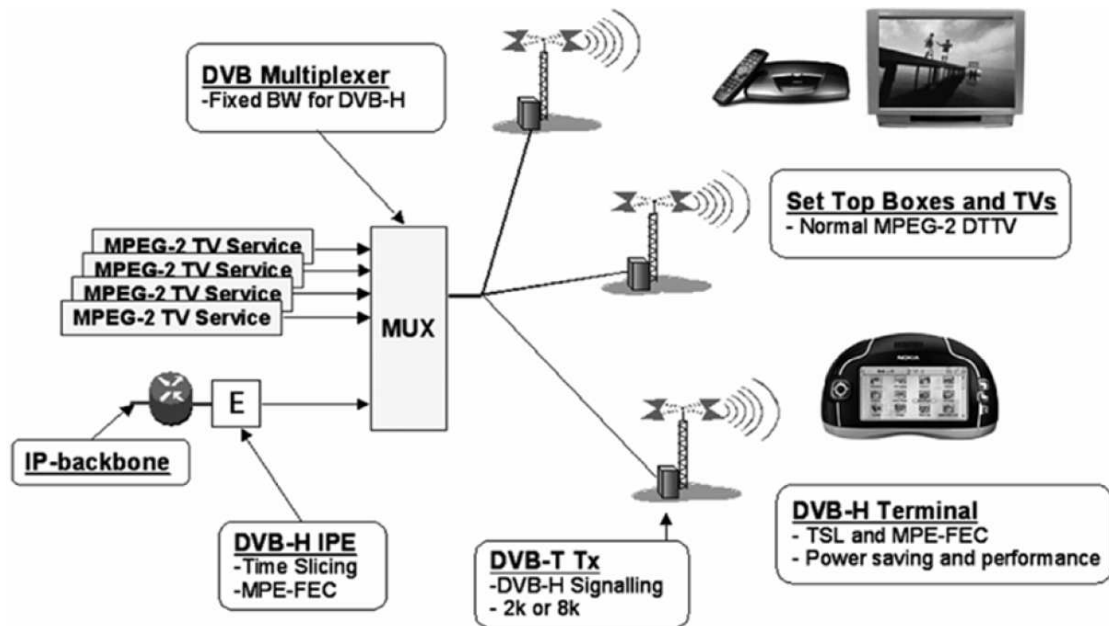
πρέπει να σχεδιασθεί με προδιαγραφές φορητής λήψης εντός κτιρίων. Απαιτείται λοιπόν ισχυρότερο σήμα προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες. Οι αρχιτεκτονικές των δικτύων DVB-H εξαρτώνται από τις διαθέσιμες συχνότητες, το ύψος των κεραιών, τη μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ των μεταδοτών κλπ. Τα ακόλουθα δικτυακά σενάρια είναι πιθανά [2]:

- Κοινόχρηστα με DVB-T δίκτυα (DVB-T shared networks)
- Αφιερωμένα DVB-H δίκτυα (dedicated DVB-H networks)

## **6.2. DVB-T Shared Networks**

Ένα κοινόχρηστο δίκτυο φαίνεται στο εικόνα 12 [2].

Ένα σύνολο DVB-T μεταδοτών εξυπηρετεί DVB-T και DVB-H τερματικές συσκευές. Το υπάρχον DVB-T δίκτυο πρέπει να είναι σχεδιασμένο για φορητή εσωτερική λήψη (portable indoor reception) και επομένως να παρέχει ισχυρό σήμα στις φορητές συσκευές. Η μόνη απαραίτητη μετατροπή (στους μεταδότες) είναι η ενσωμάτωση των DVB-H bits σηματοδότησης στις παραμέτρους του καναλιού TPS (Transmission Parameter Signalling channel).



Εικόνα 52: Κοινόχρηστο δίκτυο

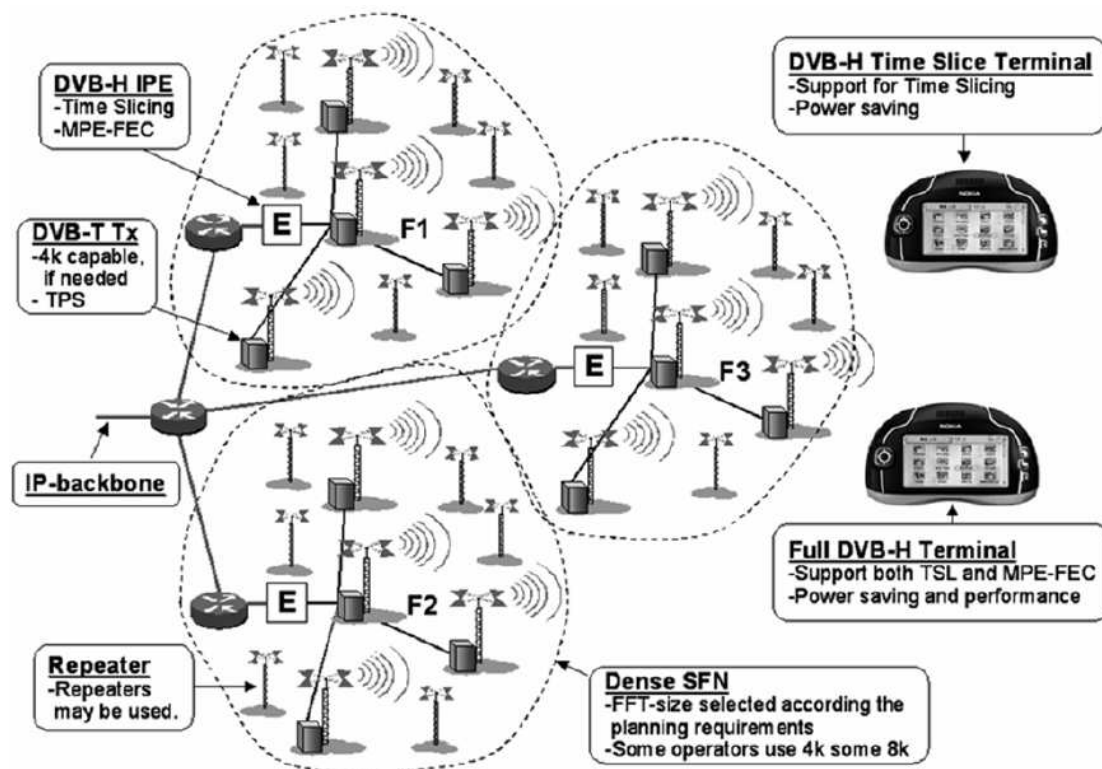
Ένα σύνολο DVB-T μεταδοτών εξυπηρετεί DVB-T και DVB-H τερματικές συσκευές. Το υπάρχον DVB-T δίκτυο πρέπει να είναι σχεδιασμένο για φορητή εσωτερική λήψη (portable indoor reception) και επομένως να παρέχει ισχυρό σήμα στις φορητές συσκευές. Η μόνη απαραίτητη μετατροπή (στους μεταδότες) είναι η ενσωμάτωση των DVB-H bits σηματοδότησης στις παραμέτρους του καναλιού TPS (Transmission Parameter Signalling channel).

Η κοινόχρηστη χρήση αφορά το στάδιο της πολύπλεξης. Το DVB-H παρέχει πλήρη ευελιξία στην επιλογή του τμήματος της πολύπλεξης, που θα χρησιμοποιηθεί για DVB-H υπηρεσίες. Το πιο σημαντικό δικτυακό τμήμα είναι ο IP-Encapsulator (DVB-H IPE), όπου υλοποιούνται οι τεχνικές MPE, time-slicing και MPE-FEC.

Μια εναλλακτική λύση κοινόχρηστης χρήσης του δικτύου είναι η υιοθέτηση DVB-T ιεραρχικής διαμόρφωσης (DVB-T hierarchical modulation)[22]. Στην περίπτωση αυτή, οι MPEG-2 και DVB-H IP υπηρεσίες κατέχουν ανεξάρτητες TS εισόδους στους DVB-T μεταδότες. Οι DVB-H υπηρεσίες χρησιμοποιούν το τμήμα υψηλής προτεραιότητας (high-priority part), το οποίο προσφέρει αυξημένη απόδοση, σε σχέση με το τμήμα χαμηλής προτεραιότητας (low-priority part), το οποίο χρησιμοποιείται από τις κανονικές ψηφιακές τηλεοπτικές υπηρεσίες.

### 6.3. Dedicated DVB-H Networks

Η ελευθερία στο δικτυακό σχεδιασμό αυξάνεται όταν μια πλήρης πολύπλεξη μπορεί να αφιερωθεί (dedicate) στο σύστημα DVB-H. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νέο 4K mode και οι in-depth interleavers. Ένα αφιερωμένο δίκτυο φαίνεται στο εικόνα 13 [2].



Εικόνα 63: Αφιερωμένο DVB-H δίκτυο

Ένα τυπικό δίκτυο αποτελείται από αρκετές SFN περιοχές. Κάθε περιοχή χρησιμοποιεί τη δική της συχνότητα. Το μέγιστο μέγεθος της SFN περιοχής εξαρτάται από το διαθέσιμο mode, το guard interval και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Όπως έχει αναφερθεί η απόσταση ανάμεσα στους μεταδότες μπορεί να αγγίξει τα 70 km. Κάθε SFN περιοχή περιλαμβάνει πιθανώς μερικούς μεταδότες (συγχρονισμένους μέσω GPS), οι οποίοι υποστηρίζονται από επαναλήπτες (repeaters), προκειμένου να καλυφθούν προβληματικά σημεία (holes).

Σε σχέση με ένα παραδοσιακό DVB-T δίκτυο, απαιτείται μεγαλύτερο πλήθος συγχρονισμένων μεταδοτών και συνεπώς κεραιές μικρότερου ύψους. Το δίκτυο καλείται πυκνό SFN (dense SFN). Προφανώς το κόστος ενός τέτοιου δικτύου είναι υψηλότερο απ' ότι σε ένα συμβατικό DVB-T δίκτυο. Το πλήθος όμως των υπηρεσιών που παρέχει ο πολυπλέκτης είναι δέκα φορές μεγαλύτερο.

#### **6.4 .IPDataCasting over DVB-H**

Το IP Datacasting (IPDC) είναι τεχνολογία εκπομπής η οποία επιτρέπει τη διανομή ψηφιακού περιεχομένου σε ευρύ κοινό. Χρησιμοποιεί τα DVB-T δίκτυα για να εκπέμψει IP-based δεδομένα.

Ενώ οι πρώτες υπηρεσίες θα αφορούν τηλεοπτικό περιεχόμενο, μια ποικιλία τύπων περιεχομένου μπορούν να μεταδοθούν με τη βοήθεια του IPDC. Τυπική υπηρεσία είναι η μετάδοση πληροφοριών, όπου τα δεδομένα πρέπει να μεταδοθούν ταυτόχρονα σε πολλαπλούς αποδέκτες πχ. παιχνίδια, ήχος, εικόνα κλπ.

Το IPDC αποτελεί τεχνολογία εκπομπής (broadcast) ή πολυεκπομπής (one-to-many/multicast) και συνεπώς αποτελεί οικονομικό και αποδοτικό μέσο για πρόσβαση στο ευρύ κοινό. Για τους καταναλωτές τα οφέλη περιλαμβάνουν ένα νέο τρόπο πρόσβασης ψηφιακού περιεχομένου και υπηρεσιών, μέσω σταθερών ή κινητών τερματικών συσκευών.

Ο κύριος στόχος της προτυποποίησης του IPDC είναι η δημιουργία μιας καθολικής αγοράς, που θα υποστηρίζει υπηρεσίες, τερματικές συσκευές, εξοπλισμό και λογισμικό. Απαιτείται λοιπόν η διαλειτουργικότητα (interoperability) που θα οδηγήσει σε μια end-to-end λύση, η οποία θα βασίζεται σε ανοιχτά και συμφωνημένα πρότυπα. Η προτυποποίηση πρέπει να αποφύγει την ανακάλυψη του τροχού.

Προκειμένου να επιτευχθεί η διεθνής αναγνώριση, πρέπει να βασισθεί στην επαναχρησιμοποίηση των ήδη υπαρχόντων και δοκιμασμένων λύσεων.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του “κινητού” IPDC είναι η διαθεσιμότητα του

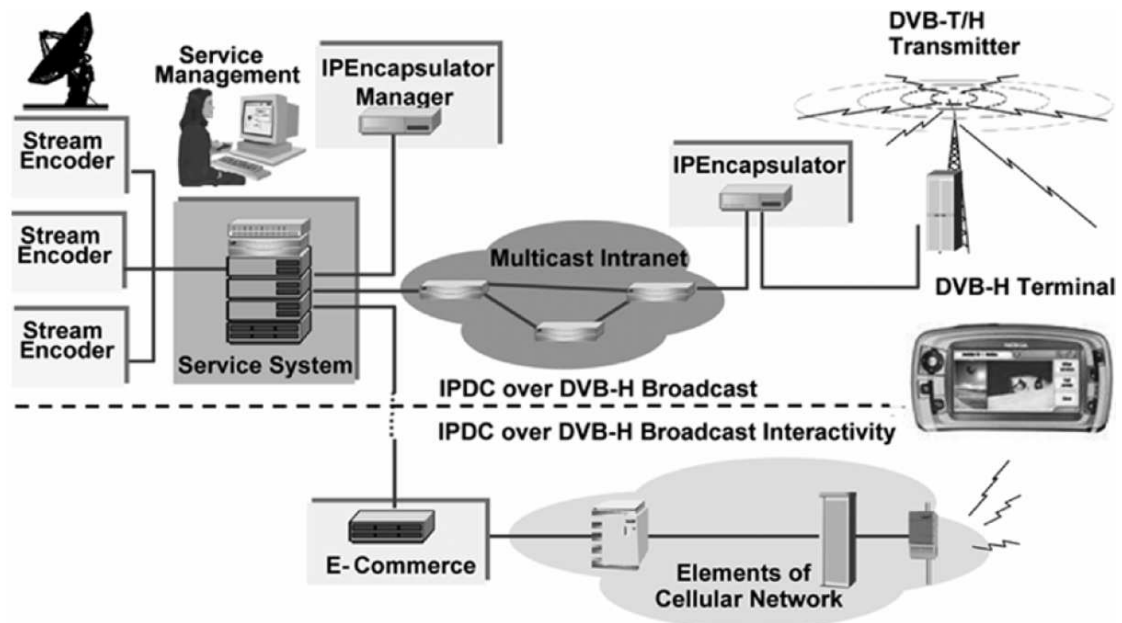


αλληλεπιδραστικού καναλιού επιστροφής (return channel). Το πολυμεσικό περιεχόμενο εκπέμπεται μέσω διαύλου εκπομπής και παράλληλα η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα μέσω του καναλιού επιστροφής του κυψελωτού δικτύου πχ. αγορά περιεχομένου, ψηφοφορία κλπ. Η συνεργασία των κυψελωτών τεχνολογιών και των αντιστοιχών εκπομπής, επιτρέπει τη δημιουργία νέων υπηρεσιών πχ. mobile TV.

Το IP DataCasting over DVB-H αποτελεί λοιπόν, το τεχνολογικό κλειδί για τη ψηφιακή σύγκλιση μεταξύ παραδοσιακού τηλεοπτικού και τηλεπικοινωνιακού κόσμου. Η σύγκλιση επιτυγχάνεται διότι [7]:

- Η τεχνολογία εκπομπής έχει ψηφιακό μέλλον
- Η ψηφιακή εκπομπή ανοίγει νέους διαύλους διανομής περιεχομένων
- Η τεχνολογία IPDC παρέχει τους πόρους που απαιτούνται για να καταστούν επιτυχείς οι διάφορες υπηρεσίες εκπομπής πολυμεσικών περιεχομένων
- Το ψηφιακό περιεχόμενο είναι ήδη διαθέσιμο και μπορεί να χρεωθεί σύμφωνα με την κατανάλωση.

Το εικόνα 14 παρουσιάζει ένα πλήρες IPDC σύστημα [2].



Εικόνα 74: IPDC σύστημα

Αρχικά το σύστημα υπηρεσιών (service system) παράγει τις διάφορες IP ροές στο δίκτυο πχ. ροές εικόνας. Αυτές κατόπιν διανέμονται μέσω του multicast intranet στους IP encapsulators, οι οποίοι δίνουν ως έξοδο τις ροές DVB-H TS. Οι TS ροές προωθούνται στους DVB-T/H μεταδότες. Ο κόμβος e-Commerce μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τιμολόγηση των χρηστών. Το IPDC σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει λειτουργίες, δανεισμένες από το GPRS (General Packet Radio Service) ή το UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

## 7. Κανονιστικά Θέματα – Διαθεσιμότητα Φάσματος

Το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων (frequency spectrum) διαχειρίζεται από τους εθνικούς φορείς τηλεπικοινωνιών σε ευθυγράμμιση με τις διεθνείς αποφάσεις που λαμβάνει η International Telecommunications Union (ITU)[24]. Η ITU αναπτύσσει ένα πλάνο ρύθμισης συχνοτήτων στην Ευρώπη, Αφρική και Μέση Ανατολή, για το ψηφιακό μέλλον που οραματίζεται. Η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων<sup>25</sup> (ΕΕΤΤ) αποτελεί τη Ρυθμιστική Αρχή στον Ελλαδικό χώρο.

Οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τη ρύθμιση του εύρους φάσματος που θα δοθεί σε κάθε χώρα βασίζονται στα χαρακτηριστικά του DVB-T και καλύπτουν τα τρία πιθανά σενάρια λήψης: σταθερής roof-top κεραίας, εξωτερικής/εσωτερικής φορητής λήψης. Οι εθνικοί φορείς υπέβαλαν τις απαιτήσεις τους στις αρχές του 2005.

Ο τελικός σχεδιασμός συζητήθηκε στο Regional Radiocommunications Conference (RRC-06, καλοκαίρι 2006) [6]. Η ικανοποίηση όλων των επιμέρους απαιτήσεων θεωρείται πάντως ανέφικτη.

Το DVB-H δε λήφθηκε υπόψη μέχρι την αρχή της RRC διαδικασίας. Δεδομένου ότι το DVB-H βασίζεται στο φυσικό επίπεδο του DVB-T, είναι πιθανό να δοθούν ζώνες συχνοτήτων στις DVB-H υπηρεσίες, όταν εκχωρηθούν στις αντίστοιχες DVB-T.

Συνεπώς το φάσμα που θα δεσμευτεί στις DVB-H υπηρεσίες θα περιορίσει το αντίστοιχο για τα DVB-T δίκτυα. Οι ρυθμιστικές αρχές πρέπει να αποφασίσουν ποιοι operators θα έχουν πρόσβαση στο φάσμα.

Οι κινητοί φορητοί δέκτες διαθέτουν πολύ μικρότερες κεραίες σε σχέση με τους αντίστοιχους σταθερούς (fixed). Επιπλέον λαμβάνουν σήμα από διαφορετικές τοποθεσίες, κινούμενοι με μεγάλη ταχύτητα. Οι παράγοντες αυτοί απαιτούν την ύπαρξη δικτύων με αποδοτικές παραμέτρους διαμόρφωσης. Επομένως, η ύπαρξη των DVB-T και DVB-H υπηρεσιών σε ένα μοναδικό κανάλι, αν και τεχνικά υλοποιήσιμη, δεν φαίνεται να αποτελεί ιδανική λύση. Η χρήση ενός αφιερωμένου καναλιού σε DVB-H υπηρεσίες παρέχει επιπλέον όφελος. Η ταυτόχρονη μετάδοση 30–50

υπηρεσιών κερδίζει το ενδιαφέρον των χρηστών. Η απελευθέρωση των σχεδιαστών δικτύων από τους περιορισμούς της ταυτόχρονης λειτουργίας (με το DVB-T), θα βοηθήσει στην καλύτερη διαχείριση του φάσματος στις περιοχές που χαρακτηρίζονται από μεγάλη χρήση φορητών τερματικών.

Το σύστημα DVB-H στοχεύει στην χρήση των αποκαλούμενων “ζωνών εκπομπής” (broadcast bands) [1]:

- VHF Band III (174..230 MHz)
  
- UHF Band IV (470..598 MHz)
  
- UHF Band V (598..862 MHz)

χρησιμοποιώντας τα τυποποιημένα bandwidths 5, 6, 7, 8 MHz. Πολλά προβλήματα προκύπτουν όμως από τη χρήση των ζωνών αυτών.

### **7.1. VHF Band III**

Η ζώνη αυτή χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά καλή διάδοση σήματος (propagation), διείσδυση κτιρίων (building penetration) και αντοχή στο Doppler effect. Το μεγάλο μήκος κύματος (>1 m) προϋποθέτει μεγάλη κεραία λήψης, η οποία είναι δύσκολο να ενσωματωθεί σε μικρές φορητές συσκευές. Επίσης, εκτός από ενσωματωμένα φορητά συστήματα αυτοκινήτων, η ζώνη αυτή δεν φαίνεται να είναι πολύ ελκυστική στους κατασκευαστές φορητών τερματικών.

### **7.2. UHF Band IV & V**

Οι τιμές διάδοσης σήματος και διείσδυσης κτιρίων παραμένουν σε αποδεκτά επίπεδα, προσφέροντας μεγάλη κάλυψη. Οι τιμές των Doppler shifts που λαμβάνονται από τους δέκτες σε αυτές τις ζώνες, αντιστοιχούν σε ταχύτητες 250–500 km/h. Το μέγεθος της κεραίας επιτρέπει την ενσωμάτωσή της σε φορητές συσκευές. Οι ζώνες αυτές

προτιμώνται για τη μετάδοση υπηρεσιών σε κινητά τερματικά. Εξαιρέση αποτελεί το άνω μέρος της ζώνης V, όπου οι GSM900 μεταδόσεις παρεμβάλλονται στις DVB-H υπηρεσίες.

Οι ζώνες IV και V παραμένουν όμως συνωστισμένες από τους TV broadcasters, οι οποίοι προσφέρουν τις αναλογικές/ψηφιακές τηλεοπτικές τους υπηρεσίες. Σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες, η πρόσβαση στις ζώνες αυτές ενδέχεται να καθυστερήσει έως το 2010-2020, όπου θα συμβεί μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση (αποκαλούμενη και Digital Dividend). Κατά τη μετάβαση αυτή θα απελευθερωθεί φάσμα στις UHF ζώνες.

### **7.3. L-Band**

Δεδομένων των προβλημάτων στις VHF και UHF ζώνες, οι DVB-H operators στρέφονται προς τη χρήση φάσματος εκτός των παραδοσιακών τηλεοπτικών ζωνών εκπομπής. Κάποιες DVB-H υπηρεσίες μεταδίδονται στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής χρησιμοποιώντας την L-Band και την επιλογή εύρους 5 MHz. Το φάσμα 1452-1492 MHz της L-Band χρησιμοποιείται ελάχιστα σήμερα στην Ευρώπη. Αν και είναι δύσκολο να επιτευχθεί μεγάλη κάλυψη με χρήση της L-Band σε σχέση με τη ζώνη VHF, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι κάποια σχήματα DVB-H μετάδοσης μπορούν να προσφέρουν επαρκή απόδοση στις κινητές τηλεοπτικές υπηρεσίες, στις συχνότητες αυτές.

Το εύρος 5 MHz της L-Band χρησιμοποιείται από DVB-H δέκτες στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, από το 2005. Αν το φάσμα της L-Band απελευθερωθεί, θα δημιουργηθούν 8 νέα κανάλια των 5 MHz για DVB-H μεταδόσεις.

### **7.4. Επόμενα Βήματα**

Είναι πιθανόν, ότι η ανάπτυξη υπηρεσιών εκπομπής σε φορητές συσκευές, σε διεθνές επίπεδο, θα λάβει χώρα πριν από τη μετάβαση στη ψηφιακή εποχή. Συνεπώς είναι απαραίτητο να διατεθούν πόροι φάσματος προκειμένου να αναπτυχθούν οι υπηρεσίες αυτές. Έτσι θα διασφαλισθεί η θέση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας και θα υπάρξει όφελος από τις οικονομίες κλίμακας, οι οποίες θα προέλθουν από την πανευρωπαϊκή

χρήση αυτών των υπηρεσιών από μεγάλα τμήματα πληθυσμού [6].

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στη διεθνή συνεργασία μεταξύ των χωρών, ώστε να προκύψει μια ενοποιημένη αγορά για τους κατασκευαστές εξοπλισμού πχ. κινητών τηλεφώνων, PDAs κλπ.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] DVB-H Digital TV in the Hands, G. Faria, Teamcast, 2005
- [2] DVB-H Digital Broadcast Services to Handheld Devices, G. Faria, J. Henriksson, E. Stare, P. Talmola, IEEE, 2006
- [3] DVB-H The emerging standard for mobile data communication M. Kornfeld, U. Reimers, EBU Technical Report, 2005
- [4] Mobile TV in the move with digital video broadcast-handheld standard, G. Torshizi, E. Woldemariam, Bechtel Co., 2006
- [5] ETSI EN 302 304 v.1.1.1 Standard. ETSI, 2004
- [6] Television on a handheld receiver – broadcasting with DVB-H. DigiTAG, 2005
- [7] IP Datacasting - Bringing TV to the Mobile Phone. NOKIA, 2004
- [8] Digital Video Broadcasting, Handheld (DVB-H), Press Backgrounder. NOKIA, 2005
- [9] ETSI EN 301 192 v1.4.1. ETSI, 2004





