

ΚΑΜΠΑΣ ΙΛΑΡΙΩΝ – ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ  
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: MOBILE TV  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:  
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Τ.Μ.Μ.Ε.Ι



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2008

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου, Σιδηρόπουλο Ιωάννη που τόσο πολύ με βοήθησε  
για την πραγματοποίηση της εργασίας.



## Ακρωνύμια

16-QAM 16-Quadrature Amplitude Modulation

1G First Generation

1xEV-DO 1 times Evolution-Data Optimized

1xRTT 1 times Radio Transmission Technology

2G Second Generation

3G Third Generation

3GPP 3G Partnership Project

3GPP2 3G Partnership Project 2

3GPP3 3G Partnership Project 3

64-QAM 64-Quadrature Amplitude Modulation

AAC Advanced Audio Coding

ARIB Association of Radio Industries and Businesses

ASO Analogue Switch Off

ATSC Advanced Television Systems Committee

AVC Advanced Video Coding

BDS BREW Distribution System

BER Bit Error Rate

BIFS Binary Format For Scenes

bmco Broadcast Mobile Convergence

BML Broadcast Markup Language

BM-SC Broadcast/Multicast Service Center

BSAC Bit Sliced Arithmetic Coding

BSC Base Station Controller

BSS Base Station Subsystem

BST-OFDM Band Segmented Transmission – OFDM

BTS Base Transceiver Station

BW BandWidth

C-band Compromise band

CBS Cell Broadcast Service

CDMA Code Division Multiple Access

CIF Common Intermediate Format

CN Core Network

CRC Cyclic Redundancy Check

CS Circuit Switched

D/U Desired/Undesired

DAB Digital Audio Broadcasting

DBPSK Differential Binary Phase Shift Keying

DMB Digital Multimedia Broadcasting

DQPSK Differential Quadrature Phase Shift Keying

DRM Digital Rights Management

DSB Digital Sound Broadcasting

DTT Digital Terrestrial Television

DTTB Digital Terrestrial Television Broadcasting

DTV Digital TV

DVB Digital Video Broadcasting

DVB-H Digital Video Broadcasting – Handheld

DVB-T Digital Video Broadcasting – Terrestrial

EDGE Enhanced Data rates for GSM Evolution

EPG Electronic Program Guide

ESG Event Schedule Guide

ETRI Electronic Telecommunication Research Institute

ETSI European Telecommunications Standards Institute

FCC Federal Communications Commission

FDD Frequency Division Duplex

FDMA Frequency Division Multiple Access

FEC Forward Error Correction

FER Frame Error Rate

FFC Fast Fourier Transform

FIC Fast Information Channel

FLO Forward Link Only

FM Frequency Modulation

GBA Generic Bootstrapping Architecture

GERAN GSM EDGE RAN

GMSC Gateway MSC

GPRS General Packet Radio Service

GPS Global Positioning System

GSM Global System for Mobile Communications

HD High-Definition

HDTV High-Definition TeleVision

HP High-Priority

HPA High-Power Amplifier

HSDPA High-Speed Downlink Packet Access

HSS Home Subscriber Server

ICI Inter Carrier Interference

ICT Information and Communications Technology

IDFT Inverse Discrete Fourier Transformation



IFFT Inverse Fast Fourier Transformation

IGMP Internet Group Management Protocol

IMS IP Multimedia Subsystem

IMT-2000 International Mobile Telecommunications 2000

IP Internet Protocol

IPDC IP Datacasting

ISDB Integrated Services Digital Broadcasting

ISDB-C Integrated Services Digital Broadcasting – Cable

ISDB-S Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite

ISDB-T Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial

ISDB-TSB Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Sound  
Broadcasting

ISDN Integrated Services Digital Network

ISO/OSI International Standard Organization's Open System Interconnect

ITU International Telecommunications Union

LOC Local Operation Center

LP Low-Priority

MAC Medium Access Control

MBC MBMS Bearer Context

MBMS Multimedia Broadcast/Multicast Service

MDS Media Distribution System

MFER MPE Frame Error Rate

MFN Multi Frequency Network

MGW Media GateWay

MLD Multicast Listener Discovery

MMS Multimedia Messaging Service

MPE Multi-Protocol Encapsulation

MPE-FEC Multi-Protocol Encapsulation – Forward Error Correction

MPEG Moving Picture Experts Group

MPG Media Program Guide

MRK MBMS Request Key

MSC Mobile services Switching Center

MSK MBMS Service Key

MT Mobile Terminal

MTK MBMS Traffic Key

MUEC MBMS UE Context

MUK MBMS User Key

NOC National Operation Center

OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OIS Overhead Information Symbols

OSI Open System Interconnect

PCS Personal Communications Service

PDA Personal Digital Assistants

PDC Personal Digital Cellular

PER Packet Error Rate

PES Packetized Elementary Stream

PS Packet Switched

PSK Phase Shift keying

PSTN Public Switched Telephone Network

PtM Point-to-Multipoint

PtP Point-to-Point

PVR Personal Video Recorder

QAM Quadrature Amplitude Modulation

QCIF Quarter Common Intermediate Format

QEF Quasi-Error-Free

QoR Quality of Restitution

QPSK Quadrature Phase Shift Keying

QVGA Quarter Video Graphics Array

RAN Radio Access Network

RF Radio Frequency

RNC Radio Network Controller

RNS Radio Network Subsystem

RRC Regional Radiocommunications Conference

RS Reed Solomon

S/N Signal/Noise

SAP Session Announcement Protocol

S-DMB Satellite DMB

SFN Single Frequency Network

SI Service Information

SINR Signal Interference Noise Ratio

SL Sync Layer

SMS Short Message Service

STRL Science and Technical Research Laboratories

TDD Time Division Duplex

TDM Time Division Multiplexing

TDMA Time Division Multiple Access

T-DMB Terrestrial DMB

TE Terminal Equipment

TMCC Transmission Multiplexing Configuration Control

TPS Transmission Parameter Signalling

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

URL Uniform Resource Locator

VLR Visitor Location Register

Σχήματα, πίνακες και εικόνες

Σχήματα

Περιγραφή

1 Πρότυπα DVB-H	7
2 Στοιβά πρωτοκόλλων DVB-H	9
3 Δομή τερματικού δέκτη DVB-H	10
4 Μετάδοση IP υπηρεσιών μέσω του DVB-H	10
5 Time-Slicing	16
6 Συνύπαρξη DVB-H και DVB-T υπηρεσιών	17

7 MPE-FEC	18
8 DVB-H codec	18
9 Κωδικοποιητής Reed Solomon συστήματος DVB-H	19
10 Απαιτούμενο ποσοστό C/N	23
11 Συνεργατικό σύστημα μεταξύ mobile και broadcast operators	24
12 DVB-T shared network	25
13 Dedicated DVB-H network	27
14 IPDC σύστημα	29
15 Εκδήλωση ενδιαφέροντος για λήψη τηλεοπτικού σήματος σε φορητές συσκευές	41
16 S-DMB υπηρεσίες	45
17 T-DMB υπηρεσίες	45
18 Υλοποίηση T-DMB υπηρεσιών μέσω του Eureka-147 DAB Συστήματος	47
19 Δομή των προτύπων T-DMB	48
20 Κωδικοποιητής Reed Solomon συστήματος T-DMB	49
21 Διεμπλοκή συστήματος T-DMB	50

22 Έσοδα και συνδρομητές συστήματος T-DMB	53
23 Σύστημα ISDB-T	59
24 Στοιβά πρωτοκόλλων ISDB-T	59
25 Κωδικοποίηση καναλιού ISDB-T	62
26 Wideband/Narrowband ISDB-T	63
27 One-segment service	64
28 Αρχιτεκτονική συστήματος MediaFLO	67
29 Στοιβά πρωτοκόλλων FLO Air Interface	68
30 Δομή super frame	70
31 Στοιβά πρωτοκόλλων μηχανισμού μεταφοράς MediaFLO	72
32 Μετάδοση περιεχομένου	77
33 Εξυπηρετητές MDS συστήματος	78
34 Υπηρεσίες MDS	80
35 SFN κυψέλες	83
36 Εξομοίωση SFN σε μεγάλου μεγέθους κυψέλες	85



37 Εξομοίωση SFN σε μικρού μεγέθους κυψέλες	85
38 Δομή UMTS δικτύου	95
39 Core Network	97
40 Radio Access Network	98
41 Πολυεκπομπή χωρίς χρήση MBMS	101
42 Πολυεκπομπή με χρήση MBMS	101
43 Broadcast/Multicast Service Center	105
44 Δικτυακή διάταξη με χρήση BM-SC	106
45 Μετάδοση υπηρεσιών εκπομπής σε MBMS δίκτυο	107
46 Φάσεις υπηρεσίας εκπομπής	108
47 Μετάδοση υπηρεσιών πολυεκπομπής σε MBMS δίκτυο	109
48 Φάσεις υπηρεσίας πολυεκπομπής	109
49 Διαδικασίες που εφαρμόζονται σε περιβάλλον πολυεκπομπής	111
50 Διαδικασίες ασφάλειας σε περιβάλλον πολυεκπομπής	114
51 Broadcaster-led προσέγγιση με συμμετοχή Mobile Telecom Operator	119

52 Mobile Telecom Operator-led προσέγγιση με συμμετοχή Broadcaster	120
53 Προσέγγιση ανεξάρτητου παρόχου DVB-H υπηρεσιών	121
54 Mobile Telecom Operator-led προσέγγιση	122

## Πίνακες

### Περιγραφή

1 Παράμετροι διαθέσιμων modes μετάδοσης DVB-H	12
2 Σύγκριση χαρακτηριστικών T-DMB και S-DMB	46
3 Παράμετροι συστημάτων T-DMB, S-DMB και VoD	46
4 Πρότυπα ISDB	57
5 Παράμετροι διαθέσιμων modes μετάδοσης ISDB-T	60
6 Χαρακτηριστικά συστήματος MDS ver.1.0	82
7 Πληθυσμιακή κάλυψη σε ευρείες και τοπικές περιοχές	88
8 Διάμετροι κυψελών	92
9 Συστήματα εκπομπής DTV σήματος	123
10 Έρευνα Hessische Rundfunk	127
11 Επιχειρήματα υποστηρικτών συστήματος DAB	129
12 Επιχειρήματα υποστηρικτών συστήματος DVB-H	132
13 Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών DVB-H και T-DMB	134
14 Έναρξη DTT και ASO στην Ευρώπη	

## Εικόνες

### Περιγραφή

1 Κάλυψη σε δίκτυο SFN, Westchester County, New York	13
2 Κάλυψη σε δίκτυο MFN, Westchester County, New York	13
3 Περιοχή εξομοίωσης U.S. Northeastern Corridor	86
4 Εξομοίωση ευρείας περιοχής	87
5 Εξομοίωση τοπικής περιοχής	88
6 Ευρωπαϊκές χώρες με παροχή DTT υπηρεσιών	136

## Executive summary

Mobile broadcast TV combines the two best-selling consumer products in history: TVs and mobile phones. As a result, Mobile TV seems to be a good candidate for the next wireless “killer application”. Market research indicates strong latent demand and early rapid take-up of services in some markets shows the potential to translate this into high take-up and usage. TV will be an ingredient that drives demand for the next generation of wireless mobile phones because consumers want both communications and entertainment - all in one place and in one device. At every level of the Mobile TV value-chain carriers, handset providers, infrastructure owners, content providers, broadcasters, mobile telecom operators and semiconductor suppliers are putting increased efforts behind their mobile broadcast TV plans. According to various market analysts, the Mobile TV handset market is expected to grow massive until 2009.

Like most new technologies, there are several different standards for Mobile TV around the world. However the technology is still maturing and it is unclear which technology should be selected for commercial exploitation, especially in Europe. Naturally, mobile operators want to use their networks to send TV services to their customers. While this is already possible and is being done by some operators, transfer of streaming-data are still restricted to unicast distribution. This, however, limits the number of users who can simultaneously access a given service, requiring operators to carefully balance network capacity with cost per megabyte of data. Profitable mass-market offerings are therefore difficult to achieve without compromising quality.

MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service) however, promises to change this by facilitating broadcast and multicast transmission. The two main European alternatives to MBMS are terrestrial technologies called DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld) and T-DMB (Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting). Although these two technologies would require entirely new networks to be built and additional receiver hardware to be installed in handsets, the technology may be more viable than MBMS in certain types of applications.

When comparing unicast and broadcast delivery approaches, it can be observed that, while solutions based on unicast radio can easily support a vast range of services, they are not suited to supporting mass user demand – especially once unlimited view time is offered by the service providers. On the other hand, solutions based on broadcast systems can easily support the demand for an unlimited number of users; however these systems are not adapted to supporting a very high number of channels nor non-broadcast services (Pay-TV, Pay-per-view approaches). A well-suited solution to this capacity issue could be the combination of both approaches into a unified hybrid system scenario such that the limitations of each are overcome by the primary advantage of the other. The most popular channels (e.g., local broadcast television channels) can be broadcast and the remaining channels are selectively sent to particular users via unicast channels. Such a scenario guarantees no wasted broadcasting radio resources for channels that are consumed by only a few people. Consequently, a major key component of mixed hybrid unicast/broadcast delivery of mobile TV services is a broadcast network, designed to work as a complement and not a competitor, to mobile networks. It offloads the most popular channels while maintaining access to the attractive interactive features and wide choice of a unicast-only solution.

As is the case with cellular phones, it's expected that different transmission standards for mobile digital TV will be adopted in different world areas. With more importance than ever before, the standard discussion could ultimately determine how quickly the

market for mobile digital TV develops, and how large it becomes. Open standards are likely to emerge as the biggest winners - building on the approach already used in the television and cellular phone markets today, where open standards have allowed for better interoperability between devices, and the wider development of applications and services.

The purpose of this work thesis is to present the following mobile broadcast technologies (Chapters 2 – 6):

- DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld): is an extension of the terrestrial DVB-T standard that is a transmission system to provide an efficient way of carrying multimedia services over digital terrestrial broadcasting networks to handheld terminals. DVB-H is using the DVB-T transmission system as the physical layer and adding extra error correction and time slicing mechanism on the link layer. DVB-H is carrying IP-datagrams encapsulated with Multi-Protocol Encapsulation.
  
- T-DMB (Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting): is an extension of the DAB (Digital Audio Broadcasting) standard which was started in some European countries (including Germany and others) without big success stories behind. The government of South Korea has invested heavily to extend the audio-only technology to enable multimedia broadcast (now called TDMB), and it appears likely that South Korea will adopt this standard, in both a satellite (S-DMB) and terrestrial (T-DMB) version.

- ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial): a satellite-to-tower system similar to DVB-T, today used in Japan to provide digital service to TV sets and handheld mobile units.
  
- MediaFLO (Forward Link Only): a Qualcomm-proposed technology and network that uses a limited number of high-power transmission towers. The technology provides network-scheduled delivery of multimedia content over the network during off-peak hours. The content is then stored on the handset for future viewing.
  
- MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service): uses the 3G/UMTS architecture to send streaming video and audio to subscribers via 3G cellular networks. There are two modes: broadcast and multicast. Overlaying MBMS to 3G networks will impact the network capacity for individualized voice and data communication.

In Chapter 7, possible business models are presented, that can be applied by the stakeholders. In Chapter 8, the digital broadcasting TV systems (for handheld devices) are evaluated, in the European area. Then, it is presented why MediaFLO, ISDB-T and MBMS are inappropriate and why DVB-H and T-DMB networks are preferable and are receiving the majority of the attention in Europe. Finally, in Appendix A the current situation in the European Community and Greece is presented.



## 1.Εισαγωγή

### 1.1Παρουσίαση πεδίου

Η εκπομπή ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος σε κινητές συσκευές (Mobile TV) συνδυάζει τα δύο καταναλωτικά προϊόντα, που παρουσίασαν τις μεγαλύτερες πωλήσεις στην ιστορία της ανθρωπότητας: τηλεοράσεις και κινητά τηλέφωνα. Ως αποτέλεσμα, οι Mobile TV εφαρμογές θεωρούνται υποψήφιος για την επόμενη ασύρματη “killer application”. Έρευνα αγοράς φανερώνει αυξημένη ζήτηση και ταχεία ανάπτυξη εφαρμογών, η οποία θα οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη. Το τηλεοπτικό περιεχόμενο θα αποτελέσει το συστατικό το οποίο θα καθορίσει τη ζήτηση στην επόμενη γενιά ασύρματων κινητών συσκευών, δεδομένου ότι οι καταναλωτές επιζητούν την επικοινωνία και τη διασκέδαση οπουδήποτε, χρησιμοποιώντας μόνο μια συσκευή. Στην αλυσίδα αξίας εμπλέκονται κατασκευαστές συσκευών, κάτοχοι υποδομών, πάροχοι περιεχομένου, broadcasters, mobile telecom operators, κατασκευαστές κυκλωμάτων κλπ. Σύμφωνα με αναλυτές, η αντίστοιχη αγορά αναμένεται να αναπτυχθεί μαζικά έως το 2009.

Όπως συμβαίνει στις περισσότερες νέες τεχνολογίες, υπάρχουν πολλά διαφορετικά πρότυπα. Όμως η τεχνολογία βρίσκεται στο στάδιο της ωρίμανσης και δεν είναι ξεκάθαρο ποιο πρότυπο θα επιλεγεί για εμπορική χρήση, ειδικά στην Ευρώπη. Οι mobile operators επιθυμούν τη χρήση των δικτύων τους προκειμένου να αποστείλουν τηλεοπτικές υπηρεσίες στους πελάτες τους. Παρόλο που η δυνατότητα αυτή υπάρχει και χρησιμοποιείται από κάποιους operators, η μετάδοση πολυμεσικών ροών περιορίζεται μέσω unicast μεθόδων. Έτσι περιορίζεται το πλήθος των χρηστών που έχουν ταυτόχρονη πρόσβαση σε μια υπηρεσία και απαιτείται από τους operators η προσεκτική εξισορρόπηση του δικτυακού φόρτου και του κόστους ανά megabyte

δεδομένων. Συνεπώς, μαζικές προσφορές είναι δύσκολο να επιτευχθούν, χωρίς συμβιβασμούς στην ποιότητα.

Το σύστημα MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service) υπόσχεται να αλλάξει το καθεστώς, παρέχοντας μετάδοση εκπομπής (broadcast) και πολυεκπομπής (multicast). Οι δύο κύριες εναλλακτικές λύσεις στον ευρωπαϊκό χώρο αφορούν τις επίγειες τεχνολογίες DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld) και T-DMB (Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting). Αν και οι δύο αυτές τεχνολογίες απαιτούν εγκατάσταση νέων δικτυακών υποδομών και κυκλωμάτων στους δέκτες, θεωρούνται πιο εφαρμόσιμες συγκριτικά με το MBMS, για συγκεκριμένο τύπο εφαρμογών.

Συγκρίνοντας τις unicast και broadcast προσεγγίσεις, παρατηρείται ότι παρόλο που η unicast μετάδοση υποστηρίζει πληθώρα υπηρεσιών, δε μπορεί να εξυπηρετήσει μαζική ζήτηση, ειδικά σε περίπτωση απεριόριστου χρόνου θέασης που παρέχεται από τους παρόχους υπηρεσιών. Τα broadcast συστήματα εξυπηρετούν τη μαζική ζήτηση αλλά δεν προσαρμόζονται εύκολα στην υποστήριξη μεγάλου πλήθους καναλιών και μη-broadcast υπηρεσιών (Pay-TV, Pay-per-view). Λύση στα θέματα χωρητικότητας δίνεται με το συνδυασμό των δύο προσεγγίσεων σε ένα ενοποιημένο υβριδικό σενάριο, το οποίο θα περιορίζει τα μειονεκτήματα του ενός συστήματος εκμεταλλευόμενο τα πλεονεκτήματα του άλλου. Τα δημοφιλέστερα προγράμματα εκπέμπονται και τα υπόλοιπα αποστέλλονται επιλεκτικά σε συγκεκριμένους χρήστες, μέσω unicast συνδέσεων. Το σενάριο εγγυάται εξοικονόμηση δικτυακών πόρων. Ένα παράγοντα επιτυχίας στη υβριδική διανομή κινητών τηλεοπτικών υπηρεσιών αποτελεί η συνεργασία και όχι ο ανταγωνισμός με τους mobile telecom operators.

Όπως συμβαίνει στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας, διαφορετικά πρότυπα μετάδοσης αναμένεται ότι θα υιοθετηθούν στα διάφορα μέρη του κόσμου. Ο καθορισμός των προτύπων θα προσδιορίσει την ταχύτητα ανάπτυξης της αγοράς και

το μέγεθός της. Τα ανοικτά πρότυπα (open standards) αναμένεται ότι θα κυριαρχήσουν, όπως στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας όπου επιτεύχθηκε διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών και ευρεία ανάπτυξη εφαρμογών και υπηρεσιών.

## 1.2. Διάρθρωση Εργασίας

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία παρουσιάζει τις εξής τεχνολογίες ψηφιακής εκπομπής τηλεοπτικού σήματος σε κινητές συσκευές (Κεφάλαια 2 – 6):

- DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld): αποτελεί προέκταση του επίγειου DVB-T προτύπου, το οποίο παρέχει ικανοποιητική μετάδοση πολυμεσικών υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας επίγεια ψηφιακά δίκτυα εκπομπής. Το DVB-H χρησιμοποιεί το φυσικό επίπεδο του DVB-T ως σύστημα μετάδοσης, προσθέτοντας επιπλέον τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων και μηχανισμούς time-slicing στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων. Επίσης μεταδίδει IP πακέτα ενθυλακώνοντάς τα με την τεχνική Multi-Protocol Encapsulation.
- T-DMB (Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting): αποτελεί προέκταση του συστήματος DAB (Digital Audio Broadcasting), το οποίο χρησιμοποιείται σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες, χωρίς όμως ιδιαίτερη επιτυχία. Η κυβέρνηση της Νότιας Κορέας έχει επενδύσει σημαντικά κεφάλαια προκειμένου να επιτύχει την εκπομπή πολυμεσικών περιεχομένων, υιοθετώντας τη δορυφορική (S-DMB) και την επίγεια (T-DMB) έκδοση του προτύπου.
- ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial): σύστημα παρόμοιο με το DVB-T. Χρησιμοποιεί δορυφόρους και επίγειους μεταδότες για την αποστολή ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος σε φορητές συσκευές, στην

Ιαπωνία.

- MediaFLO (Forward Link Only): ιδιόκτητη τεχνολογία της Qualcomm (Ηνωμένες Πολιτείες) η οποία χρησιμοποιεί περιορισμένο πλήθος μεταδοτών υψηλής ισχύος. Αποστέλλει πολυμεσικά περιεχόμενα μέσω δικτύου, σε ώρες μη-αιχμής, τα οποία αποθηκεύονται στις συσκευές για μελλοντική θέαση.

- MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service): αποτελεί την 3G/UMTS προσέγγιση αποστολής πολυμεσικών ροών προς συνδρομητές, μέσω κυψελωτών δικτύων. Υποστηρίζει μετάδοση εκπομπής και πολυεκπομπής. Αναμένεται ότι ο επιπλέον δικτυακός φόρτος θα επηρεάσει τις υπηρεσίες φωνής και μετάδοσης δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα (business models) που μπορούν να εφαρμοσθούν από τους εμπλεκόμενους φορείς.

Στο Κεφάλαιο 8 αξιολογούνται τα συστήματα ψηφιακής εκπομπής τηλεοπτικού σήματος σε κινητές συσκευές, στην Ευρώπη. Παρουσιάζονται οι λόγοι μη-καταλληλότητας των συστημάτων MediaFLO, ISDB-T και MBMS και επιδεικνύεται ο λόγος προτίμησης των προτύπων DVB-H και T-DMB, μέσω της αντίστοιχης επιχειρηματολογίας.

### 1.3. Single Frequency Networks (SFNs)

Η παραδοσιακή αναλογική τηλεοπτική εκπομπή χαρακτηρίζεται από ευαισθησία, εξαιτίας της πολυκατευθυντικής διάδοσης (multi-propagation) των κυμάτων. Για το

λόγο αυτό, οι μεταδότες που καλύπτουν γειτονικές περιοχές, λειτουργούν σε διαφορετικά RF κανάλια και η ίδια συχνότητα χρησιμοποιείται κατά τακτά διαστήματα. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται Multi-Frequency Networks (MFNs). Τα MFNs έχουν κάποιες αδυναμίες όσο αφορά την ποιότητα ήχου και εικόνας αλλά και τη χρήση του διαθέσιμου ραδιοφάσματος. Οι περιορισμοί των αναλογικών συστημάτων και οι πρόσφατες εξελίξεις των ψηφιακών επικοινωνιών οδήγησαν στη δημιουργία μιας σειράς ψηφιακών προτύπων εκπομπής. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία των προτύπων αυτών (DVB-H, T-DMB, ISDB-T και MediaFLO) είναι η ιδέα των Single Frequency Networks (SFNs). Στα δίκτυα αυτά οι συγχρονισμένοι μεταδότες εκπέμπουν πληροφορίες ταυτόχρονα, χρησιμοποιώντας την ίδια συχνότητα. Στα SFNs τα κανάλια πρέπει να είναι απολύτως συγχρονισμένα ως προς τη μετάδοση. Για να αποφευχθούν οι παρεμβολές, κάθε σταθμός χρησιμοποιεί ένα Global Positioning System (GPS) ή ένα σήμα από το δίκτυο που αποτελεί το ρολόι αναφοράς.

Η υλοποίηση των SFNs μπορεί να βελτιώσει τη χρήση του διαθέσιμου φάσματος, που αποτελεί παράγοντα επιτυχίας για τους network operators και τις κυβερνήσεις. Αντίθετα με τα MFNs, το δίκτυο μεταδοτών εκπέμπει ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας κοινή συχνότητα. Στα SFNs, ο δέκτης δέχεται το επιθυμητό σήμα από το σύνολο των σημάτων που λαμβάνονται από τους μεταδότες. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη κάλυψη και εξοικονόμηση συχνοτήτων, σε αντίθεση με τα αναλογικά δίκτυα εκπομπής.

Η υλοποίηση των SFN δικτύων συνδέεται με την Ορθογώνια Πολύπλεξη με Διαίρεση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM) μέθοδο πολύπλεξης που χρησιμοποιείται. Στα OFDM συστήματα η καθυστέρηση διάδοσης ελέγχεται, χρησιμοποιώντας μακρύτερα μεταδιδόμενα σύμβολα καθώς και εισάγοντας guard intervals ανάμεσα σε συνεχόμενα σύμβολα. Επομένως, ο δέκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλαπλά αντίγραφα του σήματος. Αν η καθυστέρηση διάδοσης είναι μικρότερη από το guard interval, δεν παρατηρούνται παρεμβολές. Το OFDM σχήμα διαμόρφωσης αντιμετωπίζει τα φαινόμενα αυτά.

Τα κύρια πλεονεκτήματα από την υλοποίηση των SFNs (σε σχέση με τα MFNs) είναι :

- Εξοικονόμηση φάσματος σε αντίθεση με την προσέγγιση των MFNs. Η διαχείριση του φάσματος αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα όπου ένα μεγάλο πλήθος προσφερόμενων προγραμμάτων θα καθιστούν ελκυστικές τις υπηρεσίες εκπομπής.
- Στα SFNs το λαμβανόμενο σήμα αποτελεί σύνθεση των εισερχομένων σημάτων που μεταδίδονται από αρκετούς μεταδότες. Κάποιοι μεταδότες μπορεί να προσφέρουν ασθενές σήμα, ενώ κάποιοι άλλοι ισχυρό. Ως αποτέλεσμα οι πιθανότητες επαρκούς λήψης αυξάνονται. Επομένως υπάρχει δικτυακό κέρδος, το οποίο μεταφράζεται σε χαμηλότερη ισχύ και μεγαλύτερη ομοιογένεια της περιοχής που καλύπτεται από το SFN δίκτυο.
- Τα SFNs επιτρέπουν την εύκολη εγκατάσταση gap-filling μεταδοτών, όπου υπάρχει προβληματική λήψη, χωρίς τη δέσμευση επιπλέον συχνοτήτων.

Ως μειονεκτήματα των SFNs, αναφέρονται τα εξής:

- Μειωμένο bit rate λόγω μεγάλων guard intervals
- Αυξημένη πολυπλοκότητα στη σχεδίαση των μεταδοτών
- Πολυπλοκότητα στο δικτυακό σχεδιασμό.

## 2. DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld)([1,3,5,6,7,8,17,18,19])

### 2.1. Εισαγωγή – Ιστορική Αναδρομή

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 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

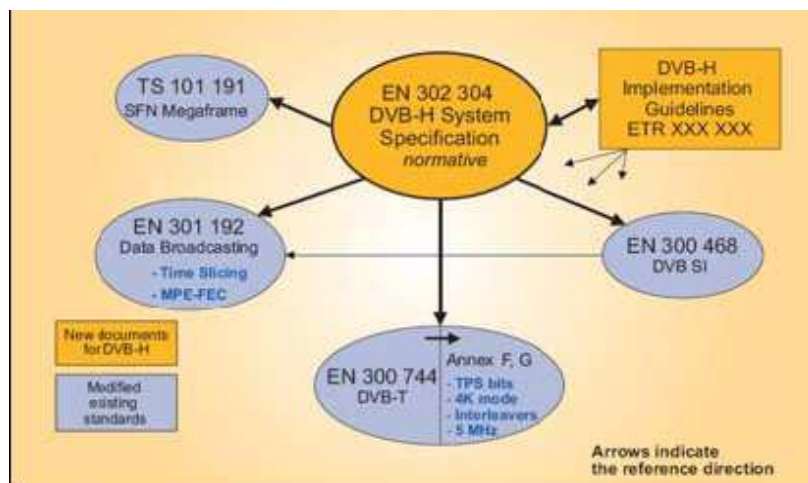
DVB-T, προσέλκυσε το ενδιαφέρον της βιομηχανίας κινητών τηλεπικοινωνιών. Συγκεκριμένα, η δυνατότητα πρόσβασης κινητών τερματικών μέσω ασύρματων point-to-multipoint συνδέσμων, η ευρεία γεωγραφική κάλυψη και η υψηλή χωρητικότητα μετάδοσης που προσφέρει το DVB-T, αποτελούν στοιχεία που κέντρισαν το ενδιαφέρον 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.

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).

## 2.2. Προτυποποίηση (Standardization)

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



Σχήμα 1

- DVB-H System Specification (Normative): αποτελεί την κεντρική περιγραφή και εκδόθηκε ως νέα Ευρωπαϊκή Νόρμα, περιέχοντας αναφορές προς τα



υπόλοιπα πρότυπα.

- DVB-T Standard: ορίζονται οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου και περιλαμβάνονται (σε παράρτημα) οι αντίστοιχες βελτιώσεις του DVB-H.
- DVB Data Broadcasting: περιγράφονται οι έννοιες time-slicing, MPE-FEC και Multi-Protocol Encapsulation.
- DVB Service Information (SI): ορίζονται οι μέθοδοι σηματοδότησης (signalling) του DVB-H.
- DVB SFN Megaframe Specification: περιλαμβάνει το συγχρονισμό των επίγειων Δικτύων Μοναδικής Συχνότητας (Single Frequency Networks – SFNs).
- DVB-H Implementation Guidelines: περιέχει υποδείξεις χρήσης και πρακτικής υλοποίησης του προτύπου.

### 2.3. Απαιτήσεις Συστήματος

Οι απαιτήσεις του συστήματος καθορίστηκαν από το DVB Project το 2002,  
:

- 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.

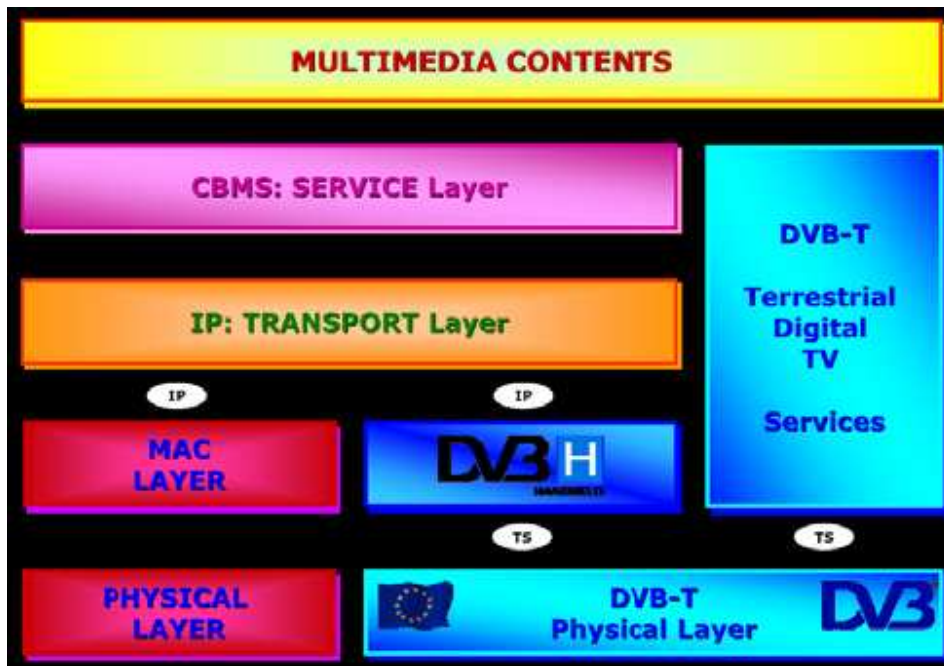
- Η κινητικότητα (mobility) είναι μια επιπλέον απαίτηση, καθώς η πρόσβαση σε υπηρεσίες πρέπει να είναι δυνατή σε εσωτερικές (indoor), εξωτερικές (outdoor) τοποθεσίες αλλά και κατά τη διάρκεια κίνησης με υψηλή ταχύτητα. Επίσης το handover μεταξύ γειτονικών DVB-H κυψελών πρέπει να συμβαίνει ανεπαίσθητα (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.

## 2.4. Αρχιτεκτονική Συστήματος DVB-H

### 2.4.1. Γενική Περιγραφή

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

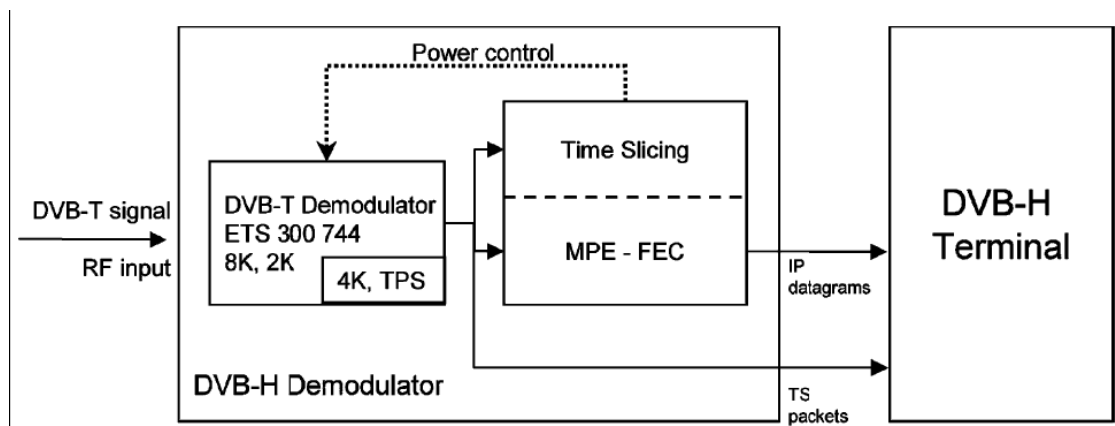


Σχήμα 2

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.

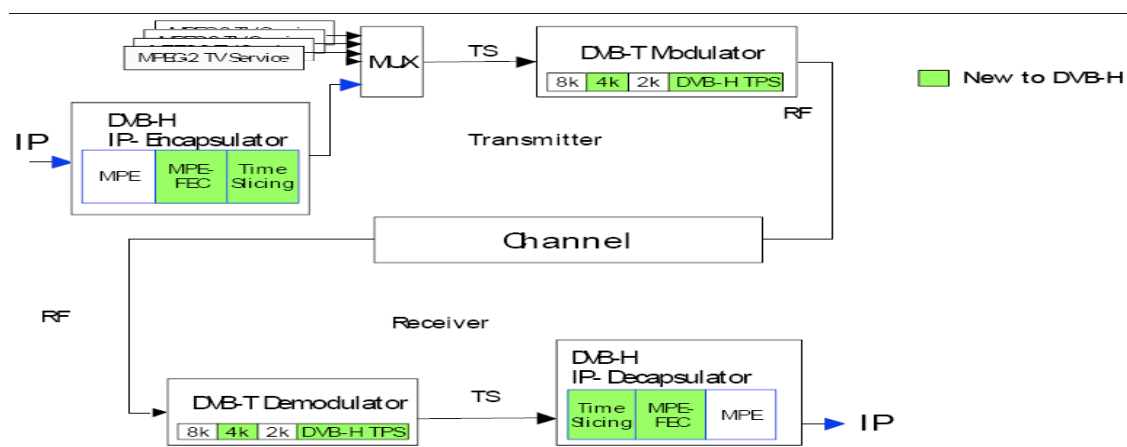
Η δομή του τερματικού δέκτη (user equipment) φαίνεται στο σχήμα 3.

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 ροών 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.



Σχήμα 3

Ένα παράδειγμα μετάδοσης IP υπηρεσιών μέσω του DVB-H απεικονίζεται στο σχήμα 4. 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.



Σχήμα 4

## 2.4.2. Νέα Στοιχεία

### 2.4.2.1. 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:

- 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.

#### **2.4.2.1.1. 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 DVBH υπηρεσιών και να εντοπίζει γειτονικές κυψέλες στις οποίες υπάρχουν κοινές υπηρεσίες.

#### **2.4.2.1.2. 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.

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 1

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).

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

- 2K mode: κατάλληλο για κυψέλες μικρής ακτίνας (μέγιστη απόσταση 17 km ανάμεσα στους μεταδότες). Υποστηρίζει εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες λήψης π.χ. λήψη σε αυτοκινητόδρομους και τρένα ταχείας (high-speed) κυκλοφορίας.

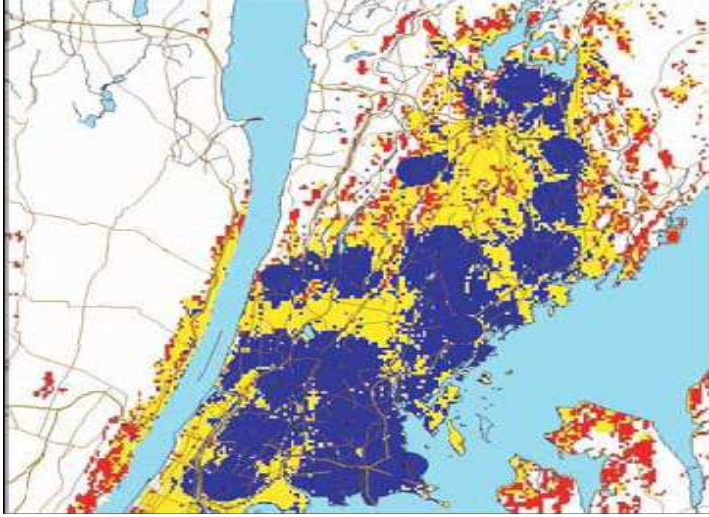
- 4K mode: κατάλληλο για κυψέλες μικρής και μεσαίας ακτίνας (μέγιστη απόσταση 33 km ανάμεσα στους μεταδότες). Υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες λήψης και κρίνεται κατάλληλο για τα περισσότερα σενάρια χρήσης του DVBH πχ. λήψη σε αυτοκινητόδρομους κλπ.

- 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.

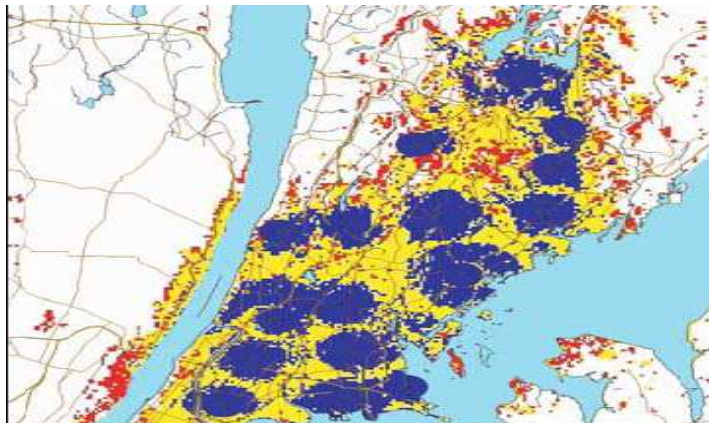
Η χρήση της OFDM πολύπλεξης επιτρέπει το βέλτιστο σχεδιασμό του δικτύου, καθώς αυξάνεται το πλήθος των καναλιών που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα . Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται Single Frequency Networks (SFNs). Πολλαπλοί μεταδότες χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα. Το πλεονέκτημα σε σχέση με τα Multi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

Πειραματικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στη Westchester County, New York. Χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες παράμετροι μετάδοσης. Η εικόνα 1 παρουσιάζει την κάλυψη σε δίκτυο SFN, ενώ η παράπλευρη (εικόνα 2) σε MFN. Το SFN παρέχει κέρδος 4-8 dB στην ισχύ του σήματος και αυξάνει την καλυπτόμενη έκταση.





Εικόνα1



Εικόνα 2

#### 2.4.2.1.3. In-Depth Interleavers

Σε σχέση με τα τρία διαθέσιμα modes, ορίζονται σχήματα διεμπλοκής συμβόλων<sup>14</sup> (interleaving mode schemes). 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.

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.

#### **2.4.2.1.4. 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.

#### **2.4.2.2. 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.

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.

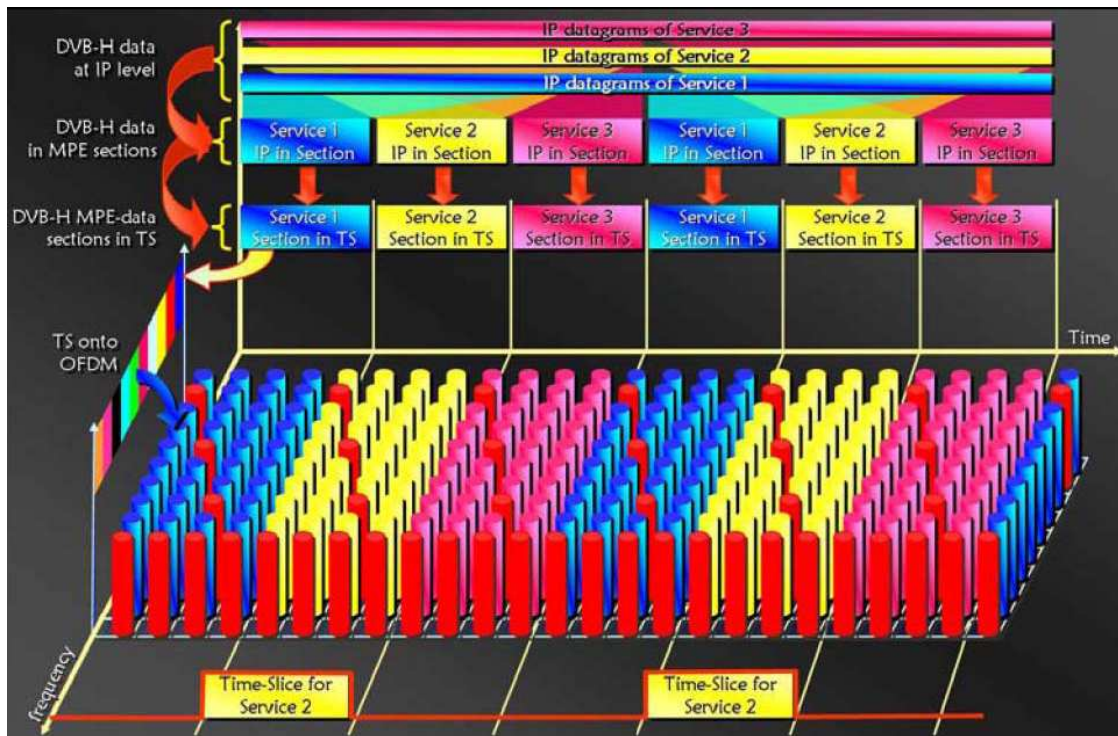
#### **2.4.2.2.1. Time-Slicing**

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.

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) (σχήμα 5).

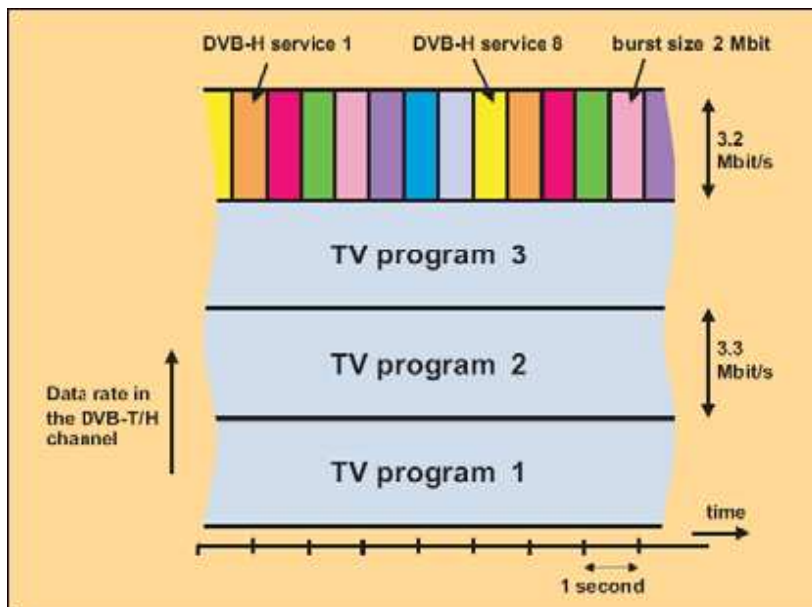


Σχήμα 5

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 τότε 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 (σχήμα6). 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.



Σχήμα 6

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.

#### 2.4.2.2.2. MPE-FEC

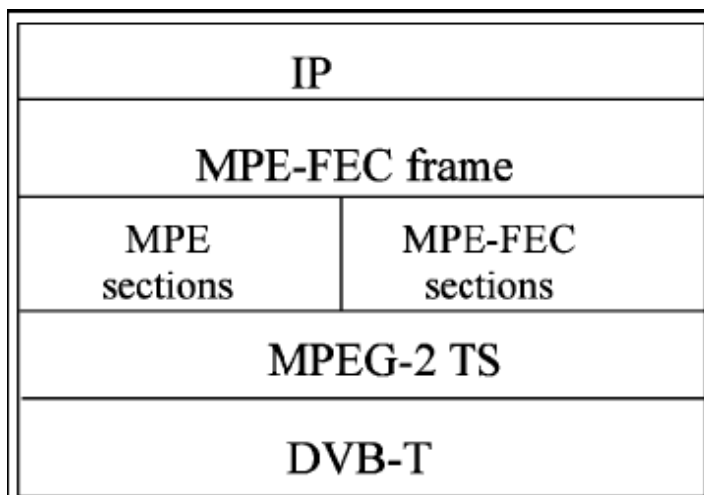
Σε αντίθεση με άλλα DVB συστήματα μετάδοσης που βασίζονται σε DVB Transport Streams (όπως υιοθετήθηκαν από το πρότυπο MPEG-2), το σύστημα DVB-H βασίζεται στο πρωτόκολλο IP. Επομένως η διεπαφή του DVB-H μπορεί να συνδυαστεί με άλλα IP δίκτυα. Ο συνδυασμός αυτός είναι ένα χαρακτηριστικό του συστήματος IP Datacasting. 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.

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 χρησιμότητα 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 FEC16 (Forward Error Correction) του

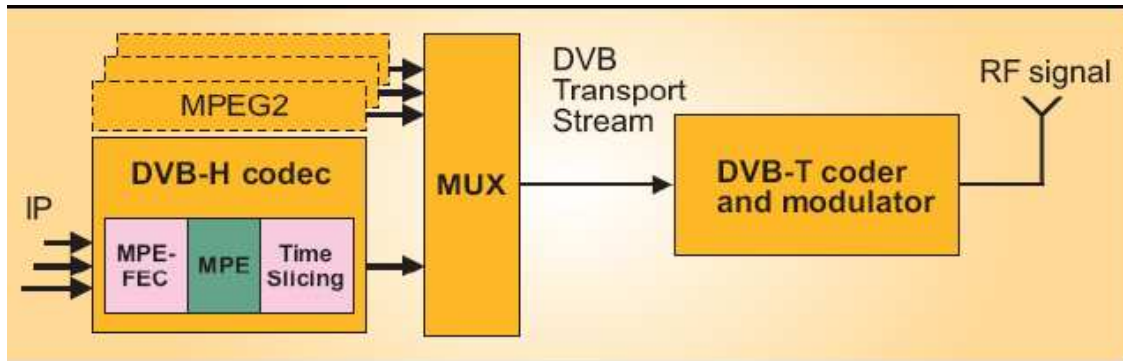
φυσικού επιπέδου, το οποίο βρίσκεται στο υποκείμενο πρότυπο DVB-T. Αποσκοπεί στη μείωση των απαιτήσεων του ποσοστού Signal/Noise<sup>17</sup> (S/N ratio) κατά τη διάρκεια της λήψης από τη φορητή συσκευή. Πειραματικοί έλεγχοι του DVB-H (φθινόπωρο 2004) απέδειξαν ότι η χρήση του MPE-FEC επιφέρει ένα κέρδος περίπου 7 dB, σε σχέση με το DVB-T.

Το MPE-FEC τοποθετείται στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων (link layer), πριν οι ροές IP ενσωματωθούν στα τμήματα MPE (MPE sections) (σχήμα 7). 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 (σχήμα 8).



Σχήμα 7





Σχήμα 8

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 Solomon (RS coder), σε συνδυασμό με έναν block interleaver (σχήμα 9). 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.



Σχήμα 9

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 αντιστοιχών 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.

## 2.5. Θέματα 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.

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.

### 2.5.1. 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.

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.

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

Ορίζεται από τον τύπο:

Όπου V: ταχύτητα δέκτη

frf: συχνότητα φέροντος σήματος

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

Φ: γωνία μεταξύ κατεύθυνσης του δέκτη και της εισερχόμενης κατεύθυνσης του σήματος.

Η γωνία (Φ) αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό της τιμής του frequency Doppler shift. Επιπροσθέτως, η συχνότητα του φέροντος (frf/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 frf/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.

### 2.5.2. 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-Free20 (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”<sup>21</sup> (QoR) κριτήριο, το οποίο μπορεί να χαρακτηρίσει τα όρια “καλής” λειτουργίας κατά τη κινητή λήψη.

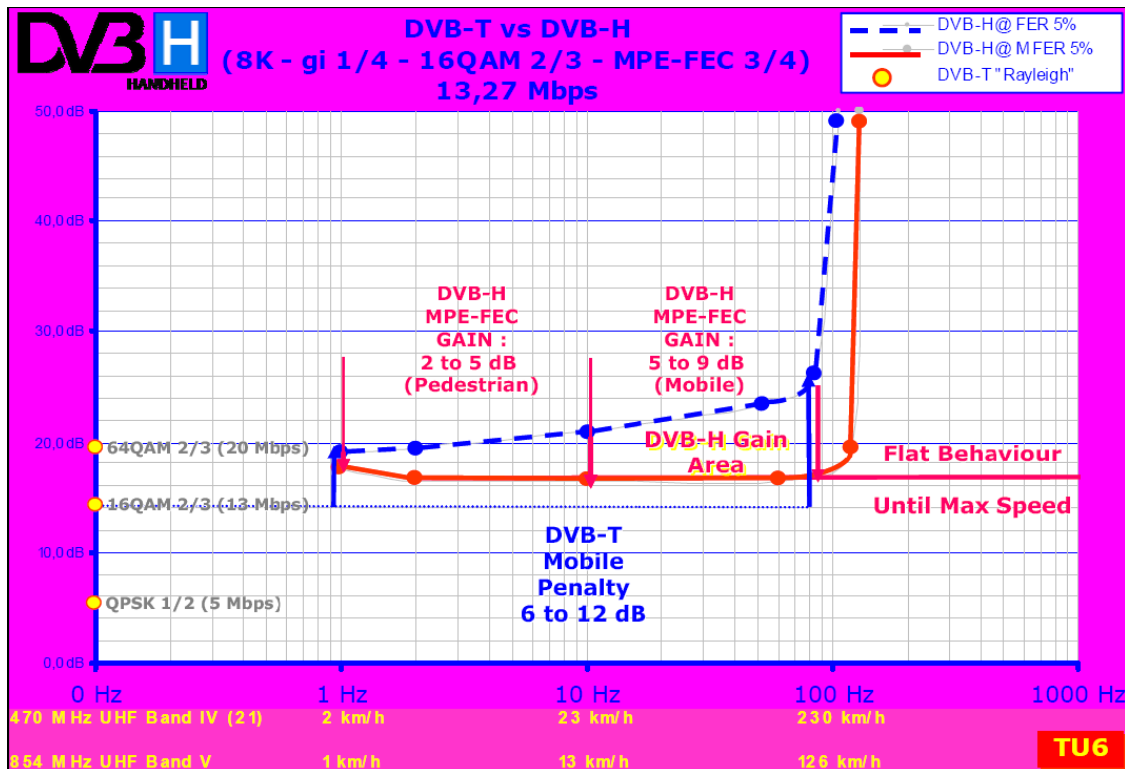
Στην περίπτωση του DVB-H, όπου οι υπηρεσίες λαμβάνονται μέσα σε προστατευμένες (μέσω MPE-FEC) time-sliced ριπές, ορίζονται τα FER και MFER κριτήρια ως εξής:

- 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 π.χ. 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 σχήμα 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.



Σχήμα 10

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.

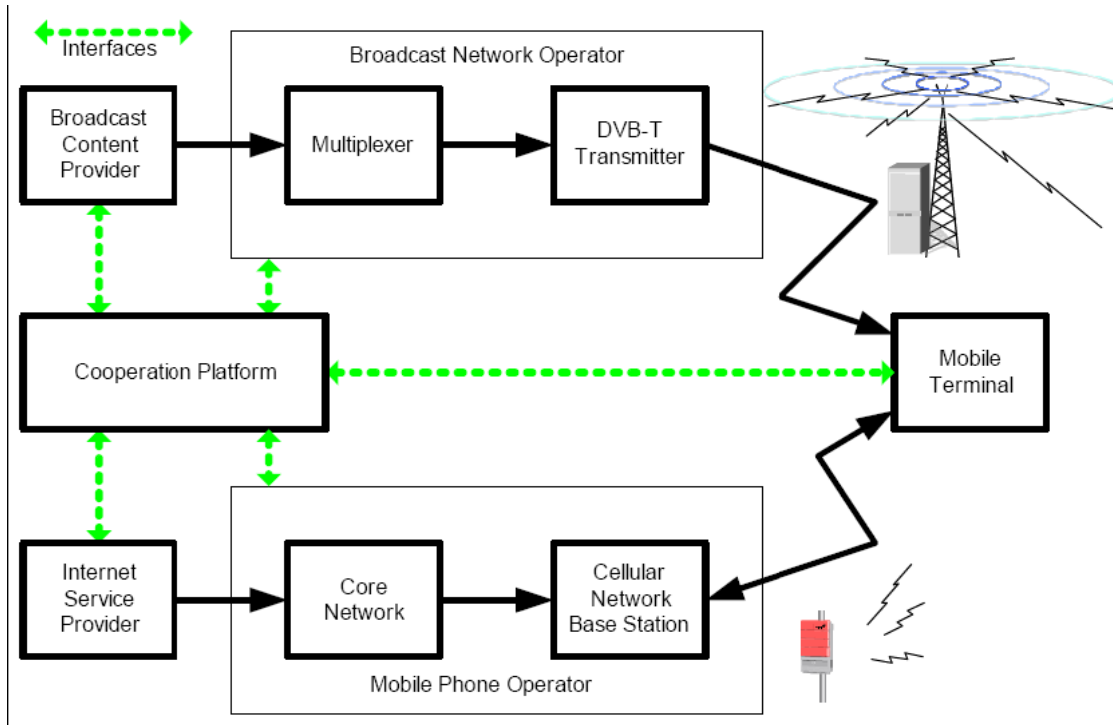
Εν συντομία, η χρήση του MPE-FEC στις DVB-H μεταδόσεις κατοχυρώνει τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας, ανεξάρτητα της ταχύτητας και εξοικονομεί ένα μεγάλο τμήμα C/N, το οποίο προσβάλλει τον κινητό δέκτη.

## **2.6. DVB-H Networks**

### **2.6.1. 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 σχήμα 11.





Σχήμα 11

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) αλγορίθμους κωδικοποίησης και χρέωσης ή να δανείζονται στατιστικά στοιχεία χρήσης από τους αντίστοιχους μηχανισμούς των τηλεπικοινωνιακών φορέων.

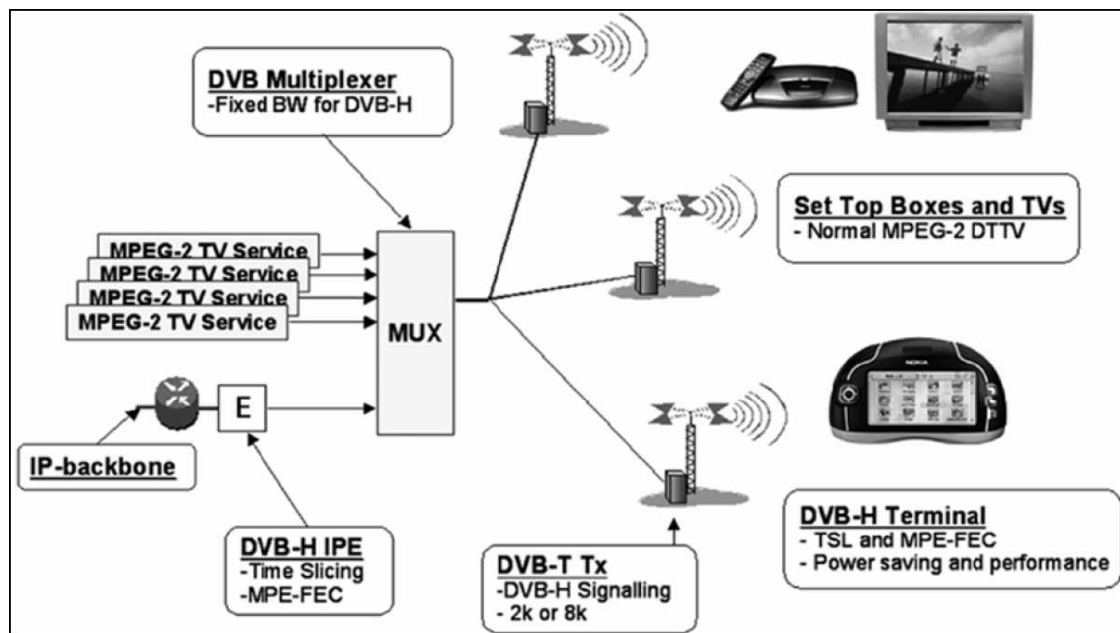
Ενώ τα DVB-T δίκτυα εξυπηρετούν κυρίως roof-top κεραίες, ένα DVB-H σύστημα πρέπει να σχεδιασθεί με προδιαγραφές φορητής λήψης εντός κτιρίων. Απαιτείται λοιπόν ισχυρότερο σήμα προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες. Οι αρχιτεκτονικές των δικτύων DVB-H εξαρτώνται από τις διαθέσιμες συχνότητες, το ύψος των

κεραιών, τη μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ των μεταδοτών κλπ. Τα ακόλουθα δικτυακά σενάρια είναι πιθανά:

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

### 2.6.2. DVB-T Shared Networks

Ένα κοινόχρηστο δίκτυο φαίνεται στο σχήμα 12.



Σχήμα 12

Ένα σύνολο DVB-T μεταδοτών εξυπηρετεί DVB-T και DVB-H τερματικές

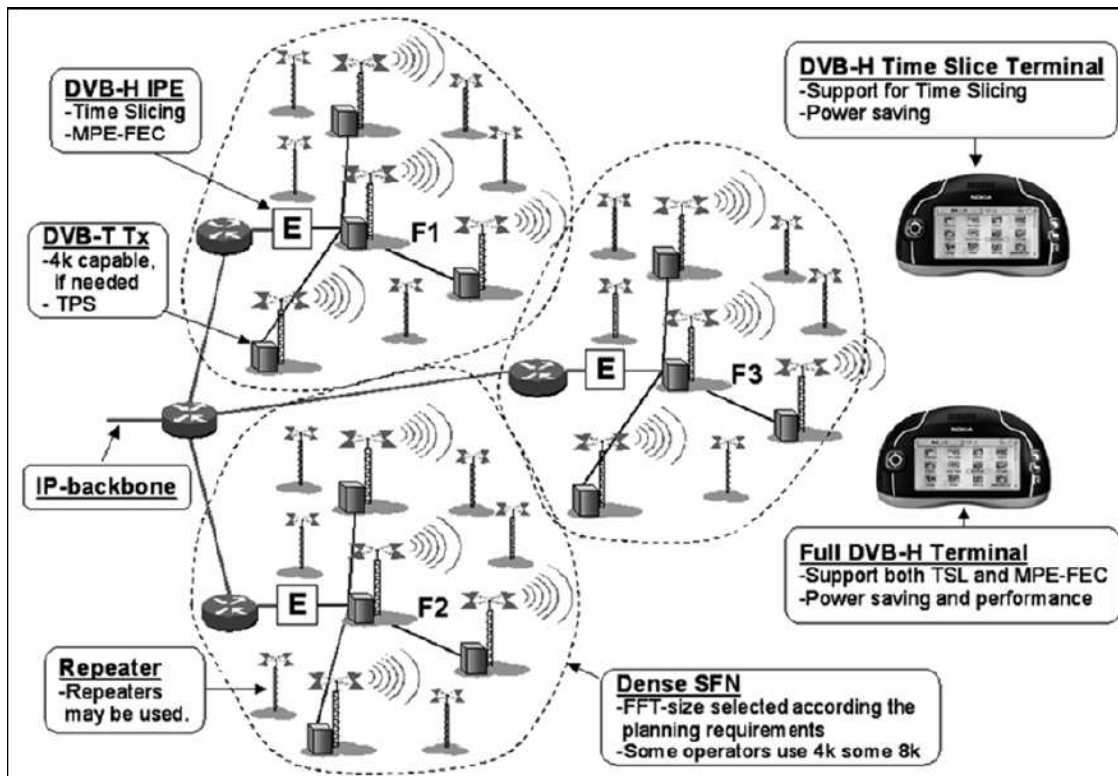
συσκευές. Το υπάρχον DVB-T δίκτυο πρέπει να είναι σχεδιασμένο για φορητή εσωτερική λήψη (portable indoor reception) και επομένως να παρέχει ισχυρό σήμα στις φορητές συσκευές. Η μόνη απαραίτητη μετατροπή (στους μεταδότες) είναι η ενσωμάτωση των DVB-H bits σηματοδότησης στις παραμέτρους του καναλιού TPS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

### **2.6.3. 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 σχήμα 13.



Σχήμα 13

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' ό τι σε ένα συμβατικό DVB-T δίκτυο. Το πλήθος όμως των υπηρεσιών που παρέχει ο πολυπλέκτης είναι δέκα φορές μεγαλύτερο.

#### 2.6.4. 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.

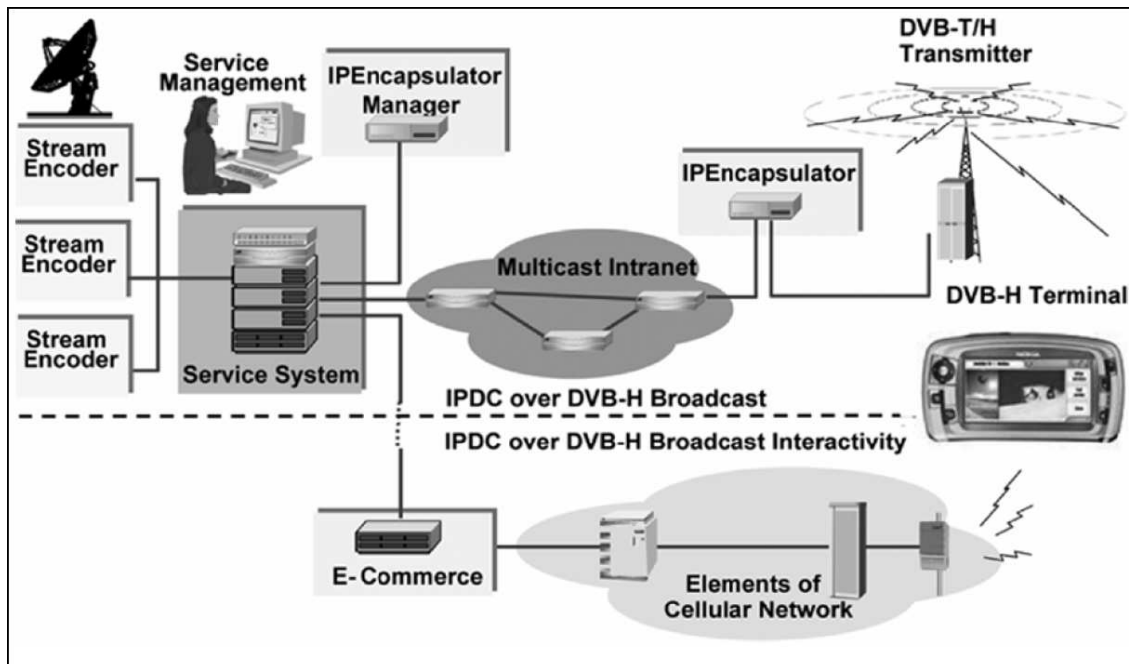
Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του “κινητού” IPDC είναι η διαθεσιμότητα του αλληλεπιδραστικού καναλιού επιστροφής (return channel). Το πολυμεσικό περιεχόμενο εκπέμπεται μέσω διαύλου εκπομπής και παράλληλα η αλληλεπίδραση λαμβάνει χώρα μέσω του καναλιού επιστροφής του κυψελωτού δικτύου πχ. αγορά περιεχομένου, ψηφοφορία κλπ. Η συνεργασία των κυψελωτών τεχνολογιών και των

αντιστοίχων 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 σχήμα 14 παρουσιάζει ένα πλήρες IPDC σύστημα.



Σχήμα 14

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).

## 2.7. 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<sup>24</sup> (ITU). 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). 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):

- 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.

### 2.7.1. 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.

### 2.7.2. 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. Εξάιρεση 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.

### 2.7.3. 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.

#### **2.7.4. 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.

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

#### **2.8. Πιλοτικά projects**

Πολλά πιλοτικά projects και εμπορικές υλοποιήσεις που παρέχουν DVB-H υπηρεσίες εκπομπής σε φορητά τερματικά, βρίσκονται υπό-ανάπτυξη σε πολλά σημεία του πλανήτη.

##### **2.8.1. Αυστραλία**

Ένα ετήσιο πιλοτικό project στο Σίδνεϋ Αυστραλίας ξεκίνησε τον Ιούλιο 2005. Αρχικά έγιναν μετρήσεις κάλυψης από τις διαθέσιμες υπηρεσίες. Κατόπιν το project επεκτάθηκε προκειμένου να καλύψει ευρύτερο εμπορικό τμήμα του πληθυσμού, περίπου 1000 ατόμων. Συμμετέχουν ο network operator Bridge Networks και οι

εταιρείες κινητής τηλεφωνίας Telstra και Nokia.

### 2.8.2. Βόρεια Αμερική

Ο network operator Crown Castle υλοποιεί ένα πιλοτικό πρόγραμμα στο Pittsburgh των Ηνωμένων Πολιτειών, χρησιμοποιώντας κανάλι 5 MHz στη ζώνη συχνοτήτων Lband.

Παρόλο που το DVB-H αναπτύχθηκε ως λύση φορητής λήψης, η χρήση του στις Ηνωμένες Πολιτείες αποδεικνύει ότι χώρες που χρησιμοποιούν το σύστημα ATSC26 για τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας, ενδιαφέρονται να παρέχουν δυνατότητα λήψης σε κινητές και φορητές συσκευές.

### 2.8.3. Ευρώπη

Το Broadcast Mobile Convergence (bmco) Project πραγματοποίησε την πρώτη ζωντανή εκπομπή DVB-H υπηρεσιών στις 4 Μαΐου 2004, στο Βερολίνο της Γερμανίας. Με τη σύμπραξη των Nokia, Philips, Universal Studios Networks Germany και Vodafone Pilotentwicklung, το bmco έλεγξε τις DVB-H υπηρεσίες σε ένα δημόσιο ψηφιακό επίγειο δίκτυο.

Στην Ολλανδία, τα πρώτα δοκιμαστικά έγιναν με τη βοήθεια των Nokia και Nozema Services, κατά τη διάρκεια της έκθεσης IBC 2004. Τον Ιούλιο 2005, μια δεύτερη δοκιμή πραγματοποιήθηκε στη Χάγη με τη συμμετοχή πολλών εκατοντάδων χρηστών. Καλύφθηκε το εμπορικό κέντρο της πόλης καθώς επίσης αυτοκινητόδρομοι και σιδηροδρομικές γραμμές, προκειμένου να αξιολογηθεί η κινητικότητα του DVBH. Συμμετέχοντες ήταν οι Digitenne, KPN, Nokia και Nozema Services.

Στο Ελσίνκι Φιλανδίας, η εταιρεία Finnish Mobile TV παρουσίασε το πρώτο εμπορικό πιλοτικό πρόγραμμα DVB-H υπηρεσιών στο διάστημα Μαρτίου – Ιουνίου 2005. Συμμετείχαν 500 χρήστες οι οποίοι είχαν πρόσβαση σε τηλεοπτικές υπηρεσίες

με χρήση τερματικών συσκευών Nokia 7710. Το project υποστηρίχθηκε από τη Nokia, τους μεγαλύτερους δημόσιους και ιδιωτικούς τηλεοπτικούς broadcasters, τους δύο κύριους telecom operators και τέλος την Digita ως broadcast network operator. Τον Αύγουστο 2005, μια παρόμοια δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο Παγκόσμιο Πρωτάθλημα Στίβου στο Ελσίνκι. Τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών συνοψίζονται ως εξής:

- Η Mobile TV αποτελεί μια ενδιαφέρουσα υπηρεσία. Περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες πιστεύουν ότι έχει μελλοντικές προοπτικές.
- Η Mobile TV αποτελεί μια ενδιαφέρουσα υπηρεσία. Περισσότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες πιστεύουν ότι έχει μελλοντικές προοπτικές.
- 41% των χρηστών που συμμετείχαν στο project, δήλωσαν ενδιαφέρον για την αγορά των μελλοντικών mobile TV υπηρεσιών.
- Η Mobile TV αποτελεί μέσο ψυχαγωγίας, που θα χρησιμοποιείται κατ' απαίτηση, οπουδήποτε και οποτεδήποτε.
- Οι 3 κορυφαίες χρήσεις της υπηρεσίας: στα μέσα μαζικής μεταφοράς, στο σπίτι και στο χώρο εργασίας.
- Η καθορισμένη μηνιαία χρέωση αποτελεί αποδεκτό μοντέλο τιμολόγησης των χρηστών. Εξετάζεται και το μοντέλο pay-per-view.
- ο Οι συμμετέχοντες χρεώθηκαν 4,90 € μηνιαίως, για τις νέες TV υπηρεσίες.
- ο 50% των συμμετεχόντων χρηστών θεωρούν λογική, μια μηνιαία χρέωση της τάξης των 10 €.

ο Οι χρήστες μπορούσαν να αγοράσουν ημερήσια πρόσβαση στο περιεχόμενο (50 λεπτά/ημέρα). Το μοντέλο χρέωσης pay-per-view ήταν αποδεκτό.

Στη Βέρνη Ελβετίας, η Swisscom παρουσίασε ένα δοκιμαστικό τεχνικό project τον Ιανουάριο 2005. Εμπορική δοκιμή ξεκίνησε το φθινόπωρο 2005.

Στις Κάννες Γαλλίας, ο network operator TDF, υποστηρίζει δύο δοκιμαστικά προγράμματα από τις αρχές του 2005. Οι DVB-H υπηρεσίες παρουσιάστηκαν στα συνέδρια 3GSM και MIP-TV. Η Nokia παρείχε τον εξοπλισμό και τους δέκτες. Εκτενείς δοκιμές ξεκίνησαν στο Παρίσι το φθινόπωρο του 2005.

Παρόμοιο πιλοτικό project, με 350 χρήστες και DVB-H δέκτες Nokia υλοποιείται στην Οξφόρδη της Μεγάλης Βρετανίας. Συμμετέχουν οι Arqiva, O2, Nokia και Sony Semiconductors & Electronic Solutions.

Στην Ισπανία, η κυβέρνηση ενέκρινε DVB-H πιλοτικά προγράμματα, τα οποία λαμβάνουν χώρα στη Βαρκελώνη και Μαδρίτη, από το Σεπτέμβριο 2005. Την προσπάθεια υποστηρίζουν οι Abertis, Nokia και Telefonica Moviles.

Τέλος, το Πανεπιστήμιο της Δανίας σε συνεργασία με τους Nokia, Motorola, TDC και DR πραγματοποιούν δοκιμαστικά προγράμματα DVB-H υπηρεσιών εκπομπής.

## **2.9. Αλυσίδα Αξίας (Value Chain)**

### **2.9.1. Χρήστες (Viewers)**

Το σύστημα DVB-H επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν τηλεοπτικά προγράμματα σε φορητές συσκευές. Τέτοιου είδους τερματικά θεωρούνται προσωπικά αντικείμενα και η παρακολούθηση παύει να αποτελεί κοινωνική διαδικασία. Οι υπηρεσίες προσπελάζονται “εν κινήσει”. Επομένως είναι λογικό να αυξηθεί ο χρόνος παρακολούθησης και να συμπεριλάβει χρονικά διαστήματα κατά τα οποία οι χρήστες απουσιάζουν από το σπίτι τους.

Κάποιοι ισχυρίζονται ότι είναι απίθανο να χρησιμοποιούνται οι φορητές συσκευές, όταν ο χρήστης μπορεί να επωφεληθεί από τα χαρακτηριστικά μιας τηλεόρασης τελευταίας τεχνολογίας. Κάτι τέτοιο όμως δεν είναι απόλυτο. Οι χρήστες συνεχίζουν να χρησιμοποιούν τις φορητές συσκευές, καθώς παρέχουν επιπλέον λειτουργικότητα και νέες δυνατότητες πχ. λειτουργίες αλληλεπίδρασης. Οι υπηρεσίες αυτές έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον των καταναλωτών.

### **2.9.2. Broadcasters**

Με την εμπειρία της δημιουργίας και ολοκλήρωσης περιεχομένου, οι broadcasters κατέχουν πλεονεκτική θέση στη διακίνηση περιεχομένου, μέσω τηλεοπτικών υπηρεσιών σε φορητές συσκευές.

Όμως οι broadcasters πρέπει να προσδιορίσουν το επίπεδο εμπλοκής τους στις DVBH

υπηρεσίες. Για παράδειγμα, θα διατηρήσουν μια άμεση σχέση με τον πελάτη ή θα ήταν προτιμότερο να την μετατοπίσουν σε μια άλλη οντότητα; Στην δεύτερη περίπτωση, θα αποδεχτούν οι broadcasters την ενσωμάτωση (packaging) του περιεχομένου τους, στις προσφορές των τρίτων οντοτήτων;

Οι broadcasters δεν θα είναι οι μοναδικοί πάροχοι υπηρεσιών. Είναι πιθανόν άλλοι φορείς πχ. mobile phone operators, να διανείμουν τηλεοπτικές υπηρεσίες σε φορητές συσκευές. Όμως οι broadcasters θα πλεονεκτούν, δεδομένου ότι το DVB-H είναι ένα νέο σύστημα εκπομπής, το οποίο χρησιμοποιεί το φάσμα εκπομπής.

### 2.9.2.1. Νέες Ευκαιρίες

Ο ρόλος των broadcasters αλλάζει ως συνέπεια της μετακίνησης προς τα ψηφιακά περιβάλλοντα εκπομπής. Με την άφιξη νέων μεθόδων διακίνησης για παρακολούθηση οπτικοακουστικού υλικού, όπως το Internet, τα PVRs (Personal Video Recorders) και οι φορητές συσκευές, οι broadcasters μπορούν να προσφέρουν στο κοινό τους πρόσβαση σε υπηρεσίες και αρχειοθετημένο υλικό, με τη βοήθεια των παραπάνω μεθόδων. Επαναπροσδιορίζουν λοιπόν τη θέση τους ως πάροχοι περιεχομένου και aggregators.

Το BBC ως παράδειγμα, δήλωσε το όραμά του για το μελλοντικό “building public



value” το οποίο

*“... θα χρησιμοποιήσει τις βέλτιστες ψηφιακές τεχνολογίες, προκειμένου να γίνει το περιεχόμενο πιο προσωπικό, βολικό, σχετικό... χρησιμοποιώντας το Internet, την κινητή τεχνολογία, τις μεθόδους εκπομπής και αλληλεπίδρασης... Το BBC θα αποτελέσει εμπνευστή και πρωτοπόρο στο συγκερασμό παλαιών και νέων μέσων που θα προσφέρουν τις νέες υπηρεσίες...”*

Οι τηλεοπτικές υπηρεσίες σε φορητές συσκευές επιτρέπουν στους broadcasters να προσεγγίζουν τους καταναλωτές, ανεξάρτητα από την τοποθεσία που βρίσκονται. Η τηλεοπτική παρακολούθηση λοιπόν δεν περιορίζεται πλέον στον συμβατικό οικιακό χώρο κατανάλωσης. Οι broadcasters μπορούν να διατηρούν την επαφή με το κοινό τους κατά τη διάρκεια της μέρας, παρέχοντας πληροφορίες, διαφημίσεις κλπ.

Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης θα επιφέρει έσοδα στους broadcasters και τους telecom operators. Η αλληλεπίδραση θεωρείται σημαντικός παράγοντας εσόδων, δεδομένου ότι η παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων θα μειώσει το διαθέσιμο χρόνο για τηλεφωνικές κλήσεις.

### **2.9.2.2. Επιπτώσεις στο Περιεχόμενο**

Τα τηλεοπτικά περιεχόμενα δεν είναι πάντα κατάλληλα προς παρακολούθηση από φορητές συσκευές. Παρόλα αυτά η μετατροπή των υπάρχοντων τηλεοπτικών προγραμμάτων είναι σχετικά απλή διαδικασία και θεμιτή από την αγορά. Όμως η κατανάλωση τηλεοπτικού περιεχομένου από φορητές συσκευές θα συμβαίνει σε χρονικά διαστήματα αδράνειας μεταξύ άλλων εργασιών. Άρα, οι συμβατικές αυστηρά προγραμματισμένες εκπομπές δε θα ταιριάζουν στο μοντέλο αυτό. Η μορφή του περιεχομένου πρέπει λοιπόν να αποτελείται από μικρές και κατανοητές ακολουθίες.

Μόνο η πραγματική εμπορική χρήση θα αποδείξει τη δομή του περιεχομένου που πραγματικά επιθυμούν οι καταναλωτές.

Η διαγώνιος οθόνης των κινητών τηλεφώνων και των PDAs κυμαίνεται συνήθως από 5–12 cm. Πειραματικές δοκιμές τηλεοπτικού σήματος με 200 kbits/s σε CIF29 ανάλυση είχαν ικανοποιητικό αποτέλεσμα και επέτρεψαν την ανάγνωση των υποτίτλων. Η απλότητα αυτής της κωδικοποίησης είναι ελκυστική. Υπάρχουν όμως παραδοσιακά προγράμματα τα οποία στερούνται χρηστικότητας πχ. ποδοσφαιρικοί αγώνες. Με σχετικά μικρή όμως παρέμβαση, οι broadcasters μπορούν επιλέξουν ένα τμήμα (window) της συνολικής εικόνας που παρουσιάζει ενδιαφέρον για παρουσίαση στην οθόνη της φορητής συσκευής πχ. το σημείο που βρίσκεται η μπάλα. Για την περαιτέρω μείωση του κόστους οι broadcasters μπορούν να χρησιμοποιήσουν επαναλαμβανόμενες κυκλικές παρουσιάσεις περιεχομένου. Το υλικό διαμορφώνεται ως προς τη διάρκεια και φορτώνεται σε ένα carousel για επαναληπτική μετάδοση.

Οι DVB-H τηλεοπτικές υπηρεσίες επωφελούνται από το κανάλι επιστροφής (αλληλεπίδρασης). Αν και η αλληλεπίδραση δεν έχει ακόμα υλοποιηθεί πλήρως, η χρήση των UMTS δικτύων θα επιτρέψει την ολοκλήρωση των τηλεοπτικών προγραμμάτων. Με τη χρήση του διαύλου επιστροφής οι χρήστες απαιτούν εξειδικευμένες πληροφορίες. Τοπικές υπηρεσίες πληροφόρησης πχ. δελτίο καιρού, μπορούν να παρασχεθούν. Ένα τυποποιημένο middleware interface απαιτείται ώστε οι χρήστες να λαμβάνουν αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες απευθείας μέσω συστημάτων εκπομπής.

Η εμπειρία από τα UMTS δίκτυα δείχνει ότι οι καταναλωτές ενδιαφέρονται περισσότερο για ψυχαγωγικές παρά ενημερωτικές εκπομπές. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η εταιρεία Fox δημιούργησε επεισόδια (mobisodes) διάρκειας ενός λεπτού, βασισμένα στην τηλεοπτική σειρά “24”. Περιεχόμενο όπως δελτία ειδήσεων, αθλητικά, πρόγνωση καιρού και οικονομική πληροφόρηση κατέχουν την προτίμηση

των καταναλωτών.

### 2.9.3. Mobile Telecom Operators

Οι mobile telecom operators δηλώνουν ενδιαφέρον για την ενσωμάτωση DVB-H δεκτών στα κινητά τηλέφωνα. Οι broadcasters θα ωφεληθούν από αυτήν τη συνεργασία. Οι mobile telecom operators έχουν πρόσβαση σε μεγάλες πελατειακές βάσεις δεδομένων και σε sophisticated συστήματα τιμολόγησης, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χρέωση των πελατών. Πολλοί καταναλωτές θεωρούν τα κινητά τηλέφωνα ως “trendy” συσκευές, με αποτέλεσμα να τις αλλάζουν σε μικρά χρονικά διαστήματα. Ως αποτέλεσμα, μια υπηρεσία που θα παρέχεται από ένα TV/κινητό τηλέφωνο, έχει μεγάλες προοπτικές επιτυχίας. Οι mobile operators έχουν ήδη εγκαταστήσει πυκνά δίκτυα κυψελωτών μεταγωγέων, οι οποίοι θα βοηθήσουν στο roll-out των DVB-H υπηρεσιών.

Ο μετασχηματισμός ενός κινητού τηλεφώνου σε ένα DVB-H δέκτη σημαίνει ότι οι mobile telecom operators θα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διανομή των υπηρεσιών εκπομπής. Μήπως όμως η ενσωμάτωση των DVB-H δεκτών οδηγήσει σε μείωση του πλήθους των τηλεπικοινωνιακών μηνυμάτων, δεδομένου ότι οι καταναλωτές θα μετατραπούν σε παθητικούς τηλεοπτικούς θεατές; Πολλοί πιστεύουν ότι τα προγράμματα εκπομπής θα ενθαρρύνουν επίσης την κατανάλωση τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών πχ. τηλε-ψηφοφορία, επίσκεψη σε websites κλπ.

### 2.9.4. Broadcast Network Operators

Οι broadcast network operators κατέχουν σημαντική θέση στην ανάπτυξη του προτύπου DVB-H, δεδομένου ότι η χρήση των δικτύων τους θα επιφέρει πολλά οφέλη. Έχουν πρόσβαση στις δικτυακές υποδομές που υποστηρίζουν το DVB-H. Πολλές από τις υποδομές παρέχουν κάλυψη εσωτερικών χώρων για τις DVB-T υπηρεσίες. Η κάλυψη αυτή μπορεί να υποστηρίξει και τις DVB-H υπηρεσίες. Αυτό σημαίνει ότι οι υποδομές είναι σχεδόν έτοιμες, αν και χρειάζονται επενδύσεις για την κάλυψη πιο απαιτητικών περιοχών. Επίσης, οι broadcast network operators χρησιμοποιούν ήδη κεραιές εγκατεστημένες σε πύργους, που χρειάζονται για τη βασική κάλυψη των DVB-H υπηρεσιών.

Οι operators αυτοί μπορούν να διαμεσολαβούν ανάμεσα στους διάφορους παρόχους υπηρεσιών. Το περιορισμένο διαθέσιμο φάσμα θα οδηγήσει στη χρήση ενός αφιερωμένου πολυπλέκτη για τις DVB-H υπηρεσίες. Επομένως, οι πάροχοι υπηρεσιών θα αναγκαστούν να μοιραστούν τη διαθέσιμη χωρητικότητα και θα προτιμούν να βασίζονται σε έναν ανεξάρτητο operator για τη διαχείριση του δικτύου.

#### **2.9.5. Κατασκευαστές (Manufacturers)**

Οι κατασκευαστές τερματικών συσκευών και λοιπού εξοπλισμού υποστηρίζουν την άφιξη των DVB-H υπηρεσιών. Κάποιοι κατασκευαστές έχουν ήδη υλοποιήσει DVBH δέκτες πχ. Nokia 7710. Οι DVB-H επεξεργαστές έχουν προσεγγίσει αποδεκτά επίπεδα απόδοσης και παράγονται μαζικά από το τέλος του 2005.

Το κόστος ενός DVB-H επεξεργαστή δεν πρέπει να ξεπεράσει τα 10 €, σε μαζική παραγωγή. Στην περίπτωση αυτή, το επιπλέον κόστος της ενσωμάτωσης DVB-H υπηρεσιών σε ένα σύνθετο κινητό τηλέφωνο, θα θεωρείται οριακό σε σχέση με το συνολικό κόστος της τηλεφωνικής συσκευής.

### 2.9.6. Υποστηρικτές (Enablers)

Διάφορες ομάδες εργάζονται για την προώθηση του DVB-H και άλλων τεχνολογιών που βασίζονται στο πρότυπο DVB-T.

Το bmcο Forum30 αποτελεί πανευρωπαϊκό φορέα, ο οποίος συμμετείχε στο δοκιμαστικό project του Βερολίνου. Έχει επεκτείνει τη δράση του στην ανάπτυξη τεχνολογιών εκπομπής μέσω κινητών τηλεπικοινωνιακών δικτύων.

Το IPDC Forum31 συγκροτήθηκε τον Ιανουάριο του 2002. Αποτελεί πανευρωπαϊκό ανεξάρτητο μη-κερδοσκοπικό οργανισμό, ο οποίος στοχεύει στην ανάπτυξη πολυμεσικών υπηρεσιών, οι οποίες διακινούνται μέσω δικτύων εκπομπής.

Ο φορέας Finnish Mobile TV32 έχει υποστηρίξει πολλά DVB-H δοκιμαστικά projects στη Φινλανδία. Συμμετείχε στην πρώτη εμπορική δοκιμή τον Μάρτιο 2005.

Η ομάδα εργασίας Go Mobile33 (Γερμανία) ασχολείται με την αγορά κινητών και φορητών τερματικών συσκευών και υπηρεσιών.

Το Mobile Applications Group34 εξετάζει κινητές τηλεοπτικές υπηρεσίες. Πρόσφατα δημοσίευσε το “Handbook of Mobile TV Applications”, μια περιεκτική έρευνα που αφορά όλες τις εφαρμογές σε κινητά δίκτυα.

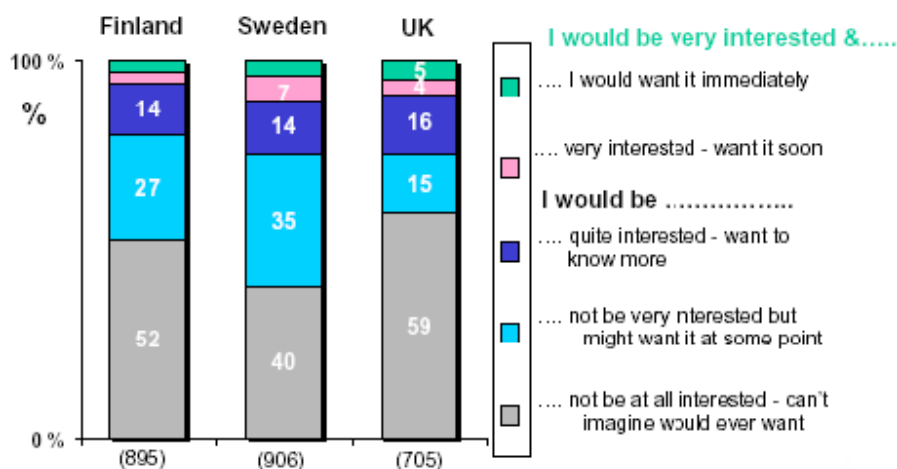
Το Νοέμβριο 2004, το Γαλλικό Υπουργείο Βιομηχανίας συγκρότησε το Mobile TV Forum με την υποστήριξη 50 εταιρειών, συμπεριλαμβανομένων broadcasters, mobile telecom operators, broadcast network operators και κατασκευαστών. Η ομάδα εργάζεται για την προώθηση της ιδέας “television-on-the-go”.

### 2.9.7. Ερευνητικά Προγράμματα

Το πρότυπο DVB-H υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) μέσω ενός πλήθους ευρωπαϊκών συνεργαζόμενων ομάδων πχ. Cismundus, Instinct, Daidalos, Enthroned και Wing TV.

## 2.10. Επιχειρηματικά Θέματα (Business Issues)

Οι καταναλωτές έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον για τη λήψη τηλεοπτικού σήματος στις φορητές συσκευές. Πλήθος ευρωπαϊκών μελετών το επιβεβαιώνουν. Το IPDC Forum διενήργησε μια έρευνα αγοράς το Σεπτέμβριο 2003 σε τρεις χώρες: Μεγάλη Βρετανία, Φινλανδία, Σουηδία. Η έρευνα απέδειξε ότι 40-60% των χρηστών κινητών τηλεφώνων ενδιαφέρονται για τη λήψη τηλεοπτικού σήματος και είναι διαθέσιμοι να πληρώνουν άνω των 10 € μηνιαίως, για την υπηρεσία αυτή (σχήμα 15).



Σχήμα 15

Αντίστοιχη έρευνα του bmc project αναφέρει ότι 77,8% των ερωτηθέντων θεωρούν τη νέα υπηρεσία ως εξαιρετική ιδέα. Η αγορά θα είναι πολύ μεγάλη, καθώς το κοινό μετράται με βάση μεμονωμένα άτομα και όχι νοικοκυριά, όπως συμβαίνει στη συμβατική τηλεόραση.

Η χρέωση των καταναλωτών μπορεί να έχει τη μορφή μηνιαίας συνδρομής ή να ακολουθεί την pay-as-you-go φόρμουλα. Οι έρευνες αγοράς καταδεικνύουν ότι οι

θεατές προτιμούν την λύση της συνδρομής. Στη μελέτη του bmc Forum, οι καταναλωτές θεώρησαν λογική μια χρέωση της τάξης των 8-12 € μηνιαίως, προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση σε 6-8 διαφορετικά τηλεοπτικά κανάλια.

Αν καθιερωθεί η μηνιαία συνδρομή, το εισόδημα που θα προκύψει θα βασίζεται στο πλήθος των συνδρομητών. Η Vodafone έχει πάνω από 150 εκατομμύρια πελάτες παγκοσμίως. Στις Ηνωμένες Πολιτείες εκτιμάται ότι οι χρήστες θα δαπανούν 30 δισεκατομμύρια δολάρια, για τηλεοπτικές υπηρεσίες σε φορητές συσκευές.

Οι DVB-H υπηρεσίες παρέχουν νέες διαφημιστικές ευκαιρίες. Ανοίγεται ένα νέο πεδίο αγοράς για τους διαφημιστές. Ως συνέπεια θα αυξηθούν τα έσοδα των broadcasters από την προώθηση των διαφημίσεων. Μέσω της αλληλεπίδρασης, η διαφήμιση μπορεί να προσαρμοσθεί στο κοινό που απευθύνεται. Οι διαφημιστές προσδιορίζουν τη θέση των καταναλωτών και ωφελούνται από την αλληλεπίδραση. Η προσωποποιημένη διαφήμιση αποτελεί θεμιτό στόχο. Η προσωποποίηση (personalization) αυτή, αναμένεται να αυξήσει τα έσοδα των διαφημιστών και των broadcasters.

Σχετικά με την παροχή DVB-H υπηρεσιών, τα επόμενα θέματα πρέπει να απαντηθούν:

- Τι είδους υπηρεσίες παρέχονται στους καταναλωτές;
- Ποιος διαχειρίζεται την τελική σχέση (end-relationship) με τους πελάτες;
- Ποιος καθορίζει τις υπηρεσίες;
- Ποιος μηχανισμός χρέωσης θα εφαρμοσθεί; Ποιες είναι οι εναλλακτικές πηγές εισοδήματος (αμοιβή δημόσιας άδειας, διαφημίσεις κλπ.);
- Ποιος έχει πρόσβαση στους διαθέσιμους DVB-H πόρους (φάσμα, δίκτυα

κλπ.);

- Ποιος μπορεί να αναπτύξει και διανείμει ανταγωνιστικό περιεχόμενο;
- Ποιες είναι οι επενδυτικές δυνατότητες κάθε οργανισμού;
- Ποιες είναι οι πιθανές συνεργασίες μέσα στις υπάρχουσες επιχειρηματικές δραστηριότητες;

Η διαχείριση των πελατειακών σχέσεων αποτελεί σημαντικό παράγοντα επιτυχίας. Αν και οι broadcasters όσο και οι telecom operators έχουν αναπτύξει μακροχρόνιες και επιτυχημένες σχέσεις με τους πελάτες τους, ένα συνεργατικό επιχειρηματικό μοντέλο μπορεί να αποφέρει προβλήματα. Οι DVB-H υπηρεσίες πρέπει να προσφέρονται ως ανεξάρτητες (stand-alone) υπηρεσίες, χωρίς να σχετίζονται με άλλες τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές. Συνεπώς, μια νέα οριζόντια αγορά πρέπει να δημιουργηθεί, η οποία να καλύπτει τους DVB-H δέκτες.

Εναλλακτικά, οι mobile telecom operators πρέπει να έχουν πρωτεύοντα ρόλο, ομαδοποιώντας (aggregating) και κωδικοποιώντας (encrypting) το περιεχόμενο, καθώς και συντηρώντας τα δίκτυα. Επίσης η διαφήμιση των νέων υπηρεσιών θα αποτελεί αποκλειστική τους ευθύνη. Οι telecom operators πρέπει να αναγνωρίσουν τη δεδομένη ικανότητα των broadcasters, όσο αφορά την προσφορά ελκυστικών δεσμών (bouquets) υπηρεσιών, οι οποίες ικανοποιούν τις ανάγκες των πελατών τους. Βάσει μακράς εμπειρίας, οι broadcasters συνδυάζουν ποικίλα περιεχόμενα σε ελκυστικά και ανταγωνιστικά πακέτα. Οι θεατές εμπιστεύονται τους broadcasters. Άρα μια νέα πλατφόρμα πιθανόν να αποφέρει σημαντικά οφέλη.

Από την άλλη πλευρά, οι broadcasters πρέπει να αναγνωρίσουν τη μεγάλη πελατειακή βάση που έχουν αναπτύξει οι mobile telecom operators. Η βάση αυτή μπορεί εύκολα να υιοθετήσει τη νέα υπηρεσία. Χωρίς τη συμμετοχή των mobile telecom operators, η διείσδυση στις DVB-H υπηρεσίες θεωρείται δύσκολη.



### 3. T-DMB (Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting)([3],[4],[11],[17])

#### 3.1. Εισαγωγή

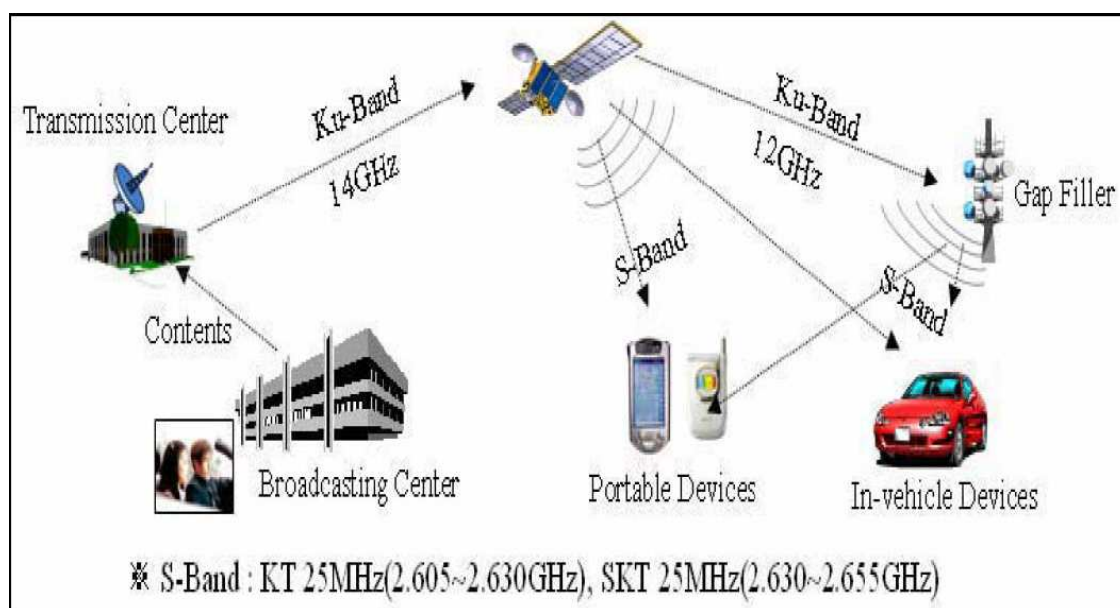
Το Eureka-147 αποτελεί σύστημα Ψηφιακής Εκπομπής Ήχου (Digital Audio Broadcasting – DAB), το οποίο ανακοινώθηκε στα μέσα της δεκαετίας του '90. Έκτοτε αναπτύχθηκαν πολλές εφαρμογές σχετιζόμενες με το σύστημα αυτό από διάφορες χώρες, συμπεριλαμβανομένης και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Ψηφιακή Εκπομπή Πολυμέσων (Digital Multimedia Broadcasting – DMB) είναι μια από τις εφαρμογές που προέκυψαν από το σύστημα Eureka-147 DAB. Το Κορεατικό Υπουργείο Πληροφοριών και Επικοινωνιών υιοθέτησε την ονομασία DMB, ώστε να δώσει έμφαση στην πολυμεσική ιδιότητα της νέας υπηρεσίας.

Στην Κορέα, το DMB project επικεντρώνεται στην εκπομπή κινούμενης εικόνας και στη λήψη της κάτω από δύσκολες συνθήκες πχ. τοποθεσίες περικυκλωμένες από υψηλά κτίρια, οχήματα κινούμενα με μεγάλη ταχύτητα κλπ. Συνεπώς το σύστημα Eureka-147 DAB χρησιμοποιείται για υπηρεσίες ροής video, ήχου και δεδομένων σε κινητά και φορητά περιβάλλοντα.

Υπάρχουν δύο ειδών DMB συστήματα:

- Δορυφορικό (Satellite) DMB (S-DMB)
- Επίγειο (Terrestrial) DMB (T-DMB)

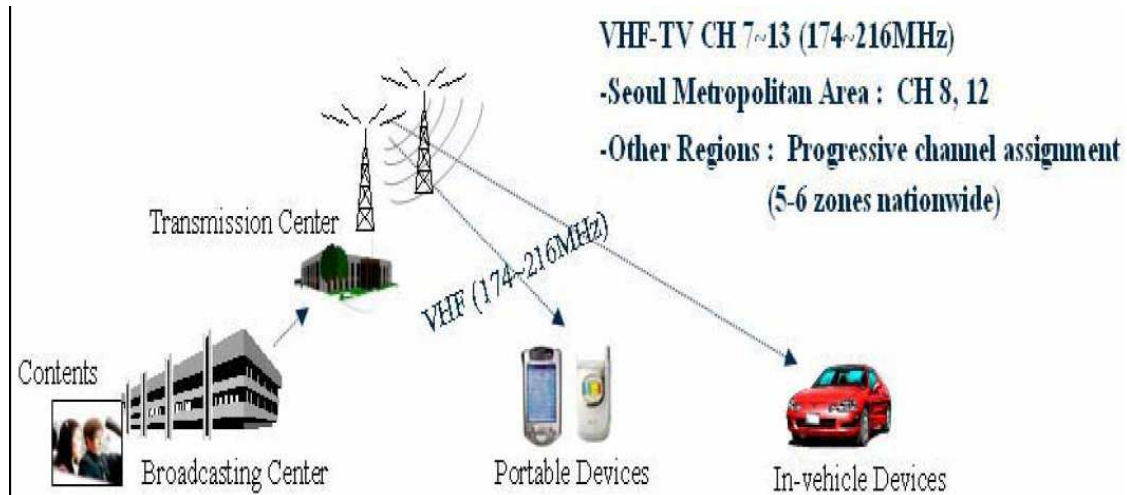
Οι δορυφορικές S-DMB υπηρεσίες μεταδίδουν ήχο, προστιθέμενης αξίας δεδομένα (value added data), ροές video και άλλα εκπεμπόμενα πολυμεσικά περιεχόμενα μέσω δορυφόρων, προς σταθερές, φορητές και κινητές συσκευές. Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τα πλεονεκτήματα της παροχής περιεχομένων ήχου σε διάφορες ποιότητες, χαμηλό κόστος και ευρεία κάλυψη με χρήση δορυφόρων (σχήμα 16).



Σχήμα 16

Οι επίγειες T-DMB υπηρεσίες χρησιμοποιήθηκαν αρχικά από τη βιομηχανία εκπομπής (broadcasting industry). Παρέχουν υψηλής ποιότητας περιεχόμενα ήχου και εικόνας προς σταθερές, φορητές και κινητές συσκευές. Επιτρέποντας την κινητή λήψη μουσικής, κειμένου και ροών video από φορητές τηλεοράσεις, PDAs και άλλες κινητές συσκευές, το T-DMB δημιουργεί μια σχέση συμπλήρωσης με την επίγεια ψηφιακή εκπομπή τηλεοπτικών υπηρεσιών, με ιδιαίτερη έμφαση στην υψηλή ποιότητα. Αν και το σύστημα T-DMB αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση του DAB, οι υπάρχουσες DAB συσκευές θα μπορούν να χρησιμοποιούνται σε αρκετά τμήματα του T-DMB. Η προσφορά υπηρεσιών από τις κινητές συσκευές αναμένεται ότι θα δώσει

ώθηση στη ζήτηση τέτοιου είδους συσκευών (σχήμα 17).



Σχήμα 17

Στον πίνακα 2 παρουσιάζεται μια σύγκριση χαρακτηριστικών των T-DMB και SDMB

	<b>T-DMB</b>	<b>S-DMB</b>
<b>Technology transmission standard</b>	* Eureka 147 (DAB-based)	* System E (similar to CDMA)
<b>Frequency</b>	* CH12(204-210 Mhz) in Band III * Considering additional CH8 and CH10	* S-band (2.605~2.655 GHz)
<b>Channels available</b>	* 1 VHF TV channel can allocate 3 blocks and one block can cover 1 video and 3 data/audio channels	* About 13 video channels possible in 25MHz bandwidth  * For SKT, it plans to operate 11 video, 25 audio and 3 data channels
<b>Mobile reception</b>	* Available on the ground (in building and underground are not guaranteed)  * Need solution for gap areas	* Possible(planned to solve gap )  * S-band power control and gap fillers are needed for direct reception from ground
<b>Display</b>	* Not decided (7-15 inches considered)	* 7 inches maximum
<b>Business profit model</b>	* Free service through advertising revenue	* Paid service
<b>Service coverage</b>	* Local broadcasting	* Nationwide broadcasting
<b>Target market</b>	* Individuals or vehicles	* Individuals or vehicles
<b>Cost</b>	* About \$43M	* \$340M - \$680M: depending on investment on gap fillers

Source: In-Stat/MDR 8/04

## Πίνακας 2

Τέλος, στον πίνακα 3 απεικονίζονται κάποιες ανταγωνιστικές παράμετροι και η αντιμετώπισή τους από τα συστήματα T-DMB, S-DMB και VoD (Video on Demand)

	T-DMB	S-DMB	VOD
Price Competitiveness (usage fee)	Free	Paid (Fixed monthly service charge)	Paid (packet price)
Abundant Content (including channels provided)	* Competitive due to terrestrial TV programs  * Low number of channels compared to S-DMB	* Retransmission demand of terrestrial TV programs is high.  * More channels than terrestrial broadcasting	* Providing games and adult content as well as TV, animation, and music from terrestrial and satellite broadcasting.
Service Schedule	Nationwide service available by 2010	2004	Currently available
Coverage	Local, but move to nationwide	Nationwide	Nationwide
Purchase of Handset	Necessary to purchase new handset	Necessary to purchase new handset	Uses current terminals

Source: In-Stat/MDR 8/04

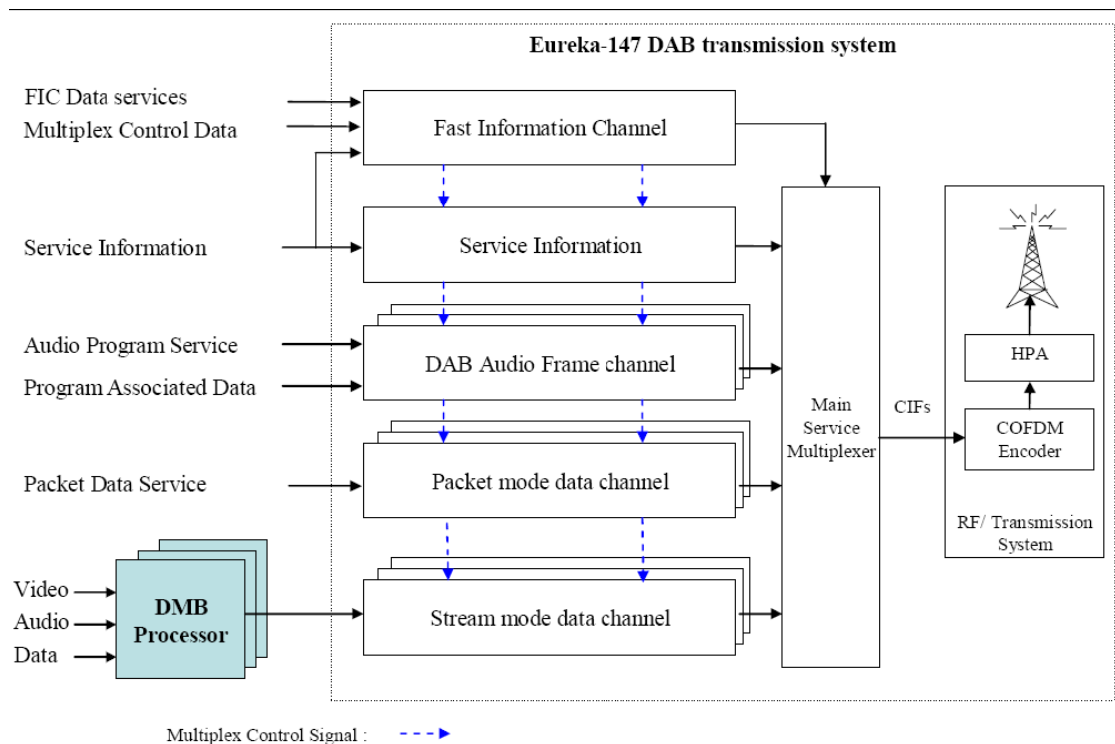
\* shaded areas denote competitive advantage each medium retains

### Πίνακας 3

## 3.2. Terrestrial - Digital Multimedia Broadcasting (T-DMB)

### 3.2.1. Αρχιτεκτονική Συστήματος T-DMB

Το σύστημα DAB παρέχει ήχο ποιότητας CD και κάποιες υπηρεσίες δεδομένων για σταθερούς, φορητούς και κινητούς δέκτες. Οι T-DMB υπηρεσίες υλοποιούνται μέσω του Eureka-147 DAB συστήματος, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 18.



Σχήμα 18

Τα μεταδιδόμενα δεδομένα ακολουθούν 5 μονοπάτια στο Eureka-147 DAB:

- **Fast Information Channel (FIC) και Service Information (SI):** χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών πολύπλεξης και διαμόρφωσης κάποιων υπηρεσιών πχ. δεδομένων, ήχου.
- **DAB Audio Frame Channel:** χρησιμοποιείται για την υπηρεσία ψηφιακού ήχου, η οποία αποτελεί την κύρια υπηρεσία του DAB.
- **Packet Mode Data Channel και Stream Mode Data Channel:** αποτελούν τα δύο βασικά κανάλια μετάδοσης δεδομένων. Το Packed Mode κανάλι χρησιμοποιείται για υπηρεσίες δεδομένων. Το T-DMB σύστημα χρησιμοποιεί το Stream Mode προκειμένου να μεταδώσει ροές ήχου και video οι οποίες παράγονται από το DMB επεξεργαστή. Κατόπιν, όλα τα δεδομένα

πολυπλέκονται σε μια μοναδική ροή, η οποία κωδικοποιείται από τον OFDM κωδικοποιητή και μεταδίδεται μέσω του RF σήματος. Το OFDM σχήμα διαμόρφωσης χρησιμοποιείται στη σχεδίαση SFN δικτύων, για την υποστήριξη του συστήματος T-DMB.

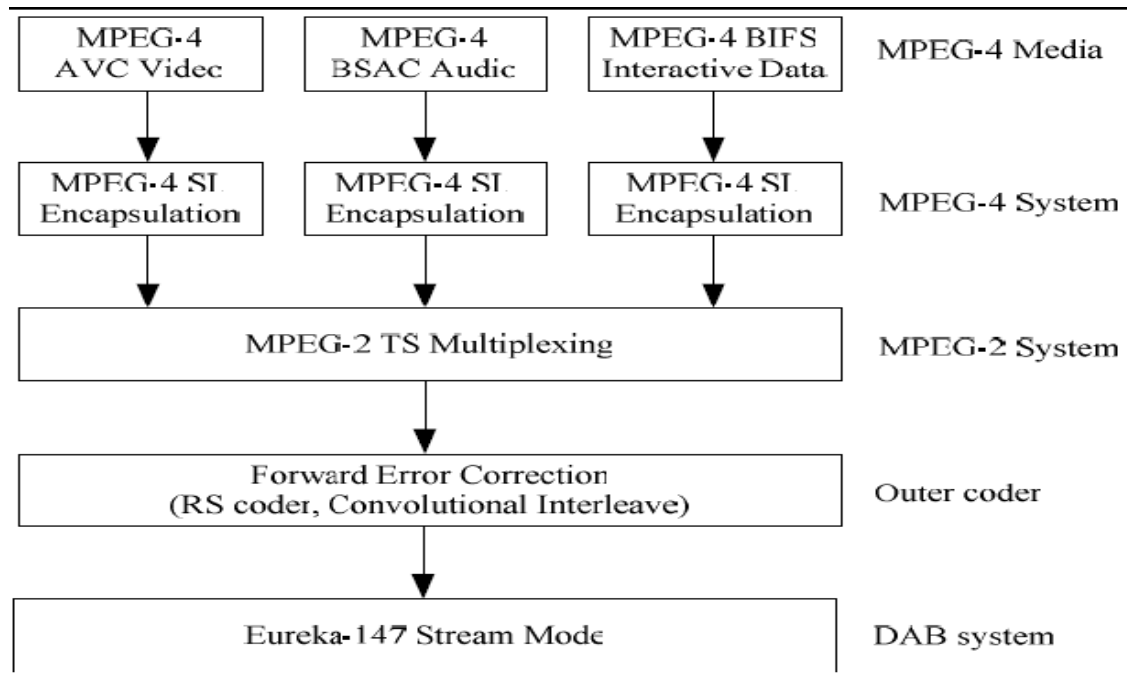
Χρησιμοποιώντας το Eureka-147 DAB, το T-DMB παρέχει όλα τα είδη υπηρεσιών. Η βασικότερη υπηρεσία είναι η μετάδοση τηλεοπτικού σήματος σε σταθερά και κινητά περιβάλλοντα. Η προσδοκώμενη υπηρεσία είναι ποιότητας VCD (Video CD), σε οθόνη LCD 5-7 ιντσών και μέγιστη ανάλυση 352x288 pixels με 30 πλαίσια ανά δευτερόλεπτο (fps). Μια δεύτερη διαθέσιμη υπηρεσία αποτελεί η μετάδοση πολυμεσικών περιεχομένων σε κινητές συσκευές. Είναι δυνατή η παροχή δωρεάν υπηρεσιών σε κινητά τηλέφωνα, όπως συμβαίνει στη συμβατική τηλεόραση. Στην περίπτωση αυτή, ο DMB δέκτης ενεργεί ως παραλήπτης δεδομένων που μεταδίδονται πιθανώς δωρεάν, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Η υψηλής ποιότητας υπηρεσία ήχου είναι επίσης διαθέσιμη στο T-DMB και αποτελεί τον κύριο λόγο ύπαρξης του DAB. Ως συνέπεια, η εκπομπή σημάτων ήχου ποιότητας CD, υπερνικά την αναλογική FM μετάδοση και επιπλέον κάποιες πρόσθετες υπηρεσίες δεδομένων είναι δυνατές πχ. παρουσίαση διαφανειών.

Τέλος, το T-DMB παρέχει πληθώρα υπηρεσιών δεδομένων, όπως EPG (Electronic Program Guide), πλοήγηση στο Web, δελτία ειδήσεων, κυκλοφοριακή ενημέρωση κλπ.

### **3.2.2. Δομή Προτύπων στο Σύστημα T-DMB**

Η δομή των προτύπων που χρησιμοποιείται στη μετάδοση μέσω T-DMB, παρουσιάζεται στο σχήμα 19. Η διαθέσιμη χωρητικότητα δεδομένων είναι περίπου 1 Mbps,

δεδομένης της ύπαρξης πληροφοριών συγχρονισμού, διόρθωσης σφαλμάτων, και διαμόρφωσης πολύπλεξης. Συνεπώς, υιοθετούνται οι σύγχρονες τεχνολογίες κωδικοποίησης, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.



Σχήμα 19

Η κωδικοποίηση MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding) χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση εκπεμπόμενων περιεχομένων video, σε χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Τεχνολογία Bit Sliced Arithmetic Coding (BSAC) χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση ήχου και Binary Format For Scenes (BIFS) για κωδικοποίηση αλληλεπιδραστικών δεδομένων που σχετίζονται με τα περιεχόμενα video. Οι ροές αρχικά ενθυλακώνονται σε MPEG-4 Sync Layer (SL) πακέτα και κατόπιν πολυπλέκονται σε μια MPEG-2 TS η οποία χρησιμοποιείται στο σύστημα ψηφιακής εκπομπής. Οι MPEG-2 TS ροές κωδικοποιούνται για διόρθωση σφαλμάτων με χρήση των τεχνικών Reed-Solomon (RS) και πεπλεγμένης διεμπλοκής (convolutional interleaving). Οι ροές αυτές εισάγονται σε κατάλληλο Eureka-147 DAB κανάλι ροών

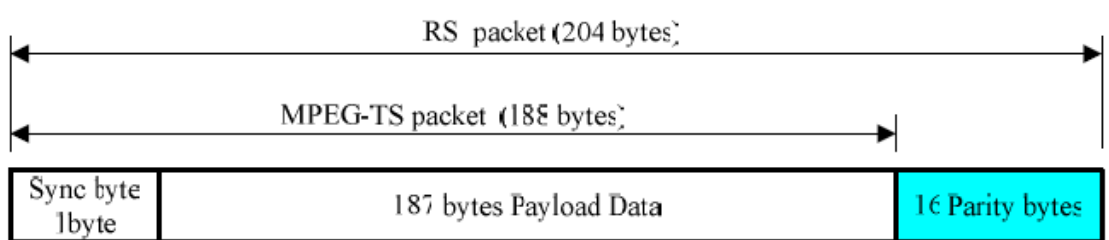


(Stream Mode Channel), το οποίο τυγχάνει επεξεργασίας από το υπάρχον σύστημα DAB.

### 3.2.3. Εξωτερικός Κωδικοποιητής (Outer Coder)

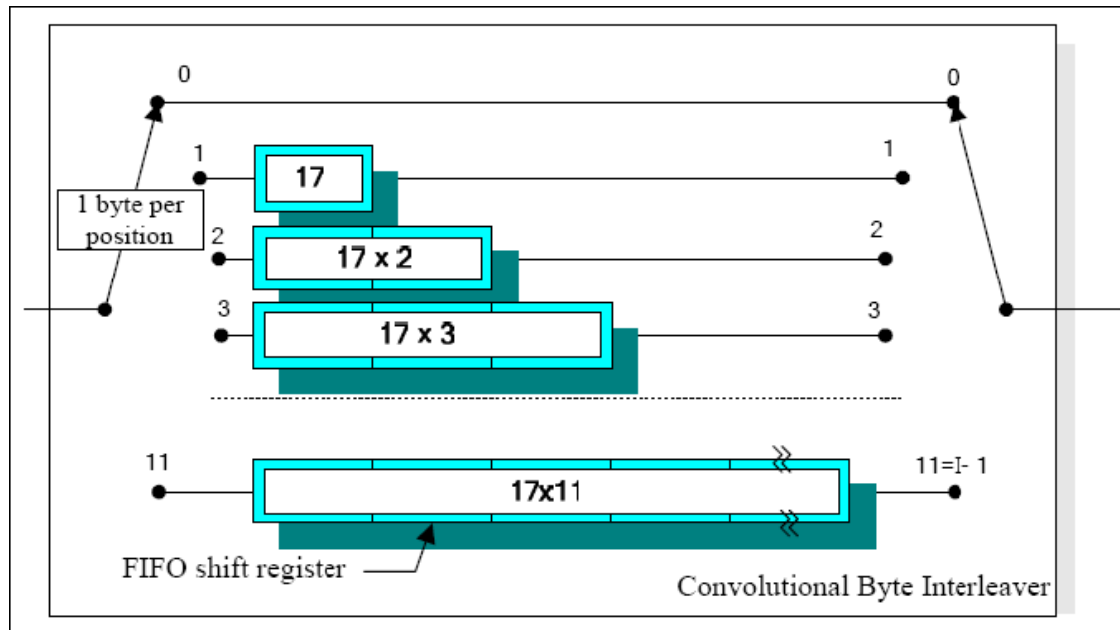
Το Eureka-147 DAB σύστημα σχεδιάστηκε αρχικά για μετάδοση ρών ήχου ποιότητας CD, στοχεύοντας σε επίπεδο BER μικρότερο από  $10^{-4}$ . Παρόλα αυτά για τη σταθερή μετάδοση και λήψη κινούμενης εικόνας μέσω MPEG-4 ρών, το επίπεδο του BER δεν πρέπει να ξεπερνά το  $10^{-8}$ . Έτσι, εισάγεται το σχήμα FEC (Forward Error Correction) που παρουσιάστηκε στο σχήμα 19.

Επομένως το T-DMB χρησιμοποιεί επιπλέον σχήμα κωδικοποίησης καναλιού, που ονομάζεται εξωτερικός κωδικοποιητής (outer coder). Ο κωδικοποιητής αυτός αποτελείται από έναν RS (Reed Solomon) κωδικοποιητή και έναν πεπλεγμένο διεμπλοκέα (convolutional interleaver). Το σχήμα 20 παρουσιάζει τον RS κωδικοποιητή, ο οποίος χρησιμοποιώντας πολυώνυμα, προσθέτει 16 bytes ισοτιμίας (parity bytes) σε κάθε TS πακέτο των 188 bytes. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν προστατευμένα πακέτα εξόδου των 204 bytes έκαστο. Το σύστημα T-DMB χρησιμοποιεί λοιπόν κωδικοποίηση RS (204, 188).



Σχήμα 20

Η διεμπλοκή χρησιμοποιεί 12 διακλαδώσεις (branches) και απεικονίζεται στο σχήμα 21.



Σχήμα 21

### 3.3. Τρέχουσα Κατάσταση

#### 3.3.1. Ψηφιακή Εκπομπή Πολυμέσων στην Κορέα

Οι εταιρείες TU Media Corporation και SK Telecom<sup>38</sup> αποτελούν παροχείς υπηρεσιών στην S-DMB αγορά, ενώ η Samsung και LG Electronics έχουν αναπτύξει ήδη DMB κυκλώματα και τερματικές συσκευές. Περίπου 30% των πελατών κινητής τηλεφωνίας εκδηλώνουν ενδιαφέρον για την τεχνολογία DMB και τη λήψη επίγειων τηλεοπτικών προγραμμάτων από τα κινητά τους τηλέφωνα.

Η Κορέα και η Ιαπωνία επικεντρώνονται στην εμπορευματοποίηση του S-DMB, δεδομένου ότι κατέχει μοναδικότητα στην αγορά δορυφορικών συστημάτων.

Μολονότι υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί, όπως το υψηλό κόστος των συσκευών και η μηνιαία χρέωση των S-DMB υπηρεσιών (οι T-DMB υπηρεσίες παρέχονται δωρεάν στους χρήστες), εκτιμάται ότι η Κορεάτικη DMB αγορά θα ξεπεράσει τα 800 εκατομμύρια δολάρια σε ετήσια έσοδα έως το 2010.

Το Electronic Telecommunication Research Institute (ETRI) διενήργησε δοκιμαστικά το 2003, αποδεικνύοντας την ικανότητα της τεχνολογίας ως προς την υψηλής ποιότητας λήψη, από κινητούς (με μεγάλη ταχύτητα) δέκτες. Η SK Telecom και άλλοι mobile operators θεώρησαν το DMB ως το πρωταρχικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης.

Ενώ η ψηφιοποίηση της εκπομπής ραδιοκυμάτων μέσω του T-DMB αποτέλεσε κύριο μέλημα της κυβερνητικής πολιτικής, οι ιδιωτικές επιχειρήσεις στράφηκαν στην εμπέδωση του S-DMB. Η SK Telecom επέλεξε το S-DMB ως το επιχειρηματικό πεδίο δράσης. Εντωμεταξύ οι broadcasters ανταγωνίζονται στην περιοχή του T-DMB. Ο έντονος ανταγωνισμός οδηγεί στην υλοποίηση και εμπορευματοποίηση των DMB υπηρεσιών.

### **3.3.2. Κανονιστικά Θέματα**

Το Μάρτιο 2004, η κυβέρνηση της Κορέας ψήφισε το νέο Broadcasting Law, ο οποίος περιέχει τις αρχές χρήσης των T-DMB και S-DMB. Έως τότε, το Ministry of Information & Communication (MIC) και η Korea Broadcasting Commission (KBC) ανταγωνίζονταν ως προς τη διαχείριση του DMB. Οι εμπλεκόμενοι επιθυμούσαν τη δημιουργία μιας μοναδικής επιτροπής που θα λειτουργεί ως ρυθμιστής. Οι πρωταγωνιστές που θα υπόκεινται σε αυτήν την επιτροπή είναι: SK Telecom και TU Media Corporation, KT, KTF και LG TeleCom καθώς και η Ιαπωνική Mobile Broadcasting Corporation (MBCo).

Η SK Telecom πρωταγωνιστεί στην προσπάθεια για εμπορευματοποίηση, θεωρώντας το σύστημα DMB ως κύριο επιχειρηματικό πεδίο και θέτοντας σε τροχιά έναν DMB δορυφόρο. Η εταιρεία συμφώνησε με την Ιαπωνία για την εκχώρηση συχνοτήτων το Σεπτέμβριο 2003 και με την MBCo για κοινή κατοχή και διαχείριση του δορυφόρου. Επίσης ίδρυσε το TU Media Corporation που αποτελεί ένα DMB consortium 200 εγχώριων επιχειρήσεων, προκειμένου να μειώσει τους κινδύνους και να δημιουργήσει συνεργίες μεταξύ των συμμετεχόντων.

Ως μεγαλύτερος μέτοχος, η SK Telecom κατέχει το 30% των μετοχών της TU Media. Άλλοι μέτοχοι είναι οι: Toshiba, Seoul Broadcasting Service (SBS), Samsung Electronics, CJ Media, KTF, MBCo και Renault-Samsung Motors. Η TU Media έχει ολοκληρώσει τις προετοιμασίες για εγκατάσταση δορυφόρου και έχει επιλέξει 16 παρόχους περιεχομένου.

Η Ιαπωνική Mobile Broadcasting Corporation (MBCo) ιδρύθηκε το 1998 και αποτελεί ένα consortium 61 εταιρειών. Η Toshiba είναι ο μεγαλύτερος μέτοχος. Παρουσία έχουν επίσης οι: SK Telecom, Toyota και η Nippon TV. Η MBCo παρέχει 55 κανάλια ήχου, 3 δεδομένων και 9 video.

### 3.3.3. Επιχειρηματικά Σχέδια

Η TU Media σχεδιάζει την παροχή 39 καναλιών, εκ των οποίων 11 video, 25 ήχου και 3 δεδομένων. Τα 11 κανάλια video θα παρέχουν επαναμετάδοση των επίγειων τηλεοπτικών προγραμμάτων και άλλα εξειδικευμένα προγράμματα. Τα κανάλια ήχου θα προσφέρουν μουσική, δελτία ειδήσεων και επιμορφωτικό περιεχόμενο, ενώ τα κανάλια δεδομένων διάφορες υπηρεσίες πληροφόρησης. Συγκριτικά με την Ιαπωνική MBCo, η TU Media εστιάζει στην παροχή περισσότερων καναλιών video.

Οι παροχείς υπηρεσιών προσπαθούν να διαφημίσουν τα πλεονεκτήματα των T-DMB και S-DMB στους πελάτες τους. Το σύστημα T-DMB (συγκρινόμενο με το S-DMB) προσφέρει μικρότερο πλήθος καναλιών και θα αργήσει έως ότου να παρέχει τις υπηρεσίες του σε όλη τη χώρα. Όμως το T-DMB θεωρείται ανταγωνιστικό καθώς προσφέρεται δωρεάν στους χρήστες και υποστηρίζεται από τις διαφημιστικές εταιρείες (advertisers).

Οι S-DMB συνδρομητές πληρώνουν 17 δολάρια ως εγγραφή και 10-13 δολάρια ως μηνιαία χρέωση για τη λήψη υπηρεσιών. Οι επιπλέον υπηρεσίες κοστίζουν 4 δολάρια έκαστη. Τα ποσά αυτά αναμένεται να μειωθούν.

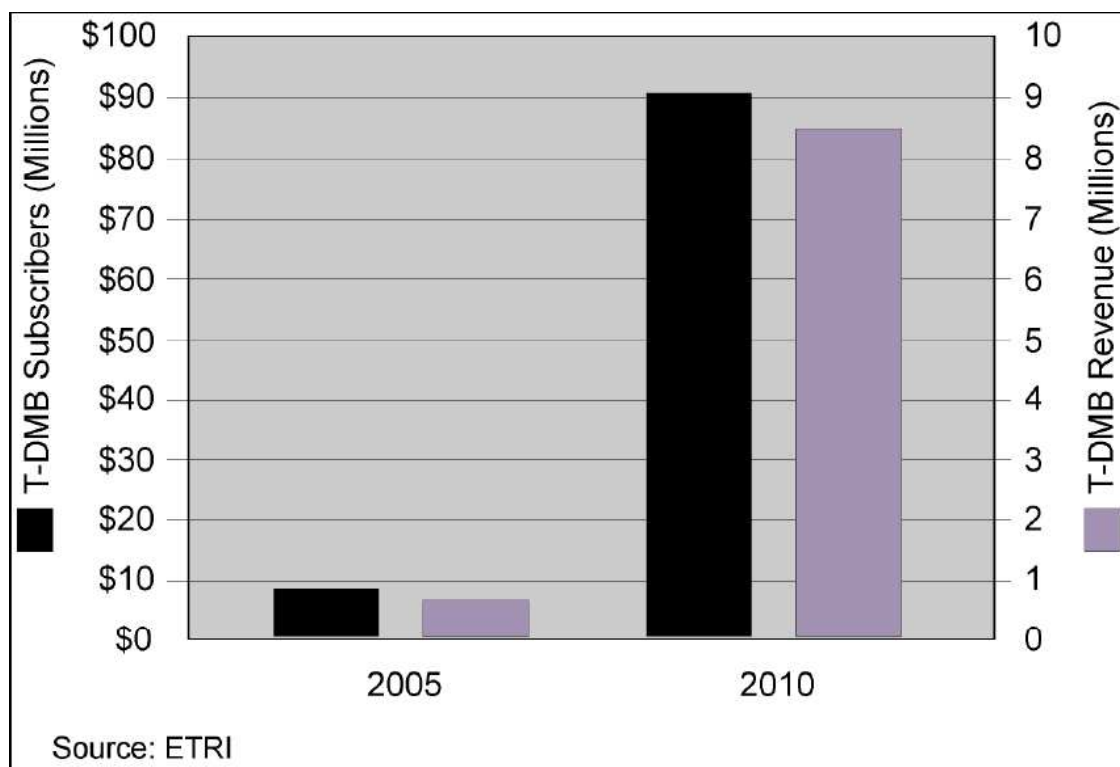
#### **3.3.4. Προβλέψεις**

Οι KT, SK Telecom και TTA προβλέπουν ότι οι S-DMB υπηρεσίες θα προσελκύσουν 420.000 συνδρομητές, οι οποίοι θα προσεγγίσουν τους 6 εκατομμύρια χρήστες έως το 2010. Τα έσοδα από τη χρήση του S-DMB άγγιξαν τα 43 εκατομμύρια δολάρια το 2004 και θα φτάσουν τα 813 έως το 2010.

Σύμφωνα με το ETRI, οι T-DMB υπηρεσίες ξεκίνησαν με 600.000 συνδρομητές το

2005 και θα φτάσουν τα 8,5 εκατομμύρια μέχρι το 2010. Οι προβλέψεις δείχνουν ότι μέχρι το 2010, το T-DMB θα κατέχει 30% περισσότερους συνδρομητές από τις αντίστοιχες S-DMB υπηρεσίες.

Τα έσοδα από τη χρήση του συστήματος T-DMB καθώς και οι συνδρομητές των αντίστοιχων υπηρεσιών παρουσιάζονται στο σχήμα 22.



**Σχήμα 22**

#### **4. ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial)([16],[15],[2])**

#### 4.1. Εισαγωγή

Η τεχνολογία ψηφιακής εκπομπής παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες, βασιζόμενη στην υψηλή ποιότητα ήχου και εικόνας, την αλληλεπιδραστικότητα και τις δυνατότητες αποθήκευσης. Επίσης αποτελεί θεμέλιο ώστε οι εμπλεκόμενοι να επωφεληθούν από τη συμμετοχή τους στην Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών (Information and Communications Technology - ICT). Στην Ιαπωνία, το πλάνο ψηφιοποίησης κάθε εκπεμπόμενου μέσου βρίσκεται στο στάδιο της υλοποίησης. Τα μέσα αυτά περιλαμβάνουν δορυφορικές, επίγειες και καλωδιακές υπηρεσίες.

Η ψηφιακή δορυφορική εκπομπή (digital satellite broadcasting) εφαρμόστηκε το Δεκέμβριο του 2000 και έως το τέλος του 2004 προσέφερε επτά HDTV (High-Definition TeleVision) υπηρεσίες προγραμμάτων σε 7 εκατομμύρια συνδρομητές [14]. Η ψηφιακή επίγεια εκπομπή (digital terrestrial broadcasting) βασίζεται σε ένα δίκτυο αναμεταδοτών και απαιτεί επανα-εκχώρηση των αναλογικών καναλιών στις UHF ζώνες συχνοτήτων. Η εκχώρηση αυτή εξελίσσεται ομαλά καθώς η ψηφιακή επίγεια εκπομπή εξαπλώνεται πέρα από τις περιοχές των Tokyo, Nagoya και Osaka. Η διαδικασία αυτή ξεκίνησε το Δεκέμβριο 2003. Το πλήθος των νοικοκυριών που ανήκουν στην περιοχή εκπομπής ξεπέρασε τα 18 εκατομμύρια, στο τέλος του 2004 και αναμένεται να προσεγγίσει τα 37 εκατομμύρια (80% του πληθυσμού) έως το τέλος του 2006. Επίσης, οι πωλήσεις των κατάλληλων τηλεοπτικών συστημάτων άγγιξαν τους 2 εκατομμύρια HDTV δέκτες, εξοπλισμένους με ψηφιακούς επίγειους αποκωδικοποιητές (τέλος του 2004).

Στην Ιαπωνία, η τεχνολογία ψηφιακής εκπομπής βασίζεται σε μια ομάδα ψηφιακών προτύπων εκπομπής που ονομάζεται Ολοκληρωμένες Υπηρεσίες Ψηφιακής Εκπομπής (Integrated Services Digital Broadcasting - ISDB). Το αποτέλεσμα χρήσης του συστήματος αυτού, είναι η υψηλή συμμετοχή της HDTV τεχνολογίας, όπου ο δημόσιος broadcaster, NHK40, και οι εμπορικοί broadcasters καταλαμβάνουν ποσοστά 90% και 50% αντίστοιχα. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι ότι όλοι οι

broadcasters παρέχουν υπηρεσίες εκπομπής δεδομένων καθώς και HDTV υπηρεσίες προς κινητά τηλέφωνα και κινούμενα οχήματα.

Το ISDB έχει σχεδιασθεί ώστε να παρέχει ολοκληρωμένες υπηρεσίες μετάδοσης ήχου, εικόνας και δεδομένων μέσω δορυφορικών, επίγειων ή καλωδιακών δικτύων.

#### 4.2. Ιστορική Αναδρομή

Η ιστορία του ISDB ανατρέχει στην ιδέα ενός ψηφιακού συστήματος εκπομπής για τον 21ο αιώνα, όπως διατυπώθηκε στα NHK Science and Technical Research Laboratories (NHK STRL), το 1980. Η αρχική ιδέα φιλοδοξούσε να υλοποιήσει νέες υπηρεσίες, μέσω της ψηφιοποίησης των καναλιών εκπομπής. Οι βασικοί στόχοι ήταν :

- Όλες οι εκπεμπόμενες πληροφορίες, όπως δεδομένα ήχου, εικόνας και πολυμέσων, έπρεπε να μετατραπούν σε ψηφιακά σήματα με ένα ολοκληρωμένο τρόπο επεξεργασίας.
- Όλα τα ψηφιακά σήματα έπρεπε να είναι διαθέσιμα, ανεξάρτητα από το μέσο μετάδοσης πχ. δορυφορικό, επίγειο ή καλωδιακό δίκτυο.
- Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του μέσου μετάδοσης, οι χρήστες έπρεπε να λαμβάνουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες και να λαμβάνουν πληροφορία σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους.

Ένα από τα πρώτα θέματα προς επίλυση ήταν η επιλογή της τεχνολογίας πολύπλεξης των ψηφιακών δεδομένων, ώστε να παρέχονται οι υπηρεσίες. Προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας ολοκληρωμένων μεθόδων διαχείρισης ήχου και γραφικών, οι οποίες θα συνδυάζουν HD εικόνες, υψηλής ποιότητας ήχο, μετάδοση πανομοιοτύπων (faxes), teletext, υπότιτλους και άλλες HDTV υπηρεσίες. Ως αποτέλεσμα υπήρξε εκτεταμένη έρευνα σε θέματα όπως το μήκος του μεταδιδόμενου πακέτου και οι διαδικασίες



ελέγχου που απαιτούνται για μια υπηρεσία εκπομπής πολυμέσων. Ο οργανισμός ARIB41 (Association of Radio Industries and Businesses) υιοθέτησε το MPEG-2 σύστημα και κατόπιν το ISDB σχήμα πολύπλεξης εξελίχθηκε σε πρότυπο.

Η δορυφορική εκπομπή (satellite broadcasting) χρησιμοποιεί συχνότητες από τη ζώνη των 12 GHz και αντιμετωπίζει το πρόβλημα των βροχοπτώσεων, οι οποίες διαρκούν μεγάλο ημερήσιο διάστημα στην Ιαπωνία. Το ISDB-S (Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite) χρησιμοποιεί ιεραρχικό σχήμα μετάδοσης, το οποίο ρυθμίζει την ένταση (intensity) μετάδοσης ώστε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Η ιεραρχική μετάδοση στοχεύει στην παροχή συνεχούς λήψης σήματος σε χαμηλότερο ρυθμό (bit rate) όταν μια ισχυρή βροχόπτωση εμποδίζει την HDTV μετάδοση. Η δορυφορική εκπομπή παρέχει κάλυψη σε όλη τη χώρα.

Η επίγεια εκπομπή (terrestrial broadcasting) προσφέρει υπηρεσίες προσαρμοσμένες σε κάθε περιοχή. Το εύρος ζώνης μετάδοσης του ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial) βασίζεται στην απαίτηση ύπαρξης HDTV επίγειων υπηρεσιών και στη συνύπαρξη με τις τρέχουσες αναλογικές υπηρεσίες. Το ISDB-T παρέχει υπηρεσίες κινητής και φορητής λήψης.

Η επίγεια ψηφιακή εκπομπή ήχου ISDB-TSB (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Sound Broadcasting) προσφέρει υψηλής ποιότητας υπηρεσίες ήχου και ποικιλία χρήσεων σε περιβάλλοντα κινητής λήψης. Χρησιμοποιείται το σύστημα ISDB-T.

Παράλληλα με τη δορυφορική εκπομπή, ξεκίνησε η ψηφιοποιημένη καλωδιακή μετάδοση μέσω του συστήματος ISDB-C (Integrated Services Digital Broadcasting – Cable). Χρησιμοποιήθηκαν σχήματα αναμετάδοσης ψηφιακών σημάτων παράλληλα με τα αντίστοιχα αναλογικά.

### **4.3. Προτυποποίηση (Standardization)**

Ο πίνακας 4 απεικονίζει τα πρότυπα ψηφιακής εκπομπής, όπως ορίζονται από τον οργανισμό ARIB.

	Digital Television		Digital Sound	
System	ISDB-S / Wide-band CS	ISDB-T	ISDB-T <sub>SB</sub>	2.6 GHz Satellite
Transmission	STD-B20	STD-B31	STD-B29	STD-B41
Source coding & Multiplex	Coding & Multiplexing		STD-B32	
	Service Information		STD-B10	
Data Broadcasting	Presentation Engine (BML)		STD-B24	
	Execution Engine (GEM-based)		STD-B23	
Home Server	System based on Home Servers		STD-B38	
CAS	Conditional Access		STD-B25	
Receiver	STD-B21		STD-B30	STD-B42
Operational Guideline	TR-B15	TR-B14	TR-B13	TR-B26

Πίνακας 4

#### 4.4. Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial (ISDB-T)

Ο οργανισμός ARIB (Ιαπωνία) όρισε τις προδιαγραφές του ψηφιακού επίγειου συστήματος εκπομπής (ISDB-T), το 1998. Το ISDB-T σύστημα μετάδοσης (transmission system) καθορίστηκε από το ITU-R Recommendation BT-1306. Τα κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος ορίστηκαν από το ITU-R Recommendation BT-1368.

##### 4.4.1. Γενικά Χαρακτηριστικά

Το Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial (ISDB-T) σύστημα είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει υψηλής ποιότητας εικόνα, ήχο και εκπομπή δεδομένων (data broadcasting) σε σταθερούς και κινητούς δέκτες. Το σύστημα επίσης προσφέρει ευελιξία (flexibility), επεκτασιμότητα (expandibility) και διαλειτουργικότητα

(interoperability) σε περιβάλλοντα πολυμεσικών εκπομπών.

Το σύστημα χρησιμοποιεί διαμόρφωση Ορθογώνιας Πολύπλεξης Διαίρεσης Συχνότητας (OFDM), διεμπλοκή δύο διαστάσεων (frequency-domain και time-domain interleaving) και ενοποιημένες τεχνικές κωδικοποίησης διόρθωσης σφαλμάτων (error-correcting codes). Το σχήμα διαμόρφωσης ονομάζεται Band Segmented Transmission - OFDM (BST-OFDM) και αποτελείται από 13 OFDM τμήματα (segments).

Το σύστημα κατέχει μεγάλη ποικιλία παραμέτρων μετάδοσης, προκειμένου να επιλεγεί το σχήμα διαμόρφωσης φέροντος (carrier modulation scheme), η διάρκεια χρονικής διεμπλοκής (length of time interleaving) κλπ. Οι παράμετροι ορίζονται ανεξάρτητα για κάθε τμήμα.

Επίσης υποστηρίζεται ιεραρχική μετάδοση 3 επιπέδων (layers A, B, C). Οι παράμετροι μετάδοσης έχουν τη δυνατότητα διαφοροποίησης σε κάθε επίπεδο. Ειδικότερα, το κεντρικό τμήμα (center segment) της ιεραρχικής μετάδοσης μπορεί να ληφθεί από φορητούς δέκτες ενός τμήματος (one-segment handheld receivers). Δεδομένης της κοινής δομής των OFDM τμημάτων, ένας τέτοιος δέκτης μπορεί να λάβει μερικώς (partially) ένα πρόγραμμα, το οποίο μεταδίδεται στο κεντρικό τμήμα ενός πλήρους (fullband) ISDB-T σήματος.

Το σύστημα προσφέρει 3 τρόπους μετάδοσης (modes 1, 2, 3) ώστε να χρησιμοποιεί μεγάλο εύρος συχνοτήτων μετάδοσης. Επίσης έχει 4 επιλογές μήκους guard interval, προκειμένου να βελτιστοποιήσει τη σχεδίαση των SFNs (Single Frequency Networks).

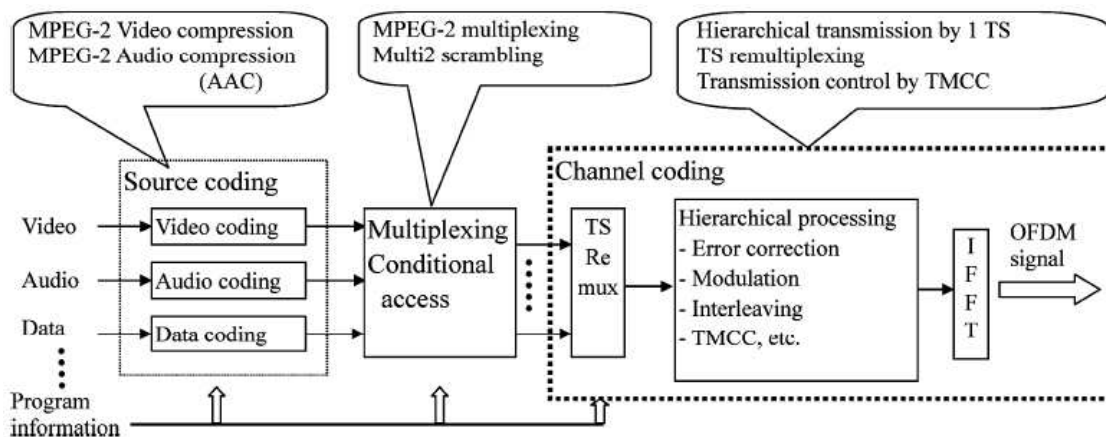
Το ISDB-T χρησιμοποιεί κωδικοποίηση εικόνας MPEG-2 και προηγμένη κωδικοποίηση ήχου MPEG-2 (Advanced Audio Coding – AAC). Υιοθετεί το MPEG-2 Systems για την ενθυλάκωση ροών δεδομένων. Συνεπώς, διάφορα ψηφιακά περιεχόμενα πχ. ήχος, κείμενο, εικόνες, δεδομένα, μπορούν να μεταδοθούν

ταυτόχρονα. Τέλος παρέχεται πλήρης διαλειτουργικότητα με άλλα συστήματα όπως ISDB-S, ISDB-C, ISDB-TSB και το Digital Sound Broadcasting System της Ιαπωνίας.

#### 4.4.2. Σύστημα Μετάδοσης

##### 4.4.2.1. Αρχιτεκτονική Συστήματος Μετάδοσης

Το σχήμα 23 παρουσιάζει το σύστημα ISDB-T. Το σύστημα μετάδοσης (BSTOFDM) διαμορφώνει μια ζώνη μετάδοσης αποτελούμενη από OFDM τμήματα (segments), των 6/14 MHz έκαστο. Οι παράμετροι μετάδοσης ορίζονται ανεξάρτητα για κάθε τμήμα.

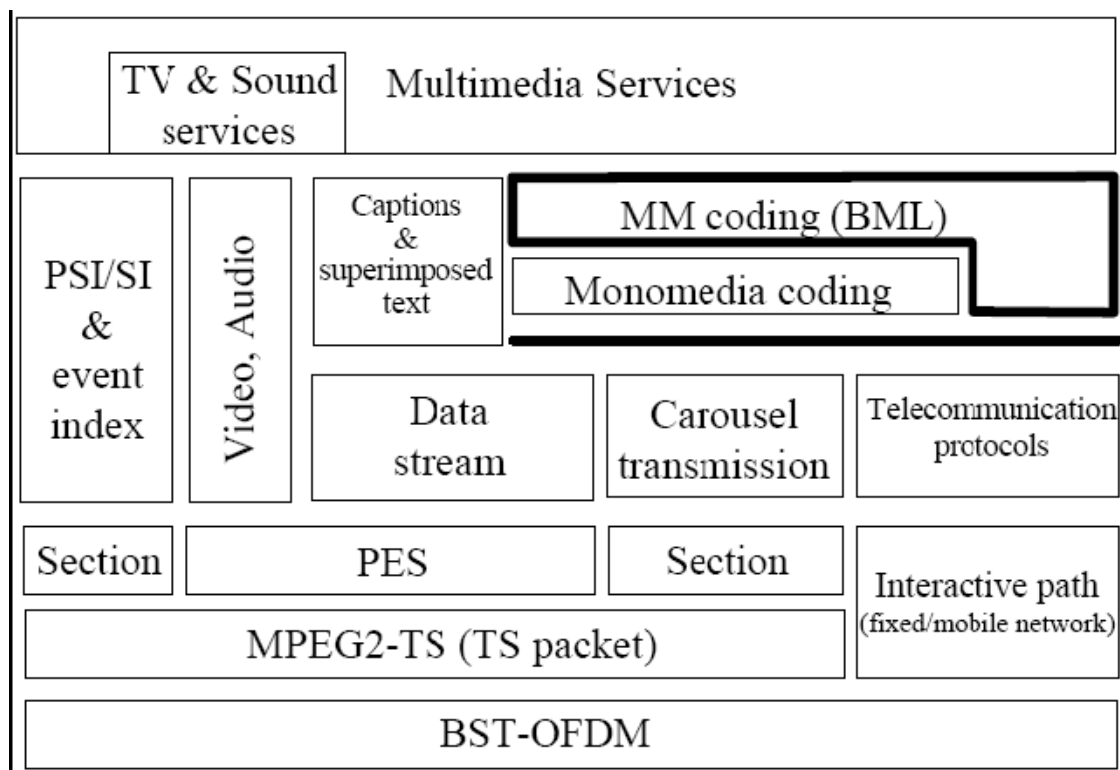


Σχήμα 23

Οι MPEG-2 ροές μεταφοράς (MPEG-2 Transport Streams – TSs) επαναπολυπλέκονται σε μια ροή (TS), προκειμένου να επιτευχθεί η διεπαφή ανάμεσα

στις ροές αυτές και το BST-OFDM σύστημα μετάδοσης. Η πληροφόρηση ελέγχου μετάδοσης πχ. διαμόρφωση καναλιού και παράμετροι μετάδοσης, αποστέλλονται προς το δέκτη με τη μορφή σήματος ελέγχου της διαμόρφωσης μετάδοσης η οποία έχει ήδη πολυπλεχθεί (Transmission Multiplexing Configuration Control - TMCC).

Η στοίβα πρωτοκόλλων ορίζεται από τις τεχνικές προδιαγραφές της ψηφιακής μετάδοσης στην Ιαπωνία, που εξέδωσε η ARIB με το πρότυπο STD-B24 και παρουσιάζεται στο σχήμα 24. Τα κωδικοποιημένα πολυμεσικά περιεχόμενα μεταδίδονται μέσω MPEG-2 TS ροών, μαζί με PES-διαμορφωμένες ροές ήχου και εικόνας. Τα πολυμεσικά δεδομένα αποτελούνται από BML45 αρχεία κειμένου ή αρχεία ενός μέσου (monomedia) όπως ακίνητες εικόνες, ήχος, binary δεδομένα κλπ.



Σχήμα 24

#### 4.4.2.2. Broadcast Markup Language (BML)

Η BML είναι ένα XML-based σχήμα κωδικοποίησης πολυμεσικών περιεχομένων, που ορίστηκε από το ARIB STD-B24. Η BML χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά για τη μετάδοση υπηρεσιών προς σταθερούς δέκτες, μέσω του ISDB-S το Δεκέμβριο 2000.

Νέες εξειδικευμένες λειτουργίες για κινητές υπηρεσίες προστέθηκαν στη BML, προκειμένου να υποστηριχθεί η μετάδοση μέσω του ISDB-T. Αν και οι βασικές δομές παραμένουν ίδιες, ορίστηκε ένα νέο κινητό profile, το οποίο ορίζει βελτιώσεις και περιορισμούς, ώστε να αντιμετωπισθούν προβλήματα σχετικά με τη χαμηλή απόδοση των κινητών δεκτών σε σύγκριση με τους αντίστοιχους σταθερούς.

#### 4.4.2.3. Βασικές Παράμετροι Μεταφοράς

Το ISDB-T υποστηρίζει 3 τρόπους μετάδοσης (transmission modes), ώστε να ανταποκρίνεται σε πληθώρα περιπτώσεων όπως μεταβλητό guard interval που ορίζεται από τη δικτυακή σχεδίαση και Doppler shift που λαμβάνει χώρα στις κινητές λήψεις. Ο πίνακας 5 παρουσιάζει τις βασικές παραμέτρους του κάθε mode.

Transmission Parameter	Mode 1	Mode 2	Mode 3
No. of OFDM segments	13		
Bandwidth	5.575 MHz	5.573 MHz	5.572 MHz
Carrier interval	3.968 kHz	1.984 kHz	0.992 kHz
No. of carriers	1405	2809	5617
Carrier modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Effective symbol length (Tu)	252 $\mu$ s	504 $\mu$ s	1.008 ms
Guard-interval length (Tg)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 of effective symbol length		
No. of symbols per frame	204		
Time interleave	Maximum 4 values : 0, 0.1, 0.2, 0.4 sec		
Frequency interleave	Intra-segment and inter-segment interleaving		
Inner code	Convolutional coding (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Outer code	RS (204, 188)		
Information bit rate	3.65 Mbps - 23.23 Mbps		
Hierarchical transmission	Maximum 3 levels (Layer A, B, and C)		

## Πίνακας 5

Ένα OFDM τμήμα (segment) αντιστοιχεί σε φάσμα συχνοτήτων εύρους 6/14 MHz, δηλαδή περίπου 430 kHz. Στο Mode 1, ένα τμήμα αποτελείται από 108 (1405/13) φέροντα (carriers), ενώ στα Modes 2 και 3, το πλήθος αυτό διπλασιάζεται και τετραπλασιάζεται αντίστοιχα. Η τηλεοπτική εκπομπή χρησιμοποιεί 13 τμήματα με εύρος μετάδοσης περίπου 5.6 MHz. Η επίγεια ψηφιακή εκπομπή ήχου χρησιμοποιεί 1 ή 3 τμήματα.

Ένα ψηφιακό σήμα μεταδίδεται ως μια ομάδα συμβόλων. Ένα σύμβολο αποτελείται από 2 bits χρησιμοποιώντας QPSK και DQPSK, 4 bits με 16-QAM και 6 bits με 64-QAM αντίστοιχα. Το μήκος του συμβόλου σχετίζεται με το διάκενο των φερόντων (carrier interval). Έτσι αποφεύγονται οι παρεμβολές μεταξύ των φερόντων μέσα στην ίδια ζώνη συχνοτήτων. Το guard interval είναι μια πλεονάζουσα (redundant) χρονική πληροφορία και αποσκοπεί στην αποφυγή των παρεμβολών από χρονικά καθυστερημένα κύματα. Βέβαια, αυξάνοντας το ποσοστό των guard intervals σε ένα σήμα, μειώνεται η ωφέλιμη πληροφορία.

Ένα OFDM πλαίσιο (frame) αποτελείται από 204 σύμβολα με προσαρτημένα guard intervals, ανεξάρτητα του mode μετάδοσης. Το μήκος της χρονικής διεμπλοκής εξαρτάται από τις παραμέτρους που ορίστηκαν και από το μήκος του guard interval και συνεπώς οι τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα 5 είναι προσεγγιστικές.

Τα σχήματα διόρθωσης σφαλμάτων που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

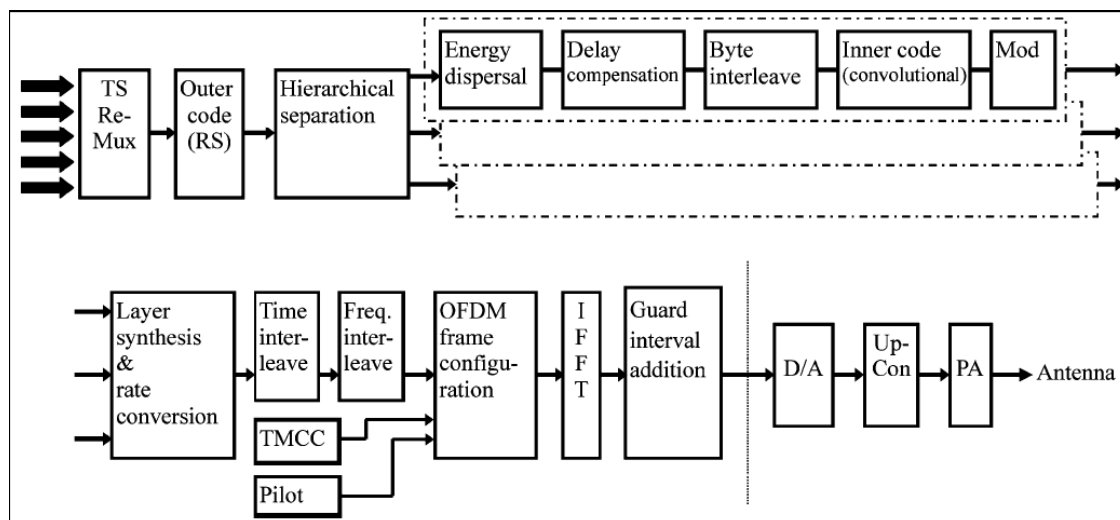
- Reed-Solomon (204, 188) code, για εξωτερική κωδικοποίηση και
- Convolutional code, για εσωτερική κωδικοποίηση.

Ο ρυθμός μετάδοσης πληροφοριών (information bit rate) κυμαίνεται και εξαρτάται

από το σχήμα διαμόρφωσης, το ρυθμό εσωτερικής κωδικοποίησης και το ποσοστό των guard intervals. Το ποσοστό που παρουσιάζεται στον πίνακα 5, αντιπροσωπεύει την ελάχιστη και μέγιστη τιμή για 13 τμήματα.

#### 4.4.2.4. Διαμόρφωση Κωδικοποίησης Καναλιού

Το σχήμα 25 παρουσιάζει τη διαδικασία κωδικοποίησης καναλιού, που ακολουθείται.



Σχήμα 25

Το σύστημα κατευθύνει μια ροή TS από τον MPEG-2 πολυπλέκτη προς το τμήμα επανα-πολύπλεξης (TS ReMux), όπου η TS μετατρέπεται σε μια ροή πακέτων των



204 συμβόλων έκαστο, με null bytes προσαρτημένα. Η TS αποτελείται από πακέτα μεταφοράς ροής (Transport Stream Packets – TSPs) των 188 bytes έκαστο. Κατόπιν, τα προσαρτημένα null bytes μπορούν να αντικατασταθούν από bits ισοτιμίας (parity bits) με κωδικοποίηση Reed Solomon. Στη φάση της ιεραρχικής μετάδοσης, η προκύπτουσα ροή μπορεί να διαιρεθεί σε ομάδες πακέτων και οι ομάδες αυτές να εισαχθούν σε τρία συστήματα παράλληλης επεξεργασίας. Η διαδικασία αυτή καλείται ιεραρχικός διαχωρισμός (hierarchical separation).

Η διαδικασία παράλληλης επεξεργασίας εκκινεί, εκτελώντας διασκορπισμό ενέργειας (energy dispersal), byte interleaving και άλλες επεξεργασίες, αποσκοπώντας στη μείωση συσχέτισης του ψηφιακού σήματος, ως προς το χρόνο και τη συχνότητα. Κατόπιν εκτελεί κωδικοποίηση καναλιού ανάλογα με τις επιλεγμένες παραμέτρους, ώστε να ικανοποιήσει τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά μετάδοσης, όπως το μορφότυπο λήψης. Οι παράμετροι αυτές περιλαμβάνουν το σχήμα διόρθωσης σφαλμάτων και το σχήμα ψηφιακής διαμόρφωσης πχ. QPSK. Το σύστημα αποθηκεύει προσωρινά τα δεδομένα σε ενταμιευτές (buffers), διότι τα ιεραρχικά επίπεδα λόγω της παράλληλης επεξεργασίας, έχουν διαφορετικούς ρυθμούς πληροφοριών (information bit rates). Κατόπιν τα δεδομένα ανακτώνται σε ομάδες συμβόλων σύμφωνα με ένα ρολόι που λαμβάνει δείγματα με χρήση του Inverse Fast Fourier Transformation (IFFT). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται σύνθεση επιπέδων (layer synthesis) και μετατροπή ρυθμού (rate conversion).

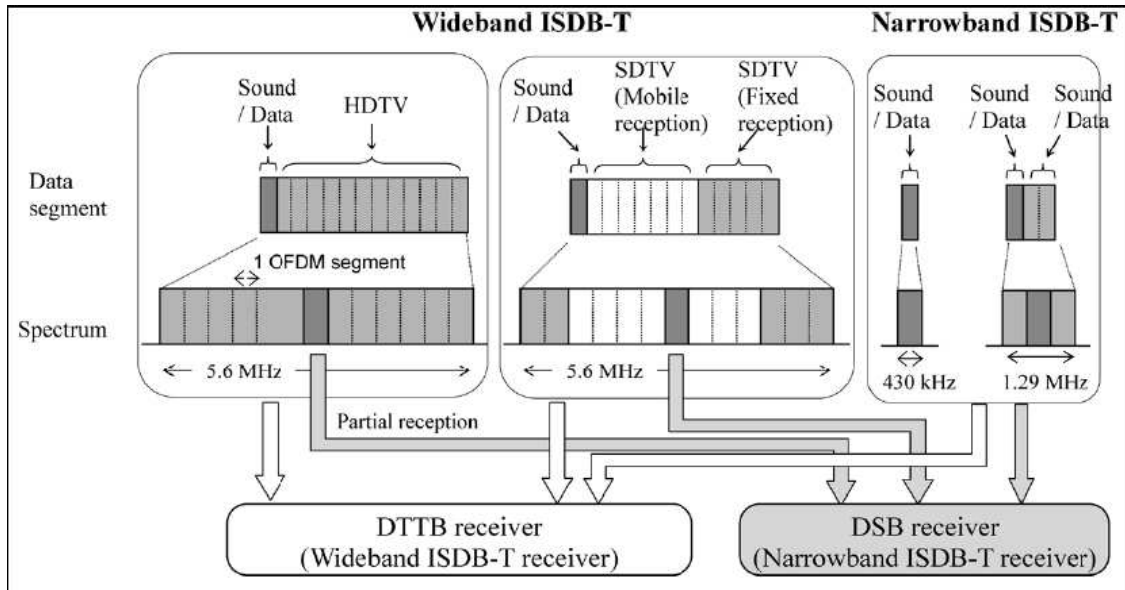
Στο επόμενο στάδιο, το σύστημα εκτελεί (στις ομάδες συμβόλων) διεμπλοκή χρόνου και συχνότητας ανάλογα με τη διάταξη των OFDM τμημάτων, αποσκοπώντας στη βελτίωση της κινητής λήψης και της μείωσης των παρεμβολών. Pilot σήματα για την αποδιαμόρφωση και σύμβολα ελέγχου αποτελούμενα από TMCC πληροφορόρηση, συνδυάζονται με τα σύμβολα που προέκυψαν από την προηγούμενη φάση, ώστε να διαμορφωθεί ένα OFDM πλαίσιο (frame). Τέλος, τα προκύπτοντα σύμβολα

διαμορφώνονται σύμφωνα με την τεχνική διαμόρφωσης Differential Binary PhaseShift Keying (DBPSK) και guard intervals προστίθενται στην έξοδο του IFFT.

#### 4.4.2.5. Ιεραρχική Μετάδοση

Μια μείξη προγραμμάτων σταθερής και κινητής λήψης είναι δυνατή μέσω της εφαρμογής της ιεραρχικής μετάδοσης, η οποία επιτυγχάνεται με τη διαίρεση της ζώνης μέσα σε ένα κανάλι. Ιεραρχική μετάδοση σημαίνει ότι τα τρία στοιχεία της κωδικοποίησης καναλιού δηλαδή το σχήμα διαμόρφωσης, ο ρυθμός κωδικοποίησης του σχήματος διόρθωσης σφαλμάτων και η διάρκεια της χρονικής διεμπλοκής, μπορούν να επιλεγθούν ανεξάρτητα. Η διεμπλοκή χρόνου και συχνότητας εφαρμόζονται σε συγκεκριμένο τμήμα δεδομένων (data segment).

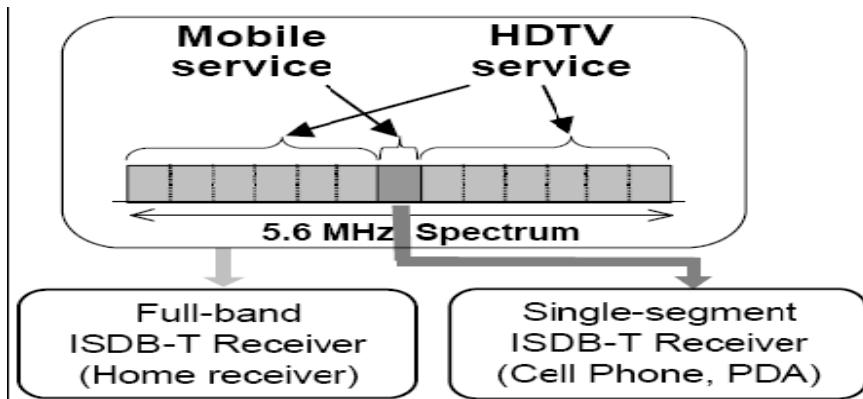
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το μικρότερο τμήμα στο φάσμα συχνοτήτων είναι ένα OFDM segment. Σύμφωνα με το σχήμα 26, ένα τηλεοπτικό κανάλι αποτελείται από 13 OFDM τμήματα και έως 3 ιεραρχικά επίπεδα (Layers A, B, C) μπορούν να ορισθούν αναφορικά με αυτά τα τμήματα.



Σχήμα 26

Αν το OFDM σήμα μεταδοθεί χρησιμοποιώντας μόνο ένα επίπεδο, τότε αυτό είναι το Layer A. Αν μεταδίδεται χρησιμοποιώντας 2 επίπεδα, το κεντρικό είναι το Layer A και το εξωτερικό το Layer B. Τέλος, αν χρησιμοποιεί και τα τρία επίπεδα, το κεντρικό είναι το Layer A, το μεσαίο είναι το Layer B και το εξωτερικό είναι το Layer C. Δεδομένης της επιλογής καναλιού από το δέκτη, το φάσμα συχνοτήτων πρέπει να ακολουθεί ένα κανόνα διάταξης των τμημάτων. Ειδικότερα, τα DQPSK τμήματα που χρησιμοποιούν διαφορική διαμόρφωση, τοποθετούνται στο μέσο της ζώνης μετάδοσης, ενώ τα QPSK και QAM τμήματα, στα άκρα της.

Επομένως, ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του ISDB-T συστήματος, είναι η δυνατότητα κινητής λήψης. Το σχήμα διαμόρφωσης BST-OFDM επιτρέπει όχι μόνο την ύπαρξη υπηρεσιών ευρείας ζώνης και υψηλής ποιότητας για οικιακούς δέκτες, αλλά και λήψη υψηλής ανοχής σε σφάλματα (high error tolerant reception) για κινητούς δέκτες, μέσα στο ίδιο κανάλι συχνοτήτων και την ίδια χρονική στιγμή (σχήμα27). Ένα τμήμα από τα 13 υπάρχοντα, εκχωρείται στις κινητές υπηρεσίες. Ο τελικός ρυθμός μετάδοσης εξαρτάται από τις υπόλοιπες παραμέτρους μετάδοσης.



Σχήμα 27

#### 4.4.2.6. Διαμόρφωση και Διόρθωση Σφαλμάτων

Ένα ψηφιακό σήμα που περιλαμβάνεται σε μια TS ροή, υπόκειται σε κωδικοποίηση Reed Solomon (για εξωτερική κωδικοποίηση) και κατόπιν διαιρείται σε ιεραρχικά επίπεδα για παράλληλη κωδικοποίηση καναλιού. Τα τέσσερα ψηφιακά σχήματα διαμόρφωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: DQPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM.

#### 4.4.3. Τρέχουσα Κατάσταση

Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, το σχήμα μετάδοσης του ISDB-T είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει υψηλής ποιότητας εικόνα και ήχο καθώς επίσης εκπομπή δεδομένων για σταθερούς και κινητούς δέκτες. Το σύστημα παρέχει ευελιξία, επεκτασιμότητα και διαλειτουργικότητα σε περιβάλλοντα πολυμεσικών εκπομπών.

Στην Ιαπωνία, η εγκατάσταση ενός συστήματος ψηφιακής επίγειας τηλεοπτικής εκπομπής (Digital Terrestrial Television Broadcasting – DTTB) που θα χρησιμοποιεί το σύστημα ISDB-T έγινε στο τέλος του 2003. Λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση ανάμεσα στους μεταδότες, οι περισσότεροι broadcasters χρησιμοποιούν το Mode 3

και ποσοστό guard interval της τάξης του 1/8. Έτσι το μήκος του guard interval ισούται με 126 μs. Τα HDTV προγράμματα εκπέμπονται χρησιμοποιώντας παραμέτρους μετάδοσης της 64-QAM διαμόρφωσης, 3/4 ρυθμό εσωτερικής κωδικοποίησης και 0.2 sec χρονική διεμπλοκή.

Τα HDTV προγράμματα εκπέμπονται προς το παρόν μόνο σε σταθερούς δέκτες. Όμως οι διαθέσιμες τεχνολογίες δίνουν τη δυνατότητα λήψης από κινούμενα οχήματα κλπ. Έως τώρα σχεδόν όλοι οι broadcasters (στην Ιαπωνία) μεταδίδουν HDTV προγράμματα χρησιμοποιώντας μόνο ένα επίπεδο. Από την άνοιξη του 2006, ξεκίνησε η εκπομπή μεσαίας ποιότητας video προς φορητούς ή κινητούς δέκτες, χρησιμοποιώντας το κεντρικό τμήμα (central segment). Αυτό σημαίνει ότι επεκτείνεται η λήψη προγραμμάτων από κινητά τηλέφωνα, που έχουν τη δυνατότητα λήψης ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος.

## **5. MediaFLO (Forward Link Only)([12],[13],[14])**

### **5.1. Εισαγωγή**

Ενώ η διανομή πολυμεσικών περιεχομένων σε μεγάλο πλήθος ασύρματων δεκτών είναι τεχνικά επιτεύξιμη, το κόστος υλοποίησής της δεν ικανοποιεί τους εμπλεκόμενους φορείς (operators). Παρόλα αυτά, η καταναλωτική ζήτηση αυξάνεται διαρκώς. Το 2004, δαπανήθηκαν 87 δις δολάρια στις Ηνωμένες Πολιτείες για τη χρήση των αντίστοιχων υπηρεσιών. Προκειμένου οι wireless operators να επωφεληθούν από την αυξανόμενη ζήτηση, η αμερικάνικη εταιρεία Qualcomm<sup>47</sup> υλοποίησε το Σύστημα MediaFLO48 (MediaFLO System). Η προσπάθεια αφορά τη μείωση του κόστους μετάδοσης ήχου και εικόνας υψηλής ποιότητας, σε εκατομμύρια συνδρομητών μέσω ασύρματων δικτύων.

Το σύστημα MediaFLO αποτελεί εξέλιξη των τεχνολογιών CDMAone και CDMA2000, οι οποίες αναπτύχθηκαν από την ίδια εταιρεία. Το πρότυπο CDMAone αποτελεί ψηφιακή τεχνολογία κυψελωτής μετάδοσης και προτυποποιήθηκε με την

ονομασία Interim Standard 95 (IS-95). Νεότερη παραλλαγή του είναι το πρότυπο CDMA2000 (προτυποποιήθηκε ως IS-2000), το οποίο υποστηρίζει μετάδοση φωνής και δεδομένων μεταξύ κινητών τηλεφώνων και σταθμών βάσης κυψέλης.

Το MediaFLO System φιλοδοξεί να αποτελέσει μια πλήρη λύση για ικανοποιητική και χαμηλού κόστους μετάδοση πολυμεσικών υπηρεσιών. Έχοντας υπόψη τις προκλήσεις ενός κυψελωτού περιβάλλοντος, η Qualcomm σχεδίασε το MediaFLO System με τρόπο ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χρηστών, για αμεσότητα και γρήγορη απόκριση.

Το MediaFLO System εισάγει δύο νέες τεχνολογίες:

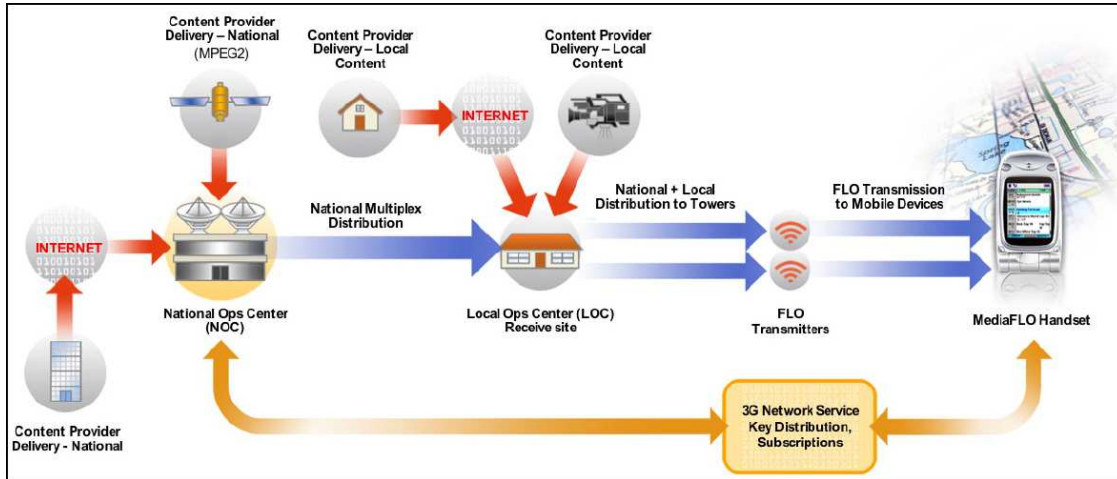
- Την τεχνολογία Forward Link Only (FLO Technology) και
- Το MediaFLO Media Distribution System (MDS).

## 5.2. Αρχιτεκτονική Συστήματος FLO

Το Σύστημα FLO αποτελείται από 4 υποσυστήματα:

- Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου (Network Operation Center), το οποίο περιλαμβάνει ένα Εθνικό Κέντρο Διαχείρισης (National Operation Center) και ένα ή περισσότερα Τοπικά Κέντρα Διαχείρισης (Local Operation Centers)
- Κατάλληλους μεταδότες (FLO Transmitters)
- 3G Δίκτυο (3G Network) και
- Συσκευές που υποστηρίζουν το σύστημα FLO (MediaFLO Handsets).

Το σχήμα 28 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του συστήματος.



Σχήμα 28

Όπως αναφέρθηκε το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου (Network Operation Center) περιλαμβάνει ένα Εθνικό Κέντρο Διαχείρισης (National Operation Center - NOC) και ένα ή περισσότερα Τοπικά Κέντρα Διαχείρισης (Local Operation Centers - LOCs). Το NOC ευθύνεται για τη χρέωση, διανομή και διαχείριση της δικτυακής υποδομής. Διαχειρίζεται διάφορα στοιχεία του δικτύου και αποτελεί σημείο πρόσβασης (access point) των εθνικών και τοπικών παρόχων περιεχομένου. Επίσης ευθύνεται για τη χρέωση των συνδρομών, τη διανομή των κλειδιών πρόσβασης και κρυπτογράφησης καθώς και την αποστολή των πληροφοριών χρέωσης προς τους operators κινητών τηλεπικοινωνιών. Το NOC μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα LOCs. Τα LOCs αποτελούν σημεία πρόσβασης των τοπικών παρόχων περιεχομένου, οι οποίοι διανέμουν κατάλληλο περιεχόμενο που σχετίζεται με την τοπική αγορά (καταναλωτές).

Οι μεταδότες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των FLO ραδιοκυμάτων προς τις κινητές συσκευές.

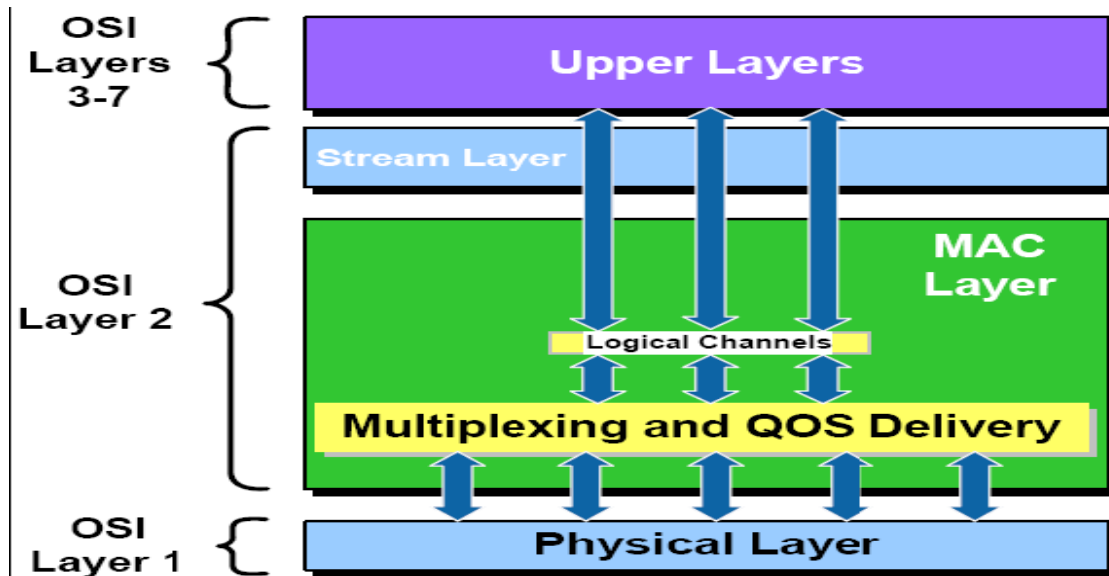
Το 3G Δίκτυο ανήκει στους operators κινητών τηλεπικοινωνιών. Υποστηρίζει υπηρεσίες αλληλεπίδρασης οι οποίες επιτρέπουν στις κινητές συσκευές να επικοινωνούν με το NOC, προκειμένου να διακανονισθούν οι συνδρομές και τα κλειδιά πρόσβασης.

Τέλος, οι MediaFLO συσκευές δέχονται FLO ραδιοκύματα, που περιλαμβάνουν υπηρεσίες περιεχομένου και πληροφορίες διαθέσιμων προγραμμάτων. Είναι συνήθως κινητά τηλέφωνα πολλών χρήσεων. Η πιο σημαντική λειτουργία μιας κινητής συσκευής παραμένει η πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων. Οι εφαρμογές διαμοιράζονται τους κοινούς πόρους πχ. ενέργεια μπαταρίας. Το FLO έχει σχεδιαστεί κατάλληλα, προκειμένου να βελτιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας, μέσω έξυπνης ολοκλήρωσης της συσκευής και βελτιωμένης δικτυακής μετάδοσης.

#### **5.2.1. FLO Air Interface**

Η στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί το FLO Air Interface απεικονίζεται στο σχήμα 29. Τα πρωτόκολλα και οι υπηρεσίες που υλοποιούνται, αντιστοιχούν στο Φυσικό επίπεδο (Physical layer) και επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link layer) του μοντέλου αναφοράς OSI49. Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων υποδιαιρείται περαιτέρω σε δύο υπο-επίπεδα: υπο-επίπεδο Ελέγχου Προσπέλασης Μέσων (Medium Access Control sub-layer – MAC) και υπο-επίπεδο Ροής (Stream sub-layer).





Σχήμα 29

Τα επίπεδα 3-7 ευθύνονται για τη συμπίεση του πολυμεσικού περιεχομένου, τον έλεγχο πρόσβασης στα πολυμέσα και το περιεχόμενο/διαμόρφωση των πληροφοριών ελέγχου. Η τεχνολογία FLO Air Interface δεν επηρεάζει τα επίπεδα αυτά. Συνεπώς επιτρέπει την σχεδιαστική ευελιξία και υποστήριξη εφαρμογών και υπηρεσιών.

Το υπο-επίπεδο Ροής:

- Πολυπλέκει έως 3 ροές που προέρχονται από τα άνω επίπεδα, σε ένα λογικό κανάλι (logical channel)
- Συνενώνει τα πακέτα των ανωτέρω ροών για κάθε λογικό κανάλι
- Παρέχει ομαδοποίηση (packetization) και διαδικασίες διαχείρισης σφαλμάτων

Το υπο-επίπεδο Ελέγχου Προσπέλασης Μέσων:

- Ελέγχει την πρόσβαση στο Φυσικό επίπεδο
- Αντιστοιχεί (map) τα λογικά με τα αντίστοιχα φυσικά κανάλια
- Πολυπλέκει τα λογικά κανάλια προκειμένου να μεταδοθούν από ένα φυσικό Κανάλι
- Απο-πολυπλέκει τα λογικά κανάλια στην τερματική συσκευή
- Ικανοποιεί τις Quality of Service (QoS) απαιτήσεις

Τέλος, το Φυσικό επίπεδο:

- Προσδιορίζει τη μορφή του καναλιού για το forward link
- Ορίζει τη συχνότητα, την τεχνική διαμόρφωσης και τις απαιτήσεις Κωδικοποίησης

#### **5.2.1.1. Χαρακτηριστικά Φυσικού Επιπέδου**

Στην τεχνολογία FLO, η μετάδοση γίνεται χρησιμοποιώντας Ορθογώνια Πολύπλεξη με Διαίρεση Συχνότητας (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

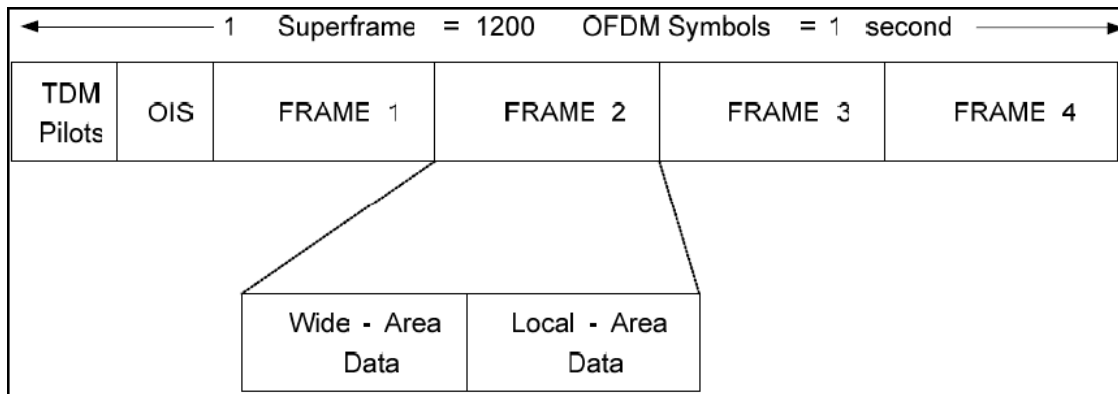
Η χρήση της μεθόδου OFDM επιτρέπει την ικανοποιητική διαχείριση του φάσματος και την κάλυψη των απαιτήσεων που παρατηρούνται σε μια μεγάλη SFN κυψέλη.

Ένας σημαντικός παράγοντας στο σχεδιασμό OFDM συστημάτων είναι το μέγεθος του μετασχηματισμού, δηλαδή το πλήθος των διαφορετικών διαμορφωμένων υπο-φερόντων κυμάτων (sub-carriers) για κάθε σύμβολο. Το φυσικό επίπεδο χρησιμοποιεί 51 το 4K mode. Μετασχηματίζονται λοιπόν 4096 υπο-φέροντα κύματα, παρέχοντας εξαιρετική απόδοση σε κινητές επικοινωνίες (σε σχέση με το 8K mode), ενώ παράλληλα διατηρείται ένα αρκετά μεγάλο guard interval, το οποίο είναι χρήσιμο σε σχετικά μεγάλες SFN κυψέλες. Το σύστημα κρίνεται αποδοτικό ακόμα και σε περιπτώσεις ταχύτητας 200 km/h. Ξεπερνώντας την ταχύτητα αυτή, η ποιότητα υπηρεσίας χειροτερεύει σταδιακά, έχοντας ελάχιστο κόστος στην συνολική απόδοση.

Το FLO Air Interface χρησιμοποιεί ως σχήματα διαμόρφωσης τα QPSK<sup>52</sup>, 16-QAM<sup>53</sup> και άλλες layered τεχνικές.

Η γρήγορη αναζήτηση καναλιών επιτυγχάνεται με τη χρήση σχημάτων interleaving. Τα σχήματα αυτά εξασφαλίζουν time diversity. Βελτιστοποιείται λοιπόν η χρήση των καναλιών, χωρίς να ενοχλείται ο χρήστης με μακρές χρονικές περιόδους αναζήτησης (acquisition periods).

Τα μεταδιδόμενα σήματα οργανώνονται σε super frames (πλαίσια). Κάθε super frame περιέχει 4 πλαίσια δεδομένων, τους TDM pilots και τα Overhead Information Symbols (OIS). Το κάθε πλαίσιο δεδομένων περιλαμβάνει πληροφορίες ευρείας ή τοπικής περιοχής. Οι TDM pilots χρησιμεύουν στην γρήγορη αναζήτηση των OIS. Τα OIS καθορίζουν τη θέση των δεδομένων κάθε υπηρεσίας μέσα στο super frame. Η δομή ενός super frame φαίνεται στο σχήμα 30.



Σχήμα 30

Κάθε super frame αποτελείται από 200 OFDM σύμβολα/MHz σε δεσμευμένο εύρος ζώνης (δηλαδή 1200 σύμβολα για 6 MHz). Κάθε σύμβολο περιέχει 7 διεμπλεκόμενα (interlaced) ενεργά υπο-φέροντα κύματα. Κάθε διεμπλοκή (interlace) κυμάτων μεταδίδεται μέσω διαφορετικής συχνότητας και επομένως επιτυγχάνεται η frequency diversity.

Οι διεμπλοκές εκχωρούνται σε λογικά κανάλια, που ποικίλουν ως προς τη διάρκεια και το πλήθος των διεμπλοκών που χρησιμοποιούνται. Έτσι παρέχεται ευελιξία και επιτυγχάνεται time diversity. Σε κανάλια με χαμηλό data rate εκχωρούνται λίγες διεμπλοκές, προκειμένου να βελτιωθεί η time diversity. Το αντίθετο συμβαίνει σε κανάλια με υψηλό data rate, ώστε να μειωθεί ο απαιτούμενος χρόνος ενεργούς κατάστασης της τερματικής συσκευής και να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας. Ο χρόνος αναζήτησης (acquisition time) είναι ίδιος για κανάλια με χαμηλό και υψηλό data-rate. Οι frequency και time diversities διατηρούνται χωρίς συμβιβασμό στο χρόνο αναζήτησης.

Τα FLO λογικά κανάλια μεταφέρουν περιεχόμενο real-time ροών (live streaming) σε μεταβλητούς ρυθμούς (rates), για να πετύχουν οφέλη από τη Στατιστική Πολύπλεξη<sup>54</sup> (Statistical Multiplexing). Κάθε λογικό κανάλι μπορεί να έχει διαφορετικούς ρυθμούς κωδικοποίησης και διαμόρφωσης για να υποστηρίξει την αξιοπιστία και ποιότητα των υπηρεσιών.

Αυτό το σχήμα πολύπλεξης επιτρέπει στους δέκτες, την απλή αποδιαμόρφωση του περιεχομένου ενός λογικού καναλιού, γεγονός που επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας. Οι κινητοί δέκτες μπορούν να αποδιαμορφώσουν ταυτόχρονα πολλαπλά λογικά κανάλια, δεδομένου ότι είναι δυνατή η αποστολή ήχου και εικόνας μέσω διαφορετικών καναλιών.

#### **5.2.1.2. Διόρθωση Σφαλμάτων και Τεχνικές Κωδικοποίησης**

Η τεχνολογία FLO χρησιμοποιεί δύο τεχνικές κωδικοποίησης:

- Turbo inner code και
- Reed Solomon (RS) outer code

Κάθε turbo-coded πακέτο περιέχει ένα Κυκλικό Έλεγχο Πλεονασμού (Cyclic Redundancy Check – CRC). Ο RS κώδικας δεν απαιτείται να υπολογισθεί για ορθώς ληφθέντα δεδομένα, γεγονός που επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας.

Η χρήση Στρωματοποιημένης Διαμόρφωσης (Layered Modulation) σε συνδυασμό με την πολυεκπομπή επιτρέπουν στις τερματικές συσκευές τη λήψη και των δύο επιπέδων του σήματος. Οι δύο τεχνικές κωδικοποίησης (inner, outer) εφαρμόζονται ανεξάρτητα στο βασικό επίπεδο και στο επίπεδο βελτιστοποίησης.

#### **5.2.1.3. Απαιτήσεις Εύρους Ζώνης**

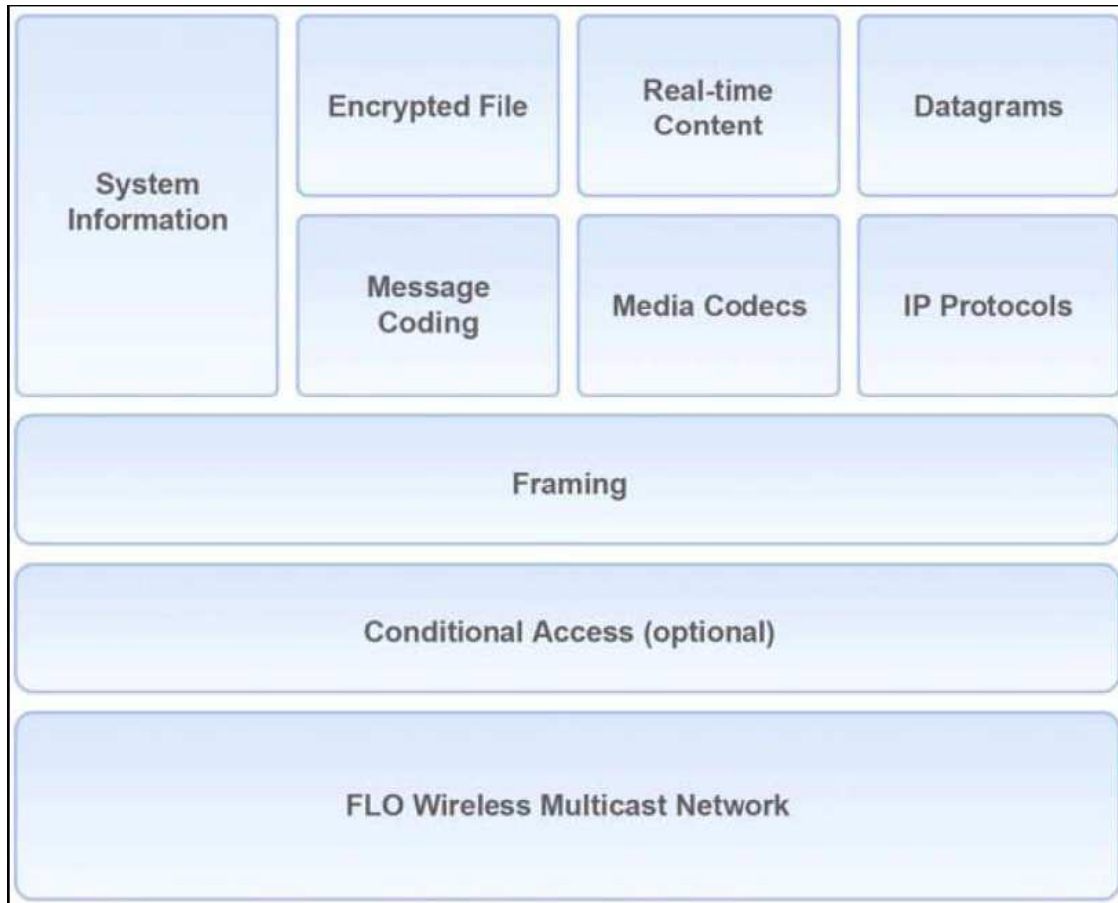
Το FLO Air Interface είναι σχεδιασμένο ώστε να υποστηρίζει ζώνες συχνοτήτων 5, 6,

7 και 8 MHz. Σε κάποιες περιοχές, η ζώνη των 5 MHz που χρησιμοποιείται για εφαρμογές Time Division Duplex (TDD), μπορεί να εκχωρηθεί στη μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων σε κινητές συσκευές.

### 5.2.2. Μηχανισμός Μεταφοράς (Transport Mechanism)

Η τεχνολογία FLO χρησιμοποιεί αποτελεσματικούς τρόπους μεταφοράς πακέτων, βάσει του τύπου περιεχομένου. Το πρωτόκολλο IP χρησιμοποιείται για τη μεταφορά non real-time πολυμεσικών πληροφοριών ή δεδομένων όπως πχ. κείμενο, γραφικά. Οι πολυμεσικές real-time ροές μεταδίδονται απευθείας σε ένα επίπεδο συγχρονισμού (sync layer), το οποίο έχει σχεδιασθεί προκειμένου να περιορισθούν τα πολλαπλά πρωτόκολλα. Το αποτέλεσμα είναι η διαθεσιμότητα μεγαλύτερης χωρητικότητας για πληροφορίες και η εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου ότι λαμβάνονται λιγότερα bits.

Η στοίβα πρωτοκόλλων του μηχανισμού μεταφοράς φαίνεται στο σχήμα 31.



Σχήμα 31

### 5.2.3. MediaFLO Media Distribution System (MDS)

Αν και τα ασύρματα data rates έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, η πολυπλοκότητα της μετάδοσης ασύρματων πολυμεσικών υπηρεσιών παραμένει σχετικά υψηλή, λόγω της απαιτούμενης ισορροπίας μεταξύ:

- Απόδοσης (performance) και κλιμάκωσης (scalability)
- Ποιότητας εικόνας και κόστους τερματικής συσκευής.

Ο έλεγχος και διαχείριση του δικτύου, η προστασία του περιεχομένου, οι δυνατότητες των συσκευών και οι απαιτήσεις των χρηστών δημιουργούν ένα σύμπλεγμα αλληλοεξαρτώμενων προκλήσεων, οι οποίες δεν έχουν ικανοποιηθεί πλήρως από την ασύρματη βιομηχανία.

Το MediaFLO Media Distribution System (MDS) είναι προϊόν της Qualcomm το οποίο προσπαθεί να ισορροπήσει τις προκλήσεις αυτές, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις όλων των εμπλεκόμενων στην αλυσίδα αξίας. Το MDS αποτελεί ένα end-to-end σύστημα που επιτρέπει στους network operators να βελτιώσουν τις προσφερόμενες πολυμεσικές υπηρεσίες. Στους παρόχους περιεχομένου παρέχει την ευκαιρία να λάβουν ενεργά μέρος στο ασύρματο περιβάλλον. Αναφορικά με τους καταναλωτές στοχεύει στην παροχή υψηλής ποιότητας εικόνας μέσω των ασύρματων τερματικών συσκευών τους.

Το MDS δεν ασχολείται με τη μετάδοση real-time ροών μέσω 3G δικτύων αποκλειστικής διανομής (unicast). Αντίθετα, επικεντρώνεται στην παροχή πολυμεσικών ροών μέσω περιορισμού του κόστους μετάδοσης περιεχομένου. Είναι σχεδιασμένο προκειμένου να μεταφέρει ένα σημαντικό όγκο πολυμεσικών πληροφοριών σε μεγάλο πλήθος συνδρομητών, χρησιμοποιώντας τις ώρες μη-αιχμής (off-peak). Όμως ο δικτυακός φόρτος επαναδιανέμεται κατά τη διάρκεια αυτών των ωρών, ώστε να είναι δυνατή η διαχείριση και η κλιμάκωση των υπηρεσιών από το network operator.

Με τον όρο “clipcasting” εννοείται ο δικτυακός προγραμματισμός (network scheduling) της μετάδοσης video clips στο παρασκήνιο (background) και η αποθήκευσή τους στις συσκευές των καταναλωτών. Έτσι το MDS μπορεί να μεταφέρει υπηρεσίες υψηλής ποιότητας, διατηρώντας παράλληλα το κόστος σε χαμηλά επίπεδα. Ο χρήστης αλληλεπιδρά με ένα interface που μοιάζει με σύστημα real-time, αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί υπηρεσία μετάδοσης στο παρασκήνιο. Επιπροσθέτως υπάρχει η δυνατότητα θέασης σε απαιτητικά περιβάλλοντα λήψης πχ. ανελκυστήρες, υπόγεια μέσα μεταφοράς κλπ.



### 5.2.3.1. Η Εμπειρία του Τελικού Χρήστη

Παρά τις προκλήσεις μετάδοσης real-time πληροφοριών σε ένα κυψελωτό περιβάλλον, η αμεσότητα και αποκρισιμότητα αποτελούν τους βασικούς σχεδιαστικούς στόχους του MDS. Οι στόχοι επιτυγχάνονται λαμβάνοντας υπόψη τα ακόλουθα.

#### 5.2.3.1.1. Βασικές Αρχές Χρηστικότητας

Όταν οι χρήστες αξιολογούν πολυμεσικά συστήματα, προτιμούν τη real-time μετάδοση σε σχέση με συστήματα που απαιτούν ενταμίευση του περιεχομένου. Η προτίμηση αυτή δεν βασίζεται στη μέθοδο μετάδοσης, αλλά στα μακρά χρονικά διαστήματα αναμονής μεταξύ επιλογής υπηρεσίας και θέασης. Με άλλα λόγια οι χρήστες αντιπαθούν τις μπάρες προόδου (progress bars) όταν επιθυμούν την παρακολούθηση περιεχομένου. Το MDS δεν χρησιμοποιεί μπάρες προόδου και εκμηδενίζει το χρονικό διάστημα μεταξύ αίτησης χρήστη και αποτελέσματος. Έτσι ο χρήστης βιώνει μια άμεση αλληλεπιδραστική εμπειρία.

Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στα Internet-oriented και παραδοσιακά TV-oriented μέσα είναι ποιος διαχειρίζεται τον προγραμματισμό των υπηρεσιών. Στο Internet το περιεχόμενο παρέχεται κατ' απαίτηση (on-demand). Ο χρήστης επιθυμεί, αναζητά, παρακολουθεί. Αντίθετα, στον παραδοσιακό τηλεοπτικό κόσμο, ο προγραμματιστής περιεχομένου αποφασίζει τι είναι διαθέσιμο και πότε. Δεδομένου ότι το MDS επιθυμεί την κλιμάκωση σε μαζικές αγορές, μια δεύτερη αρχή χρηστικότητας αποτελεί η παροχή οικείων channel-oriented οδηγών προγραμμάτων, οι οποίοι επιτρέπουν στους χρήστες να επιλέγουν κανάλια περιεχομένου αντί μεμονωμένων αρχείων προγραμμάτων.

Τα κινητά τηλέφωνα αποτελούν πολυχρηστικές συσκευές. Ο πιο βασικός τους ρόλος είναι η πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων. Όλες οι εφαρμογές μοιράζονται κοινούς πόρους πχ. ενέργεια μπαταρίας. Η ενέργεια δαπανείται από εσφαλμένη χρήση τοπικών πόρων πχ. οθόνη, καθώς επίσης και από ακατάλληλη χρήση της δικτυακής συνδεσιμότητας. Συνεπώς το MDS επιδιώκει την εξοικονόμηση ενέργειας μέσω έξυπνης ολοκλήρωσης της συσκευής και βελτιωμένης δικτυακής μετάδοσης.

#### **5.2.3.1.2. Media Program Guide**

Το Media Program Guide (MPG) αποτελεί κομβικό σημείο για την ικανοποίηση του χρήστη. Η οθόνη της τερματικής συσκευής είναι το κύριο μέσο αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Το MPG παρουσιάζει τις πληροφορίες σε δύο διαστάσεις:

- Ποια προγράμματα είναι διαθέσιμα και
- Πότε τα ανεξάρτητα προγράμματα είναι διαθέσιμα προς παρακολούθηση.

Η εμφάνιση του MPG είναι οικεία στους συνδρομητές καλωδιακής ή δορυφορικής τηλεόρασης. Κατά τη διάρκεια θέασης, ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί (surf) σε άλλα διαθέσιμα προγράμματα.

Η διεπαφή αυτή είναι εσκεμμένα διαφορετική με άλλες web-based διεπαφές οι οποίες περιλαμβάνουν καταλόγους προγραμμάτων. Διατηρώντας την αρχή “No Progress Bars”, το MPG παρέχει αναφορές κατάστασης (status reporting) και διεπαφή πλοήγησης περιεχομένου. Παρέχεται πληροφόρηση για μελλοντικά διαθέσιμα προγράμματα. Το MPG χρησιμοποιεί χρωματισμούς και άλλες υποδείξεις

προκειμένου να επισημάνει ποια προγράμματα είναι διαθέσιμα. Γίνεται λοιπόν προσπάθεια για το διαχωρισμό μεταξύ διαδικασίας παρακολούθησης και διαδικασίας μετάδοσης. Επομένως ο προγραμματιστής (MPG scheduler) χρησιμοποιεί ευρύ πεδίο

επιλογών μετάδοσης προς βελτίωση της δικτυακής χρήσης.

#### **5.2.3.1.3. Συνδρομές**

Ένα από τα δομικά στοιχεία του MDS είναι η έννοια “κανάλι” (channel) ή “υπηρεσία” (service). Οι υπηρεσίες αντιπροσωπεύουν μια σειρά προγραμμάτων χρονικά ταξινομημένων και αποτελούν τη μικρότερη μονάδα που ο χρήστης δηλώνει για παρακολούθηση. Οι χρήστες εγγράφονται ως συνδρομητές σε πακέτα προγραμμάτων (programming packages). Τα δηλωμένα πακέτα αποτελούν το διαθέσιμο περιεχόμενο για το χρήστη.

Το MDS παρέχει στους παρόχους υπηρεσιών τη δυνατότητα κατασκευής πολλών πακέτων, ώστε να παρέχεται η ευκαιρία επιλογής στους χρήστες. Επίσης διατηρεί το πλεονέκτημα της ομαδικής μετάδοσης περιεχομένου σε μεγάλο πλήθος συνδρομητών.

Για επιχειρηματικούς λόγους παρουσιάζονται πακέτα προσφορών (pricing bundles) πχ. βασικό πακέτο, προνομιακό πακέτο. Τα πακέτα αποτελούν συλλογές υπηρεσιών και συνεπώς αντικείμενα αγοράς από την πλευρά των συνδρομητών όπως πχ. στις καλωδιακές τηλεοπτικές υπηρεσίες.

#### **5.2.3.1.4. Παρακολούθηση Πολυμέσων**

Εκτός από τα τυπικά στοιχεία(πλήκτρα) ελέγχου που συναντώνται σε ψηφιακές πολυμεσικές διεπαφές, το MDS εισάγει μια επιπλέον διάσταση στην πλοήγηση. Ενώ ο χρήστης παρακολουθεί ένα πρόγραμμα, μπορεί ταυτόχρονα να πλοηγηθεί στα υπόλοιπα διαθέσιμα κανάλια και υπηρεσίες.



Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του MDS είναι η δυνατότητα αλληλεπίδρασης που παρέχεται από τις υπηρεσίες πακέτου στην ασύρματη συσκευή. Δεδομένου ότι ο MDS πελάτης (client) μπορεί να χρησιμοποιήσει άλλες τοπικές εφαρμογές και απομακρυσμένες υπηρεσίες, οι ευκαιρίες αλληλεπίδρασης είναι σχεδόν απεριόριστες. Στο βασικό επίπεδο, το MDS επιτρέπει το συνδυασμό περιεχομένων με URLs. Οι δεσμοί (links) αυτοί παρέχουν αναφορές προς:

- Ιστοσελίδες οι οποίες περιέχουν πληροφόρηση για τα προγράμματα
- Ιστοχώρους ηλεκτρονικού εμπορίου
- Τοπικές εφαρμογές

Για παράδειγμα, ενώ ο χρήστης παρακολουθεί ένα κανάλι πώλησης καταναλωτικών προϊόντων, μπορεί μέσω δεσμών να αγοράσει το προϊόν που επιθυμεί. Το MDS φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο (framework) μετάδοσης και παρουσίασης υψηλής ποιότητας περιεχομένων, με νέες διαδικασίες σε κινητά περιβάλλοντα.

Εισάγει λοιπόν την αλληλεπιδραστικότητα του Internet σε TV-like περιεχόμενα, μέσα σε ένα κινητό περιβάλλον.

### 5.2.3.2. Διαχείριση Υπηρεσιών

Το σύστημα MDS λαμβάνει πολυμεσικό περιεχόμενο από εξωτερικούς παρόχους. Το περιεχόμενο κατόπιν προγραμματίζεται χρονικά σε συγκεκριμένα κανάλια. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται αυτόματα ή όχι, βάσει της σχεδίασης που έχει επιλέξει ο network operator. Όλα τα πακέτα, κανάλια και προγράμματα μεταδίδονται στις συσκευές μέσω ενεργοποιημένων MDS clients. Ο MDS client παρέχει πληροφορίες σχετικές με τον τρόπο μετάδοσης του περιεχομένου, βάσει των πακέτων στα οποία ο χρήστης έχει εγγραφεί.

Το πλήθος των συνδρομητών, των καναλιών και του ρυθμού ανανέωσης (update rate) του περιεχομένου επηρεάζουν το συνολικό φόρτο του δικτύου, που δημιουργεί το MDS. Ένας operator ίσως επιλέξει μικρότερο πλήθος καναλιών και πακέτων προγραμμάτων με συχνή ανανέωση, ενώ κάποιος άλλος, μεγαλύτερη ποικιλία καναλιών και πακέτων με ημερήσια ανανέωση. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να επιλεγθούν ανεξάρτητα για κάθε πακέτο. Συνεπώς οι operators έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν συνδυασμό των δύο τύπων προσφορών.

Το MDS περιλαμβάνει τρία κύρια στοιχεία (components):

- Εξυπηρετητή Συνδρομών (Subscription Server)
- Εξυπηρετητή Αδειών (License Server)
- Εξυπηρετητή Διανομής (Distribution Server)

Οι εξυπηρετητές εργάζονται παράλληλα και διαχειρίζονται τις συνδρομές, το περιεχόμενο, τον προγραμματισμό μετάδοσής του και τα σχετικά δικαιώματα χρήσης (rights).

Ο Subscription Server επεξεργάζεται τις συνδρομές και αποκρίνεται σε αιτήματα των

MDS clients, σχετικά με λογαριασμούς. Είναι επίσης η οντότητα που αλληλεπιδρά με το σύστημα χρέωσης/τιμολόγησης του operator.

Ο License Server μεταδίδει τις απαραίτητες πληροφορίες αδειών (δικαιώματα και κλειδιά) στον MDS client, ώστε να μπορεί να παρακολουθεί επιτυχώς το πολυμεσικό περιεχόμενο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η σχεδίαση του MDS επιβάλλει το διαχωρισμό μετάδοσης αδειών και περιεχομένου. Έτσι περιορίζονται πιθανές επιθέσεις και επιτρέπεται στον Distribution Server να χρησιμοποιεί το βέλτιστο μονοπάτι μετάδοσης περιεχομένου, χωρίς να επηρεάζει τη μετάδοση των αδειών.

Ο Distribution Server είναι υπεύθυνος για τη μετάδοση των περιεχομένων και του MPG στους MDS clients. Ο εξυπηρετητής αυτός αποτελείται από υποσυστήματα διαχείρισης της μετάδοσης σε μια πληθώρα δικτύων. Υπάρχουν διαφορετικά υποσυστήματα για unicast (one-to-one) και multicast μετάδοση. Μη ασχολούμενο με τη δικτυακή μετάδοση, το σύστημα MDS χειρίζεται τα υπάρχοντα δίκτυα και προσαρμόζεται εύκολα στα χαρακτηριστικά των νέων υλοποιήσεων. Επιπροσθέτως, περιέχει την προγραμματιστική ικανότητα, προκειμένου να βελτιστοποιείται η μετάδοση περιεχομένου ανάλογα με τις δικτυακές συνθήκες. Ο προγραμματιστής (scheduler) θέτει ένα όριο μεταφοράς, ώστε μόνο ένα συγκεκριμένο ποσοστό πόρων να χρησιμοποιείται πχ. 25% σε MDS υπηρεσίες. Η πλειονότητα των δεδομένων που μεταδίδονται από το MDS αφορά περιεχόμενο ήχου και εικόνας και ο Distribution Server κλιμακώνεται σε διαφορετικούς ρυθμούς από ότι οι Subscription και License Servers. Οι τελευταίοι κλιμακώνονται ανάλογα με το πλήθος των χρηστών.

Το σύστημα MDS επιτρέπει άμεση ολοκλήρωση με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα χρέωσης/τιμολόγησης των operators. Μπορεί να συνδυαστεί με το BREW Distribution System<sup>56</sup> ή με ένα ανεξάρτητο σύστημα χρέωσης. Το MDS επίσης επιμερίζει τις πληρωμές προς τους content providers, οι οποίοι παρέχουν περιεχόμενο στις υπηρεσίες. Το πολυσυμμετοχικό σύστημα πληρωμών θεωρείται βασικό προσόν στην end-to-end λύση που παρέχει το MDS.

### 5.2.3.3. Διαχείριση Περιεχομένου

Το MDS είναι σχεδιασμένο ώστε να χειρίζεται πληθώρα πολυμεσικών περιεχομένων, με μοναδικό περιορισμό τις δυνατότητες της τερματικής συσκευής. Για παράδειγμα, εκτός από περιεχόμενο εικόνας, μπορεί να μεταδώσει audio books, ringtones, εφαρμογές, ειδήσεις, screen savers κλπ.

Η διανομή εικόνας αποτελεί πρόκληση σε ένα κινητό περιβάλλον. Το MDS αναμένεται ότι θα μεταφέρει κωδικοποιημένη εικόνα, ώστε 1 λεπτό περιεχομένου να καταλαμβάνει 1 MB χώρου αποθήκευσης, σε QCIF57 ανάλυση. Ο MDS client δέχεται αρχικά MPEG-4 πληροφορίες και κατόπιν κάθε τύπου περιεχόμενο το οποίο μπορεί να αναπαραχθεί από τη συσκευή, μεταδίδεται μέσω του συστήματος.

Το MDS μεταφέρει επιπλέον υψηλής ποιότητας AAC ήχο. Το περιεχόμενο αυτό μπορεί να αποτελεί μέρος ενός προγράμματος εικόνας, ένα εναλλακτικό ηχητικό ίχνος ή να είναι απολύτως ανεξάρτητο.

Η μετάδοση του περιεχομένου προστατεύεται μέσω μηχανισμών όπως:

- Content Encryption and Decryption: το περιεχόμενο κρυπτογραφείται στο σημείο μετάδοσης και παραμένει κρυπτογραφημένο στη συσκευή μέχρι τη στιγμή της αναπαραγωγής.
- Separation of Rights and Encrypted Content: το περιεχόμενο μεταδίδεται χωριστά από τα δικαιώματα (κλειδιά), γεγονός που προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας στην όλη διαδικασία.
- Program Expiry: τα προγράμματα έχουν μια συγκεκριμένη διάρκεια ζωής κατά την οποία μπορούν να αναπαραχθούν από τις τερματικές συσκευές. Η διάρκεια αυτή καθορίζεται από το MDS.

#### 5.2.3.4. Η Εξέλιξη προς την Πολυεκπομπή

Το MDS χειρίζεται ένα πλήθος τύπων δικτύων για μετάδοση υπηρεσιών. Καθώς τα κινητά δίκτυα ωριμάζουν, νέοι τύποι υλοποιούνται. Το MDS μπορεί να χρησιμοποιεί point-to-point (unicast) συνδέσεις αλλά και να μεταφέρει δημοφιλές περιεχόμενο μέσω δικτύων πολυεκπομπής (multicast). Συνεπώς μια μεγάλη ποικιλία περιεχομένων μεταδίδονται με τον πιο ικανοποιητικό τρόπο. Το σύστημα λαμβάνει υπόψη του αριθμούς συνδρομητών, κίνηση και χαρακτηριστικά δικτύου προκειμένου να βελτιστοποιήσει τη μετάδοση των προσφερόμενων υπηρεσιών.

Η μοναδική επιλογή για τη μετάδοση περιεχομένου σε ένα κυψελωτό point-to-point δίκτυο είναι μέσω αφιερωμένης σύνδεσης. Για τα δίκτυα αυτά, το MDS τοποθετεί τις πληροφορίες σε ουρές αναμονής και κατόπιν τις μεταδίδει σε κάθε συνδρομητή. Καθώς το πλήθος των χρηστών αυξάνεται, το MDS χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές για να εξισορροπήσει το φόρτο του ασύρματου δικτύου. Για παράδειγμα, οι διανομές προγραμματίζονται για τις ώρες μη-αιχμής και οι ανεξάρτητες ροές μετατίθενται χρονικά ώστε να μην υπερφορτωθεί το δίκτυο.

Το MDS είναι σχεδιασμένο ώστε να μη χρειάζεται να λάβει υπόψη παραμέτρους και ιδιότητες των υπαρχόντων κυψελωτών δικτύων. Το σύστημα ολοκληρώνεται σε ένα ενεργό δίκτυο μέσω μιας IP σύνδεσης με το δίκτυο του operator, της εγκατάστασης του client στις τερματικές συσκευές και του μηχανισμού χρέωσης των πελατών. Το MDS χρησιμοποιεί τεχνικές βελτιστοποίησης φόρτου δικτύου ως προς το χρόνο και τη γεωγραφία.

Πολλά πρότυπα μετάδοσης IP ροών έχουν τυποποιηθεί. Ενώ τα δίκτυα πολυεκπομπής είναι παρόντα στο καλωδιακό (wired) Internet αρκετό καιρό, οι “λογιστικοί” περιορισμοί εμποδίζουν τα πιθανά κέρδη να προσδιορισθούν, στο περιβάλλον



πολυεκπομπής. Καθώς τα δίκτυα πολυεκπομπής γίνονται διαθέσιμα, το MDS θα μεταδίδει περιεχόμενο και οδηγούς προγραμμάτων, χρησιμοποιώντας τα κανάλια τους. Έτσι θα επιτευχθεί κλιμάκωση ως προς το πλήθος των συνδρομητών αλλά και τον όγκο διακινούμενων περιεχομένων. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι όλες οι μεταδόσεις θα είναι μέσω πολυεκπομπής, δεδομένου ότι κάτω από προϋποθέσεις μερικές unicast μεταδόσεις μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές από μια μετάδοση πολυεκπομπής.

Η προσδοκία του MDS είναι να υποστηρίξει νέους τύπους δικτύων. Εστίαση όμως γίνεται σε κυψελωτά δίκτυα μεταγωγής πακέτων, που ανήκουν στην οικογένεια 3G CDMA.

#### **5.2.3.5. Χαρακτηριστικά MDS 1.0**

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του συστήματος MDS ver.1.0, τα οποία αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

User Experience	Content Management	Service Administration
<p><b>Distribution Types</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clipcasting</li> <li>• Streaming</li> </ul> <p><b>Player</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Full Screen MPG view</li> <li>• Preview MPG view</li> <li>• Player view</li> <li>• UI customization</li> </ul> <p><b>Transports Supported</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1xEV-DO</li> <li>• 1x fallback</li> </ul> <p><b>Handsets Supported</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BREW 2.1.3</li> <li>• MSM6500™</li> <li>• Embedded Memory</li> </ul> <p><b>Interactivity</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Link to URL/BREW App</li> </ul>	<p><b>Content Provider Interface</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Program Guide Data Capture</li> <li>• Program Data Capture</li> <li>• Media Capture</li> </ul> <p><b>Distribution Format</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MPEG4, AAC/AAC+</li> <li>• 1xEV-DO: QCIF 15 fps <ul style="list-style-type: none"> <li>- 96 kbps video</li> <li>- 32 kbps audio (stereo)</li> </ul> </li> <li>• 1xRTT: QCIF 5 fps <ul style="list-style-type: none"> <li>- 32 kbps video</li> <li>- 16 kbps audio (mono)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Content Protection</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Content Encryption/Decryption</li> <li>• Program Expiry</li> </ul>	<p><b>Service Management</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Package Building</li> <li>• Hierarchical Packages</li> <li>• Minimum Network Service</li> </ul> <p><b>Scheduler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MPG Management</li> </ul> <p><b>Subscription/Billing</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BDS – Service Value Billing</li> <li>• Activation</li> <li>• Subscribe/Unsubscribe</li> <li>• Subscription Transfer</li> <li>• Multi-Party Payout</li> </ul> <p><b>Reporting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anonymous Usage Reporting</li> <li>• Content Reporting</li> <li>• Subscription Reporting (BDS)</li> </ul> <p><b>OA&amp;M</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EMS Console</li> <li>• Configuration Management</li> <li>• Fault Management</li> <li>• State Management</li> <li>• Log Management</li> </ul>

Πίνα

κας 6

### 5.3. Σχεδίαση SFN Δικτύων

Η σχεδίαση ενός Single Frequency Network (SFN) λαμβάνει υπόψη παραμέτρους, όπως το ύψος και η απόσταση μεταξύ των μεταδοτών καθώς επίσης και το ποσοστό θορύβου που υπεισέρχεται στο σήμα (Signal Interference Noise Ratio – SINR) [21]. Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τα τοπικά και ευρείας περιοχής SFN δίκτυα, ως κατάλληλες λύσεις για χρήση της FLO τεχνολογίας, δεδομένου ότι επιτυγχάνεται σχεδόν πλήρης κάλυψη (>95%). Η τεχνολογία FLO παρέχει συνεπώς ευελιξία στη δικτυακή σχεδίαση.

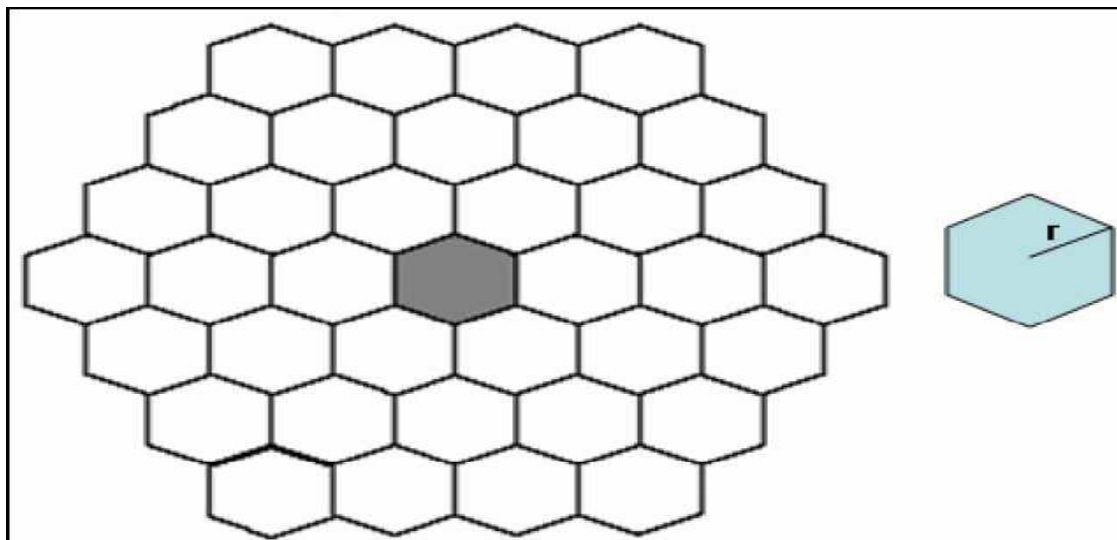
Η χρήση του συστήματος διαμόρφωσης OFDM αντιμετωπίζει τις παρεμβολές λόγω ανακλάσεων του σήματος. Η ύπαρξη ενός guard interval ή cyclic prefix περιορίζει αυτές τις παρεμβολές. Τα FLO σήματα που λαμβάνει ο δέκτης κατά τη διάρκεια του cyclic prefix, συνδυάζονται, ώστε να βελτιωθεί το συνολικό C/N (Carrier/Noise) ποσοστό.

Η ανάπτυξη και υλοποίηση της FLO τεχνολογίας από την Qualcomm, αποτελεί συνδυαστικό κρίκο ανάμεσα στην τεχνική πραγματοποίηση, τη διαχείριση φάσματος και τις οικονομικές ευκαιρίες που παρέχονται στους ασύρματους operators για να μεταδώσουν πολυμεσικό περιεχόμενο στους συνδρομητές τους.

Η επιτυχής μετάδοση των FLO σημάτων μέσω ενός SFN απαιτεί συγχρονισμό χρόνου και συχνοτήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση υπάρχουσας τεχνολογίας πχ. GPS. Η απόδοση περιορίζεται από τις εσωτερικές παρεμβολές (self interferences) και το θερμικό θόρυβο (thermal noise). Παρεμβολές παρατηρούνται και από μεταδότες εκτός συνόρων της χώρας. Η διεθνής συνεργασία μπορεί να περιορίσει το φαινόμενο αυτό.

### 5.3.1. Αποτελέσματα SFN Εξομείωσης

Ένα ευρείας περιοχής SFN δίκτυο μοντελοποιήθηκε χρησιμοποιώντας εξάγωνα εκπομπής πακέτων μέσω μεταδοτών. Κάθε μεταδότης βρίσκεται τοποθετημένος στο κέντρο του αντίστοιχου εξαγώνου, ακτίνας  $r$ , όπως φαίνεται στο σχήμα 35. Οι μετρήσεις απόδοσης πραγματοποιούνται σε κάθε εξάγωνο χωριστά. Όλοι οι μεταδότες έχουν το ίδιο ύψος και εκπέμπουν με την ίδια ισχύ. Οι γειτονικοί μεταδότες δέχονται παρεμβολές από αφίξεις σημάτων που προέρχονται από συνοριακά εξάγωνα.



Σχήμα 35

#### 5.3.1.1. Κάλυψη SFN σε Μεγάλου Μεγέθους Κυψέλες

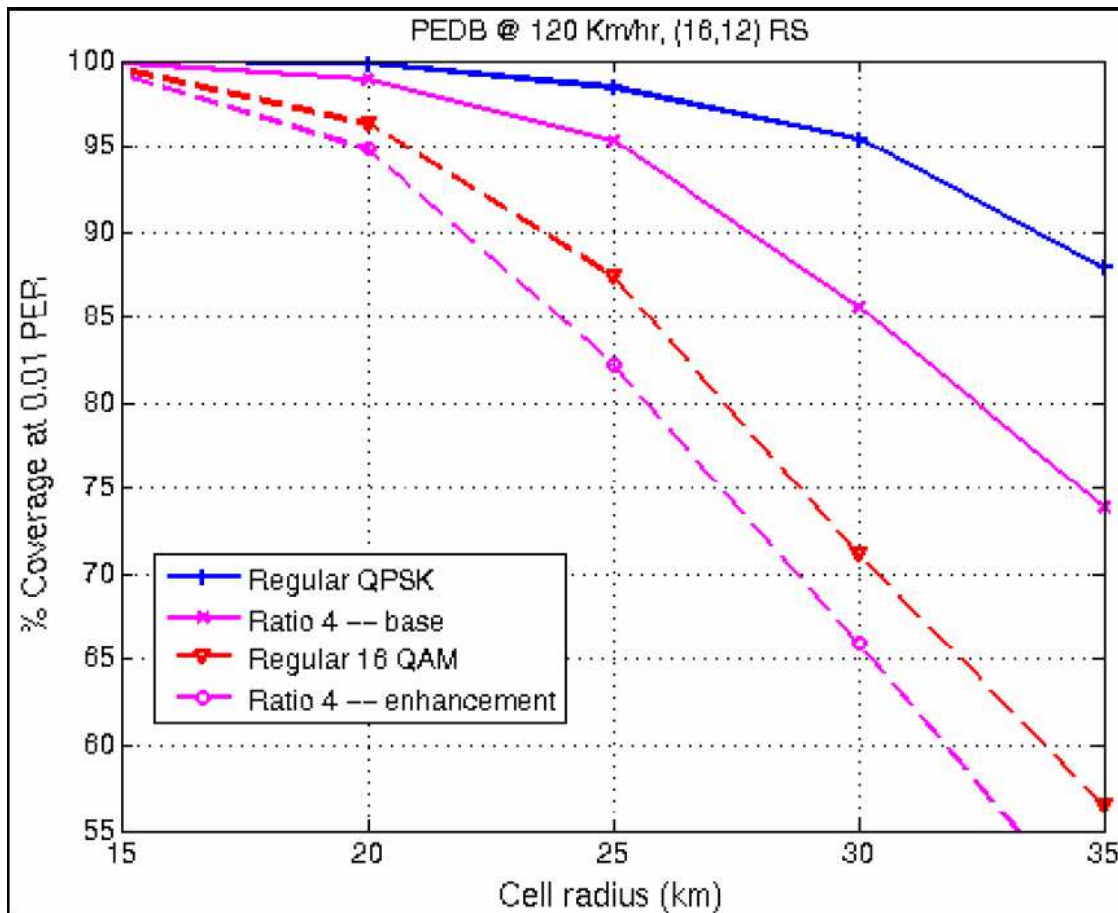
Οι υπολογισμοί των ποσοστών κάλυψης σε εξομοιωμένο SFN περιβάλλον εξαγωγικών κυψελών γίνεται βάσει των ακόλουθων παραμέτρων [21]:

- Rate 1/2 Turbo Code
- Κωδικοποίηση Reed – Solomon (16, 12)
- Τυπική απόκλιση θέσης 10 dB
- Περιθώριο δειξίδυσης κτιρίων 10 dB
- Ταχύτητα 120 km/h
- Προφίλ Ped B

- Μεταδότες ύψους 300 m
- Ισχύς μεταδοτών 50 kW
- Δέκτες με μέσο gain -5 dBi58 και επίπεδο θορύβου 8 dB
- Εύρος ζώνης 6 MHz σε υψηλές UHF συχνότητες

Το κατώφλι (threshold) αποδοχής ορίζεται σε 1% Packet Error Rate (PER), το οποίο θεωρείται ανεκτό σε περιβάλλον ροών real-time περιεχομένων. Η λήψη σε κάθε τοποθεσία της κεντρικής κυψέλης καθορίζεται από το SINR των συνδυαζόμενων σημάτων, τα οποία λαμβάνονται από κάθε τοποθεσία αυτής της κυψέλης. Κάθε μεταδότης χρησιμοποιεί ένα μοντέλο διάδοσης του οποίου οι απώλειες υπολογίζονται βάσει του μοντέλου Okamura – Hata<sup>59</sup>.

Τα αποτελέσματα της εξομοίωσης παρουσιάζονται στο σχήμα 36. Για παράδειγμα, αναμένεται ότι περίπου 90% των τοποθεσιών που βρίσκονται σε μια κυψέλη ακτίνας 27,7 km θα λαμβάνουν το βασικό επίπεδο σήματος (base layer), σε περιβάλλον εσωτερικής (indoor) λήψης. Η ακτίνα 27,7 km αντιστοιχεί σε έκταση εξαγωνικής κυψέλης της τάξης των 2000 km<sup>2</sup>.



Σχήμα 36

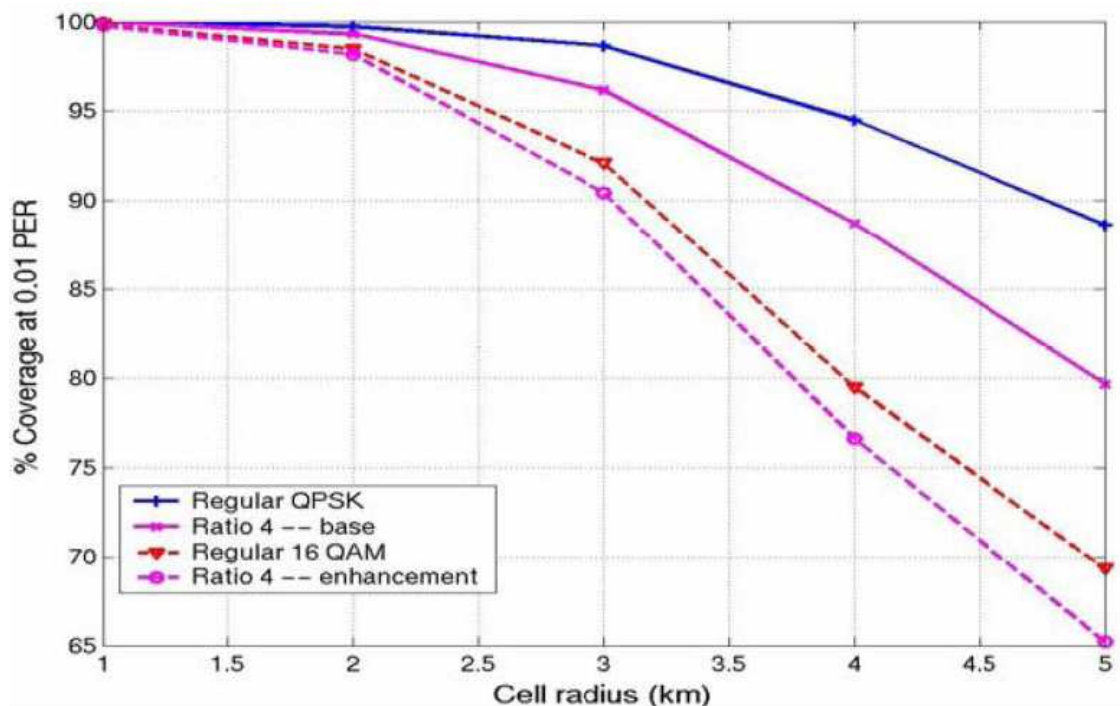
### 5.3.1.2. Κάλυψη SFN σε Μικρού Μεγέθους Κυψέλες

Παρόμοια εξομοίωση πραγματοποιήθηκε σε μοντέλο μικρότερων κυψελών. Οι παράμετροι παραμένουν ίδιες με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:

- Μεταδότες ύψους 30 m
- Ισχύς μεταδοτών 2 kW

- Περιθώριο διείσδυσης κτιρίων 13 dB
- Ταχύτητα 3 km/h
- Δέκτες με μέσο gain -5 dBi και επίπεδο θορύβου 8 dB

Όπως είναι αναμενόμενο, η έκταση της κυψέλης είναι μικρότερη (26 km<sup>2</sup>). Η κάλυψη ανά μεταδότη είναι όμοια με ένα τυπικό προαστιακό (suburban) κυψελωτό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της εξομοίωσης φαίνονται στο σχήμα 37.



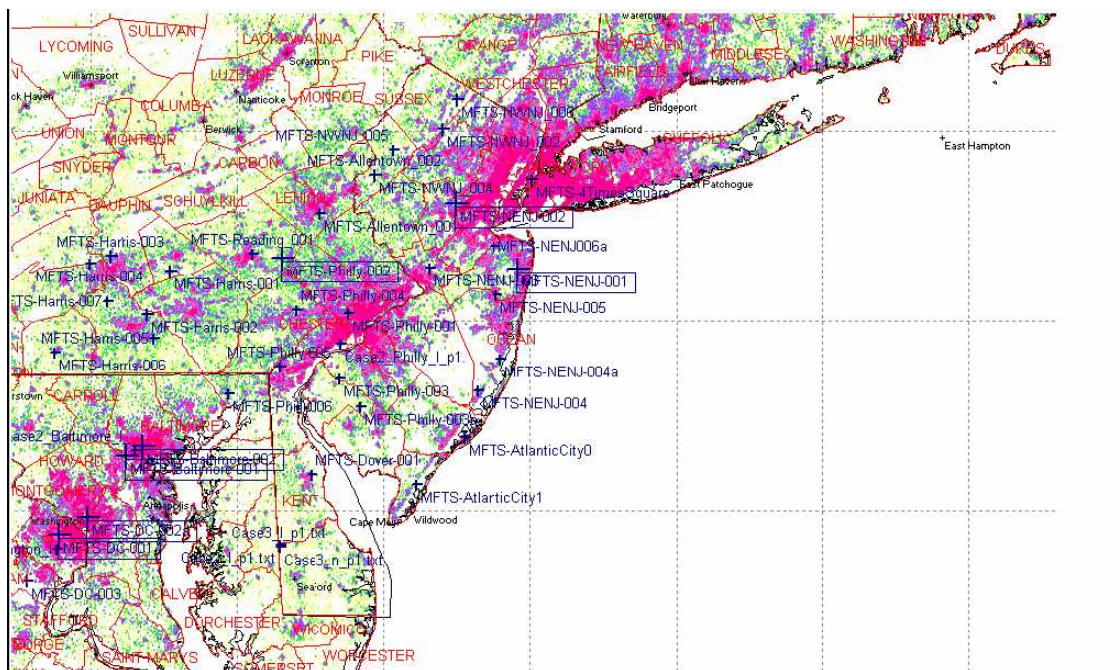
Σχήμα 37

Οι δύο εξομοιώσεις καταδεικνύουν ότι η τεχνολογία FLO μπορεί να επιτύχει ρυθμούς υψηλότερους από 1 brs/Hz, για SFNs ευρείας περιοχής που αποτελούνται από μεγάλες (2000 km<sup>2</sup>) ή μικρότερες (26 km<sup>2</sup>) κυψέλες. Η πεζή (pedestrian) και η μέσω

οχήματος (vehicular) λήψεις, υποστηρίζονται.

### 5.3.2. Υλοποίηση SFN Ευρείας και Τοπικής Περιοχής

Το ακόλουθο παράδειγμα περιγράφει εξομοιώσεις κάλυψης για μια πραγματική κατανομή πληθυσμού, βάσει των υπάρχοντων μεταδοτών που φαίνονται στην εικόνα 3. Η περιοχή εξομοίωσης είναι η U.S. Northeastern Corridor<sup>60</sup> και παρέχει αραιοκατοικημένες και πυκνοκατοικημένες περιοχές.



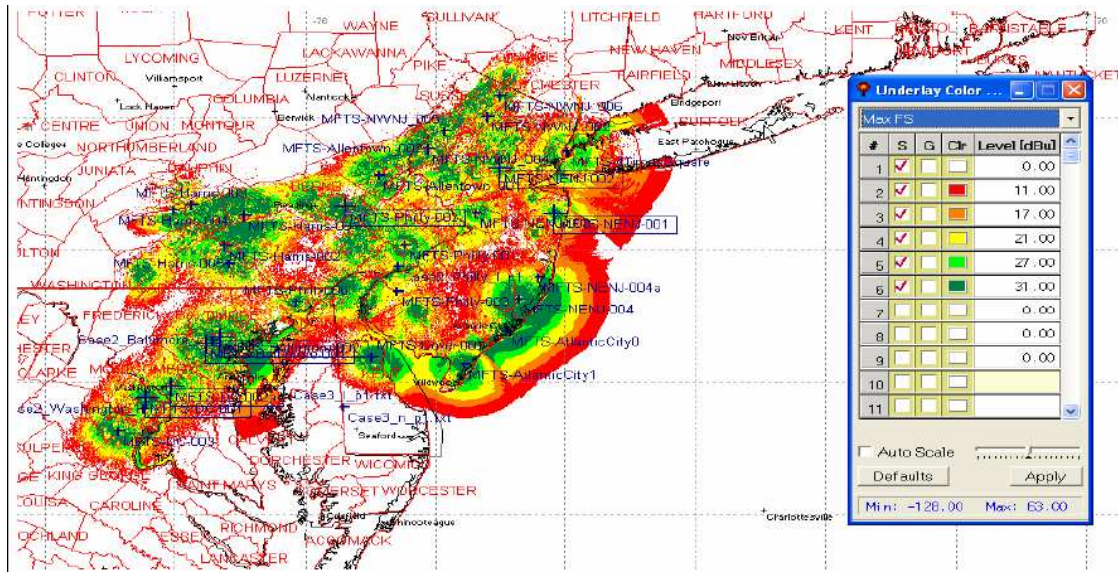
Εικόνα 3

Ο πληθυσμός της περιοχής ανέρχεται σε 30 εκατομμύρια άτομα. Υπάρχουν 30 μεταδότες των 50 kW έκαστος. Το παράδειγμα αφορά ζώνη συχνοτήτων 719 MHz με εύρος καναλιού 8 MHz και μπορεί να κλιμακωθεί περαιτέρω. Γίνεται υπόθεση για 10 dB απώλειες διείσδυσης κτιρίων και υποστηριζόμενη ταχύτητα έως 180 km/h. Θεωρείται επίσης ισοπίθανο ότι το πραγματικό λαμβανόμενο SINR θα είναι



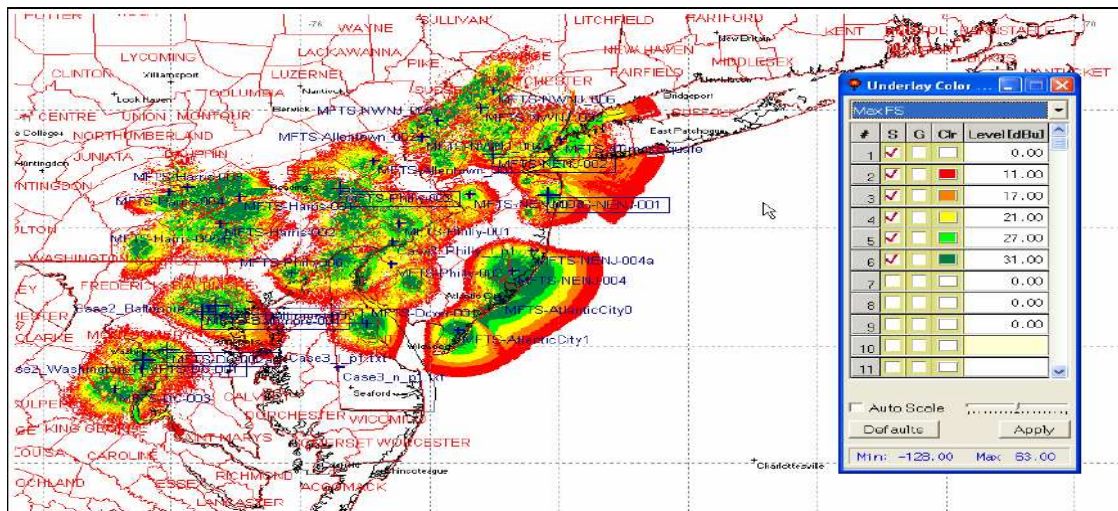
υψηλότερο ή χαμηλότερο.

Μια ευρείας περιοχής SINR εξομοίωση φαίνεται στην εικόνα 4. Η πλειοψηφία των περιοχών που έχουν SINR 11 dB, λαμβάνουν τις υπηρεσίες.



Εικόνα 4

Η εικόνα 5 απεικονίζει τα αποτελέσματα εξομοίωσης για κάλυψη τοπικής περιοχής. Η κάλυψη αυτή αφορά τις περιοχές που μπορούν να λάβουν εξειδικευμένο (marketspecific) τοπικό περιεχόμενο, επιπρόσθετα με το αντίστοιχο ευρείας περιοχής. Οι λευκές περιοχές του σχήματος λαμβάνουν μόνο περιεχόμενο ευρείας περιοχής. Η τυπική ζώνη παρεμβολών μέσα στην οποία δε λαμβάνεται περιεχόμενο τοπικής περιοχής, εκτείνεται στα 15 km. Δε γίνεται προσπάθεια σμίκρυνσης αυτής της ζώνης, χρησιμοποιώντας για παράδειγμα κατευθυντικές κεραιές ή μειώνοντας το μέγεθος των κυψελών που βρίσκονται στα σύνορα των περιοχών τοπικής κάλυψης. Η ομαδοποίηση των μεταδοτών οργανώθηκε ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο πληθυσμός που δε λαμβάνει τοπικό περιεχόμενο.



Εικόνα 5

Η πλειοψηφία των περιοχών της εικόνας 5 οι οποίες λαμβάνουν ονομαστικό SINR 11 dB, έχουν κάλυψη βασικού επιπέδου (base layer).

Έρευνα αναφορικά με την πυκνότητα πληθυσμού και τις SINR εξομοιώσεις που παρουσιάστηκαν, φανερώνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία πληθυσμού λαμβάνει SINR άνω των 16 dB και επομένως δέχεται και τα δύο επίπεδα 61, δηλαδή βασικό (base) και βελτιστοποίησης (enhancement).

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει την πληθυσμιακή κάλυψη σε ευρείες και τοπικές περιοχές, βάσει αποδοχής των δύο επιπέδων (βασικού και βελτιστοποίησης). Ο συνολικός πληθυσμός που καλύφθηκαν από αυτήν τη σχεδίαση ανέρχεται σε 31.112.486 άτομα (σύμφωνα με την απογραφή του 2000).

Layer(s) Area	Base C / (N+1) 11 dB	Base + Enhanced C / (N+1) 16 dB
Wide Area population	30,469,817 (98%)	27,109,726 (87%)
Local Area Population	29,036,999 (93%)	25,150,543 (81%)

Πίνακας 7

Επομένως η τεχνολογία FLO μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μεγάλων SFNs, ακτίνας 27 km. Χαμηλότεροι μεταδότες μικρότερης ισχύος δημιουργούν μικρότερες κυψέλες, αλλά οδηγούν σε μειωμένα οικονομικά οφέλη. Η σχεδίαση ενός SFN απαιτεί λήψη αποφάσεων όπως ύψος μεταδοτών, μεταξύ τους απόσταση, επιδιωκόμενο SINR κλπ. Τοπικής και ευρείας περιοχής SFNs αποτελούν συνεπώς λύσεις για FLO δίκτυα.

Εξαιρετική κάλυψη (>95%) επιτυγχάνεται σε ευρείας περιοχής SFNs, με σχετικά μικρό πλήθος μεταδοτών. Στο παράδειγμα που προηγήθηκε, ένα εκατομμύριο ατόμων εξυπηρετείται από τον κάθε μεταδότη.

## 5.4. Θέματα Απόδοσης

### 5.4.1. Αναζήτηση και Διανομή Περιεχομένου

Στο περιβάλλον ενός FLO δικτύου, το πολυμεσικό περιεχόμενο ενός real-time καναλιού αποκτάται απευθείας από τους παρόχους, μέσω μιας δορυφορικής C-band62, σε μορφότυπο MPEG-2 (704x480 ή 720x576 pixels). Το MPEG-2 αποτελεί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μορφότυπο από τους programmers. Ως συνέπεια, οι πάροχοι περιεχομένου μπορούν να αλληλεπιδρούν εύκολα με το σύστημα FLO. Η κωδικοποίηση χρησιμοποιεί συμπίεση βάσει του H.26463. Τέλος χρησιμοποιείται QVGA64 ανάλυση.

Τα non-real-time περιεχόμενα προωθούνται από έναν εξυπηρετητή περιεχομένων (content server) μέσω ενός IP link, κατόπιν μετασχηματίζονται σε ροές FLO πακέτων και τελικά διανέμονται μέσω ενός SFN δικτύου. Η μετάδοση των ροών FLO πακέτων πραγματοποιείται από το MediaFLO Media Distribution System (MDS). Τα περιεχόμενα αυτού του είδους διανέμονται βάσει προκαθορισμένου προγράμματος. Το μέσο μετάδοσης του περιεχομένου στους FLO μεταδότες είναι κάποιος

δορυφόρος, οπτικές ίνες κλπ. Το περιεχόμενο λαμβάνεται με τη μορφή FLO πακέτων, τα οποία μετασχηματίζονται σε FLO ραδιοκύματα και εκπέμπονται στις τερματικές συσκευές μέσω των FLO μεταδοτών. Αν υπάρχει περιεχόμενο τοπικού παροχέα (local content), συνδυάζεται με το περιεχόμενο ευρείας περιοχής (wide area content) και εκπέμπεται.

Το πολυμεσικό περιεχόμενο λαμβάνεται από τις τερματικές συσκευές (συνδρομητές) και αποθηκεύεται για μελλοντική χρήση, σύμφωνα με το πρόγραμμα υπηρεσιών. Ένα 3G δίκτυο πχ. UMTS, HSDPA, υποστηρίζει την αλληλεπίδραση με το χρήστη.

Ο χρόνος αναζήτησης (acquisition time) του καναλιού μειώνεται σε δύο δευτερόλεπτα. Θεωρείται ότι οι χρήστες θα μπορούν να πλοηγούνται (surfing) μεταξύ των καναλιών με την ίδια ευκολία που χρησιμοποιούν ψηφιακά δορυφορικά και καλωδιακά συστήματα.

#### **5.4.2. Βελτιστοποίηση Κατανάλωσης Ενέργειας**

Η τεχνολογία FLO μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και βελτιστοποιεί τις frequency diversity<sup>65</sup> και time diversity<sup>66</sup>, αποκτώντας πρόσβαση σε ένα μικρό τμήμα του μεταδιδόμενου σήματος, χωρίς να βλάπτει τις παραμέτρους frequency και time diversity. Αναμένεται ότι ένα συμβατικό FLO-enabled τερματικό θα διατηρεί υψηλό χρόνο αναμονής και καλής λειτουργίας πχ. μερικές ώρες θέασης και αρκετές ημέρες αναμονής μέχρι την επόμενη φόρτιση.

Η ατμοσφαιρική διεπαφή (air interface) της τεχνολογίας FLO χρησιμοποιεί Πολύπλεξη με Διαίρεση Χρόνου (Time Division Multiplexing – TDM), προκειμένου να μεταδώσει τις ροές περιεχομένου σε συγκεκριμένες χρονοθυρίδες (timeslots), μέσα σε ένα FLO ραδιοκύμα. Η τερματική συσκευή λαμβάνει πληροφόρηση για τα χρονικά διαστήματα κατά τα οποία μεταδίδεται η επιθυμητή ροή και ενεργοποιείται μόνο σε αυτές τις χρονικές περιόδους.

### 5.4.3. Περιεχόμενο Ευρείας και Τοπικής Περιοχής

Η τεχνολογία FLO υποστηρίζει τη συνύπαρξη τοπικής και ευρείας κάλυψης, μέσα σε ένα μοναδικό RF κανάλι.

Το πολυμεσικό περιεχόμενο που ενδιαφέρει όλους τους συνδρομητές σε ένα δίκτυο ευρείας περιοχής, μεταδίδεται ταυτόχρονα από όλους τους μεταδότες. Περιεχόμενο τοπικού ενδιαφέροντος μπορεί να εκπεμφθεί σε συγκεκριμένες ομάδες καταναλωτών.

### 5.4.4. Στρωματοποιημένη Διαμόρφωση

Για να βελτιστοποιήσει την ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας, χρησιμοποιείται Στρωματοποιημένη Διαμόρφωση (Layered Modulation). Η διαμόρφωση αυτή διαχωρίζει τις ροές δεδομένων σε επίπεδα. Το βασικό επίπεδο (base layer) αποκωδικοποιείται από όλους τους χρήστες. Ένα πρόσθετο επίπεδο βελτιστοποίησης (enhancement layer) αποκωδικοποιείται στις περιοχές που διαθέτουν υψηλότερο S/N ratio. Η πλειοψηφία των τερματικών συσκευών έχουν τη δυνατότητα λήψης και των δύο επιπέδων σήματος και η ποιότητα εικόνας προσεγγίζει τα 30 fps. Το βασικό επίπεδο έχει εξαιρετική κάλυψη και παρέχει ποιότητα εικόνας 15 fps. Ο συνδυασμός layered modulation και κωδικοποίησης πηγής επιτρέπουν τη λήψη σε μακρινές τοποθεσίες και υψηλές ταχύτητες.

### 5.5. Κανονιστικά θέματα – Διαθεσιμότητα Φάσματος

Οι κατάλληλες ζώνες συχνοτήτων για μετάδοση πολυεκπομπής (συμπεριλαμβανομένης της τεχνολογίας FLO) είναι ίδιες με τις χρησιμοποιούμενες σε ασύρματα unicast IP περιβάλλοντα. Κυμαίνονται από 450 MHz έως 3 GHz. Μια σημαντική διαφορά είναι ότι οι δέκτες εικόνας δεν τοποθετούνται απέναντι από το

θεατή, αλλά συγκρατούνται από αυτόν. Το γεγονός αυτό βελτιώνει την απόδοση στις PCS67 ζώνες (1900 MHz) κατά 1-2 dB και στις αντίστοιχες κυψελωτές (800 MHz) κατά 3-4 dB.

Για παράδειγμα, το εύρος των επιτρεπόμενων επιπέδων μετάδοσης στις Ηνωμένες Πολιτείες ποικίλει ανάλογα με τη ζώνη που χρησιμοποιείται, όπως ορίζεται από τη Federal Communications Commission<sup>68</sup> (FCC). Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η κάλυψη ανά κυψέλη και να ελαχιστοποιηθεί ο λόγος κόστους/bit, η δικτυακή σχεδίαση επωφελείται από τα υψηλά επίπεδα ενέργειας που κρίνονται απαραίτητα για τη μετάδοση πολυμεσικών υπηρεσιών.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η FCC εκχώρησε άδειες 698-746 MHz σε 6 MHz blocks για μια πληθώρα κινητών και σταθερών υπηρεσιών καθώς και υπηρεσιών εκπομπής, με μέγιστη ενέργεια μετάδοσης 50 kW.

Για κάθε μια από τις ζώνες αυτές, οι ονομαστικές διάμετροι των κυψελών που υποστηρίζονται από έναν 50 kW μεταδότη, ο οποίος βρίσκεται σε ύψος 300 μέτρων, φαίνονται στον πίνακα 8.

Frequency (MHz)	ERP (kW)	Average Gain Including Hand Loss	Coverage Area	Area Relative to 716 MHz	Regulation
716	50	-5.4dBi	1937 km <sup>2</sup>	1	LP UHF TV
788	1	-5.3dBi	153 km <sup>2</sup>	1/13	Public Service
1672.5	1.2	-4.2dBi	73 km <sup>2</sup>	1/26	PCS Like
1992.5	1	-4.1dBi	51 km <sup>2</sup>	1/37	PCS
2130	1	-4.0dBi	47 km <sup>2</sup>	1/41	New 3G
2352.5	1.2	-3.9dBi	48 km <sup>2</sup>	1/40	WCS
2595	1.2	-3.8dBi	43 km <sup>2</sup>	1/45	LBS/UBS/MBS

Πίνακας 8

Οι απώλειες υπολογίζονται βάσει του μοντέλου Okamura - Hata. Θεωρείται επίσης ότι δε χρησιμοποιείται κάποια πρόσθετη εξωτερική κεραία στους τερματικούς δέκτες. Το παράδειγμα των ζωνών συχνοτήτων Ηνωμένων Πολιτειών που παρουσιάζονται στον πίνακα 8, αναφέρει τις σχετικές αποδόσεις των ζωνών, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η διαθέσιμη τεχνολογία. Οι ακόλουθες υποθέσεις ισχύουν:

- Το μέσο κέρδος (gain) της κεραίας υπολογίζεται προσεγγιστικά και περιλαμβάνει τις απώλειες λόγω σωματικής επαφής
- Ο θόρυβος είναι 8 dB
- Ο μεταδότης βρίσκεται σε ύψος 300 μέτρων
- Ο δέκτης βρίσκεται σε ύψος 1 μέτρου από την επιφάνεια της γης
- Η κάλυψη υπολογίζεται σε 16 dB SNR
- Χρησιμοποιείται το μοντέλο διάδοσης (propagation model) Okamura - Hata.

Το σύστημα FLO έχει εφαρμοσθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, σε 6 MHz blocks στη ζώνη των 700 MHz. Το φάσμα αυτό, όπως ορίστηκε από την FCC, προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα αναφορικά με την κάλυψη ανά μεταδότη. Το πλεονέκτημα αυτό μεταφράζεται σε σημαντική μείωση κόστους κατασκευής υποδομών. Αν το ύψος των μεταδοτών μειωθεί στα 100 μέτρα, η κάλυψη μειώνεται στο 30% περίπου. Οι υψηλότερες ζώνες συχνοτήτων απαιτούν μεγαλύτερο SNR (σε σχέση με τα 16 dB), λόγω του αυξημένου Doppler effect.

## 5.6. Τάσεις Αγοράς

Η Qualcomm ανακοίνωσε<sup>69</sup> επενδύσεις 800 εκατομμυρίων δολαρίων για τη δημιουργία εθνικού δικτύου μετάδοσης πολυμεσικών υπηρεσιών σε κινητές συσκευές. Επίσης ίδρυσε τη θυγατρική MediaFLO USA ως αρμόδια για την υλοποίηση του project, το οποίο αναμένεται ότι θα διαρκέσει περίπου 5 έτη.

Η εταιρεία σκοπεύει να προσφέρει τη δικτυακή υποδομή ως κοινόχρηστο πόρο σε συστήματα CDMA2000 και WCDMA (UMTS). Θα επιτραπεί λοιπόν στους operators η μετάδοση πολυμεσικών υπηρεσιών, χωρίς επιπλέον κόστος εγκατάστασης και διαχείρισης δικτύων.

Το περιεχόμενο θα διανέμεται στους ασύρματους συνδρομητές μέσω του φάσματος των 700 MHz. Το δίκτυο θα υποστηρίζει 50 έως 100 εθνικά και τοπικά κανάλια περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων 15 ζωντανών ροών και πληθώρας clip-casts και καναλιών ήχου. Η ποιότητα θα είναι QVGA σε 30 fps.

Στη διεθνή έκθεση Consumer Electronics Show 2006<sup>70</sup> η LG Electronics ανακοίνωσε την ενσωμάτωση της τεχνολογίας MediaFLO στις συσκευές της. Σε παρόμοιες κινήσεις προέβη και η Samsung.

## **6. MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service)([20,21,22,23,24,25,26])**

### **6.1. Εισαγωγή στα 3G (UMTS) Δίκτυα**

Ενώ η επιτυχία των 2G (second generation) συστημάτων κινητής τηλεφωνίας θεωρείται δεδομένη, ο υψηλός ανταγωνισμός και οι τεχνολογικοί περιορισμοί οδήγησαν στην προτυποποίηση ενός διεθνούς ψηφιακού 3G (Third Generation) κυψελωτού συστήματος. Το σύστημα αυτό βασίζεται στις υπηρεσίες μεταγωγής πακέτων, ειδικά στις πολυμεσικές IP-based υπηρεσίες. Η προσπάθεια ξεκίνησε από



την International Telecommunications Union (ITU) με την ονομασία International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000). Το σύστημα IMT-2000 αποσκοπεί στην αντικατάσταση των 2G συστημάτων, παρέχοντας στους εμπλεκόμενους τη δυνατότητα μετάβασης στα 3G συστήματα.

Αν και όλοι οι φορείς συμφώνησαν στη χρήση πολύπλεξης CDMA71, παρουσιάστηκαν διαφωνίες ως προς τις λεπτομέρειες. Το αποτέλεσμα ήταν ο σχηματισμός δύο ομάδων:

- 3G Partnership Project(3GPP): βασίζεται στη χρήση της Wideband CDMA73 (W-CDMA) για το τμήμα των επικοινωνιών και του GSM (Global System for Mobile Communications) για τον δικτυακό κορμό (network backbone)
- 3G Partnership Project 2 (3GPP2): βασίζεται στην πολύπλεξη CDMA200075, μια εξέλιξη του συστήματος CDMAone.

Το 3GPP προηγείται ως προς την υποστήριξη IP-based πολυμεσικών εφαρμογών. Το σύστημα 3GPP αναφέρεται και ως Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).

Ένα UMTS δίκτυο αποτελείται από δύο τμήματα (σχήμα 38):

- Radio Access Network (RAN):περιλαμβάνει την δικτυακή υποδομή που επιτρέπει στον εξοπλισμό των χρηστών (User Equipment – UE) την πρόσβαση στο UMTS. Σχετίζεται με συγκεκριμένη ασύρματη τεχνολογία.

Οι επιλογές που χρησιμοποιούνται στο RAN είναι:

ο GSM EDGE RAN (GERAN) και

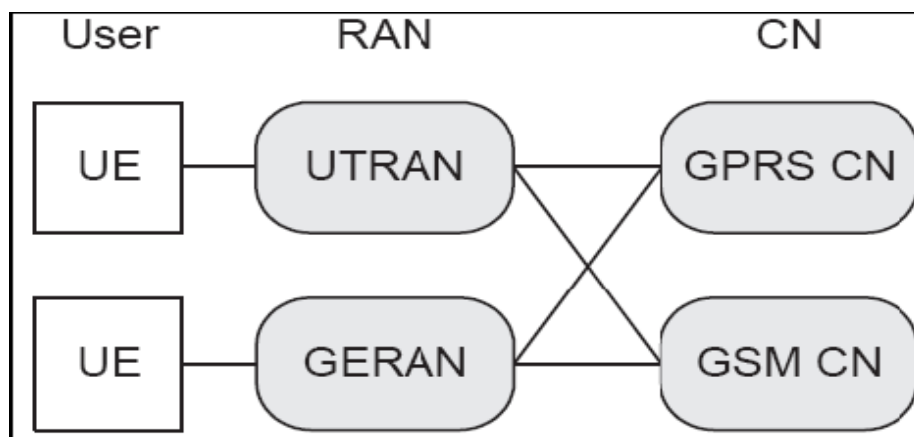
ο Universal Terrestrial RAN (UTRAN)

- Core Network (CN): περιλαμβάνει την δικτυακή υποδομή που παρέχει υπηρεσίες στους χρήστες και είναι ανεξάρτητη από τη χρησιμοποιούμενη ασύρματη τεχνολογία. Επομένως διαφορετικά RAN και CN τμήματα μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους. Οι επιλογές που χρησιμοποιούνται στο CN είναι:

- ο GSM-based δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος (GSM CN) και

- ο GPRS-based δίκτυο μεταγωγής πακέτων (GPRS CN).

Οι UMTS προδιαγραφές εκδίδονται ετησίως από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute - ETSI). Η έκδοση 5 (Release 5) εισάγει το σύστημα IMS και επιτρέπει τη χρήση του IP μέσα στο RAN, για τη μεταφορά φωνής και δεδομένων. Η έκδοση 6 (Release 6) εισάγει το σύστημα MBMS78 και επεκτείνει το IMS.



Σχήμα 38

### 6.1.1. Υπηρεσίες

Τα 1G δίκτυα παρείχαν μια μοναδική υπηρεσία, τη μετάδοση φωνής. Τα 2G δίκτυα παρέχουν πολλαπλές υπηρεσίες, οι οποίες διαχωρίζονται σε 3 τύπους:

- Bearer service: κομιστής, δηλαδή υπηρεσία που επιτρέπει τη μετάδοση σημάτων πληροφοριών μεταξύ δικτυακών διεπαφών πχ. σημάτων φωνής.
- Teleservice: συνδυασμός bearer service και λειτουργικότητας της τερματικής συσκευής, προκειμένου ο χρήστης να δεχθεί μια υπηρεσία πχ. τηλεφωνία φωνής.
- Supplementary service: παρέχει επιπλέον χαρακτηριστικά σε μια υπάρχουσα υπηρεσία πχ. προώθηση κλήσης.

Τα 3G δίκτυα παρέχουν όλους τους τύπους 2G υπηρεσιών, για λόγους συμβατότητας. Η UMTS αρχιτεκτονική δίνει έμφαση στις “ικανότητες” των υπηρεσιών (service capabilities), δηλαδή σε παραμετρικές bearer services και μηχανισμούς που απαιτούνται για την υλοποίηση υπηρεσιών. Έτσι παρέχεται η δυνατότητα προσφοράς νέων υπηρεσιών, χωρίς αλλαγές στη δικτυακή υποδομή. Γι’ αυτόν το λόγο, η έκδοση 6 ορίζει τις ικανότητες που επαρκούν για την υλοποίηση των απαιτούμενων υπηρεσιών, χωρίς να προτυποποιεί τις υπηρεσίες αυτές. Για παράδειγμα IP bearers μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή υπηρεσιών φωνής και δεδομένων, σε αντίθεση με bearers μεταγωγής κυκλώματος οι οποίες είναι καταλληλότερες για μετάδοση φωνής.

Επιπλέον διαχωρισμός υφίσταται στον ορισμό του εξοπλισμού χρήστη (User Equipment – UE) σε:

- Κινητή τερματική συσκευή (Mobile Terminal – MT) που επιτρέπει την επικοινωνία δηλαδή την ασύρματη πρόσβαση και
- Τερματικό εξοπλισμό (Terminal Equipment – TE) που παρέχει

λειτουργικότητα εφαρμογών πχ. φωνητική τηλεφωνία.

Επομένως ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί να περιλαμβάνει λειτουργικότητα εφαρμογών ή να επικοινωνεί με μια εξωτερική συσκευή η οποία παρέχει τέτοια λειτουργικότητα πχ. φορητός υπολογιστής, PDA κλπ.

### 6.1.2. Core Network (CN)

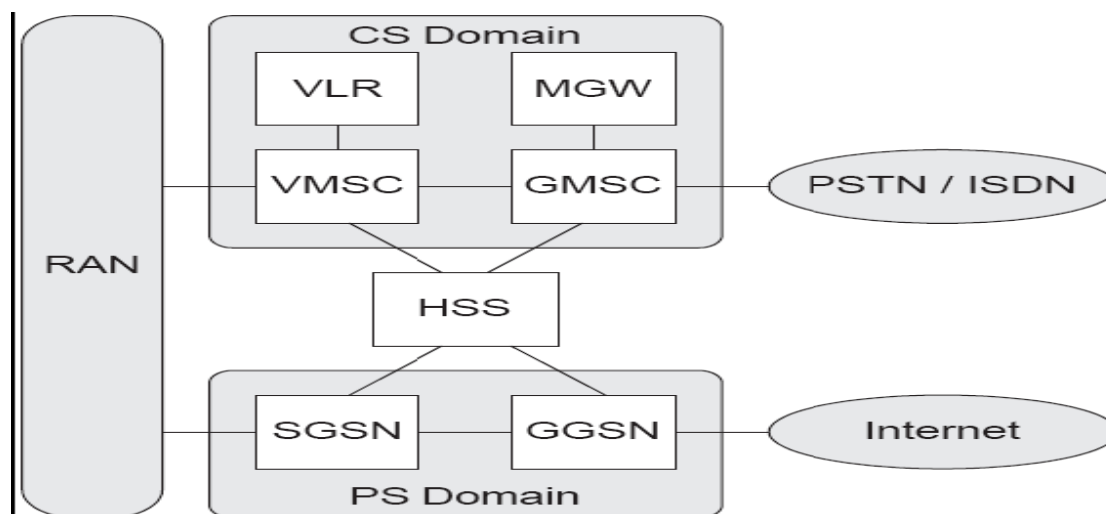
Το Core Network (CN) παρέχει δρομολόγηση και μεταγωγή της κυκλοφορίας. Αποτελείται από δύο τμήματα (σχήμα 39):

- Circuit Switched (CS): αποτελεί εξέλιξη του GSM. Στο domain αυτό, οι κλήσεις διαχειρίζονται από δύο Mobile services Switching Centers (MSC):

ο Gateway MSC (GMSC), το οποίο βρίσκεται στο οικείο δίκτυο (home network) του χρήστη και

ο Visitor MSC (VMSC), το οποίο βρίσκεται στο δίκτυο που επισκέπτεται ο χρήστης.

Όταν ο χρήστης εισέρχεται σε ένα νέο δίκτυο, το VMSC κέντρο ειδοποιεί τον τοπικό Visitor Location Register (VLR) και αυτός με τη σειρά του ενημερώνει τον κατάλληλο Home Subscriber Server (HSS) για την ύπαρξη του χρήστη. Οι εισερχόμενες κλήσεις δρομολογούνται αρχικά στο GMSC, το οποίο ενημερώνεται από τον HSS για την τρέχουσα θέση του χρήστη κατόπιν μετάγει την κλήση στο κατάλληλο VMSC. Οι εξερχόμενες κλήσεις ακολουθούν το αντίστροφο μονοπάτι από το VMSC προς το GMSC. Για Public Switched Telephone Network (PSTN) ή Integrated Services Digital Network (ISDN) κλήσεις, μια Media GateWay (MGW) πύλη χρησιμοποιείται από το GMSC, προκειμένου να γίνουν οι κατάλληλες μεταφράσεις.



Σχήμα 39

- Packet Switched (PS): αποτελεί εξέλιξη του GPRS. Οι κλήσεις (παρόμοια με το CS) διαχειρίζονται από δύο GPRS Support Nodes (GSN):

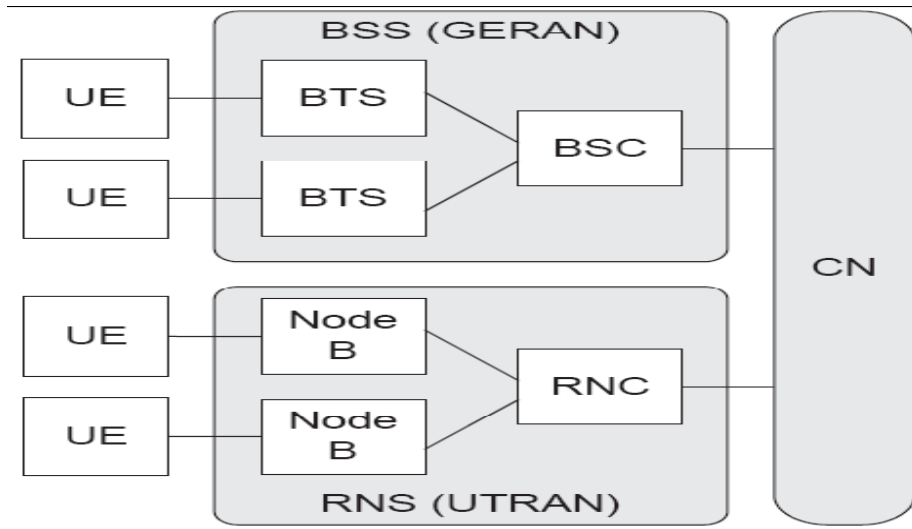
ο Gateway GSN (GGSN), ο οποίος βρίσκεται στο οικείο δίκτυο του χρήστη και

ο Serving GSN (SGSN), ο οποίος βρίσκεται στο δίκτυο που επισκέπτεται ο χρήστης.

Επειδή ο HSS παρέχει πληροφόρηση σχετικά με το χρήστη, ο GGSN κόμβος γνωρίζει τον SGSN που εξυπηρετεί το χρήστη. Συνεπώς δεν απαιτείται VLR στο PS domain. Για κλήσεις μέσω Internet, ο GGSN λειτουργεί ως IP πύλη, μεταξύ του UMTS δικτύου και του Internet.

Από την έκδοση 4 και έπειτα, το CN χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP, για τη μεταφορά δεδομένων στα CS και PS domains. Έτσι αυξάνεται η σημαντικότητα του IP στα UMTS δίκτυα.

### 6.1.3. Radio Access Network (RAN)



**Σχήμα 40**

Η κύρια λειτουργία του Radio Access Network (RAN) είναι η παροχή συνδεσιμότητας μεταξύ UEs και CN. Αποτελείται από δύο τμήματα (σχήμα 40)

:

- GSM EDGE RAN (GERAN): βασίζεται στην τεχνολογία Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE), η οποία επαναχρησιμοποιεί τις δεσμεύσεις συχνοτήτων του GSM και παρέχει υψηλότερα bandwidths, χρησιμοποιώντας προηγμένα σχήματα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης. Ένα GERAN δίκτυο το οποίο καλύπτει μεγάλη περιοχή, ονομάζεται Base Station Subsystem (BSS). Το BSS διασπάται σε μικρότερες περιοχές. Κάθε υποπεριοχή διαχειρίζεται από έναν Base Station Controller (BSC). Κάθε BSC υποπεριοχή χωρίζεται περαιτέρω σε κυψέλες. Κάθε κυψέλη εξυπηρετείται από έναν Base Transceiver Station (BTS). Το GERAN αποτελεί ουσιαστικά μια εξέλιξη των GSM δικτύων, παρέχοντας επιπλέον GPRS υποστήριξη. Κάθε κανάλι μεταγωγής κυκλώματος εκχωρείται είτε σε μια μοναδική φωνητική κλήση ή σε πολλαπλές κλήσεις πακέτων δεδομένων. Στη δεύτερη περίπτωση, το σύστημα

εκχωρεί δυναμικά μια ή περισσότερες TDMA χρονοθυρίδες σε κάθε UE που επιθυμεί να λάβει ή να αποστείλει δεδομένα. Οι χρονοθυρίδες που χρησιμοποιούνται για uplink και downlink, εκχωρούνται χωριστά. Έτσι υποστηρίζονται ασύμμετρες υπηρεσίες πχ. file downloading. Ανάλογα με το πλήθος των χρονοθυρίδων και του σχήματος κωδικοποίησης, το GPRS προσφέρει ρυθμούς δεδομένων από 9 kbps έως 171 kbps. Η EDGE έκδοση του GSM παρέχει προηγμένα σχήματα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, άρα ρυθμούς δεδομένων τουλάχιστον 384 kbps σε αστικά και 144 kbps σε μη-αστικά περιβάλλοντα. Επίσης δεν μεταβάλλονται οι FDMA και TDMA δομές του GSM. Ως αποτέλεσμα, το GERAN υποστηρίζει πολλές από τις παρεχόμενες (από τα UMTS δίκτυα) υπηρεσίες. Η συμβατότητα των GERAN δικτύων με την GSM τεχνολογία αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Συνεπώς οι υπηρεσίες που απαιτούν υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων πρέπει να χρησιμοποιήσουν διαφορετική τεχνολογία.

- Universal Terrestrial RAN (UTRAN): βασίζεται στη νέα W-CDMA τεχνολογία. Για τη μετάβαση στα 3G συστήματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρχικά το GERAN και κατόπιν να εισαχθεί το UTRAN. Στην περίπτωση του UTRAN, μια ή περισσότερες κυψέλες εξυπηρετούνται από έναν Node-B79. Πολλαπλοί Node-Bs συνδέονται σε έναν Radio Network Controller (RNC). Πολλαπλοί RNCs σχηματίζουν ένα Radio Network Subsystem (RNS). Το UTRAN χρησιμοποιεί πολύπλεξη W-CDMA για το διαμοιρασμό του διαθέσιμου εύρους συχνοτήτων σε ταυτόχρονες κλήσεις. Σε κάθε κλήση εκχωρείται ένας ή περισσότεροι κώδικες, ανάλογα με το εύρος ζώνης. Το WCDMA λειτουργεί με δύο τρόπους (modes):

ο Στο FDD (Frequency Division Duplex) mode, οι uplink και downlink

ο Στο TDD (Time Division Duplex) mode, οι uplink και downlink μεταδόσεις χρησιμοποιούν την ίδια ζώνη συχνοτήτων, αλλά πολυπλέκονται ως προς το χρόνο. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει

ευελιξία ως προς την εκχώρηση φάσματος, αλλά πολυπλοκότητα στις μεθόδους συγχρονισμού.

Συγκριτικά με το GERAN, το UTRAN υποστηρίζει ταχύτητες άνω των 2048 kbps, σε μικρές κυψέλες ή εσωτερικά (indoor) σημεία. Προκειμένου να επιτύχει αυτούς τους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, το UMTS δίκτυο υποστηρίζει έλεγχο (δηλαδή εξοικονόμηση) ενέργειας. Οι μεταδόσεις μεταξύ UE και Node-B χρησιμοποιούν την ελάχιστη δυνατή ενέργεια, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη αξιοπιστία. Ως αποτέλεσμα, οι παρεμβολές ανάμεσα σε διαφορετικές κυψέλες περιορίζονται και συνεπώς το σύστημα παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Ένα ακόμη σημείο υπεροχής του UTRAN (σε σχέση με το GERAN) είναι η διαχείριση των handovers. Handover συμβαίνει όταν ένας χρήστης μετακινείται σε νέα κυψέλη κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας. Το GERAN χρησιμοποιεί διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων σε κάθε κυψέλη, άρα υποστηρίζει hard handover κατά το οποίο η ραδιοζεύξη της παλιάς κυψέλης αποσυνδέεται, πριν εγκαθιδρυθεί η νέα σύνδεση. Αντίθετα το UTRAN χρησιμοποιεί την ίδια ζώνη συχνοτήτων παντού. Οι κυψέλες διαφοροποιούνται από το μοναδικό κώδικα που χρησιμοποιούν. Επομένως το UTRAN υποστηρίζει soft handover κατά το οποίο η νέα ραδιοζεύξη εγκαθιδρύεται πριν διακοπεί η σύνδεση με την παλιά κυψέλη. Ως αποτέλεσμα, ο χρήστης παραμένει συνδεδεμένος κατά τη διάρκεια του handover.

#### **6.1.4. Πολυμεσικές Υπηρεσίες (IMS, MBMS)**

Ενώ η απλή IP συνδεσιμότητα επιτρέπει τη μετάδοση διαφορετικών μέσων πάνω από IP σε κυψελωτά δίκτυα, οι πραγματικές πολυμεσικές υπηρεσίες απαιτούν πρόσθετη υποστήριξη από τη δικτυακή υποδομή, τουλάχιστον στην περιοχή του QoS (Quality of Service). Παρά τις προσπάθειες που γίνονται, το Internet παραμένει ένα best-effort δίκτυο, το οποίο δεν παρέχει εγγυήσεις για την καθυστέρηση μετάδοσης και την



αξιοπιστία. Σε αντίθεση, έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στα UMTS δίκτυα.

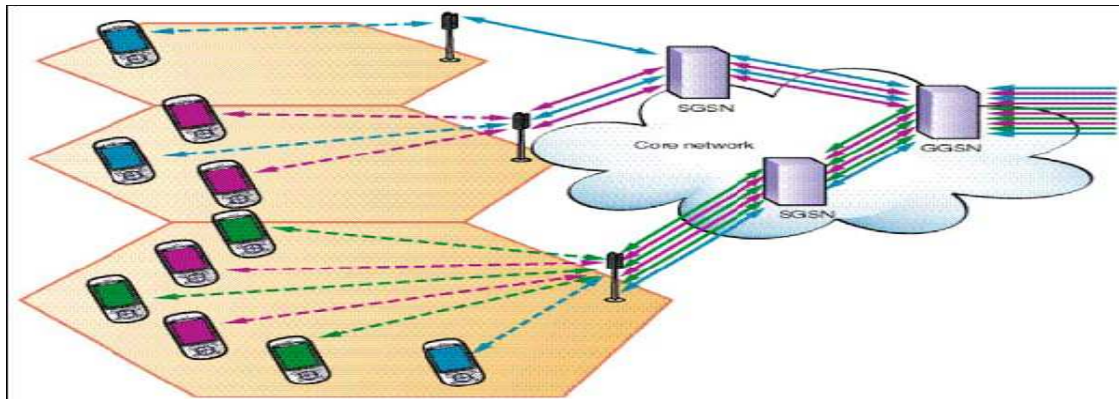
Σημαντικός παράγοντας της προόδου αυτής αποτελεί η υλοποίηση των IMS και MBMS τμημάτων καθώς και της εγγυημένης QoS.

Το IP Multimedia Subsystem (IMS) βελτιώνει τη βασική IP συνδεσιμότητα, προσθέτοντας δικτυακές οντότητες, οι οποίες διαχειρίζονται τις πολυμεσικές συνόδους (sessions) και θέματα QoS. Οι IMS οντότητες διασφαλίζουν ότι οι πολυμεσικές σύνοδοι δεσμεύουν πόρους, ώστε να λειτουργούν ικανοποιητικά. Μια σύνοδος ίσως να απαιτεί διαφορετικά επίπεδα QoS, για κάθε ένα από τα στοιχεία της.

Το σύστημα Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS) υποστηρίζει εκπομπή και πολυεκπομπή πάνω από UMTS δίκτυα και αναλύεται παρακάτω.

## 6.2. MBMS Υπηρεσίες

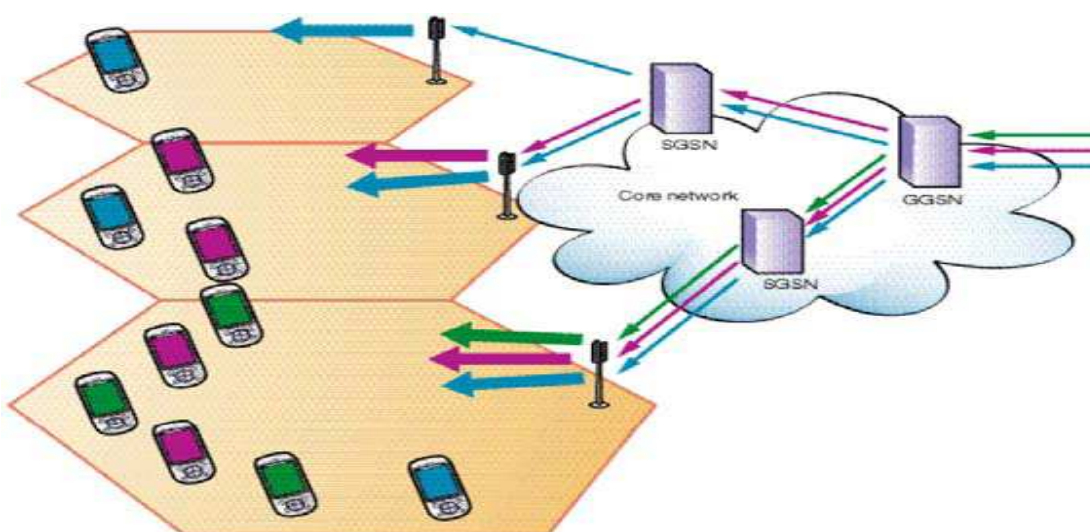
Όταν τα πακέτα μεταδίδονται σε όλους τους χρήστες μιας κυψέλης, είναι πιο οικονομικό να μεταδίδονται μόνο μια φορά χρησιμοποιώντας ένα κοινό κανάλι. Η έκδοση 4 επέτρεψε στα UMTS δίκτυα να παρέχουν μια χαμηλού εύρους ζώνης υπηρεσία, που ονομάζεται Cell Broadcast Service (CBS). Η υπηρεσία αυτή μπορεί να μεταδίδει σύντομα μηνύματα σε όλους τους χρήστες μιας περιοχής πχ. αναφορές κυκλοφορίας, σύντομα δελτία καιρού κλπ.



Σχήμα 41

Το σύστημα CBS στοχεύει σε μηνύματα κειμένου, συνεπώς είναι ακατάλληλο για πολυμεσικές υπηρεσίες οι οποίες απαιτούν υψηλό εύρος ζώνης.

Από την έκδοση 99 και έπειτα υποστηρίζεται η IP πολυεκπομπή (IP multicasting), κατά την οποία τα IP πακέτα προωθούνται σε όλους τους χρήστες, οι οποίοι ανήκουν σε μια ομάδα πολυεκπομπής. Η ομάδα ταυτοποιείται από μια class D διεύθυνση πολυεκπομπής. Δυστυχώς, όπως φαίνεται στο σχήμα 41, η υπηρεσία αυτή υλοποιείται, αποστέλλοντας χωριστά πακέτα από τον GGSN κόμβο, προς κάθε UE. Δεδομένου ότι τα πακέτα πολυεκπομπής αποστέλλονται χωριστά σε κάθε αποδέκτη στην ίδια κυψέλη, δεν επιτυγχάνεται κάποιο όφελος και συνεπώς δεν παρέχονται πολυμεσικές υπηρεσίες αυξημένου εύρους ζώνης.



## Σχήμα 42

Προκειμένου να ξεπεραστούν οι περιορισμοί αυτοί, η έκδοση 6 περιλαμβάνει το Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS), το οποίο όπως αναφέρθηκε υποστηρίζει εκπομπή και πολυεκπομπή πάνω από UMTS δίκτυα. Το MBMS διαλειτουργεί με την IP πολυεκπομπή, δηλαδή τα IP πακέτα πολυεκπομπής μπορούν να μεταδοθούν πάνω από το MBMS. Όπως φαίνεται στο σχήμα 42, τα GGSNs και SGSNs στέλνουν πακέτα πολυεκπομπής σε μοναδικά αντίγραφα σε κάθε επόμενο (downstream) κόμβο. Τα πακέτα αυτά μεταδίδονται μια φορά μέσω του ασύρματου διαύλου, ανεξάρτητα από το πλήθος των δεκτών της κυψέλης. Σημειώνεται ότι οι υπηρεσίες που παρέχει το MBMS είναι μονοκατευθυντικές (unidirectional), δηλαδή από τους GGSN κόμβους προς τους UEs[26].

Οι υπηρεσίες που παρέχει το MBMS κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- **Streaming:** συνεχείς ροές μέσω, όπως ήχος και εικόνα. Οι υπηρεσίες αυτές είναι παρόμοιες με τα τηλεοπτικά κανάλια, αλλά βελτιωμένες με πολυμεσικό περιεχόμενο.
- **File downloading:** αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων χωρίς χρονικούς περιορισμούς. Οι υπηρεσίες αυτές παρομοιάζουν με τις συμβατικές μεταφορές αρχείων, με τη διαφορά ότι απευθύνονται σε πολλαπλούς χρήστες.
- **Carousel:** συνδυασμός streaming και file downloading. Στατικά περιεχόμενα αποστέλλονται, αλλά με περιορισμούς συγχρονισμού π.χ. κυκλική μετάδοση δεδομένων όπως το teletext.

Κάποιες από τις εφαρμογές που μπορεί να υποστηρίξει το MBMS είναι οι ακόλουθες :

- **Δελτία ειδήσεων:** τα περιεχόμενα μπορεί να διαφοροποιούνται ανάλογα με το κανάλι. Η ροή μπορεί να είναι συνεχής ή κατ' απαίτηση. Η υπηρεσία

πραγματοποιείται με διανομή κειμένου, εικόνων ή χαμηλής ποιότητας video.

- Ροές ήχου: το MBMS υποστηρίζει εκπομπές ροών ήχου παρόμοιες με τις ραδιοφωνικές μεταδόσεις.
- Προσωποποιημένες υπηρεσίες: για παράδειγμα, ένα τοπικό τουριστικό κανάλι προσφέρει πληροφόρηση συνεχούς ροής σχετικά με αξιοθέατα, εστιατόρια κλπ.
- Συνδυασμός υπηρεσιών ήχου και εικόνας: οι υπηρεσίες αυτές εφαρμόζονται σε πολλές εφαρμογές πχ. διαφημίσεις, αλληλεπιδραστική ψηφοφορία.
- Υπηρεσίες διανομής εικόνας: με χρήση των μεθόδων streaming, file downloading ή carousel.
- Διανομή περιεχομένου: downloading αρχείων ήχου/εικόνας/δεδομένων, ιστοσελίδων, παιχνιδιών κλπ. Οι υπηρεσίες αυτές μπορούν για παράδειγμα να χρησιμοποιηθούν για την αναβάθμιση λογισμικού στην τερματική συσκευή του χρήστη.

### 6.3. Απαιτήσεις Συστήματος

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, το MBMS πρέπει να πληροί τις ακόλουθες απαιτήσεις υψηλού επιπέδου:

- Χρησιμοποιεί τους πόρους με ικανοποιητικό τρόπο.
- Η μεταφορά δεδομένων πρέπει να είναι μονοκατευθυντική.

- Η λήψη MBMS τμημάτων δεδομένων σε συνδέσεις Point-to-Multipoint (PtM) δεν είναι εγγυημένη στο GERAN δίκτυο. Το MBMS δεν υποστηρίζει επανεκπομπές, ούτε λαμβάνει υπόψη του τυχόν ανατροφοδότηση (feedback) που λαμβάνει από τους χρήστες.
- Ταυτόχρονη λήψη MBMS και μη-MBMS υπηρεσιών είναι δυνατή.
- Η MBMS εκπομπή και πολυεκπομπή πρέπει να υποστηρίζουν κοινά QoS γνωρίσματα.
- Πρέπει να ορισθεί ένας μηχανισμός, ο οποίος να επιτρέπει στο δίκτυο την έναρξη της MBMS μετάδοσης δεδομένων για μια σύνοδο πολυεκπομπής, αν υπάρχει τουλάχιστον ένας συνδεδεμένος χρήστης στη σύνοδο αυτή.
- Πρέπει να ορισθεί ένας μηχανισμός, ο οποίος να επιτρέπει στο Base Station Subsystem (BSS) τον τερματισμό της MBMS μετάδοσης δεδομένων για μια σύνοδο πολυεκπομπής.

Το Broadcast/Multicast Service Center<sup>80</sup> (BM-SC) πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Να αυθεντικοποιεί τους εξωτερικούς (3rd party) παρόχους, οι οποίοι προσφέρουν περιεχόμενο στις MBMS μεταδόσεις.
- Οι εξωτερικοί πάροχοι περιεχομένου μπορούν να εκκινήσουν μια MBMS μετάδοση. Στην περίπτωση αυτή, το BM-SC εξουσιοδοτεί τους παρόχους, ώστε να μεταδώσουν δεδομένα, μέσω MBMS bearer services.
- Επαληθεύει την ακεραιότητα των δεδομένων που λαμβάνονται από τους παρόχους.

- Δημιουργεί αναφορές χρέωσης για τα μεταδιδόμενα δεδομένα.
- Παρέχει αναγγελίες υπηρεσιών για MBMS υπηρεσίες εκπομπής ή πολυεκπομπής.

Παρέχει πληροφόρηση στον UE σχετικά με τα περιεχόμενα που μεταδίδονται πχ. τεχνική κωδικοποίησης ροής ήχου.

- Παρέχει πληροφόρηση στον UE σχετικά με τις συνόδους που μεταδίδονται ως μέρος μιας MBMS υπηρεσίας πχ. ταυτοποίηση υπηρεσίας πολυεκπομπής, διευθυνσιοδότηση, χρόνος μετάδοσης.

- Δέχεται περιεχόμενο από εξωτερικές πηγές και το μεταδίδει, χρησιμοποιώντας σχήματα αντιμετώπισης σφαλμάτων πχ. εξειδικευμένους MBMS κωδικοποιητές.

Οι απαιτήσεις για τον τερματικό εξοπλισμό (UE) των χρηστών περιλαμβάνουν:

- Υποστηρίζονται διαδικασίες για ενεργοποίηση/απενεργοποίηση των MBMS bearer services.
- Όταν μια υπηρεσία ενεργοποιηθεί, δεν απαιτείται κάποια επιπλέον αίτηση του χρήστη για να λάβει τα MBMS δεδομένα.
- Ο UE πρέπει να υποστηρίζει διαδικασίες ασφαλείας κατάλληλες για το σύστημα MBMS.
- Ο UE πρέπει (ανάλογα με τον τερματικό εξοπλισμό) να υποστηρίζει ταυτόχρονες υπηρεσίες. Για παράδειγμα, ο χρήστης δέχεται κλήσεις, αποστέλλει μηνύματα και ταυτόχρονα λαμβάνει MBMS περιεχόμενο εικόνας.

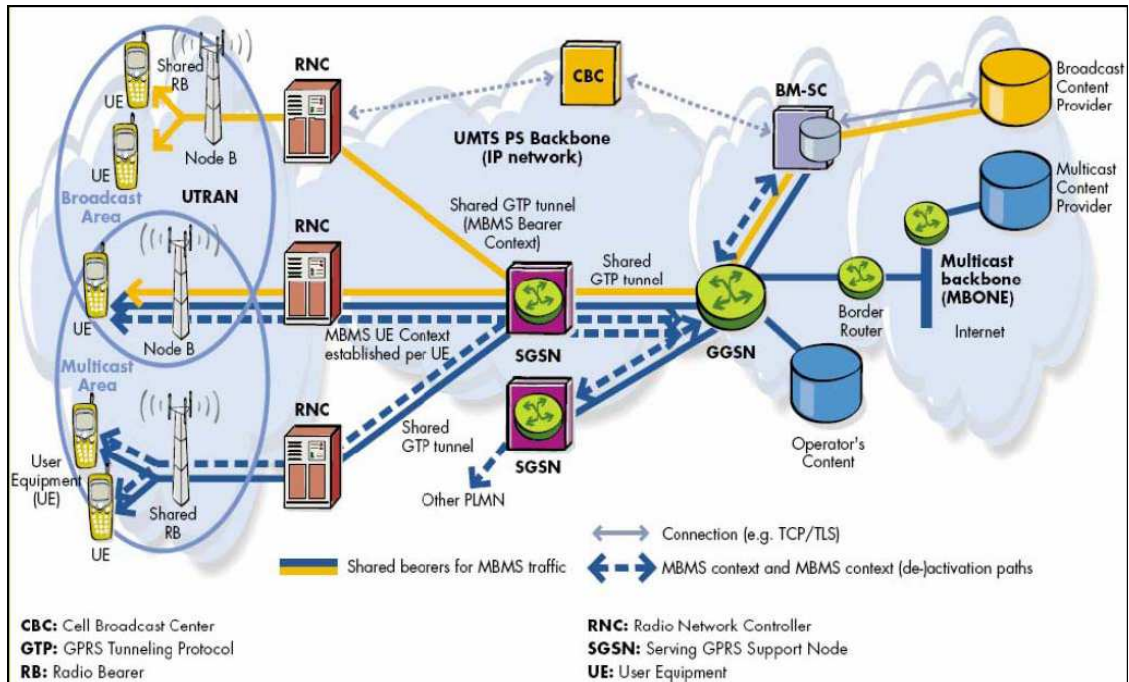
Οι ταυτόχρονες υπηρεσίες επιφέρουν απώλειες στη λήψη MBMS δεδομένων. Η MBMS υπηρεσία πρέπει να αντιμετωπίζει αυτές τις απώλειες.

- Κάποιες τερματικές συσκευές μπορούν να αποθηκεύουν MBMS δεδομένα. Στην περίπτωση αυτή πιθανόν να απαιτείται κάποιος μηχανισμός Διαχείρισης Ψηφιακών Δικαιωμάτων (Digital Rights Management - DRM).
- Ο προσδιοριστής (identifier) της συνόδου επιτρέπει στον UE να αποφασίσει αν θα δεχθεί ή όχι την επερχόμενη σύνοδο.

#### 6.4. Αρχιτεκτονική Συστήματος MBMS

Παρόλο που το MBMS επηρεάζει τα CN και RAN, η έμφαση δίνεται στην εξοικονόμηση των πόρων του ατμοσφαιρικού διαύλου, δηλαδή στην ασύρματη ζεύξη μεταξύ RAN και UE. Το MBMS παρέχει διάφορες υπηρεσίες εκπομπής και πολυεκπομπής. Κάθε υπηρεσία προσφέρει περιεχόμενο και καλύπτει μια πιθανόν διαφορετική ομάδα κυψελών. Η πραγματική μετάδοση δεδομένων μέσα σε μια υπηρεσία, αποτελεί μια σύνοδο (session). Μια υπηρεσία μπορεί να περιέχει μόνο μια ενεργή σύνοδο κάποια χρονική στιγμή, αλλά μπορεί να χρησιμοποιεί πολλαπλές συνόδους κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της.

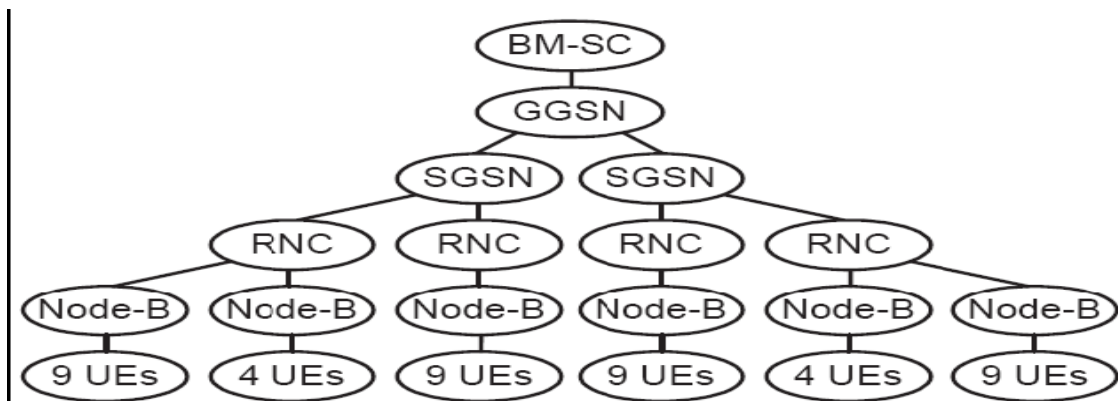
Προκειμένου να υποστηριχθούν οι MBMS υπηρεσίες και σύνοδοι, μια νέα οντότητα εισάγεται στο PS domain του CN, όπως φαίνεται στο σχήμα 43. Η οντότητα αυτή ονομάζεται Broadcast/Multicast Service Center (BM-SC). Για να υποστηριχθεί το MBMS γίνονται αλλαγές στα GGSN, SGSN, RAN και UE.



Σχήμα 43

Το BM-SC αποτελεί τη βασική λειτουργική οντότητα του συστήματος MBMS. Διαχειρίζεται όλες τις υπηρεσίες και συνόδους. Τα δεδομένα κατευθύνονται προς τους UE, χρησιμοποιώντας IP πακέτα πολυεκπομπής για τη μεταφορά. Το περιεχόμενο που μεταδίδεται, μπορεί να προέρχεται από εσωτερικούς ή εξωτερικούς παρόχους. Οι εξωτερικοί πάροχοι αρχικά αυθεντικοποιούνται από το BM-SC και κατόπιν αποστέλλουν το περιεχόμενό τους μέσω του BM-SC. Το BM-SC κωδικοποιεί τα δεδομένα για να προσφέρει επιπλέον διόρθωση σφαλμάτων. Προκειμένου να εκκινήσει μια σύνοδος, το BM-SC ενημερώνει το GGSN ώστε να αρχικοποιήσει τους MBMS bearers, στη συγκεκριμένη περιοχή και με το κατάλληλο QoS. Τα δεδομένα της συνόδου μεταδίδονται πάντοτε μέσω του GGSN, ο οποίος λαμβάνει περιεχόμενο άμεσα ή έμμεσα μέσω του BM-SC.





Σχήμα 44

Τα δεδομένα μεταφέρονται στο RAN μέσω των GGSNs και SGSNs. Το GGSN είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία των κατάλληλων MBMS bearers, σύμφωνα με τις οδηγίες του BM-SC και των δεδομένων δρομολόγησης από τα αντίστοιχα SGSNs, δηλαδή όλα τα SGSNs σε κατάσταση εκπομπής και μόνο αυτά που εξυπηρετούν ενδιαφερόμενους χρήστες σε κατάσταση πολυεκπομπής. Ο GGSN παράγει αναφορές χρέωσης για κάθε δέκτη της συνόδου πολυεκπομπής, ενώ ο BM-SC παράγει αντίστοιχες αναφορές για τους παρόχους περιεχομένου σε περιπτώσεις συνόδων εκπομπής ή πολυεκπομπής. Ο SGSN είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση των δεδομένων στους κατάλληλους BSCs ή RNCs, ανάλογα με τον τύπο του RAN που χρησιμοποιείται. Μια πιθανή δικτυακή διάταξη απεικονίζεται στο σχήμα 44.

Το σημαντικότερο ζήτημα της μετάδοσης MBMS δεδομένων μέσω πολυεκπομπής στο RAN αφορά τη χρήση ενός Point-to-Multipoint (PtM) ή πολλαπλών Point-to-Point (PtP) φυσικών καναλιών στον ατμοσφαιρικό δίαυλο. Δεδομένου ότι τα PtM κανάλια είναι ακριβότερα αναφορικά με τους πόρους που καταναλώνουν, κάθε operator πρέπει να θέτει ένα όριο (threshold). Όταν ένα πλήθος UEs υπερβαίνει το όριο μέσα σε μια κυψέλη, ένα PtM εγκαθίσταται. Χωριστά PtP κανάλια εγκαθίστανται σε αντίθετη περίπτωση. Αν συμβαίνει διανομή MBMS δεδομένων με εκπομπή, χρησιμοποιείται ένα φυσικό κανάλι εκπομπής.

Τέλος, ο UE τροποποιείται ώστε να διαχειρίζεται την ενεργοποίηση / απενεργοποίηση

των υπηρεσιών εκπομπής και σύνδεση(joining) / αποσύνδεση (leaving) των υπηρεσιών πολυεκπομπής. Η περίπτωση εκπομπής είναι μια τοπική διαδικασία, αφού τα δεδομένα μεταδίδονται παντού. Στην περίπτωση πολυεκπομπής απαιτείται σηματοδότηση μεταξύ UE και δικτύου.

Δύο επιλογές είναι εφικτές για τη σηματοδότηση:

- Δημιουργία ενός εξειδικευμένου MBMS σχήματος ή
- Χρήση ενός τυποποιημένου πρωτοκόλλου διαχείρισης ομάδων πχ. Internet Group Management Protocol (IGMP) για το IPv4 ή Multicast Listener Discovery (MLD) για το IPv6.

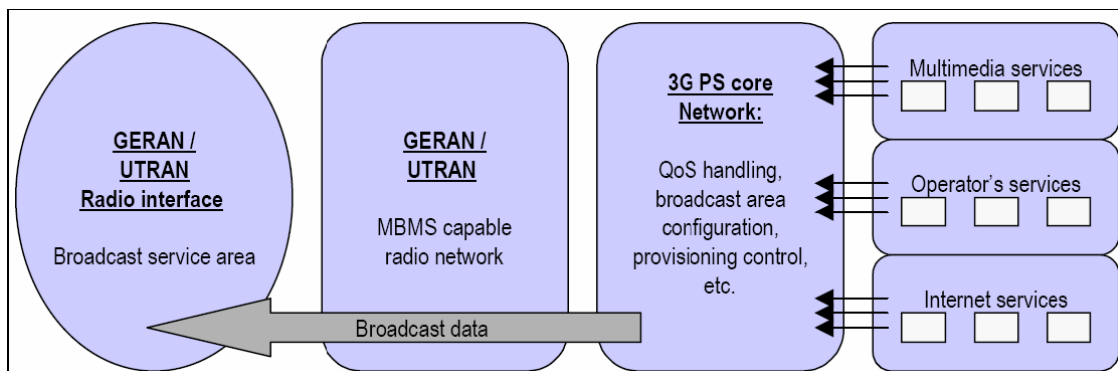
Η πρώτη επιλογή θεωρείται πιο ικανοποιητική, αλλά απαιτεί τη σχεδίαση ενός νέου πρωτοκόλλου και την τροποποίηση κάποιων δικτυακών οντοτήτων.

## 6.5. Τρόποι Μετάδοσης

Όπως φανερώνει η ονομασία Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS), υπάρχουν δύο τρόποι μετάδοσης υπηρεσιών.

### 6.5.1. Broadcast Mode

Η μετάδοση εκπομπής (broadcast mode) αναφέρεται σε PtM μεταδόσεις πολυμεσικών δεδομένων μιας κατεύθυνσης (unidirectional), από μια πηγή προς όλους τους δέκτες που βρίσκονται στην περιοχή εκπομπής. Τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω ενός κοινού φυσικού καναλιού. Το σχήμα 45 παρουσιάζει τη μετάδοση υπηρεσιών εκπομπής υψηλού ρυθμού μετάδοσης σε ένα MBMS δίκτυο, μέσω ενός CN μεταγωγής πακέτων.



Σχήμα 45

Η μετάδοση MBMS δεδομένων προσαρμόζεται στις περισσότερες RAN διατάξεις, εξαρτώμενη βέβαια από τη διαθεσιμότητα των πόρων. Ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να ποικίλει ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση των πόρων. Η υπηρεσία μπορεί να περιλαμβάνει μια ή περισσότερες συνόδους εκπομπής. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης των υπηρεσιών εκπομπής.

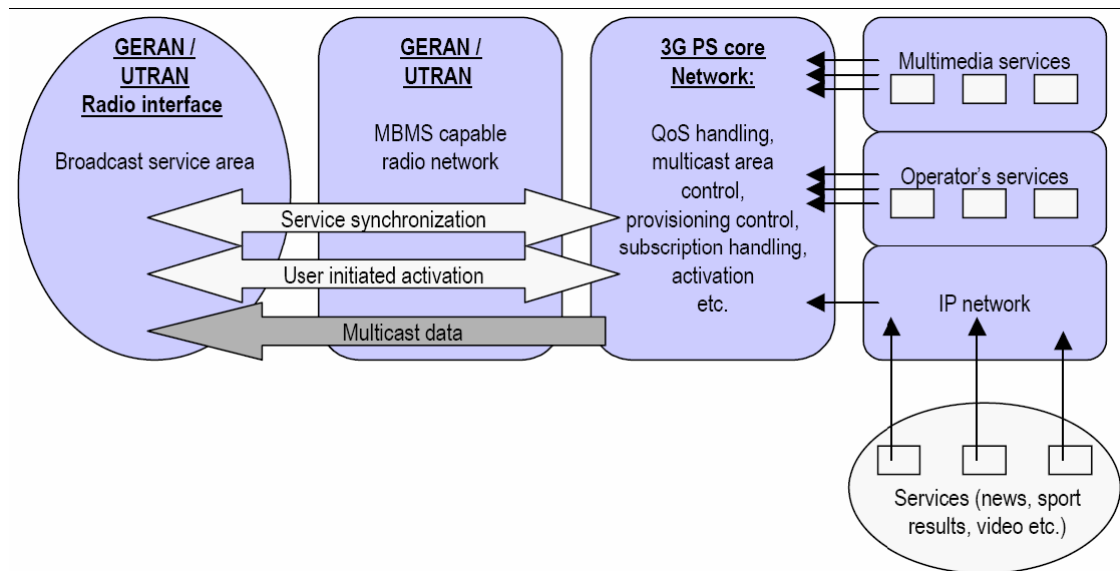
Η μετάδοση MBMS δεδομένων προσαρμόζεται στις περισσότερες RAN διατάξεις, εξαρτώμενη βέβαια από τη διαθεσιμότητα των πόρων. Ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να ποικίλει ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση των πόρων. Η υπηρεσία μπορεί να περιλαμβάνει μια ή περισσότερες συνόδους εκπομπής. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης των υπηρεσιών εκπομπής.

Η μετάδοση εκπομπής δεν εγγυάται τη διόρθωση σφαλμάτων. Παρόλα αυτά, η τερματική συσκευή μπορεί να ανιχνεύει τις απώλειες δεδομένων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια λήψης.

### 6.5.2. Multicast Mode

Η μετάδοση πολυεκπομπής (multicast mode) απαιτεί τη συνδρομή (subscription) του χρήστη στις αντίστοιχες υπηρεσίες. Η διαχείριση των συνδρομών και των ομάδων

είναι ευθύνη των network operators, των χρηστών ή των παρόχων υπηρεσιών. Στη μετάδοση πολυεκπομπής οι υπηρεσίες χρεώνονται, σε αντίθεση με την εκπομπή. Το σχήμα 47 παρουσιάζει τη μετάδοση υπηρεσιών πολυεκπομπής.



Σχήμα 47

Η μετάδοση πολυεκπομπής επιτρέπει στο δίκτυο την επιλεκτική μετάδοση στα κελιά που περιέχουν συνδρομητές που είναι συνδεδεμένοι στην ομάδα πολυεκπομπής. Όπως και στην περίπτωση εκπομπής, δεν παρέχονται εγγυήσεις για τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Παρόλα αυτά, η αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων μπορεί να βελτιωθεί, χρησιμοποιώντας κατάλληλες μεθόδους υψηλού επιπέδου.

## 6.6. Υλοποίηση

Όπως αναφέρθηκε, το MBMS εισάγει ένα νέο κόμβο (BM-SC) στα UMTS δίκτυα και απαιτεί τροποποιήσεις στους ήδη υπάρχοντες.

Ο BM-SC κόμβος είναι υπεύθυνος για την αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότηση των

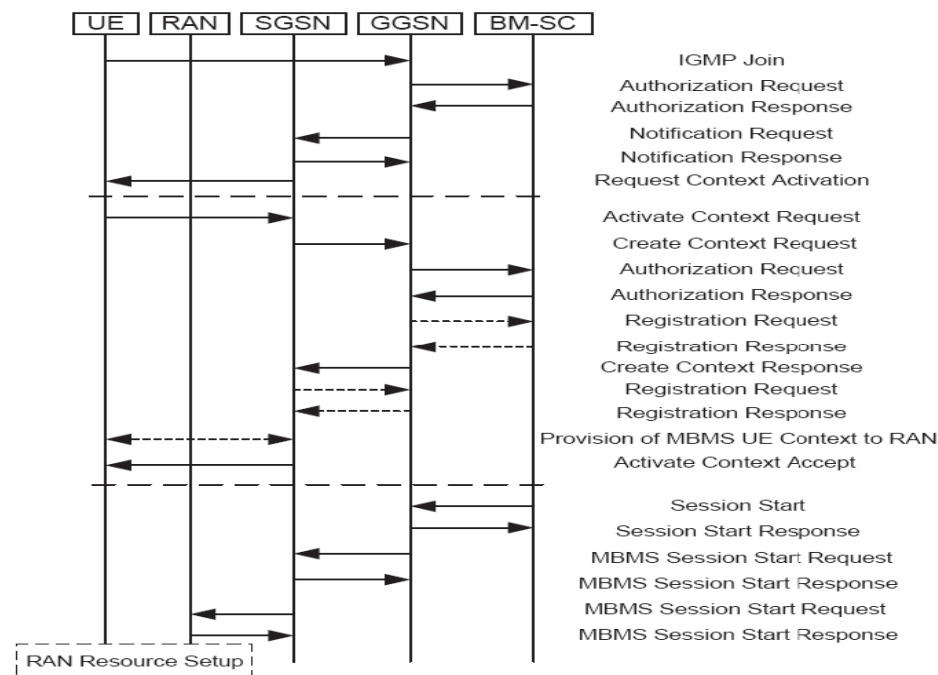
παρόχων περιεχομένου, λαμβάνοντας και πιθανόν τροποποιώντας τα δεδομένα τους πχ. κωδικοποιώντας τα δεδομένα και μεταφέροντάς τα στον GGSN προς μετάδοση. Επίσης, ο BM-SC ενδέχεται να επαναλάβει ολόκληρη τη μετάδοση ή τμήματά της για λόγους διόρθωσης σφαλμάτων. Τέλος παρέχει πληροφόρηση για τις παρεχόμενες υπηρεσίες (αναγγελίες υπηρεσιών και αρχικοποίηση bearers), ελέγχει αν ο χρήστης (UE) είναι ενεργός συνδρομητής της υπηρεσίας και εκκινεί τις φάσεις έναρξης και τερματισμού (start/stop phases).

Ο GGSN κόμβος ευθύνεται για τη μετάδοση των δεδομένων προς τους κατάλληλους SGSNs, δηλαδή προς όλους τους SGSNs σε περίπτωση εκπομπής και μόνο σε αυτούς που εξυπηρετούν μέλη ομάδων σε περίπτωση πολυεκπομπής. Ο SGSN αποστέλλει τα δεδομένα μέσω σηράγγων (tunnels) στα κατάλληλα RNCs ή BSCs, ανάλογα αν χρησιμοποιείται UTRAN ή GERAN. Επίσης ειδοποιεί το RAN προκειμένου να εγκαθιδρύσει/απελευθερώσει τους πραγματικούς bearers στις φάσεις έναρξης/τερματισμού.

Ο UE συνδέεται ή αποσυνδέεται από τις υπηρεσίες πολυεκπομπής, διαδικασία η οποία απαιτεί αλληλεπίδραση με το UMTS δίκτυο. Επίσης ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τις υπηρεσίες εκπομπής, γεγονός που αποτελεί τοπική διαδικασία. Δεδομένου ότι ο UE καταναλώνει τα δεδομένα, ευθύνεται για κάποιες εξειδικευμένες λειτουργίες πχ. αναπαραγωγή περιεχομένου (media playback).

Προκειμένου να λειτουργήσουν οι MBMS υπηρεσίες, ορίστηκε μια ομάδα διαδικασιών σηματοδότησης (signalling), ως επεκτάσεις των υπαρχόντων UMTS πρωτοκόλλων. Οι διαδικασίες αυτές κατηγοριοποιούνται σε:

- Διαδικασίες χρήστη (user specific) και
- Διαδικασίες συνόδου (session specific).



Σχήμα 49

Παραπάνω παρουσιάζονται οι διαδικασίες που εφαρμόζονται σε περιβάλλον πολυεκπομπής. Η πρώτη διαδικασία χρήστη είναι η MBMS Activation, η οποία εκτελείται όταν ένας UE αποστέλλει ένα IGMP (IPv4) ή MLD (IPv6) μήνυμα σύνδεσης (join message) υποδεικνύοντας την IP διεύθυνση της ομάδας πολυεκπομπής, στην οποία συμμετέχει (σχήμα 49). Ο GGSN κόμβος επιβεβαιώνει μέσω του BM-SC, αν ο χρήστης είναι συνδρομητής της συγκεκριμένης υπηρεσίας. Αν ναι, ο BM-SC (μέσω των GGSN και SGSN) κατευθύνει τον UE προς το GGSN ο οποίος αποτελεί την πηγή της υπηρεσίας.

Ακολουθεί η διαδικασία χρήστη MBMS Context Creation, η οποία εκτελείται από τον UE όταν η MBMS Activation ολοκληρωθεί (βλ. πρώτη διακεκομμένη γραμμή του σχήματος 49). Οι CN κόμβοι (BM-SC, GGSN, SGSN) κατόπιν δημιουργούν ένα MBMS UE Context (MUEC), το οποίο περιλαμβάνει πληροφορία για τον UE και την MBMS υπηρεσία. Όταν το πρώτο MUEC περιεχόμενο δημιουργηθεί (από τον GGSN ή SGSN), εκκινεί ή πρώτη διαδικασία συνόδου, η MBMS Registration. Κατά τη διαδικασία αυτή (βλ. διακεκομμένα βέλη του σχήματος 49), ο GGSN (ή SGSN)

ζητάει από το γονικό του BM-SC κόμβο (ή GGSN) να αποστείλει πληροφορίες σχετικές με την MBMS υπηρεσία. Ο απόγονος (child node) αποθηκεύει τις πληροφορίες σε ένα MBMS Bearer Context (MBC) της ομάδας, ενώ ο γονικός κόμβος σημειώνει στο δικό του MBC, ότι ο απόγονός του αιτείται λήψης υπηρεσίας. Χρησιμοποιώντας αυτές τις διαδικασίες, κάθε CN κόμβος γνωρίζει ποιοι UEs ενδιαφέρονται για λήψη υπηρεσιών και ποιοι απόγονοι πρέπει να λάβουν δεδομένα της υπηρεσίας. Παρόλα αυτά δεν έχει εγκαθιδρυθεί ακόμα κάποιος bearer. Όταν η μετάδοση των δεδομένων πρόκειται να ξεκινήσει (δεύτερη διακεκομμένη γραμμή του σχήματος 49), η δεύτερη διαδικασία συνόδου (MBMS Session Start) ειδοποιεί κάθε CN κόμβο ώστε να εγκαταστήσει bearers προς κάθε απόγονό του, ο οποίος έχει εγγραφεί στην υπηρεσία.

Οι υπόλοιπες διαδικασίες σηματοδότησης (δεν απεικονίζονται στο σχήμα 49) επιφέρουν αντίστροφα αποτελέσματα. Η MBMS Session Stop απελευθερώνει τους bearers, όταν η σύνοδος τερματισθεί. Η MBMS Deactivation εκτελείται από έναν UE, ο οποίος αποστέλλει ένα IGMP/MLD μήνυμα αποχώρησης (leave message) προς τον GGSN, όταν αιτηθεί τον τερματισμό λήψης δεδομένων. Η MBMS Context Deletion διαδικασία που ακολουθεί, διαγράφει το MUEC για το συγκεκριμένο UE, από τους CN κόμβους που τον εξυπηρετούν. Τέλος, όταν διαγραφεί το MUEC, ο CN κόμβος εκκινεί τη MBMS Deregistration διαδικασία, δεδομένου ότι δεν εξυπηρετεί άλλους UEs. Έτσι δηλώνει στο γονικό του κόμβο ότι δεν ενδιαφέρεται πλέον για την υπηρεσία και διαγράφει το αντίστοιχο MBC.

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκαν οι CN διαδικασίες σηματοδότησης, αφού οι αντίστοιχες RAN εξαρτώνται από την επιλογή χρήσης GERAN ή UTRAN. Ακολούθως παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά σημεία της MBMS σηματοδότησης, σε περιβάλλον UTRAN. Αρχικά σημειώνεται ότι το UTRAN δεν καταγράφει την κυψέλη στην οποία βρίσκεται ο UE. Κάτι τέτοιο θα αύξανε τις απαιτήσεις σηματοδότησης. Δεδομένου ότι κάθε UE ενημερώνει το CN για τη μετακίνησή του σε μια νέα περιοχή, μόνο οι PS (Packet Switched) συνδεδεμένοι UEs ενημερώνουν το RAN για τη μετακίνηση αυτή. Όταν ένας PS συνδεδεμένος UE εισέλθει σε μια

περιοχή (εξυπηρετούμενη από ένα RNC), εκτελείται η MBMS UE Linking διαδικασία, ενώ παράλληλα ο SGSN κόμβος αποστέλλει πληροφορίες στο RNC σχετικά με τις ομάδες στις οποίες ανήκει ο UE. Όταν ο UE εξέρχεται από την περιοχή ή όταν εγκαταλείπει την ομάδα, η MBMS UE De-Linking διαδικασία εκτελείται, προκειμένου να αποσύρει τις πληροφορίες από το RNC.

Ως αποτέλεσμα των προηγούμενων, το RNC δεν γνωρίζει το πλήθος των ενδιαφερομένων UEs σε κάθε κυψέλη, παρά μόνο το πλήθος των PS συνδεδεμένων UEs. Η πληροφορία αυτή είναι σημαντική για τη διαχείριση ενέργειας που εφαρμόζει το UTRAN. Οι PtP bearers απαιτούν μικρές ποσότητες ενέργειας για να εξυπηρετήσουν UEs, οι οποίοι βρίσκονται κοντά στο κέντρο της κυψέλης. Αντίθετα, οι PtM bearers απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας, προκειμένου να προσεγγίσουν τα σύνορα της κυψέλης. Άρα ίσως είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται ανεξάρτητοι PtP bearers αντί ενός κοινού PtM. Επομένως το RNC πρέπει να προσδιορίσει το πλήθος των ενδιαφερομένων UEs, ακόμη και στην περίπτωση που δεν είναι PS-connected. Η επιλογή σύνδεσης όλων των UEs μέσω PS απορρίπτεται, λόγω μεγάλου κόστους σηματοδότησης. Αντιθέτως, το RNC ζητάει από τους UEs να εγκαθιδρύσουν μια PS σύνδεση με το δίκτυο, βάσει κάποιας πιθανότητας. Ανάλογα με το πλήθος των συνδεδεμένων UEs, το RNC υπολογίζει το τελικό πλήθος των ενδιαφερομένων UEs. Για παράδειγμα, αν 3 UEs συνδεθούν με πιθανότητα 5%, προβλέπεται ότι 60 UEs ενδιαφέρονται για την υπηρεσία. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με αυξανόμενη πιθανότητα, ώστε το RNC να αυξήσει την εμπιστοσύνη, πριν αποφασίσει αν θα χρησιμοποιήσει PtP ή PtM bearers. Ο μηχανισμός αυτός ονομάζεται UE Counting.

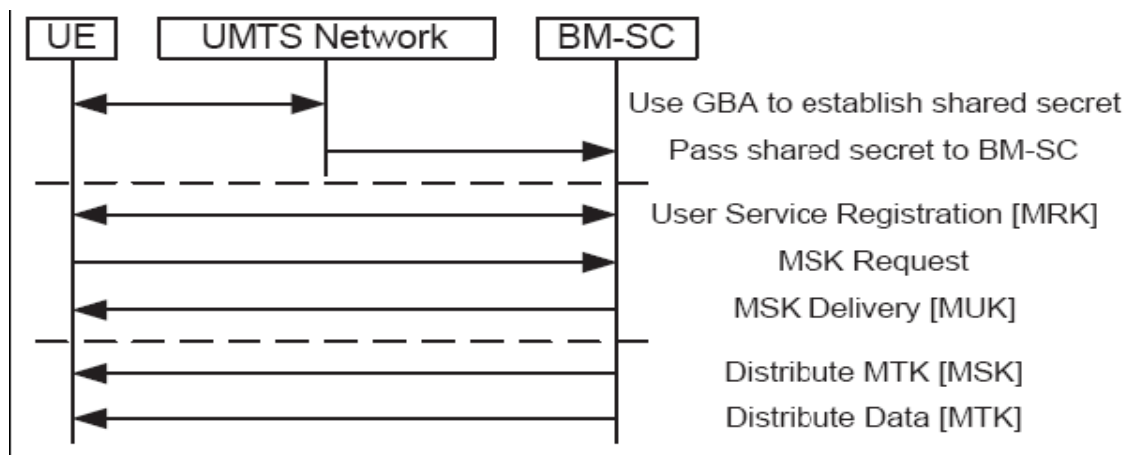
## 6.7. Ασφάλεια

Πριν από την εισαγωγή του συστήματος MBMS, όλες οι UMTS διαδικασίες



ασφάλειας εκτελούνταν χωριστά μεταξύ UE και δικτύου. Ύστερα από την αμοιβαία αυθεντικοποίηση, ένα κοινό μυστικό κλειδί μοιραζόταν μεταξύ UE και δικτύου. Το κλειδί αυτό βοηθούσε στη διασφάλιση της εμπιστευτικότητας (confidentiality) και ακεραιότητας (integrity) των μεταδιδόμενων δεδομένων, μέσω κρυπτογράφησης και ψηφιακής υπογραφής τους αντίστοιχα. Το MBMS επιτρέπει τη διανομή των δεδομένων σε πολλαπλούς UEs μέσω PtM bearers. Συνεπώς η εμπιστευτικότητα και ακεραιότητα πρέπει να επιτευχθούν σε μια one-to-many βάση. Αυτό σημαίνει ότι η πηγή πρέπει να μοιράζεται το μυστικό κλειδί με πολλαπλούς UEs. Το κλειδί πρέπει να ανανεώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να αποφεύγεται η χρήση του από UEs οι οποίοι έχουν αποχωρήσει από την υπηρεσία.

Ευτυχώς, η αρχιτεκτονική ασφάλειας του UMTS παρέχει υποστήριξη ασφάλειας επιπέδου εφαρμογής, επιτρέποντας στους UE και εξυπηρετητές εφαρμογών να μοιράζονται κοινά κλειδιά μεταξύ τους, με όποιο πρωτόκολλο επιθυμούν. Στο MBMS, το BM-SC δημιουργεί και διανέμει τα κλειδιά στους UEs, οι οποίοι συμμετέχουν στην υπηρεσία. Επίσης κρυπτογραφεί και/ή υπογράφει ψηφιακά το περιεχόμενο πριν τη μετάδοση. Ως αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται end-to-end εμπιστευτικότητα και ακεραιότητα μεταξύ BM-SC και UEs, διαφανώς (transparently) προς το UMTS δίκτυο.



Σχήμα 50

Αν μια MBMS υπηρεσία παρέχει μηχανισμούς ασφάλειας, υποδεικνύεται από την αναγγελία της. Όπως φαίνεται στο σχήμα 50, ένας UE που επιθυμεί να λάβει τέτοιου είδους υπηρεσία, πρέπει πρώτα να χρησιμοποιήσει την Generic Bootstrapping Architecture (GBA), προκειμένου να ορίσει το μυστικό κλειδί. Το κλειδί κατόπιν μεταφέρεται στο BM-SC μέσω του δικτύου. Στο σημείο αυτό (πρώτη διακεκομμένη γραμμή του σχήματος 50) το κοινό μυστικό κλειδί χρησιμοποιείται από τους UE και BM-SC ώστε να προκύψουν δύο ειδικά κλειδιά, το MBMS Request Key (MRK) και το MBMS User Key (MUK). Ο UE εκκινεί την User Service Registration διαδικασία με το BMSC, κατά τη διάρκεια της οποίας οι δύο πλευρές αυθεντικοποιούν η μια την άλλη, χρησιμοποιώντας το MRK. Αν ο UE αποτελεί συνδρομητή υπηρεσίας, θα είναι καταγεγραμμένος από το BM-SC ως παραλήπτης κλειδιών. Κατόπιν, ο UE εκτελεί την MSK Request διαδικασία, ζητώντας από το BM-SC το κλειδί για μια συγκεκριμένη MBMS υπηρεσία. Το BM-SC στέλνει το MBMS Service Key (MSK) στον UE με την MSK Delivery διαδικασία, χρησιμοποιώντας το MUK για να το προστατεύσει (δεύτερη διακεκομμένη γραμμή του σχήματος 50). Το BM-SC αποστέλλει περιοδικά νέα MSKs στους UEs ώστε να ακυρώσει παλιότερα κλειδιά.

Το πραγματικό περιεχόμενο προστατεύεται από το MBMS Traffic Key (MTK). Το κλειδί αυτό διανέμεται ως μέρος του περιεχομένου, προστατευόμενο από το MSK. Συνεπώς το MTK μεταδίδεται μέσω PtP ή PtM bearers προς όλους τους UEs, σε αντίθεση με τα προηγούμενα κλειδιά που αποστέλλονται μέσω PtP bearers σε ανεξάρτητους UEs. Το MTK ανανεώνεται περιοδικά, ώστε να ακυρώνονται παλιότερα κλειδιά. Σημειώνεται ότι ενώ τα MRK και MUK αφορούν το χρήστη (UE specific), τα MSK και MTK αφορούν την υπηρεσία και είναι κοινά για όλους τους UEs, οι οποίοι τη λαμβάνουν. Κατόπιν της λήψης του (προστατευόμενου από το MUK) MSK από τους UEs, χρησιμοποιείται για την ανάκτηση του MTK που έχει ληφθεί από όλους τους UEs. Τέλος, κάθε UE χρησιμοποιεί το κοινό MTK ώστε να αποκρυπτογραφήσει το προστατευόμενο περιεχόμενο.

## 6.8. IP Multicasting

Η IP δρομολόγηση πολυεκπομπής υφίσταται μια δεκαετία περίπου. Μια τεχνική αδυναμία είναι ότι η δρομολόγηση αυτή δεν κλιμακώνεται με βέλτιστο τρόπο. Οι unicast (αποκλειστικής διανομής) διευθύνσεις συγχωνεύονται (aggregated) σε κάθε δικτυακή περιοχή, επιτρέποντας στους δρομολογητές τη χρήση μιας μοναδικής καταχώρησης για γειτονικά δίκτυα. Αντίθετα, οι διευθύνσεις πολυεκπομπής είναι λογικές, επομένως γειτονικές διευθύνσεις μπορεί να αναφέρονται σε τελείως διαφορετικές και απομακρυσμένες ομάδες χρηστών. Ως αποτέλεσμα, κάθε δρομολογητής στο κανάλι διανομής μιας IP ομάδας πολυεκπομπής πρέπει να δεσμεύει μνήμη και να εκτελεί χωριστές διαδικασίες σηματοδότησης για κάθε ομάδα. Επίσης δεν υπάρχει μηχανισμός για καθολική εκχώρηση διευθύνσεων πολυεκπομπής και συνεπώς οι εφαρμογές πιθανόν να αντιμετωπίζουν συγκρούσεις (collisions).

Το πιο σημαντικό πρόβλημα είναι επιχειρηματικής υφής και όχι τεχνικής. Το ισχυρότερο κίνητρο που παρέχει η πολυεκπομπή στους παρόχους είναι η μείωση κόστους, όταν μεταδίδουν πολυμεσικά δεδομένα μέσω συνόδων. Οι IP ομάδες πολυεκπομπής είναι ανοικτές. Αυτό σημαίνει ότι ο καθένας μπορεί να λάβει δεδομένα που αποστέλλονται προς την ομάδα, χωρίς την εξουσιοδότηση του αποστολέα. Επίσης ο καθένας μπορεί να στείλει δεδομένα προς την ομάδα, χωρίς την εξουσιοδότηση των δεκτών. Οι πάροχοι περιεχομένου είναι διστακτικοί ως προς τη χρήση μιας υπηρεσίας η οποία δεν παρέχει εγγυήσεις, ότι οι δέκτες θα τους αποζημιώνουν. Οι δέκτες από την πλευρά τους είναι διστακτικοί ως προς την πληρωμή υπηρεσιών, τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιούν παράνομα, κάποιοι αποστολείς.

Οι MBMS υπηρεσίες ορίζονται σε σχέση με κάποιο συγκεκριμένο UMTS δίκτυο. Συνεπώς η εμβέλειά τους περιορίζεται σε αυτό το δίκτυο. Ως αποτέλεσμα, αν και το MBMS φαίνεται αρχικά να μην προσφέρει βελτιώσεις συγκρινόμενο με την IP πολυεκπομπή αφού απαιτεί χωριστές καταχωρήσεις για κάθε ομάδα πολυεκπομπής, παρόλα αυτά το πλήθος των ομάδων ανά δίκτυο είναι μικρότερο, δεδομένου ότι οι MBMS ομάδες περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο UMTS δίκτυο.

Στο περιβάλλον IP πολυεκπομπής χρειάζονται καταχωρήσεις δρομολόγησης για κάθε εισερχόμενη διεπαφή (interface) ενός δρομολογητή (router). Στο MBMS υπάρχει μόνο μια εισερχόμενη διεπαφή, αυτή που προέρχεται από το γονικό κόμβο, δηλαδή το BM-SC. Άρα μια μοναδική καταχώρηση ανά ομάδα απαιτείται για κάθε κόμβο. Τέλος, στο MBMS δεν συμβαίνουν συγκρούσεις διευθύνσεων, αφού κάθε ομάδα ορίζεται ως προς κάποιο συγκεκριμένο UMTS δίκτυο και όλες οι διευθύνσεις εκχωρούνται από το BM-SC.

Η πιο σημαντική διαφορά είναι ότι οι MBMS ομάδες είναι κλειστές. Δηλαδή, οι UEs υποχρεούνται να εγγραφούν συνδρομητές μιας υπηρεσίας, πριν συνδεθούν σε αυτήν και επίσης, μόνο το BM-SC επιτρέπεται να αποστέλλει δεδομένα στην ομάδα. Οι δέκτες εξουσιοδοτούνται πριν συνδεθούν στην υπηρεσία και το δίκτυο, τους χρεώνει με έναν ευέλικτο τρόπο. Το δίκτυο ελέγχει ποιος διαχειρίζεται τις υπηρεσίες, άρα εμποδίζει τρίτες οντότητες από την αποστολή δεδομένων σε μια υπηρεσία πολυεκπομπής.

Επομένως, ένα ελκυστικό επιχειρηματικό μοντέλο προσφέρεται στους παρόχους περιεχομένου και τους χρήστες. Βέβαια το MBMS είναι λιγότερο ευέλικτο από την IP πολυεκπομπή και συνεπώς δεν στοχεύει στην αντικατάστασή της. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή τηλεδιάσκεψης είναι ακατάλληλη για το MBMS. Το MBMS ταιριάζει για διανομή περιεχομένου από μια πηγή προς μεγάλες ομάδες δεκτών.

## 6.9. Προκλήσεις

Το MBMS αντιμετωπίζει με επιτυχία κάποιους από τους περιορισμούς της IP πολυεκπομπής, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Επίσης προσδοκεί να κατακτήσει ένα σημαντικό κομμάτι της αγοράς, έστω και αν ανταγωνίζεται το DVB-H. Αρχικά πρέπει όμως να αντιμετωπισθούν κάποιες τεχνικές και επιχειρηματικές προκλήσεις.

Καθώς το MBMS εισάγει πολυπλοκότητα στα UMTS δίκτυα, πρέπει να αποφέρει οφέλη τα οποία θα αντισταθμίζουν τα κόστη. Δεδομένου ότι ο πιο σημαντικός πόρος σε ένα UMTS δίκτυο αποτελεί η ενέργεια μετάδοσης, οι MBMS υπηρεσίες πρέπει να χρησιμοποιούν ένα μοναδικό PtM bearer ώστε να εξυπηρετούν μεγάλο πλήθος χρηστών, με σταθερό κόστος. Καθώς όμως οι PtM bearers εξυπηρετούν τους UEs που βρίσκονται στα άκρα της κυψέλης, περιορίζουν σημαντικά τη διαθέσιμη ενέργεια για τις υπόλοιπες UMTS υπηρεσίες.

Προκειμένου να μειωθούν οι απαιτήσεις ενέργειας των PtM bearers, το MBMS μπορεί να χρησιμοποιήσει macro-diversity τεχνικές, όπου ο Node-B κόμβος μεταδίδει τα δεδομένα με λιγότερη ενέργεια, από ότι χρειάζεται ώστε να προσεγγισθούν αξιόπιστα τα άκρα της κυψέλης. Αυτό συμβαίνει υποθέτοντας ότι οι UEs θα συνδυάζουν τις μεταδόσεις γειτονικών Node-Bs και κατόπιν θα επανακατασκευάζουν τα μεταδιδόμενα δεδομένα. Από την πλευρά του δικτύου απαιτείται συγχρονισμός των MBMS μεταδόσεων διαφορετικών κυψελών, ώστε να είναι εφικτός ο συνδυασμός τους. Όσο αφορά τον UE, απαιτείται η δυνατότητα λήψης και αποκωδικοποίησης ομοίων περιεχομένων από πολλαπλούς μεταδότες ταυτόχρονα, είτε με επιλεκτικό συνδυασμό (selective combining) δηλαδή ανεξάρτητη αποκωδικοποίηση των bits από κάθε μετάδοση, ή με soft combining δηλαδή ενοποιημένη αποκωδικοποίηση των bits κάθε μετάδοσης. Οι macro-diversity τεχνικές υπόσχονται πολλά ως προς τη μείωση απαιτήσεων ενέργειας των PtM bearers.

Ο σημαντικότερος παράγοντας επιτυχίας του MBMS είναι επιχειρηματικός και σχετίζεται με το ερώτημα κατά πόσο δημοφιλείς θα είναι οι MBMS υπηρεσίες. Για μη-δημοφιλείς υπηρεσίες θα χρησιμοποιηθούν PtP bearers. Έτσι αντί εξοικονόμησης ενέργειας, η πολύπλοκη MBMS σηματοδότηση θα οδηγήσει σε επιπλέον δικτυακό φόρτο, από ότι μια απλή unicast υπηρεσία. Ακόμα και αν μια υπηρεσία είναι δημοφιλής ώστε να εγγυάται τη χρήση PtM bearers, η χρησιμοποιούμενη macrodiversity

πολλών κυψελών θα χρειάζεται μετάδοση του ίδιου περιεχομένου με PtM τεχνική. Ως αποτέλεσμα, μόνο οι πολύ δημοφιλείς MBMS υπηρεσίες θα μπορούν να μειώσουν το κόστος των PtM bearers και της MBMS σηματοδότησης μεταξύ πολλών UEs.

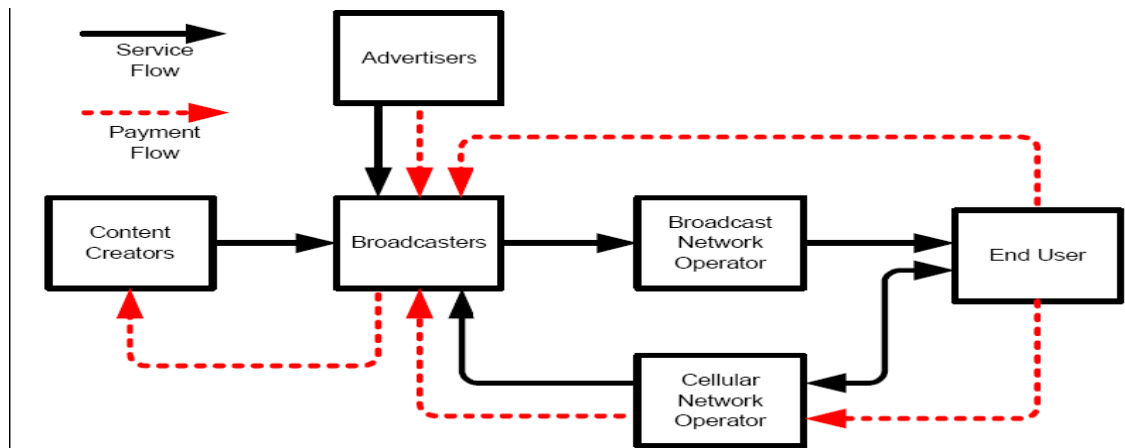
Τέλος, σημαντική θεωρείται η δυνατότητα χρήσης του καναλιού επιστροφής (return channel). Η δυνατότητα αυτή μπορεί να προωθήσει σημαντικά το MBMS σε σχέση με το DVB-H. Ένα παράδειγμα χρήσης του καναλιού επιστροφής είναι η αποστολή αναβαθμίσεων λογισμικού σε κινητές συσκευές. Μόνο συγκεκριμένες συσκευές θα ενδιαφέρονται για αναβαθμίσεις και θα χρειάζεται ασφαλώς το κανάλι επιστροφής για την επιδιόρθωση των κατεστραμμένων τμημάτων δεδομένων.

## **7. Επιχειρηματικά Μοντέλα (Business Models)([27],[9])**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται πιθανά επιχειρηματικά μοντέλα (business models) που εφαρμόζονται σε όλα τα Mobile TV πρότυπα (DVB-H, T-DMB, ISDBT). Το απλούστερο μοντέλο οριζόντιας αγοράς που αφορά αφιερωμένους (πχ. DVB-H) δέκτες, δεν παρουσιάζεται, δεδομένου ότι απαιτείται χρόνος μέχρις ότου οι (DVB-H) δέκτες γίνουν διαθέσιμοι σε προσιτές (gadget) τιμές.

### **7.1. Broadcaster-led Προσέγγιση με Συμμετοχή Mobile Telecom Operator**

Στο μοντέλο αυτό, οι broadcasters διαχειρίζονται την τελική σχέση με τον καταναλωτή (σχήμα 51).



Σχήμα 51

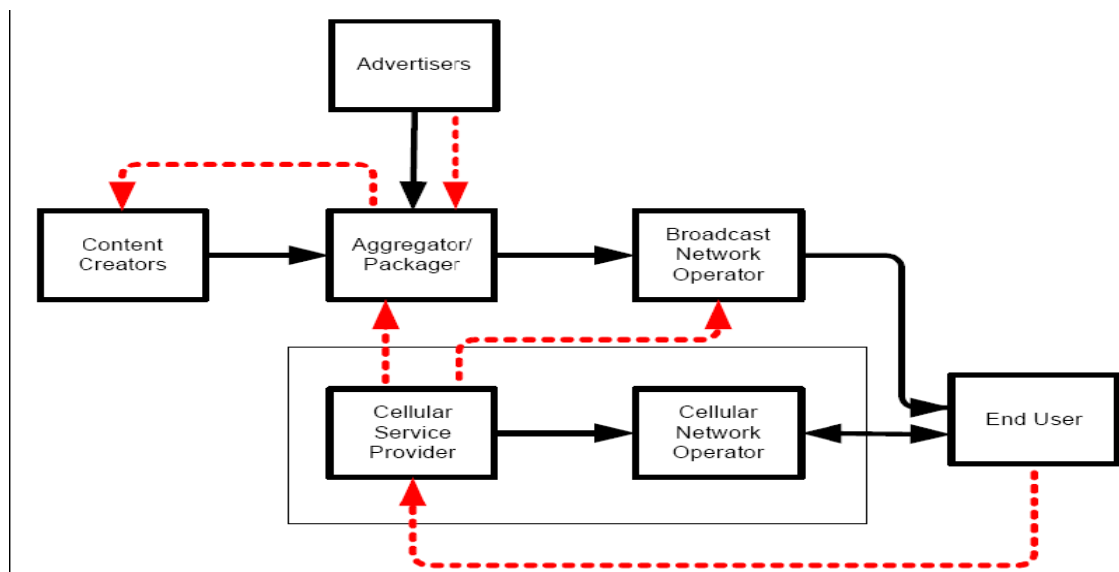
Ο broadcaster δέχεται τις πληρωμές για τη χρήση της υπηρεσίας. Οι καταναλωτές χρεώνονται βάσει συνδρομής ή ποσών που καθορίζονται από τον telecom (cellular) network operator. Ο broadcaster επωφελείται επίσης από τις διαφημίσεις. Οι καταναλωτές μπορούν να πληρώνουν περισσότερους από έναν παρόχους υπηρεσιών,

προκειμένου να λαμβάνουν διαφορετικές υπηρεσίες. Αν υποστηριχθούν αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες, θα υλοποιηθεί ανεξάρτητη διαδικασία χρέωσης των καταναλωτών από τους mobile telecom operators.

Η εμπλοκή του mobile telecom operator θα είναι πιθανόν περιορισμένη, εκτός από τη συμμετοχή του στις ενοποιημένες (linked) υπηρεσίες. Δεδομένου του αρχικά υψηλού κόστους των (DVB-H) δεκτών, η διείσδυση της αγοράς θα είναι αργή, αν δεν δοθούν κίνητρα για προσφορές.

## 7.2. Mobile Telecom Operator-led Προσέγγιση με Συμμετοχή Broadcaster

Στην περίπτωση αυτή, η τελική σχέση με τον καταναλωτή διαχειρίζεται από τους mobile telecom operators (σχήμα 52), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την προώθηση των υπηρεσιών, τις διαφημιστικές καμπάνιες και την υποστήριξη των πελατών. Επιπροσθέτως, οι mobile telecom operators θα αναγκασθούν να αγοράσουν φάσμα και περιεχόμενο από τους broadcasters και άλλους παρόχους περιεχομένου. Οι καταναλωτές αποκτούν πρόσβαση σε μια ολοκληρωμένη υπηρεσία, το οποίο σημαίνει ότι ένα πλήρες πακέτο προσφέρεται από έναν πάροχο υπηρεσιών.



Σχήμα 52

Ως παραλλαγή, οι mobile telecom operators μπορούν να διαχειρισθούν απευθείας τις διαφημίσεις. Ενώ οι mobile telecom operators θα είναι υπεύθυνοι για τη γενική

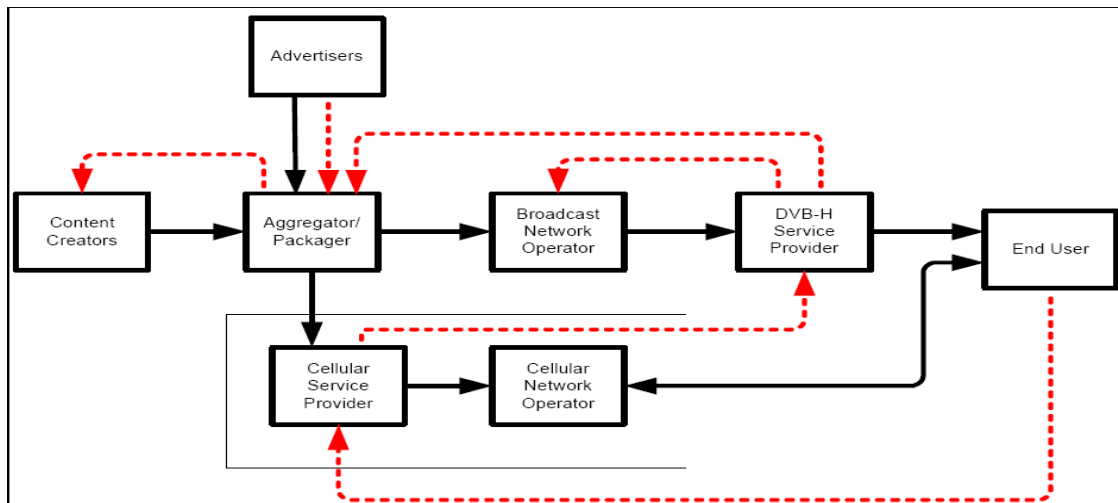


προώθηση των υπηρεσιών, οι broadcasters ενδέχεται να διαφημίζουν ανεξάρτητα τηλεοπτικά προγράμματα.

Για τα προγράμματα που επιφέρουν έσοδα πχ. υπηρεσίες τηλε-ψηφοφορίας, οι broadcasters θα είναι υπεύθυνοι για την προώθηση του προγράμματος, ενώ οι mobile telecom operators για τη χρέωση. Τα έσοδα θα κατανέμονται στις δύο συνεργαζόμενες πλευρές.

### **7.3. Προσέγγιση Ανεξάρτητου Παρόχου DVB-H Υπηρεσιών**

Στο μοντέλο αυτό, ο mobile telecom operator διαχειρίζεται την τελική σχέση με τον καταναλωτή και είναι υπεύθυνος για την προώθηση των υπηρεσιών, τις διαφημιστικές καμπάνιες και την υποστήριξη των πελατών. Ένας αφιερωμένος πάροχος (DVB-H) υπηρεσιών διευκολύνει τους mobile operators ως προς την ολοκλήρωση του περιεχομένου και τη χρήση του φάσματος. Οι καταναλωτές αποκτούν πρόσβαση σε μια ολοκληρωμένη υπηρεσία, το οποίο σημαίνει ότι ένα πλήρες πακέτο προσφέρεται από έναν πάροχο υπηρεσιών (σχήμα 53).

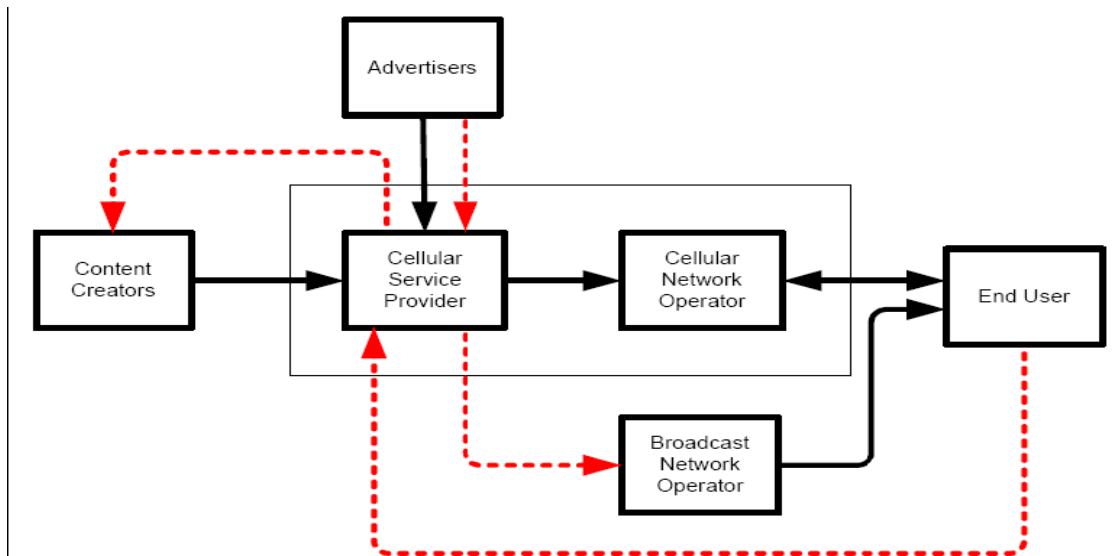


Σχήμα 53

Παραλλαγές του μοντέλου περιλαμβάνουν τη διαχείριση των διαφημίσεων απευθείας από τον πάροχο (DVB-H) υπηρεσιών.

#### 7.4. Mobile Telecom Operator-led Προσέγγιση

Στην τελευταία περίπτωση, ο mobile telecom operator είναι υπεύθυνος για όλα τα θέματα της αλυσίδας αξίας (value chain), από το δημιουργό περιεχομένου μέχρι τον καταναλωτή. Οι broadcasters και οι broadcast network operators παρέχουν απλά τους πόρους για τη μετάδοση των (DVB-H) υπηρεσιών. Οι καταναλωτές αποκτούν πρόσβαση σε μια ολοκληρωμένη υπηρεσία, το οποίο σημαίνει ότι ένα πλήρες πακέτο προσφέρεται από έναν πάροχο υπηρεσιών (σχήμα 54).



Σχήμα 54

Το μοντέλο αυτό προσδίδει πρωτεύουσα θέση στους telecom operators και εμπλέκει σε μικρό βαθμό τους broadcasters.

## 8. Αξιολόγηση DTV Συστημάτων Εκπομπής σε Κινητές Συσκευές στην Ευρώπη([27],[9])

### 8.1. Εισαγωγή

Τα συστήματα εκπομπής ψηφιακού τηλεοπτικού (Digital TV – DTV) σήματος σε κινητές συσκευές που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια απεικονίζονται στον πίνακα 9, συναρτήσεσι του είδους εκπομπής, της συχνότητας που χρησιμοποιούν και του τύπου εφαρμογής τους.

Μοντέλο	Είδος εκπομπής	Συχνότητα	Τόπος εφαρμογής
DVB-H	επίγεια	<1GHz	Ευρώπη, Ηνωμένες; Πολιτείες
T-DMB	επίγεια	<1GHz	Ευρώπη, Κορέα
ISDB-T	επίγεια	<1GHz	Ιαπωνία
MEDIAFLO	επίγεια	<1GHz	Ηνωμένες Πολιτείες
MBMS	κινητής τηλεφωνίας	>1GHz	Ευρώπη

Πίνακας 9

Η πληθώρα των συστημάτων ανεβάζει το επίπεδο του ανταγωνισμού. Όλα τα συστήματα προσφέρουν προσέγγιση εκπομπής, όπου ένας μεταδότης εξυπηρετεί ένα μεγάλο πλήθος ταυτόχρονων δεκτών, χρησιμοποιώντας OFDM. Τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τις τεχνολογίες περιλαμβάνουν: το πλήθος των OFDM φερόντων που χρησιμοποιούνται, το εύρος ζώνης, την τεχνική διαμόρφωσης και το σχήμα αντιμετώπισης σφαλμάτων.

Αν και οι παραλλαγές των τεχνικών χαρακτηριστικών επηρεάζουν τη σχεδίαση των υπηρεσιών και των δικτύων, η επιτυχία των υπηρεσιών αυτών εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως:

- Πως χαρακτηρίζονται οι παρεχόμενες υπηρεσίες; Εκπομπής, τηλεπικοινωνιών ή και τα δύο;
- Ποιοι είναι οι πάροχοι υπηρεσιών, οι δημιουργοί περιεχομένου (content creators) και οι content aggregators;

- Ποια είναι τα κατάλληλα επιχειρηματικά μοντέλα;
- Απαιτείται ή όχι στενή συνεργασία μεταξύ παρόχων υπηρεσιών, περιεχομένου και δικτύων;
- Ποιος από τους προαναφερθέντες έχουν την άμεση επαφή με τον πελάτη;
- Υπάρχει μια end-to-end λύση στην αγορά, ή πρέπει να επιλυθούν περαιτέρω θέματα εμπορικής, τεχνολογικής και ρυθμιστικής υφής;

Αποσκοπώντας σε μια αξιολόγηση των συστημάτων αυτών στα πλαίσια του ευρωπαϊκού χώρου, πρέπει να τεθούν κάποιες υποθέσεις και περιορισμοί, δεδομένου ότι κάποια από τα συστήματα δεν ενδιαφέρουν την Ευρωπαϊκή Κοινότητα για διάφορους λόγους.

## 8.2. MediaFLO, ISDB-T, MBMS

Το σύστημα MediaFLO έχει υλοποιηθεί από την αμερικάνικη εταιρεία Qualcomm και αποτελεί μια προσπάθεια μετάδοσης ήχου και εικόνας υψηλής ποιότητας, σε εκατομμύρια συνδρομητές μέσω ασύρματων δικτύων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Δεδομένου ότι αποτελεί κλειστό (proprietary) σύστημα προσαρμοσμένο στα δεδομένα της συγκεκριμένης ηπείρου, δεν αναμένεται να απασχολήσει τον ευρωπαϊκό χώρο. Επίσης, αρνητικές προϋποθέσεις δημιουργεί η απαίτηση εγκατάστασης κατάλληλου Κέντρου Διαχείρισης Δικτύου (Network Operation Center), αποτελούμενου από Εθνικά (National) και Τοπικά Κέντρα Διαχείρισης (Local Operation Centers). Τέλος, η εγκατάσταση FLO μεταδοτών δεν ευνοείται, δεδομένου του ήδη υπάρχοντος πλήθους εγκατεστημένων DVB-T/H και DAB/TDMB μεταδοτών στον ευρωπαϊκό χώρο.

Το σύστημα ISDB-T σχεδιάσθηκε ώστε να παρέχει ολοκληρωμένες υπηρεσίες

μετάδοσης ήχου, εικόνας και δεδομένων μέσω δορυφορικών, επίγειων ή καλωδιακών δικτύων, στην Ιαπωνία. Παρόλο που το σύστημα αυτό κρίνεται πολύ αξιόλογο, δεν πρόκειται να εφαρμοσθεί σε καμία χώρα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, διότι προσφέρει παρόμοιες υπηρεσίες με το DVB-T/H, το οποίο είναι ήδη εγκατεστημένο σε ευρεία κλίμακα.

Το σύστημα MBMS αποτελεί μια εναλλακτική τεχνολογία διανομής DTV υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας τα UMTS δίκτυα. Το 3GPP Consortium σχεδίασε τη MBMS τεχνολογία, για τη μαζική αποστολή πολυμεσικών περιεχομένων σε UMTS τερματικές συσκευές και μάλιστα με διαδραστικό (interactive) τρόπο. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του MBMS αποτελεί η ύπαρξη του καναλιού επιστροφής – αλληλεπίδρασης (UMTS uplink). Παρόλα αυτά, συγκριτικές δοκιμές που έγιναν σε σχέση με το DVB-H, έδειξαν ότι το MBMS υστερεί ως προς το πλήθος των ταυτόχρονων καναλιών ανά κυψέλη (cell capacity), το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (bit rate) και την ανάλυση εικόνας (video resolution). Το MBMS δεν φαίνεται να ενδιαφέρει ιδιαίτερα προς το παρόν τη βιομηχανία εκπομπής ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος σε κινητές συσκευές, διότι οι σύγχρονες Internet-based εφαρμογές απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης, που δεν μπορεί να προσφέρει το σύστημα MBMS.

### **8.3. DVB-H vs. T-DMB**

#### **8.3.1. Ανταγωνιστικά ή Συμπληρωματικά Πρότυπα;**

Τα ψηφιακά συστήματα εκπομπής DVB-H και T-DMB έχουν υλοποιηθεί και είναι έτοιμα προς διάθεση στην ευρωπαϊκή αγορά. Όπως έχει αναφερθεί στα αντίστοιχα κεφάλαια, το DVB-H βασίζεται στην ενθυλάκωση IP τμημάτων σε MPEG-2 TSs, χρησιμοποιώντας το φυσικό επίπεδο του DVB-T. Το T-DMB βασίζεται στο φυσικό επίπεδο του DAB, εφαρμόζοντας την ίδια MPEG-2 TS διεπαφή με το DVB-H.

Τα συστήματα αυτά υπόκεινται σε διάφορους περιορισμούς ανάλογα με την περιοχή υπηρεσιών που εφαρμόζονται. Στις περισσότερες περιπτώσεις, κάποιο από τα δύο συστήματα είναι καταλληλότερο, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως: βιωσιμότητα του επιχειρηματικού μοντέλου, διαθεσιμότητα φάσματος, κόστος δικτύων διανομής, διαθεσιμότητα και κόστος των τερματικών συσκευών, συνύπαρξη με άλλα συστήματα κλπ.

Τα DVB-H και T-DMB είναι τεχνικώς παρόμοια στο φυσικό επίπεδο καθώς χρησιμοποιούν OFDM μέθοδο πολύπλεξης. Θα ήταν ενδιαφέρον να αναπτυχθεί μια κοινή στοίβα πρωτοκόλλων, η οποία θα οδηγήσει σε απλούστευση υλοποίησης των κυκλωμάτων (chipsets). Μια συνδυασμένη DxB προσέγγιση, που χρησιμοποιεί τα DVB-T και DAB φυσικά επίπεδα, θα οδηγήσει σε σημαντικές οικονομίες κλίμακας και μείωση του κόστους για τους καταναλωτές.

Αυτή η προσέγγιση θα επιτρέψει στους broadcasters να πετύχουν το στόχο “create once, distribute in many ways”, δεδομένου ότι τα περιεχόμενα θα μεταδίδονται μέσω DVB-T ή DAB συστημάτων. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να αναπτυχθούν κοινά μορφότυπα, πρωτόκολλα και middleware εφαρμογές, ώστε να λαμβάνεται υπόψη η κλιμάκωση (scalability) σε ένα περιβάλλον διαφορετικών χωρητικότητας μετάδοσης και να διασφαλίζεται η συμβατότητα με προϋπάρχοντα συστήματα.

Οι τρέχουσες υλοποιήσεις χαρακτηρίζονται από σημαντικές διαφοροποιήσεις στο φυσικό επίπεδο και τις υποστηρικτικές διαδικασίες, όπως middleware, μορφότυπα κωδικοποίησης, ESG (Event Schedule Guide) metadata και πρωτόκολλα μετάδοσης. Η αίσθηση που κυριαρχεί είναι ότι οι πρωταγωνιστές των δύο συστημάτων δε θα αργήσουν να υλοποιήσουν τις πρώτες υπηρεσίες, οι οποίες θα περιέχουν κοινά στοιχεία.

### **8.3.2. Σύγκριση Κόστους και Αποτελεσματικότητας Μετάδοσης**

Δεδομένου ότι τα DVB-H, T-DMB βασίζονται στην OFDM διαδικασία μετάδοσης, θεωρητικά αναμένεται ότι η απαιτούμενη ισχύς μετάδοσης υπηρεσιών ήχου και εικόνας, θα είναι παρόμοια.

Στη Γερμανία διεξήχθη έρευνα από το broadcaster Hessische Rundfunk<sup>81</sup> και την IRT82 προκειμένου να υπολογισθεί η κάλυψη που προσφέρουν τα δύο συστήματα εκπομπής. Το ήδη υπάρχον δίκτυο DVB-T μεταδοτών χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση κάλυψης μέσω DVB-H (χρησιμοποιώντας 16-QAM), ενώ το T-DAB δίκτυο για την αντίστοιχη T-DMB. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον πίνακα 10. Το ποσοστό κάλυψης είναι παρόμοιο στα δύο συστήματα. Στην περίπτωση του DVB-H κυμαίνεται περίπου στο 50%, ενώ του T-DMB αγγίζει το 60%. Αν και οι μετρήσεις ευνοούν το T-DMB, δεν αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για λήψη μελλοντικών αποφάσεων. Η απαιτούμενη ισχύς μετάδοσης ανά υπηρεσία είναι περίπου ίδια στις δύο περιπτώσεις. Αν οι έξοδοι των μεταδοτών αθροιστούν, είναι φανερό ότι το DVB-H απαιτεί 10 φορές υψηλότερη ισχύ μετάδοσης, σε σχέση με τα T-DMB δίκτυα. Παρόλα αυτά, ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι 9 φορές υψηλότερος στην περίπτωση του DVB-H.

Δίκτυο Μετάδοσης	Πλήθος Μεταδοτών	Ισχύς Μεταδοτών	Data Rate	Εξυπηρετούμενος πληθυσμός(%)σε εσωτερική φορητή λήψη
DVB-H	12	550kw	9,9Mbits/s	47,7
T-DMB	9	57kw	1,1Mbits/s	59,2
Διαφορά		~10x	~9x	

Πίνακας 10



Το κόστος μετάδοσης αυξάνεται συναρτήσει του ρυθμού δεδομένων και της απαιτούμενης ισχύος μετάδοσης. Δεδομένου ότι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στην περίπτωση του DVB-H είναι 9 φορές υψηλότερος, αναμένεται ότι το κόστος του κατάλληλου πολυπλέκτη θα είναι κατά 9 φορές πολλαπλάσιο, σε σχέση με το TDMB. Στην πράξη όμως, η καμπύλη κόστους δεν αυξάνεται γραμμικά συναρτήσει των δύο παραγόντων που αναφέρθηκαν, διότι τα κόστη εξαρτώνται από πιθανές συνεργασίες και από άλλους εξωγενείς παράγοντες. Σε κάθε περίπτωση, η σημαντικότερη διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα παραμένει η εκχώρηση φάσματος και το ποσοστό του τελικού ρυθμού δεδομένων που είναι διαθέσιμο σε κάθε πολυπλέκτη. Χρησιμοποιώντας έναν μεγάλο πολυπλέκτη (αντί πολλών μικρών) επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη μετάδοση πληθώρας υπηρεσιών. Αντίθετα, όταν οι υπηρεσίες είναι σχετικά λίγες, ένα περιορισμένο πλήθος μικρότερων μεταδοτών οδηγεί σε πιο ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Μια τεχνική ανάλυση που διεξήχθη στη Γαλλία από την TDF, απέδειξε ότι το TDMB είναι καταλληλότερο όταν λιγότερες από 10 υπηρεσίες μεταδίδονται. Σε αντίθετη περίπτωση, το DVB-H κρίνεται καταλληλότερο.

### 8.3.3. Επιχειρηματολογία T-DMB

Οι υποστηρικτές του συστήματος T-DMB θεωρούν ότι το DAB ανταποκρίνεται καλύτερα στις τεχνικές απαιτήσεις των κινητών τερματικών, στην περίπτωση που ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ανά υπηρεσία δεν υπερβαίνει τα 300 kbit/s. Ο πολυπλέκτης χρειάζεται μικρότερη προσπάθεια για τη διαχείριση των υπηρεσιών. Μέσω του DAB φυσικού επιπέδου μπορούν να μεταδοθούν 4 έως 6 προγράμματα, ενώ στην περίπτωση του DVB-H απαιτούνται άνω των 30. Το μεγάλο πλήθος προγραμμάτων τυγχάνει δυσκολότερης διαχείρισης, ειδικά αν ο πάροχος περιεχομένου διαχειρίζεται από μόνος του τον πολυπλέκτη.

Το σύστημα DAB χρησιμοποιεί την Differential Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK) τεχνική διαμόρφωσης, η οποία θεωρείται απλούστερη σε σχέση με την αντίστοιχη (16-QAM) του DVB-H. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση πολυπλοκότητας στο δέκτη κατά την αποδιαμόρφωση και μικρότερη κατανάλωση ενέργειας (σε σχέση με το DVB-H). Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται από το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων.

Το DAB χρησιμοποιεί μικρότερο εύρος ζώνης. Επομένως τα δίκτυα μεταδοτών απαιτούν πολύ λιγότερη ισχύ συγκρινόμενα με τα αντίστοιχα DVB-H. Το σύστημα DAB παρέχει αποτελεσματικότερη διαχείριση του διαθέσιμου φάσματος, σε μεγάλα SFNs. Επιπλέον, οι service operators διαχειρίζονται αποδοτικότερα τους πόρους συχνοτήτων, ικανοποιώντας τα ατομικά τους σχέδια. Το εύρος ζώνης του καναλιού είναι 1,5 MHz, στην περίπτωση του T-DMB. Επομένως ενθυλακώνεται 3 φορές μέσα σε ένα UMTS κανάλι των 5 MHz. Επιπροσθέτως, η L-band ζώνη συχνοτήτων δε χρησιμοποιείται πολύ για υπηρεσίες ήχου και άρα υπάρχει διαθέσιμο φάσμα για τους DAB πολυπλέκτες στη ζώνη αυτή.

Όπως αναφέρθηκε, το DVB-H προσφέρει άνω των 30 προγραμμάτων (για μικρές οθόνες), χρησιμοποιώντας 16-QAM διαμόρφωση. Έτσι αναπτύσσεται ένα κάθετο επιχειρηματικό μοντέλο, όπου ένας multiplex operator (ο οποίος πιθανόν είναι ανεξάρτητος από τον πάροχο περιεχομένου) είναι υπεύθυνος για ολόκληρη την υπηρεσία. Με τον τρόπο αυτόν, υποστηρίζεται ένα μονοπωλιακό μοντέλο αγοράς, αν ένας μόνο DVB-H πολυπλέκτης είναι διαθέσιμος. Το DAB προσφέρει 4 έως 6 τηλεοπτικά προγράμματα και συνεπώς υπάρχει περισσότερη ευελιξία, όταν εμπλέκονται διάφορες υπηρεσίες και network operators. Στην περίπτωση του DAB είναι ευκολότερη η εγκατάσταση ανεξάρτητων δικτύων για διαφορετικούς broadcasters. Έτσι αναπτύσσεται ένα οριζόντιο μοντέλο αγοράς, διότι συνυπάρχουν πολλοί ανεξάρτητοι πάροχοι και multiplex operators.

Σχετικά με την ανάπτυξη εθνικών δικτύων, το σύστημα DAB επιτρέπει τη δημιουργία ενός μεγάλου SFN δικτύου. Εγγυάται έτσι τη ικανοποιητική διαχείριση του διαθέσιμου φάσματος. Σε σχέση με το DVB-T/H, το μέγιστο μέγεθος του δικτύου αγγίζει τα 200 km.

Οι ζώνες συχνοτήτων Band III και L-Band χρησιμοποιούνται ήδη από το σύστημα DAB. Η VHF Band III χρησιμοποιείται για εκπομπή υπηρεσιών ήχου σε μεγάλες (εθνικές) περιοχές. Η L-Band (1452 – 1477 MHz) είναι διαθέσιμη για εκπομπή πολυμεσικών περιεχομένων (ήχου και εικόνας) σε κινητές συσκευές.

Στην περίπτωση του DVB-H η εκχώρηση UHF συχνοτήτων είναι πολύ δύσκολη διαδικασία στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, λόγω της συμφόρησής της από την αναλογική τηλεόραση. Κατά τη μετάβαση από τις αναλογικές προς τις ψηφιακές μεταδόσεις, αναμένεται ότι ακόμα λιγότερα κανάλια θα είναι διαθέσιμα, λόγω του simulcasting των αναλογικών και DVB-T υπηρεσιών.

#### **8.3.4. Επιχειρηματολογία DVB-H**

Οι υποστηρικτές του DVB-H θεωρούν ότι το εν λόγω σύστημα πλεονεκτεί στα εξής σημεία, συγκρινόμενο με το T-DMB:

- Χαμηλότερη απαιτούμενη ισχύς δικτυακής μετάδοσης: σύμφωνα με μετρήσεις, το DVB-H απαιτεί χαμηλότερη ισχύ μετάδοσης σε περιβάλλοντα εσωτερικής και κινητής λήψης. Η μεγαλύτερη ευαισθησία του T-DMB λόγω

του μικρού εύρους ζώνης, αντισταθμίζεται από την καλύτερη C/N απόδοση του DVB-H, το οποίο επιπροσθέτως παρέχει τετραπλάσια χωρητικότητα. Συνεπώς, το κόστος ενός πολυπλέκτη (περιοχής κάλυψης) είναι παρόμοιο και το DVB-H αποδίδει πολλαπλάσια χωρητικότητα με την ίδια επένδυση.

- Μέγεθος SFN δικτύου: ο καθορισμός του μεγέθους ενός SFN δικτύου εξαρτάται από δύο παραμέτρους, C/N απόδοση και μήκος guard interval. Οι τεχνικές δυνατότητες των δύο συστημάτων σε συγκρινόμενα modes είναι παρόμοιες, με το DVB-H να υπερτερεί σε θέματα C/N απόδοσης. Στην πραγματικότητα το μέγεθος ενός SFN αποτελεί παράμετρο που καθορίζεται από το σχέδιο εκχώρησης των συχνοτήτων.
- Δικτυακές επενδύσεις: οι υποστηρικτές του T-DMB ισχυρίζονται ότι οι υπάρχουσες επενδύσεις σε DAB δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα T-DMB. Παρόλα αυτά οι υπέρμαχοι του DVB-H θεωρούν ότι τα DAB δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το T-DMB μόνο στις περιπτώσεις που δεν υφίστανται ενεργές υπηρεσίες ήχου. Ακόμα και αν το πλήθος των DAB δεκτών είναι μικρό, θεωρείται απίθανο να καταργηθούν οι υπηρεσίες ήχου.
- Πλήθος υπηρεσιών: οι DVB-H δικτυακές επενδύσεις είναι χαμηλότερες, σε σχέση με T-DMB δίκτυα που παρέχουν την ίδια κάλυψη (VHF III T-DMB και UHF DVB-H). Το DVB-H όμως παρέχει τετραπλάσια χωρητικότητα. Στην περίπτωση λοιπόν που απαιτούνται λίγες υπηρεσίες, το DVB-H προσφέρει επεκτασιμότητα με μικρότερη επένδυση.
- Εκχώρηση φάσματος: οι Ευρωπαϊκές Ρυθμιστικές Αρχές αποσκοπούν στην ύπαρξη 6 έως 7 DVB-T πολυπλεκτών, παρακρατώντας 1 ή 2 για κινητή χρήση (DVB-H). Το διαθέσιμο DAB φάσμα συχνοτήτων είναι VHF III 56 MHz και L-band 25 MHz, δηλαδή 81 MHz συνολικά. Στην περίπτωση του DVB-H είναι UHF 470 – 750 MHz (με GSM900 διαλειτουργικότητα), δηλαδή 280

MHz συνολικά. Παρόλο που τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν συχνότητες της αναλογικής/ψηφιακής τηλεόρασης, το DVB-H μοιράζεται φάσμα (και επένδυση) με το DVB-T, μέσω ιεραρχικής διαμόρφωσης και πολύπλεξης.

- Τερματικές συσκευές: τα περισσότερα τερματικά που πωλούνται στην Κορέα, προέρχονται από τους Samsung και LG και αποτελούν S-DMB συσκευές μη κατάλληλες για την ευρωπαϊκή αγορά. DVB-H δέκτες κατασκευάζονται από τους Nokia, Motorola, Siemens, Samsung, Sagem και LG.

- Χρόνος αναζήτησης καναλιών: επιλέγοντας τις κατάλληλες time-slicing παραμέτρους, το DVB-H προσφέρει χρόνο αναζήτησης 1 – 2 secs με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας.

- Διαλειτουργικότητα με GSM900: το DVB-H παρουσιάζει προβλήματα διαλειτουργικότητας με το GSM900 άνω του καναλιού 55. Στα κανάλια 21 – 55, το πρόβλημα λύνεται με χρήση κατάλληλων φίλτρων. Το DAB στη VHF ζώνη δεν παρουσιάζει αντίστοιχα θέματα. Σημαντικότερα όμως προβλήματα παρεμβολών με τους GSM1800 μεταδότες, παρουσιάζονται στην L-band.

- Κόστος υλοποίησης δεκτών: το RF (RadioFrequency) τμήμα των δεκτών έχει παρόμοια πολυπλοκότητα και κόστος, στα δύο συστήματα. Με χρήση της τρέχουσας τεχνολογίας κατασκευής κυκλωμάτων (90nm / 65nm) το μέγεθος του base band τμήματος θα είναι σχεδόν το ίδιο. Παρόλα αυτά, η ύπαρξη πληθώρας DVB-H προμηθευτών θα οδηγήσει σε μειωμένο κόστος υλοποίησης, λόγω του έντονου ανταγωνισμού.

#### **8.3.4. Επιχειρηματολογία DVB-H**

Οι υποστηρικτές του DVB-H θεωρούν ότι το εν λόγω σύστημα πλεονεκτεί στα εξής σημεία, συγκρινόμενο με το T-DMB:

- Χαμηλότερη απαιτούμενη ισχύς δικτυακής μετάδοσης: σύμφωνα με μετρήσεις, το DVB-H απαιτεί χαμηλότερη ισχύ μετάδοσης σε περιβάλλοντα εσωτερικής και κινητής λήψης. Η μεγαλύτερη ευαισθησία του T-DMB λόγω του μικρού εύρους ζώνης, αντισταθμίζεται από την καλύτερη C/N απόδοση του DVB-H, το οποίο επιπροσθέτως παρέχει τετραπλάσια χωρητικότητα. Συνεπώς, το κόστος ενός πολυπλέκτη (περιοχής κάλυψης) είναι παρόμοιο και το DVB-H αποδίδει πολλαπλάσια χωρητικότητα με την ίδια επένδυση.
- Μέγεθος SFN δικτύου: ο καθορισμός του μεγέθους ενός SFN δικτύου εξαρτάται από δύο παραμέτρους, C/N απόδοση και μήκος guard interval. Οι τεχνικές δυνατότητες των δύο συστημάτων σε συγκρινόμενα modes είναι παρόμοιες, με το DVB-H να υπερτερεί σε θέματα C/N απόδοσης. Στην πραγματικότητα το μέγεθος ενός SFN αποτελεί παράμετρο που καθορίζεται από το σχέδιο εκχώρησης των συχνοτήτων.
- Δικτυακές επενδύσεις: οι υποστηρικτές του T-DMB ισχυρίζονται ότι οι υπάρχουσες επενδύσεις σε DAB δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα T-DMB. Παρόλα αυτά οι υπέρμαχοι του DVB-H θεωρούν ότι τα DAB δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το T-DMB μόνο στις περιπτώσεις που δεν υφίστανται ενεργές υπηρεσίες ήχου. Ακόμα και αν το πλήθος των DAB δεκτών είναι μικρό, θεωρείται απίθανο να καταργηθούν οι υπηρεσίες ήχου.
- Πλήθος υπηρεσιών: οι DVB-H δικτυακές επενδύσεις είναι χαμηλότερες, σε σχέση με T-DMB δίκτυα που παρέχουν την ίδια κάλυψη (VHF III T-DMB και UHF DVB-H). Το DVB-H όμως παρέχει τετραπλάσια χωρητικότητα. Στην περίπτωση λοιπόν που απαιτούνται λίγες υπηρεσίες, το DVB-H προσφέρει επεκτασιμότητα με μικρότερη επένδυση.

- Εκχώρηση φάσματος: οι Ευρωπαϊκές Ρυθμιστικές Αρχές αποσκοπούν στην ύπαρξη 6 έως 7 DVB-T πολυπλεκτών, παρακρατώντας 1 ή 2 για κινητή χρήση (DVB-H). Το διαθέσιμο DAB φάσμα συχνοτήτων είναι VHF III 56 MHz και L-band 25 MHz, δηλαδή 81 MHz συνολικά. Στην περίπτωση του DVB-H είναι UHF 470 – 750 MHz (με GSM900 διαλειτουργικότητα), δηλαδή 280 MHz συνολικά. Παρόλο που τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν συχνότητες της αναλογικής/ψηφιακής τηλεόρασης, το DVB-H μοιράζεται φάσμα (και επένδυση) με το DVB-T, μέσω ιεραρχικής διαμόρφωσης και πολύπλεξης.

- Τερματικές συσκευές: τα περισσότερα τερματικά που πωλούνται στην Κορέα, προέρχονται από τους Samsung και LG και αποτελούν S-DMB συσκευές μη-κατάλληλες για την ευρωπαϊκή αγορά. DVB-H δέκτες κατασκευάζονται από τους Nokia, Motorola, Siemens, Samsung, Sagem και LG.

- Χρόνος αναζήτησης καναλιών: επιλέγοντας τις κατάλληλες time-slicing παραμέτρους, το DVB-H προσφέρει χρόνο αναζήτησης 1 – 2 secs με παράλληλη εξοικονόμηση ενέργειας.

- Διαλειτουργικότητα με GSM900: το DVB-H παρουσιάζει προβλήματα διαλειτουργικότητας με το GSM900 άνω του καναλιού 55. Στα κανάλια 21 – 55, το πρόβλημα λύνεται με χρήση κατάλληλων φίλτρων. Το DAB στη VHF ζώνη δεν παρουσιάζει αντίστοιχα θέματα. Σημαντικότερα όμως προβλήματα παρεμβολών με τους GSM1800 μεταδότες, παρουσιάζονται στην L-band.

- Κόστος υλοποίησης δεκτών: το RF (RadioFrequency) τμήμα των δεκτών έχει παρόμοια πολυπλοκότητα και κόστος, στα δύο συστήματα. Με χρήση της τρέχουσας τεχνολογίας κατασκευής κυκλωμάτων (90nm / 65nm) το μέγεθος

του base band τμήματος θα είναι σχεδόν το ίδιο. Παρόλα αυτά, η ύπαρξη πληθώρας DVB-H προμηθευτών θα οδηγήσει σε μειωμένο κόστος υλοποίησης, λόγω του έντονου ανταγωνισμού.

### 8.3.5. Προοπτικές

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, τα συστήματα MediaFLO, ISDB-T και MBMS δεν αναμένεται να απασχολήσουν τον ευρωπαϊκό χώρο, για τους λόγους που παρατέθηκαν.

Αναφορικά με τα DVB-H και T-DMB, παρουσιάζεται αυξημένος ανταγωνισμός για την επικράτηση ενός συστήματος στον ευρωπαϊκό χώρο. Παρόλο που μια συνδυασμένη DxB προσέγγιση θα οδηγούσε σε σημαντικές οικονομίες κλίμακας και μείωση του κόστους για τους καταναλωτές, μια τέτοια προοπτική δεν είναι άμεσα ορατή.

Τα δύο συστήματα προσφέρουν προσέγγιση εκπομπής, όπου ένας μεταδότης εξυπηρετεί ένα μεγάλο πλήθος ταυτόχρονων δεκτών και είναι τεχνικώς παρόμοια στο φυσικό επίπεδο καθώς χρησιμοποιούν OFDM μέθοδο πολύπλεξης. Αν και οι τεχνικές παραλλαγές επηρεάζουν τη σχεδίαση των υπηρεσιών και των δικτύων, η επιτυχία των υπηρεσιών αυτών θα εξαρτηθεί και από άλλους παράγοντες, όπως τα επιχειρηματικά μοντέλα που θα εφαρμοσθούν από τους εμπλεκόμενους φορείς, πιθανές συνεργασίες μεταξύ τους, επίλυση εμπορικών και ρυθμιστικών θεμάτων, συνύπαρξη με άλλα συστήματα, ποσοστό τελικού ρυθμού δεδομένων που είναι διαθέσιμο σε κάθε πολυπλέκτη κλπ.

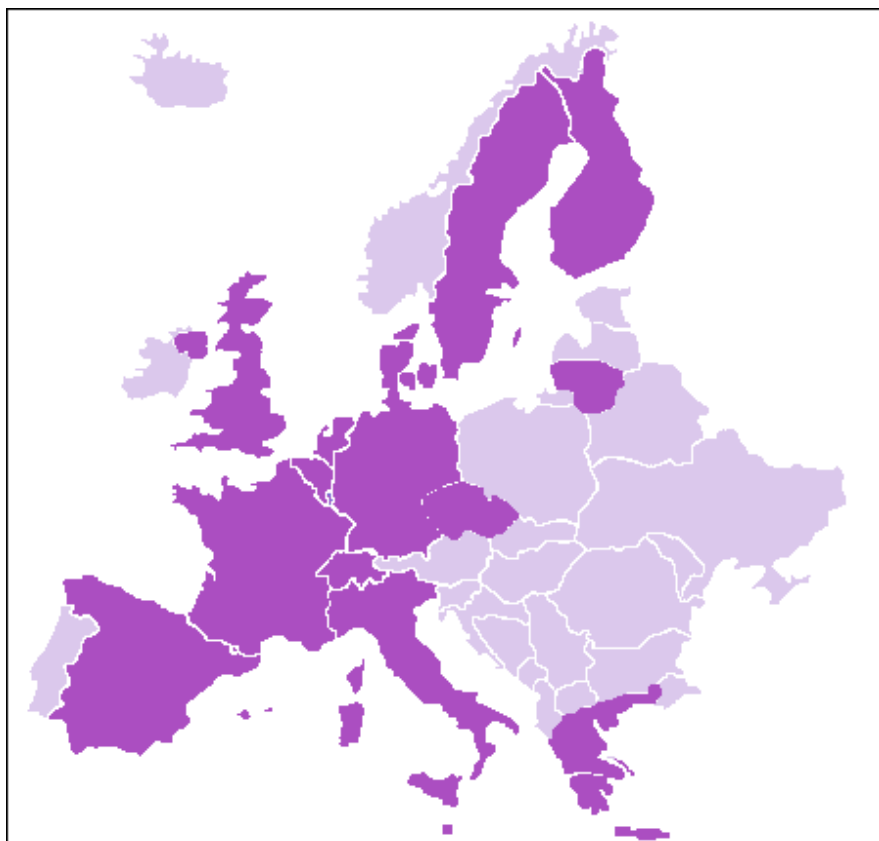


## Τρέχουσα Κατάσταση

### Ευρώπη

Η μετάβαση προς ένα πλήρως ψηφιακό περιβάλλον εκπομπής βρίσκεται σε εξέλιξη, στον ευρωπαϊκό χώρο. Οι ψηφιακές επίγειες τηλεοπτικές (Digital Terrestrial Television – DTT) υπηρεσίες αντικαθιστούν σταδιακά τις αντίστοιχες αναλογικές και

οδηγούν προς τη “διακοπή” της αναλογικής μετάδοσης (Analogue Switch Off – ASO) στην επίγεια πλατφόρμα (εικόνα 6).



🇪🇺 Με σκούρο χρώμα οι χώρες, οι οποίες έχουν παρουσιάσει υπηρεσίες DDT.

🇪🇺 Με ανοιχτό χρώμα οι χώρες, οι οποίες έχουν επιλέξει το DVB standard.

Δεδομένων των διαφορετικών αγορών, κάθε ευρωπαϊκή χώρα καθορίζει τη δική της ψηφιακή προσέγγιση και χρονοδιάγραμμα για το ASO. Το ASO θα λάβει χώρα στην

Ευρώπη μεταξύ 2008 και 2015, ενώ οι περισσότερες χώρες θα διακόψουν την αναλογική επίγεια μετάδοση μέχρι το 2012 (πίνακας 14).

Χώρα	Έναρξη DDT	Analogue Switch Off
Ηνωμένο Βασίλειο	1998	2012
Σουηδία	1999	2008
Ισπανία	2000	2010
Φινλανδία	2001	2007
Ελβετία	2001	2008
Γερμανία	2002	2009
Βέλγιο	2002	2012
Ολλανδία	2003	2007
Ιταλία	2003	2012
Γαλλία	2005	2011
Μάλτα	2005	2010
Τσεχία	2005	2010
Δανία	2006	2009

Λιθουανία	2006	2012
Ελλάδα	2006	2012
Σλοβενία	2006	2011
Αυστρία	2006	2010
Εσθονία	2006	2012
Νορβηγία	2007	2009

Πίνακας 14

Σύμφωνα με το Regional Radiocommunication Conference (RRC-06) που διεξήχθη στη Γενεύη της Ελβετίας (15 Μαΐου 2006 – 16 Ιουνίου 2006) ορίσθηκε ένα νέο κανονιστικό πλαίσιο εκχώρησης συχνοτήτων που αφορά Ευρώπη, Αφρική και τμήμα της Ασίας. Η Geneva 2006 (GE-06) Agreement αποτελεί μια διεθνή συμφωνία, υπογεγραμμένη από τους εθνικούς διαχειριστικούς φορείς και καταχωρημένη στα Ηνωμένα Έθνη.

Σε ένα πλήρως ψηφιακό περιβάλλον, η GE-06 λαμβάνει υπόψη 72.761 απαιτήσεις χωρών για μετάδοση DVB-T και T-DMB υπηρεσιών στη Band III (174-230 MHz) και DVB-T υπηρεσιών στις Bands IV/V (470-862 MHz). Γενικά οι χώρες έχουν ορίσει 3 T-DMB και 1 DVB-T επίπεδο κάλυψης στη Band III καθώς και 7-8 DVB-T επίπεδα στις Bands IV/V. Η GE-06 ορίζει επίσης την 17η Ιουνίου 2015, ως την ημερομηνία μετά την οποία οι χώρες δεν απαιτείται να “προστατεύουν” τις αναλογικές υπηρεσίες των γειτόνων τους και συνεπώς μπορούν ελεύθερα να χρησιμοποιούν τις συχνότητες για τη μετάδοση των δικών τους ψηφιακών υπηρεσιών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission) υποστηρίζει σθεναρά τη ψηφιακή μετάβαση, δεδομένου ότι θα οδηγήσει σε βέλτιστη χρήση του φάσματος συχνοτήτων. Αναγνωρίζοντας τις ιδιαιτερότητες των τοπικών αγορών, καλεί τα Κράτη-Μέλη της να διαχειρισθούν τη διαδικασία και εγκαθιστά την ίδια ως συντονιστή και εγγυητή για την τήρηση της Κοινοτικής Νομοθεσίας.\

## Ελλάδα

Η ΕΡΤ Α.Ε. (Ελληνική Ραδιοφωνία Τηλεόραση) αποτελεί δημόσια επιχείρηση η οποία έχει αποστολή, όπως ορίζεται από το Ν.1730/87, να παρέχει ραδιοτηλεοπτικές υπηρεσίες οι οποίες συμβάλουν στην ενημέρωση, μόρφωση και ψυχαγωγία των Ελλήνων, στην Ελλάδα και σε όλον τον κόσμο.

Με τα νέα ψηφιακά κανάλια η Ψηφιακή Δημόσια Ραδιοτηλεόραση πρωτοπορεί και βάζει τα θεμέλια για τη νέα τηλεοπτική πραγματικότητα στη χώρα μας.

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση αποτελεί τη νέα τεχνολογία μετάδοσης, που πρόκειται να

αντικαταστήσει την παραδοσιακή αναλογική. Κύριο μέλημα είναι να εξασφαλιστεί, γρήγορα και ομαλά, η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση.



Η ψηφιακή τεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης του φάσματος των συχνοτήτων. Η ΕΡΤ, δοκιμάζοντας νέες τεχνολογίες, εφαρμόζει για πρώτη φορά στην Ευρώπη την ταυτόχρονη εκπομπή σήματος από τρία διαφορετικά

σημεία, στην ίδια συχνότητα. Έτσι, στην Αττική, το σήμα της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης εκπέμπεται στο κανάλι 48 UHF, από τον Υμηττό, την Πάρνηθα και την Αίγινα. Με αυτούς τους τρεις πομπούς δεν εξασφαλίζεται μόνο η καλύτερη μετάδοση του σήματος στο λεκανοπέδιο, αλλά και η διάδοσή του σε μεγαλύτερη απόσταση. Το σήμα της επίγειας ψηφιακής εκπέμπεται σήμερα και από τον Χορτιάτη, στο κανάλι 56 UHF, καλύπτοντας την Θεσσαλονίκη και την ευρύτερη περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας, καθώς και από το Πήλιο, στο κανάλι 53 UHF, καλύπτοντας μεγάλο τμήμα της Θεσσαλίας.

Εκτιμάται ότι από τον περασμένο Μάρτιο, το 65% του πληθυσμού της χώρας έχει τη δυνατότητα λήψης των πιλοτικών ψηφιακών καναλιών της EPT, καθώς και του RIK Sat. Με αφετηρία τους πρώτους μήνες του 2007, σταδιακά και κατά γεωγραφική περιφέρεια, θα τοποθετηθούν νέοι πομποί και αναμεταδότες σε αστικά κέντρα, ώστε να επεκταθεί το δίκτυο εκπομπής της ψηφιακής τηλεόρασης και να καλυφθεί όλη η επικράτεια. Σήμερα, τα εκπεμπόμενα ψηφιακά επίγεια προγράμματα είναι τα εξής: Πρίσμα+, Σινέ+, Σπορ+ και Studio+.

## Βιβλιογραφία

- [1] A New Implementation of Single Frequency Network Based on DMB-T, J. Wang, Z. Yang, Ch. Pan, State key laboratory on microwave & digital communications, Tsinghua University, IEEE, 2004
- [2] ARIB STD-B24-v.3.2 Volume1, June 2002
- [3] Development of Terrestrial DMB Transmission System based on Eureka-147 DAB System, G. Lee, S. Cho, K. Yang, Y. Kwon Hahm, S. In Lee, IEEE January 16, 2005
- [4] Digital Multimedia Broadcasting in Korea, R. Teng, www.instat.com, January 2005
- [5] DVB-H Digital TV in the Hands, G. Faria, Teamcast, 2005
- [6] DVB-H Digital Broadcast Services to Handheld Devices, G. Faria, J. Henriksson, E. Stare, P. Talmola, IEEE, 2006
- [7] DVB-H The emerging standard for mobile data communication M. Kornfeld, U. Reimers, EBU Technical Report, 2005
- [8] Digital Video Broadcasting, Handheld (DVB-H), Press Backgrounder. NOKIA, 2005
- [9] ETSI EN 301 192 v1.4.1. ETSI, 2004
- [10] ETSI EN 302 304 v.1.1.1 Standard. ETSI, 2004
- [11] Market Acceptance for the Satellite DMB Services in Korea, Y.

Sawng, J. Lee, H. Han, IEEE, 2005

[12]MediaFLO -The QUALCOMM MediaFLO System (brochure). QUALCOMM, 2005

[13]MediaFLO - FLO Technology Overview. QUALCOMM, 2005

[14]MediaFLO - Media Distribution System - Product Overview.QUALCOMM, 2005

[15]Mobile TV in the move with digital video broadcast-handheld standard, G. Torshizi, E. Woldemariam, Bechtel Co., 2006

[16]Location Aware Data Broadcasting An Application for Digital Mobile Broadcasting in Japan, K. Matsumura, K. Usui, K. Kai, K. Ishikawa, ACM, November 2003

[17]System Comparison T-DMB vs. DVB-H, Digital Video Broadcasting Project DVB, 2006

[18]Television on a handheld receiver – broadcasting with DVB-H. DigiTAG, 2005

[19]What’s the difference between DVB-H and DAB in the mobile environment, A. Sieber, C. Weck, EBU Technical Review, July 2004

[20]Wireless Multimedia in 3G Networks, G. Xylomenos, V. Vogkas, AUEB

[21]3GPP “Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS); Stage 1”, TS 22.146, V8.1.0, September 2006

[22]3GPP “Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) user services; Stage 1”, TS 22.246, V8.1.0, September 2006

[23]3GPP Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS); UTRAN Requirements, TR 25.992, V6.0.0, September 2003



[24]3GPP Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS); Protocols and codecs, TS 26.346, V7.1.0, September 2006

[25]3GPP “Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) user services; Architecture and functional description”, TS 23.246, V7.0.0, September 2006

[26]3GPP Introduction of the Multimedia Broadcast Multicast Service (MBMS) in the Radio Access Network (RAN); TS 25.346, V7.2.0, September 2006

[27]ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ-ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ-ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)  
ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ-ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ





