

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**



**Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η   Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α**

**Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ DVB: ΘΕΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ  
ΚΑΙ  
ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ**

**(Digital Video Broadcasting: Mobility and Radio Coverage Issues)**

**ΚΡΗΤΙΚΟΣ Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ**  
**ΛΙΟΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Καθηγητής Εφαρμογών**

**Κ Ρ Η Τ Η 2 0 0 9**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

**Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η   Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α**

**Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ DVB: ΘΕΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ  
ΚΑΙ  
ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ**

**(Digital Video Broadcasting: Mobility and Radio Coverage Issues)**

**ΚΡΗΤΙΚΟΣ Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ. 2733)**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ**

**ΛΙΟΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Καθηγητής Εφαρμογών**

**Κ Ρ Η Τ Η 2 0 0 9**



## ABSTRACT

Several standards for digital broadcast systems have been developed, especially for small, portable devices like cellular phones and PDAs. Among them is the Digital Video Broadcasting-Handheld (DVB-H) standard, which is largely based on the corresponding terrestrial DVB (DVB-T) standard. However, in a mobile environment, the broadcast networks have to tackle a new set of issues, including device mobility and service continuity at network cell borders.

Taking into account the aforementioned framework, the aim of this thesis is to present mobility issues with emphasis on handover, as well as to examine the effect of various planning parameters for the successful deployment of the offered services. In particular, by the use of a DVB-H coverage simulator, area plots for the power received, the mean received C/I, service coverage, interference power, etc. for various system parameters (transmitter power, network topology, frequency, etc.) are presented.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή Κ. Γεώργιο Λιοδάκη για τη βοήθεια, τις συμβουλές και την υπομονή που επέδειξε όλο αυτό το διάστημα. Η συμβολή του στην εκπόνηση και τελική μορφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν καθοριστική κάνοντας την όλη διαδικασία πολύ πιο ενδιαφέρουσα.

Τέλος, επειδή με την εργασία αυτή, ολοκληρώνονται και οι σπουδές μου ως προπτυχιακού φοιτητή θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με υποστήριξε σε όλες μου τις αποφάσεις με κάθε τρόπο.

ΚΡΗΤΙΚΟΣ Α.ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>8</b>
<b>ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....</b>	<b>17</b>

### Κεφάλαιο 1. Η κινητικότητα σε Ασύρματα Συστήματα 2<sup>ης</sup> (2G), 3<sup>ης</sup> (3G) και 4<sup>ης</sup> (4G) γενεάς:

<b><u>1.1.</u></b> Εισαγωγή.....	<b>19</b>
<b><u>1.2.</u></b> <b>Mobility management</b>	
1.2.1. Έννοιες και ορισμοί περί handover.....	25
1.2.2. GSM και Handover.....	37
1.2.3. Απαιτήσεις και πληροφορίες για την γενιά 2-2.5G, 3G, 4G και UMTS τεχνολογία.....	41
<b><u>1.3.</u></b> <b>Πρωτόκολλο Mobile IP.</b>	
1.3.1. Βασικές Ορολογίες.....	51
1.3.2. Σύντομο Overview του Mobile IPv6. ....	52
1.3.3. Λειτουργία Mobile IPv6. ....	53
1.3.4. QoS για Mobile IPv6. ....	58
1.3.5. Μηχανισμοί Μετάβασης. ....	58
1.3.6. Πλεονεκτήματα του Mobile IPv6. ....	60

### Κεφάλαιο 2: Συστήματα DVB και διαχείριση κινητικότητας

<b><u>2.1.</u></b> Εισαγωγή.....	<b>63</b>
<b><u>2.2.</u></b> <b>DVB-λόγοι ανάπτυξης, στόχοι, χρησιμότητα</b>	
2.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με την αναλογική επίγεια τηλεόραση.....	66
<b><u>2.3.</u></b> Η λειτουργία του DVB, DVB –T, (καλωδιακής (DVB-C) και της δορυφορικής ψηφιακής τηλεόρασης (DVB-S).....	66
<b><u>2.4.</u></b> <b>Μετάδοση δεδομένων IP πάνω από το κανάλι DVB-T</b>	
2.4.1 Εισαγωγή.....	79
2.4.2. Ενθυλάκωση πολλαπλών πρωτοκόλλων (Multi Protocol Encapsulation).....	79
2.4.3. Διοχέτευση δεδομένων (Data Piping).....	80
2.4.4. Ροή Δεδομένων (Data Streaming).....	80
2.4.5. Περιοδική εκπομπή Δεδομένων (Data Carousel).....	81
2.4.6. Περιοδική εκπομπή Αντικειμένων ( Object carousel).....	81

<b><u>2.5.</u></b>	<b>Προοπτικές χρήσης - Εφαρμογές.</b>	
2.5.1.	Η ανάγκη για εισαγωγή νέων υπηρεσιών.....	82
2.5.2.	Κατηγορίες εφαρμογών.....	82
2.5.3.	Επιταχύνοντας την πρόσβαση στο Internet.....	83
2.5.4.	Το πρωτόκολλο TCP και η σημασία του.....	83
<b><u>2.6.</u></b>	<b>Τοπολογία αμφίδρομων Δικτύων DVB-T (γενικά TCP/IP μέσω DVB-T).</b>	
2.6.1.	Εισαγωγή.....	85
2.6.2.	Τοπολογία δικτύου.....	86
2.6.3.	Αμφίδρομο δίκτυο TCP/IP over DVB-T.....	89
2.6.4.	Υλοποίηση με PSTN Κανάλι Επιστροφής.....	91
2.6.5.	Υλοποίηση με ISDN Κανάλι Επιστροφής.....	93
2.6.6.	Υλοποίηση με GSM Κανάλι Επιστροφής.....	94
2.6.7.	Υλοποίηση με GPRS Κανάλι Επιστροφής.....	95
<b><u>2.7.</u></b>	<b>Σύγκλιση της ψηφιακής τηλεόρασης με τα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G)/UMTS.</b>	
2.7.1.	Εισαγωγή.....	97
2.7.2.	Σενάρια συνεργασίας του DVB και UMTS συστημάτων.....	98
2.7.3.	Εφαρμογές από τη συνεργασία των δικτύων UMTS&DVB.....	104
<b><u>2.8.</u></b>	<b>Η κινητικότητα στο περιβάλλον του DVB-T.</b>	
2.8.1.	Εισαγωγή.....	105
2.8.2.	Το περιβάλλον του DVB-T.....	106
2.8.3.	Αναφορά στα προβλήματα κινητικότητας.....	107
2.8.4.	Από μία περιοχή τηλεοπτικής αναμετάδοσης σε μία άλλη(κινητικότητα DVB-T)...	108
2.8.5.	Mobile IP Extension για στρώμα-3 παραδόσεων(handovers).....	110
<b><u>2.9.</u></b>	<b>Ερευνητικά έργα και DVB τεχνολογία.</b>	
2.9.1.	Εισαγωγή.....	113
2.9.2.	Εξελίξεις στην δημιουργία τελεματικού για τους κινητούς χρήστες (Person Mobility)(DVB-H project) .....	113
2.9.3.	MOTIVATE project(Mobile Television and Innovative Receivers).....	115
2.9.4.	Αρχιτεκτονική του συστήματος DVB-RCT.....	117
2.9.5.	Ανάλυση MCP δικτύου(mobile-in car-software πλατφόρμα) .....	119
2.9.6.	Αρχιτεκτονική του ερευνητικού προγράμματος DRIVE (Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Environment).....	122
2.9.7.	Εργαστηριακές μελέτες από τα εξεδικευμένα εργαστήρια (Berkom) σε Βερολίνο,Γαλλία ,Γερμανία,Σινκαπούρη,Ολλανδία,Ταϊβάν και Αγγλία,τεχνολογία DiBcom.....	124
2.9.8.	Ο βασικός στόχος του προγράμματος(Project ATHENA (FP6-507312)) και οι προοπτικές στην Ελλάδα.....	131

## **2.10. Η επόμενη γενιά υπηρεσιών «Mobile TV» - DVB-H τεχνολογία.**

2.10.1.Εισαγωγή.....	133
2.10.2.Προτυποποίηση (Standardization).....	134
2.10.3. Απαιτήσεις Συστήματος.....	135
2.10.4. Περιγραφή λειτουργίας του DVB-H και η συμβατότητα του με το DVB-T.....	135
2.10.5 C/N vs Doppler – Αποδοτικότητα Δέκτη σε Κινητή Λήψη.....	143
2.10.6. DVB-H Δίκτυα.....	146
2.10.7.IP DataCasting over DVB-H.....	148
2.10.8.Το θέμα του Handover στα DVB-H συστήματα – (time slicing) και κατανάλωση ενέργειας.....	150
2.10.9.Επισκόπηση-Αρχιτεκτονική του προτύπου T-DMB(Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting).....	153
2.10.10.Επισκόπηση του προτύπου MediaFLO, και η αρχιτεκτονική του συστήματος FLO.....	160
2.10.11. Επισκόπηση-Αρχιτεκτονική του προτύπου ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial).....	168
2.10.12. Αξιολόγηση DTV Συστημάτων Εκπομπής σε Κινητές Συσκευές στην Ευρώπη και ο ανταγωνισμός των προτύπων DMB (Digital Multimedia Broadcasting), MediaFLO με το DVB-H.....	172
2.10.13. Διαθεσιμότητα Φάσματος των συστημάτων DVB-H, T-DMB.....	178

## **Κεφάλαιο 3: Μελέτη δικτύων DVB-H**

3.1. Εισαγωγή.....	180
3.2.Το κυψελοειδές σύστημα.....	182
3.3.Υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας(time slicing).....	183
3.4.Υπολογισμοί σε θέματα ραδιοκάλυψης.....	186

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η αγορά του Mobile TV που αφορά την μετάδοση και αναπαραγωγή τηλεοπτικών προγραμμάτων και γενικά οπτικο-ακουστικού περιεχομένου σε κινητές συσκευές χειρός (handhelds), βρίσκεται σε ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια. Αρκετές τεχνολογίες και πρότυπα, όπως το MediaFlo, το DMB και το DVB-H χρησιμοποιούνται από τους ανά τον κόσμο operators.

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.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία παρουσιάζει τις εξής τεχνολογίες ψηφιακής εκπομπής τηλεοπτικού σήματος σε κινητές συσκευές (Κεφάλαιο 2):

- **DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial):** Το περιβάλλον αποτελείται από μια υποδομή που χρησιμοποιεί τα αναπαραγωγικά ρεύματα σηματοδότησης του DVB-T για τη διασύνδεση των κόμβων διανομής, επιτρέποντας την πρόσβαση στις υπηρεσίες IP και τα ψηφιακά προγράμματα TV στις ευρείες περιοχές όπως οι μεγάλες πόλεις. Μια τέτοια υποδομή επιτρέπει πρόσβαση σε πολλές υπηρεσίες, δεδομένου ότι το αναπαραγωγικό DVB-T δημιουργεί μια ενιαία φυσική υποδομή δικτύων πρόσβασης, κοινή στις πολλαπλάσιες υπηρεσίες (δηλ. προγράμματα TV, διαλογικές υπηρεσίες πολυμέσων, εφαρμογές Διαδικτύου, κ.λπ.....)
- **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.

## Σχήματα, Πίνακες & Εικόνες.....

Σχήμα 1.1: Μηχανισμοί διαχείρισης θέσης (Εγγραφή θέσης).....	22
Σχήμα 1.2: Μηχανισμοί διαχείρισης θέσης (Ενημέρωση θέσης).....	22
Σχήμα 1.3.α: Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων.....	23
Σχήμα 1.3.β: Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων.....	23
Σχήμα 1.3.γ: Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων.....	24
Σχήμα 1.4: Η Διαδικασία μεταγωγής.....	25
Σχήμα 1.5.α: Μηχανισμός handover (Soft Handover) .....	27
Σχήμα 1.5.β: Μηχανισμός handover (Softer Handover).....	27
Σχήμα 1.6: Η κίνηση από έναν σταθμό βάσεων προς άλλο.....	28
Σχήμα 1.7: Οι αλγόριθμοι μεταπομπής.....	29
Σχήμα 1.8.α: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου(Δρομολόγηση).....	30
Σχήμα 1.8.β: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( user movement).....	30
Σχήμα 1.8.γ: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( connection routing).....	31
Σχήμα 1.8.δ: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( resource allocation).....	31
Σχήμα 1.8.ε: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου (multicast).....	32
Σχήμα 1.8.ζ: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( Buffering).....	32
Σχήμα 1.9.α: Έναρξη εγκατάστασης κλήσης από κινητό.....	33
Σχήμα 1.9.β: Έναρξη εγκατάστασης κλήσης από δίκτυο.....	33
Σχήμα 1.10: Nominal channel allocation και δανεισμός.....	35
Σχήμα 1.11: Handover σε δύο δορυφόρους.....	36
Εικόνα 1.1 :Η αρχιτεκτονική του GSM δικτύου.....	38
Σχήμα 1.12: Σχηματική απεικόνιση της δομής και λειτουργίας ενός δικτύου κινητών επικοινωνιών τεχνολογίας GSM.....	39
Σχήμα 1.13: Κινητικότητα (mobility) και ταχύτητα μετάδοσης πληροφορίας (information transfer rate) για 2G, 3G και 4G ασύρματα συστήματα.....	42
Σχήμα 1.14: Η εξέλιξη από συστήματα πρώτης και δεύτερη γενεάς στο UMTS.....	44
Σχήμα 1.15: Αποστολή των πακέτων, προς τον κινητό κόμβο (Mobile Node - MN).....	48
Σχήμα 1.16: Αποστολή πακέτου από τον MN προς τον CN.....	49
Σχήμα 1.17: Η διαδικασία Home Agent Registration.....	54
Σχήμα 1.18: Τριγωνική Δρομολόγηση.....	55
Σχήμα 1.19: Αποφυγή της Τριγωνικής Δρομολόγησης.....	56
Εικόνα 2.1: Η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση στην Ευρώπη θα ολοκληρωθεί σε δυο φάσεις, τη μεταβατική εποχή (transition period) και την ολοκληρωτικά ψηφιακή εποχή.....	65
Σχήμα 2.1. OFDM(Ορθογωνική πολύπλεξη, με διαίρεση συχνότητας).....	70
Σχήμα 2.2 :Φάσμα αναλογικής τηλεόρασης (AM)(SPAN=5 MHz).....	70
Σχήμα 2.3: Φάσμα ψηφιακής τηλεόρασης.....	71
Εικόνα 2.2: Το λειτουργικό διάγραμμα εκπομπής του συστήματος DVB-T.....	74
Εικόνα 2.3: Τα διαγράμματα για κάθε μια από τις διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται από το DVB-T .....	75
Εικόνα 2.4: Διαχωρισμός του καναλιού στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας.....	76
Εικόνα 2. 5: Εισαγωγή sub-carrier.....	76
Εικόνα 2.6: Εισαγωγή Guard Interval .....	77
Εικόνα 2.7: Δείκτες συγχρονισμού.....	77



<b>Πίνακας 1:</b> Το εύρος ζώνης λειτουργίας του DVB-T συστήματος, όπως διαμορφώνεται ανάλογα με τις παραμέτρους λειτουργίας ( σε Mbps).....	78
<b>Σχήμα 2.4:</b> . Ενσωμάτωση της MAC address στο section header.....	80
<b>Σχήμα 2. 5.:</b> Πεδία της επικεφαλίδας στην αρχή του τμήματος TCP .....	84
<b>Σχήμα. 2.6.α:</b> Αμφίδρομο δίκτυο DVB-T για ασύμμετρη μεταφορά δεδομένων TCP (γενικευμένο μοντέλο).....	87
<b>Σχήμα 2.6.β.:</b> Αμφίδρομο δίκτυο DVB-T για ασύμμετρη μεταφορά δεδομένων TCP (στοίβα πρωτοκόλλων) .....	88
<b>Σχήμα 2.7:</b> Τοπολογία συστήματος IP over DVB (Πηγή: John Oliver,“Mobile datacasting”,IPDC Forum,2003).....	90
<b>Σχήμα 2.8:</b> Εκπομπή του σήματος με δέκτες υπολογιστές, laptop ή PDAs. ....	90
<b>Σχήμα 2.9:</b> Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / PSTN .....	92
<b>Σχήμα 2.10:</b> Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / ISDN .....	93
<b>Σχήμα 2.11:</b> Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / GSM Data.....	94
<b>Σχήμα 2.12:</b> Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / GPRS .....	96
<b>Σχήμα 2.13:</b> Ενσωμάτωση σε επίπεδο τερματικού (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group,“The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”,March 2001).....	100
<b>Σχήμα 2.14:</b> IP υπηρεσίες, πάνω σε συνδυασμό των δικτύων DVB και UMTS (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group,“The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”,March 2001). ....	101
<b>Σχήμα 2.15:</b> Το UMTS, σαν κανάλι επιστροφής για interactive broadcast υπηρεσίες (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group,“The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”,March 2001).....	102
<b>Σχήμα 2.16:</b> Διανομή Υπηρεσιών του DVB-T, μέσω ενός δικτύου UMTS (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group,“The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).....	103
<b>Σχήμα 2.17:</b> Ένα δίκτυο UMTS, με ενσωματωμένο DVB-T downlink (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group,“The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).....	104
<b>Σχήμα 2.18:</b> Το περιβάλλον του DVB-T .....	106
<b>Σχήμα 2.19:</b> Κινητικότητα σε DVB-T σύστημα(handover).....	108
<b>Σχήμα 2.20:</b> Μηχανισμός (LADH) .....	110
<b>Σχήμα 2.21:</b> Η κινητικότητα στρωμάτων παραδόσεων(handovers) μέσω της τεχνολογίας WLAN ..	111
<b>Σχήμα 2.22:</b> Σενάριο κινητικότητας UMTS/WLAN για την περίπτωση κάθετης παράδοσης(Vertical Handover).....	112
<b>Σχήμα 2.23:</b> Υβριδικό τερματικό, για δίκτυο DVB-UMTS (Πηγή: Masahito Kawamori, Keisake Miki,“Mobile digital terrestrial TV and TVA technologies ”,TBS,2003).....	114
<b>Εικόνα 2.8:</b> Η αρχιτεκτονική του DVB-RCT συστήματος.....	118
<b>Σχήμα 2.24:</b> Δίκτυο του MCP (Πηγή: Peter christ ,“Multimedia-Car Platform”,T-Nova Deutsche Telecom,IST 2000).....	119
<b>Σχήμα 2.25:</b> Χαρακτηριστικά λειτουργίας τερματικού του MCP (Πηγή: Peter christ ,“Multimedia-Car Platform”,T-Nova Deutsche Telecom,IST 2000). ....	120
<b>Σχήμα 2.26 και Σχήμα 2.27:</b> Τερματικά MCP (Πηγή: Peter christ ,“Multimedia-Car Platform”, T-Nova Deutsche Telecom,IST 2000).....	121
<b>Σχήμα 28.α:</b> Αρχιτεκτονική του DRiVE (Πηγή: Ralf Keller,“Dynamic Radio for IP-services in Vehicular Environments”,Ericsson Eurolab Deutschland,IST 2000).....	122

<b>Σχήμα 2.28.β:</b> Αρχιτεκτονική του Drive	123
<b>Σχήμα 2.29:</b> Αποτελέσματα έρευνας ( $C/N = f(fDoppler)$ )	124
<b>Σχήμα 2.30:</b> Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης στο Παρίσι και στα προάστια, αριστερά (αρχικά πριν την έρευνα)και δεξιά (μετά την έρευνα). Ο πράσινος αγωγός δείχνει τον αριθμό (0 λανθασμένων πακέτων)MPEG-TS σε μια περίοδο 3 δευτερολέπτων	125
<b>Σχήμα 2.31:</b> Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης στην Γερμανία	126
<b>Σχήμα 2.32:</b> Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης στην Σιγκαπούρη	127
<b>Σχήμα 2.33:</b> Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης(DVB-T) στο Άμστερνταμ	128
<b>Σχήμα 2.34:</b> Κύκλωμα αποδιαμορφωτή	129
<b>Σχήμα 2.35:</b> MOD 3000 DVB-T / USB	130
<b>Σχήμα 2.36 :</b> Σύνδεση με P.C	131
<b>Σχήμα 2.37 :</b> Το ATHENA project, στο Ηράκλειο της Κρήτης (Πηγή : <a href="http://www.ist-athena.org">www.ist-athena.org</a> ).	132
<b>Σχήμα 2.38:</b> Τα προγενέστερα πρότυπα του ETS	134
<b>Σχήμα 2.39:</b> Κοινή πολυπλεξία DVB-T και DVB-H (Πηγή: Jukka Henriksson ,Barry Tew ,“IP broadcasting to handheld devices based on DVB-T”,2004).	136
<b>Σχήμα 2.40 :</b> Διάγραμμα μετάδοσης(DVB-H)	137
<b>Πίνακας2:</b> Οι τιμές παραμέτρων για τα τρία διαθέσιμα modes μετάδοσης	139
<b>Σχήμα 2.41:</b> Σχηματική αναπαράσταση του κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή DVB-H και της συσκευής αποστολής σημάτων	141
<b>Σχήμα 2.42:</b> MPE-FEC frame structure	141
<b>Σχήμα 2.43</b> Γενική μορφή της λίστας πρωτοκόλλου OSI-layers 1 to 3.	142
<b>Σχήμα 2.44.α και Σχήμα 2.44.β:</b> Συσκευή DVB-H (Πηγή: : Nokia , “IP datacasting Bringing TV to the mobile phone, white paper, 2004).	143
<b>Πίνακας 2 :</b> Χαρακτηριστικά δεκτών των συστημάτων DVB-H και DVB-T	143
<b>Σχήμα2.45:</b> Το ποσοστό C/N που απαιτείται από ένα DVB-T (FER5) και από ένα DVB-H (MFER5) δέκτη.	145
<b>Σχήμα 2.46:</b> Η αρχιτεκτονική ενός συνεργατικού συστήματος μεταξύ mobile και broadcast operators	146
<b>Σχήμα 2.47:</b> Κοινόχρηστο δίκτυο	147
<b>Σχήμα 2.48:</b> <αφιερωμένο> δίκτυο	148
<b>Σχήμα 2.49:</b> Πλήρες IPDC σύστημα	149
<b>Σχήμα 2.50:</b> Time slicing(δομή)	151
<b>Σχήμα 2.51:</b> Συνεχόμενη ροή μετάδοσης(σε DVB-T συστήματα)	151
<b>Σχήμα 2.52:</b> DVB-H soft handover.	152
<b>Σχήμα 2.53:</b> DVB-T(channel capacity)	152
<b>Σχήμα 2.54.α:</b> Η αποταμίευση ενέργειας στο time slicing.	153
<b>Σχήμα 2.54 β:</b> Η λειτουργία του DVB-H σε σχέση με την ροή δεδομένων που λαμβάνει.	153
<b>Σχήμα 2.55:</b> S-DMB υπηρεσίες	154
<b>Σχήμα 2.56:</b> T-DMB υπηρεσίες	155
<b>Σχήμα 2.57:</b> T-DMB protocol stack	155
<b>Σχήμα 2.58:</b> T-DMB mobile tv service delivery	156
<b>Σχήμα 2.59:</b> Eureka-147 DAB	156
<b>Σχήμα 2.60:</b> Η δομή των προτύπων που χρησιμοποιείται στη μετάδοση μέσωT-DMB	158
<b>Σχήμα 2.61:</b> RSKωδικοποιητής	159
<b>Σχήμα 2.62:</b> Οι διακλαδώσεις της διεμπλοκής	159
<b>Σχήμα 2.63</b> Η αρχιτεκτονική του συστήματος MediaFlo	160

<b>Σχήμα 2.64</b> Η στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί το FLO Air Interface .....	162
<b>Σχήμα 2.65:</b> Η δομή ενός super frame .....	163
<b>Σχήμα 2.66:</b> Μηχανισμός Μεταφοράς της τεχνολογίας Flo .....	164
<b>Σχήμα 2.67α:</b> Ο MDS client .....	165
<b>Σχήμα 2.67β:</b> Ο MDS client .....	166
<b>Πίνακας 4:</b> Τα χαρακτηριστικά του συστήματος MDS ver.1.0 .....	167
<b>Πίνακας 5:</b> Οι ζώνες συχνοτήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες .....	168
<b>Σχήμα 2.68:</b> Το σύστημα ISDB-T .....	170
<b>Σχήμα 2.69:</b> ISB-T protocol stack .....	170
<b>Σχήμα 2.70:</b> ISB-T mobile tv services .....	171
<b>Σχήμα 2.71:</b> Το πρότυπο STD-B24 .....	171
<b>Πίνακας 6:</b> Έρευνα από το broadcaster Hessische Rundfunk και την IRT .....	173
<b>Πίνακας 7:</b> Πλεονεκτήματα DAB έναντι του DVB-H .....	174
<b>Πίνακας 8:</b> Πλεονεκτήματα DVB-H έναντι του DAB .....	176
<b>Σχήμα 2.72α:</b> Τα έσοδα από τη χρήση του συστήματος T-DMB .....	176
<b>Σχήμα 2.72β:</b> Τα έσοδα από τη χρήση του συστήματος T-DMB .....	177
<b>Σχήμα 3.1 :</b> Θεωρητική μοντελοποίηση ενός δικτύου.....	182
<b>Σχήμα 3.2:</b> Η ισχύς του σήματος επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες, αλλά η εγγύτητα σε ένα σταθμό βάσης αποτελεί το σημαντικότερο από αυτούς.....	183
<b>Σχήμα 3.3 :</b> Ο μηχανισμός (time slicing) στο DVB-H.....	184
<b>Σχήμα 3.4 :</b> Η ροή δεδομένων κατά ριπές (bursts -time slicing στο DVB- H.....	184
<b>Σχήμα 3.5 :</b> Η συνεχόμενη ροή μετάδοσης (σε DVB-T συστήματα).....	184
<b>Σχήμα 3.6 :</b> Αποτελέσματα προσομοίωσης για Saved Front-End Power.....	186
<b>Πίνακας 7:</b> Οι παράμετροι και οι τιμές που μπορούν να τεθούν στο <παραθύρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη.....	188
<b>Σχήμα 3.8:</b> <Το παράθυρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη.....	189
<b>Σχήμα 3.9:</b> Network Topology Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	193
<b>Σχήμα 3.10:</b> Average Interference Received Plot Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	193
<b>Σχήμα 3.11:</b> Average Interference Received Plot Transmitter frequency (400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	194
<b>Σχήμα: 3.12:</b> Average Interference Received Plot Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	194
<b>Σχήμα 3.13:</b> Average Interference Received Plot Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	195
<b>Σχήμα 3.14:</b> Mean C/I Received Plot Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	195
<b>Σχήμα 3.15:</b> Mean C/I Received Plot Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	196
<b>Σχήμα 3.16:</b> Mean C/I Received Plot Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	196
<b>Σχήμα 3.17:</b> Mean C/I Received Plot Transmitter frequency (800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	197

<b>Σχήμα 3.18:</b> Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	197
<b>Σχήμα 3.19:</b> Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	198
<b>Σχήμα 3.20:</b> Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	198
<b>Σχήμα 3.21:</b> Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	199
<b>Σχήμα 3.22:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	199
<b>Σχήμα 3.23:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	200
<b>Σχήμα 3.24:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	200
<b>Σχήμα 3.25:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW) .....	201
<b>Σχήμα 3.26:</b> Network Topology Plot, για μεταβολές στην συχνότητα (Transmitter frequency),(Transmitter Power) .....	201
<b>Σχήμα 3.27:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	202
<b>Σχήμα 3.28:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	202
<b>Σχήμα 3.29:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	203
<b>Σχήμα 3.30:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	203
<b>Σχήμα 3.31:</b> Mean C/I Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	204
<b>Σχήμα 3.32:</b> Mean C/I Received Plot,Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	204
<b>Σχήμα 3.33:</b> Mean C/I Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	205
<b>Σχήμα 3.34:</b> Mean C/I Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	205
<b>Σχήμα 3.35:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	206
<b>Σχήμα 3.36:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	206
<b>Σχήμα 3.37:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	207
<b>Σχήμα 3.38:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	207
<b>Σχήμα 3.39:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	208
<b>Σχήμα 3.40:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW) .....	208

<b>Σχήμα 3.41:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(45DBW) .....	209
<b>Σχήμα 3.42:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(45DBW) .....	210
<b>Σχήμα 3.43:</b> Network topology plot για μεταβολές στην συχνότητα(Transmitter frequency), (Transmitter Power)(Number of Clusters) .....	210
<b>Σχήμα 3.44:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	211
<b>Σχήμα 3.45:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	211
<b>Σχήμα 3.46:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	212
<b>Σχήμα 3.47:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	213
<b>Σχήμα 3.48:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	213
<b>Σχήμα 3.49:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	214
<b>Σχήμα 3.50:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	214
<b>Σχήμα 3.51:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	215
<b>Σχήμα 3.52:</b> Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	215
<b>Σχήμα 3.53:</b> Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	216
<b>Σχήμα 3.54:</b> Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	216
<b>Σχήμα 3.55:</b> Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4) .....	217
<b>Σχήμα 3.56:</b> Network topology plot για μεταβολές στην συχνότητα (Transmitter frequency), (Transmitter Power)(Sfn Size) .....	218
<b>Σχήμα 3.57:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ) Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	218
<b>Σχήμα 3.58:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	219
<b>Σχήμα 3.59:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)).....	219
<b>Σχήμα 3.60:</b> Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	220
<b>Σχήμα 3.61:</b> Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	220
<b>Σχήμα 3.62:</b> Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	221
<b>Σχήμα 3.63:</b> Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	221

<b>Σχήμα 3.64:</b> Mean C/I Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	222
<b>Σχήμα 3.65:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	222
<b>Σχήμα 3.66:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	223
<b>Σχήμα 3.67:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	223
<b>Σχήμα 3.68:</b> Mean Power Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	224
<b>Σχήμα 3.69:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	224
<b>Σχήμα 3.70:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	225
<b>Σχήμα 3.71:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,, Transmitter frequency(600MHZ))- Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	225
<b>Σχήμα 3.72:</b> Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7)) .....	226
<b>Σχήμα 3.73:</b> Network Topology Plot για μεταβολές στην συχνότητα (Transmitter frequency), (Frequency Reuse Factor),επιλογή Optimal Cell Radius(m) .....	226
<b>Σχήμα 3.74:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	227
<b>Σχήμα 3.75:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	227
<b>Σχήμα 3.76:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	228
<b>Σχήμα 3.77:</b> Average Interference Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	229
<b>Σχήμα 3.78:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1).....	229
<b>Σχήμα 3.79:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1).....	230
<b>Σχήμα 3.80:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	230
<b>Σχήμα 3.81:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	231
<b>Σχήμα 3.82:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1).....	232
<b>Σχήμα 3.83:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	232
<b>Σχήμα 3.84:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	233
<b>Σχήμα 3.85:</b> Average Power Received Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW),(Frequency Reuse Factor(1) .....	233

## AKPONYMIA

<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>AWGN</b>	Additive White Gaussian Noise
<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>CCI</b>	Co-Channel Interference
<b>CNR</b>	Carrier to Noise Ratio
<b>COFDM</b>	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>CR</b>	Code Rate
<b>CMNs</b>	Cell Main Nodes
<b>CBP</b>	Central Broadcasting Point
<b>DTV</b>	Digital Television
<b>DVB</b>	Digital Video Broadcasting
<b>DVB-C</b>	Digital Video Broadcasting - Cable
<b>DVB-RCT</b>	Digital Video Broadcasting – Return Channel via Terrestrial
<b>DVB-S</b>	Digital Video Broadcasting - Satellite
<b>DVB-T</b>	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
<b>ES</b>	Elementary Stream
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute
<b>FFT</b>	Fast Fourier Transform
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol
<b>FWA</b>	Fixed Wireless Access
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>HDTV</b>	High Definition Television
<b>ICI</b>	Inter-Carrier Interference
<b>ICMP</b>	Internet Control Message Protocol
<b>IF</b>	Intermediate Frequency
<b>IIM</b>	Interactive Interface Module
<b>INA</b>	Interactive Network Adapter
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>ISDN</b>	Integrated Services Digital Network
<b>ISI</b>	Inter-Symbol Interference
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>MAC</b>	Medium Access Control
<b>MHP</b>	Multimedia Home Platform
<b>MPE</b>	Multi Protocol Encapsulation
<b>MPEG</b>	Motion Picture Experts Group
<b>MTU</b>	Maximum Transfer Unit

<b>MFN</b>	Multi Frequency Network
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>PAL</b>	Phase Alternating Line
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation
<b>QM</b>	Quality Meter
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>RS</b>	Reed-Solomon
<b>MFN</b>	Multi Frequency Network
<b>RTT</b>	Round-Trip Time
<b>SACK</b>	Selective Acknowledgement
<b>SFN</b>	Single Frequency Network
<b>TCP</b>	Transport Control Protocol
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing
<b>TPS</b>	Transmission Parameter Signalling
<b>TS</b>	Transport Stream
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency
<b>ULE</b>	Ultra Light Encapsulation
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network



## Κεφάλαιο 1. Η κινητικότητα σε Ασύρματα Συστήματα 2ης(2G), 3ης( 3G) και 4ης(4G) γενεάς

### 1.1. Εισαγωγή

Η εκρηκτική αύξηση στις εφαρμογές Internet τα τελευταία χρόνια δείχνει ότι η κοινωνία έχει μια αστείρευτη επιθυμία για ελευθερία πρόσβασης στην πληροφορία. Την ίδια στιγμή η ολοένα αυξανόμενη δημοτικότητα της κινητής τηλεφωνίας τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια αποδεικνύει την ανθρώπινη επιθυμία για επικοινωνία οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Για να μπορέσει να είναι το ίδιο επιτυχής και ο συνδυασμός των δύο τεχνολογιών πρέπει να είναι απολύτως κατανοητός ο λόγος εξ' αιτίας του οποίου το Internet έγινε τόσο διαδεδομένο στην κοινωνία μας. Η κατανόηση αυτή θα δώσει τη δυνατότητα στην ασύρματη πρόσβαση στην τεχνολογία της πληροφορίας να έχει παρόμοια ανάπτυξη. Ίσως οι πιο σημαντικοί λόγοι της ανάπτυξης του Internet είναι η εύκολη χρήση του web browser και οι υψηλότερες ταχύτητες πρόσβασης με τη χρήση γρήγορων modems και προσωπικών υπολογιστών. Συνεπώς ευκολία χρήσης με λογικό κόστος μοιάζει να είναι να είναι ο αναγκαίος συνδυασμός χαρακτηριστικών για μια πετυχημένη υλοποίηση της ασύρματης πρόσβασης στην τεχνολογία της πληροφορίας.

Παράλληλα με την συνεχή ανάπτυξη της τεχνολογίας του Διαδικτύου, έκανε την εμφάνισή της και μια νέα τεχνολογία. Πρόκειται για την τεχνολογία της κινητής τηλεφωνίας. Ήδη έχει υπολογιστεί ότι ο αριθμός των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας έχει ξεπεράσει κατά πολύ τον αριθμό των συνδρομητών της σταθερής. Επιπλέον, η χρήση των κινητών τηλεφώνων θα ξεπεράσει κατά πολύ και την χρήση του Διαδικτύου μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ήδη παγκοσμίως η κινητή τηλεφωνία αριθμεί πολλαπλάσιους χρήστες από ότι το Διαδίκτυο. Η σημερινή αγορά βασίζεται αποκλειστικά σε συσκευές internet-enabled. Οι συσκευές αυτές θα βασίζονται είτε στο πρότυπο GSM είτε στο σύγχρονο πλέον UMTS.

Είναι γεγονός ότι η κινητήριος δύναμη για την ανάπτυξη των ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων είναι η ιδέα της απόλυτης ελευθερίας του ατόμου να συνομιλεί, διασκεδάζει, βελτιώνει την εκπαίδευση του, ενημερώνεται για προϊόντα ή υπηρεσίες, δουλεύει, αναζητά ιατρική βοήθεια, σχεδιάζει προϊόντα, συμμετέχει στην έρευνα και έρχεται σε επαφή με κρατικές υπηρεσίες, ανεξαρτήτως από τις σχετικές θέσεις του ίδιου και της πηγής πληροφορία.

## 1.2. Mobility management

Κινητικότητα (Mobility), η πιθανότητα να επικοινωνούμε σε διαφορετικές τοποθεσίες και καθώς είμαστε σε κίνηση, αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ασύρματων επικοινωνιών. Κατά μια έννοια αυτό γίνεται εφικτό από τον παράγοντα ότι τα τερματικά (terminals) δεν είναι συνδεδεμένα στο κατασκευασμένο σύστημα με καλώδια. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχει το τι συμβαίνει στα τερματικά όταν κινούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις, όταν οι χρήστες οδηγούν μέσα στα αμάξια τους ή ακόμα και όταν βγαίνουν από ένα αεροπλάνο και συνδέονται με το τερματικό τους καθώς είναι σε μεγάλη απόσταση από το σπίτι τους, πιθανότατα σε κάποια άλλη ήπειρο. Δύο ειδών μηχανισμοί προκύπτουν σε αυτό το σημείο:

Μηχανισμοί που επιτρέπουν στα δικτυακά στοιχεία:

### 1. Να βρίσκουν την τρέχουσα θέση ενός τερματικού προκειμένου να του μεταδώσουν δεδομένα ή τηλεφωνικές κλήσεις.

Το πρόβλημα που προκύπτει είναι σε παγκόσμια κλίμακα και δεν επηρεάζει μόνο τον operator ενός δικτύου, αφού το τερματικό μπορεί να φύγει από την περιοχή εξυπηρέτησης ενός operator και να μπει στην περιοχή εξυπηρέτησης ενός άλλου operator. Αυτό συχνά αναφέρεται σαν roaming η locating network functionality.

### 2. Να διατηρούν λειτουργικές τις συνδέσεις ενός κινητού τερματικού όταν αυτό αλλάζει το σημείο σύνδεσης του στο δίκτυο.

Σ' αυτή την περίπτωση το κινούμενο ενεργό τερματικό θα αντιμετωπίζει τον κίνδυνο να φύγει από την περιοχή που του προσφέρει την απαιτούμενη ραδιοκάλυψη και επαρκές QoS( Quality of Service). Έτσι ώστε να παρέχεται μια συνεχή η seamless υπηρεσία, η σύνδεση θα πρέπει να κάνει μεταγωγή (Handedover) σε κάποιο άλλο σημείο ραδιοκάλυψης (radio access point) που θα μπορεί να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης υπηρεσίας. Το μετέπειτα πρόβλημα είναι με χαρακτήρα πραγματικού χρόνου και ιδιαίτερα απαιτητικό, όταν έρχεται στο κύκλωμα μεταγωγής της κίνησης όπου λίγο ή καθόλου απώλεια δεδομένων είναι επιτρεπτή.

Οι μηχανισμοί αυτοί αποτελούνται από τη λειτουργικότητα για

### 1. Διαχείριση Θέσης (Location Management)

- a) Εγγραφή αρχικής θέσης (Location Registration)
- b) Ενημέρωση τρέχουσας θέσης (Location Update)
- c) Μεταφορά δεδομένων/κλήσεων (Location Searching & Call Delivery)

## 2. Διαχείριση Μεταπομπών (Handover Management)

Μεταγωγή των συνδέσεων ενός κινούμενου τερματικού από την παλιά στην τρέχουσα θέση του

Τα αίτια εκτέλεσης μεταπομπής ωφείλονται

- a)Μείωση της ισχύος του σήματος.
- b)Κινητικότητα Χρήστη.
- c)Αυξημένος φόρτος σε περιοχές του δικτύου.

Το πρόβλημα του roaming είναι κυρίως θέμα του σταθερού μέρους του δικτύου και λύνεται με το να διατηρούνται κεντρικές βάσεις δεδομένων που περιέχουν τις τοποθεσίες κάθε στιγμή για όλα τα τερματικά του δικτύου, οι λεγόμενοι καταχωρητές τοποθεσίας Location Registers (LR). Οποτεδήποτε δημιουργείται μια σύνδεση τα τρέχοντα δεδομένα τοποθεσίας (και άλλα στοιχεία που αφορούν τον χρήστη) παραλαμβάνονται από τον LR ο οποίος χρησιμοποιείται για να βρεθεί το σωστό σημείο ραδιοκάλυψης που θα χρησιμοποιηθεί σαν το σημείο για την ασύρματη επικοινωνία.

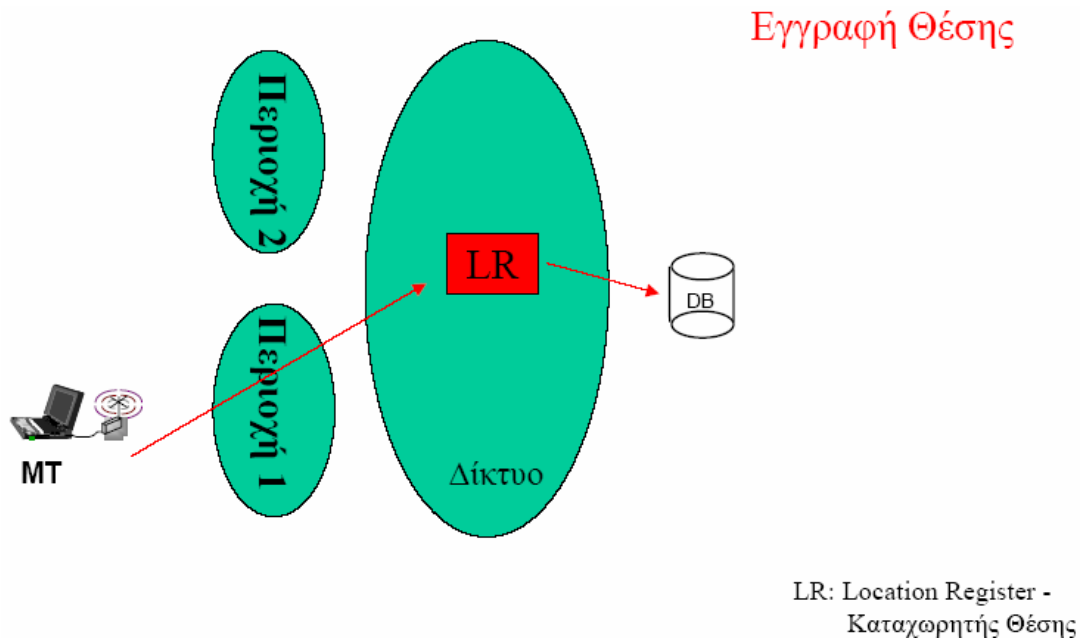
Το τερματικό μπορεί να κινείται συνέχεια και έτσι η ακρίβεια των δεδομένων της τοποθεσίας μπορεί να διαφέρει και αυτό εξαρτάται από τον ρυθμό με τον οποίο γίνεται η ανανέωση αυτών των πληροφοριών. Για να ανανεώνεται συχνά η πληροφορία αυτή θα πρέπει τα τερματικά να μεταδίδουν μηνύματα ανανέωσης της τοποθεσίας (Location Update messages) προς το δίκτυο έτσι ώστε να αναφέρει που βρίσκεται την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Στην πραγματικότητα η φυσική τοποθεσία μπορεί να μην είναι εύκολο να βρεθεί η να μην είναι και απαραίτητη. Αντιθέτως στα περισσότερα συστήματα τα ανενεργά κινητά θα πρέπει να καταγράφουν την στάθμη ισχύος από τους γειτονικούς σταθμούς και να αναφέρουν ποιοι από αυτούς είναι καλοί υποψήφιοι για να γίνουν θύρες επικοινωνίας αν μια σύνδεση που εμπλέκει το τερματικό ζητηθεί από κάποιον τρίτο.

Αν αυτή η ανανέωση γίνεται με μικρό ρυθμό υπάρχει μια πιθανότητα το τερματικό να έχει απομακρυνθεί αρκετά όταν ζητηθούν τα LR-data. Για να μπορεί να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση μηνύματα αναζήτησης ή paging στέλνονται όχι μόνο από τον προηγούμενο υποψήφιο για σημείο πρόσβασης (access point) αλλά και από τα γειτονικά σημεία πρόσβασης. Το μέγεθος της περιοχής που πρέπει να γίνει η αναζήτηση είναι άμεσα εξαρτώμενο από τον ρυθμό των location updates και την κινητικότητα των κινητών σταθμών (ΚΣ). Από την πλευρά του διαχειριστή των πόρων του συστήματος βλέπουμε ότι γίνεται μια ενδιαφέρων ανταλλαγή: πόσοι πόροι θα δαπανηθούν για την εκπομπή του μηνύματος του location update από τα μη ενεργά τερματικά (τα οποία μπορεί να είναι μεγάλος αριθμός) έτσι ώστε να συντηρηθούν πόροι του συστήματος όταν χρειαστούν για κάποια σύνδεση.

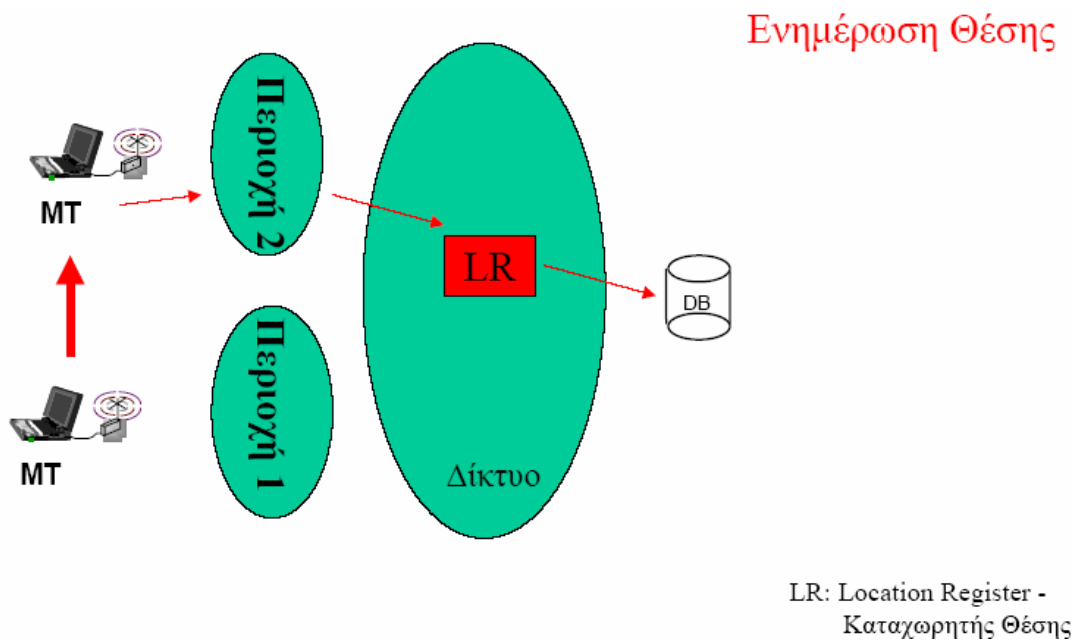
Οι μηχανισμοί διαχείρισης θέσης φαίνονται και απο τα ακόλουθα σχήματα..

Α) Εγγραφή θέσης



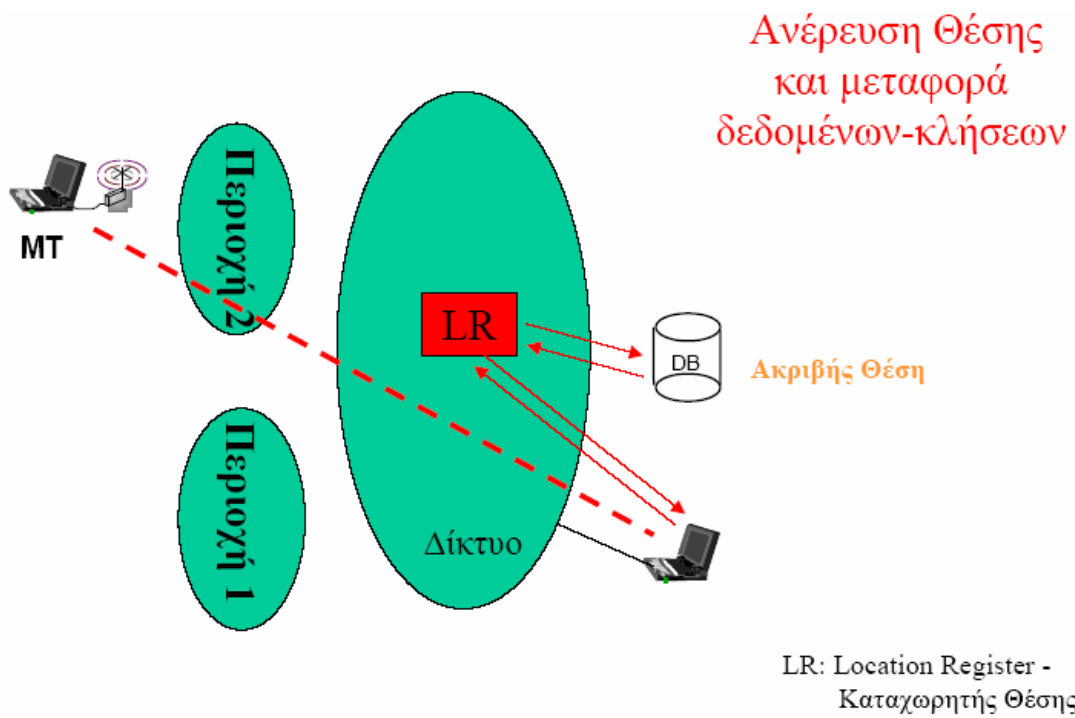
Σχήμα 1.1: Μηχανισμοί διαχείρισης θέσης (Εγγραφή θέσης)

Β) Ενημέρωση θέσης

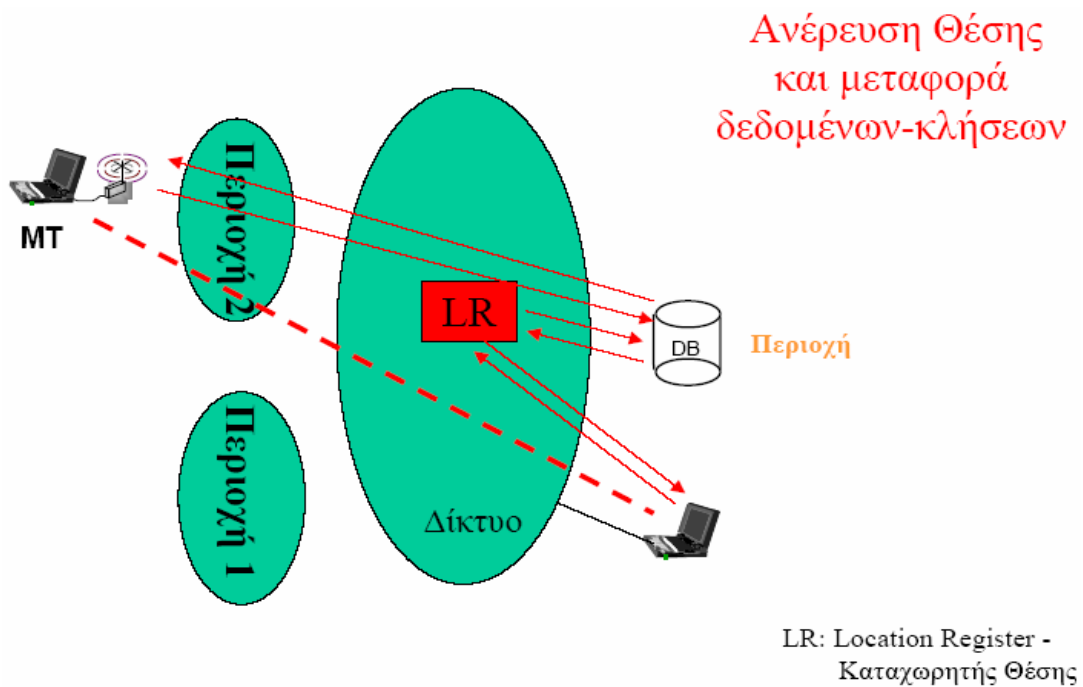


Σχήμα 1.2: Μηχανισμοί διαχείρισης θέσης (Ενημέρωση θέσης)

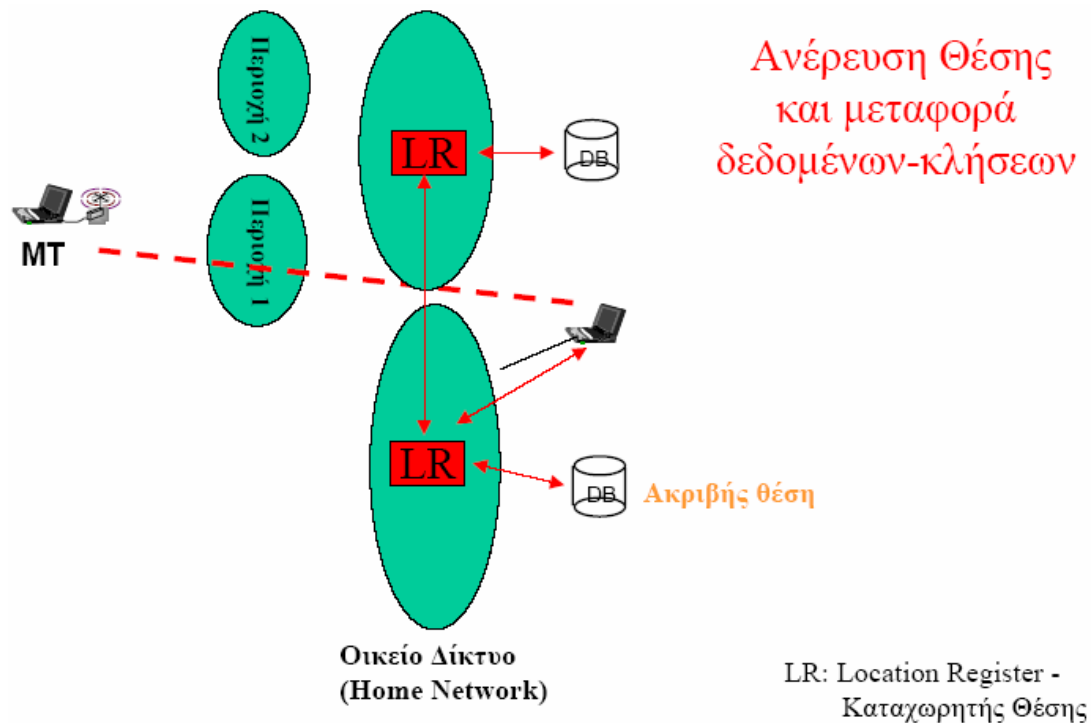
C) Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων



Σχήμα 1.3.α: Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων



Σχήμα 1.3.β: Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων



**Σχήμα 1.3.γ:** Ανέρευση Θέσης και μεταφορά δεδομένων-κλήσεων

Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η ανεύρεση της ακριβούς θέσης ενός τερματικού, τα δίκτυα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο προσέγγισης του

**A) Συνδεοστρεφή δίκτυα (connection oriented):**

Πρώτα βρίσκεται η ακριβής θέση ενός τερματικού και μετά εγκαθιδρύεται η σύνδεση σε αυτό.

**B) Ασυνδεοστρεφή δίκτυα (connectionless):**

Η ανεύρεση της τρέχουσας θέσης ενός τερματικού είναι συνδεδεμένη με τη διαδικασία αποστολής δεδομένων

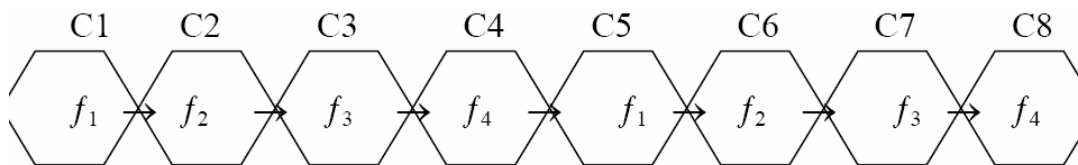
### 1.2.1 Ένοιες και ορισμοί περί handover

Το handover είναι ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό γνώρισμα στα κυψελοειδή συστήματα και επομένως οι αλγόριθμοι παράδοσης βρίσκονται υπό συνεχή μελέτη. Τα προβλήματα στον αλγόριθμο παράδοσης ή οι παράμετροί του μπορούν να οδηγήσουν στις πτώσεις κλήσης έχουν άμεση επίδραση στην ικανοποίηση χρηστών. Οι περιττές παραδόσεις οδηγούν στην υποβιβασμένη ποιότητα κλήσης και συγχρόνως την μη ικανοποιητική σηματοδότηση. Δεδομένου ότι το μέγεθος της κυψέλης μειώνεται συνεχώς με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αποδοτικότητα του φάσματος αλλά με κόστος στα handoffs και το overhead του ανταποκρινόμενου διαχειριστή (administrator), είναι σημαντικό από τον αλγόριθμο παράδοσης να προσδιοριστούν η κινητικότητα των χρηστών καθώς και τα χαρακτηριστικά των στοιχείων που λαμβάνουν σε κάθε περίπτωση.

Handover είναι ο μηχανισμός που μεταφέρει μια τρέχουσα κλήση από μια κυψέλη-κύτταρο σε μία άλλη καθώς ένας χρήστης κινείται μέσω του τομέα κάλυψης ενός κυψελοειδούς συστήματος. Η αλλαγή του καναλιού γίνεται σε μια μπάντα συχνοτήτων για τα FDMA (frequency division multiple access) συστήματα και σε μια κωδικολέξη για τα CDMA (code division multiple access) συστήματα ή συνδυασμός αυτών σε κάποιο υβριδικό σύστημα.

Εάν ο μηχανισμός δεν εμφανίζεται γρήγορα, η ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) μπορεί να εκφυλιστεί κάτω από ένα αποδεκτό επίπεδο. Η ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης ελαχιστοποιεί επίσης την ενδοκαναλική παρεμβολή (co-channel interference). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας υπάρχει μια συνοπτική διακοπή υπηρεσιών. Δεδομένου ότι η συχνότητα αυτών των διακοπών αυξάνεται το αντιληπτό QoS μειώνεται. Δεδομένου ότι το ποσοστό παράδοσης αυξάνεται, οι αλγόριθμοι handover πρέπει να ενισχυθούν έτσι ώστε το αντιληπτό QoS να μην εκφυλίζεται και το κόστος στην κυψελοειδή υποδομή να μην ανεβαίνει στα ύψη. Πολλή προσπάθεια γίνεται στα υπάρχοντα σχέδια μελέτης handover, ώστε να δημιουργηθούν νέα που να αντιμετωπίζουν αυτές τις προκλήσεις.

- Η διαδικασία μεταγωγής μιας κλήσης από μια κυψέλη σε γειτονική κυψέλη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα
  - Η κλήση από την συχνότητα  $f_1$  της κυψέλης C1 μεταφέρεται στη συχνότητα  $f_2$  της κυψέλης C2



**Σχήμα 1.4:** Η Διαδικασία μεταγωγής

Οι πιθανοί λόγοι για την εκτέλεση του μηχανισμού handover οφείλονται :

- a) Χαμηλή στάθμη λαμβανομένου σήματος στην κυψέλη.
- b) Υψηλό επίπεδο κίνησης στην κυψέλη που διεξάγεται η κλήση.
- c) Υψηλό επίπεδο παρεμβολής (ισχυρό σήμα αλλά και ισχυρή παρεμβολή).

Οι έλεγχοι για την ύπαρξη πιθανών αιτιών για handover γίνονται ταυτόχρονα από το δίκτυο. Τα αίτια για το handoff είναι περισσότερο συνδεδεμένα με την ασύρματη σύνδεση, την διαχείριση του δικτύου ή τις επιλογές των υπηρεσιών. Η λαμβανόμενη ισχύς σήματος (Received Signal Strength-RSS), λόγος σήματος προς παρεμβολές και κάποια που έχουν σχέση με το σύστημα όπως ο συγχρονισμός που χρειάζεται για τα συστήματα με πολλαπλή προσπέλαση με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access-TDMA) που όταν χαθεί θα πρέπει το σύστημα να οδηγηθεί σε handoff, αυτό είναι και ο πιο κοινός λόγος για μεταγωγή

Παραδείγματα όπου η αιτία του handover οφείλεται στην στάθμη λαμβανομένου σήματος

- Ορισμός κατωφλίου 100dBm: η μεταγωγή πρέπει να έχει ολοκληρωθεί προτού η στάθμη του λαμβανομένου σήματος πέσει κάτω από 100dBm
- Ορισμός θετικού offset  $\Delta$  dBm: προσδιορίζει την έναρξη της διαδικασίας μεταγωγής, δηλαδή στα  $-100\text{dBm} + \Delta\text{dBm}$  ξεκινά η διαδικασία μεταγωγής
- Το offset  $\Delta\text{dBm}$  πρέπει να προσαρμόζεται στον περιβάλλοντα χώρο και την ταχύτητα του κινητού
  - Για μεγάλο  $\Delta$  και μικρή ταχύτητα → άσκοπα handover (ping-pong)
  - Για μικρό  $\Delta$  και μεγάλη ταχύτητα → συχνή πτώση κλήσεων
- Το κατώφλι και το offset προσδιορίζουν τα όρια των κυψελών
  - Με άλλα λόγια, handover συμβαίνουν μόνο στα γεωγραφικά όρια αλλά και σε σημεία εσωτερικά των κυψελών

Ο μηχανισμός του handover μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε

• Σκληρό (Hard) handover (στο GSM και 1η γενιά)

Πριν την αποκατάσταση κλήσης στη νέα κυψέλη ελευθερώνεται ο ραδιοδιάλογος στην παλαιά (εννοείται ότι έχουν δεσμευθεί οι απαιτούμενοι νέοι πόροι) Το hard handover μπορεί να είναι seamless ή non – seamless. Η διαφορά του seamless hard handover με το non – seamless είναι ότι το seamless handover δεν γίνεται αντιληπτό από τον χρήστη. Πρακτικά όμως, ένα handover για το οποίο χρειάζεται αλλαγή της συχνότητας του φορέα (inter – frequency handover) πάντα είναι hard handover.

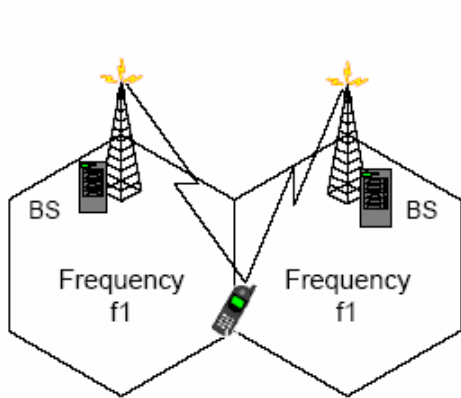
• Μαλακό (Soft) handover (στο CDMA).

Για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα παλαιός και νέος ΣΒ μιλούν ταυτόχρονα με το κινητό – στην ουσία έχουμε πολυδιανομή της κλήσης. Το soft handover λειτουργεί με την χρήση του macro diversity, δηλαδή λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι διάφοροι ραδιο – σύνδεσμοι είναι ενεργοί την ίδια χρονική στιγμή. Υπό κανονικές συνθήκες, το soft handover μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ο κινητός κόμβος αλλάζει κυψέλες που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα.

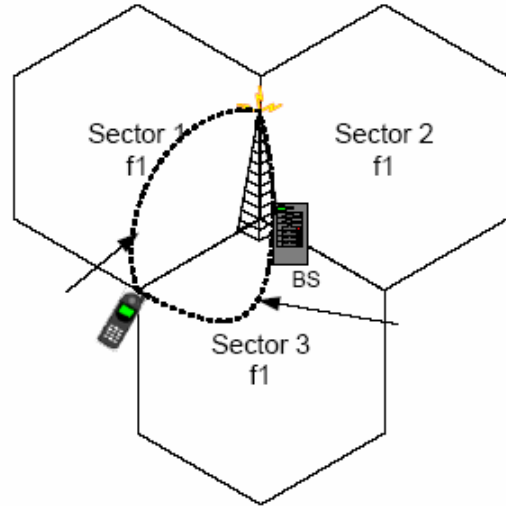


• Softer Handover:

Το Softer Handover είναι μια ειδική περίπτωση του Soft Handover, όπου οι ραδιο – σύνδεσμοι προσθέτονται και αφαιρούνται από τον ίδιο κινητό κόμβο Node B (Base Station)



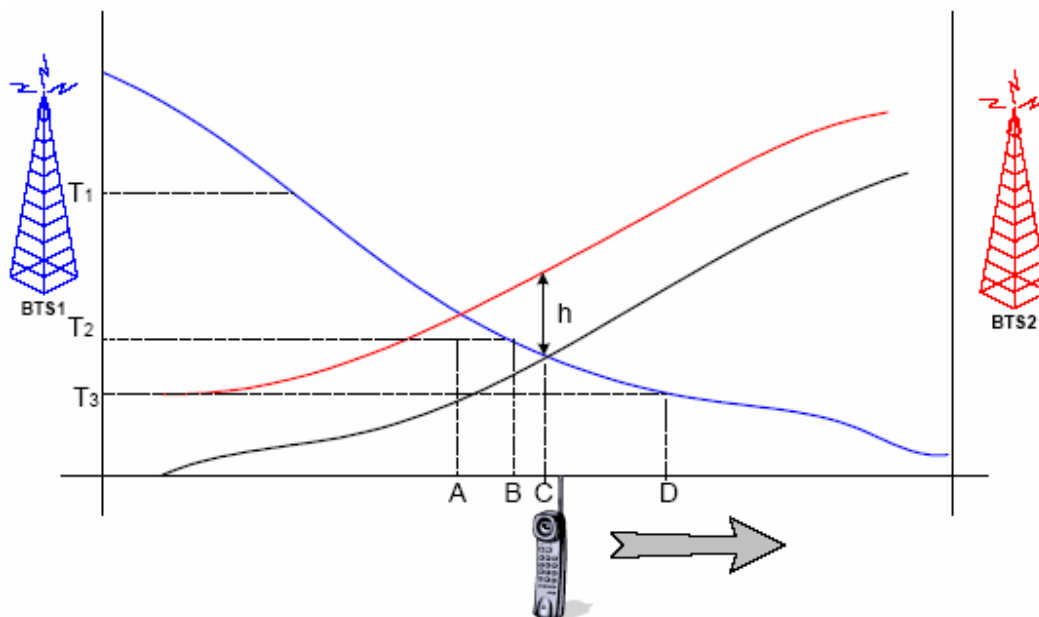
Soft Handover



Softer Handover

Σχήμα 1.5.α: Μηχανισμός handover (Soft Handover)    Σχήμα 1.5.β: Μηχανισμός handover (Softer Handover)

Γενικά, το hard handover, σε αντιδιαστολή με το soft handover, εμφανίζεται όταν διακοπτεται η παλαιά σύνδεση προτού να ενεργοποιηθεί μια νέα σύνδεση. Μελετώνται κριτήρια έναρξης ώστε να προκαλούνται λιγότερες επιπτώσεις από το hard handover τόσο στους κινητούς δέκτες όσο και στο όλο δίκτυο. Όλες οι μελέτες υποθέτουν ότι το σήμα υπολογίζεται κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια του χρόνου αν αφαιρεθούν οι γρήγορες διακυμάνσεις λόγω των πολλαπλών διαδρομών στην φύση και του ραδιο περιβάλλοντος. Το (σχήμα1.6) παρουσιάζει την κίνηση από έναν σταθμό βάσεων προς άλλο.



**Σχήμα 1.6:** Η κίνηση από έναν σταθμό βάσεων προς άλλο.

Η υπολογισμένη κατά μέσο όρο ένταση σημάτων του σταθμού βάσης 1 μειώνεται όταν ο κινητός σταθμός απομακρύνεται από αυτόν. Με τον ίδιο τρόπο, η υπολογισμένη κατά μέσο όρο ένταση σημάτων του σταθμού βάσης 2 αυξάνονται όσο ο κινητός σταθμός τον πλησιάζει. Η σχετική ένταση σημάτων επιλέγει πάντα τον ισχυρότερο λαμβανόμενο σταθμό βάσης. Η απόφαση είναι βασισμένη σε μια υπολογισμένη κατά μέσο όρο μέτρηση του λαμβανόμενου σήματος. Στο (σχήμα 1.6), το handover θα εμφανιζόταν στην θέση A, μόνο εάν το τρέχον σήμα είναι αρκετά αδύνατο (λιγότερο από ένα κατώτατο όριο) και το άλλο είναι ισχυρότερο από το προηγούμενο. Ο προσδιορισμός του κατώτατου ορίου εξαρτάται από την στάθμη του έναντι των στάθμων σημάτων των δύο σταθμών βάσεων στο σημείο στο οποίο είναι ισοδύναμοι. Εάν το κατώτατο όριο είναι υψηλότερο από αυτήν την <αξία>, π.χ. το T1 στο σχήμα, το handover εμφανίζεται στη θέση A. Αν το όριο είναι χαμηλότερο από αυτήν την <αξία>, για παράδειγμα T2, ο κινητός σταθμός θα καθυστερήσει την παράδοση έως ότου διασχίσει το τρέχον επίπεδο σημάτων του ορίου, στη θέση B. Στην περίπτωση του T3, η καθυστέρηση μπορεί να είναι τόσο μακροχρόνια που οι κινητές κλίσεις γίνονται μακριά σε νέα κυψέλη. Αυτό μειώνει την ποιότητα της σύνδεσης επικοινωνίας και μπορεί να οδηγήσει σε μια αποτυχημένη κλήση. Επιπλέον, αυτό προκαλεί την πρόσθετη παρεμβολή co-channel. Κατά συνέπεια, αυτό το σχέδιο μπορεί να δημιουργήσει τις επικαλυπτόμενες περιοχές κάλυψης κυψελών. Ένα κατώτατο όριο δεν χρησιμοποιείται μόνο στην πράξη επειδή η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από την προγενέστερη γνώση της έντασης σημάτων στις διασταυρώσεις μεταξύ των σταθμών βάσεων που χρησιμοποιούνται την δεδομένη στιγμή και των <υποψηφίων> σταθμών. Η σχετική ένταση των σημάτων προκαλεί την παράδοση μόνο εάν το σήμα του σταθμού βάσης είναι αρκετά ισχυρότερο (από ένα περιθώριο υστέρησης C στο (σχήμα 1.6) από το τρέχον. Σε αυτήν την περίπτωση η παράδοση θα εμφανιστεί στο σημείο Γ.

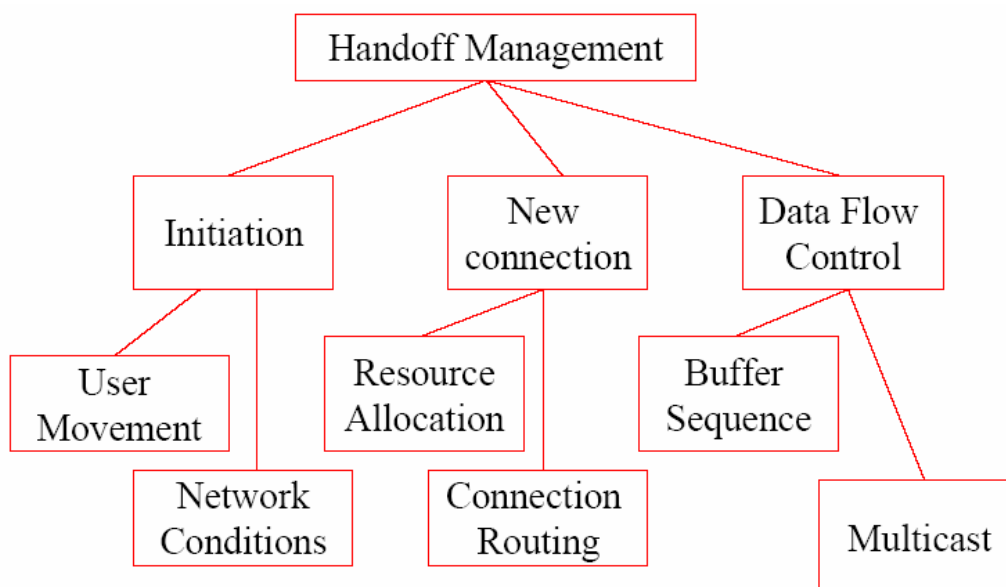
Αυτή η τεχνική αποτρέπει την αποκαλούμενη επίδραση ping-pong effect, η επαναλαμβανόμενη παράδοση μεταξύ δύο σταθμών βάσεων που προκαλείται από τις γρήγορες διακυμάνσεις στις λαμβανόμενες έντασεις σημάτων και από τους δύο σταθμούς βάσης. Η πρώτη παράδοση, εντούτοις, μπορεί να είναι περιττή εάν η βάση εξυπηρέτησης είναι αρκετά ισχυρή. Στο (σχήμα 1.6), η παράδοση θα εμφανιστεί στο σημείο γ εάν το κατώτατο όριο είναι είτε  $\tau_1$  είτε  $\tau_2$ , και θα εμφανιστεί στο σημείο δ εάν το κατώτατο όριο είναι  $\tau_3$ . Υπάρχουν διάφορες τεχνικές πρόβλεψης που αναπτύσσονται, οι οποίες βασίζουν την απόφαση παράδοσης σχετικά με την αναμενόμενη μελλοντική αξία της λαμβανόμενης έντασης σημάτων. Αυτές οι τεχνικές παρουσιάζονται μέσω των προσομοιώσεων, επειδή έχουν κατά συνέπεια έναν μικρότερο αριθμό περιττών παραδόσεων. Οι τεχνικές που ελέγχουν την έναρξη handover περιγράφονται στην συνέχεια .

### Τρόποι εκτέλεσης μεταπομπών

- network controlled/initiated
- mobile assisted/initiated
- mobile controlled/initiated

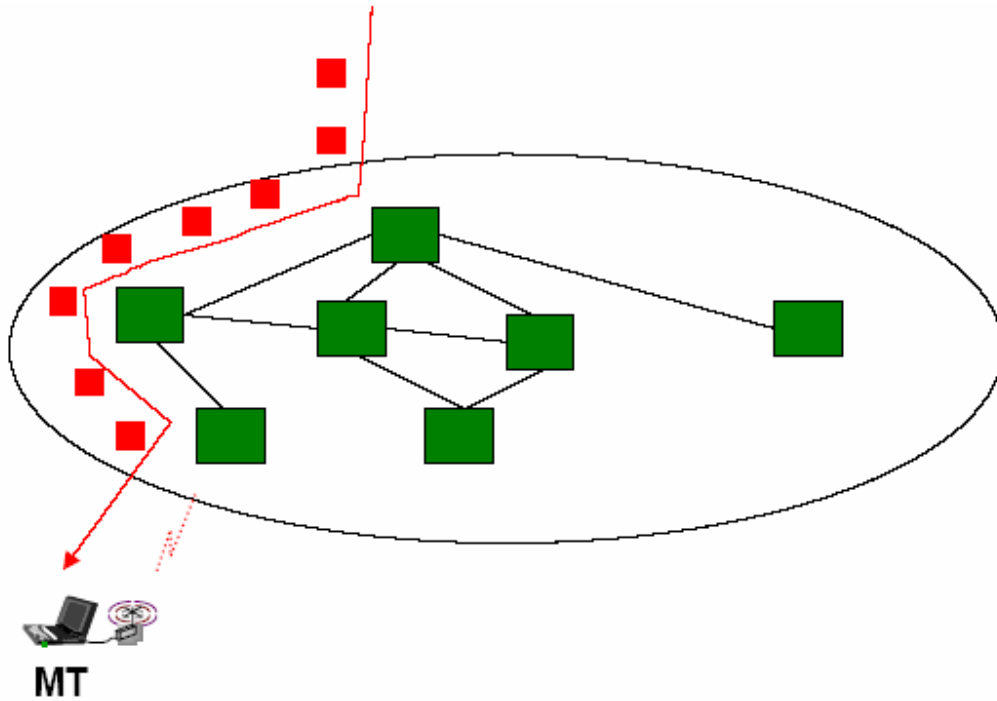
### Οι αλγόριθμοι μεταπομπής βασίζονται

- στα πρωτόκολλα δρομολόγησης
- στους μηχανισμούς διαχείρισης των πόρων του δικτύου



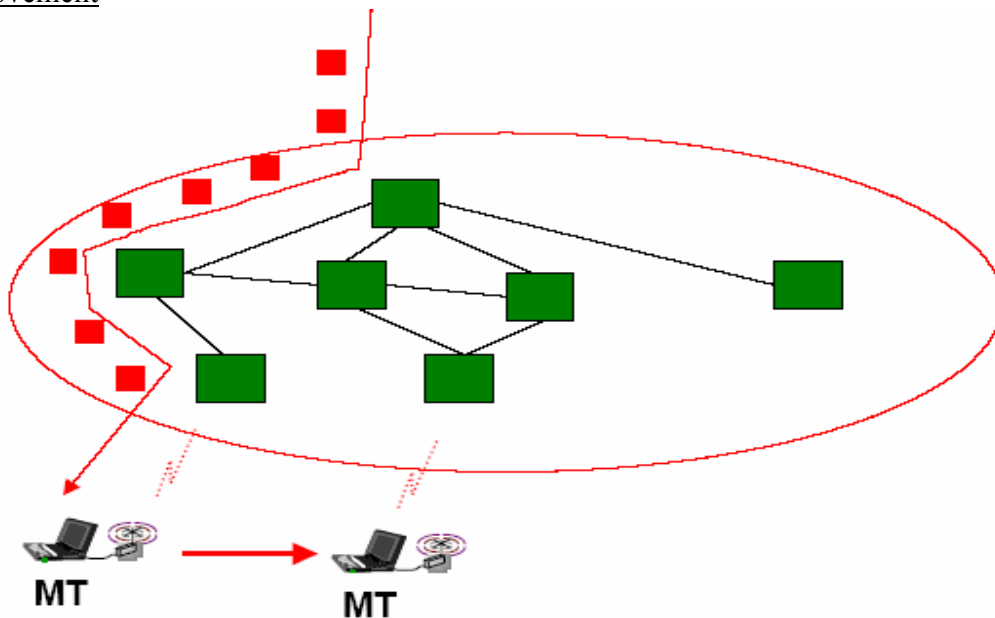
**Σχήμα 1.7:** Οι αλγόριθμοι μεταπομπής

Σχηματικά



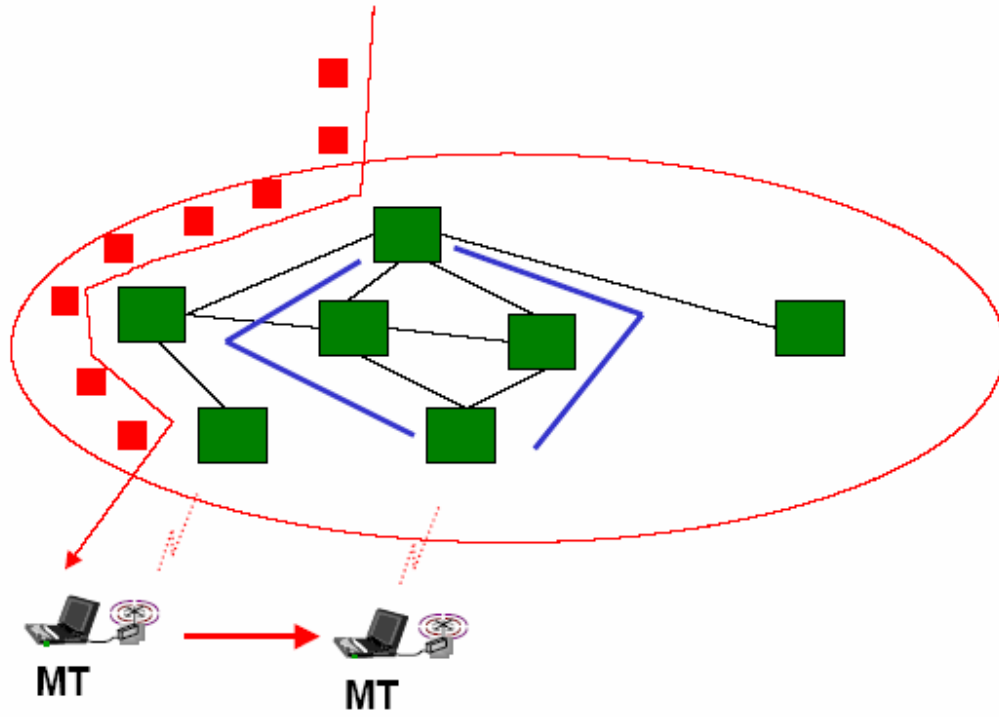
Σχήμα 1.8.α: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου(Δρομολόγηση)

Α)user movement



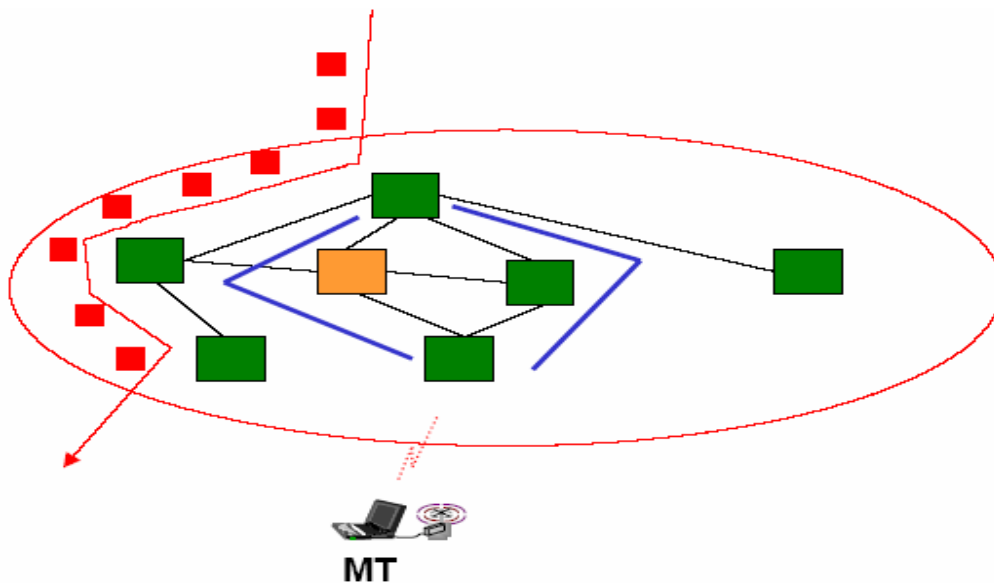
Σχήμα 1.8.β: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( user movement)

B)connection routing



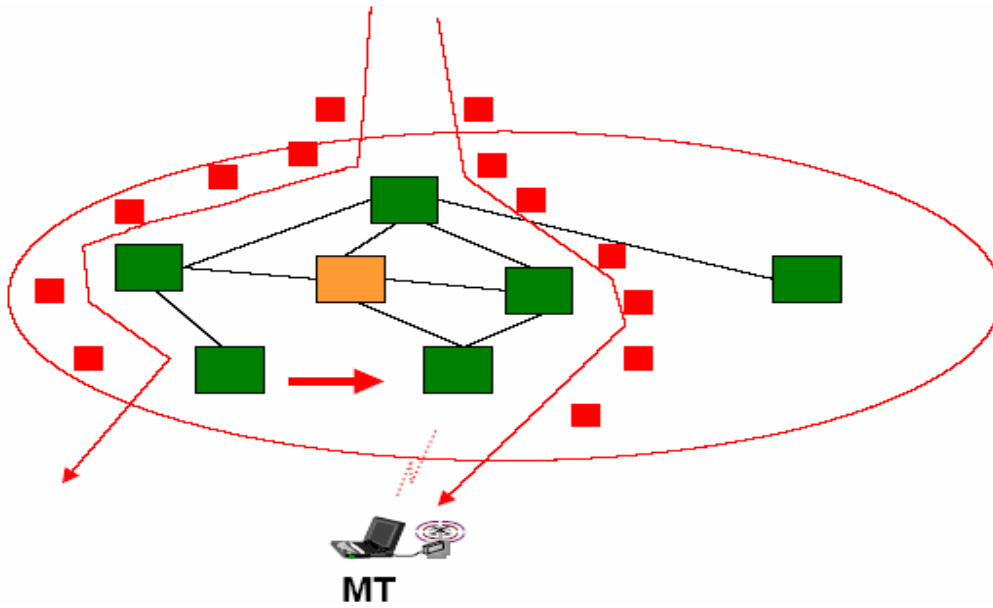
Σχήμα 1.8.γ: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( *connection routing*)

C)resource allocation



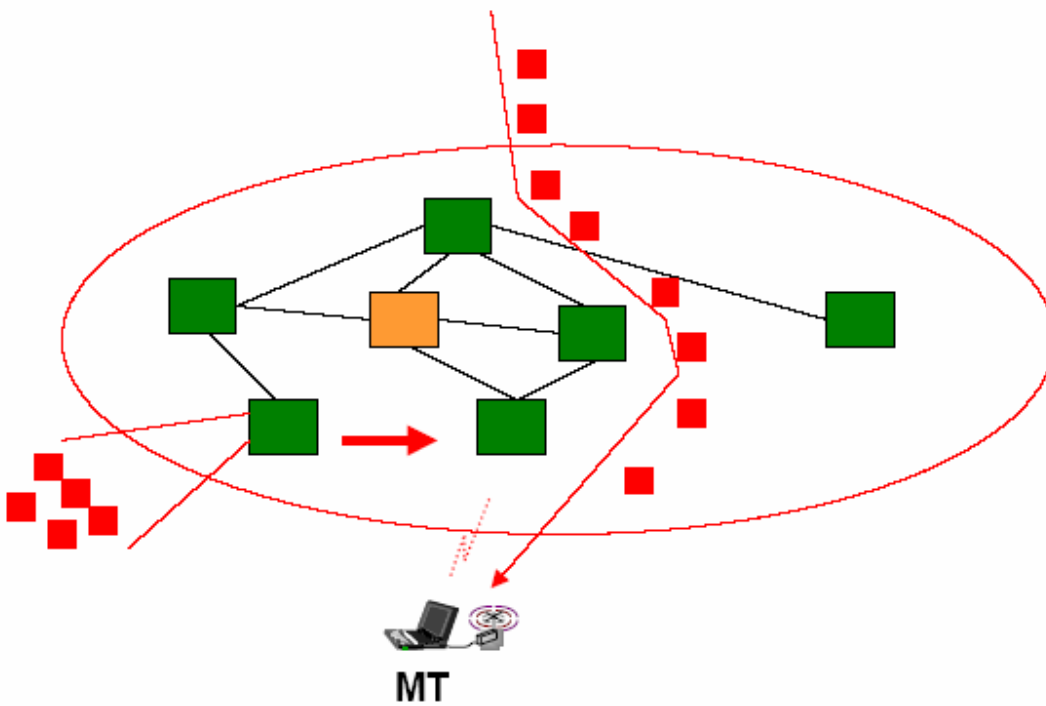
Σχήμα1.8.δ: Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( *resource allocation*)

**D)multicast**



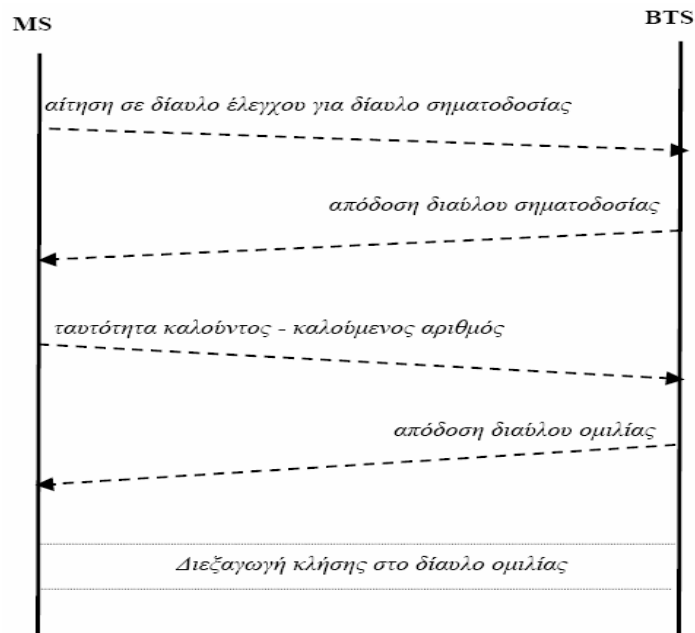
**Σχήμα 1.8.ε:** Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου (multicast)

**E)Buffering**



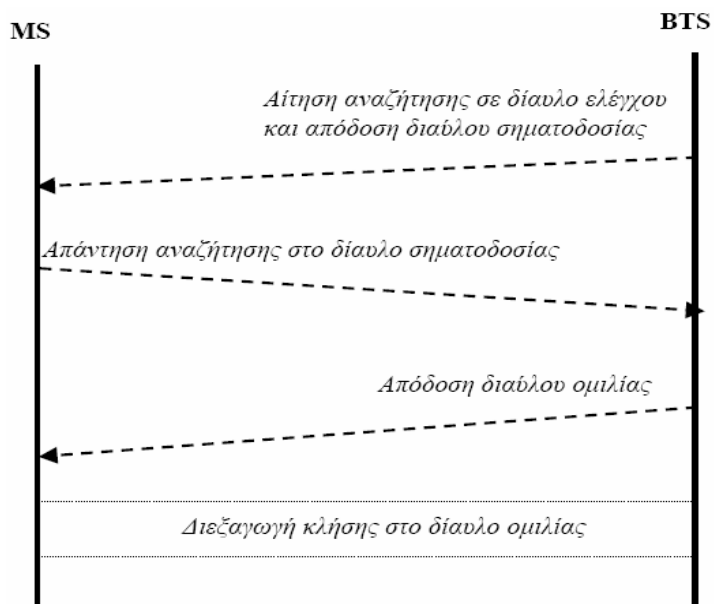
**Σχήμα 1.8.ζ:** Μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του δικτύου( Buffering)

Η διαδικασία έναρξης εγκατάστασης κλήσης από κινητό έχει ως εξής



**Σχήμα 1.9.α:** Έναρξη εγκατάστασης κλήσης από κινητό

Η έναρξη εγκατάστασης κλήσης από δίκτυο έχει ως εξής



**Σχήμα 1.9.β:** Έναρξη εγκατάστασης κλήσης από δίκτυο

Οι τεχνικές ανάθεσης διαύλων περιλαμβάνουν

### 1.Fixed channel allocation

- Ομοιόμορφη.
- Ανομοιόμορφη.
- Κατάλληλη όταν το φορτίο κίνησης είναι υψηλό.
- Δεν εκμεταλλεύεται τους πόρους όταν το φορτίο είναι σχετικά χαμηλό.
- Απαιτείται σχεδιασμός των συχνοτήτων μέσω κάποιου εργαλείου πριν τη έναρξη της χρήσης του συστήματος.
- Πρόβλημα σε περιβάλλον microcells όπου το planning είναι αδύνατο.

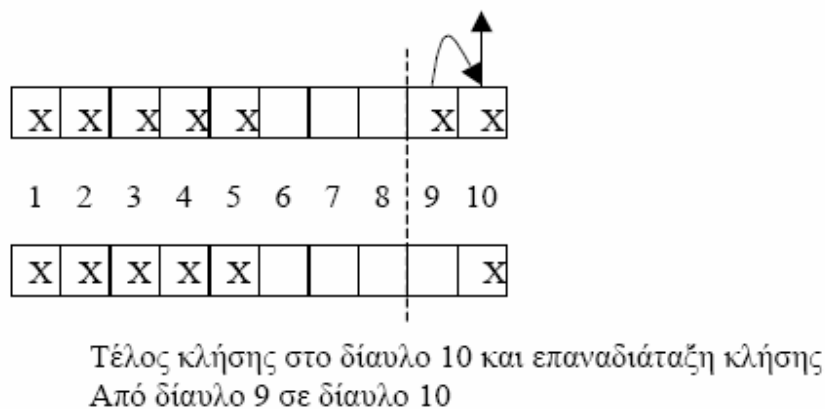
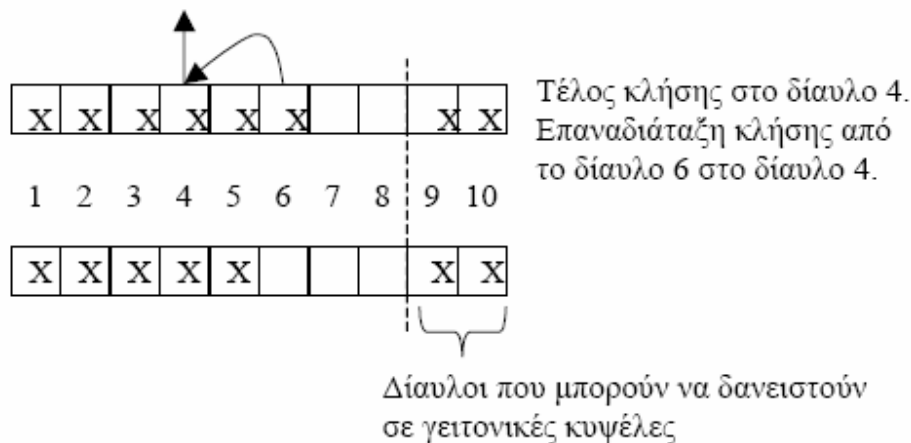
### 2. Dynamic channel allocation pool

- Εκμεταλλεύεται μεταβλητότητες στην κίνηση, τόσο χωρικές όσο και χρονικές όταν το φορτίο είναι γενικά ελαφρύ.
- Αδυνατεί να αντεπεξέλθει σε υψηλά φορτία κίνησης.
- Ανατίθεται διάυλος/κανάλι όταν ζητηθεί και εάν αυτός πληροί τους περιορισμούς παρεμβολών τη δεδομένη στιγμή που ζητείται.
- Ποιος διάυλος από αυτούς που πληρούν τους περιορισμούς παρεμβολών και πως θα επιλεγεί; Η απάντηση προσδιορίζει και το σχήμα δυναμικής ανάθεσης.
  - Δίαυλος που προκαλεί μικρότερη παρεμβολή.
  - Δίαυλος που συνεισφέρει στη μείωση της μέσης απόστασης επαναχρησιμοποίησης σε όλο το δίκτυο.
    - Δίαυλος που αυξάνει τη συχνότητα χρησιμοποίησης του υποψήφιου διαύλου (δηλαδή κάποιος διάυλος που χρησιμοποιείται λιγότερο).

### 3.Nominal channel allocation και δανεισμός

- Ομοιόμορφη/ανομοιόμορφη ανάθεση.
- Δανεισμός πόρων από γειτονικές κυψέλες σε στιγμιαίες περιόδους συμφόρησης.
- Διάταξη διαύλων που τηρείται κατά την ανάθεση.





**Σχήμα 1.10:** *Nominal channel allocation και δανεισμός*

#### 4. Υβριδική

- Κάποιο μέρος των συχνοτήτων είναι σταθερά κατανομημένο στις κυψέλες (FCA)
- Οι υπόλοιπες συχνότητες παραμένουν στη δεξαμενή δυναμικής διάθεσης (DCA)

Οι υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών σε σχέση με την ανάθεση πόρων περιλαμβάνουν

##### a) Υπηρεσίες φωνή / video:

- σχεδόν σταθερού ρυθμού
- ανεκτά κάποια λάθη
- η μεταγωγή κυκλώματος ταιριάζει καλύτερα => σταθερή ανάθεση ασύρματων πόρων καθόλη τη διάρκεια των κλήσεων

##### b) Υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων

- μεταβλητού ρυθμού
- όχι ανεκτά τα λάθη
- η μεταγωγή πακέτου ταιριάζει καλύτερα => δυναμική ανάθεση ασύρματων πόρων όταν υπάρχουν δεδομένα προς αποστολή

### Handover σε δορυφορικά συστήματα.

Δύο λόγοι υπάρχουν για την δημιουργία handover σε δορυφορικά συστήματα:

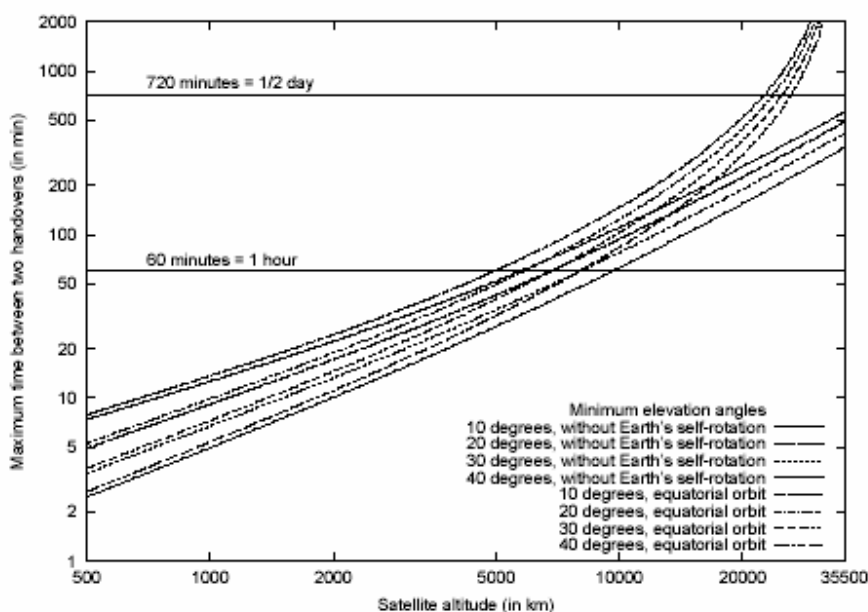
-Η κίνηση του δορυφόρου που είναι και η πιο κύρια αιτία και προκαλεί δύο τύπων handover:

a) Satellite handover δηλαδή η μεταφορά ενός χρήστη από ένα δορυφόρο σε ένα άλλο.

b) Cell handover δηλαδή η μεταφορά ενός χρήστη από μία ακτίνα (spot- beam) σε μια άλλη στον ίδιο δορυφόρο.

-Ο δεύτερος λόγος για handover είναι η κίνηση της ίδιας της γης που μας εισάγει μεγαλύτερη περιπλοκή στο ήδη περίπλοκο σύστημα.

Στο παρακάτω σχήμα (**σχήμα 1.11**) βλέπουμε τον μέγιστο χρόνο που χρειάζονται δύο δορυφόροι για να κάνουν handover συναρτήσει του ύψους  $h$  και της γωνίας ανύψωσης  $\epsilon$



Maximum time between two satellite hand-overs.

**Σχήμα 1.11:** Handover σε δύο δορυφόρους

Παρατηρούμε ότι ο μέγιστος χρόνος για handover μπορεί να ποικίλει από μερικά λεπτά μέχρι αρκετές ώρες. Επίσης, οι inclined τροχιές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκμεταλλευτούν τη γήινη περιστροφή για να αυξήσουν την περίοδο διαφάνειας του δορυφόρου από την γη.

Ως εκ τούτου, η κινητικότητα του δικτύου μπορεί επίσης να ποικίλει πολύ. Χοντρικά, μπορούν να διακριθούν μεταξύ χαμηλής και υψηλής κινητικότητας, ανάλογα με το μέγιστο χρόνος για handover.

### 1.2.2 GSM και Handover

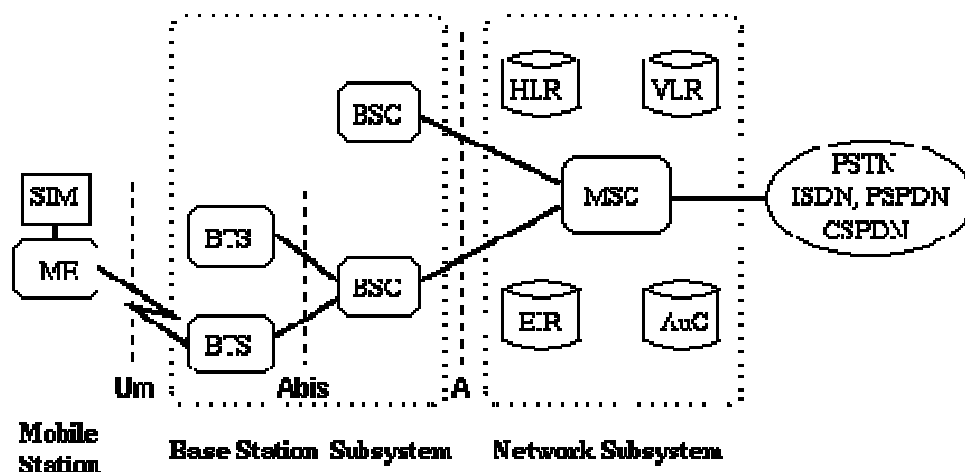
Το 1982, το Ευρωπαϊκό τηλεπικοινωνιακό συμβούλιο (CEPT), άρχισε μελέτη, με την ονομασία "Group Special Mobile" GSM, με σκοπό την δημιουργία ενός πανευρωπαϊκού συστήματος κινητής τηλεφωνίας. Το σύστημα αυτό είχε σαν βασικές προϋποθέσεις τις εξής:

- Υποκειμενικά καλή, ποιότητα ήχου.
- Μικρό κόστος σε τερματικά και υπηρεσίες.
- Υποστήριξη διεθνούς λειτουργίας.
- Υποστήριξη φορητών τερματικών χεριού.
- Υποστήριξη νέων προτύπων υπηρεσιών.
- Συμβατότητα με το ISDN.

Η ψηφιακή μορφή του GSM επιτρέπει μεταφορά δεδομένων, τόσο σε σύγχρονη όσο και σε ασύγχρονη μορφή, τα οποία μπορούν να μεταφερθούν από και προς ένα ISDN τερματικό. Τα δεδομένα, μπορούν να μεταφερθούν χωρίς να γίνονται αντιληπτά -χωρίς εγγύηση για την ακέραιη μεταφορά τους- και κανονικά, με εγγύηση για την σωστή μεταφορά τους, μέσω μια Αυτόματης Διαδικασίας Επανάληψης (ARQ) σε περίπτωση λάθους. Οι ταχύτητες που υποστηρίζει το GSM, είναι 300, 600, 1200, 2400 και 9600 bps.

Η κύρια υπηρεσία του GSM είναι η τηλεφωνία. Επίσης υπάρχει δυνατότητα, επείγουσας κλήσης, στην οποία ο κοντινότερος παροχέας ειδοποιείται, με την κλήση ενός τριψήφιου αριθμού (112). Επίσης υπάρχει δυνατότητα μεταφοράς Fax (Group 3), με την χρήση ειδικού προσαρμογέα. Μοναδική υπηρεσία του GSM, είναι το SMS (υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων), μια υπηρεσία διπλής κατευθύνσεως για την αποστολή μικρών αλφαριθμητικών χαρακτήρων (μέχρι 160 bytes) με τρόπο αποθήκευσης- προώθησης. Το SMS, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υπηρεσία κυψέλης, για αυτόματες αποστολές μηνυμάτων, όπως κίνηση στους δρόμους ή νέα. Τα μηνύματα αποθηκεύονται στο SIM, για μετέπειτα ανάγνωση. Τέλος υπάρχουν βοηθητικές υπηρεσίες, όπως αναγνώριση, προώθηση, αναμονή και φραγή κλήσεων, διάσκεψη και άλλες.

Η αρχιτεκτονική του GSM (**εικόνα 1.1**) δικτύου μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη. Τον κινητό σταθμό, το υποσύστημα σταθμού βάσης και το υποσύστημα δικτύου, που χειρίζεται τις λειτουργίες του χειρισμού της κινητικότητας (mobility management)



SIM	Subscriber Identity Module	BSC	Base Station Controller	MSC	Mobile services Switching Center
ME	Mobile Equipment	HLR	Home Location Register	EIR	Equipment Identity Register
BTS	Base Transceiver Station	VLR	Visitor Location Register	AuC	Authentication Center

**Εικόνα 1.1:** Η αρχιτεκτονική του GSM δικτύου

**Κινητός σταθμός:** Ο κινητός σταθμός αποτελεί ουσιαστικά τον κινητό εξοπλισμό του χρήστη καθώς και την κάρτα SIM, η οποία παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του δικτύου.

**Υποσύστημα Σταθμού Βάσης:**

Αποτελείται από δυο μέρη. Τον βασικό σταθμό μετάδοσης (BTS) και τον βασικό σταθμό ελέγχου (BSC). Το πρώτο τμήμα είναι αυτό που καθορίζει ένα κελί επικοινωνίας και δέχεται τις κλήσεις από τα κινητά σε αυτό το κελί και το δεύτερο τμήμα ελέγχει τους πόρους σε ραδιοσυχνότητες των BTS. Αυτό δηλαδή που κάνει ο βασικό σταθμός ελέγχου είναι να εγκαθιστά το ραδιο-κανάλι, να υλοποιεί την αλλαγή συχνότητας (frequency hopping) και την αλλαγή σταθμού μετάδοσης (handover).

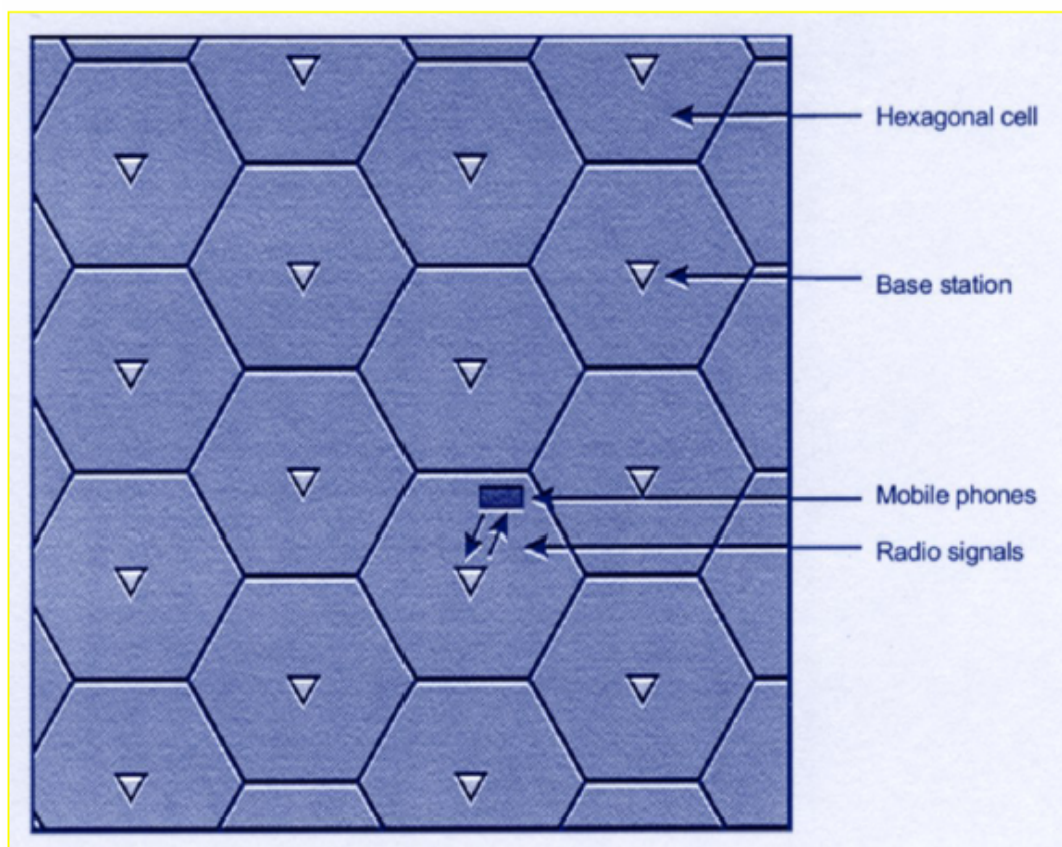
**Υποσύστημα Δικτύου:**

Αποτελεί το κεντρικό τμήμα του συνολικού δικτύου και περιλαμβάνει το Κέντρο Χειρισμού Υπηρεσιών (MSC). Το τμήμα αυτό του υποσυστήματος δικτύου, παρέχει όλη την λειτουργικότητα που χρειάζεται για τον χειρισμό ενός κινούμενου χρήστη (registration, authentication, location updating). Δυο άλλα βασικά τμήματα του υποσυστήματος δικτύου είναι ο Home Location Register και ο Visitor Location Register. Ο HLR περιέχει διαχειριστικές πληροφορίες για κάθε χρήστη που είναι εγγεγραμμένος στο συγκεκριμένο δίκτυο, μαζί με την τρέχουσα θέση του. Η θέση του κινούμενου χρήστη, είναι συνήθως η διεύθυνση του VLR που σχετίζεται με αυτόν. (Διαφορά από το κλασσικό σχήμα two-tier). Ο VLR περιέχει μερικές διαχειριστικές πληροφορίες για κάθε χρήστη που βρίσκεται στη γεωγραφική περιοχή που ελέγχει (που τις αποκτά από τον HLR). Συνήθως ταυτίζεται με το κέντρο χειρισμού υπηρεσιών (MSC), μια και τα δυο καλύπτουν την ίδια περιοχή (για διαφορετικό όμως λόγο και σε διαφορετικό επίπεδο επικοινωνίας).

Οι υπηρεσίες καταλόγου στο σύστημα GSM χρησιμοποιούν τους δυο καταχωρητές HLR και VLR καθώς και το MSC. Η διαδικασία περιγράφεται ως εξής:

Όταν ένας κινούμενος σταθμός (MS) μετακινηθεί σε μια καινούργια περιοχή, πρέπει να εγγραφεί στο δίκτυο ώστε να γίνει γνωστή η θέση του. Αυτό γίνεται στέλνοντας στον MSC και στον VLR ένα μήνυμα ενημέρωσης, για να αλλάξει η εγγραφή (ή να δημιουργηθεί καινούργια) που υπάρχει για τον εν λόγω MS. Ο VLR στη συνέχεια στέλνει την πληροφορία στον HLR του συγκεκριμένου MS ο οποίος ενημερώνει τη γενική του εικόνα για το δίκτυο. Για λόγους αξιοπιστίας το GSM επιτρέπει και περιοδική ενημέρωση των VLR/MSC και VLR.

Από τις προδιαγραφές του συστήματος GSM, ένα δίκτυο αυτού του τύπου διαθέτει κυψελοειδή εξαγωνική δομή όπως αυτή που φαίνεται στο (σχήμα 1.12). Κάθε εξάγωνο αποτελεί και μια κυψέλη (cell), η οποία δεν μπορεί να επικαλύπτεται σημαντικά με κάποια άλλη γειτονική ή μη, του ίδιου δικτύου, διότι αυτό δημιουργεί παρεμβολή στο δίκτυο με αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία των κινητών τηλεφώνων που βρίσκονται στην περιοχή αυτή.



**Σχήμα 1.12:** Σχηματική απεικόνιση της δομής και λειτουργίας ενός δικτύου κινητών επικοινωνιών τεχνολογίας GSM

Ο λόγος που δεν μπορούν να επικαλύπτονται οι κυψέλες οφείλεται στην αδυναμία επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων λειτουργίας (φερουσών συχνοτήτων) σε γειτονικές κυψέλες. Έτσι μπορεί να λεχθεί ότι σε ένα δίκτυο GSM, οι συχνότητες αποτελούν ένα «ακριβό αγαθό», σε περιορισμένη ποσότητα.

Ένα κινητό τηλέφωνο επικοινωνεί μόνο με το ΣΒ που βρίσκεται στην περιοχή του, μέσω του οποίου συνδέεται στο υπόλοιπο τηλεφωνικό δίκτυο (κινητό ή σταθερό). Η μέγιστη ισχύς εκπομπής του κινητού τηλεφώνου είναι 2 Watts για κινητό τηλέφωνο που λειτουργεί στα 900MHz και 1 Watt για κινητό τηλέφωνο που λειτουργεί στα 1800MHz.

Το handover, όπως προαναφέρθηκε είναι η εναλλαγή μιας κλήσης σε εξέλιξη, σε διαφορετικό κανάλι ή κυψέλη. Υπάρχουν 4 διαφορετικοί τύποι handover στο GSM οι οποίοι αφορούν :

- a) κανάλια (μονάδες χρόνου) στην ίδια κυψέλη.
- b) κυψέλες (BTS) που βρίσκονται από τον έλεγχο του ίδιου Βασικού σταθμού ελέγχου (BSC).
- c) κυψέλες που βρίσκονται στον έλεγχο διαφορετικών σταθμών ελέγχου, αλλά στο ίδιο Mobile Switching Center (MSC).
- d) κυψέλες σε τελείως διαφορετικά MSCs.

Οι δύο πρώτοι τύποι, καλούνται εσωτερικά handovers και χρησιμοποιούν το ίδιο βασικό σταθμό ελέγχου (BSC). Αυτοί οι τύποι ελέγχονται από το ίδιο το BSC ώστε να γίνει εξοικονόμηση στην μεταφορά δεδομένων - το MSC ενημερώνεται μόνο όταν ολοκληρωθεί το Handover. Οι άλλοι δύο τύποι handover, καλούνται εξωτερικά handovers και τα χειρίζονται τα MSCs.

Τα handovers, μπορούν να ενεργοποιηθούν από το ίδιο το κινητό ή το MSC (σαν τρόπο καταπολέμησης της αυξημένης κίνησης σε μια κυψέλη). Την ώρα που δεν απασχολείται, το κινητό ελέγχει τα κανάλια επικοινωνίας με τις 16 γειτονικές κυψέλες και δημιουργεί μια λίστα με τις 6 πιο πιθανές για handover, βασισμένο σε αυτές που έχουν το δυνατότερο σήμα. Οι πληροφορίες παίρνάνε στο BSC και στο MSC και χρησιμοποιούνται για τον αλγόριθμο του handover.

Ο αλγόριθμος τις "μικρότερης επιτρεπτής απόδοσης" δίνει το δικαίωμα αλλαγής της ισχύς στο handover, έτσι ώστε όταν το σήμα φθίνει πιο κάτω από ένα συγκεκριμένο σημείο, η ισχύς του κινητού να αυξάνεται. Αν περαιτέρω αύξηση στην ισχύ δεν βελτιώσουν το σήμα, τότε δημιουργείται handover.

Η εκτέλεση αυτή καθ' αυτή του handover είναι ένα σύνολο από πολύπλοκες διαδικασίες που βασίζεται σε μετρήσεις από τον υπόψη Σ/Β των μεγεθών RXLEV, RXQUAL, απόσταση καθώς και της παρεμβολές (μέσω αντίστοιχων τιμών RXLEV και RXQUAL) σε αχρησιμοποίητες χρονοθυρίδες λόγω της λειτουργίας γειτονικών cell.

Για την υλοποίηση του handover χρησιμοποιείται κάποιος αλγόριθμος (π.χ. κατωφλίου, υστέρησης ή συνδυασμός αυτών) που παίρνει την απόφαση για το αν θα γίνει μεταγωγή ή όχι.

### **1.2.3 Απαιτήσεις και πληροφορίες για την γενιά 2-2.5G, 3G, 4G**

#### A) Ασύρματα συστήματα 2.5 γενιάς.

Το 2.5G ουσιαστικά είναι μια μεταβατική γενιά από την δεύτερη γενιά στην τρίτη. Χρησιμοποιώντας το GSM σύστημα για μεταφορά δεδομένων έχουμε μέγιστο rate 9.6 kb/sec. Με την χρήση διαφόρων μεθόδων για πιο γρήγορη μεταφορά δεδομένων φτάνουμε τα 115 kb/sec και 384 kb/sec. Αυτές οι μέθοδοι κάνουν χρήση περισσότερων από ένα κανάλια καταφέροντας έτσι να ανεβάσουν τον ρυθμό των δεδομένων. Δύο από τις μεθόδους αυτές είναι το GPRS (General Packet Radio Service) με data rate μέχρι 115 kb/sec και το EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) με data rate μέχρι 384 kb/sec.

#### B) Ασύρματα συστήματα 3ης γενιάς.

Τα ασύρματα τηλεπικοινωνιακά συστήματα 3ης γενιάς (3G) είναι η εξέλιξη των συστημάτων 2ης γενιάς για αυξημένες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και σημαντικά αυξημένη ευελιξία παροχής μεγάλου αριθμού υπηρεσιών στον ασύρματο χρήστη (παραδοσιακές υπηρεσίες τηλεφωνίας και τηλε-ειδοποίησης, διαδραστικά πολυμέσα (interactive multimedia), υψηλής ποιότητας τηλε-διάσκεψη (teleconferance) και πρόσβαση στο Internet). Παρά τον αρχικό στόχο της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU) για ένα ενιαίο παγκόσμιο πρότυπο για τα συστήματα 3ης γενιάς, προτάσεις στηριζόμενες σε πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης χρόνου (TDMA) ή διαίρεσης κώδικα (CDMA) έχουν υποβληθεί. Η πλειοψηφία πάντως στηρίζεται σε τεχνολογία CDMA ευρείας ζώνης (WCDMA).

#### Γ) Ασύρματα συστήματα 4ης γενιάς.

Ερευνητές και βιομηχανίες συμβάλουν στην ανάπτυξη της τέταρτης γενιάς που θα αρχίσει να λειτουργεί περίπου το 2010. Η ιδέα είναι να έχουμε μια seamless συνχώνευση έτσι ώστε οι συνδρομητές να μπορούν να πλοηγούν ελεύθερα μεταξύ των διαφόρων στάνταρ. Μια πολυστρωματική δομή προτείνεται για την τέταρτη γενιά. Τα πέντε στρώματα χωρίζονται σε cellular, hot spot, personal network και fixed layer. Το 4G πρέπει να είναι δυναμικό και ευπροσάρμοστο (adaptable) με κάποια νοημοσύνη. Οι προκλήσεις κλειδιά θα είναι: personalization, seamless access, quality of service και intelligent billing. Μια πιο ευέλικτη δομή χρειάζεται για να υποστηρίξει ένα multi-service περιβάλλον.

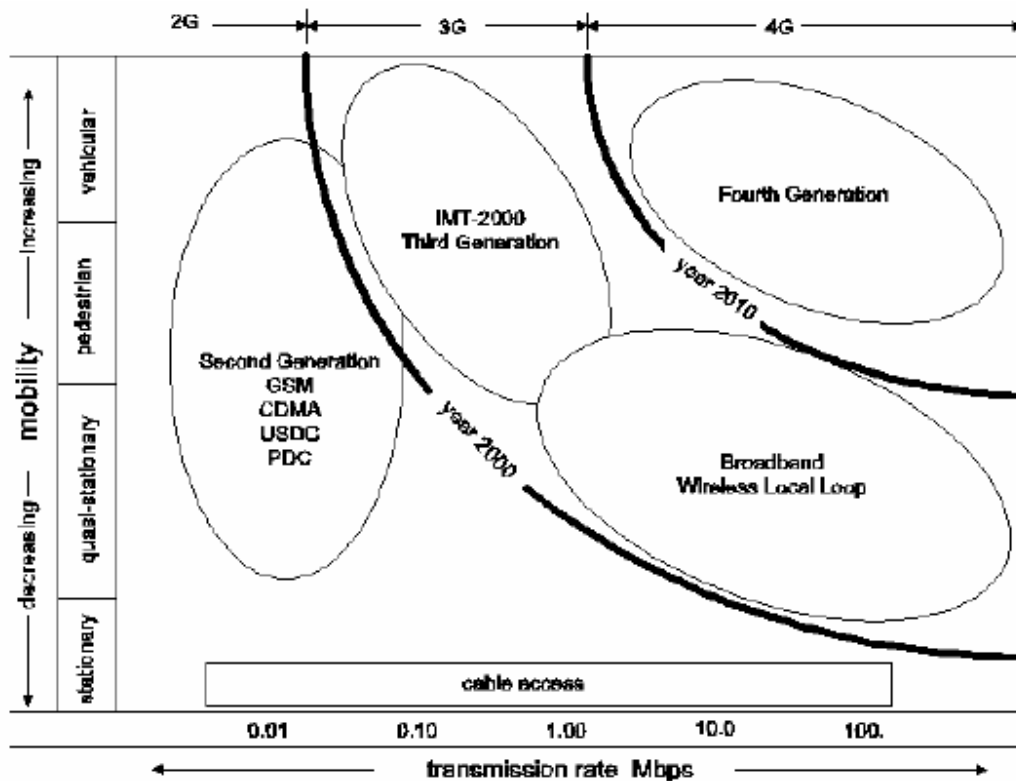
Αυτό που θα παίζει ζωτικό ρόλο στο 4G δίκτυα είναι το handover μεταξύ μη ομογενών συστημάτων. Στο 4G έχουμε το Vertical handover που συμβαίνει όταν μετακινούμαστε μεταξύ δικτύων με διαφορετική τεχνολογία. Οι πρωτεύοντες τεχνικοί στόχοι για ένα seamless vertical HO είναι η ισορροπία μεταξύ των handoff latency, power consumption και το wasted bandwidth.

Τρεις ερευνητικοί τομείς έχουν αναπτυχθεί για τον τομέα των vertical handover:

- a) interworking between access networks.
- b) Ελαχιστοποίηση του handover delay.
- c) Διατήρηση των παραμέτρων του QOS όσο το δυνατόν πιο κοντά στις τιμές που είχαν πριν από το handover.



Το (σχήμα 1.13) δείχνει τη σχέση ανάμεσα σε ασύρματα συστήματα 2G, 3G και 4G. Στα συστήματα 2ης γενιάς περιλαμβάνονται το GSM, το σύστημα CDMA που ορίζεται από τα πρότυπα IS-95 στις Η.Π.Α., το σύστημα USDC (Η.Π.Α.) και το σύστημα PDC στην Ιαπωνία. Το άνω όριο των περίπου 100 kbits/sec για τα συστήματα 2G περιλαμβάνει τις βελτιώσεις του GSM στο EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) και στο GPRS (GSM Packet Radio System). Η λειτουργία των συστημάτων 3ης γενιάς τοποθετείται στα μέσα του 2001 σε περιορισμένες αγορές. Τα συστήματα 3G θα αυξήσουν το ρυθμό παροχής πληροφορίας σε περίπου 2Mbits/sec σε τοπικές περιοχές με περιορισμένη κινητικότητα. Προτάσεις για ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Loop-WLL) και για σταθερά δίκτυα ασύρματης πρόσβασης ευρείας ζώνης (Broadband Fixed Wireless Access) περιλαμβάνονται στο σχεδιασμό των συστημάτων 3G. Η τέταρτη γενιά (4G) θα ακολουθήσει με ακόμα μεγαλύτερη αύξηση στο ρυθμό παροχής πληροφορίας και μεγαλύτερη κινητικότητα (δυνατότητα μεγαλύτερης ταχύτητας κίνησης του συνδρομητή).



**Σχήμα 1.13:** Κινητικότητα (mobility) και ταχύτητα μετάδοσης πληροφορίας (information transfer rate) για 2G, 3G και 4G ασύρματα συστήματα.

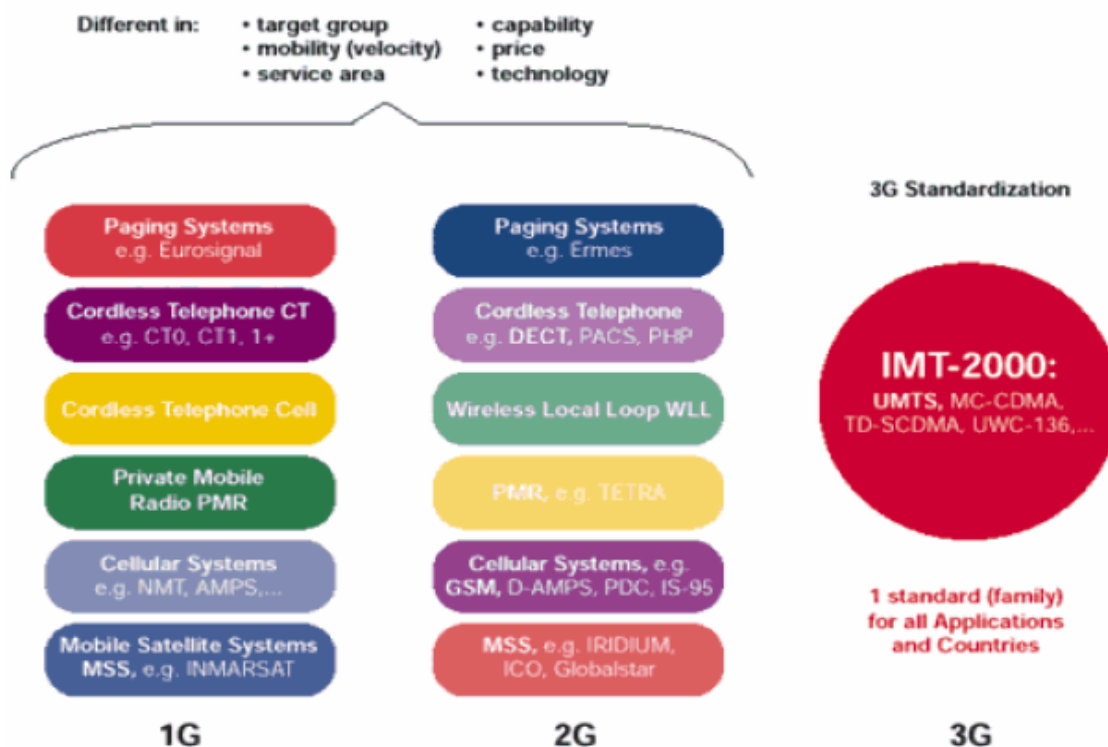


Ο βασικός στόχος των συστημάτων 3G είναι η παροχή ενός μεγάλου αριθμού υπηρεσιών στο χρήστη χρησιμοποιώντας την αρχή του συντεταγμένου συστήματος (coordinate system). Με βάση αυτή την αρχή οι υπηρεσίες παρέχονται με ενσύρματο, επίγειο ασύρματο ή δορυφορικό μέσο ανάλογα με την περίπτωση. Ο χρήστης είναι δυνατό να μην γνωρίζει τη συγκεκριμένη τεχνολογία που χρησιμοποιεί. Στην πλειοψηφία τους τα προτεινόμενα 3G συστήματα δεν θα επιτύχουν αυτή τη μορφή επικοινωνίας αφήνοντάς την για τα συστήματα 4ης γενιάς. Η κάλυψη σε όλα τα σημεία της γης είναι επιθυμητή, ενώ είναι αποδεκτό ότι οι μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων δεν θα είναι διαθέσιμες παντού και πιθανόν δεν θα είναι διαθέσιμες στις μεγαλύτερες ταχύτητες κίνησης του συνδρομητή. Σε αυτές τις ταχύτητες ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας θα περιορίζεται στα 384 kbits/sec, ενώ για μικρότερες ταχύτητες να είναι 2 Mbits/sec. Παγκόσμια μεταγωγή χωρίς προβλήματα (seamless roaming) είναι ένας άλλος στόχος των συστημάτων 3G. Εξ' αιτίας του περιορισμένου διαθέσιμου εύρους συχνοτήτων για τα συστήματα 3G είναι αναγκαία η όσο το δυνατόν αποδοτικότερη χρήση του. Τα κυψελωτά συστήματα 2ης γενιάς χαρακτηρίζονται από απόδοση εύρους ζώνης (spectrum efficiency) μέχρι 0.5 bps/Hz/cell, λαμβάνοντας υπόψη παρεμβολές από άλλους χρήστες και την επαναχρησιμοποίηση συχνότητας (frequency reuse). Αν και αυτή η απόδοση είναι ικανοποιητική για παραδοσιακές υπηρεσίες, σημαντικές βελτιώσεις είναι αναγκαίες για την παροχή υπηρεσιών υψηλών ρυθμών μετάδοσης πληροφορίας σε μεγάλο αριθμό χρηστών. Τεχνολογίες όπως οι προσαρμοστικές κατευθυντικές κεραίες (adaptive directional antennas), η ακύρωση παρεμβολών (interference cancellation) και η διαδοχική μετάδοση (relay transmission) μπορούν να βοηθήσουν προς αυτή την κατεύθυνση. Με την υπάρχουσα τεχνολογία ο στόχος της παροχής οποιασδήποτε τεχνολογίας σε οποιοδήποτε χρήστη κάθε στιγμή σε οποιοδήποτε σημείο στη γη μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε μικρό βαθμό, καθώς είναι αναγκαίες σημαντικές βελτιώσεις στις τεχνολογίες ραδιοσυχνοτήτων και σχεδιασμού δικτύων.

### UMTS τεχνολογία

Το UMTS είναι η πρόταση της Ευρώπης στο International Telecommunications Union, IMT-2000 και αποτελεί ένα τρίτης γενιάς δίκτυο. Το UMTS θα ενώσει τις ξεχωριστές υπηρεσίες σταθερής και κινητής τηλεπικοινωνίας, κάτω από ένα ψηφιακό περιβάλλον δεδομένων. Το σύστημα των UMTS συνδυάζει μεγάλες καινοτομίες στη ραδιο - πρόσβαση (radio access), συμπεριλαμβανομένου καινούργιων ραδιο – διαπροσωπικών (radio interface) και τεχνολογιών δικτύου για ραδιο – πρόσβαση. Παρουσιάζει μια καινούργια αρχιτεκτονική υπηρεσίας βάσει της οποίας επιτρέπεται η σύγκληση κινητών και σταθερών δικτύων. Σκοπός λοιπόν του UMTS είναι: η παροχή μιας παγκόσμιας και συνεχόμενης (seamless) επικοινωνίας πολυμέσων και υπηρεσίες δεδομένων σε υψηλό bit rate σε περιβάλλον τόσο τοπικής (local area) όσο και πλατιάς περιοχής (wide area)

Η εξέλιξη από συστήματα πρώτης και δεύτερη γενεάς στο UMTS παρουσιάζεται στο ακόλουθο (σχήμα 1.14)



**Σχήμα 1.14:** Η εξέλιξη από συστήματα πρώτης και δεύτερη γενεάς στο UMTS

Ο χρήστης του UMTS μπορεί να διεξάγει όλες τις επικοινωνιακές δραστηριότητες από μια κινητή πλατφόρμα και να λαμβάνει παρόμοιες υπηρεσίες ανεξάρτητα από την τοποθεσία και το περιβάλλον του. Η μελλοντική κινητή επικοινωνία που καθίσταται δυνατή από το UMTS, θα συνδυάζει προσωπική επικοινωνία με παγκόσμιες υπηρεσίες. Υπάρχει και η δυνατότητα μιας «ανεξαρτησίας» από την συσκευή που χρησιμοποιεί ο χρήστης, το σύστημα πρόσβασης δικτύου και από το δίκτυο που εξυπηρετεί τον χρήστη καθώς και η ελευθερία επιλογής μέσου επικοινωνίας (ομιλία, κείμενο, δεδομένα, γραφικά, βίντεο και τα λοιπά) και τρόπου επικοινωνίας (real-time, two way, μήνυμα, paging, info retrieval και τα λοιπά). Μια πραγματικά παγκόσμια επικοινωνία δεν μπορεί να γίνει δυνατή χωρίς δορυφορική σύνδεση. Έτσι έγινε πρόνοια για δορυφορική σύνδεση στο UMTS για να συμπληρωθεί το γήινο τμήμα του δικτύου. Με το Satellite UMTS να συμπληρώνει την γήινη κάλυψη του UMTS, καθίσταται δυνατή μια παγκόσμια και κινητή επικοινωνία.

Με λίγα λόγια, το UMTS είναι ένα σύστημα κινητής επικοινωνίας με πολλές λειτουργίες, εφαρμογές και υπηρεσίες που παρέχει προσωπικές επικοινωνίες από 144 kbps μέχρι 2Mbps, θα προσφέρει παγκόσμια κάλυψη και υπηρεσίες πολυμέσων ευρείας ζώνης. Συνδυάζει αρχικά το καλύτερο κομμάτι από διαφορετικούς κόσμους δηλ: circuit switching για παραδοσιακές υπηρεσίες

τηλεφωνίας και packet switching για παροχή packet-based υπηρεσιών για επικοινωνία πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο και μη, στον κινητό χρήστη.

Γενικά μπορούμε να διαχωρίσουμε το handover σε intra-cell και inter-cell για το UMTS υπάρχουν οι παρακάτω τύποι:

- Handover 3G-3G (π.χ. UMTS με άλλα 3G συστήματα)
- FDD Soft/Softer handover.
- FDD inter-frequency hard handover.
- FDD/TDD handover (αλλαγή cell).
- TDD/FDD handover (αλλαγή cell).
- TDD/TDD handover.
- Handover 3G-2G (π.χ. handover προς GSM).
- Handover 2G-3G (π.χ. handover από GSM).

Η προτυποποίηση του UMTS έχει περάσει από μέχρι τώρα από δυο φάσεις. Η πρώτη φάση είναι γνωστή σαν Έκδοση 99 (Release 99). Το επόμενο βήμα της προτυποποίησης είναι η Έκδοση 00 (Release 00). Όμως λόγω του μεγάλου αριθμού των αλλαγών που είχαν προταθεί, είχε αργότερα χωριστεί σε δυο ξεχωριστές εκδόσεις: Έκδοση 4 (Release 4) και Έκδοση 5 (Release 5).

Οι εργασίες προς τις επόμενες εκδόσεις συγκεντρώνονται περισσότερο στο πως να αναμείξουν IP και στο core δίκτυο καθώς και στο δίκτυο ραδιο - πρόσβασης. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να αναμένουμε τις καινούργιες αρχιτεκτονικές να είναι πιο πολύ ταυτισμένες με την IP αρχιτεκτονική. Μια από τις αναμενόμενες εκδοχές του UMTS είναι και η ALL – IP η οποία θα είναι και η βάση της πρώτης ανάπτυξης του UMTS. Ο σκοπός της ALL – IP αρχιτεκτονικής είναι να επιτρέπεται στους διαχειριστές η χρήση IP τεχνολογίας για την πραγματοποίηση τρίτης γενεάς υπηρεσιών . Με άλλα λόγια, μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε τεχνολογίες πακέτου και IP τηλεφωνία για ταυτόχρονες υπηρεσίες πραγματικού και μη πραγματικού χρόνου. Αυτή η εκδοχή είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα, αφού προσθέτει την έννοια της διαχείρισης κινητικότητας, βάσει του IP.

### **1.3. Πρωτόκολλο Mobile IP.**

Το Διαδίκτυο σχεδιάστηκε μια περίοδο όπου κανείς δεν είχε υπόψη του κινητούς υπολογιστές και χρήστες. Έτσι το Διαδίκτυο σήμερα είναι ελλιπές ως προς μηχανισμούς υποστήριξης κινητών χρηστών. Το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol) είναι η πιο κοινή βάση για χιλιάδες εφαρμογές και τρέχει σε δεκάδες διαφορετικά δίκτυα. Αυτός είναι ο λόγος που τα κινητά δίκτυα βασίστηκαν στο πρωτόκολλο Mobile IP που είναι μια «προέκταση» του IP.

Το Mobile IP σχεδιάστηκε αρχικά για το IPv4 (IP version 4), αλλά το IPv6 (IP version 6) έκανε την εμφάνιση του στον κόσμο των σταθερών δικτύων. Πολλοί μηχανισμοί υποστήριξης κινητικότητας έρχονται μαζί με το IPv6. Γενικά, με το IPv6 δημιουργείται μια νέα έκδοση του Mobile IP η οποία παρέχει στα κινητά δίκτυα περισσότερη ασφάλεια, μεγαλύτερη απόδοση, καλύτερο handover, μικρότερη ανάγκη για επιπρόσθετους μηχανισμούς και άλλα πολλά τα οποία θα αναλυθούν αργότερα .

Όσον αφορά τα UMTS, για τις packet-based υπηρεσίες, είναι φανερό δεν θα είναι πολύ συνετή η χρήση αποκλειστικά του IPv4. Με το IPv4 παραμένουν ακόμη άλυτα ορισμένα θέματα ασφαλείας, άρχισε μια έλλειψη IPv4 διευθύνσεων, η παγκόσμια κάλυψη θα είναι δύσκολη και

γενικά ακόμη το Mobile IPv4 σταματά σταδιακά να χρησιμοποιείται και στα κινητά συστήματα δεύτερης γενεάς. Λόγω της ένταξης του IPv6 στα σταθερά δίκτυα, προτείνεται το UMTS να υποστηρίζει το IPv6 (αλλά και το IPv4 για την μεταβατική περίοδο). Ακόμη, οι διάφορες υπηρεσίες του IPv6 είναι κατάλληλες για το UMTS και για τις εφαρμογές του.

Το Διαδίκτυο είναι το πιο μεγάλο δίκτυο διεθνούς επικοινωνίας δεδομένων με χιλιάδες εκατομύρια χρήστες. Γιατί λοιπόν να μην χρησιμοποιηθεί απλά ένας κινητός Η/Υ στο Διαδίκτυο; Ο λόγος είναι αρκετά απλός: δεν θα ληφθεί κανένα πακέτο μόλις ο Η/Υ βγει έξω από το home network του. Έχοντας υπόψη τους μηχανισμούς δρομολόγησης του Διαδικτύου, διαπιστώνουμε το λόγο που συμβαίνει αυτό: Ένας host στέλνει ένα πακέτο IP, στο header του οποίου συμπεριλαμβάνεται και η διεύθυνση του παραλήπτη, η οποία όχι μόνο καθορίζει τον παραλήπτη αλλά και το subnet του. Για παράδειγμα η διεύθυνση παραλήπτη 192.42.11.3 προσδιορίζει ότι ο παραλήπτης βρίσκεται στο subnet με το network prefix 192.42.11. Οι δρομολογητές του Διαδικτύου, έχουν αποθηκευμένα στους πίνακές τους μόνο τα network prefixes (για βελτιστοποίηση) κι έτσι το συγκεκριμένο πακέτο θα σταλεί στο subnet με το network prefix 192.42.11. Έτσι αν ο παραλήπτης μπορεί να βρεθεί στο subnet του, θα παραλάβει τα πακέτα που του στέλνονται · μόλις μετακινηθεί έξω από το subnet network, τα πακέτα χάνονται. Ο host λοιπόν χρειάζεται την λεγόμενη τοπολογικά ορθή διεύθυνση του κάθε χρήστη για να του αποστέλνει τα πακέτα του.

#### Ιδιαιτερότητες των κινητών δικτύων από πλευράς network layer

Στην σχεδίαση της αρχιτεκτονικής των κινητών δικτύων στο network layer έπρεπε να ληφθούν υπόψη κάποιοι παράγοντες και απαιτήσεις για να γίνει σωστά η ανάπτυξή τους

Αυτοί οι παράγοντες είναι:

#### • Συμβατότητα (Compatibility)

Ο αριθμός των Η/Υ που χρησιμοποιούν το TCP/IP για σύνδεση και επικοινωνία μέσω του Διαδικτύου είναι τεράστιος. Έτσι ένα νέο πρωτότυπο, σαν το Mobile IP, δεν είναι σε θέση να

απαιτεί αλλαγές για εφαρμογές ή για πρωτόκολλα που ήδη χρησιμοποιούνται. Δεν είναι ούτε πρακτικό να γίνεται χρήση διαφορετικών εφαρμογών αποκλειστικά για κινητούς Η/Υ. Το ίδιο ισχύει και για τα λειτουργικά συστήματα (O/S) · κανείς δεν επιθυμεί την χρήση διαφορετικού O/S στον φορητό του υπολογιστή. Το Mobile IP λοιπόν έπρεπε να γίνει μέρος των υπάρχοντων O/S ή τουλάχιστο να μπορεί λειτουργά στα O/S αυτά. Επίσης οι δρομολογητές του Διαδικτύου δεν ήταν σε θέση να αλλάξουν το λογισμικό τους για υποστήριξη της νέας αυτής εφαρμογής. Ακόμη, το Mobile IP έπρεπε να είναι συμβατό με τα χαμηλότερα επίπεδα που χρησιμοποιούνται από το κανονικό, μη κινητό IP. Αυτό όμως σημαίνει και την χρήση του ίδιου format για διευθύνσεις καθώς και τους ίδιους μηχανισμούς για δρομολόγηση.

#### • Διαφάνεια (Transparency)

Η κίνηση του χρήστη έπρεπε να παραμένει «αόρατη», διαφανής για πολλά πρωτόκολλα και εφαρμογές πιο ψηλών επιπέδων. Για το TCP για παράδειγμα, πρέπει ο Η/Υ να έχει πάντα την ίδια διεύθυνση IP, άσχετα από την θέση του και το δίκτυο στο οποίο βρίσκεται. Όμως, είναι γνωστό ότι σχεδόν όλες οι εφαρμογές δεν είχαν σχεδιαστεί με πρόνοια για κινητικότητα. Έτσι πρέπει η

κίνηση του χρήστη να επηρεάζει το πολύ, σε θέματα μείωσης του bandwidth και αύξησης του χρόνου καθυστέρησης και να μην γίνεται αντιληπτή στον χρήστη. Υπάρχουν όμως και μερικές εφαρμογές, οι οποίες είναι καλύτερα να έχουν «γνώση» της κινητικότητας του χρήστη. Όπως για παράδειγμα εφαρμογές για τις οποίες ο χρήστης χρεώνεται ένα ποσό. Γνωρίζοντας ότι υπάρχει δυνατότητα χρησιμοποίησης κάποιου άλλου δικτύου, το λογισμικό/εφαρμογή μπορεί να διαλέξει το πιο φτηνό δίκτυο. Ήταν λοιπόν αναγκαίοι επιπρόσθετοι μηχανισμοί για να μπορούν οι εφαρμογές αυτές να ενημερώνονται για την κίνηση και τη θέση του χρήστη.

#### • Αποδοτικότητα (Efficiency)

Η ένταξη ενός νέου μηχανισμού στο Διαδίκτυο, δεν έπρεπε να διακινδύνευε την απόδοση του δικτύου. Η ενδυνάμωση του IP για την υποστήριξη κινητικότητας, δεν πρέπει να συντελέσει στην αύξηση των πακέτων στο δίκτυο, προκαλώντας υπερχειλίση. Πολύ μεγάλη σημασία έπρεπε να δοθεί και στο γεγονός ότι κατά κανόνα, οι ασύρματες συνδέσεις έχουν πιο χαμηλό bandwidth και όλα σχεδόν τα κινητά συστήματα θα έχουν μια ασύρματη σύνδεση.

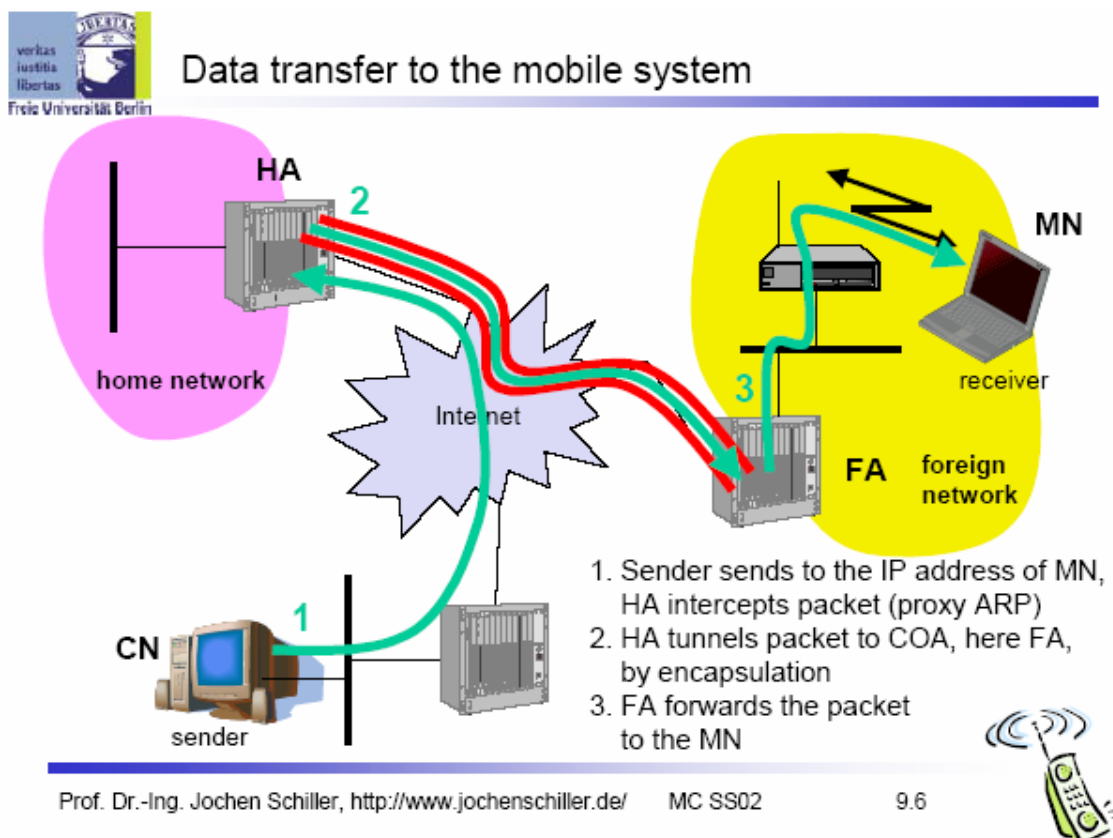
#### • Ασφάλεια

Αδιαμφισβήτητα, η κινητικότητα προβάλλει πολλά και καινούργια προβλήματα ασφάλειας. Είναι καταρχάς απαραίτητο, να γίνεται προτυποποίηση όλων των μηνυμάτων και πακέτων που αφορούν τη διαχείριση του Mobile IP. Πρέπει το IP layer να είναι σίγουρο πριν να στείλει ένα πακέτο σε ένα κινητό host, ότι ο host αυτός είναι πράγματι ο σωστός παραλήπτης του πακέτου. Το IP layer όμως όπως ήταν, μπορούσε μόνο να εγγυηθεί ότι η διεύθυνση IP του παραλήπτη ήταν σωστή.

Το Mobile IP με λίγα λόγια, είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποίησαν αρχικά τα κινητά δίκτυα στο network layer για να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών (τόσο μεταξύ χρηστών κινητών δικτύων, όσο και μεταξύ χρηστών κινητών με σταθερών δικτύων). Το πρωτόκολλο αυτό, είναι βασισμένο στο IPv4, το μέχρι στιγμής πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο. Μια σπουδαία ευθύνη του Mobile IP είναι να κάνει την κίνηση του χρήστη μη αντιληπτή από τα πιο ψηλά επίπεδα και τα πρωτόκολλά τους, όπως το TCP. Στη συνέχεια θα μελετηθούν οι ιδιαιτερότητες του Mobile IP, θα εξηγηθεί η αρχιτεκτονική του, η λειτουργία του και θα τεθούν ορισμένα προβλήματα που διαπιστώθηκαν.

## Παραλαβή πακέτων Mobile IP

Στο (σχήμα 1.15) παρουσιάζεται πως γίνεται η αποστολή των πακέτων, προς τον κινητό κόμβο (Mobile Node - MN).

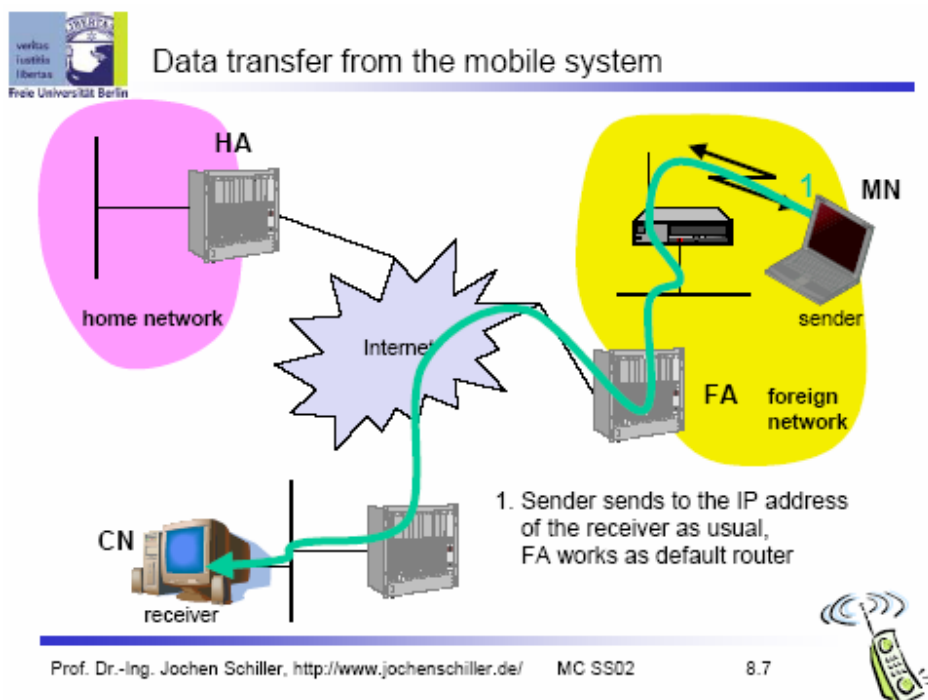


**Σχήμα 1.15:** Αποστολή των πακέτων, προς τον κινητό κόμβο (Mobile Node - MN).

Έστω ότι ένας Corresponding Node (CN) επιθυμεί να στείλει ένα IP πακέτο σε ένα MN. Μια από τις απαιτήσεις στο Mobile IP είναι απόκρυψη της κίνησης στον MN. Έτσι ο CN δεν χρειάζεται να γνωρίζει τίποτα για την τοποθεσία του MN και στέλνει το πακέτο στη συνηθισμένη IP διεύθυνση του MN (βήμα 1). Αφού το Διαδίκτυο δεν έχει πληροφορίες για την θέση του MN, κατευθύνει το πακέτο στον δρομολογητή που είναι υπεύθυνος για το home network (HN), στον home agent (HA) του MN, με τους συνηθισμένους μηχανισμούς δρομολόγησης του Διαδικτύου. Όταν ο HA παραλαμβάνει το πακέτο, γνωρίζει ότι ο MN δεν βρίσκεται στο HN, έτσι το πακέτο δεν προωθείται στο subnet, αλλά στέλνεται στο Foreign Agent care-of address (FA COA) την οποία ο HA γνωρίζει. Αυτό γίνεται προσθέτοντας ένα νέο header στο πακέτο που παρουσιάζει τον FA σαν παραλήπτη και τον HA σαν αποστολέα (βήμα 2). Στη συνέχεια, ο FA αφαιρεί το καινούργιο header και προωθεί το αρχικό πακέτο με παραλήπτη τον MN και αποστολέα τον CN

στο δικό του δίκτυο (βήμα 3). Έτσι για τον MN η κινητικότητα δεν είναι ορατή και παραλαμβάνει τα πακέτα του όπως θα γινόταν σε ένα σταθερό δίκτυο.

Στο (σχήμα 1.16) παρουσιάζεται η αποστολή πακέτου από τον MN προς τον CN.



**Σχήμα 1.16:** Αποστολή πακέτου από τον MN προς τον CN.

Ο MN στέλνει το πακέτο ως συνήθως με διεύθυνση αποστολέα την δική του και διεύθυνση παραλήπτη, τη διεύθυνση του CN (βήμα 1). Ο δρομολογητής στον FA, λειτουργεί ως συνήθως και προωθεί κανονικά το πακέτο σύμφωνα με τη διεύθυνση παραλήπτη. Αν ο CN είναι σταθερός, τα υπόλοιπα γίνονται όπως κάθε αποστολή πακέτου στο διαδίκτυο. Αν ο CN είναι κινητός, θα γίνει η διαδικασία που έχει περιγραφεί πιο πάνω.

• Διαφήμιση και ανακάλυψη πράκτορα (agent)

Ένα αρχικό πρόβλημα των MNs είναι να μπορούν να εντοπίζουν τους FAs. Έτσι, οι FAs καθώς και οι HAs «διαφημίζουν» περιοδικά την παρουσία τους στο δίκτυο χρησιμοποιώντας ειδικά μηνύματα. Κάποια σημαντικά μέρη του μηνύματος είναι τα ακόλουθα bits που καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά του πράκτορα.: το R bit δείχνει αν η σύνδεση με αυτόν τον πράκτορα είναι αναγκαστική παρά με κάποιον άλλον FA κοντά στον MN, το B bit καθορίζει αν ο πράκτορας είναι βαρυφορτωμένος και δεν μπορεί να υποστηρίξει άλλους MN, τα H bit και F bit καθορίζουν αντίστοιχα αν ο πράκτορας προσφέρει υπηρεσίες σαν Home Agent ή σαν Foreign Agent (ένας πράκτορας με ενεργοποιημένο το F bit, πρέπει να διαφημίσει και τουλάχιστο μια COA),

τα M bit και G bit καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται το encapsulation από το τούνελ και τέλος το V bit καθορίζει την χρήση του header compression .

Έτσι ένας MN σε ένα subnet, μπορεί να λαμβάνει «διαφημίσεις» είτε από τον HA του, ή από κάποιον FA. Αυτός είναι και ένας τρόπος για τον MN να γνωρίζει που βρίσκεται. Αν δεν λάβει «διαφημίσεις» και δεν έχει μια COA, ο MN πρέπει να στείλει μηνύματα «δελεασμού» πρακτόρων. Πρέπει να υπάρχει έλεγχος, ούτως ώστε τα μηνύματα αυτά δεν θα υπερχειλίσουν το δίκτυο, αλλά ένας MN μπορεί να ψάχνει συνεχώς για ένα FA στέλνοντας μηνύματα «δελεασμού». Η ανακάλυψη ενός νέου FA μπορεί να γίνει οποιαδήποτε στιγμή κι όχι μόνο όταν ο MN δεν είναι συνδεδεμένος με κάποιον άλλο FA (για παράδειγμα ένας MN μπορεί να ψάχνει για καλύτερη σύνδεση ενώ έχει σύνδεση με ένα FA) .

Μετά από αυτά τα βήματα διαφήμισης και ανακάλυψης πρακτόρων, ένας MN μπορεί να αποκτήσει μια COA, είτε από τον FA του, ή μια co-located COA από ένα Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) εξυπηρετητή , δηλαδή ο MN αποκτά προσωρινά μια επιπρόσθετη IP διεύθυνση. Αυτό που ακολουθεί είναι η διαδικασία εγγραφής του MN με το HN του. Λόγο του ότι τα μηνύματα διαφήμισης βασίζονται στο Internet Control Message Protocol (ICMP) για σταθερά δίκτυα, παρουσιάζονται κάποια προβλήματα. Ένα είναι το ελάχιστο διάστημα των 3 δευτερολέπτων μεταξύ δυο «διαφημίσεων» (αυτό είναι λογικό στα σταθερά δίκτυα, αφού η τοπολογία σπάνια μετακινείται κι αν μετακινηθεί αυτό γίνεται με αργό ρυθμό, όμως στα κινητά δίκτυα, αυτό το διάστημα είναι υπερβολικό). Έτσι ένας MN πρέπει να περιμένει τουλάχιστο 3 δευτερόλεπτα μέχρι να προσέξει ότι ένας FA δεν είναι πλέον διαθέσιμος. Αλλά μπορεί απλά να χάθηκε η «διαφήμιση» αυτού του FA, έτσι ο MN πρέπει να περιμένει ακόμη περισσότερο για να σιγουρευτεί για την επόμενη του κίνηση.

### •Εγγραφή

Μετά την λήψη μιας COA, ένας MN πρέπει να κάνει εγγραφή στον HA του για να ενημερώσει των HA για την τοποθεσία του, ούτως ώστε τα πακέτα προς τον MN θα προωθούνται σωστά. Η εγγραφή μπορεί να γίνει με δυο τρόπους:

- Αν η COA είναι στον FA, ο MN στέλνει μια αίτηση εγγραφής που περιέχει την COA του στον FA, ο οποίος προωθεί την αίτηση προς τον HA. Στη συνέχεια, ο HA δημιουργεί ένα mobility binding που περιέχει για αυτόν τον MN, την home IP διεύθυνσή του και την COA που έχει λάβει. (Το mobility binding περιέχει ακόμη και την διάρκεια ζωής της εγγραφής, η οποία είναι διαπραγματεύσιμη κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγγραφής. Όταν λήξει η διάρκεια ζωής, αυτόματα το mobility binding διαγράφεται, έτσι ένας MN πρέπει να ξανακάνει εγγραφή πριν να λήξει η προηγούμενη). Αφού δημιουργηθεί το mobility binding, ο HA στέλνει μια απάντηση στον FA, ο οποίος το προωθεί στον MN.

- Αν η COA είναι co-located, απλά ο MN στέλνει την αίτηση απευθείας στον HA και αντίστοιχα, ο HA στέλνει απευθείας την απάντηση.

Για τις αιτήσεις χρησιμοποιούνται πακέτα UDP.



## •Προβλήματα και βελτιστοποιήσεις

Ένα αρκετά σοβαρό πρόβλημα με το Mobile IP, είναι ότι παρά την απόσταση των δύο MNs (που μπορεί να είναι και λίγα μέτρα), τα πακέτα για να πάνε από τον ένα MN στον άλλο, πρέπει πάντα να πάνε μέσω του HA (που μπορεί να είναι πολύ πιο μακριά από τον MN). Αυτή η συμπεριφορά ονομάζεται (triangular routing). Ένας τρόπος για να βελτιστοποιηθεί η δρομολόγηση είναι να ενημερώνεται ο CN για την τρέχουσα θέση του MN. Ο CN λοιπόν θα μπορεί να φυλάει την θέση του MN σε ένα binding cache. Αυτός που θα ενημερώνει τον CN για την τοποθεσία του MN είναι ο HA του MN.

Επίσης, το Mobile IP καθορίζει ότι ένας MN μπορεί να χρησιμοποιήσει τον τοπικό δρομολογητή του ξένου δικτύου σαν ένα default δρομολογητή. Όμως αυτό δεν είναι δυνατό, αφού ο MN δεν είναι ικανός να μάθει την MAC διεύθυνση του δρομολογητή .

Ένα σημείο που χρειάζεται προσοχή είναι ότι ο FA στον οποίο είναι εγγραμμένος ένας MN, δεν μπορεί να στείλει πακέτα στον MN, σαν ένας κανονικός CN. Αυτό γίνεται για τον εξής λόγο: Τα πακέτα θα παραλαμβάνονται από τον HA, ο οποίος θα το στείλει πίσω στον FA (όπως προβλέπει το Mobile IP) και σαν εξωτερική διεύθυνση παραλήπτη θα μπει η διεύθυνση του FA. Όμως ο FA, πρέπει να πετά όλα τα πακέτα που φτάνουν προς αυτόν με εξωτερική διεύθυνση παραλαβής ίση με εσωτερική διεύθυνση αποστολέα για να αποφεύγονται οι βρόγχοι. Γενικά, το Mobile IP σχεδιάστηκε για να λειτουργά στο Διαδίκτυο, όταν εκείνο χρησιμοποιούσε το IPv4. Το IPv6 όμως κάνει τη ζωή πολύ πιο εύκολη. Πολλοί μηχανισμοί που πριν έπρεπε να καθοριστούν ξεχωριστά για υποστήριξη κινητικότητας, ασφάλειας, ανακάλυψης άλλων κόμβων στο δίκτυο (π.χ. ανακάλυψη FA) έρχονται δωρεάν με το IPv6.

### **1.3.1 Βασικές Ορολογίες**

Ακολουθούν κάποιες επεξηγήσεις ορολογιών που θα χρησιμοποιούνται στο κεφάλαιο αυτό

- Care-of address: Μια IP διεύθυνση που συσχετίζεται με ένα κινητό κόμβο όταν αυτός βρίσκεται σε ένα ξένο subnet και κατ' επέκταση σε μια ξένη σύνδεση. Το subnet prefix της διεύθυνσης αυτής είναι subnet prefix του ξένου δικτύου. Ανάμεσα στις διάφορες care-of addresses που μπορεί να έχει ένας κινητός κόμβος, αυτή που συσχετίζεται με τον Home Agent του κόμβου λέγεται primary

- care-of address. Ο κινητός κόμβος συνήθως «λαμβάνει» μια care-of address μέσω stateless ή stateful Address Autoconfiguration, ανάλογα με τις μεθόδους του IPv6 Neighbor Discovery ή με κάποιες άλλες μεθόδους όπως την σταθερή προκαθορισμένη διεύθυνση (static pre-assignment) από τον διαχειριστή μιας ξένης σύνδεσης.

- Δέσιμο (Binding): Η συσχέτιση του Home Agent (HA) ενός κινητού κόμβου με μια care-of address (COA), μαζί με την εναπομείναντα διάρκεια ζωής της σύνδεσης αυτής.

• Correspondent Node (CN):

Ένας κόμβος με τον οποίο ο κινητός κόμβος επικοινωνεί. Ο CN μπορεί να είναι είτε κινητός είτε σταθερός.

• Foreign Link (FL): Οποιαδήποτε άλλη σύνδεση εκτός από το Home Link του κόμβου.

• Foreign Subnet Prefix (FSP): Οποιοδήποτε άλλο IP subnet prefix εκτός από το home subnet prefix του δικτύου.

• Home Agent (HA): Ένας δρομολογητής στο home link του κινητού κόμβου στον οποίο έχει εγγράψει ο κινητός κόμβος την COA του. Καθώς ο κινητός κόμβος είναι εκτός του home network του, ο HA δέχεται πακέτα που προορίζονται για την home address του κόμβου αυτού, τα κάνει encapsulate και τα στέλνει στην εγγεγραμμένη COA του κόμβου.

• Home Link (HL): Η σύνδεση στην οποία καθορίζεται το Home Subnet Prefix ενός κινητού κόμβου. Οι τυπικοί μηχανισμοί δρομολόγησης, θα παραδώσουν πακέτα που προορίζονται για κάποιο κόμβο στο HL του.

• Home Registration: Εγγραφή ενός κινητού κόμβου σε μια COA.

• Home Subnet Prefix: Το IP subnet prefix που αντιστοιχεί στο home address ενός κινητού κόμβου.

### 1.3.2 Σύντομο Overview του Mobile IPv6

Ο κύριος σκοπός του Mobile IPv6 είναι: ένας κινητός κόμβος να είναι πάντα προσιτός στο Home Address του, είτε βρίσκεται στο Home Link του, είτε κάπου αλλού

• Mobile IPv6 Μηνύματα

Το Mobile IPv6 απαιτεί την ανταλλαγή επιπρόσθετων πληροφοριών. Όλα τα νέα μηνύματα που χρησιμοποιούνται στο Mobile IPv6 καθορίζονται σαν IPv6 Επιλογές Προορισμού (Destination Options). Αυτές οι επιλογές χρησιμοποιούνται στο IPv6 για την παροχή των επιπρόσθετων πληροφοριών που χρειάζονται να εξεταστούν μόνο από τον παραλήπτη ενός πακέτου.

Οι ακόλουθες νέες Επιλογές Προορισμού καθορίζονται στο Mobile IPv6 :

• Binding Update: Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται από ένα κινητό κόμβο, για να πληροφορήσει τον HA του ή οποιοδήποτε άλλο CN για την τρέχουσα COA του.

• Binding Acknowledgement: Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για αναγνώριση της παραλαβής ενός Binding Update, αν ζητείται αναγνώριση.

• Binding Request: Η επιλογή αυτή χρησιμοποιείται από οποιοδήποτε κόμβο, όταν επιθυμεί ένας κινητός κόμβος να του στείλει ένα Binding Update.

• Home Address: Χρησιμοποιείται σε ένα πακέτο το οποίο έχει αποστείλει ένας κινητός κόμβος για να ενημερώσει τον παραλήπτη του πακέτου για το ποιά είναι η HA του.

#### •Δομές Δεδομένων

Οι προδιαγραφές του Mobile IPv6 περιγράφουν ένα πρωτόκολλο χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες τρεις δομές δεδομένων

#### •Binding Cache

Κάθε Mobile IPv6 κόμβος έχει μια Binding Cache μνήμη η οποία χρησιμοποιείται για να φυλάει τα bindings για άλλους κόμβους. Για παράδειγμα όταν ένας κόμβος λάβει ένα Binding Update, θα το φυλάξει στην Binding Cache του. Κάθε φορά που ένα πακέτο θα αποσταλεί, γίνεται μια αναζήτηση στη Binding Cache για μια εγγραφή που αφορά τον παραλήπτη. Αν βρεθεί μια εγγραφή, το πακέτο αποστέλνεται στη COA του παραλήπτη κι όχι στην HA του.

#### •Binding Λίστα Ενημέρωσης

Κάθε κινητός κόμβος έχει μια binding λίστα ενημέρωσης η οποία χρησιμοποιείται για να αποθηκεύονται πληροφορίες σχετικά με κάθε Binding Update που έχει σταλεί από αυτόν τον κινητό κόμβο και του οποίου δεν έχει λήξη ακόμη η διάρκεια ζωής του. Περιέχει όλα τα Binding Updates που έχουν σταλεί σε οποιοδήποτε CN, είτε σταθερό είτε κινητό και στον HA του.

#### •Home Agents List

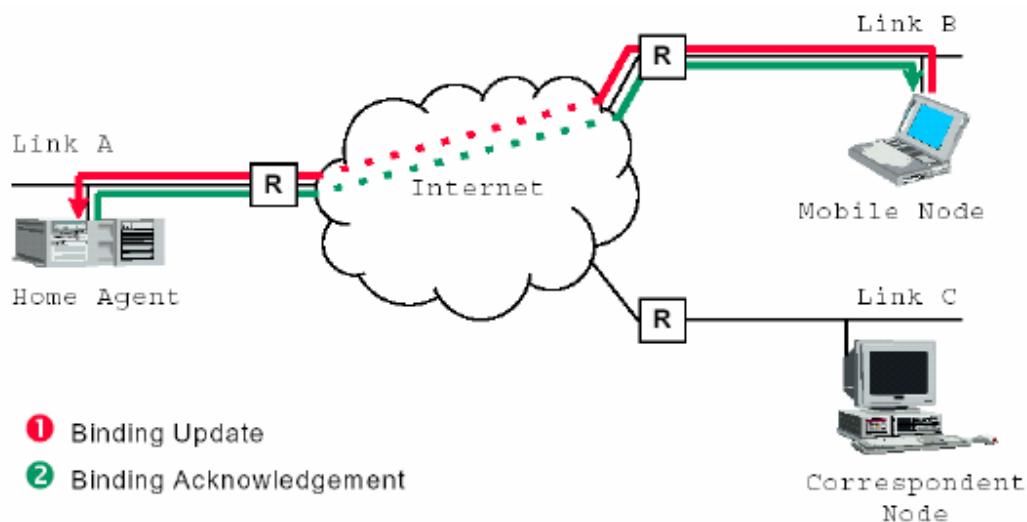
Για κάθε HL όπου ένας κόμβος λειτουργεί σαν HA, δημιουργεί μια λίστα η οποία περιέχει πληροφορίες για όλους τους άλλους HA σε αυτή τη σύνδεση (link). Οι πληροφορίες λαμβάνονται από τις διαφημίσεις των δρομολογητών που στέλνουν οι HAs. Στις διαφημίσεις αυτές, είναι ενεργοποιημένο το home agent bit, αν ο αποστολέας είναι HA σε αυτή τη σύνδεση. Οι πληροφορίες για τους άλλους HAs χρησιμοποιούνται από τον μηχανισμό Dynamic Home Agent Discovery. Ο μηχανισμός αυτός επιτρέπει σε ένα κινητό κόμβο να ανακαλύπτει δυναμικά την IP διεύθυνση ενός HA στο HL του, στον οποίο μπορεί να εγγράψει την primary care-of address του κατά την διάρκεια που βρίσκεται μακριά από το home network του.

### **1.3.3 Λειτουργία Mobile IPv6**

Για περιγραφή της βασικής λειτουργίας του Mobile IPv6, υποθέτουμε ένα δίκτυο με τρεις συνδέσεις. Στην πρώτη σύνδεση (έστω σύνδεση A) υπάρχει ένας δρομολογητής ο οποίος λειτουργεί σαν HA. Αυτή η σύνδεση είναι επίσης το HL κάποιου κινητού κόμβου ο οποίος έχει μετακινηθεί από την σύνδεση A σε κάποια άλλη σύνδεση (έστω σύνδεση B). Ακόμη, υπάρχει ένας CN (κινητός ή σταθερός) στην τρίτη σύνδεση (έστω σύνδεση Γ).

### •Εγγραφή Home Agent (Home Agent Registration)

Μόλις ένας κινητός κόμβος αναγνωρίσει ότι έχει μετακινηθεί από μια σύνδεση σε άλλη και ανακαλύπτει ένα καινούργιο default δρομολογητή, κάνει την λειτουργία του address autoconfiguration. Χρησιμοποιεί αυτή την νέα διεύθυνση σαν την COA του. Το prefix της COA είναι το prefix της σύνδεσης στην οποία είναι τώρα ο κινητός κόμβος. Έτσι όλα τα πακέτα που προορίζονται για τον κόμβο αυτό, αποστέλλονται στην σύνδεση στην οποία βρίσκεται. Ο κινητός κόμβος εγγράφει την COA του στον HA του, μέσω της HL .Η διαδικασία Home Agent Registration παρουσιάζεται στο (σχήμα 1.17)



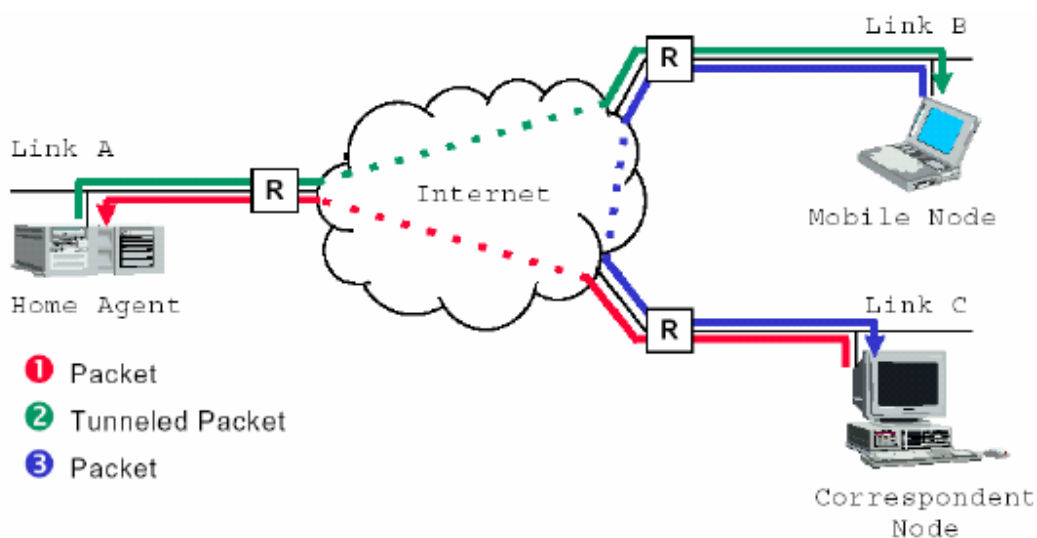
**Σχήμα 1.17:** Η διαδικασία Home Agent Registration

Ο κινητός κόμβος στην σύνδεση B στέλνει ένα πακέτο στον HA του που περιέχει μια Binding Update επιλογή προορισμού. Ο HA με την σειρά του εγγράφει αυτό το Binding και επιστρέφει ένα πακέτο με μια Binding Acknowledgement επιλογή προορισμού.

### •Βελτιστοποίηση Διαδρομής (Route Optimization)

Αφού ο HA έχει εγγράψει την COA του κινητού κόμβου, αναλαμβάνει πακέτα που προορίζονται στο home address του κινητού δικτύου. Έτσι χρησιμοποιεί την μέθοδο Proxy Neighbor Discovery. Με την μέθοδο αυτή, ο HA στέλνει μια διαφήμιση γείτονα (Neighbor Advertisement) στο HL εκ μέρους του κινητού κόμβου. Ο HA απαντά και σε γειτονικούς ερεθισμούς (Neighbor Solicitations) εκ μέρους του κινητού κόμβου. Κάθε πακέτο που αποστέλλεται στο home address του κινητού κόμβου, παραλαμβάνεται από τον HA και αποστέλλεται στην COA του κόμβου, με IPv6 encapsulation .

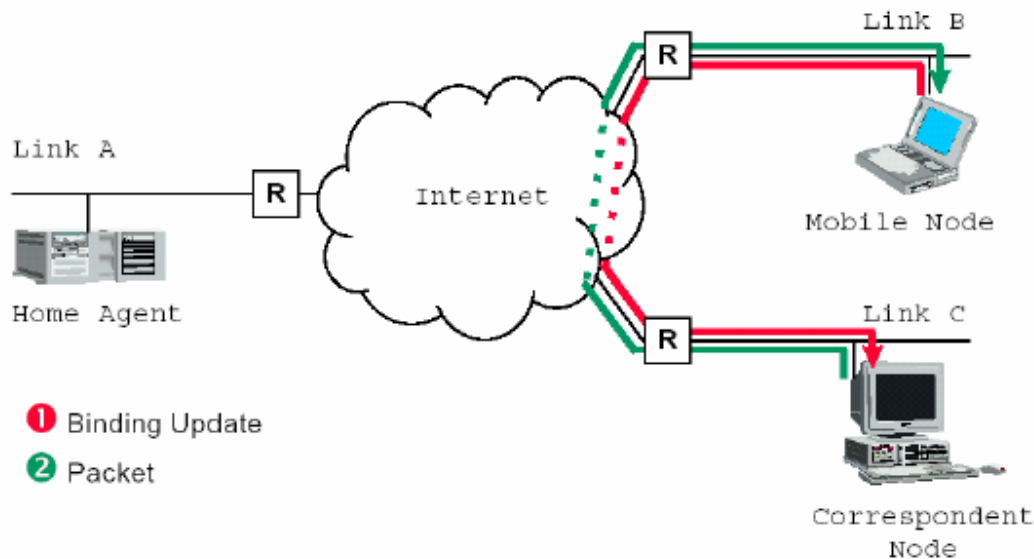
Αν ο κινητός κόμβος στείλει πακέτα σε ένα οποιοδήποτε άλλο κόμβο, τα στέλνει απευθείας στον προορισμό τους. Ο κινητός κόμβος θέτει την διεύθυνση αποστολέα στα πακέτα που στέλνει την COA του και συμπεριλαμβάνει μια Home Address επιλογή προορισμού. Επειδή η home address είναι στατική, σε αντίθεση με την COA, επιτρέπει κάθε σε κάθε CN τη «διαφανή» χρήση της COA για στρώματα πάνω από την υποστήριξη του IPv6. Τα πιο ψηλά επίπεδα, συμπεριλαμβανομένου και των προγραμμάτων εφαρμογών δεν προσέχουν την COA, μόνο την home address.



**Σχήμα 1.18:** Τριγωνική Δρομολόγηση

Αν ένας κινητός κόμβος επικοινωνεί με ένα CN καθώς είναι μακριά από το home subnet του, τα πακέτα δρομολογούνται από τον CN στον HA, από τον HA στον κινητό κόμβο και από τον κινητό κόμβο στον CN. Αυτή η «ανωμαλία» δρομολόγησης λέγεται Τριγωνική Δρομολόγηση η οποία παρουσιάζεται στο (σχήμα 1.18).

Για την αποφυγή της Τριγωνικής Δρομολόγησης, ένας κινητός κόμβος μπορεί να στείλει Binding Updates σε οποιοδήποτε CN, είτε κινητό είτε σταθερό. Αυτό επιτρέπει σε IPv6 CN να φυλάξουν την τρέχουσα COA του κόμβου αυτού και να στέλνουν πακέτα απευθείας. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο (σχήμα 1.19).



**Σχήμα 1.19:** Αποφυγή της Τριγωνικής Δρομολόγησης

Οποιοσδήποτε IPv6 κόμβος που στέλνει ένα πακέτο, ελέγχει πρώτα την Binding Cache του για την συγκεκριμένη διεύθυνση προορισμού. Αν υπάρχει μια εγγραφή, θα στείλει το πακέτο στον κινητό κόμβο χρησιμοποιώντας ένα routing header. Η διαδρομή που καθορίζεται από αυτό το routing header έχει δυο hops. Το πρώτο hop είναι το COA και το δεύτερο το home address του κινητού κόμβου. Έτσι το πακέτο πηγαίνει απευθείας στην COA του κόμβου. Στην συνέχεια, αφού ο κινητός κόμβος λάβει το πακέτο, το προωθεί στο επόμενο hop που καθορίζεται στο routing header.

Αφού το τελευταίο hop είναι η home address του κινητού κόμβου, το πακέτο θα σταλεί στο home address. Το πακέτο θα επεξεργαστεί με τον ίδιο τρόπο λες και ο κόμβος είναι στο home subnet .

Αν η Binding Cache δεν έχει καμία εγγραφή, το πακέτο θα σταλεί κανονικά. Μετά θα δρομολογηθεί στο συγκεκριμένο δίκτυο και θα παραληφθεί από το κόμβο προορισμού. Στην περίπτωση που ο προορισμός είναι ένας κινητός κόμβος μακριά από το home subnet του, το πακέτο θα παραληφθεί από τον HA του στο HL και θα σταλεί στον κινητό κόμβο. Με την παραλαβή του πακέτου αυτού, ο κινητός κόμβος θα στείλει στον CN ένα Binding Update με την COA του.

#### • Διαχείριση Binding Μηνυμάτων

Ένας κινητός κόμβος ο οποίος έχει κάνει configure ένα νέο COA σαν την πρωτεύων COA του, πρέπει να εγγράψει αυτή τη διεύθυνση στον HA του και στους CN που έχουν ήδη ενημερωθεί για το binding του κινητού κόμβου. Για αυτό τον σκοπό ο κινητός κόμβος στέλνει ένα Binding

Update που περιέχει την νέα του διεύθυνση. Για επιβεβαίωση ότι ο παραλήπτης πράγματι παρέλαβε το Binding Update, ο κινητός κόμβος μπορεί να ζητήσει αναγνώριση ενεργοποιώντας το Acknowledgment bit στο Binding Update (μέχρι την παραλαβή της επιβεβαίωσης, ο κινητός κόμβος θα στέλνει περιοδικά το Binding Update). Ένας κινητός κόμβος πρέπει να ενεργοποιεί το Acknowledgment bit σε Binding Updates που προορίζονται προς τον HA του. Μπορεί ακόμη να ενεργοποιήσει το Acknowledgment bit όταν στέλνει σε CNs αλλά δεν είναι αναγκαίο γιατί αν το Binding Update δεν παραληφθεί για οποιοδήποτε λόγο από τον CN, ο κινητός κόμβος το καταλαβαίνει όταν εξακολουθεί να λαμβάνει πακέτα από CNs, μέσω του HA .

Πριν τη λήξη μιας καταχώρησης στην Binding Cache για ένα κινητό κόμβο, ο CN μπορεί να ανανεώσει την καταχώρηση στέλνοντας ένα Binding Request στον κινητό κόμβο. Κατά συνέπεια, ο κινητός κόμβος θα απαντήσει με ένα Binding Update.

#### •Ανίχνευση Κίνησης

Κατά την διάρκεια που ένας κινητός κόμβος είναι μακριά από το home subnet του, επιλέγει ένα δρομολογητή σαν τον default δρομολογητή και ένα subnet prefix που διαφημίζεται από αυτόν τον δρομολογητή για να το χρησιμοποιήσει στην πρωτεύουσα COA του.

Στην συνέχεια, ο κινητός κόμβος μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε συνδυασμό από διαθέσιμους μηχανισμούς για να ανιχνεύσει πότε έχει κινηθεί από μια σύνδεση σε μια άλλη. Μια δυνατότητα είναι ο κόμβος να περιμένει για τα Router Advertisements που στέλνονται περιοδικά. Αν δεν παραλάβει διαφήμιση για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα θα υποθέσει ότι ο default δρομολογητής δεν είναι πλέον διαθέσιμος και συνδέεται με άλλον δρομολογητή από τον οποίο είχε λάβει διαφήμιση αυτό το διάστημα .

Όταν ο κινητός κόμβος καταλάβει ότι έχει κινηθεί σε άλλη σύνδεση, στέλνει ένα Binding Update στον HA του και στους CN τους οποίους έχει καταχωρημένους στην Binding Λίστα Ενημέρωσής του. Έτσι ο κινητός κόμβος τους ενημερώνει για την νέα COA του και κατά συνέπεια για την μετακίνησή του.

#### •Μηχανισμός Εξεύρεσης Home Agent

Υποθέτοντας ότι ο κινητός κόμβος δεν γνωρίζει το IP του HA του, το πρωτόκολλο Mobile IPv6 προσφέρει ένα μηχανισμό που επιτρέπει στον κινητό κόμβο να ανακαλύπτει δυναμικά την IP διεύθυνση κάποιου HA στο HL του, στον οποίο θα μπορεί να εγγράψει την COA του όταν θα είναι μακριά το home subnet του.

Ο κινητός κόμβος στέλνει ένα Binding Update στο “Home Agents’ anycast address” για το δικό του home subnet prefix και κατά συνέπεια καταφέρνει να επικοινωνήσει με ένα από τους δρομολογητές στο HL του, που εκείνη τη στιγμή λειτουργεί σαν HA. Αν ο HA απορρίψει το Binding Update, θα επιστρέψει μια λίστα με όλους τους HA στο HL. Αυτή η λίστα διατηρείται από κάθε HA και δημιουργείται μέσω των περιοδικών αποστολών Routing Advertisements. Ο κινητός κόμβος στέλνει ένα Binding Update σε μια από τις διευθύνσεις στην λίστα και περιμένει για το ανάλογο Binding Acknowledgement. Αν δεν το λάβει, ή αν απορριφθεί, δοκιμάζει να εγγραφεί σε ένα άλλο HA της λίστας. Η επιλογή των HAs στην λίστα, γίνεται με την σειρά που καταγράφονται στην λίστα, γιατί η πρώτη διεύθυνση είναι του πιο διαθέσιμου HA και η τελευταία του λιγότερου διαθέσιμου .

### 1.3.4 QoS για Mobile IPv6.

Λόγο του ότι τα πακέτα που αποστέλλονται και λαμβάνονται από ένα κινητό κόμβο περνούν από πολλά ενδιάμεσα network domains, χρειάζεται κατάλληλη QoS υποστήριξη στα πακέτα, ούτως ώστε η απόδοση διάφορων εφαρμογών που είναι ευαίσθητες σε QoS να διατηρείται σε επιθυμητά επίπεδα.

Μια καινούργια IPv6 επιλογή το QoS Object, εισάγεται ανάλογα με το περιεχόμενο είτε σαν Επιλογή Προορισμού, ή σαν Hop – by – hop Επιλογή μαζί με τα πακέτα που έχουν Binding Update ή Binding Acknowledgment επιλογές.

Η βασική ιδέα είναι να συμπεριλαμβάνεται το QoS Object σαν μια Hop-By-Hop επιλογή μαζί με το Binding μήνυμα που ταξιδεύει στην ίδια κατεύθυνση με την QoS ευαίσθητη ροή πακέτων του κινητού κόμβου. Καθώς αυτό το πακέτο ταξιδεύει από διαφορετικά δίκτυα, εξετάζεται το QoS Object για να προγραμματιστεί η κατάλληλη QoS υποστήριξη για τα πακέτα δεδομένων του κινητού κόμβου .

#### Υπάρχουν δυο ήδη QoS:

- Κράτηση Πόρων – Resource Reservation (συνενωμένες υπηρεσίες - integrated services): οι πόροι ενός δικτύου διαχωρίζονται ανάλογα με την αίτηση για QoS της κάθε εφαρμογής και είναι υποκειμένες στην πολιτική διαχείρισης του bandwidth.

- Με Προτεραιότητα – Priortization (διαφοροποιημένες υπηρεσίες – differentiated services): η κίνηση του δικτύου ταξινομείται και διαχωρίζονται οι πόροι ανάλογα με κριτήρια της πολιτικής διαχείρισης του bandwidth. Για να καταστούν δυνατά τα QoS, λόγο των ταξινομήσεων γίνεται διαφορετική αντιμετώπιση σε εφαρμογές με περισσότερες απαιτήσεις.

Αυτά τα είδη QoS μπορούν να εφαρμοστούν αποκλειστικά στη ροή κάθε εφαρμογής είτε σε σύνολο ροών κι έτσι υπάρχουν ακόμη δυο τρόποι με τους οποίους μπορούν να χαρακτηριστούν τα QoS: ανά ροή (per flow) και ανά σύνολο (per aggregate).

Μελετάται επίσης η δημιουργία ενός response μοντέλου για Mobile IPv6 σε DiffServ περιβάλλον. Το μοντέλου αυτό βασίζεται στην προέκταση των υπάρχων σημάτων του Mobile IPv6, σαν Binding Update, Binding Acknowledgment, Binding Request και τα λοιπά. Γίνονται επίσης και βλέψεις για «DiffServ for Mobile IPv6» του οποίου η αρχιτεκτονική θα βασίζεται σε διαφοροποιημένες υπηρεσίες .

### 1.3.5 Μηχανισμοί Μετάβασης.

Για να διατηρηθούν οι τρέχουσες επενδύσεις και υπηρεσίες, το IETF έχει προτυποποιήσει διάφορους μηχανισμούς μετάβασης για να υποστηρίζεται η παράλληλη λειτουργία και συνύπαρξη των IPv4 και IPv6. Τα τρία είδη μηχανισμών μετάβασης είναι: διπλή στοίβα (dual stack), δημιουργία τούνελ (tunnelling) και μετάφραση (translation).

#### •Διπλή στοίβα

Η μέθοδος της διπλής στοίβας απαιτεί ένας host ή ένας δρομολογητής να υποστηρίζουν και την στοίβα πρωτοκόλλου του IPv4 και του IPv6. Έτσι ο host ή ο δρομολογητής μπορεί να εξυπηρετήσει τόσο IPv4 όσο και IPv6 κίνηση και εφαρμογές. Ο σκοπός ενός δικτύου διπλής



στοίβας είναι να παρέχει συνεχή πρόσβαση σε παραδοσιακά IPv4 based δίκτυα και υπηρεσίες μαζί με τοπική πρόσβαση σε IPv6 υπηρεσίες. Η μέθοδος αυτή παρέχει καλή σταδιακή μετακίνηση προς το IPv6. Επιτρέπει υποστήριξη και για IPv4 και για IPv6 εφαρμογές και υπηρεσίες κατά την διάρκεια της περιόδου που οι IPv4 υπηρεσίες θα αντικαθιστώνται από IPv6 εκδόσεις και θα παρουσιάζονται καινούργιες IPv6 υπηρεσίες. Ένας μηχανισμός διπλής στοίβας που έχει καθοριστεί είναι ο DSTM (Dual Stack Transition Mechanism).

#### •Mobile IPv6 σε συνδυασμό με DSTM

Για ένα τερματικό διπλής στοίβας που υποστηρίζει Mobile IPv6, είναι δυνατή η διακίνηση σε διάφορα δίκτυα ακόμη κι όταν έχει ήδη μια ανοικτή επικοινωνία με CNs (corresponding nodes), με την χρήση του DTSM μηχανισμού. Όπως ήδη γνωρίζουμε, όταν ο κινητός κόμβος είναι μακριά από το Home Network του, μπορεί να στείλει Binding Updates προς τον Home Agent του για να τον ενημερώσει για την καινούργια του τοποθεσία. Αν υπάρχει επικοινωνία με IPv4 host, τότε η κίνηση από τον Home Agent προς τον host αυτό γίνεται δια μέσω ενός DSTM εξυπηρετητή. Αυτή η διαδικασία όμως προσθέτει ένα επιπλέον IPv6 header στα IPv4 πακέτα κι έτσι υπάρχει επιπρόσθετη επιβάρυνση στην ραδιο – σύνδεση. Για να μειωθεί το κόστος αυτό, είναι προτιμότερο ο κινητός κόμβος να στέλνει τα Binding Updates απευθείας στον DSTM εξυπηρετητή (αν ο εξυπηρετητής υποστηρίζει Binding Updates). Ο εξυπηρετητής θα αποθηκεύσει μια νέα συσχέτιση (binding) μεταξύ της IPv4 διεύθυνσης του IPv4 host και της IPv6 COA κι έτσι μπορεί τώρα να αποστέλλει πακέτα απευθείας στον κινητό κόμβο, χωρίς να χρειάζεται η μεσολάβηση του Home Agent .

#### •Δημιουργία Τούνελ

Η δημιουργία τούνελ παρέχει ένα μηχανισμό μετάβασης για την περίπτωση που τα IPv6 δίκτυα αρχίζουν να εμφανίζονται γύρω από την περιφέρεια του IPv4 Διαδικτύου. Όπου τα IPv6 δίκτυα δεν έχουν άμεση τοπική σύνδεση μεταξύ τους, ένα τούνελ μπορεί να γίνει configured. Η κίνηση του IPv6 θα περνά από το τούνελ στο IPv4 δίκτυο με το encapsulation των IPv6 πακέτων μέσα στα IPv4 πακέτα και την δρομολόγησή τους στο IPv4 δίκτυο. Το μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, είναι ότι διατηρείται η ακεραιότητα των IPv6 πακέτων από σημείο σε σημείο. Οι μηχανισμοί δημιουργίας τούνελ που καθορίζονται από το IETF είναι το 6to4, 6over4 και το tunnel broker

#### •Mobile IPv6 σε συνδυασμό με την δημιουργία τούνελ

Το Mobile IPv6 παρουσιάζεται ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση με το μηχανισμό αυτό. Είναι πράγματι πολύ απλό: κάθε φορά που ένας κινητός κόμβος αλλάζει την τοποθεσία του, μπορεί να στείλει ένα Binding Update στον Home Agent του ή και στον CN, μέσω ενός τούνελ που έχει δημιουργηθεί με κάποιο μηχανισμό δημιουργίας τούνελ (θεωρούμε ότι ο κινητός κόμβος, Home Agent και CN είναι IPv6 συμβατοί και η αποστολή πακέτων περνά δια μέσω ενός ή και διάφορων IPv4 δικτύων).

## •Μετάφραση

Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ένας IPv6 host ή εφαρμογή χρειάζεται να επικοινωνήσει με ένα IPv4 host ή μια IPv4 version της εφαρμογής. Ο μεταφραστής χρησιμοποιείται για να μετατρέψει ένα IPv6 header σε ένα IPv4 header και αντίστροφα, καθώς επίσης να μετατρέψει τις 128 bit IPv6 διευθύνσεις σε 32 bit IPv4 διευθύνσεις. Ο μεταφραστής μπορεί να χρειαστεί μια συλλογή από IPv4 διευθύνσεις για να μπορεί να προμηθεύει μια διεύθυνση σε ένα IPv6 host που θέλει να επικοινωνήσει με ένα IPv4 host. Ο μεταφραστής μπορεί να τοποθετηθεί στα σύνορα των IPv4 – IPv6 δικτύων ή αν μια IPv6 εφαρμογή βρίσκεται σε ένα IPv4 capable host, μπορεί να τοποθετηθεί στον end host . Μερικοί μηχανισμοί μετάφρασης είναι οι NAT-PT, BIS και SOCKS.

## • Mobile IPv6 σε συνδυασμό με NAT-PT

Ο NAT-PT μηχανισμός αρχικοποιεί μια σύνδεση μεταξύ ενός IPv4 και ενός IPv6 host. Κατά την διάρκεια της σύνδεσης, όλη η κίνηση μεταξύ των δυο hosts πρέπει να περνά δια μέσω του ίδιου NAT-PT εξυπηρετητή. Με την κίνηση ενός κόμβου, είναι δυνατή η αποστολή Binding Updates προς τον Home Agent του, αλλά δεν μπορεί να στείλει Binding Updates στον CN. Αυτό συμβαίνει για τον λόγο ότι ο NAT-PT εξυπηρετητής δεν μπορεί να μεταφράσει το Binding Update για να το προωθήσει στον IPv4 host, γιατί θα χρειαστεί να «σπάσει» το Authentication Header του Binding Update. Για αυτό τον λόγο, δεν μπορεί να υπάρξει απ' ευθείας επικοινωνία μεταξύ των δυο hosts. Η επικοινωνία μπορεί να γίνει με δυο τρόπους :

- Ο κινητός κόμβος στέλνει τα Binding Updates στον NA-PT εξυπηρετητή κι αυτός φυλάει νέα συσχέτιση μεταξύ της καινούργιας IPv6 COA του κινητού κόμβου και της IPv4 διεύθυνσης του CN, οπότεν γίνεται δυνατή η επικοινωνία μεταξύ τους.

- Ο NAT-PT για κάποιο λόγο δεν μπορεί να φυλάξει νέα συσχέτιση κι έτσι ο NAT-PT στέλνει τα πακέτα προς τον Home Agent του κινητού κόμβου, ο οποίος αναλαμβάνει κανονικά από εδώ και πέρα.

### **1.3.6 Πλεονεκτήματα του Mobile IPv6.**

Η υποστήριξη κινητικότητας για συσκευές Διαδικτύου είναι δυνατή και τυποποιείται τόσο για το IPv4 και το IPv6. Όμως, λόγω της εμπλουτισμένης λειτουργικότητας και της πιο πρόσφατης σχεδίασης του IPv6, κάποια χαρακτηριστικά που αφορούν την υποστήριξη κινητικότητας είναι πιο αποτελεσματικά σε σύγκριση με το Mobile IPv4. Σύντομα, κάποια προτερήματα του Mobile IPv6 :

- Το Mobile IP πρέπει να αναθέσει παγκόσμιες IP διευθύνσεις σε ένα κινητό κόμβο, σε οποιονδήποτε σημείο συνδέεται με το Διαδίκτυο. Σε συνδέσεις όπου βρίσκονται κινητοί κόμβοι, ένα μέρος των IP διευθύνσεων θα ανατεθεί σαν COA στους κόμβους αυτούς. Λόγο της έλλειψης διευθύνσεων στο IPv4, μπορεί να υπάρξουν προβλήματα σε μερικές συνδέσεις, ενώ στο IPv6 υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες διευθύνσεις.

- Χρησιμοποιώντας τις anycast διευθύνσεις του IPv6, ένας κόμβος μπορεί να στείλει ένα πακέτο σε πολλά συστήματα που έχουν αυτή την anycast διεύθυνση σε ένα από τα interfaces τους. Το Mobile IPv6 κάνει αποτελεσματική χρήση αυτού του μηχανισμού για το Dynamic Home Agent Discovery, στέλνοντας ένα Binding Update στην anycast διεύθυνση του HA και παίρνοντας απάντηση από τους υπόλοιπους HAs. Το Mobile IPv4 δεν παρέχει τέτοια έξυπνη λύση.

- Το stateless autoconfiguration διευθύνσεων και οι μηχανισμοί ανακάλυψης γειτόνων του Mobile IPv6, δεν χρειάζονται DHCP εξυπηρετητές για να γίνουν configure οι COAs των κινητών κόμβων.

- Το Mobile IPv6 μπορεί να χρησιμοποιήσει το IPSec (1)\* για όλες τις απαιτήσεις ασφαλείας, όπως πιστοποίηση, προστασία της ακεραιότητας των δεδομένων και τα λοιπά.

- Η Βελτιστοποίηση Διαδρομής (Route Optimization) που χρησιμοποιείται για αποφυγή της τριγωνικής δρομολόγησης (με αποτέλεσμα καλύτερη χρήση των πόρων του δικτύου – συνδέσμους, bandwidth και τα λοιπά), είναι μια επιπρόσθετη λειτουργία για το Mobile IPv4, ενώ είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι για το Mobile IPv6.

- Για να μην δημιουργούνται προβλήματα από δρομολογητές που χρησιμοποιούν ingress filtering (2)\*, στην αποστολή πακέτων από ένα κινητό κόμβο θέτεται η διεύθυνση αποστολέα η COA διεύθυνση (που είναι προσιτή από το interface του δρομολογητή στο οποίο φτάνει το πακέτο) και η διεύθυνση του Home Agent θέτεται στην Home Agent επιλογή προορισμού.

Έχει γίνει πλέον αποδεκτό ότι όπως το IPv6 θα αντικαταστήσει το IPv4, έτσι και το Mobile IPv6 θα αντικαταστήσει το Mobile IPv4. Κατ' ακρίβεια έχει ήδη αρχίσει η υλοποίηση των IPv6 και Mobile IPv6 σε διάφορα δίκτυα. Εκτός από τα πολλά πλεονεκτήματα του Mobile IPv6, έχουμε δείξει ότι είναι και προσιτή η ομαλή μετάβαση από το Mobile IPv4 σε Mobile IPv6 με την χρήση των κατάλληλων μηχανισμών μετάβασης. Όλα λοιπόν δείχνουν να είναι θετικά ως προς την χρήση του Mobile IPv6 και στα συστήματα Τρίτης Γενιάς, συμπεριλαμβανομένου και του UMTS, αλλά χρειάζεται να γίνει και κάποια μελέτη διάφορων πιθανών σεναρίων που να διαγράφουν την λειτουργία του UMTS με Mobile IPv6 και την διαδικασία επικοινωνίας του UMTS IPv6 compatible δικτύου με άλλα δίκτυα.

- (1) Το IPSec (IP security protocol) είναι ένα πρωτόκολλο για ασφάλεια στο Διαδίκτυο που παρέχει συν τους άλλους, per-packet πιστοποίηση / εμπιστευτικότητα authenticity/confidentiality guarantees between peers communicate using IPsec. IPsec is available for both IPv6 and IPv4.
- (2) Το ingress filtering είναι μια διαδικασία που εφαρμόζεται στους δρομολογητές κάποιου δικτύου, κατά την οποία πετάγονται πακέτα των οποίων το network prefix τους δεν είναι προσιτό από το interface στο οποίο καταφθάνουν τα πακέτα.

## Κεφάλαιο 2: Συστήματα DVB και διαχείριση κινητικότητας

### 2.1. Εισαγωγή.

Όπως είναι γνωστό, πριν από δέκα περίπου χρόνια, στην Ευρώπη, εμφανίστηκε σαν πειραματική εφαρμογή, η ιδέα της ψηφιακής τηλεόρασης. Για τον καθορισμό των σχετικών προδιαγραφών συνεργάζονται οργανισμοί όπως το MPEG, το DVB Project, το DAVIC (Digital Audio Visual Council), ο ISO, το ETSI και η ITU. Με τον όρο Digital Video Broadcasting, DVB, αναφερόμαστε στη μετάδοση ψηφιοποιημένου σήματος το οποίο αποτελείται από εικόνα, ήχο και βοηθητικές, πρόσθετες πληροφορίες. Παρά τον όρο «ψηφιακή» μετάδοση εικόνας, το σήμα πρέπει στις περισσότερες περιπτώσεις να διαμορφωθεί με φέροντα κύματα συνεχούς χρόνου, έτσι η μετάδοση της ψηφιακής τηλεόρασης γίνεται στην πραγματικότητα με αναλογικό σήμα, η επεξεργασία του σήματος γίνεται με ψηφιακό τρόπο.

Σήμερα, η ψηφιακή τηλεόραση έχει κάνει αρκετά βήματα εξέλιξης και έχει διαδοθεί σε ολόκληρο τον κόσμο. Τα πιο γνωστά ευρωπαϊκά πρότυπα ψηφιακής τηλεόρασης, είναι η καλωδιακή (DVB-C) και η δορυφορική ψηφιακή τηλεόραση (DVB-S).

Τα τελευταία χρόνια, αναπτύσσεται στην Ευρώπη ένα νέο πρότυπο ψηφιακής τηλεόρασης, η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial).

Το σύστημα αυτό, χρησιμοποιείται εκτενώς στην Αγγλία από τριετίας και σήμερα 8 στα 10 σπίτια χρησιμοποιούν επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Η χρήση του συστήματος έχει αρχίσει και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες, όπως είναι η Ισπανία, η Σουηδία και η Φιλανδία, προβλέπεται δε ότι θα ολοκληρωθεί στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, εντός του τρέχοντος έτους.

Το DVB-T λοιπόν, χρησιμοποιεί για τη μετάδοση του σήματος τηλεόρασης (εικόνας, ήχου) MPEG-2 κωδικοποίηση, όπως φυσικά χρησιμοποιούν και τα συστήματα DVB-S και DVB-C. Γενικά, μερικές προδιαγραφές του DVB-T και τα χαρακτηριστικά του, είναι κοινά με τα συστήματα DVB-S και DVB-C, αλλά πρέπει να τονιστεί ότι πιο πολύπλοκο απ' όλα τα συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης, είναι το DVB-T, του οποίου η προδιαγραφή οριστικοποιήθηκε το 1997, δύο χρόνια μετά την προδιαγραφή του DVB-S.

Το DVB προσφέρει το πλεονέκτημα της μετάδοσης μεγάλου πλήθους τηλεοπτικών προγραμμάτων μέσω ενός μόνο καναλιού μετάδοσης. Τα διάφορα DVB standards προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα ρυθμών μετάδοσης. Το διαθέσιμο bitrate μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορα είδη υπηρεσιών. Υπάρχει η δυνατότητα ενός ευέλικτου συνδυασμού ποιότητας ήχου και εικόνας (HDTV-υψηλής ευκρίνειας τηλεόραση-, mono, stereo ή surround ήχου), με μόνη προϋπόθεση ο όγκος δεδομένων που συνεπάγονται οι επιλογές μας να μην υπερβαίνουν το διαθέσιμο bitrate. Ενδεικτικά αναφέρουμε τη χωρητικότητα των διάφορων μέσων μετάδοσης ψηφιακής εικόνας, στην δορυφορική μετάδοση φτάνει τα 40Mbps ενώ στην επίγεια μέχρι 32Mbps. Εκτός από την επιλογή της μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος, το DVB προσφέρει πάμπολλες δυνατότητες, μερικές εκ των οποίων είναι: mobile IP, προσωποποιημένες υπηρεσίες επικοινωνίας, όπως και τη δυνατότητα εμφάνισης υπότιτλων, πολλαπλών audio tracks, διαδραστικών υπηρεσιών και

multimedia περιεχομένου, πρόσβαση στο διαδίκτυο, e-mail, home shopping, home banking, teletext and file downloading, σε ταχύτητες εξαιρετικά ανταγωνιστικές.

## 2.2. DVB-λόγοι ανάπτυξης, στόχοι, χρησιμότητα.

Οι αρχικοί στόχοι που τέθηκαν ως πρωταρχικής σημασίας για την επιτυχία και την εδραίωση του DVB ήταν οι ακόλουθοι:

- Η ψηφιακή τηλεόραση θα πρέπει να καταστήσει εφικτή τη μετάδοση εικόνων HDTV πολύ υψηλής ποιότητας, ακόμα και μέσω επίγειων δικτύων μετάδοσης (terrestrial broadcasting).
- Το DVB θα επιτρέπει τη μετάδοση προγραμμάτων συμβατικής ποιότητας διαθέτοντάς τους κανάλια περιορισμένου εύρους μετάδοσης, ή εναλλακτικά θα επιτρέπει τη μετάδοση μεγαλύτερου πλήθους τέτοιων συμβατικών προγραμμάτων στα υπάρχοντα κανάλια μετάδοσής του.
- Το DVB ίσως αποδειχτεί ένας οικονομικός τρόπος να λαμβάνουν οι φορητές συσκευές σταθερό σήμα.
- Το DVB θα εγγυάται ικανοποιητική λήψη σε κινούμενους χρήστες (τρένα, φορτηγά και αυτοκίνητα) όπως εξαιρετική ποιότητα λήψης που απολαμβάνουν οι χρήστες Digital Audio Broadcasting, DAB. Η ποιότητα λήψης θα εξασφαλίζεται ακόμα και κάτω από δυσχερείς συνθήκες μετάδοσης ή και όταν οι χρήστες κινούνται με μεγάλες ταχύτητες.
- Τέλος, το DVB υιοθετεί τις αρχές της ψηφιακής τεχνολογίας μετάδοσης και εγγυάται τη σταθερή λήψη μέσα στα όρια καθορισμένων περιοχών και την πιθανότητα αναβάθμισης και παροχής υπηρεσιών σε περιβάλλον προσωπικών υπολογιστών.

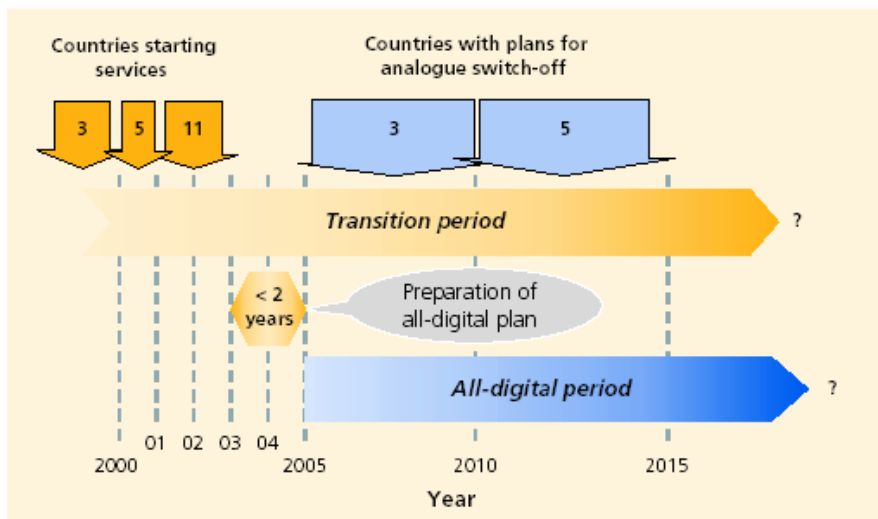
Με την πάροδο του χρόνου, οι πρωταρχικές επιδιώξεις διαφοροποιήθηκαν. Η HDTV αν και δεν παραγκωνίστηκε ολότελα, έφυγε από το προσκήνιο, αντίθετα η ανάπτυξη της ψηφιακής τηλεόρασης προσανατολίστηκε αρκετά προς την εξυπηρέτηση κινούμενων χρηστών. Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, οι λόγοι ύπαρξης και ανάπτυξης του DVB μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

- Προσφέρει πλήθος υπηρεσιών, που μπορούν να συνδυαστούν με διάφορους τρόπους αρκεί να μην παραβιάζεται το ανώτατο όριο ρυθμού μετάδοσης.
- Πλήθος προγραμμάτων πολυπλέκεται και μεταδίδεται μέσω του υπάρχοντος καναλιού.
- Μεγάλο πλεονέκτημα του DVB standard είναι η ύπαρξη εξαιρετικά ασφαλών μεθόδων ασφαλείας όσον αφορά την περίπτωση pay access ή unicast services, μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε τέτοιες περιπτώσεις θεωρείται πρακτικά αδύνατη.

Τρεις τρόποι μετάδοσης του ψηφιακού σήματος έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα, η επίγεια μετάδοση, η δορυφορική και η καλωδιακή.

Η επίγεια μετάδοση, η οποία αναφέρεται στην ασύρματη εκπομπή των προγραμμάτων μέσω κεραιών τοποθετημένων στο έδαφος αντιμετώπισε ένα εξαιρετικής σημασίας πρόβλημα: την έλλειψη διαθέσιμων συχνοτήτων. Προορίζεται να αντικαταστήσει την αναλογική τηλεόραση στο φάσμα 470-862MHz. Αφενός όμως δεν υπάρχουν «ελεύθερες» συχνότητες στη συγκεκριμένη ζώνη, αφετέρου δεν είναι εύκολο μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα να παραχωρήσει η αναλογική τηλεόραση τις δικές της συχνότητες. Είναι φανερό ότι κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση της επίγειας μετάδοσης, μια από τις βασικότερες απαιτήσεις ήταν η καλύτερη δυνατή επαναχρησιμοποίηση των διαθέσιμων συχνοτήτων.

Η μπάντα των UHF στην Ευρώπη είναι κατειλημμένη εκτός από τα κανάλια 34 έως 38 καθώς και τα κανάλια πάνω από το 60-αν και σε ορισμένες χώρες ακόμα και τα κανάλια πάνω από το 60 χρησιμοποιούνται από στρατιωτικές υπηρεσίες. Στην Ευρώπη, σύμφωνα με μια σύσταση του ERO (European Radiocommunication Office) που ανακοινώθηκε το 1995 αναφέρεται μεταξύ άλλων ότι μέχρι το 2008 όλα τα κανάλια από το κανάλι 60 και πάνω θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση του DVB, όπως επίσης και ότι μέχρι το 2020 το μεγαλύτερο τμήμα του UHF θα αφιερωθεί στη μετάδοση ψηφιακού σήματος με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών αναλογικού σήματος. Το 1997 πάνω από 30 ευρωπαϊκές χώρες υπέγραψαν τη συμφωνία του Chester-Chester Agreement- που περιείχε όλες τις τεχνικές παραμέτρους και τους αναγκαίους κανόνες για το frequency planning για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση σε όλη την ήπειρο. Το χρονοδιάγραμμα για τη μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή εκπομπή φαίνεται στην (εικόνα 2.1)



**Εικόνα 2.1:** Η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση στην Ευρώπη θα ολοκληρωθεί σε δυο φάσεις, τη μεταβατική εποχή (transition period) και την ολοκληρωτικά ψηφιακή εποχή.

Η δορυφορική μετάδοση, αντίθετα είχε εδραιωθεί πολύ νωρίτερα, ήδη τον Οκτώβριο του 1995 ο ASTRA 1E ήταν έτοιμος για τις πρώτες του εκπομπές.

### **2.2.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σχέση με την αναλογική επίγεια τηλεόραση.**

#### **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΓΕΙΑ**

- Περισσότερα κανάλια στην περιοχή UHF (σε ένα αναλογικό κανάλι των 8 MHz αντιστοιχούν 4-6 ψηφιακά προγράμματα).
- Εξοικονόμηση συχνοτήτων (λόγω SFN, Single Frequency Network). Ο σημερινός χάρτης συχνοτήτων είναι άχρηστος .
- Δυνατότητα παροχής internet & δικτυακών υπηρεσιών.
- Δυνατότητα αμφιδρομότητας (ο παθητικός τηλεθεατής μετασχηματίζεται σε ενεργό).
- Καλύτερη ποιότητα ήχου (DOLBY SURROUND κ.λ.π).
- Δυνατότητα παροχής σε κινούμενους χρήστες (π.χ. σε μέσα μαζικής μεταφοράς και για διαφημίσεις.
- Μετρήσεις τηλεθέασης με ακρίβεια και όχι extrapolation (λόγω καναλιού επιστροφής).
- Επιλεκτική διαφήμιση ανάλογα με τα ενδιαφέροντα του τηλεθεατή.

#### **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΓΕΙΑ**

Από τεχνικής άποψης δεν υπάρχουν μειονεκτήματα  
Μειονεκτήματα υπάρχουν από την άποψη της αγοράς,και συγκεκριμένα:

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

### **2.3. Η λειτουργία του DVB-T,(επίγειας),(καλωδιακής) DVB-C και της (δορυφορικής) ψηφιακής τηλεόρασης DVB-S.**

Το DVB-T εισάγει την επίγεια μετάδοση MPEG-2 κωδικοποιημένου τηλεοπτικού σήματος. Παρότι το DVB-T δεν αναπτύχθηκε παρά πρόσφατα, εντούτοις παρουσίασε τον πιο εντυπωσιακό ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τα υπόλοιπα DVB standards. Το πρώτο DVB-T δίκτυο-το οποίο αναπτύσσεται μέχρι σήμερα- τέθηκε σε λειτουργία το Νοέμβριο του 1998 στη Μεγάλη Βρετανία. Ο λόγος που καθυστέρησε η ανάπτυξή του ήταν ότι προτεραιότητες στην ψηφιακή τηλεόραση αποτελούσαν η καλωδιακή και η δορυφορική μετάδοση εξαιτίας της πολυπλοκότητας της επίγειας μετάδοσης και τα ήδη γεμάτο φάσμα της. Μόνο αφού ολοκληρώθηκαν τα standards που



αφορούσαν καλωδιακή και δορυφορική γράφτηκε η πρώτη draft specification το Δεκέμβριο του 1995.

Η επίσημη έναρξη λειτουργίας DVB-T δικτύων έχει ήδη πραγματοποιηθεί στην Αυστραλία, τη Φιλανδία(27/8/2001), τη Μεγάλη Βρετανία, τη Σουηδία, τη Σιγκαπούρη και την Ισπανία, είχε προγραμματιστεί για 1.11.2002(στοιχεία 29.8.2002) στη Γερμανία (Βερολίνο, Βρανδεμβούργο) και κατά τη διάρκεια του τέταρτου τριμήνου του 2003 για τη βόρεια Γερμανία.

Η λειτουργία του DVB-S βασίζεται στη μετάδοση του ψηφιακού σήματος που γίνεται από γεωστατικούς δορυφόρους, η περιστροφή των οποίων δε γίνεται αντιληπτή από τη γη. Παρεκκλίσεις από την ορθή τροχιά διορθώνονται με τη βοήθεια προωθητικών κινητήρων. Η παροχή καυσίμων στους εν λόγω κινητήρες είναι και ο καθοριστικός παράγοντας για τη διάρκεια ζωής του δορυφόρου. Ηλιακοί συλλέκτες παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια για τη λειτουργία του ηλεκτρονικού εξοπλισμού, παρέχεται λοιπόν σταθερά ενέργεια χαμηλής όμως ισχύος. Είναι φανερό ότι το κανάλι μετάδοσης από το δορυφόρο προς τη γη χαρακτηρίζεται από την εξαιρετικά περιορισμένη ισχύ του.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της δορυφορικής μετάδοσης είναι το τεράστιο διαθέσιμο bandwidth. Σήμερα η εκπομπή γίνεται σε φάσμα συχνοτήτων που εκτείνεται από 10,7 έως 12,75GHz με προοπτική να καταλάβει και τη ζώνη 21,4 έως 22,0 GHz. Είναι φανερή η υπεροχή της δορυφορικής μετάδοσης έναντι της επίγειας όσον αφορά το προσφερόμενο φάσμα. Επιπλέον είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίηση των ίδιων συχνοτήτων εφόσον χρησιμοποιούνται από διαφορετικές τροχιακές θέσεις, λόγω των διαφορετικών, κατευθυντικών χαρακτηριστικών των κεραιών λήψης δορυφορικού σήματος.

Τα σήματα που διέρχονται από ένα δορυφόρο διανέμονται σε ξεχωριστούς πομπούς-transponders. Ως transponder ορίζουμε το κανάλι μετάδοσης μεταξύ του δέκτη και του πομπού του δορυφόρου και το οποίο αποτελείται από διάφορες λειτουργικές μονάδες. Το εύρος ζώνης που διατίθεται σε έναν transponder μπορεί να εκτείνεται από 26 έως 36 MHz, χωρίς να αποκλείονται και οι περιπτώσεις που το υπερβαίνουν.

#### Η πορεία που ακολουθεί το σήμα μέσα στο δορυφόρο περιγράφεται σύντομα παρακάτω.

Το σήμα που λαμβάνεται από τον επίγειο σταθμό διέρχεται μέσα από ένα ζωνοπερατό φίλτρο, το οποίο επιτρέπει μόνο τη διέλευση των σημάτων που βρίσκονται μέσα στο εύρος συχνοτήτων του συγκεκριμένου δορυφόρου. Ακολουθεί ένας προενισχυτής, η μίξη του σήματος με τοπικό ταλαντωτή και ξανά ενίσχυση του σήματος. Το σήμα στη συνέχεια χωρίζεται με χρήση ζωνοπερατών φίλτρων-input multiplex filters, IMUX- σε πολλές συχνότητες. Το κάθε σήμα εισέρχεται σε σωληνοειδή οδεύοντος κύματος ενισχυτή (traveling wave tube amplifier, TWTA). Οι έξοδοι των ενισχυτών διέρχονται στη συνέχεια από άλλο ένα φίλτρο, output multiplex filter, OMUX, συνδυάζονται ξανά και οδηγούνται στην κεραία του εκπομπού, οπότε και ακολουθεί η μετάδοσή τους.

Οι αξιώσεις των χρηστών καθώς και οι τεχνικές απαιτήσεις που αφορούν τη δορυφορική μετάδοση συγκροτούν τις παραμέτρους που διαμόρφωσαν το DVB-S. Όσον αφορά τον τρόπο μετάδοσης ενδιαφέρουν τα εξής:

- Το κανάλι μεταφοράς από το δορυφόρο στη γη είναι εξαιρετικά περιορισμένης ισχύος. Ως εκ τούτου μέθοδοι διαμόρφωσης όπως υψηλής τάξεως QAM (16QAM, 64QAM) αποκλείονται.

- Λόγω της χαμηλής λαμβανόμενης ισχύος είναι αναγκαία μιας υψηλής ποιότητας προστασία απέναντι στα σφάλματα . Είναι επιθυμητή η μετάδοση με bit error λιγότερο από 10-11.

Οι προαναφερθείσες απαιτήσεις αντιπαραβάλλονται με τις απαιτήσεις των χρηστών:

- Για τη μετάδοση τηλεοπτικού σήματος, αλλά και για άλλες ψηφιακές υπηρεσίες είναι απαραίτητες υψηλές ταχύτητες μετάδοσης.
- Η χωρητικότητα του καναλιού μετάδοσης θα πρέπει να χρησιμοποιείται με ευέλικτο τρόπο, πχ να υποστηρίζονται διαφορετικές υπηρεσίες με διάφορες ταχύτητες μετάδοσης.
- Η ποιότητα της προστασίας από τα σφάλματα να προσαρμόζεται ευέλικτα ανάλογα με τις συνθήκες.
- Η κεραία λήψης θα πρέπει να έχει ανακλαστήρα μικρής διαμέτρου, να μην καταλαμβάνει πολύ χώρο, όπως επίσης και να είναι οικονομική.

Με βάση τα παραπάνω, τα βασικά χαρακτηριστικά του standard ETS 421 διαμορφώνονται ως εξής:

- Το σήμα κωδικοποιείται σύμφωνα με τις αρχές του MPEG-2, το οποίο παρέχει άκρως ικανοποιητική συμπίεση δεδομένων.
- Η διασπορά της ενέργειας που πραγματοποιείται κατά την κωδικοποίηση εκτελείται με τη βοήθεια μιας ψευδοτυχαίας ακολουθίας.
- Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μέσα από ένα ικανοποιητικό αριθμό κωδικών διόρθωσης σφαλμάτων.
- Έχει επιλεγεί η QPSK ως πιο ασφαλής και «ρωμαλέα» διαμόρφωση.

Ως καλωδιακό σύστημα(DVB-C) ορίζουμε το λειτουργικό διάγραμμα του εξοπλισμού που εκτελεί την προσαρμογή του βασικού τηλεοπτικού σήματος στα χαρακτηριστικά του καλωδιακού καναλιού. Το τηλεοπτικό σήμα μπορεί να προέρχεται είτε από τοπικό σταθμό είτε από δορυφόρο. Στην περίπτωση που το σήμα λαμβάνεται δορυφορικά, το σύστημα είναι το SMATV (Satellite Master Antenna TV) και αναφέρεται στο standard ETS 473, το οποίο αποτελεί επέκταση του CATV standard.

Όσον αφορά τα SMATV δίκτυα, δυο διαφορετικά συστήματα έχουν επικρατήσει:

- Το πρώτο σύστημα περιλαμβάνει τη μετατροπή του DVB δορυφορικού σήματος σε DVB καλωδιακό σήμα. Για τη λήψη του προγράμματος είναι απαραίτητο ο χρήστης να διαθέτει καλωδιακό IRD (integrated receiver/decoder) για την αποκωδικοποίηση του σήματος που λαμβάνει.
- Το δεύτερο σύστημα επιτρέπει την απευθείας διανομή του δορυφορικού DVB σήματος στο καλωδιακό δίκτυο. Για το σύστημα SMATV-IF (ο δέκτης μετατρέπει το λαμβανόμενο σήμα σε σταθερής μέσης συχνότητας, IF, intermediate frequency) τα σήματα στη ζώνη δορυφορικής IF (πάνω από 950MHz) διοχετεύονται απευθείας στο δίκτυο διανομής. Στην προκειμένη περίπτωση

απαιτείται από πλευράς χρήστη η ύπαρξη δορυφορικού IRD για την αποκωδικοποίηση του σήματος.

Στα SMATV-S συστήματα, το δορυφορικό IF σήμα 'κατεβαίνει' στη ζώνη 230-470MHz και διανέμεται στη συνέχεια καλωδιακά. Προτού το σήμα αποκωδικοποιηθεί από το δορυφορικό IRD αποκωδικοποιητή πρέπει να μεταφερθεί ξανά στη συγκεκριμένη δορυφορική συχνότητα.

Ο σημαντικότερος παράγοντας επιλογής μεταξύ των δυο συστημάτων είναι το κόστος, στο οποίο το δεύτερο σύστημα υπερτερεί του πρώτου ως οικονομικότερο.

Το DVB-C δεν προορίζεται μόνο για τη διανομή DVB σήματος καλωδιακά, αλλά και για τοπική επίγεια μετάδοση στις μικροκυματικές συχνότητες (κάτω από 10GHz). Τα συστήματα που λειτουργούν στις μικροκυματικές συχνότητες ονομάζονται MMDS (microwave multichannel/multipoint distribution system) και διαφέρουν ριζικά από τα παραδοσιακά συστήματα επίγειας μετάδοσης, λόγω των συχνοτήτων λειτουργίας τους αλλά και του τρόπου διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Για παράδειγμα, εξυπηρέτηση για απόσταση άνω των 60χλμ μεταξύ πομπού δέκτη-συνήθης περίπτωση στα συμβατικά επίγεια δίκτυα μετάδοσης-είναι αδύνατη στην περίπτωση των MMDS συστημάτων. Το standard που περιγράφει τον τρόπο λειτουργίας των MMDS συστημάτων είναι το DVB-MC (microwave cable). Ο λόγος που επελέγη η προέκταση του καλωδιακού standard για τη λειτουργία των MMDS είναι η πολιτική να ακολουθείται όμοια αν όχι ταυτόσημη επεξεργασία σήματος σε όσο το δυνατόν περισσότερα standards.

Το DVB-T, αν και πιο πολύπλοκο στην υλοποίησή του προσφέρει στους παροχείς ένα μεγάλο πλεονέκτημα για την ψηφιακή τηλεόραση: την παροχή υπηρεσιών σε κινούμενους χρήστες, η οποία δεν προβλεπόταν από τα δυο προαναφερθέντα standards.

Το DVB-T σχεδιάστηκε ώστε να χρησιμοποιεί τα ίδια κανάλια με τη συμβατική (αναλογική) τηλεόραση UHF των 8 MHz και να εξασφαλίζει μέγιστο δυνατό ρυθμό μετάδοσης (bit rate), που μπορεί να φθάσει μέχρι 20Mbit/s. Το σύστημα είναι δυνατόν να προσαρμοστεί, ώστε να χρησιμοποιεί και τηλεοπτικά κανάλια των 7 και 6 MHz. Το DVB-T έχει κάποια σημαντικά πλεονεκτήματα και διαφορές από τα άλλα δύο πρότυπα DVB-S και DVB-C, μερικά από τα οποία, είναι:

A) Η οικονομία συχνοτήτων, αφού 4 συμβατικά κανάλια (προγράμματα) ή ένα τηλεόρασης μεγάλης ευκρίνειας, χωρούν σε ένα κανάλι των 8 MHz. Έχουμε λοιπόν απελευθέρωση συχνοτήτων. Άρα και λύση στην υπερκάλυψη συχνοτήτων.

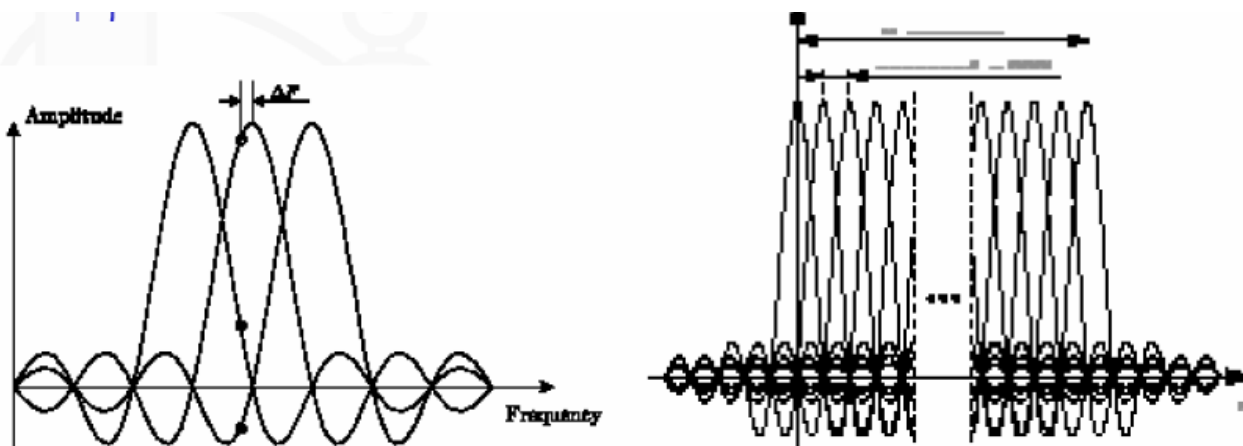
B) Η υποστήριξη και η επιλογή για λήψη από κινητούς δέκτες, το οποίο είναι πολύ σημαντικό για τη σύγκλιση ψηφιακής τηλεόρασης και κινητής τηλεφωνίας. Ο λόγος είναι ότι το DVB-T μπορεί να καλύψει περιοχές με κυψελωτή δομή. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι επίγειοι broadcasters έχουν τη δυνατότητα επιλογής, ανάμεσα σε roof-top antenna, portable (φορητή) και λήψη από κινητή συσκευή. Η δυνατότητα κινητής λήψης, που μας ενδιαφέρει σ' αυτό το άρθρο, μελετήθηκε με εξομοιώσεις και διάφορα εργαστηριακά πειράματα από τους συνεργάτες του MOTIVATE project, που προώθησε η Ευρωπαϊκή επιτροπή το 1998 και στηρίχθηκε στην ισχυρή κοινοπραξία από 17 broadcasters, από network operators και από κατασκευαστές επαγγελματικού και ερευνητικού εξοπλισμού.

Γ) Η δυνατότητα κατασκευής μονοσυχνοτικών δικτύων ( SFN=single frequency Network), δηλαδή η δυνατότητα σ' ένα δίκτυο να εκπέμπει από την ίδια συχνότητα σε όλη την επικράτεια, γεγονός που συντελεί σε ακόμη μεγαλύτερη οικονομία συχνοτήτων.

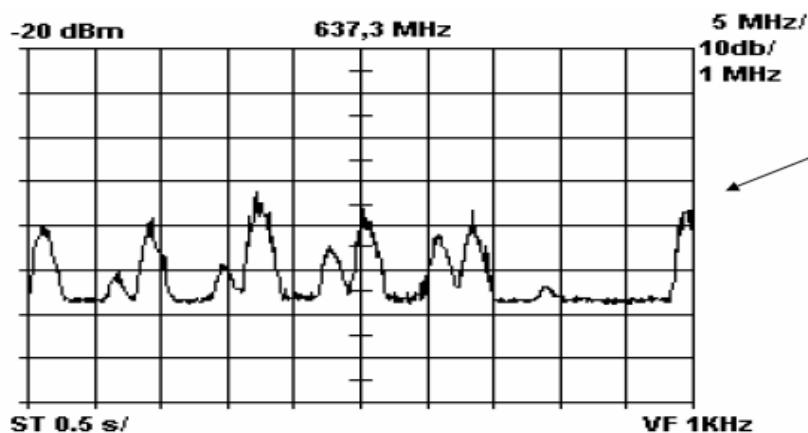
Δ) Ο χρήστης δεν χρειάζεται να έχει ιδιαίτερο εξοπλισμό (πχ δορυφορικό δέκτη ή καλωδιακή υποδομή), αλλά με μια απλή κεραία μπορεί να λαμβάνει το επίγειο σήμα. Αντίστοιχα -και όσον αφορά τον παροχέα, είναι μια προσιτή λύση, σε σχέση με τις δορυφορικές και καλωδιακές μεταδόσεις.

Ένα άλλο στοιχείο που κάνει το DVB-T να ξεχωρίζει από το DVB-S και DVB-C, είναι ότι βασίζεται στο σύστημα διαμορφώσεως OFDM/COFDM (Ορθογωνική πολύπλεξη, με διαίρεση συχνότητας-το 'C' είναι για κωδικοποιημένο OFDM). Όπως είναι γνωστό, η διαμόρφωση OFDM έχει πολύ καλή συμπεριφορά, σε περίπτωση λήψης από πολλαπλές διαδρομές (multipath reception), που είναι σύνηθες φαινόμενο στην επίγεια κινητή και φορητή λήψη. Στην OFDM, το εκπεμπόμενο σήμα είναι ο μετασχηματισμός Fourier του αρχικού QAM σήματος.

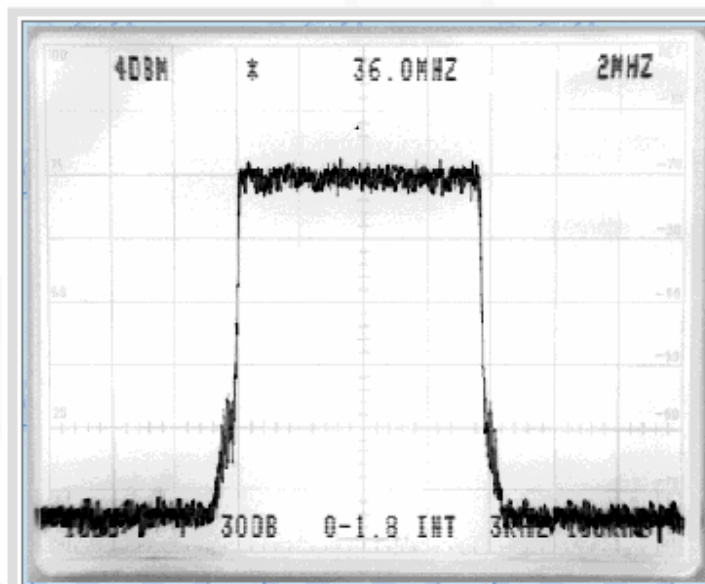
Αποτελείται από μια σειρά από φέροντα



**Σχήμα 2.1.** OFDM(Ορθογωνική πολύπλεξη, με διαίρεση συχνότητας)



**Σχήμα 2.2 :** Φάσμα αναλογικής τηλεόρασης (AM)(SPAN=5 MHz)



**Σχήμα 2.3:** Φάσμα ψηφιακής τηλεόρασης

Η διαδικασία της εσωτερικής διεμπλοκής παράγει μια ακολουθία από bits ήδη οργανωμένη σε σύμβολα QAM. Όπως προαναφέρθηκε, τα δυνατά σχήματα διαμόρφωσης είναι: QPSK (2 bits/symbol), 16QAM (4 bits/symbol) και 64QAM (6 bits/symbol). Τα διαγράμματα αστερισμού (constellation maps) για κάθε τύπο διαμόρφωσης περιγράφονται αναλυτικά στην προδιαγραφή. Τα σύμβολα ομαδοποιούνται και μεταδίδονται ταυτόχρονα με τη χρήση πολυπλεξίας OFDM. Κάθε σύμβολο OFDM αποτελείται από ένα σύνολο  $N=6817$  ("8k mode") ή  $1705$  ("2k mode") φερόντων και μεταδίδεται με διάρκεια  $TS=896\mu\text{sec}$  και  $TS=224\mu\text{sec}$  αντίστοιχα. Η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών φερόντων είναι  $\Delta f=1116\text{Hz}$  και  $\Delta f=4464\text{Hz}$  για τις δύο καταστάσεις λειτουργίας αντίστοιχα. Η ορθογωνιότητα μεταξύ των φερόντων εξασφαλίζεται από το γεγονός ότι  $\Delta f=1/TS$  πάντα. Με τη συνθήκη αυτή, η διάταξη των φερόντων αποκτά τη μορφή του παραπάνω σχήματος (σχήμα 2.1).

Το συνολικό εύρος ζώνης του σήματος DVB-T ανέρχεται στα  $7.61\text{MHz}$  για ονομαστική κατάσταση λειτουργίας  $8\text{MHz}$ , ενώ προβλέπονται και καταστάσεις λειτουργίας των  $7$  και  $6\text{MHz}$ . Το κάθε σύμβολο OFDM αποτελείται από δύο μέρη: ένα ωφέλιμο τμήμα με διάρκεια  $TU$  και ένα διάστημα φρούρησης (guard interval), με διάρκεια  $D$ . Το διάστημα φρούρησης αποτελείται από μια κυκλική επανάληψη του ωφέλιμου τμήματος, και εισάγεται πριν από αυτό. 68 διαδοχικά σύμβολα OFDM αποτελούν ένα πλαίσιο OFDM (OFDM frame), ενώ τέσσερα διαδοχικά πλαίσια αποτελούν ένα υπερ-πλαίσιο (OFDM super-frame). Μέσα σε κάθε σύμβολο OFDM, οι πληροφορίες που μεταφέρονται από τα φέροντα μπορεί να είναι είτε δεδομένα είτε πληροφορίες συγχρονισμού και γενικώς δεδομένα χρήσιμα για την καλή λειτουργία του δέκτη. Τα φέροντα που δεν φέρουν πληροφορία διακρίνονται σε:

• Διεσπαρμένα φέροντα-πυλότευς (pilot carriers). Αυτά εκπέμπουν εκ περιτροπής ένα δεδομένο σήμα, το οποίο γνωρίζει ο δέκτης. Μετρώντας την ισχύ των φερόντων αυτών, ο δέκτης μπορεί ανά πάσα στιγμή να σχηματίσει μια εκτίμηση της απόκρισης συχνότητας (frequency response) του καναλιού.

• Σταθερά φέροντα-πυλότευς. Αυτά κατέχουν σταθερή θέση μέσα στο σύμβολο.

• Φέροντα σηματοδοσίας παραμέτρων μετάδοσης (TPS - Transmission Parameter Signalling carriers) Αυτά κατέχουν επίσης σταθερή θέση μέσα στο σύμβολο, και πληροφορούν το δέκτη για τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται στη μετάδοση (ρυθμός κωδικοποίησης, διάρκεια διαστήματος φρούρησης, τύπος διαμόρφωσης), ούτως ώστε ο δέκτης να μπορεί να προσαρμόζεται αυτόματα.

Για την εφαρμογή της COFDM στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, επιλέγονται μια σειρά από παραμέτρους, όπως το code rate (ρυθμός κωδίκων συνέλιξης), η περίοδος φύλαξης, ο αριθμός των φερόντων σημάτων, η μορφή της διαμορφώσεως των φερόντων και αν θα' χουμε ιεραρχική ή μη ιεραρχική διαμόρφωση. Σε συντομία :

Όπως είναι γνωστό, ο ρυθμός κωδίκων συνέλιξης (code rate) είναι η αναλογία του bit rate από τα χρήσιμα bits, προς το συνολικό bit rate. Το σύστημα DVB-T, εκτός του βασικού ρυθμού  $\frac{1}{2}$ , χρησιμοποιεί και τους ρυθμούς  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{6}$  και  $\frac{7}{8}$ .

Φυσικά, όσο μεγαλύτερο επιλέγεται το code rate, τόσο περισσότερα τα διαθέσιμα data rate που τελικά θα χρησιμοποιηθούν, αλλά και τόσο πιο αδύνατη η προστασία από σφάλματα, συνεπώς τόσο χαμηλότερη η ακτίνα κάλυψης ή/ και η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Όσον αφορά την περίοδο φύλαξης, σημειώνουμε ότι είναι κάποιος χρόνος (διάστημα)  $T_g$ , που εισάγεται πριν από την περίοδο του COFDM συμβόλου  $T_u$ , για να αποφύγουμε την ενδοσυμβολική παρεμβολή (inter-symbol interference). Για την περίοδο φύλαξης, Χρησιμοποιούνται στο DVB-T 4 τιμές :

A)  $T_g=224\mu s$  B)  $T_g=112\mu s$  Γ)  $T_g=56\mu s$  Δ)  $T_g=28\mu s$

Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους στη διαμόρφωση COFDM, είναι η επιλογή του αριθμού των φερόντων (subcarriers) σημάτων. Υπάρχουν δύο βασικές μορφές του συστήματος DVB-T. Η μορφή '8k' με 6817 φέροντα και η μορφή '2k' με 1705 φέροντα.

• Η μορφή '8k' για να υλοποιηθεί, είναι πιο πολύπλοκη από την '2k' και ο δέκτης πιο ακριβός. Το πλεονέκτημα της μορφής '8k' είναι η ικανότητα για κάλυψη μεγαλύτερου μονοσυχνοτικού δικτύου (SFN), αλλά με μικρή ταχύτητα.

Αντίθετα, στη μορφή '2k' έχουμε υψηλή ταχύτητα, αλλά με ικανότητα για μικρό μονοσυχνοτικό δίκτυο.

Στην COFDM, τρία είναι τα είδη ορθογωνικών διαμορφώσεων για τα φέροντα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν (η διαμόρφωση, δηλαδή, για όλα τα φέροντα, σ' ένα OFDM πλαίσιο).

- QPSK (Αναφέρεται και σαν 4-QAM ή και σαν 4-PSK).
- 16-QAM
- 64-QAM

Για την εφαρμογή της COFDM στο σύστημα DVB-T, επιλέγουμε τέλος, εάν θα έχουμε ιεραρχική ή μη ιεραρχική διαμόρφωση.

Η ιεραρχική διαμόρφωση επιτρέπει δύο διαφορετικές ροές δεδομένων (data streams) να παρέχονται στο ίδιο κανάλι RF. Δηλαδή, αυτό που ακριβώς συμβαίνει, είναι ότι οι broadcasters (οι αναμεταδότες), μεταδίδουν ταυτόχρονα δύο διαφορετικά και χωριστά data streams, διαμορφωμένα πάνω σ' ένα ενιαίο DVB-T stream.

Τη μία ροή δεδομένων, την αποκαλούμε “Υψηλής προτεραιότητας” = High Priority (HP), η οποία περιέχεται μέσα σ' ένα stream (ροή) “χαμηλής προτεραιότητας” = Low Priority (LP).

Οι δέκτες με καλή ποιότητα λήψης, μπορούν να λάβουν και τα δύο stream, ενώ αυτοί οι δέκτες με χειρότερη ποιότητα λήψης, μπορούν να λάβουν μόνο το stream με την υψηλή προτεραιότητα. Το καλύτερα προστατευμένο data stream, δηλαδή με τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, είναι το High-Priority (HP), αλλά με πιο χαμηλό ρυθμό μετάδοσης. Αντίθετα, το Low-Priority (LP, χαμηλής προτεραιότητας) data stream, έχει μικρή ανθεκτικότητα, αλλά πιο υψηλό ρυθμό μετάδοσης. Να σημειωθεί εδώ, ότι το HP stream χρησιμοποιεί πάντα QPSK διαμόρφωση, ενώ το LP stream χρησιμοποιεί είτε 4-QAM (QPSK) είτε 16-QAM. Αξίζει να σημειώσουμε, ότι στην ιεραρχική διαμόρφωση, 3 παράμετροι επιλέγονται: Το  $\alpha$  και τα code rate για το HP και το LP stream. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της παραμέτρου  $\alpha$  έχουμε καλύτερη προστασία για το HP data stream (αυξάνεται η απόσταση των καταστάσεων στα σημειογράμματα των διαμορφώσεων).

Οι τυπικές τιμές που μπορεί να πάρει το  $\alpha$ , είναι  $\alpha=1$  (ομοιόμορφη διαμόρφωση) και  $\alpha=2$  ή 4 (ανομοιόμορφη διαμόρφωση).

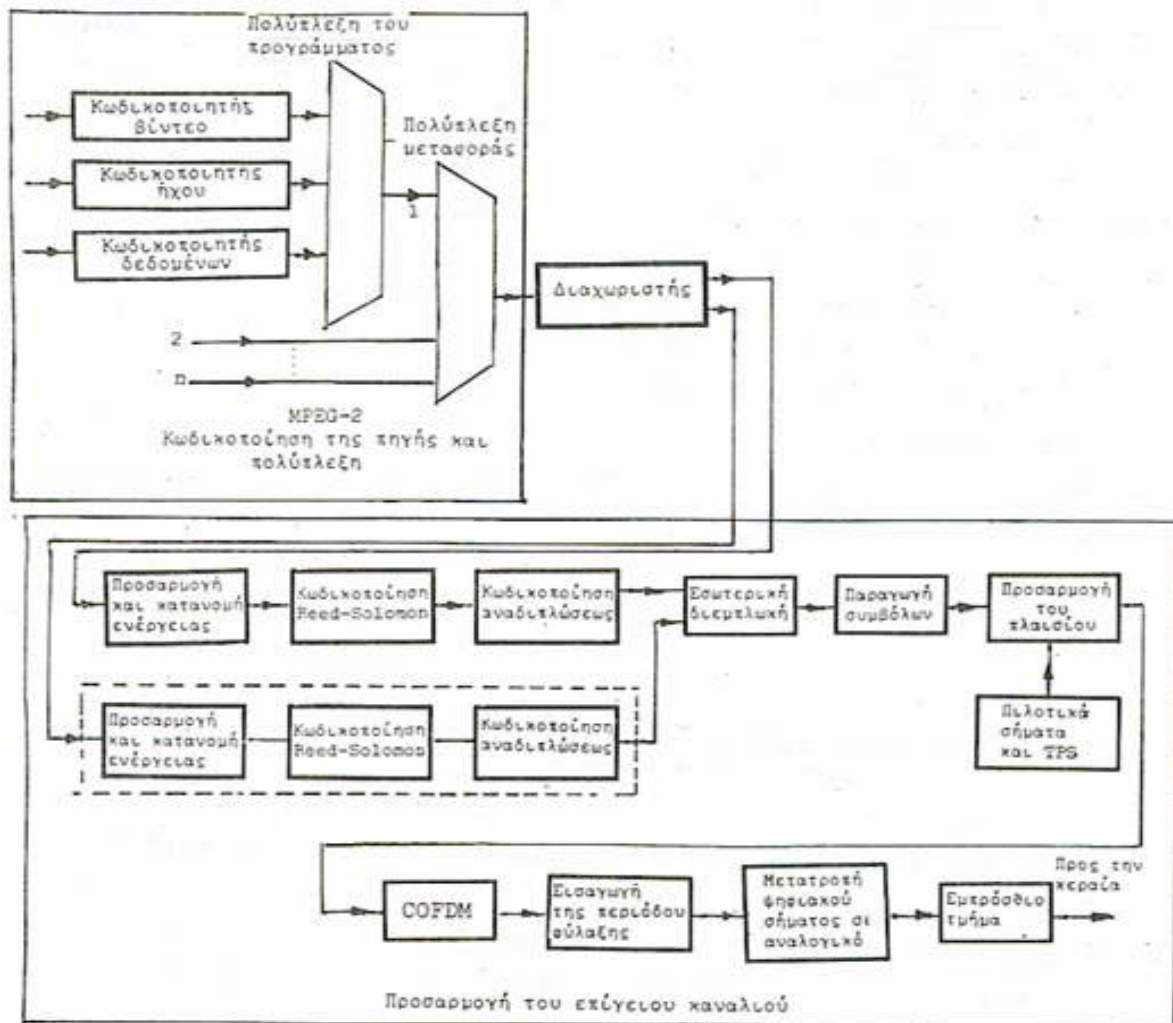
Μεταβάλλοντας λοιπόν την τιμή του  $\alpha$  εις βάρος του LP data stream, η περιοχή κάλυψης για το HP data stream διευρύνεται.

Αφού αναφέρθηκαν μερικά σημαντικά στοιχεία για την εφαρμογή της COFDM στο σύστημα DVB-T, ας εξετάσουμε τη διαδικασία εκπομπής του συστήματος.

Η ψηφιακή τηλεόραση μοιράζεται το φάσμα συχνοτήτων της με άλλες εφαρμογές και ψηφιακές αλλά και αναλογικές. Έτσι είναι φανερή η ανάγκη επαρκούς προστασίας του σήματος τόσο απέναντι σε ομοδιαυλικές παρεμβολές όσο και adjacent-channel interference λόγω των υπαρχόντων PAL/SECAM σημάτων. Άλλο ζητούμενο είναι επίσης η καλύτερη δυνατή χρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος, γεγονός που καθιστά επιθυμητή τη λειτουργία SFNs.

Για την επίτευξη των παραπάνω επιλέγεται η χρήση της διαμόρφωσης OFDM, συνδυασμένης με κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων. Οι τρόποι λειτουργίας, ο συνδυασμός των διαφόρων παραμέτρων και η απόδοσή τους αναφέρονται στον ακόλουθο (Πίνακα 1).

Κατά τη δημιουργία των standards που διέπουν τη λειτουργία του DVB-T ήταν επιθυμητή η σύγκλισή του με τα προγενέστερά του και ήδη δοκιμασμένα DVB-S και DVB-C, έτσι ακολουθούνται και σε αυτό οι ίδιες μέθοδοι outer coding και interleaving, ενώ το inner coding γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται στο DVB-S. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή του λειτουργικού διαγράμματος του συστήματος, (Εικόνα 2.2)



**Εικόνα 2.2:** Το λειτουργικό διάγραμμα εκπομπής του συστήματος DVB-T.

Η είσοδος του συστήματος είναι τα σταθερού μήκους MPEG-2 πακέτα του transport stream. Αποτελούνται από 188 bytes, (τα 4 πρώτα των οποίων είναι η επικεφαλίδα header), με πρώτο byte εκείνο του συγχρονισμού (sync byte).

#### Διανομή ενέργειας-Energy dispersal

Κατά την παραγωγή μιας ροής δεδομένων είναι επιθυμητό η πυκνότητα της ισχύος να είναι όσο το δυνατόν πιο δίκαια κατανομημένη σε όλο το φάσμα του σήματος. Για να επιτευχθεί αυτό, το σήμα συνδυασμένο με την ακολουθία εξόδου μιας ψευδοτυχαίας γεννήτριας διέρχεται από μια λογική πύλη EXCLUSIVE-OR. Από τη διαδικασία αυτή εξαιρείται το byte συγχρονισμού.

#### Outer coding και outer interleaving

Σε κάθε πακέτο 188 bytes προστίθενται 16 correction bytes σύμφωνα με τον RS code. Το μήκος πλέον της κάθε «λέξης» είναι 204 bytes και είναι δυνατή η διόρθωση μέχρι και 8 λανθασμένων bytes της.



### Inner coder

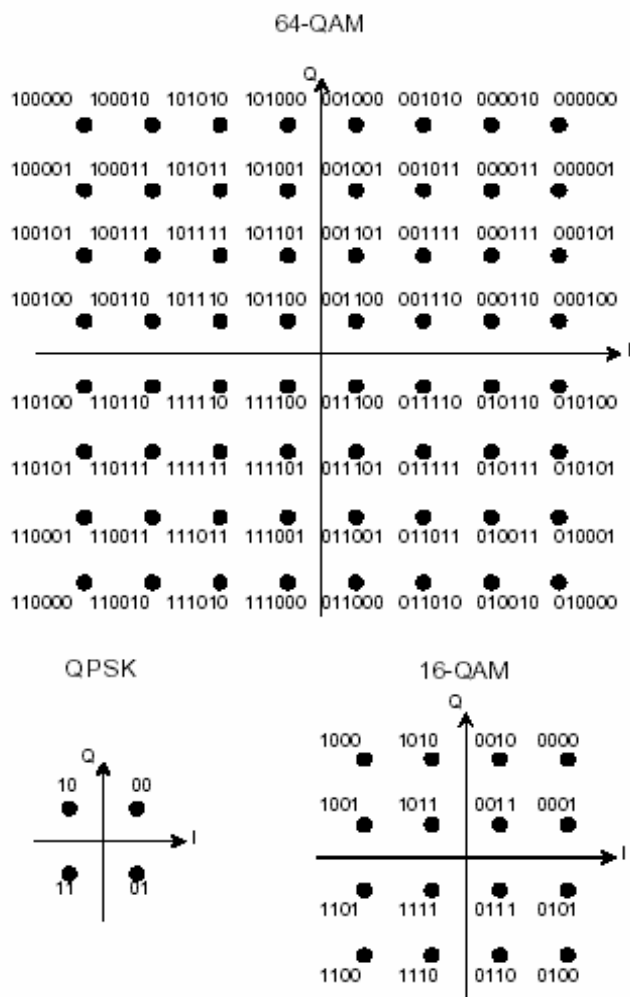
Το σύστημα έχει τη δυνατότητα για πέντε διαφορετικούς κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων,  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$  και  $7/8$ .

### Inner interleaver

Η διαστρωμάτωση γίνεται σε δυο στάδια. Αρχικά, 126 διαδοχικά bits συνδυάζονται σε ένα block. Εντός του block γίνεται διαστρωμάτωση μεταξύ των bits (bits interleaver). Εν συνεχεία, ένα μεγάλο πλήθος blocks υπόκειται σε διαστρωμάτωση (symbol interleaver).

### Mapper

Το σύστημα χρησιμοποιεί OFDM μετάδοση. Η πληροφορία εντός ενός OFDM πλαισίου ακολουθούν μια από τις ακόλουθες διαμορφώσεις, QPSK, 16-QAM, 64-QAM και χρησιμοποιούν απεικόνιση κατά Gray-Gray mapping. Ενδεικτικά παρατίθενται τα διαγράμματα για κάθε διαμόρφωση, (Εικόνα 2.3).

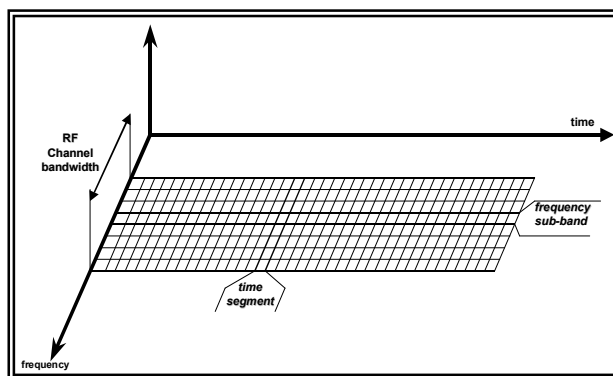


**Εικόνα 2.3:** Τα διαγράμματα για κάθε μια από τις διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται από το DVB-T

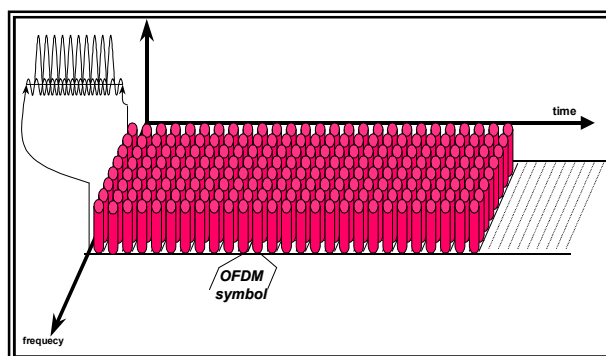
## Pilot TPS signals

Τα σύμβολα που αναφέρονται ως Transmission-Parameter signaling pilots επιτρέπουν τη μετάδοση πρόσθετων πληροφοριών με τη βοήθεια των οποίων εξασφαλίζεται ο χρονικός συγχρονισμός. Επιπλέον μεταφέρουν πληροφορίες σχετικές με τις παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τη μετάδοση, όπως τη διαμόρφωση που χρησιμοποιείται, QPSK, 16-QAM ή

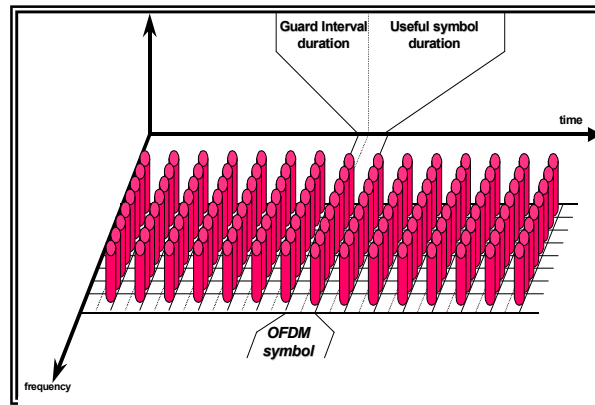
64-QAM, τον κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων, τη διάρκεια του guard interval, το πλήθος των carries (2k ή 8k). Οι θέσεις τους μέσα στο πλαίσιο μετάδοσης είναι καθορισμένες.



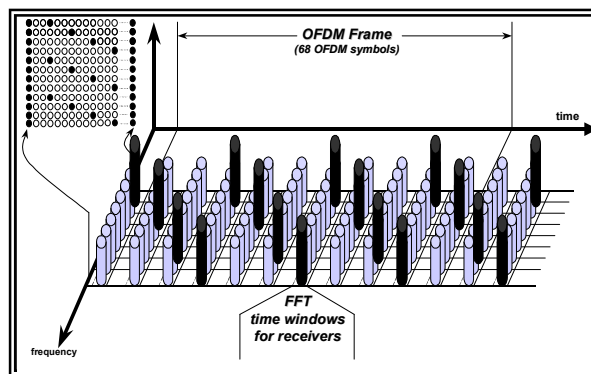
**Εικόνα 2.4:** Διαχωρισμός του καναλιού στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας



**Εικόνα2. 5:** Εισαγωγή sub-carrier



**Εικόνα 2.6:** Εισαγωγή Guard Interval



**Εικόνα2.7:** Δείκτες συγχρονισμού

Η βασική ιδέα που οδήγησε στη χρήση της COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) προέρχεται από την παρατήρηση ότι το σήμα εξασθενεί σημαντικά κατά την επίγεια διάδοσή του.

Επίσης η συμπεριφορά του καναλιού μετάδοσης δεν είναι ίδια για κάθε μια από τις διαφορετικές υπο-συχνότητες στις οποίες έχει διαιρεθεί το αρχικό φάσμα. Εξαιτίας του συνολικά λαμβανόμενου σήματος (ωφέλιμο σήμα + ηχώ) η ενέργεια του σήματος που λαμβάνεται τελικά από τον πομπό μπορεί να είναι ελάχιστη ή αντίθετα περισσότερη από την εκπεμπόμενη.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, σε πρώτη φάση η πληροφορία διαχέεται και εκπέμπεται από ένα τεράστιο πλήθος κοντινών συχνοτήτων (διαίρεση συχνότητας, πλήθος συχνοτήτων  $2k$  ή  $8k$ , ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας). Στη συνέχεια, λόγω των απωλειών που θα υποστεί η πληροφορία κατά την επίγεια μετάδοση ακολουθεί η προστασία της όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω. Συνοπτικά η λειτουργία της φαίνεται στις

Η COFDM έχει αποδειχτεί ο πιο αποτελεσματικός τρόπος προστασίας του εκπεμπόμενου σήματος, τόσο από την ηχώ του περιβάλλοντος όσο και από σήμα που προέρχεται από τους υπόλοιπους σταθμούς του ίδιου SFN.

### Εισαγωγή χρόνου guard interval

Στην περίπτωση των Single Frequency Networks (SFNs)-η λειτουργία των οποίων εξηγείται σε επόμενη παράγραφο-που προτιμώνται από το DVB-T, ένα βασικό χαρακτηριστικό της τοπολογίας του δικτύου είναι η μέγιστη απόσταση μεταξύ των πομπών. Λόγω της COFDM διαμόρφωσης που έχει υιοθετηθεί, ο χρόνος guard interval και οι μεταξύ των πομπών αποστάσεις είναι αλληλένδετες παράμετροι για την αποφυγή του ISI φαινομένου (inter symbol interference). Η διάρκεια του guard interval πρέπει να υπερβαίνει την πιο αργοπορημένη ηχώ, έτσι σύμφωνα με έναν εμπειρικό κανόνα πρέπει να επιλεγεί ίσο με το χρόνο που χρειάζεται για τη διάδοση του σήματος μεταξύ δυο πομπών του SFN. Στην περίπτωση SFN εθνικής κάλυψης μια προτεινόμενη τιμή για guard interval θα πρέπει να είναι τα 200μs τουλάχιστον, χρόνος που ανταποκρίνεται σε απόσταση 60km μεταξύ των πομπών.

Συνοπτικά, σε ένα DVB-T σύστημα υπάρχει η επιλογή συνδυασμού των παρακάτω παραμέτρων, ανάλογα με την περιοχική κάλυψης και τις απαιτήσεις των χρηστών:

- Code rate of inner rate protection (1/2; 2/3; 3/4; 5/6; 7/8).
- Διαμόρφωση φέροντος (QPSK; 16-QAM; 64-QAM).
- Guard interval length (1/4; 1/8; 1/16; 1/32).
- Τρόπο λειτουργίας, (2k⇒1705 carriers; 8k⇒6817 carriers).

Έτσι το διαθέσιμο εύρος ζώνης για κάθε επιλογή λειτουργίας του DVB-T διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Διαμόρφωση	Κώδικας διόρθωσης σφαλμάτων	Guard Interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK					
	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
16-QAM					
	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
64-QAM					
	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

**Πίνακας 1:** Το εύρος ζώνης λειτουργίας του DVB-T συστήματος, όπως διαμορφώνεται ανάλογα με τις παραμέτρους λειτουργίας (σε Mbps).

Όπως είναι αναμενόμενο, το διαθέσιμο εύρος ζώνης αυξάνει όσο αυξάνει το inner code rate, μειώνεται ο χρόνος του guard interval και ανεβαίνουν τα στάδια της διαμόρφωσης. Είναι φανερή η «ανταλλαγή» που γίνεται μεταξύ ασφαλούς αλλά αργής μετάδοσης και γρήγορης αλλά επισφαλούς. Πρακτικά, αναγκαία είναι η εύρεση συμβιβαστικής λύσης μεταξύ του επιθυμητού εύρους ζώνης και της αναγκαίας προστασίας της μετάδοσης δεδομένων.

## **2.4. Μετάδοση δεδομένων IP πάνω από το κανάλι DVB-T.**

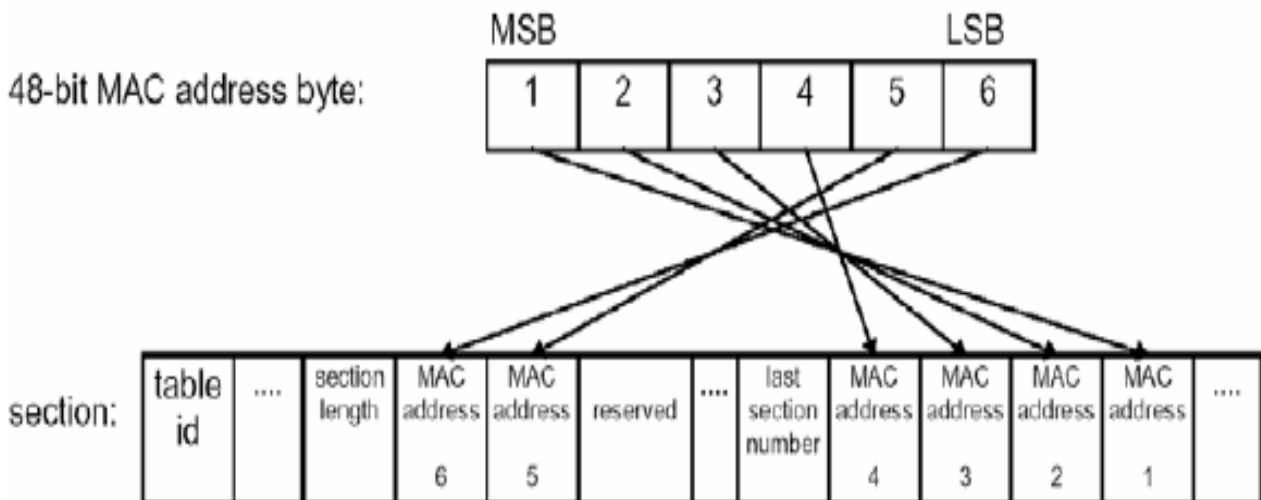
### **2.4.1 Εισαγωγή**

Ένα σημαντικό στοιχείο του συστήματος της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης, είναι η ικανότητα μετάδοσης δεδομένων IP, πάνω από το κανάλι DVB-T. Όπως προαναφέραμε, ο διαμορφωτής δέχεται από τον πολυπλέκτη το ρεύμα μεταφοράς MPEG-2, που περιέχει πολυπλεγμένες τις υπηρεσίες εικόνας και ήχου και υπό μορφή σήματος βασικής ζώνης και παράγει το προς μετάδοση RF σήμα. Στη ροή μεταφοράς MPEG-2 στο κανάλι DVB-T, τα πακέτα έχουν σταθερό μήκος 188bytes (4 bytes από αυτά, είναι για την επικεφαλίδα). Προκειμένου λοιπόν τα IP πακέτα αφενός να ενσωματωθούν στο ρεύμα μεταφοράς και αφετέρου να διακρίνονται σαφώς από τα πακέτα που μεταφέρουν τα προγράμματα ψηφιακής τηλεόρασης, πρέπει να υιοθετηθεί μια διαδικασία που να εκτελεί λειτουργίες αντιστοίχισης (mapping), προσαρμογής (adaptation) και κατακερματισμού (segmentation). Οι λειτουργίες αυτές ορίζονται από το πρότυπο ETSI EN 301 192 [DVB-SI99].

Η μεταφορά πακέτων IP πάνω από κανάλι DVB-T μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους ανάλογα με την εφαρμοζόμενη υπηρεσία, τις ανάγκες εύρους ζώνης συχνοτήτων και τις ανάγκες αξιοπιστίας. Τα πακέτα IP ενσωματώνονται στο συρμό μεταφοράς μέσω της λειτουργίας της ενθυλάκωσης. Έχουν αναπτυχθεί πέντε διαφορετικές τεχνικές ενθυλάκωσης οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω

### **2.4.2. Ενθυλάκωση πολλαπλών πρωτοκόλλων (Multi Protocol Encapsulation).**

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε για να μεταφέρονται πακέτα διάφορων πρωτοκόλλων (π.χ. TCP/IP) πάνω από το κανάλι DVB. Τα πακέτα πληροφορίας ενσωματώνονται σε data sections, όπως αυτά ορίζονται στο πρότυπο MPEG-2 DSM-CC [DSM-CC98] (Digital Storage Media Command and Control). Με τη σειρά τους, τα data sections είναι πλήρως συμβατά με τη δομή private\_section που ορίζεται στο MPEG-2 Systems (ISO/IEC 13818-1) και ενσωματώνονται απευθείας στο Ρεύμα Μεταφοράς όπως ορίζει η παραπάνω προδιαγραφή. Από την πλευρά του χρήστη, τα πακέτα που προορίζονται γι' αυτόν διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα δεδομένα με κριτήριο το αναγνωριστικό πακέτου (PID), στη συνέχεια το πεδίο MAC (που αποθηκεύεται στα αντίστοιχα πεδία του section header, όπως δείχνει το (σχήμα 2.4) και τέλος τη διεύθυνση IP προορισμού, αν πρόκειται για πακέτα IP. Η τεχνική του Multiprotocol encapsulation είναι αυτή που χρησιμοποιείται στη μελέτη αυτή.



**Σχήμα 2.4:** . Ενσωμάτωση της MAC address στο section header

Η μετάδοση που τυποποιείται για την Ευρώπη περιορίζει το μέγιστο μέγεθος των data sections σε 4 Kbytes. Η ενθυλάκωση πολλαπλών πρωτοκόλλων προσθέτει ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό πλεονασμού και για αυτόν ακριβώς το λόγο γίνονται προσπάθειες τυποποίησης νέων προδιαγραφών ενθυλάκωσης .

Ένα data section αποτελείται από πολλά πεδία μεταξύ των οποίων είναι το πεδίο MAC\_ address. Το πεδίο αυτό καταλαμβάνει 48 bits και περιέχει τη MAC διεύθυνση του προορισμού. Η διεύθυνση MAC αποτελείται από 6 πεδία των 8 bits.

Η ενθυλάκωση πολλαπλών πρωτοκόλλων αποτελεί την τεχνική ενθυλάκωσης για τη ευρεκπομπή διαδραστικών υπηρεσιών TCP/IP μέσω του προτύπου DVB-T.

#### 2.4.3. Διοχέτευση δεδομένων (Data Piping).

Η συγκεκριμένη προδιαγραφή υποστηρίζει την ευρεκπομπή υπηρεσιών οι οποίες απαιτούν απλή, ασύγχρονη, μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με το πρότυπο DVB-T. Η διοχέτευση των δεδομένων ορίζει την άμεση ενθυλάκωση των δεδομένων στο ωφέλιμο φορτίο του συρμού μεταφοράς MPEG-2

#### 2.4.4. Ροή Δεδομένων (Data Streaming).

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για υπηρεσίες streaming. Σε αυτή την περίπτωση η ροή των δεδομένων διαμορφώνεται σε μια συμβατή στοιχειώδη ροή MPEG-2 (Elementary Stream), η οποία με τη σειρά της οργανώνεται σε πακέτα κατά τη δομή του PES. Τα πακέτα PES κατακερματίζονται και διανέμονται στο φορτίο των MPEG-2 συρμών μεταφοράς .

#### **2.4.5. Περιοδική εκπομπή Δεδομένων (Data Carousel).**

Η συγκεκριμένη τεχνική ενθυλάκωσης είναι κατάλληλη για μετάδοση δεδομένων σε συστήματα τα οποία δεν υποστηρίζουν διαδραστικότητα. Τα προς αποστολή δεδομένα τα οποία αφορούν μεγάλες ομάδες χρηστών οργανώνονται σε διακεκριμένες μονάδες (modules) και εκπέμπονται κυκλικά ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να είναι προσπελάσιμες από τον κάθε χρήστη. Οι μονάδες δεδομένων μπορούν να ενταχθούν σε μεγαλύτερες μονάδες (group of modules), οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να οργανωθούν σε ακόμα μεγαλύτερες ομάδες (Super Groups)

#### **2.4.6. Περιοδική εκπομπή Αντικειμένων ( Object carousel).**

Η περιοδική εκπομπή αντικειμένων χρησιμοποιείται για να μεταφέρει δομημένα αντικείμενα από τον παροχέα ευρυεκπομπής στο δέκτη χρησιμοποιώντας αντικείμενα καταλόγων, αρχείων, ή συρμών. Η περιοδική εκπομπή αντικειμένων προσφέρει στο χρήστη τον τρόπο να έχει πρόσβαση σε μια εφαρμογή στην οποία δεν απαιτείται κανάλι επιστροφής.

Η αποτελεσματικότητα και οι προοπτικές του IP-over-DVB φαίνονται από την ευρεία αποδοχή των τεχνικών του προαναφερθέντος προτύπου από το σύνολο σχεδόν των πυλών IP-to-DVB που κυκλοφορούν, αλλά και από την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση για μονάδες ενθυλάκωσης [NSky03]. Είναι βέβαια γεγονός ότι η MPE εισάγει λόγω της ενθυλάκωσης πολλαπλών επιπέδων αρκετή πλεονάζουσα πληροφορία (overhead) για πλαισίωση και σηματοδосία με αποτέλεσμα να μην προσφέρει τη βέλτιστη λύση για την περίπτωση του IP. Για τον λόγο αυτό βρίσκεται υπό εξέταση μια πιο «ελαφριά» έκδοση, με το όνομα ULE (Ultra-Light Encapsulation) που είναι ειδικά σχεδιασμένη για δεδομένα IP. Η ULE αναμένεται να προτυποποιηθεί στα επόμενα δύο χρόνια. Επίσης, όλες οι προηγούμενες τεχνικές αναφέρονται σε πακέτα της τέταρτης έκδοσης του IP (IPv4) που κυριαρχεί αυτή τη στιγμή στο Internet. Η έλευση της έκκτης έκδοσης (IPv6) και η ενσωμάτωσή της στον χώρο της ψηφιακής τηλεοπτικής μετάδοσης είναι θέμα χρόνου, καθώς υπό προτυποποίηση βρίσκονται νέες τεχνικές ενθυλάκωσης IPv6-over-DVB. Μια τέτοια προοπτική φαίνεται να υπόσχεται πολλά, καθώς τα κυριότερα πλεονεκτήματα του IPv6 (μεγάλος χώρος διευθυνσιοδότησης, ομαλή δρομολόγηση, υποστήριξη QoS, αυξημένη ασφάλεια και υποστήριξη κινητότητας (mobility) ) [MobIP6] μπορούν να βρουν άμεσες και σημαντικές εφαρμογές στον χώρο της μετάδοσης δεδομένων μέσω ψηφιακής τηλεόρασης.

## **2.5. Προοπτικές χρήσης - Εφαρμογές.**

### **2.5.1. Η ανάγκη για εισαγωγή νέων υπηρεσιών.**

Η δυνατότητα χρήσης του συστήματος εκπομπής της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης ως μέσου ευρυζωνικής μετάδοσης δεδομένων με βάση την αρχιτεκτονική που παρουσιάζεται, ανοίγει νέες προοπτικές για αμφίδρομες υπηρεσίες πληροφορίας και πολυμέσων στους τελικούς χρήστες. Εξάλλου, παρ' όλο που η ψηφιακή τεχνολογία φαίνεται να ξεπερνά πολλούς περιορισμούς της αναλογικής μετάδοσης, είναι σχεδόν βέβαιο ότι αυτά τα πλεονεκτήματα από μόνα τους δεν μπορούν να εγγυηθούν μια επιτυχημένη εισαγωγή του DVB-T σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου η επίγεια αναλογική τηλεόραση κατέχει τη μερίδα του λέοντος στο χώρο της τηλεοπτικής μετάδοσης. Υπηρεσίες «προστιθέμενης αξίας» (added-value) είναι αναγκαίες για να προσελκύσουν περισσότερους χρήστες και να αυξήσουν τα κέρδη των τηλεοπτικών εταιρειών και των παροχών υπηρεσιών.

Μπορεί η αγορά της ψηφιακής τηλεόρασης μέχρι τώρα να συντηρείται με τη χρέωση απλής τηλεθέασης (PayTV) όπως γίνεται και στη χώρα μας, αλλά το μέλλον όσον αφορά την εμπορική εκμετάλλευση βρίσκεται στις σύνθετες και πραγματικά αμφίδρομες υπηρεσίες. Αυτές οι υπηρεσίες είναι που τελικά θα διαφοροποιήσουν τον ψηφιακό τηλεοπτικό παροχέα από τον ανταγωνισμό. Για παράδειγμα, η συνδυασμένη λήψη κινούμενης εικόνας, Internet και πολυμεσικού περιεχομένου από κινητούς χρήστες μπορεί να είναι ιδιαίτερα ελκυστική και ως εκ τούτου καταλυτική για την αποδοχή του DVB-T από το ευρύ κοινό. Εξάλλου, μόνο η τεχνολογία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης μπορεί να παρέχει δυνατότητα κίνησης σε έναν χρήστη αμφίδρομου τηλεοπτικού δικτύου. Και η δυνατότητα αυτή τονίζει μεταξύ άλλων την υπεροχή του Ευρωπαϊκού DVB-T έναντι ανταγωνιστικών προτύπων.

Η λήψη του σήματος DVB-T από σταθερούς και κινητούς χρήστες με μικρούς σε μέγεθος και προσιτούς δέκτες / αποκωδικοποιητές δίνει τη δυνατότητα στον καθένα να προσπελάσει και να χρησιμοποιήσει παντού και οποτεδήποτε ακόμη και ευρυζωνικές υπηρεσίες δεδομένων για επαγγελματική ή προσωπική χρήση. Ιδιαίτερα απλοποιημένοι και οικονομικά προσιτοί δέκτες έχουν ήδη αναπτυχθεί και ενσωματωθεί σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα, με απόδοση πολύ κοντά σε αυτή ενός πρότυπου επαγγελματικού δέκτη.

### **2.5.2. Κατηγορίες εφαρμογών.**

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

- Εμπλουτισμένη Εκπομπή – Enhanced Broadcasting. Περιλαμβάνει την ψηφιακή εκπομπή οπτικοακουστικού σήματος μαζί με εφαρμογές που έχουν εγκατασταθεί στο τερματικό του χρήστη για να εξασφαλίσουν κάποια τοπική διαδραστικότητα. Δεν απαιτεί κανάλι επιστροφής (αμφίδρομότητας).
- Αμφίδρομη Εκπομπή – Interactive Broadcasting. Περιλαμβάνει πραγματικά αμφίδρομες υπηρεσίες που συνδέονται ή είναι τελείως ανεξάρτητες με άλλες, broadcast υπηρεσίες. Απαιτείται κανάλι επιστροφής.
- Πρόσβαση στο Internet – Internet Access. Αυτή η περιοχή εστιάζεται στην παροχή πρόσβασης στο Internet μέσω μιας πλατφόρμας DVB.



### **2.5.3. Επιταχύνοντας την πρόσβαση στο Internet.**

Δύο νέες εξελίξεις αναμένεται να έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην περαιτέρω εξέλιξη του Διαδικτύου στην Ευρώπη αλλά και παγκοσμίως: η πρόσβαση ανεξαρτήτως πλατφόρμας (σύγκλιση) και η ευρυζωνική σύνδεση. Διατίθενται πλέον νέες επικοινωνιακές πλατφόρμες, εκτός της ιντερνετικής πρόσβασης βάσει προσωπικού υπολογιστή. Ιδιαίτερα η αμφίδρομη ψηφιακή τηλεόραση και οι συσκευές κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς (3G) που διέπονται από κοινά πρότυπα, διανοίγουν δυνατότητες πολυπλαθομορφικής πρόσβασης σε υπηρεσίες και μπορούν να είναι ταυτόχρονα υποκατάστατο και συμπλήρωμα των υφισταμένων δυνατοτήτων. Το ίδιο ισχύει για τα δίκτυα υποστήριξης. Δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός του «ευρυζωνικού», τα κύρια όμως χαρακτηριστικά του είναι η υψηλή ταχύτητα και η συνεχής σύνδεση. Ευρυζωνική πρόσβαση παρέχεται επί του παρόντος κυρίως μέσω του χάλκινου τηλεφωνικού δικτύου, με χρήση τεχνολογιών τύπου ADSL ή μέσω καλωδιακών τηλεοπτικών δικτύων με χρήση καλωδιακού διαποδιαμορφωτή (modem). Ευρυζωνική πρόσβαση μπορεί επίσης να παρασχεθεί μέσω νέας υποδομής, κυρίως οπτικής ίνας, σταθερής ασύρματης πρόσβασης (FWA), συστημάτων κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς, τοπικών ραδιοδικτύων (R-LAN) που λειτουργούν σε ζώνες συχνοτήτων ελεύθερες αδειάς, καθώς και μέσω δορυφορικών συστημάτων επικοινωνιών. Η χρήση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης ως δικτύου πρόσβασης δίνει μια εναλλακτική λύση στη πρόβλημα της ευρυζωνικής πρόσβασης. Η ανάγκη είναι μεγάλη, όπως ορίζει το κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής που απαιτεί μεταξύ άλλων από τα κράτη-μέλη να έχουν ως στόχο ότι έως το τέλος του 2005 όλα τα σχολεία και τα πανεπιστήμια θα διαθέτουν διαδικτυακή πρόσβαση για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, μέσω ευρυζωνικής σύνδεσης. Μουσεία, βιβλιοθήκες, αρχεία και παρεμφερή ιδρύματα που διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην ηλεκτρονική μάθηση θα πρέπει επίσης να συνδεθούν με ευρυζωνικά δίκτυα.

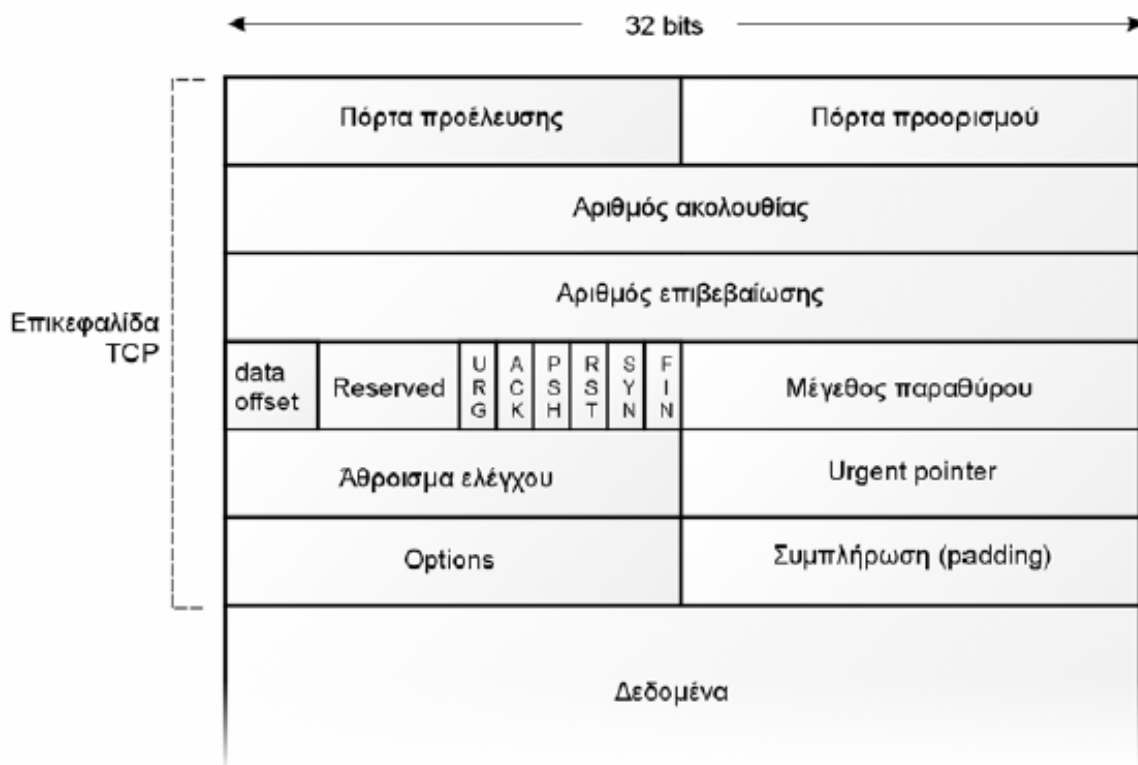
Έχοντας υπόψη τις προοπτικές που μόλις αναφέρθηκαν, η παρούσα μελέτη συνεισφέρει στην εξεύρεση μιας διαδεδομένης και προσιτής μεθόδου ευρυζωνικής πρόσβασης στο Internet χρησιμοποιώντας την ψηφιακή τηλεοπτική τεχνολογία. Με το σκεπτικό αυτό, για την αξιολόγηση της προτεινόμενης ασύμμετρης υβριδικής αρχιτεκτονικής χρησιμοποιείται αποκλειστικά το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP) στο επίπεδο μεταφοράς.

### **2.5.4. Το πρωτόκολλο TCP και η σημασία του.**

Το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP (Transmission Control Protocol) είναι σήμερα το πιο δημοφιλές ίσως πρότυπο στις επικοινωνίες δεδομένων μέσω του Internet και όχι μόνο. Σχεδιάστηκε για πρώτη φορά το 1981 για χρήση στο αμερικανικό DARPA για να εξασφαλίσει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο τερματικών. Από τότε, έχει γίνει αντικείμενο πάμπολλων ερευνητικών προσπαθειών και έχει υποστεί πολλές προσθήκες και βελτιώσεις. Πολλές από τις βελτιώσεις αυτές θα υιοθετηθούν στα πλαίσια αυτής της διατριβής για να μεγιστοποιηθεί η επίδοση του TCP σε ασύμμετρα δίκτυα DVB-T. Η παράγραφος αυτή επιχειρεί μία πολύ σύντομη ανασκόπηση των κυριότερων σημείων του πρωτοκόλλου.

Το TCP παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων με σύνδεση (connection-oriented) και έλεγχο ροής (flow control) χρησιμοποιώντας το IP ως επίπεδο δικτύου. Οργανώνει τα δεδομένα σε

τμήματα (segments) με επικεφαλίδα της οποίας τα πεδία διευκολύνουν τις λειτουργίες ελέγχου ροής και ανάνηψης από λάθη (Σχήμα 2.5.)



**Σχήμα 2.5:** Πεδία της επικεφαλίδας στην αρχή του τμήματος TCP

Πολλές νοητές παράλληλες συνδέσεις μπορούν να εγκατασταθούν στην ίδια φυσική διαδρομή IP χάρη στις νοητές «πόρτες» (ports) των οποίων οι αριθμοί δηλώνονται στην αρχή της κεφαλίδας. Για ανίχνευση χαμένων πακέτων, το κάθε τμήμα αριθμείται με έναν συγκεκριμένο αριθμό ακολουθίας (sequence number) τον οποίο κάθε φορά ο αποστολέας αυξάνει κατά τον αριθμό των bytes που έχουν ως τώρα σταλεί επιτυχώς. Ο παραλήπτης απαντά δηλώνοντας στο πεδίο του αριθμού επιβεβαίωσης (acknowledgment number) τον αριθμό ακολουθίας του επόμενου τμήματος που αναμένει. Τμήματα για τα οποία η επιβεβαίωση καθυστερεί περισσότερο από ένα χρονικό διάστημα RTO (Retransmission TimeOut) επανεκπέμπονται.

Προκειμένου να μην καθυστερείται η ανταλλαγή δεδομένων από τη φυσική καθυστέρηση του καναλιού, το TCP επιχειρεί να στείλει έναν συγκεκριμένο όγκο δεδομένων χωρίς να περιμένει την επιβεβαίωση για το πρώτο τμήμα. Ο όγκος αυτός των δεδομένων που ανα πάσα στιγμή βρίσκονται ανεπιβεβαίωτα στο δίκτυο λέγεται παράθυρο (TCP window) ή παράθυρο συμφόρησης (congestion window). Το παράθυρο συμφόρησης αρχίζει με την τιμή του ενός τμήματος και αυξάνεται με κάθε επιτυχή επιβεβαίωση, αυξάνοντας έτσι και την ταχύτητα μετάδοσης. Η αύξηση είναι αρχικά εκθετική (διαδικασία αργής εκκίνησης - «slow start») και αργότερα γραμμική (διαδικασία αποφυγής συμφόρησης - «congestion avoidance»). Το παράθυρο που χρησιμοποιεί ο αποστολέας δεν μπορεί να υπερβεί την ονομαστική τιμή (receiver advertised window) που δηλώνει ο παραλήπτης σε κάθε επιβεβαίωση χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πεδίο της επικεφαλίδας.

Σε περίπτωση απώλειας πακέτου, ο αποστολέας μειώνει το παράθυρο συμφόρησης στο ήμισυ της προηγούμενης τιμής του, με αποτέλεσμα να μειώνεται αντίστοιχα και η ταχύτητα αποστολής.

Είναι γεγονός ότι το TCP είναι το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο στις διαδικτυακές συνδέσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 95% των bytes, το 90% των πακέτων και το 75% των συνδέσεων στο Internet σήμερα χρησιμοποιούν το TCP .

## **2.6.Τοπολογία αμφίδρομων Δικτύων DVB-T.**

### **2.6.1.Εισαγωγή.**

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, δεδομένου ότι η προδιαγραφή DVB-T περιγράφει ένα μονόδρομο μέσο μετάδοσης (όπως μονόδρομο είναι κάθε σύστημα ευρείας εκπομπής (broadcasting) ), η ενσωμάτωση τυπικών υπηρεσιών TCP/IP μέσα στην ψηφιακή τηλεοπτική πολυπλεξία απαιτεί ένα πρόσθετο κανάλι επιστροφής ή “κανάλι αμφίδρομότητας” (“Interaction Channel”) που θα μεταφέρει δεδομένα προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλ. από τον χρήστη προς τον παροχέα υπηρεσιών. Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνεται ένα ασύμμετρο υβριδικό δίκτυο συμβατό με την γενική τοπολογία που περιγράφεται στην προδιαγραφή ETS 300 802 η οποία αναφέρεται σε αρχιτεκτονικές αμφίδρομης ψηφιακής τηλεόρασης.

Μια τέτοια υβριδική αρχιτεκτονική μπορεί να εξυπηρετεί π.χ. έναν Internet provider που στοχεύει να αυξήσει τη χωρητικότητά του και να παρέχει ποιότητα υπηρεσίας (QoS) σε ορισμένες υπηρεσίες. Ήδη προωθούνται τερματικά διπλού δέκτη (Dual-receiver terminals) που μπορούν να επικοινωνούν με δύο τύπους ραδιοδικτύων και να προσαρμόζονται σύμφωνα με απαιτήσεις QoS . Επιτυγχάνονται έτσι ρυθμοί δεδομένων που μερικές φορές μπορεί να είναι και τάξεις μεγέθους μεγαλύτεροι από αυτούς που επιτυγχάνουν τα δίκτυα αυτά από μόνα τους . Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που ο χρήστης αντλεί δεδομένα, οπότε το κανάλι επιστροφής χρησιμοποιείται για την αποστολή αιτήσεων (requests) και επιβεβαιώσεων (acknowledgements).

Μέχρι τώρα, η τεχνική TCP/IP-over-DVB στην πράξη περιοριζόταν μόνο στην περίπτωση του δορυφορικού DVB-S σε συνδυασμό με ένα απλό PSTN κανάλι επιστροφής.

Ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα:

- χρειάζεται ειδικό εξοπλισμό και εγκατάσταση για δορυφορική λήψη
- οι περιορισμοί του τηλεφωνικού καναλιού (κυρίως σε χωρητικότητα) θέτουν όρια και στην συνολική απόδοση της ασύμμετρης σύνδεσης
- ο χρήστης πρέπει να ξεκινήσει μια διαδικασία σύνδεσης από την πλευρά του PSTN κάθε φορά που θέλει να έχει πρόσβαση στο δίκτυο
- η μεγάλη καθυστέρηση που εισάγουν τόσο τα τηλεφωνικά modems όσο και η δορυφορική ζεύξη δημιουργούν έναν πολύ μεγάλο χρόνο ανακύκλωσης (round-trip delay time) που περιορίζει σημαντικά τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. Έτσι, η απλή επικοινωνία μέσω TCP/IP αν δεν χρησιμοποιηθούν ειδικοί μηχανισμοί (π.χ. Performance Enhancement Proxies) είναι ιδιαίτερα δυσχερής

- απευθύνεται μόνο σε σταθερούς χρήστες, με καλή λήψη και οπτική επαφή προς το δορυφόρο.

Αντιθέτως, η υλοποίηση ενός δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης βασισμένου στην επίγεια τεχνολογία DVB-T επιτρέπει εύκολη και αξιόπιστη λήψη του ψηφιακού σήματος μέσω μιας απλής κεραίας UHF, εσωτερικής ή εξωτερικής. Οι δε επιδόσεις του δικτύου όσον αφορά τον πραγματικό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων εξαρτώνται εν πολλοίς από την τεχνολογία που θα εφαρμοστεί στο κανάλι επιστροφής. Στην ενότητα αυτή αναλύεται διεξοδικά η συμπεριφορά και οι επιδόσεις του TCP σε ένα τέτοιο υβριδικό δίκτυο όπου το downlink αποτελείται από ένα σύστημα εκπομπής DVB-T και το κανάλι επιστροφής βασίζεται σε διάφορες δικτυακές τεχνολογίες, όπως:

- Αναλογική και ψηφιακή ζεύξη μέσω του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου (Public Switched Telephone Network – PSTN / Integrated Services Digital Network - ISDN)

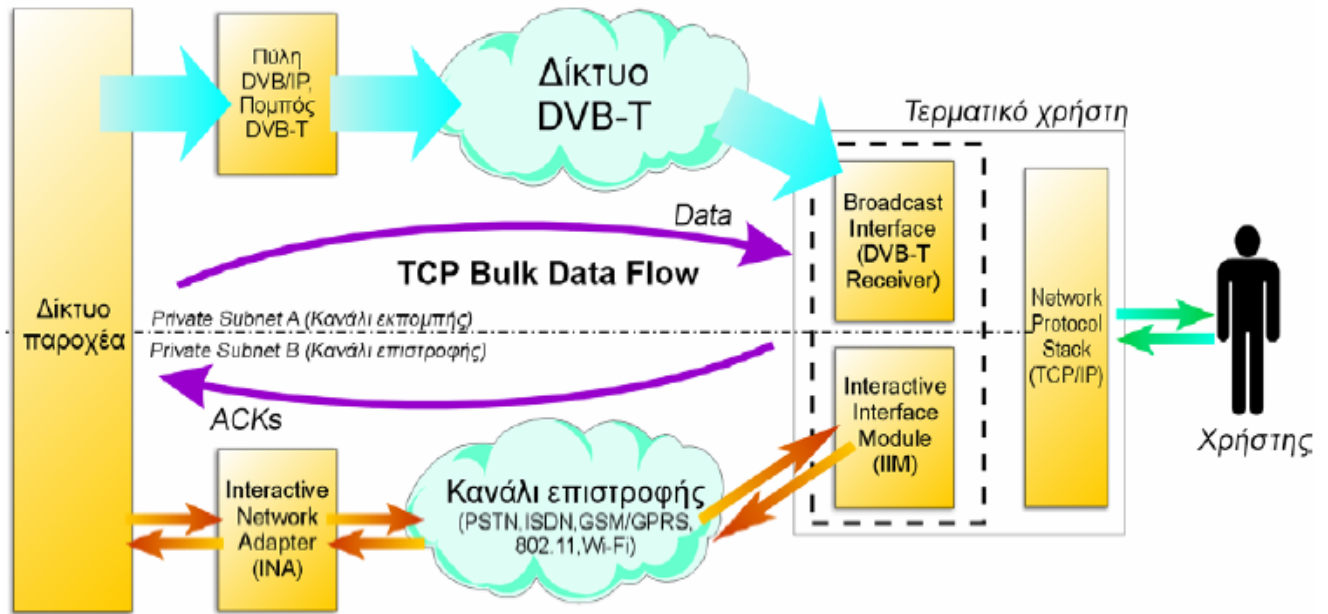
- Ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks - WLANs) κατά τα πρότυπα IEEE 802.11 και 802.11b (Wi-Fi)

- Ψηφιακά κυψελωτά δίκτυα τηλεφωνίας, με τεχνικές είτε μεταγωγής κυκλώματος (GSM data) είτε μεταγωγής πακέτου (General Packet Radio Service - GPRS).

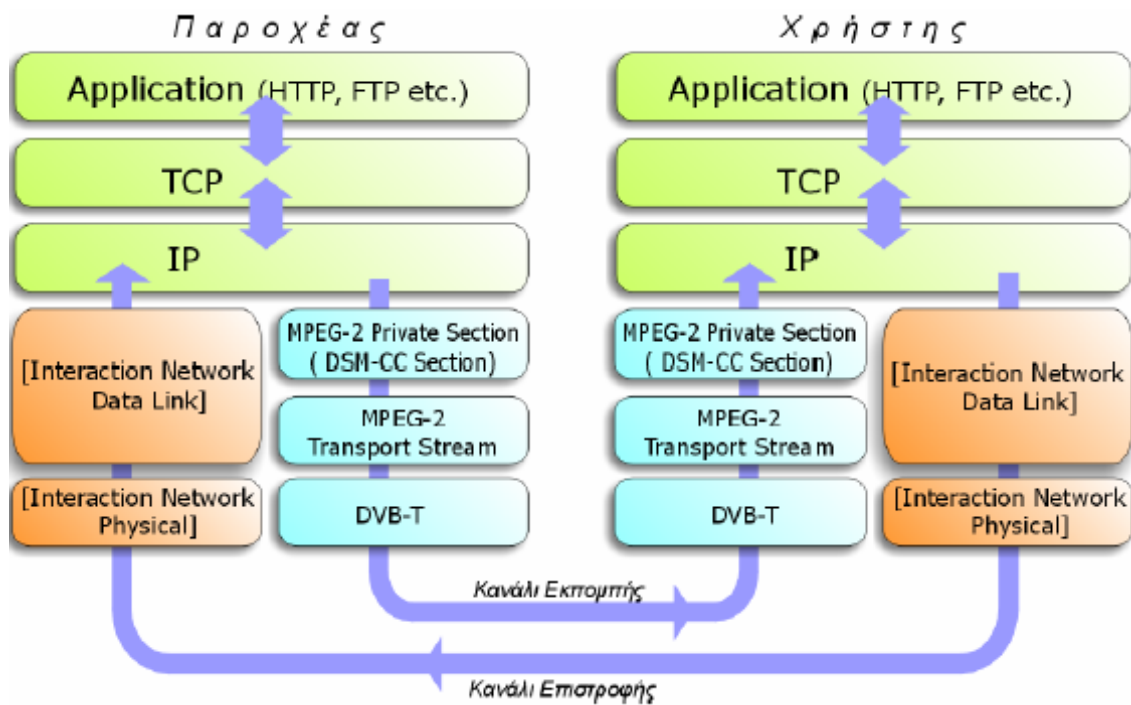
### 2.6.2. Τοπολογία δικτύου.

Όπως έχει τυποποιηθεί στο [DVBInteractive97], ένα αμφίδρομο δίκτυο DVB αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: το Κανάλι Εκπομπής (Broadcast Channel) και το Κανάλι Επιστροφής ή Αμφίδρομότητας (Interaction Channel). Το γενικό αυτό μοντέλο μπορεί να περιλάβει την περίπτωση του TCP-over-DVB-T, οπότε η κίνηση TCP/IP που μεταφέρεται από το κανάλι εκπομπής ενθυλακώνεται σε ένα MPEG-2 Κανάλι Μεταφοράς με την τεχνική MPE (Multi Protocol Encapsulation) που περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από μια μονάδα που δρα ως “Πύλη IP/DVB” (IP-to-DVB Gateway). Η έξοδος της Πύλης σε μορφή σήματος βασικής ζώνης οδηγείται στον διαμορφωτή COFDM που παράγει και το προς εκπομπή RF σήμα σύμφωνα με την προδιαγραφή ETS 300 744. Τα εκπεμπόμενα δεδομένα λαμβάνονται στη μεριά του χρήστη από μία Μονάδα Διεπαφής Εκπομπής-ΜΔΕ (Broadcast Interface Module), που ουσιαστικά αποτελείται από έναν δέκτη DVB-T είτε σε μορφή ξεχωριστής συσκευής (stand-alone) είτε σε μορφή κάρτας. Το τερματικό του χρήστη αποστέλλει δεδομένα μέσω του καναλιού επιστροφής χρησιμοποιώντας την Αμφίδρομη Μονάδα Διεπαφής – ΑΜΔ (Interactive Interface Module). Ρόλο ΑΜΔ μπορεί να παίξει π.χ. ένα modem σε περίπτωση που το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο χρησιμοποιείται για το κανάλι επιστροφής. Το δίκτυο του παροχέα είναι επίσης εξοπλισμένο με μία διεπαφή για το δίκτυο επιστροφής και η τοπολογία κορμού του μαζί με τις μονάδες μεταγωγής IP πακέτων (routers, switches κτλ.) πρέπει να έχουν ρυθμιστεί ούτως ώστε να εξασφαλίζουν ασύμμετρη ροή πακέτων TCP όπου τα δεδομένα στέλνονται μέσω του Καναλιού Εκπομπής και οι αιτήσεις και οι επιβεβαιώσεις μέσω του Καναλιού Επιστροφής – στην περίπτωση βέβαια που ο χρήστης αντλεί και δεν αποστέλλει δεδομένα. Αυτή η περίπτωση όμως είναι και η πιο συνηθής. Το γενικευμένο μοντέλο ασύμμετρου δικτύου φαίνεται στο (σχήμα 2.6.α). και η στοίβα πρωτοκόλλων στο δίκτυο του παροχέα και του χρήστη στο (σχήμα 2.6.β).

**DVB-T μονόδρομο (άρα απαιτείται δίκτυο επιστροφής)**



**Σχήμα. 2.6.α:** Αμφίδρομο δίκτυο DVB-T για ασύμμετρη μεταφορά δεδομένων TCP (γενικευμένο μοντέλο)



**Σχήμα 2.6.β.:** Αμφίδρομο δίκτυο DVB-T για ασύμμετρη μεταφορά δεδομένων TCP (στοίβα πρωτοκόλλων)

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι καμιά ειδική ρύθμιση ή τροποποίηση στη στοίβα πρωτοκόλλων δεν απαιτείται από τη μεριά του χρήστη για να ενταχθεί στο εν λόγω ασύμμετρο δίκτυο. Παρ' όλα αυτά, η καθυστέρηση που υπεισέρχεται τόσο από το κανάλι επιστροφής όσο και από τις μονάδες επεξεργασίας του καναλιού εκπομπής, σε συνδυασμό με τον υψηλό ρυθμό δεδομένων του DVB-T μπορούν μερικές φορές να προκαλέσουν σχετικά μεγάλα γινόμενα καθυστέρησης-εύρους ζώνης (bandwidth-delay products – BDP) στο δίκτυο. Συνεπώς είναι σχεδόν πάντα απαραίτητο να προσαρμοστεί το μέγιστο παράθυρο λήψης (TCP receive window) στο τερματικό του χρήστη για να επιτευχθούν οι βέλτιστες δυνατές επιδόσεις. Η ενότητα αυτή παρουσιάζει μεταξύ των άλλων και τη σχέση μεταξύ παραθύρου λήψης και ρυθμού διαμεταγωγής για κάθε εναλλακτική υλοποίηση.

### 2.6.3 Αμφίδρομο δίκτυο TCP/IP over DVB-T.

Η προδιαγραφή του DVB-T περιγράφει ένα μονόδρομο μέσο μετάδοσης (broadcasting). Η ενσωμάτωση όμως, τυπικών υπηρεσιών TCP/IP, μέσα στην ψηφιακή πολυπλεξία, απαιτεί ένα πρόσθετο κανάλι επιστροφής, που θα μεταφέρει δεδομένα προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από το χρήστη προς τον παροχέα υπηρεσιών. Οπότε, τα ωφέλιμα δεδομένα προσφέρονται στο χρήστη μέσω του καναλιού DVB-T και οι αιτήσεις και οι επιβεβαιώσεις στέλνονται μέσω του καναλιού επιστροφής. Πώς υλοποιείται ένα τέτοιο αμφίδρομο δίκτυο TCP/IP over DVB-T;.

Μέχρι τώρα, η τεχνική TCP/IP over DVB, αναφερόταν μόνο στην περίπτωση DVB-S, με πολλά μειονεκτήματα (ειδικό εξοπλισμό για δορυφορική λήψη, μόνο σταθεροί χρήστες, το PSTN έχει μικρή χωρητικότητα κτλ).

Ένα δίκτυο όμως TCP/IP over DVB, στην περίπτωση του DVB-T, επιτρέπει την εύκολη και αξιόπιστη λήψη του ψηφιακού σήματος μιας απλής κεραίας UHF εσωτερικής ή εξωτερικής, υποστηρίζει κινητούς χρήστες και όσον αφορά τις επιδόσεις του δικτύου για τον πραγματικό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, εξαρτάται από την τεχνολογία που θα εφαρμοστεί στο κανάλι επιστροφής. Βέβαια, το δίκτυο TCP/IP over DVB-T, είναι μια ασύμμετρη σύνδεση δεδομένων. Αφού το δίκτυο (κανάλι) επιστροφής χρησιμοποιείται για λήψη και αποστολή unicast δεδομένων, ενώ το κανάλι εκπομπής χρησιμοποιείται μόνο για πληροφορίες, που προορίζονται για όλους τους χρήστες (multicast-broadcast).

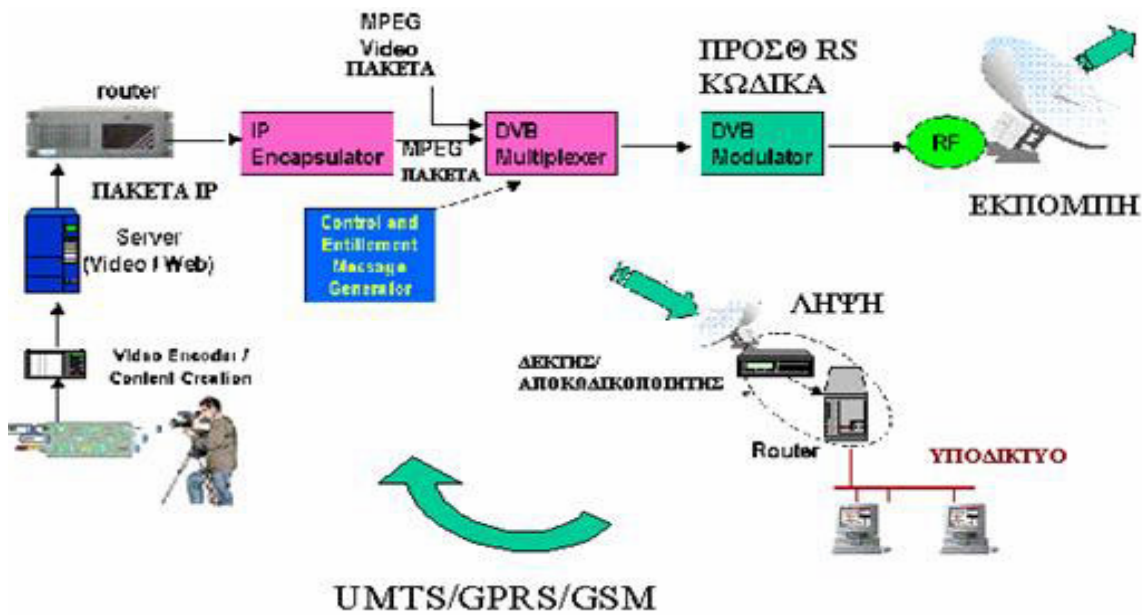
Το κανάλι εκπομπής (broadcast channel), δηλαδή το downlink, αποτελείται από ένα σύστημα εκπομπής DVB-T και το κανάλι επιστροφής (Interaction channel) βασίζεται σε διάφορες δικτυακές τεχνολογίες.

Οι δικτυακές τεχνολογίες του up-link που μας ενδιαφέρουν, είναι αυτές που υποστηρίζουν κινούμενους δέκτες (κινούμενους χρήστες δηλαδή). Αυτές, είναι τα ψηφιακά κυψελωτά δίκτυα GSM, GPRS, UMTS. Εμείς θα αναφέρουμε και θα επικεντρωθούμε στην υλοποίηση του δικτύου με κανάλι επιστροφής, στα ψηφιακά κυψελωτά δίκτυα τηλεφωνίας 3ης γενιάς, δηλαδή, στο UMTS. Αλλά θα γίνει και μια αναφορά, με κανάλι επιστροφής για τα WLAN.

Οι κινούμενοι δέκτες, μπορούν να είναι είτε προσωπικά τερματικά χρηστών (Person Mobility), όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα είτε τερματικά, ενσωματωμένα σε οχήματα (Vehicle Mobility).

Στο (σχήμα 2.7) δίνεται μια γενική τοπολογία και ιδέα, για όλα αυτά που αναφέραμε (σύστημα IP over DVB):





**Σχήμα 2.7:** Τοπολογία συστήματος IP over DVB (Πηγή: John Oliver, "Mobile datacasting", IPDC Forum, 2003).

Το σχήμα απεικονίζει τη γενική τοπολογία ενός υβριδικού δικτύου DVB-T/S. Βλέπουμε την ενθυλάκωση των IP πάνω στα πακέτα μεταφοράς.

Έχουμε εκπομπή του σήματος με δέκτες υπολογιστές, laptop ή PDAs, τα οποία έχουν μια PCMCIA κάρτα DVB-T/S, που σχεδιάστηκε για κινητούς επίγειους δέκτες. Αυτές οι κάρτες υποστηρίζουν και κυψελωτά δίκτυα, για κανάλια επιστροφής. Παρατηρούμε το κανάλι επιστροφής GSM, GPRS ή UMTS.



**Σχήμα 2.8:** Εκπομπή του σήματος με δέκτες υπολογιστές, laptop ή PDAs.

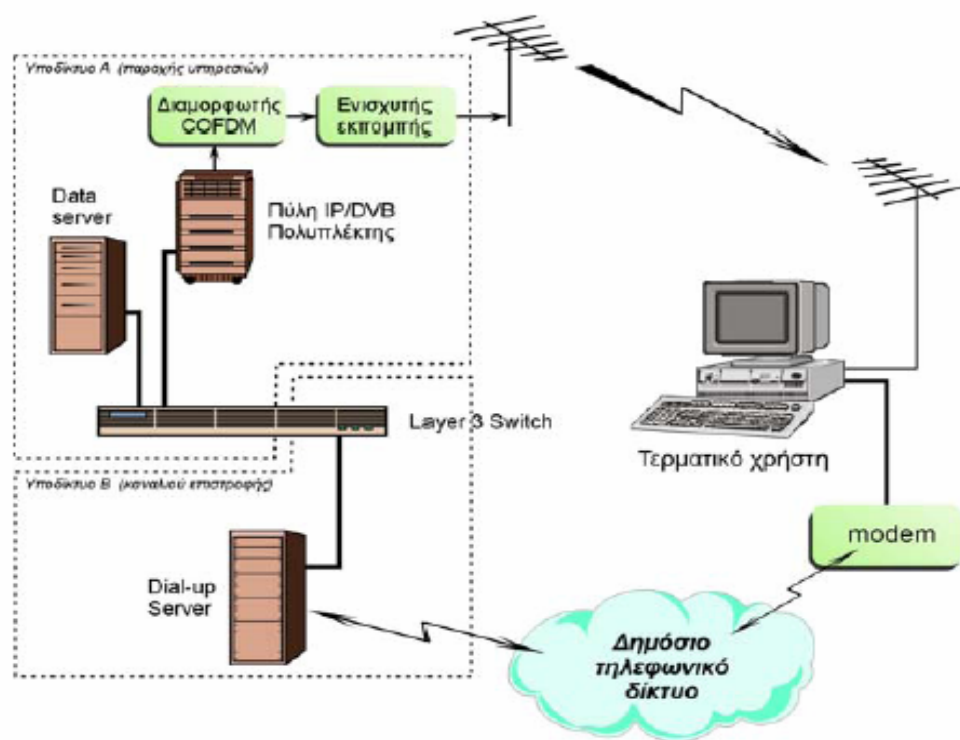


#### 2.6.4 Υλοποίηση με PSTN Κανάλι Επιστροφής.

Η υλοποίηση του καναλιού επιστροφής μέσω του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου μεταγωγής (Public Switched Telephone Network – PSTN) παρέχει μια οικονομικά αλλά και τεχνικά προσιτή λύση για οικιακούς κυρίως χρήστες. Μία κοινή dial-up σύνδεση μπορεί να παρουσιάσει αύξηση ταχύτητας μέχρι και 40 φορές, με τη χρήση της υπάρχουσας υποδομής τηλεοπτικής λήψης (εσωτερική ή εξωτερική κεραία), χωρίς να υπάρχει η ανάγκη εξεζητημένων λύσεων που είναι μεταξύ άλλων και δύσκολοι στην υλοποίηση (π.χ. δορυφορική πρόσβαση βασισμένη στο DVB-S). Η γενική τοπολογία του δικτύου που προτείνεται είναι συμβατή με τις γενικές προδιαγραφές του ETS 300 801.

Ως Αμφίδρομη Μονάδα Διεπαφής χρησιμοποιείται ένα απλό PSTN modem και τα δεδομένα που προορίζονται για τον παροχέα διοχετεύονται μέσω του νοητού κυκλώματος στον Προσαρμογέα Αμφίδρομου δικτύου, που στην περίπτωση αυτή είναι ένας PSTN dial-up server ή μία συστοιχία από modems σε υλοποιήσεις μεγαλύτερης κλίμακας. Η τοπολογία ενός τέτοιου δικτύου παρατείνεται στη συνέχεια παρουσιάζεται στο (σχήμα 2.9). Όσον αφορά τη διευθυνσιοδότηση, για λόγους τάξης αλλά και σαφέστερης δρομολόγησης, το δίκτυο χωρίστηκε σε δύο υποδίκτυα με ιδιωτικές (private) IP διευθύνσεις. Το υποδίκτυο Α (παροχής υπηρεσιών) με διευθύνσεις στον χώρο 10.0.0.x περιλαμβάνει όλη την αλυσίδα DVB-T, τον εξυπηρετητή, την πύλη IP/DVB καθώς και την Μονάδα Διεπαφής Εκπομπής (DVB-T PCI card) στο τερματικό του χρήστη. Το υποδίκτυο Β (καναλιού επιστροφής) με διευθύνσεις στον χώρο 10.0.2.x περιλαμβάνει όλο το αμφίδρομο δίκτυο PSTN, το modem του χρήστη και τον dial-up server. Τα δύο υποδίκτυα γεφυρώνονται με ένα Layer 3 Ethernet switch με δυνατότητες δρομολόγησης.

Η γεφύρωση αυτή, σε συνδυασμό με την κατάλληλη ρύθμιση του πίνακα δρομολόγησης του εξυπηρετητή εξασφαλίζει ότι δεν θα υπάρχει ροή δεδομένων προς τον χρήστη μέσω του καναλιού επιστροφής. Σε περίπτωση που το δίκτυο συνδέεται στο Internet για παροχή διαδικτυακών υπηρεσιών, χρησιμοποιείται ένας διακομιστής μεσολάβησης (proxy server) που αναλαμβάνει και τη μετατροπή των ιδιωτικών IP διευθύνσεων σε δημόσιες (public) με έναν μηχανισμό μετάφρασης διευθύνσεων (Network Address Translation – NAT). Σε περιπτώσεις αμφίδρομης επικοινωνίας μέσω ασύμμετρου δικτύου είναι συχνή η χρήση του πρωτοκόλλου δρομολόγησης μονόδρομης ζεύξης (Unidirectional Link Routing – UDLR). Το UDLR είναι πρωτόκολλο σιράγγωσης (tunnelling) που εξομοιώνει αμφίδρομη επικοινωνία σε έναν ασύμμετρο βρόχο]. Δεν κρίθηκε αναγκαία η χρήση του καθώς δεν υπάρχουν ετερογενή υποδίκτυα ούτε πολύπλοκα θέματα δρομολόγησης. Τα πακέτα από και προς τον χρήστη φέρνουν ως διεύθυνση IP προέλευσης και προορισμού αντίστοιχα τη διεύθυνση της Αμφίδρομης Μονάδας Διεπαφής (του modem στο συγκεκριμένο παράδειγμα). Η διεύθυνση της Μονάδας Διεπαφής Εκπομπής δεν χρησιμοποιείται στη δικτυακή επικοινωνία.

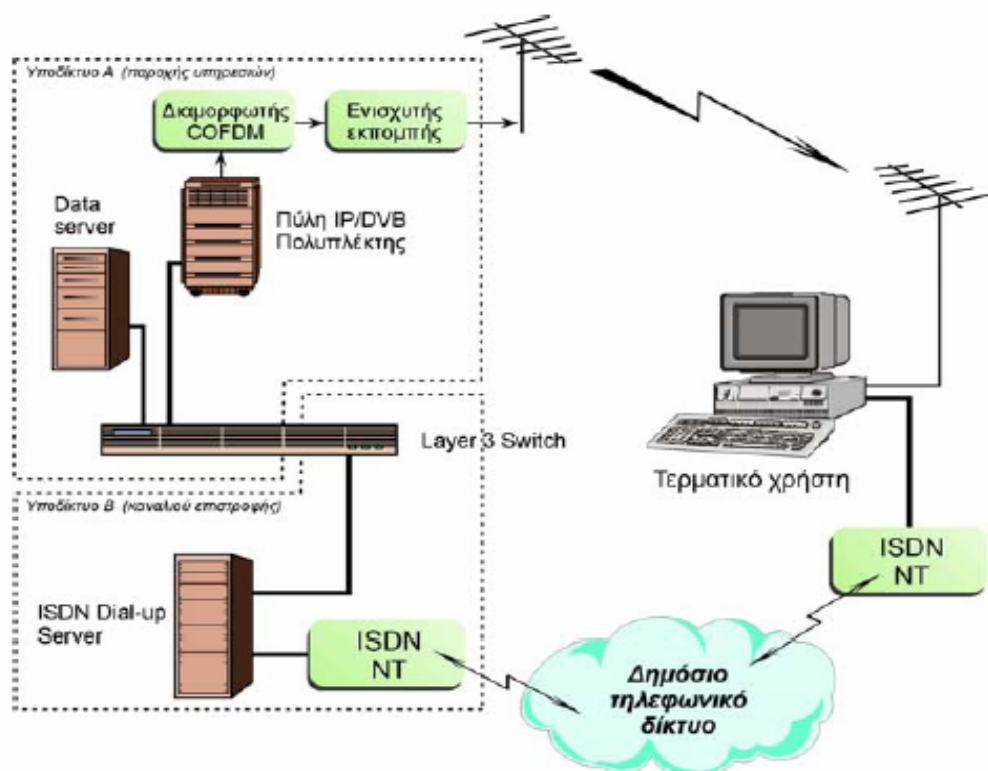


**Σχήμα 2.9:** Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / PSTN

Ο συνδυασμός μιας σχετικά υψηλής καθυστέρησης με την μεγάλη χωρητικότητα του καναλιού DVB-T κατατάσσει αυτήν την υβριδική δικτυακή αρχιτεκτονική στα δίκτυα τύπου “long-fat” (LFNs) που χαρακτηρίζονται από υψηλό bandwidth-delay product. Είναι λοιπόν φυσικό ότι ο ρυθμός διαμεταγωγής (throughput) για μαζική μεταφορά δεδομένων εξαρτάται πολύ από το μέγεθος παραθύρου TCP του δέκτη. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται πιο έντονα στην περίπτωση του δορυφορικού ασύμμετρου δικτύου (DVB-S/PSTN) όπου ακόμη μεγαλύτερες καθυστερήσεις παρατηρούνται λόγω και του αυξημένου χρόνου διάδοσης.

### 2.6.5. Υλοποίηση με ISDN Κανάλι Επιστροφής.

Μετά την αναφορά του PSTN θα ήταν παράλειψη να μην εξεταστεί και η περίπτωση του ISDN ως λύση για απλή ενσύρματη οικιακή χρήση, τη στιγμή μάλιστα που το Ψηφιακό Δίκτυο Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών παρουσιάζει στη χώρα μας όλο και μεγαλύτερη εξάπλωση, με τις παλιές αναλογικές συνδέσεις να αντικαθίστανται με ψηφιακές προσβάσεις Βασικού Ρυθμού (Basic Rate BRA – 2x64kbps). Η τοπολογία του δικτύου είναι παρόμοια με αυτή της παρ2.7.3 (σχήμα 2.10).



**Σχήμα 2.10:** Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / ISDN

Εδώ το αναλογικό modem αντικαθίσταται από την μονάδα τερματισμού δικτύου ISDN (ISDN Network Terminal – NT)

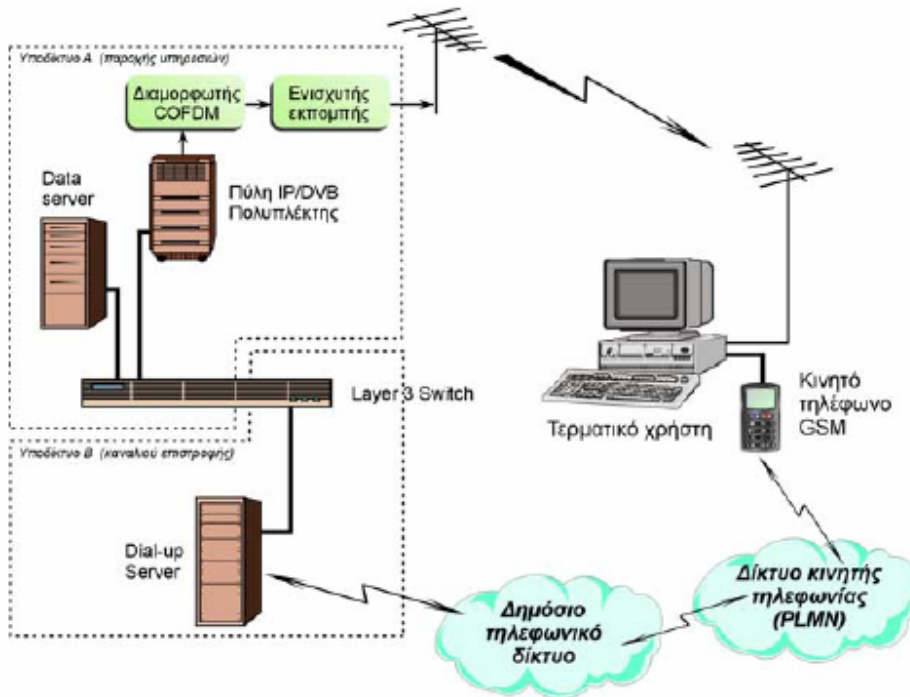
Καθώς δεν τίθεται θέμα απώλειας δεδομένων στην ζεύξη DVB-T, η αύξηση του ποσού της ανεπιβεβαίωτης πληροφορίας στο δίκτυο (outstanding data = TCP congestion window) προκαλεί διαρκή συσσώρευση επιβεβαιώσεων (ACKs) στο ISDN uplink, καθώς ο απαιτούμενος ρυθμός του ACK flow ξεπερνά την χωρητικότητα του καναλιού. Αυτή η συσσώρευση φαίνεται ότι περιοδικά προκαλεί μια υπερχείλιση του buffer του προσαρμογέα ISDN, καταλήγοντας στην απώλεια μιας ολόκληρης σειράς διαδοχικών επιβεβαιώσεων. Ο αποστολέας εσφαλμένα υποθέτει ότι τα δεδομένα χάθηκαν κατά την αποστολή και επανεκπέμπει, μειώνοντας την ίδια στιγμή το παράθυρο συμφόρησης στο μισό. Αυτή η περιοδική ενεργοποίηση του μηχανισμού αποφυγής

συμφόρησης του TCP έχει ως αποτέλεσμα τελικά έναν σημαντικά ελαττωμένο ρυθμό διαμεταγωγής.

### 2.6.6. Υλοποίηση με GSM Κανάλι Επιστροφής.

Η υιοθέτηση της κινητής κυβελωτής τεχνολογίας για την υλοποίηση του Καναλιού Επιστροφής στην υβριδική τοπολογία DVB-T προσφέρει μία προσιτή, βιώσιμη και πολύ αποδοτική λύση για παροχή υπηρεσιών δεδομένων υψηλών ταχυτήτων σε μεταφερόμενους και κινητούς τελικούς χρήστες. Το απλούστερο σενάριο περιλαμβάνει μια σύνδεση δεδομένων GSM (GSM data connection) όπου το κινητό τερματικό δρα ως Αμφίδρομη Μονάδα Διεπαφής στον υπολογιστή του χρήστη. Μία σύνδεση νοητού κυκλώματος των 9.6 kbps εγκαθίσταται μεταξύ του κινητού τερματικού και του INA, (που και σε αυτήν την περίπτωση αυτή είναι ένας dial-up server) μέσω των δημόσιων δικτύων PLMN (Public Land Mobile Network) και PSTN. (σχήμα 2.11).

Η τοπολογία αυτή επιτρέπει πλήρη ελευθερία κινήσεων στον χρήστη, ο οποίος μπορεί να έχει σταθερή πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων μετακινούμενος οπουδήποτε εντός της περιοχής κάλυψης DVB-T, υπό την προϋπόθεση βέβαια ότι καλύπτεται και από το δίκτυο GSM. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του δικτύου είναι συμβατή με τις γενικές προδιαγραφές του ETS 301 195 [DVB-GSM99] για υβριδικές τοπολογίες DVB/GSM.



**Σχήμα 2.11:** Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / GSM Data

Μία τέτοια ασύμμετρη τοπολογία μπορεί να αποφέρει ωφέλιμο ρυθμό διαμεταγωγής της τάξης των 700kbps για μία απλή σύνδεση GSM, μία αύξηση δύο τάξεων μεγέθους.

Και σε αυτήν την περίπτωση, η αυξημένη καθυστέρηση μπορεί να καταπολεμηθεί με αντίστοιχη προσαρμογή του μεγέθους παραθύρου. Η απόδοση του δικτύου φτάνει σε κορεσμό για μεγέθη μεγαλύτερα των 128K, καθώς ο ρυθμός διαμεταγωγής περιορίζεται από το κανάλι επιστροφής που δεν μπορεί να εξυπηρετήσει μεγάλη κίνηση επιβεβαιώσεων.

Είναι εν τούτοις εντυπωσιακό ότι χωρίς καμιά ουσιαστικά παρέμβαση στις στοίβες πρωτοκόλλων και χωρίς τη χρήση διαμεσολαβητή αύξησης επιδόσεων (Performance Enhancement Proxy), η ωφέλιμη χωρητικότητα για έναν κινητό χρήστη GSM μπορεί να ξεπεράσει τα 700kbps, αφήνοντας κατά πολύ πίσω και αυτά τα δίκτυα τρίτης γενιάς.

### **2.6.7. Υλοποίηση με GPRS Κανάλι Επιστροφής.**

Σε σχέση με την υλοποίηση μέσω GSM, η περίπτωση του καναλιού επιστροφής GPRS φαίνεται πιο ελκυστική καθώς μπορεί να υποστηρίξει μια διαρκή σύνδεση (“always-on”) με το φυσικό κανάλι να απασχολείται μόνο κατά την αποστολή δεδομένων. Ως συνέπεια, η χρέωση που βασίζεται στον όγκο των ανταλλασσόμενων δεδομένων και όχι στη διάρκεια σύνδεσης είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τη σύνδεση GSM. Σημαντική οικονομία όμως υπάρχει και σε σχέση με μία τυπική σύνδεση Internet μέσω GPRS, καθώς στην περίπτωση του ασύμμετρου δικτύου, η κατερχόμενη ζεύξη παραμένει ανενεργή και τα μόνα δεδομένα που ανταλλάσσονται είναι επιβεβαιώσεις και αιτήσεις, που δεν απαιτούν ιδιαίτερο εύρος ζώνης.

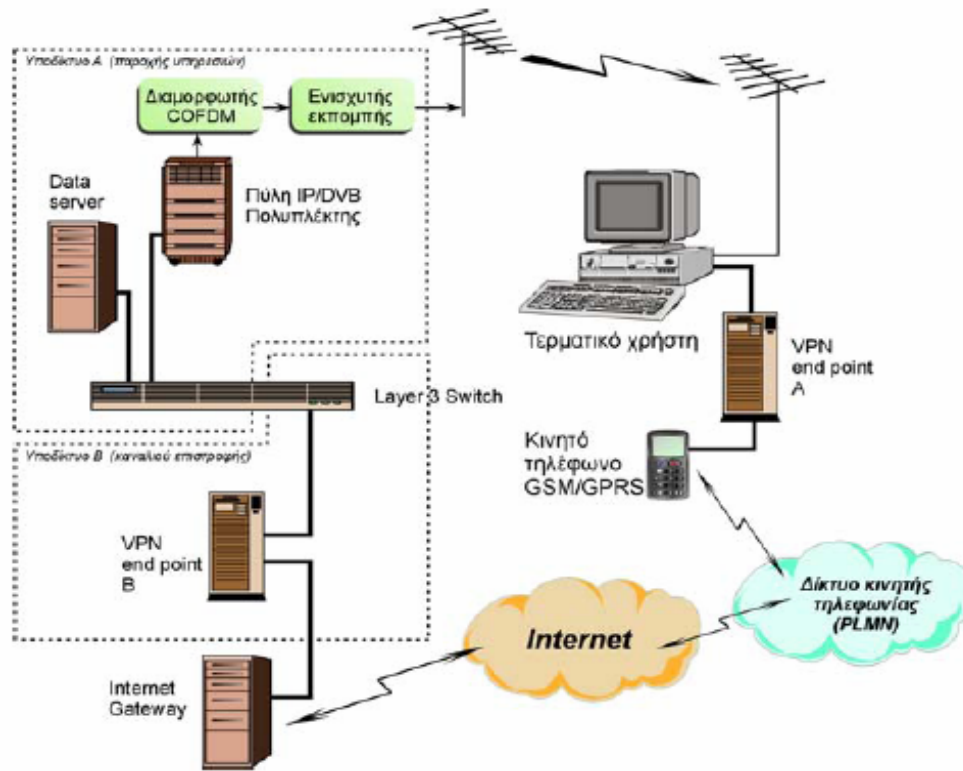
Για τον λόγο αυτό, η υβριδική πρόσβαση GPRS/DVB-T θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση καθώς προσφέρει για τους κινητούς χρήστες μια πολύ αποδοτική και προσιτή λύση, δίνοντάς ρυθμούς πρόσβασης αρκετά υψηλούς, όπως θα φανεί στις μετρήσεις αργότερα. Ήδη βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης σε ερευνητικό επίπεδο φορητά τερματικά χειρός με διπλή ραδιοεπαφή DVB-T και GSM/GPRS. Ασύμμετρη επικοινωνία TCP over DVB/GPRS έχει προσομοιωθεί και από τους Rauch και Kelleler με αντικατάσταση του GPRS με κανάλι GSM Data [Rauch01].

Στην περίπτωση της υλοποίησης μέσω GPRS, τα πακέτα αίτησης/επιβεβαίωσης στέλνονται μέσω του τερματικού GSM (που δρα ως Αμφίδρομη Μονάδα Διεπαφής) στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και μέσω του κέντρου GGSN στο Internet για να καταλήξουν τελικά στον Προσαρμογέα Αμφίδρομου Δικτύου του παροχέα, που στην περίπτωση αυτή είναι ένας απλός διαμεσολαβητής (Internet gateway). Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, τα δεδομένα που κατευθύνονται προς τον χρήστη δρομολογούνται μέσω του καναλιού DVB-T.

Η ανταλλαγή δεδομένων στο uplink, αντίθετα με την περίπτωση του GSM Data, δεν γίνεται πάνω από σύνδεση μεταγωγής κυκλώματος με αποτέλεσμα να περιορίζεται η σπατάλη των πόρων του δικτύου όταν το κανάλι επιστροφής είναι ανενεργό.

Παρ' όλα αυτά, η συγκεκριμένη υλοποίηση παρουσιάζει κάποια τεχνικά προβλήματα στην πρακτική της εφαρμογή. Η ροή των επιβεβαιώσεων (ACKs) που παράγεται από το τερματικό του χρήστη πρέπει να διασχίσει το IP δίκτυο του παροχέα GSM/GPRS το οποίο περιέχει πύλες (gateways) και τείχη προστασίας (firewalls) τα οποία υπό κανονικές συνθήκες είναι ρυθμισμένα να επιτρέπουν τη διέλευση μιας πλήρους συμβατικής (δηλ. αμφίδρομης) σύνδεσης TCP, και όχι μόνο της κίνησης των επιβεβαιώσεων. Το αποτέλεσμα είναι ότι ενώ μια επικοινωνία τύπου ICMP request/reply μπορεί να είναι πιθανή (υπό την προϋπόθεση ότι οι firewalls που μεσολαβούν

επιτρέπουν τη διέλευση πακέτων ICMP), μια ασύμμετρη σύνδεση TCP έχει μεγάλες πιθανότητες να μην επιτραπεί τελικά. Πρέπει συνεπώς να υιοθετηθεί μία τεχνική και το πρόβλημα να παρακαμφθεί προκειμένου η συγκεκριμένη υλοποίηση να είναι λειτουργική.



**Σχήμα 2.12:** Υλοποίηση αμφίδρομου δικτύου DVB-T / GPRS

Και σε αυτήν την περίπτωση, η τεχνική της προσαρμογής του παραθύρου TCP μπορεί να ακολουθηθεί για να αντισταθμίσει την μεγάλη καθυστέρηση

## 2.7. Σύγκλιση της ψηφιακής τηλεόρασης με τα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G)).

### 2.7.1. Εισαγωγή.

Όπως αναπτύχθηκαν στο παρελθόν από τις εταιρίες, οι τεχνολογίες Broadcasting (μετάδοσης) και τηλεπικοινωνιών, ακολουθούσαν ξεχωριστές κατευθύνσεις, αφού αυτές οι δύο τεχνολογίες, ήταν βασικά διαφορετικές. Το Broadcasting λειτουργεί με μεταδόσεις «point to multipoint» και χρησιμοποιεί ένα ασύμμετρο κανάλι επικοινωνίας, για διανομή video, audio αλλά και multimedia.

Αντιθέτως, οι τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούν «point to point» συνδέσεις, χρησιμοποιώντας ένα duplex κανάλι επικοινωνίας για τις εφαρμογές τους, που είναι φυσικά η τηλεφωνία, η ανταλλαγή δεδομένων ή ακόμα και η on-demand access (πρόσβαση με απαίτηση) σε περιεχόμενο πολυμέσων. Η πρόοδος και οι απαιτήσεις της ζωής, οδήγησαν στην ανάπτυξη διάφορων τεχνολογιών (digital radio technologies), όπως το DVB, DAB, GSM, UMTS κτλ, για τις επικοινωνίες broadcast ή mobile (κινητής τηλεφωνίας).

Με την εισαγωγή αυτών των τεχνολογιών, το Broadcasting και οι τηλεπικοινωνίες άρχισαν να συγκλίνουν μεταξύ τους, σημαντικά.

Οι αναλυτές, εκτιμούν ότι στο εγγύς μέλλον, η συνεργασία των δύο διαφορετικών τεχνολογιών είναι αναπόφευκτη, αφού οι υπηρεσίες που υπόσχονται να προσφέρουν στους χρήστες, είναι πολύ σημαντικές. Οι έρευνες και οι πρότυπες εφαρμογές, έχουν ήδη αρχίσει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι 5 από τους κορυφαίους κατασκευαστές κινητών, οι οποίοι ένωσαν τις δυνάμεις τους για τη μετάδοση τηλεοπτικών προγραμμάτων σε ασύρματες συσκευές. Οι εταιρίες αυτές, είναι οι NEC, Nokia, Siemens, Sony Ericsson και Motorola, που συνεργάζονται υπό την ομάδα Open Mobile Alliance (OMA).

Υπάρχουν πολλοί λόγοι που καθιστούν τη σύγκλιση και συνεργασία των δύο δικτύων αναγκαία. Τα πλεονεκτήματα και για τους broadcasters, αλλά και για τους mobile operators, είναι αρκετά. Αναφορικά, τα πλεονεκτήματα είναι :

- Καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών.
- Μείωση του κόστους της παραγωγής και διανομής των υπηρεσιών.
- Νέες ελκυστικές υπηρεσίες και εφαρμογές (οικονομικό κέρδος).
- Εξασφάλιση πρόσβασης σε οποιονδήποτε, οπουδήποτε.

Τα δίκτυα 3G και το δίκτυο DVB-T, δεν ανταγωνίζονται το ένα το άλλο, αλλά συνδυάζονται μεταξύ τους. Η συνεργασία αυτή, των δύο δικτύων DVB-T και UMTS, προσφέρει μια νέα μεγάλη γκάμα υπηρεσιών για τον κινητό χρήστη. Οι υπηρεσίες broadcast τηλεόρασης και ραδιοφώνου, ήταν πάντα μονοκατευθυντικές, στο πέρασμα των χρόνων. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις όμως του καταναλωτικού κοινού, για υπηρεσίες πολυμέσων, προσπάθησαν να αναπτύξουν διαδραστικές (interactive) υπηρεσίες. Τα διάφορα μέσα που χρησιμοποίησαν για να προσεγγίσουν το καταναλωτικό κοινό, είναι γνωστά: δορυφόροι, καλωδιακή τηλεόραση, Internet, xDSL κτλ. Η επιλογή όμως του μέσου αυτού, είναι και το κλειδί για τις broadcast επιχειρήσεις. Οι καταναλωτές των broadcast, απαιτούν μια μεγάλη γκάμα υπηρεσιών και οι broadcasters πρέπει να διαλέξουν μεθόδους διανομής, που ταιριάζουν στις περιστάσεις, που κυμαίνονται από το να στείλεις το ίδιο πρόγραμμα σε εκατομμύρια, μέχρι να διανέμεις προσωπικά περιεχόμενο πολυμέσων, σε ένα χρήστη.



Το 3G (κυψελωτό δίκτυο 3ης γενιάς), όπως θα δούμε παρακάτω, όχι μόνο είναι και το πιο γρήγορο και αξιόπιστο μέσο διανομής πολυμέσων, αλλά βελτιώνει και υποστηρίζει νέες υπηρεσίες, που μπορεί να προσφέρει ο broadcaster.

Το 3G παρέχει όλα τα μέσα για διανομή μιας μεγάλης γκάμας κινητών διαδραστικών επικοινωνιών (στα κινητά μας τηλέφωνα). Αλλά οι operators, πρέπει να εξασφαλίσουν ότι αυτές οι υπηρεσίες διανέμονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι προσιτές από οικονομικής πλευράς. Η εμπειρία του Internet έχει προετοιμάσει τους χρήστες να περιμένουν αρκετό δωρεάν περιεχόμενο (υπηρεσίες), οπότε, για την πληρωμή γι' αυτό το περιεχόμενο, θα χρειαστούν καινοτομικές υπηρεσίες.

Σε σχέση με τα συστήματα της 2,5G (GPRS), η ικανότητα των δικτύων 3G φαίνεται, φυσικά, πάρα πολύ σημαντική, αλλά με την άμεση ατομική διανομή multimedia, μέσω αυτών των δικτύων, τα δίκτυα 3G σύντομα θα υπερφορτωθούν. Ένας sector ενός σταθμού βάσης (BS) 3G, έχει την ικανότητα και χωρητικότητα να παραδώσει streamed video στα 100Kbit/s, ταυτόχρονα, γύρω σε 10 χρήστες. Η ίδια ικανότητα και χωρητικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει δέκα φορές τόσους χρήστες υπηρεσιών φωνής και είναι αμφίβολο εάν οι διαχειριστές μπορούν να πάρουν 10 φορές τόσα έσοδα, από κάθε Video stream. Εάν έχουμε ότι τα 100kbit/s του video clip έχουν 100 δευτερόλεπτα διάρκεια και πρέπει να διανεμηθούν σε ένα διάστημα των 1.000 δευτερολέπτων, σε ένα εκατομμύριο χρήστες, μέσω 10.000 σταθμών βάσης (BS), τότε κάθε σταθμός πρέπει να παραδώσει 1Mbit/s για 15 λεπτά, χρησιμοποιώντας ουσιαστικά ολόκληρη τη χωρητικότητα του δικτύου (operator's network)! Το ίδιο Video clip μπορεί να διανεμηθεί την ίδια στιγμή, μέσω ενός broadcast network, χρησιμοποιώντας το 0.1% από τη χωρητικότητά του, έτσι ώστε να προσφέρει μια πιο μακρά οικονομική λύση. Βλέπουμε λοιπόν, ότι τα δύο δίκτυα αλληλοσυμπληρώνονται.

### **2.7.2 Η συνεργασία του DVB και UMTS συστημάτων.**

Η τεράστια εξέλιξη που γνώρισε το διαδίκτυο τα τελευταία χρόνια έχει προσανατολίσει τα σύγχρονα ασύρματα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα στην παροχή ιντερνετικών υπηρεσιών σε κινούμενους χρήστες. Τέτοιες υπηρεσίες είναι η πρόσβαση στο διαδίκτυο, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, το ηλεκτρονικό εμπόριο, web-banking και e-banking, , teletext, video telephony, VideoOnDemand, όπως και υπηρεσίες audio και video streaming. Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες χαρακτηρίζονται ως ασύμμετρες, διότι ο όγκος της πληροφορίας που παρέχεται από το σύστημα προς το χρήστη υπερβαίνει κατά πολύ τον όγκο της πληροφορίας που απευθύνεται από το χρήστη στο δίκτυο. Ορισμένες αυτών είναι διαδραστικές και άλλες μονόδρομες, ακόμα και στην περίπτωση των πρώτων όμως, ο όγκος της πληροφορίας που κατευθύνεται από το χρήστη στο σύστημα είναι περιορισμένος.

Τα σημερινά κυψελωτά συστήματα-GSM, UMTS-δεν έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα την παροχή ασύμμετρων υπηρεσιών, εφόσον το downlink και το uplink τους έχουν ίδια χωρητικότητα. Το UMTS λοιπόν καλείται να αντιμετωπίσει το πρόβλημα του μικρού εύρους που διαθέτει, και το οποίο είναι και περιορισμένο και ακριβό για να διατίθεται στην εξυπηρέτηση απαιτητικών υπηρεσιών όπως είναι η μετάδοση VoD για παράδειγμα-τα 2Mbps που θα προσφέρει το UMTS ανά κελί δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών μετάδοση video.

Την ανάγκη αυτή καλείται να καλύψει δίκτυο DVB-T που θα λειτουργεί συμπληρωματικά με/βοηθητικά προς το UMTS. Το DVB-T δίκτυο θα αναλαμβάνει δηλαδή να εξυπηρετεί όσους



χρήστες αδυνατεί να εξυπηρετήσει το UMTS ή κρίνει ως ασύμφορη τη δέσμευση πόρων για την εξυπηρέτησή τους.

Για την εμπορική βιωσιμότητα του εγχειρήματος της σύγκλισης των δύο δικτύων είναι αναγκαία η επίλυση ορισμένων θεμελιωδών ζητημάτων, αναφέρονται παρακάτω όπως ορίστηκαν στα πλαίσια του project CISMUNDUS. Τα τέσσερα κυριότερα από αυτά είναι:

#### Σε επίπεδο υπηρεσιών:

- Οι απαραίτητες μετατροπές των υπηρεσιών, ώστε να εξυπηρετούνται WAN δίκτυα.
- Ασφάλεια και πιστοποίηση

#### Σε επίπεδο τερματικής συσκευής

- Υπαρξη μιας δυνατής κοινής συσκευής για τα δίκτυα UMTS-GPRS/DVB-T
- Σύγκλιση των APIs των σημερινών-πειραματικών-συσκευών

#### Σε επίπεδο δικτύων WAN

- Αρχιτεκτονική της σύγκλισης UMTS-GPRS/DVB-T
- RRM τεχνικές

Υπάρχουν διάφορα σενάρια για τη συνεργασία των δικτύων DVB και UMTS, ανάλογα το μοίρασμα του περιεχομένου (data), το μοίρασμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και όπως είναι φυσικό, ανάλογα και το συνδυασμό των δύο δικτύων, για την παράδοση μιας υπηρεσίας. Αξίζει να σημειωθεί εδώ, ότι το μοίρασμα του φάσματος είναι πολύ σημαντικό, για να μπορούν να συνεργαστούν τα δύο συστήματα και να μην υπάρχει ανταγωνισμός (έμμεσα να μην υποβαθμίζονται και οι υπηρεσίες που προσφέρει το ένα ή το άλλο σύστημα). Ο στόχος λοιπόν της σύγκλισης των δύο δικτύων, είναι: Να είναι σε θέση ο χρήστης, οπουδήποτε, οποτεδήποτε, να επιλέξει τον κατάλληλο συνδυασμό των δύο δικτύων, για να παρέχει την επιθυμητή υπηρεσία, με το καλύτερο κόστος

Η συνεργασία του DVB και του UMTS μπορεί να ταξινομηθεί σε 5 σενάρια:

- Ενοποίηση σε επίπεδο τερματικού και όχι συνδυασμός σε επίπεδο δικτύου.
- IP υπηρεσίες, πάνω σε συνδυασμό των δικτύων DVB και UMTS.
- Το UMTS σαν κανάλι επιστροφής, για interactive broadcast υπηρεσίες.
- Υπηρεσίες DVB πάνω σε ένα δίκτυο UMTS.
- DVB-T σαν τεχνολογία στα UMTS δίκτυα.

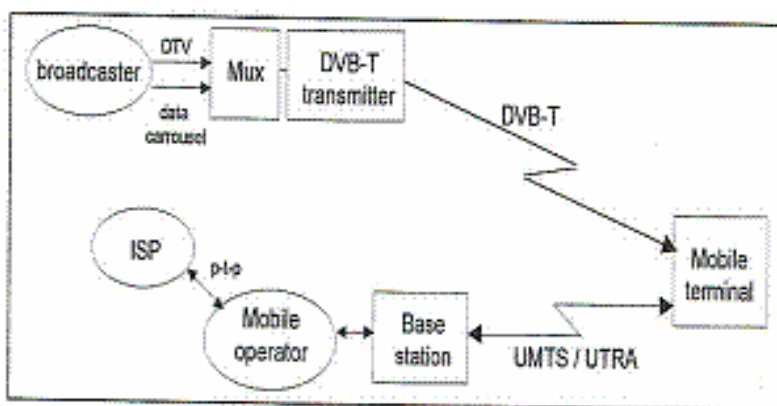
Αυτά τα σενάρια, εξετάζονται ξεχωριστά παρακάτω :

#### Ενσωμάτωση σε επίπεδο τερματικού

Το δίκτυο που υλοποιείται, φαίνεται στο (σχήμα 2.13). Σ' αυτό το σενάριο, δεν υπάρχει απαίτηση για το συνδυασμό των δύο δικτύων, για να παραδώσουν και να αναπτύξουν υπηρεσίες

και εφαρμογές. Ο χρήστης (ο δέκτης) έχει την επιλογή να διαλέξει την υπηρεσία είτε του δικτύου DVB είτε του δικτύου UMTS, για να παραλάβει τις απαιτούμενες πληροφορίες (data). Το αρνητικό όμως, είναι ότι ο χρήστης δεν θα έχει την ευκολία να βλέπει ποιος από τους δύο τρόπους μετάδοσης είναι ο πιο οικονομικός και αποδοτικός.

Αυτό το σενάριο όμως, μπορεί να γίνει αρκετά ελκυστικό, υποστηρίζοντας αρκετές υπηρεσίες για τους κινούμενους χρήστες π.χ. εφημερίδες, γραφικά, εικόνες, επιπρόσθετα, μαζί με τη μετάδοση της TV (π.χ. ο broadcaster θα μπορούσε να παρέχει εκσυγχρονισμένο Teletext, ενώ το interface του χρήστη θα μπορούσε, παραδείγματος χάρη, να είναι ένας Internet-browser). Τέτοιες υπηρεσίες κάνουν το DVB-T πιο ελκυστικό, γιατί ο χρήστης παίρνει και τηλεόραση, αλλά έχει και πρόσβαση σε μια «ηλεκτρονική κινητή εφημερίδα». Εκτός αυτού, ο χρήστης έχει και πρόσβαση στο Internet, μέσω του UMTS και έτσι δεν περιορίζεται στην ποσότητα πληροφορήσής του. Αυτή η υπηρεσία εφαρμόζει καλύτερα σε οθόνες, που έχουν διαστάσεις όμοιες με τις οθόνες τηλεόρασης. Για πιο μικρές οθόνες, άλλες λύσεις εφαρμόζονται, όπως θα δούμε πιο κάτω.



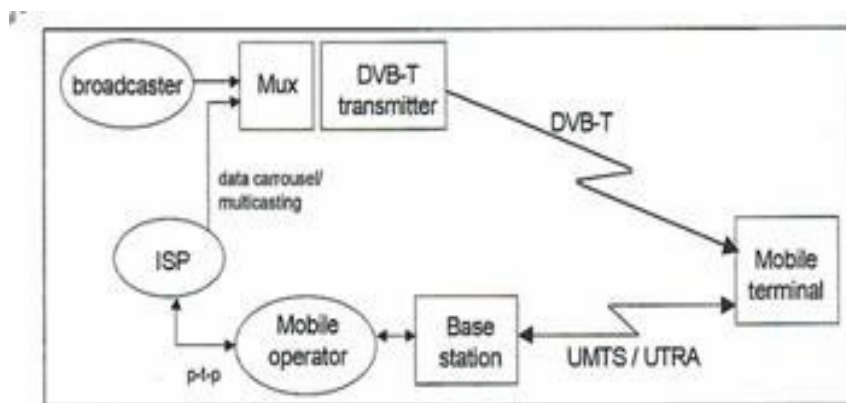
**Σχήμα 2.13:** Ενσωμάτωση σε επίπεδο τερματικού (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group, “The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).

### IP υπηρεσίες πάνω σε συνδυασμό των δικτύων DVB και UMTS

Το δίκτυο που υλοποιείται, φαίνεται στο (σχήμα 2.14). Τεχνικά είναι σχεδόν παρόμοιο με το σενάριο 1, αλλά εδώ υπάρχει μια σημαντική διαφορά. Ο παροχέας της υπηρεσίας (δηλαδή ο Internet service provider-ISP), παρέχει μια non-broadcaster υπηρεσία, σχετιζόμενη με IP και στα δύο δίκτυα. Ο συνδυασμός των δύο δικτύων υλοποιείται, για να παρέχει νέα χαρακτηριστικά και υπηρεσίες. Ο παροχέας της υπηρεσίας χρησιμοποιεί τον πολυπλέκτη του DVB (π.χ. μισθωμένο από κάποιον broadcaster), για να παρέχει μια είσοδο για online υπηρεσία. Ένα κανάλι ελέγχου χρειάζεται για να πληροφορεί για τη χρησιμοποίηση και την κατανομή αυτών των δικτύων (π.χ. roaming-περιαγωγή για DVB-T και UMTS). Ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει επαφή (“να πιάσει”) ένα από τα online DVB-T κανάλια, επιλεγόμενο μέσω UMTS ή αντίθετα. Αυτό το κανάλι ελέγχου, μπορεί να πληροφορήσει το χρήστη ότι η μία συνδυαζόμενη υπηρεσία είναι διαθέσιμη και να ρυθμίσει το δέκτη να χρησιμοποιήσει αυτήν την υπηρεσία. Δεν πρέπει να επιβάλλεται στο

χρήστη να ρυθμίζει από μόνος του το δέκτη. Ένας τέτοιος συνδυασμός σε επίπεδο δικτύου, υποστηρίζει τη χρήση αυτής της υπηρεσίας.

Για να καταλάβουμε τη λειτουργικότητα αυτού του συνδυασμού, στην περίπτωση που ένας Online service provider διανέμει το περιεχόμενο, το περιεχόμενο αυτό μπορεί να είναι από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες σελίδες, από τις online υπηρεσίες, που παρέχονται στο χρήστη. Το περιεχόμενο αυτό, παρουσιάζεται στο χρήστη μέσω περιεχομένου δεδομένων DVB-T (dvb-t data carousel). Οι άλλες σελίδες που έχουν πρόσβαση μέσω UMTS, θα φαίνονται «παρόμοιες» στο χρήστη. Ο service provider μπορεί να χρησιμοποιήσει τη μέθοδο unicasting/multicasting του DVB, για να στείλει δεδομένα σε μεμονωμένους χρήστες. Αν ο παροχέας των υπηρεσιών επιλέξει μόνο τη μέθοδο multicast και όχι το data carousel, κάθε χρήστης θα έχει μια περιορισμένη χωρητικότητα, επειδή το μέγεθος του κελιού είναι μεγάλο (>10 km ακτίνα) και έτσι ο αριθμός των χρηστών θα μοιραστεί τη χωρητικότητα. Αν όμως ο service provider χρησιμοποιήσει το data carousel σε DVB-T και τη μέθοδο ανάκτησης του UMTS, η πληροφορία μοιράζεται και στα δύο δίκτυα. Σαν αποτέλεσμα, έχουμε μειωμένο φορτίο σε DVB-T και UMTS.



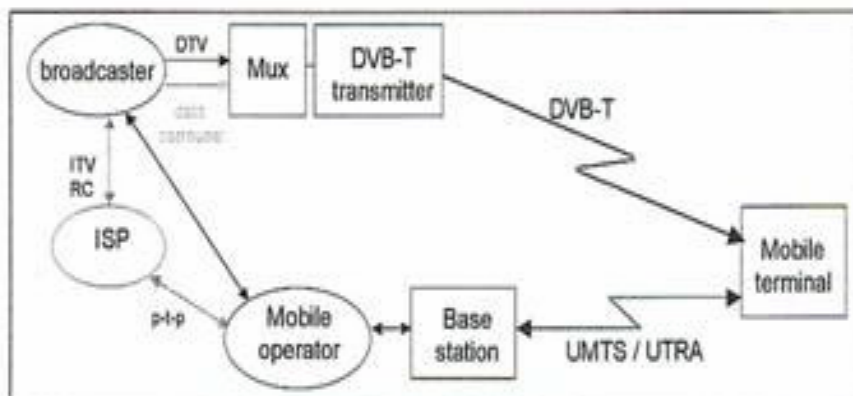
**Σχήμα 2.14:** IP υπηρεσίες, πάνω σε συνδυασμό των δικτύων DVB και UMTS (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group, “The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).

### Το UMTS σαν κανάλι επιστροφής για interactive broadcast υπηρεσίες

Το δίκτυο που υλοποιείται, φαίνεται στο (σχήμα2.15). Αυτό το σενάριο ορίζει το UMTS σαν κανάλι επιστροφής (κανάλι διαδραστικότητας-interaction channel). Αυτό, παρέχει τις ίδιες interactive υπηρεσίες, όπως ένα GSM ή RCT κανάλι επιστροφής. Μια εναλλακτική λειτουργία αυτού του σεναρίου, που δεν έχουμε συναντήσει στα δύο προηγούμενα σενάρια, είναι η επικοινωνία με τον broadcaster, μέσω του Web, χρησιμοποιώντας την πρόσβαση μέσω του ISP (δες στο σχήμα τις μη έντονες γραμμές). Αυτό μπορεί να είναι πολύ αποδοτικό, αφού η «always-on» δυνατότητα του UMTS, ταιριάζει καλύτερα σε ένα κανάλι επιστροφής στην ψηφιακή εκπομπή. Το τερματικό λαμβάνει εκτός από την ψηφιακή τηλεόραση και ένα η περισσότερα URL, π.χ. μέσω SI (service information), που σχετίζονται με ειδικό interactive πρόγραμμα και επιτρέπει στο τερματικό να συνδεθεί στο server του broadcaster.

Το κανάλι επιστροφής χρησιμοποιείται για interactive TV εφαρμογές. Το UMTS, σαν κανάλι επιστροφής, έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων τεχνολογιών, που χρησιμοποιούνται για κανάλι επιστροφής.

- Έχει σχετικά υψηλό bandwidth (εύρος φάσματος). Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να στείλει πίσω το multimedia περιεχόμενο, αν επιθυμεί (εάν δηλαδή δεν το θέλει).
- Είναι υπηρεσία συνεχώς διαθέσιμη («always-on»), αυτό επιτρέπει την αποφυγή για απαίτηση εγκατάστασης (call set-up) και επιτρέπει τη στιγμιαία αλληλεπίδραση.
- Είναι κινητή τεχνολογία. Η κινητή φύση της υπηρεσίας, επιτρέπει στο χρήστη να αλληλεπιδράσει με τις DVB υπηρεσίες, όπου αυτές λαμβάνονται.



**Σχήμα 2.15:** Το UMTS, σαν κανάλι επιστροφής για interactive broadcast υπηρεσίες (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group, “The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).

### Διανομή Υπηρεσιών του DVB-T μέσω ενός δικτύου UMTS

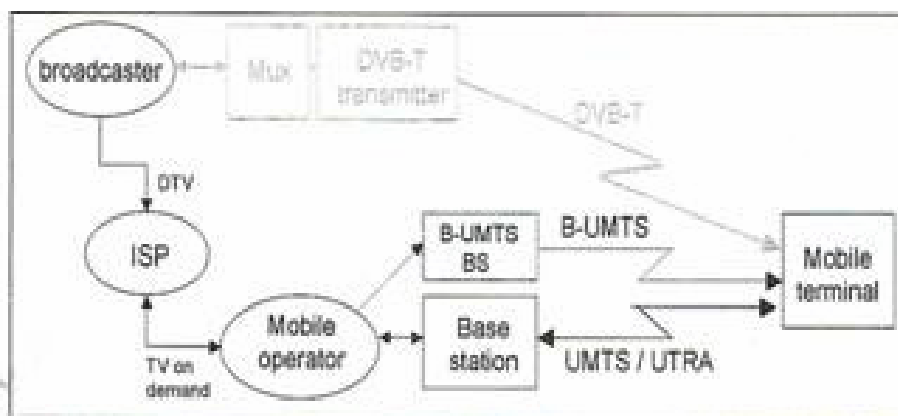
Το δίκτυο που υλοποιείται, φαίνεται στο (σχήμα 2.16). Αυτό το σενάριο υποστηρίζει τη διανομή προγραμμάτων DVB-T, μέσω του δικτύου UMTS. Στην πραγματικότητα όμως, φαίνεται να μην είναι εφικτό το δίκτυο UMTS να παρέχει TV υπηρεσίες σε κανονικό mode, λόγω του ανεπαρκούς bitrate και της ανεπαρκούς χωρητικότητας που προσφέρει. Έτσι, μια υπηρεσία TV μέσω UMTS πρέπει να οριστεί. Για να λειτουργήσει αυτό το σενάριο, πρέπει να υποθέσουμε ότι ο παροχέας των υπηρεσιών (ο ISP ή ο ίδιος ο broadcaster) προσφέρει το περιεχόμενο σε έναν κινητό χρήστη, σε μια κατάλληλη φόρμα και ότι ο τρόπος που γίνεται η πρόσβαση στο πρόγραμμα της TV, είναι με ανάκτηση από έναν ανεξάρτητο χρήστη (δηλαδή TV on demand). Μια εναλλακτική μελλοντική ιδέα σε αυτό το σενάριο, είναι η συνύπαρξη και η χρησιμοποίηση δύο δικτύων UMTS, που το κάθε ένα λειτουργεί σε χωριστή ζώνη συχνότητας. Αυτό όμως, για να εφαρμοστεί και να σχεδιαστεί, απαιτεί την ανάπτυξη μιας νέας παραλλαγής του εύρους ζώνης του UMTS standard, έχοντας τον υψηλότερο δυνατό βαθμό συμβατότητας και περιορισμένης χωρητικότητας των δεδομένων (data). Έχουν γίνει αρκετές προτάσεις και μελέτες γι' αυτό το σύστημα, το οποίο είναι γνωστό σαν B-UMTS.

Αυτή είναι λοιπόν η ιδέα του σεναρίου της διανομής υπηρεσιών DVB-T, μέσω ενός δικτύου UMTS. Όμως, ας εξετάσουμε κάποιες πτυχές του:

- Το περιεχόμενο της ψηφιακής TV θα πρέπει να κωδικοποιηθεί σε χαμηλότερο bitrate και χαμηλότερη ανάλυση, καθώς αναμένεται ότι μόνο τα τερματικά UMTS θα χρησιμοποιούν αυτήν την υπηρεσία.

- Ένα πλεονέκτημα είναι, ότι ένας κινητός χρήστης μπορεί να λαμβάνει προγράμματα, που δεν είναι «in the air» στην παρούσα θέση του. Όμως, ο χρήστης θα πρέπει να είναι σε θέση να δεχθεί τη χαμηλή ποιότητα (μερικά kbits/s-περίπου 100kbits/s, ίσως και λιγότερο), αλλά και το αξιοσημείωτο κόστος για μερικά (περίπου 10) Mbytes, για ένα video-clip μερικών λεπτών. Εάν βέβαια είναι και σε θέση να επιλέξει τα video-clip που τον ενδιαφέρουν.

Γενικά, αυτό το σενάριο όπως παρατηρούμε, μπορεί να ενδιαφέρει και αναφέρεται ειδικά στους χρήστες, που έχουν μόνο ένα UMTS τερματικό.



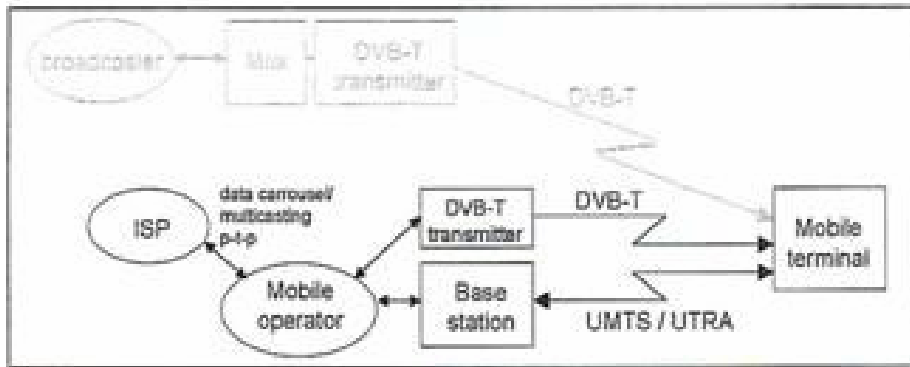
**Σχήμα 2.16:** Διανομή Υπηρεσιών του DVB-T, μέσω ενός δικτύου UMTS (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group, “The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).

Ένα δίκτυο UMTS με ενσωματωμένο DVB-T downlink (DVB-T σαν τεχνολογία στα UMTS δίκτυα).

Το δίκτυο που υλοποιείται, φαίνεται στο (σχήμα 2.17). Η σημαντική διαφορά είναι ότι εδώ επιτρέπεται στο ISP ή στο διαχειριστή του κινητού δικτύου, να αναπτύξει ένα δίκτυο UMTS, με το DVB-T για downlink. Το DVB-T downlink σαν μέρος του δικτύου UMTS, χρησιμοποιείται σαν «προέκταση» (βοηθητικός δίαυλος για να ανακουφίσει τα κελιά) του UMTS air interface (UTRA), για να αυξήσει τη χωρητικότητα του downlink. Ο πομπός του DVB-T σ' αυτήν την περίπτωση, τοποθετείται στον UMTS σταθμό (base station). Σ' αυτό το σενάριο λοιπόν, το DVB-T χρησιμοποιείται μόνο σαν τεχνολογία εκπομπής, σε ένα κινητό δίκτυο. Το μέγεθος του κελιού του DVB-T, μπορεί να είναι το ίδιο ή μεγαλύτερο από το κελί του UMTS. Αυτό εξαρτάται από το mode της υπηρεσίας που παραδίδεται.

Το σενάριο 5, μπορεί να υλοποιηθεί όπως φαίνεται, επιτρέποντας την καλύτερη εκμετάλλευση του φορτίου του δικτύου, χρησιμοποιώντας για την εκπομπή μονοκατευθυντικών υπηρεσιών, το DxB δίκτυο και για αμφίδρομες υπηρεσίες, το κυψελωτό δίκτυο. Σ' αυτήν την περίπτωση, υψηλής

ποιότητας video μπορεί να παραδοθεί στο χρήστη. Παρόλα αυτά, το σενάριο βασίζεται στη συνύπαρξη των τεχνολογιών DxB και UMTS στο τερματικό του χρήστη, με αποτέλεσμα την αύξηση της πολυπλοκότητας και του κόστους του τερματικού.



**Σχήμα 2.17:** Ένα δίκτυο UMTS, με ενσωματωμένο DVB-T downlink (Πηγή: Report No1 from the DVB-UMTS Ad Hoc Group, “The convergence of Broadcast&Telecomms Platforms”, March 2001).

### 2.7.3 Εφαρμογές από τη συνεργασία των δικτύων UMTS&DVB.

Οι τυπικές κινητές ασύρματες υπηρεσίες και εφαρμογές, που μπορούν να προσφερθούν από αυτήν τη συνεργασία των δύο δικτύων (DVB-T, UMTS), είναι οι εξής :

#### Υπηρεσίες Γενικής Πληροφόρησης

- Τηλεφωνία
- Πρόσβαση στο δίκτυο
- Interactive shopping/E-commerce
- Online printed media(on demand or broadcast)
- Location based broadcast services.....

#### Υπηρεσίες Οδήγησης και Μεταφορών

- Πληροφορίες ταξιδιού και κίνησης (TTI-travel and traffic information)
- Τηλεπλοήγηση
- Αναπτυγμένο περιβάλλον οχήματος: «αυτόματο αυτοκίνητο», το οποίο περιλαμβάνει SW updating, remote diagnosis, mobile office (για επιχειρηματίες που χρειάζονται ένα «κινητό γραφείο») κτλ
- Πληροφόρηση όχι μόνο του οδηγού, αλλά και των επιβατών

#### Υπηρεσίες Ψυχαγωγίας

- Τηλεόραση και ραδιόφωνο

- Σχετιζόμενα διάφορα προγράμματα, που αφορούν τις υπηρεσίες της TV και του radio (δηλαδή στίχοι, εξώφυλλα των CD, παραγγελίες δίσκων κτλ)
- On line streaming video 'events'(αθλήματα κτλ)
- Μουσική/Video/Παιχνίδια on-demand
- Interactive TV...

#### Υπηρεσίες για Επιχειρήσεις και Εργασίες

- Κινητό γραφείο (WEB-office Desk, κτλ)
- Εικονική ομάδα εργασίας (work-group)-αυτό περιλαμβάνει video-conferencing και downloading μεγάλου μεγέθους αρχείων
- Πληροφορίες παραγγελιών: Για ταξίδια, έγγραφα, εισιτήρια κτλ
- Narrowcast business TV

Όλες αυτές οι εφαρμογές, βέβαια, που υποστηρίζουν τα δύο δίκτυα, προϋποθέτουν το κατάλληλο τερματικό του χρήστη και την κατάλληλη, φυσικά, συνεργασία (τα 5 σενάρια που προαναφέρθηκαν). Αυτό συμβαίνει, γιατί κάθε υπηρεσία έχει διαφορετικές τεχνικές απαιτήσεις από τη συνεργασία του DVB-T&UMTS. Όταν λέμε τεχνικές απαιτήσεις, εννοούμε, όπως:

- Bit rate
- Όγκος δεδομένων
- Ασυμμετρία δικτύου
- Διάρκεια περιόδου
- BER (bit error rate)
- Qos (Quality of service)
- Αριθμός πελατών που δέχονται αυτήν την υπηρεσία
- Βαθμός κινητικότητας

Φυσικά, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η μετάδοση IP μέσα στο δίκτυο DVB-T (βασικά η τεχνολογία ονομάζεται IP Data Casting IPDC), στοχεύει κυρίως σε χρήστες κινητών συσκευών (όχι απαραίτητα τηλεφώνων, Person Mobility).

## **2.8. Η κινητικότητα στο περιβάλλον του DVB-T.**

### **2.8.1. Εισαγωγή.**

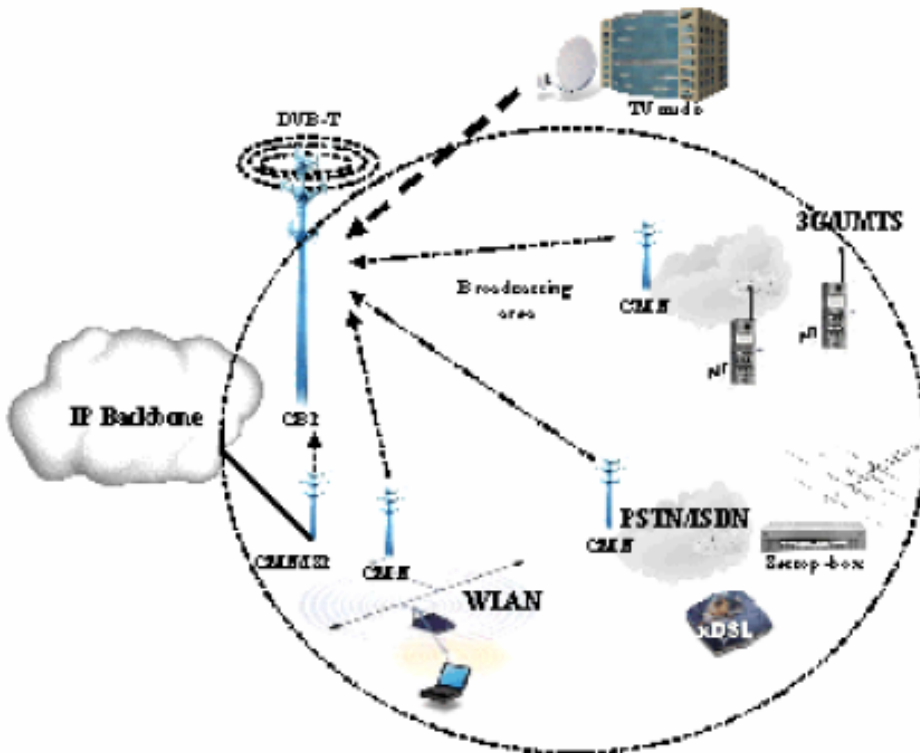
Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα ζητήματα κινητικότητας που προκύπτουν από τα επίγεια πρότυπα τηλεοπτικής μετάδοσης, DVB-T. Γίνεται η παρουσίαση μιάς πλήρους αρχιτεκτονικής, και παρουσιάζονται σενάρια κινητικότητας βασισμένα στην τεχνολογία που χαρακτηρίζει το WLAN και το UMTS δίκτυο σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της IP τεχνολογίας. Οι νέες (κινητές) λύσεις αναπτύσσονται ώστε να βελτιστοποιήσουν τις υποδομές που παραθέτουν στους μηχανισμούς κινητικότητας την σωστή διαχείριση του φάσματος του ρεύματος πληροφορίας από μια περιοχή κάλυψης τηλεοπτικής αναμετάδοσης σε μία άλλη. Επίσης, σε επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτεταμένη αναφορά του ευρωπαϊκού πρόγραμματος ATHENA μέσω του οποίου γίνεται η μελέτη και η επικύρωση της παραπάνω προσέγγισης.



### 2.8.2. Το περιβάλλον του DVB-T.

Το περιβάλλον αποτελείται από μια υποδομή που χρησιμοποιεί τα αναπαραγωγικά ρεύματα σηματοδότησης του DVB-T για τη διασύνδεση των κόμβων διανομής, επιτρέποντας την πρόσβαση στις υπηρεσίες IP και τα ψηφιακά προγράμματα TV στις ευρείες περιοχές όπως οι μεγάλες πόλεις. Μια τέτοια υποδομή επιτρέπει πρόσβαση σε πολλές υπηρεσίες, δεδομένου ότι το αναπαραγωγικό DVB-T δημιουργεί μια ενιαία φυσική υποδομή δικτύων πρόσβασης, κοινή στις πολλαπλάσιες υπηρεσίες (δηλ. προγράμματα TV, διαλογικές υπηρεσίες πολυμέσων, εφαρμογές Διαδικτύου, κ.λπ.....). Σε αυτήν την προσέγγιση, ο μηχανισμός λειτουργίας του DVB-T δημιουργεί μια εύκαμπτη και ισχυρή ευρυζωνική υποδομή IP, επιτρέποντας κατά συνέπεια πρόσβαση στις ευρυζωνικές υπηρεσίες και στη διασύνδεση όλων των τοπικών δικτύων. Στο (σχήμα 2.18) παρουσιάζεται η γενική μορφή ενός τέτοιου περιβάλλοντος DVB-T.

Στην περιοχή τηλεοπτικής αναμετάδοσης τα αναπαραγωγικά ρεύματα σηματοδότησης του DVB-T παρέχονται από το κεντρικό σημείο Central Broadcasting Point (CBP). Οι κύριοι κόμβοι των κυψελών (Cell Main Nodes, CMNs) επιτρέπουν σε διάφορους απλούς χρήστες (γεωγραφικά γειτονικούς στο CMNs) να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες IP που φιλοξενούνται από το συγκεκριμένο δίκτυο. Κάθε CMN αποτελεί το (φυσικό επίπεδο) στον δομικό άξονα του Ethernet για τους χρήστες/πολίτες ενός τοπικού δικτύου (IEEE 802.11)



**Σχήμα 2.18:** Το περιβάλλον του DVB-T



Τα στοιχεία IP που προέρχονται από το CMNs, διαβιβάζονται στο CBP που περιλαμβάνεται στην downlink σύνδεση της μετάδοσης. Αυτή η λειτουργία-κυκλοφορία θα μεταβιβαστεί από σημείο σε σημείο στις ασύρματες συνδέσεις, ενεργώντας όπως τους αγωγούς επιστροφής καναλιών. Η τεχνολογία που υιοθετείται για την εφαρμογή της επιστροφής καναλιού μπορεί να είναι οποιαδήποτε από σημείο σε σημείο, στην ασύρματη τεχνική μετάδοσης στοιχείων, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για πρόσθετες διαδικασίες, όπως σχέδια πολλαπλών προσβάσεων ή την διαδικασία έρευνας των αντίστοιχων μηχανισμών ανθεκτικότητας λάθους μέσω των αναμεταδόσεων.

### **2.8.3. Αναφορά στα προβλήματα κινητικότητας.**

Η γενική διαμόρφωση του περιβάλλοντος του DVB-T έχει απεικονιστεί ανωτέρω, μαζί με τις αντίστοιχες απαιτήσεις μιας τέτοιας υποδομής. Η πρόθεση είναι τώρα να παρασχεθεί η κινητικότητα σε μια αντίστοιχη μορφή περιβάλλοντος. Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι ένας χρήστης (κινούμενος) που ταξιδεύει μέσα σε τρένο από μια πόλη σε μια άλλη, και είναι εξοπλισμένος με έναν δέκτη DVB-T, ώστε να έχει πρόσβαση στις υπηρεσίες που του προσφέρονται. Σε αυτή την περίπτωση, ο (κινητός) χρήστης θα μεταπηδήσει από μια περιοχή τηλεοπτικής αναμετάδοσης σε μία άλλη με αποτέλεσμα να εμφανίζεται το φαινόμενο του handover. Αρχικά καθορίζεται το πρόβλημα της κινητικότητας και έπειτα μελετάται η λειτουργία του DVB-T σε μια τέτοια περίπτωση, που αποτελεί κρισιμότερης σημασίας. Δεδομένου ότι η γενική πρόθεση είναι να επεκταθεί ένα πλήρως κινητό δίκτυο πρόσβασης DVB-T, όλα τα ενδεχόμενα και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός τέτοιου δικτύου, περιγράφονται από τα στρώματα της κινητικότητας στις συγκεκριμένες περιπτώσεις του handover.

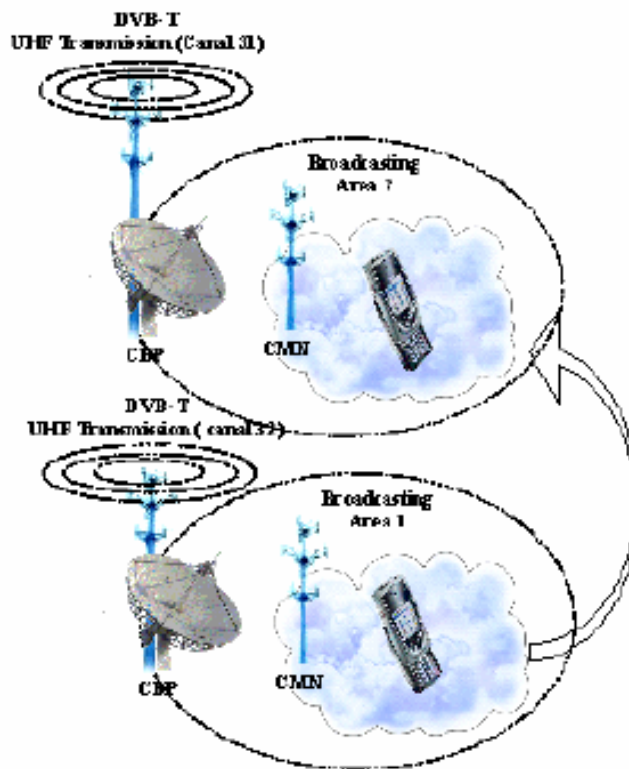
Στη συγκεκριμένη μελέτη, γίνεται προσπάθεια να αναλυθεί το γενικότερο φάσμα των σεναρίων του handover στα κινητά τερματικά που λειτουργούν στο περιβάλλον του DVB-T. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι κινητών τερματικών που διακρίνονται ανάλογα της τεχνολογίας τους:

- Κινητά τερματικά με μια κεραία υποδοχής, η οποία μπορεί να διαιρεθεί σε: τερματικά που μπορούν να λάβουν τα MPEG-2 προγράμματα άμεσα, χάρη στη συσκευή υποδοχής DVB-T και τερματικά που μπορούν να λάβουν τα IP σήματα ήχου/εικόνας, όπως οι προσωπικοί υπολογιστές που εξοπλίζονται με συσκευή DVB-T
- Τερματικά με μια διεπαφή UMTS, όπως τα κινητά τηλέφωνα
- Τερματικά με μια διεπαφή WLAN, όπως τα lap-top και PDAs.

Φυσικά, ένα κινητό τερματικό μπορεί επίσης να εξοπλιστεί με διάφορες συσκευές λήψης, όπως με διεπαφή UMTS και WLAN (IEEE 802.11x). Ένα πλήρες κινητό τερματικό που μπορεί να βρίσκεται μέσα σ'ένα αυτοκίνητο πρέπει να έχει εξοπλιστεί με μια κεραία λήψης DVB-T και με μια διεπαφή UMTS, που αντίστοιχα τα lap-tops ή PDAs συνδέονται μέσω ενός δικτύου WLAN.

#### 2.8.4. Από μία περιοχή τηλεοπτικής αναμετάδοσης σε μία άλλη (κινητικότητα DVB-T).

Ένας δέκτης DVB-T που κινείται από μια περιοχή DVB-T προς άλλη πρέπει να κρατήσει χωρίς απώλειες τη παροχή υπηρεσιών. Στο δίκτυο MFN (Multi Frequency Network), ο δέκτης DVB-T πρέπει να συντονιστεί σε μια νέα συχνότητα ώστε να δεχτεί το νέο ρεύμα σηματοδοσίας που παρέχει την ίδια υπηρεσία όταν εκτελείται το φαινόμενο της παράδοσης (handover). Το ζήτημα της κινητικότητας DVB-T πρέπει να ληφθεί υπόψη, ειδικά όταν κινείται ο χρήστης από μια περιοχή τηλεοπτικής αναμετάδοσης προς μια άλλη (που χρησιμοποιούν την ίδια υποδομή), ή κατά την (μεταπήδηση) από ένα UHF κανάλι σε ένα άλλο (μέσα στην ίδια περιοχή) που οφείλεται στα φορτωμένα ρεύματα της σηματοδοσίας του DVB-T. Αυτό το σενάριο απεικονίζεται στο (σχήμα 2.19). Σ' αυτή την περίπτωση, απαιτείται ένας μηχανισμός (κυκλοφορίας), ώστε σε συνεργασία με το εύρος ζώνης, το σύστημα διαχείρισης, να καθοδηγήσει/κατευθύνει την κυκλοφορία στοιχείων-σημάτων που προορίζεται σε έναν συγκεκριμένο χρήστη, μέσω του κατάλληλου ρεύματος DVB-T (κατάλληλο UHF κανάλι μέσα στην ίδια περιοχή ή μεταξύ των διαφορετικών εδαφών), προκειμένου να παρασχεθεί η συνεχής πρόσβαση στις εκάστοτε υπηρεσίες.



**Σχήμα 2.19:** Κινητικότητα σε DVB-T σύστημα (handover)

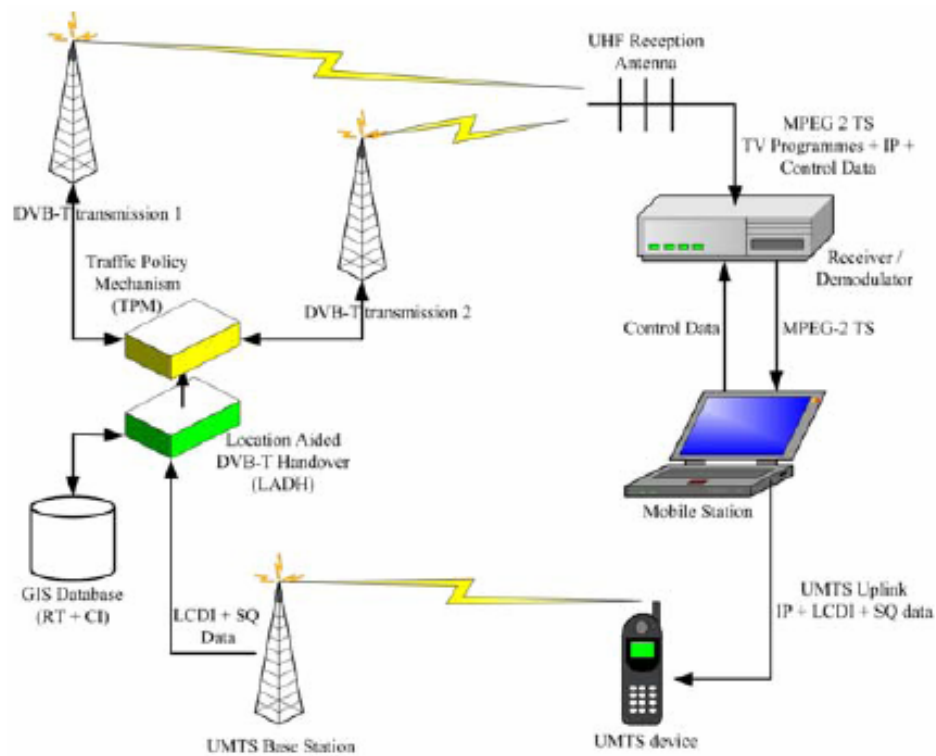
Το φαινόμενο της παράδοσης(handover) παρουσιάζεται στο (σχήμα 2.19), όπου ένας (κινούμενος)χρήστης, που βρίσκεται αρχικά στην πόλη (2), έχει πρόσβαση στις υπηρεσίες πολυμέσων IP μέσω της συσκευής τουUMTS, ενώ τα κατάλληλα σήματα απάντησης διαβιβάζονται σε αυτόν μέσω του αναπαραγωγικού DVB-T ρεύματος . Καθώς αυτός ο χρήστης κινείται προς ένα νέο ΒΑ, απομακρίνεται από την πρώτη περιοχή αναμετάδοσης, και εισάγεται στην περιοχή αναμετάδοσης της πόλης 1. Για την συνεχόμενη πρόσβαση στις παρεχόμενες υπηρεσίες

- Ο χρήστης πρέπει να (μεταβιβάσει) τη συσκευή του δέκτη DVB-T στη συχνότητα του νέου UHF καναλιού
- Όλη αυτή τεχνική θα πρέπει να αναπροσδιορίζει την κυκλοφορία IP (που στοχεύει στον χρήστη) από το αναπαραγωγικό DVB-T 2 στην αναπαραγωγική πλατφόρμα DVB-T 1 (που βρίσκεται στην πόλη 1).

Σ'αυτήν την περίπτωση, απαιτείται ένας μηχανισμός παράδοσης (handover)ώστε να διευκολύνει τον πιο αποδοτικό επαναπροσανατολισμό της κυκλοφορίας IP και της γρήγορης μετάβασης του από ένα UHF κανάλι σε ένα άλλο.

Ενός μηχανισμός που αναφέρεται στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει ως εξής: Για την συγκεκριμένη περίπτωση απαιτείται ένας μηχανισμός παράδοσης(Location Aided) DVB-T (LADH), που να έχει την ικανότητα να (διασυνδέει) την κινητικότητα DVB-T με τις περιοχές που χρησιμοποιούν τις αναπαραγωγικές πλατφόρμες DVB-T . Αυτός ο μηχανισμός θα ελέγχει τη γεωγραφική θέση του κινούμενου χρήστη. Τα στοιχεία θέσης και πληροφοριών κατεύθυνσης (LCDI) θα παρασχεθούν μέσω uplink UMTS στην ενότητα (LADH), όπου θα υποβληθούν σε επεξεργασία και θα συγκριθούν με τις πληροφορίες (CI) κάλυψης και τα στοιχεία οδικής τοπολογίας (RT), σχετικά με την περιοχή κάλυψης κάθε αναπαραγωγικής πλατφόρμας DVB-T που αποθηκεύεται σε μια κατάλληλη βάση δεδομένων GIS. Η ενότητα LADH θα αποφασίσει εάν απαιτείται επαναπροσανατολισμός κυκλοφορίας ή όχι. Σε περίπτωση που ο επαναπροσανατολισμός κυκλοφορίας είναι απαραίτητος, δηλ. ο κινητός χρήστης αφήνει την πόλη 2 και μπαίνει στην πόλη 1, η ενότητα (LADH) θα επισημάνει τον μηχανισμό κυκλοφορίας (TPM) που ο κινητός χρήστης πρέπει να μεταστρέψει στο νέο UHF κανάλι.

Το TPM θα ολοκληρώσει την λειτουργία του, με την παροχή του (χρήστη) στα κατάλληλα στοιχεία ελέγχου που τοποθετούνται στο ρεύμα του DVB-T στο κατάλληλο κανάλι. Συγχρόνως, το TPM reroute στοχεύει την σωστή κυκλοφορία IP από το αναπαραγωγικό DVB-T 2 στο αναπαραγωγικό DVB-T 1. Κατά συνέπεια, ο δέκτης (ο αποδιαμορφωτής)του κινούμενου χρήστη θα μεταπηδήσει στο νέο UHF κανάλι (ανάλογα από τα δεδομένα των στοιχείων ελέγχου), και το αναπαραγωγικό DVB-T 1 θα μεταδώσει τηλεοπτικά τις υπηρεσίες IP (που προορίζονται σε αυτόν τον χρήστη) μέσω της συσκευής του DVB-T που διαθέτει . Αυτός ο μηχανισμός που βασίζεται σε ένα LADH και με τη χρήση ενός TPM αντιπροσωπεύει τη λύση για την επίτευξη της κινητικότητας DVB-T στην συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, όταν το ρεύμα πληροφορίας μεταβιβάζεται από ένα ΒΑ σε έναν άλλο ή από μια UHF συχνότητα σε μία άλλη μέσα στο ΒΑ και απεικονίζεται στο (σχήμα 2.20).

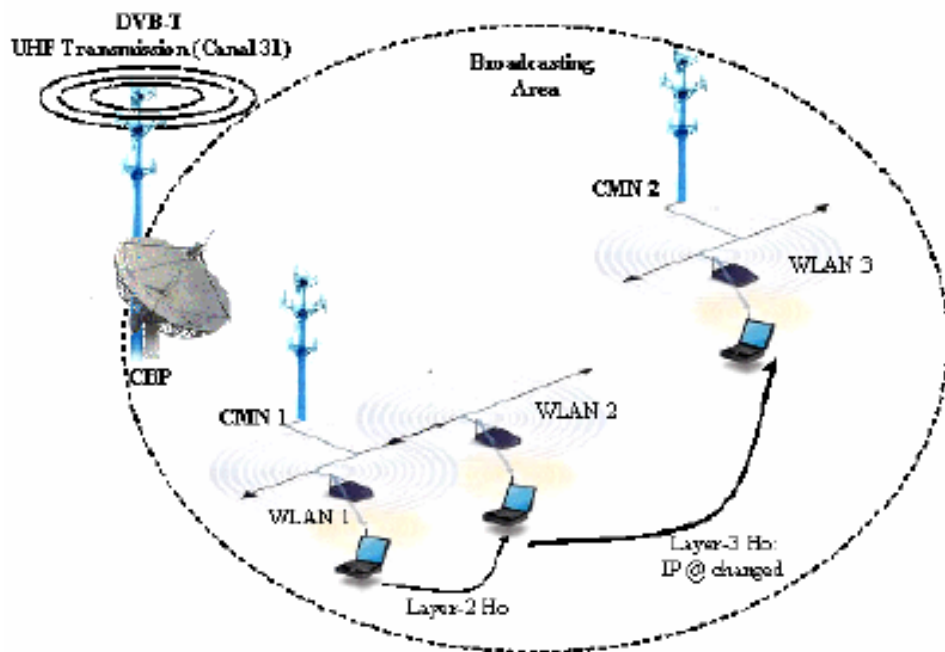


**Σχήμα 2.20:** Μηχανισμός (LADH)

### 2.8.5. Mobile IP Extension για στρώμα-3 παραδόσεων(handovers)

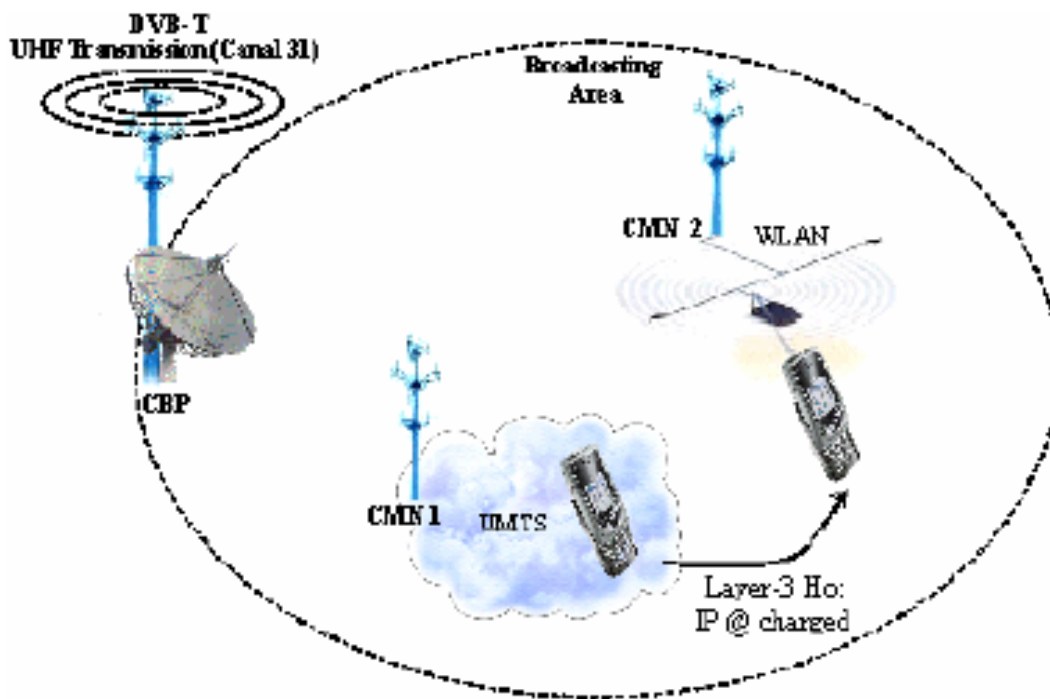
Στρώμα-3 παραδόσεων, με τη μετατροπή διευθύνσεων IP, εμφανίζονται σε δύο ειδικές περιπτώσεις:

- Όταν ένα κινητό τερματικό σύνδέεται (μέσω μιας ieee 802.11x διεπαφής) με ένα σημείο πρόσβασης σε ένα δίκτυο WLAN μεταπηδά από ένα κόμβο CMN σε έναν άλλο εκτελώντας μια (οριζόντια) παράδοση μεταξύ των κόμβων CMNs με την τεχνολογία WLAN. Η περίπτωση ενός τέτοιου σεναρίου απεικονίζεται στο (σχήμα 2.21).



**Σχήμα 2.21:** Η κινητικότητα στρωμάτων παραδόσεων(handovers) μέσω της τεχνολογίας WLAN

•Είτε όταν ένα κινητό τερματικό συνδέεται μέσω μιας ieee 802.11x διεπαφής με ένα σημείο πρόσβασης σε ένα WLAN δίκτυο (μεταπηδά) στη διεπαφή του UMTS δικτύου του, σε μια κυψελοειδή περιοχή (ή και ανστρόφως), είτε όταν μέσα από τον ίδιο κόμβο CMN ή μεταξύ δύο κόμβων CMNs εκτελεί μια (κάθετη) παράδοση από το δίκτυο WLAN στο δίκτυο UMTS (ή και ανστρόφως). Η περίπτωση ενός τέτοιου σεναρίου απεικονίζεται στο (σχήμα 2.22)



**Σχήμα 2.22:** Σενάριο κινητικότητας UMTS/WLAN για την περίπτωση κάθετης παράδοσης (Vertical Handover)

Η πρόταση για αυτά τα είδη σεναρίων είναι βασισμένη στο mobile IP που δίνει την δυνατότητα σε έναν κινητό κόμβο να επικοινωνήσει με άλλους κόμβους (στάσιμους ή κινητούς) και να μεταβάλλει το σημείο σύνδεσης του από το ένα υποδίκτυο IP σε άλλο, χωρίς αλλαγή της διεύθυνσης IP του κινητού κόμβου.

Ένας κινητός κόμβος είναι πάντα προσπελάσιμος από τη διεύθυνση προορισμού του, και τα πακέτα μπορούν να καθοδηγηθούν σε αυτόν, χρησιμοποιώντας αυτήν την διεύθυνση ανεξάρτητα από το τρέχον σημείο του κινητού κόμβου της σύνδεσης στο Διαδίκτυο. Το mobile IP προσθέτει μια νέα διεύθυνση, η οποία έχει την ίδια διεύθυνση με εκείνη του ξένου υποδικτύου.

Συμπερασματικά προτείνεται μια αρχιτεκτονική που λαμβάνει υπόψη τη χρήση των αναπαραγωγικών ρευμάτων του DVB-T για τη μεταφορά και των προγραμμάτων TV και των ροών IP συγχρόνως μέσω του ίδιου καναλιού συχνότητας.

Να είναι βασισμένο σε ένα κεντρικό σημείο αναμετάδοσης (CBP), το οποίο διαβιβάζει και αναπαράγει τα ρεύματα και τους κύριους κόμβους (CMN), οι οποίοι ομαδοποιούν τα διαφορετικά ασύρματα και σταθερά δίκτυα πρόσβασης για να επιτρέψουν στους χρήστες να διασυνδεθούν και να λάβουν τις αντίστοιχες υπηρεσίες. Αυτή η αρχιτεκτονική είναι ένας από τους κύριους στόχους του ευρωπαϊκού προγράμματος Athena.

## **2.9. Ερευνητικά έργα και DVB τεχνολογία.**

### **2.9.1.Εισαγωγή.**

Αναφέρθηκαν παραπάνω διάφορες εφαρμογές, που μπορούν να προκύψουν από τη σύγκλιση των δύο δικτύων DVB&UMTS. Προαναφέρθηκε ότι κάθε τέτοια υπηρεσία προϋποθέτει και αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο τερματικό. Στη συνέχεια γίνεται μια μελέτη για την περίπτωση, που οι εφαρμογές αυτές αφορούν κινητά 3G τηλέφωνα, ως τερματικά. Αξίζει να σημειωθούν σ' αυτό το σημείο, αναλυτικά, κάποια προγράμματα και υπηρεσίες, που έχουν αναπτυχθεί από τη συνεργασία των δύο δικτύων, αλλά δεν αφορούν μόνο τερματικά κινητά τηλέφωνα 3G. Η κινητή υποστήριξη της ψηφιακής τηλεόρασης και της μετάδοσης IP δεδομένων, αφορά και την περίπτωση, όπου τα τερματικά είναι ενσωματωμένα σε οχήματα (Vehicle Mobility).

### **2.9.2. Εξελίξεις στην δημιουργία τερματικού για τους κινητούς χρήστες (Person Mobility)(DVB-H project).**

Η υλοποίηση ενός πλήρους DVB video/audio αποκωδικοποιητή (decoding) και η παρουσίαση στην οθόνη σε real time, σε ένα κινητό τηλέφωνο, θα ήταν βαρύ φορτίο στην πηγή ισχύος.

Οι κυριότεροι καταναλωτές ισχύος, από το hardware σε ένα τερματικό, είναι οι ενισχυτές, οι μνήμες και η οθόνη. Υπάρχουν συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις σ' αυτούς τους τομείς, αλλά ακόμα δεν υπάρχει πρακτική πιθανότητα ενσωμάτωσης επεξεργαστή MHP, μνήμης και των διάφορων απαιτήσεων της οθόνης στο UMTS κινητό τηλέφωνο.

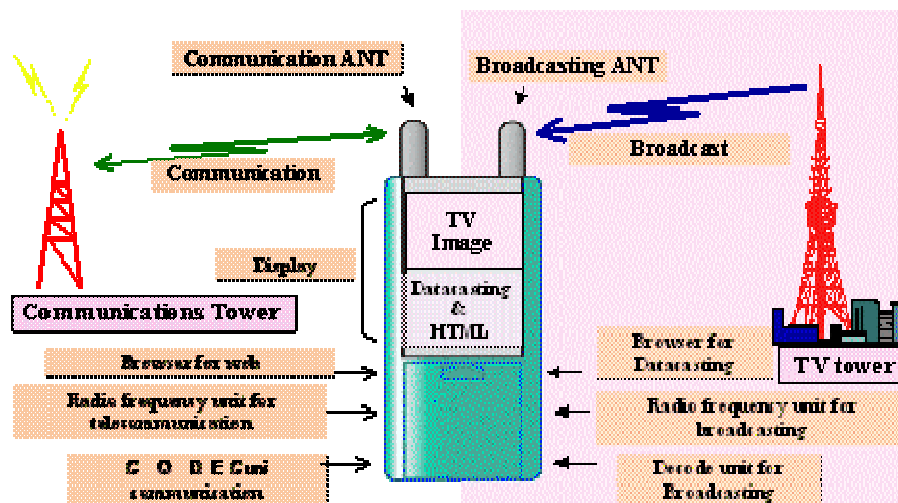
Ένας πιο επιτυχημένος δρόμος, είναι η υλοποίηση μιας πιο «lite version» του MHP του λειτουργικού συστήματος ή η υλοποίηση του MexE, με ένα μόνο classmark. Για να καταλάβουμε τι εννοούμε και να συγκρίνουμε τις δύο τεχνολογίες όσον αφορά την κατανάλωση ισχύος, πρέπει να σημειωθεί ότι μια τηλεφωνική συσκευή (ένα κινητό) της 2,5 γενιάς (2,5G) GSM με WAP, παρέχει για 4 ώρες φωνητικές υπηρεσίες ή 10 ώρες WAP interaction με μπαταρία 1 Ahr. Οι απαιτήσεις για το τερματικό MHP είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές και απαιτούν μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας.

Βλέπουμε λοιπόν ότι υπάρχουν μερικά τεχνικά προβλήματα, που πρέπει να ξεπεραστούν για τη συνεργασία μεταξύ των δύο δικτύων για τους κινητούς χρήστες (Person Mobility). Συγκεκριμένα, το θέμα του τερματικού είναι πολύ σημαντικό. Αφορά, όπως αναφέραμε, κατανάλωση ενέργειας (ισχύος, δηλαδή μπαταρίας), απαιτήσεις μνήμης, πολλαπλά λειτουργικά συστήματα, οθόνη, αλλά και άλλα τεχνικά προβλήματα υπηρεσιών, όπως π.χ. roaming 3G σε 2G, hand-over κτλ. Η επιτευξιμότητα της ενσωμάτωσης μιας MHP-lite πλατφόρμας, όπως αναφέραμε, σε ένα κινητό τερματικό, είναι ουσιαστικός παράγοντας για το συνδυασμό των δύο συστημάτων DVB\UMTS.

Ακόμα, να σημειωθεί, ότι το τερματικό του χρήστη (κινητό τηλέφωνο), πρέπει να έχει δύο κεραίες, αφού πρέπει να είναι ένα υβριδικό τερματικό (hybrid terminal), για να υποστηρίξει το υβριδικό δίκτυο.

Μια σχηματική παράσταση του δικτύου, με τερματικό το κινητό τηλέφωνο, φαίνεται στο (σχήμα 2.23).

## Mobile TV is a Hybrid Terminal



**Σχήμα 2.23:** Υβριδικό τερματικό, για δίκτυο DVB-UMTS (Πηγή: Masahito Kawamori, Keisake Miki, "Mobile digital terrestrial TV and TVA technologies ", TBS,2003).

Όλα αυτά τα προβλήματα που αναφέρθηκαν, δημιούργησαν αρχικά ένα αρνητικό κλίμα, όπως είναι φυσικό, για τη δημιουργία ενός τερματικού για τους κινητούς χρήστες (Person Mobility). Η λύση όμως στο πρόβλημα της μπαταρίας (κατανάλωση ενέργειας), οθόνης, μνήμης, εξωτερικής κεραίας κτλ στο τερματικό, δεν άργησε να έρθει.

Το έτος 2002, μια επιστημονική ομάδα συνεργατών, ανέπτυξε ένα σημαντικό project. Αυτή η ομάδα συνεργατών, με πρωτοπόρο και καθοδηγητή τη Nokia, παρουσίασε το DVB-H. Τα αρχικά DVB-H, σημαίνουν: Digital Video Broadcasting-Handheld. Το DVB-H είναι η πιο πρόσφατη εξέλιξη του DVB, που στοχεύει σε συσκευές που τροφοδοτούνται με μπαταρία, όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, PDAs κτλ. Βασισμένο στην έξοχη συμπεριφορά για κινητή λήψη του DVB-T, το DVB-H έρχεται να εξασφαλίσει αξιοπιστία, υψηλές ταχύτητες, υψηλό ρυθμό λήψης δεδομένων (δηλαδή μεγάλη χωρητικότητα) και οικονομία.

Το DVB-H συνδυάζει το broadcasting, με έναν αριθμό από μέτρα, για να εξασφαλίσει ότι οι δέκτες μπορούν να λάβουν τα δεδομένα, ενώ είναι σε κίνηση με καλή ποιότητα και bitrate, χωρίς να ανησυχούν για την κατανάλωση μπαταρίας. Έτσι, είναι ιδανικό σύστημα για τη συνεργασία του με τα δίκτυα 3G, προσφέροντας συμμετρικές, αλλά και ασύμμετρες αμφίδρομες multimedia υπηρεσίες.



### 2.9.3. MOTIVATE project (Mobile Television and Innovative Receivers).

Το Μάιο του 1998, μια ομάδα αποτελούμενη από broadcasters, network operators, κατασκευαστές επαγγελματικού και οικιακού εξοπλισμού και ερευνητικά κέντρα, ξεκίνησαν υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης το project Motivate, με σκοπό την επέκταση του DVB-T προς την κατεύθυνση της εξυπηρέτησης κινούμενων χρηστών.

Όσον αφορά την πλευρά του δικτύου, έχουν οριοθετηθεί οι τρόποι λειτουργίας του DVB-T που μπορούν να εξυπηρετήσουν κινητούς χρήστες: με χρήση ενός ισχυρού κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων (όπως 1/2, 2/3), το διαθέσιμο εύρος για μετάδοση σε εν κινήσει δέκτες (ταχύτητα χρηστών από 50 έως 500km/h) είναι της τάξης των 5-20 Mbps. Η συνηθισμένη συνδιαλλαγή μεταξύ «ασφάλειας και ταχύτητας» όσον αφορά τη μετάδοση, εξελίσσεται τώρα σε συναλλαγή μεταξύ «ασφάλειας, ταχύτητας, μορφολογίας εξυπηρετούμενης περιοχής και ταχύτητας χρηστών».

Οι κύριοι παράγοντες που μειώνουν την απόδοση του συστήματος-όπως και κάθε συστήματος που απευθύνεται σε κινούμενους χρήστες- είναι η επίδραση του φαινομένου Doppler, η εξασθένηση. Η OFDM αντεπεξέρχεται πολύ ικανοποιητικά στις διαταραχές του σήματος που οφείλονται στις πολλαπλές αφίξεις του σήματος-ολικό σήμα που φτάνει στο δέκτη: χρήσιμο σήμα + παραμορφώσεις.

Με τη λήξη του project το DVB-T αποδείχτηκε κατάλληλο για παροχή υπηρεσιών σε κινητούς χρήστες στις συχνότητες των UHF και VHF. Χρησιμοποιεί με αποδοτικό τρόπο το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων και έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει φωνή, ιστοσελίδες, όπως και τηλεοπτικό σήμα μέσω των MPEG-2 πακέτων. Οι υπηρεσίες που θα προσφέρει το DVB-T θα απευθύνονται σε επιχειρηματίες αλλά και θα αφορούν και προσωποποιημένες υπηρεσίες.

Η ψηφιακή τηλεόραση θα απευθύνεται σε επιβάτες αυτοκινήτων, λεωφορείων και τρένων, παρέχοντας τα ήδη προσφερόμενα προγράμματα και επιπλέον πληροφορίες που θα αφορούν πληροφορίες σχετικές με την κυκλοφορία και τη διαδρομή. Επιπλέον, οι πληροφορίες που θα απευθύνονται στους οδηγούς θα είναι σχεδιασμένες με βάση τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου περιβάλλοντος- π.χ. δεν θα είναι ζητούμενο τόσο η υψηλή ανάλυση της παρεχόμενης εικόνας, όσο η δυνατότητα παροχής υπηρεσιών ενοποιημένων με GSM υπηρεσίες, για πλήρη διαδραστικότητα μάλιστα, θα χρησιμοποιείται το DVB-T για τη μετάδοση πληροφορίας από το σύστημα στο χρήστη και το GSM (UMTS) για την επικοινωνία χρήστη-συστήματος.

Η λέξη MOTIVATE προέρχεται από τα αρχικά της πρότασης Mobile Television and Innovative Receivers.

Οι συνεργάτες, οι οποίοι χρηματοδοτήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω του προγράμματος ACTS (Προηγμένες τεχνολογίες και υπηρεσίες επικοινωνιών) για να ερευνήσουν τα πρακτικά και θεωρητικά όρια απόδοσης του DVB-T για την κινητή λήψη, δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι υπήρξαν και αρκετοί και σημαντικοί χρηματοδότες για το MOTIVATE project, όπως οι εταιρίες: BMW, Tu-Munich, NDS κ.ά.

Οι εργαστηριακές δοκιμές από το MOTIVATE project, παρουσίασαν κάποια σημαντικά αποτελέσματα:

A) το ποσό δυαδικών ψηφίων προστασίας (protection bits) που ενσωματώνονται στο σήμα DVB-T, έχει μια άμεση επιρροή στην απόδοση των δεκτών στην κινητή κατάσταση. Ακόμα κι αν καταναλώνει το χρήσιμο bitrate, μια ισχυρή προστασία απαιτείται για να βοηθήσει τους δέκτες να αντιμετωπίσουν την υποβάθμιση, που δημιουργείται σε έναν ορισμένο χρόνο, σ' ένα

πολυδιαδρομικό κανάλι (multipath channel), όπως είναι το κινητό κανάλι. Αυτό, σαφώς σημαίνει ότι τα ποσοστά 1/2 και 2/3 code rate, είναι τα καταλληλότερα για τις κινητές υπηρεσίες. Φυσικά, όσο μεγαλύτερο είναι το code rate, θα έχουμε μεγαλύτερο κέρδος σε χρήσιμο bitrate, αλλά πιο χαμηλή ευρωστία (μικρότερη προστασία). Πρέπει λοιπόν να εξεταστεί προσεκτικά από τους αρμόδιους για το σχεδιασμό των δικτύων, η ανταλλαγή αυτή, μεταξύ της ευρωστίας και του ποσοστού των δυαδικών ψηφίων (bitrate). Γιατί, στην περίπτωση των υπηρεσιών στους κινητούς δέκτες, αυτή η ανταλλαγή πρέπει να ζυγιστεί προσεκτικά προς τα επάνω, επειδή θα κάνει τη διαφορά μεταξύ ενός λειτουργικού και μη λειτουργικού συστήματος.

Β) Η χειρότερη περίπτωση επιλογής περιόδου φύλαξης, είναι η τιμή  $T_g=1/4$ . Με άλλα λόγια, τα δίκτυα που χρησιμοποιούν ένα μικρότερο διάστημα προστασίας, θα έχουν μια αύξηση του διαθέσιμου bitrate του καναλιού, ενώ οι δέκτες θα επιτύχουν την ελαφρώς καλύτερη κινητή απόδοση.

Γ) Τα 2K modes μπορούν να αντιμετωπίσουν 4 φορές υψηλότερη μετατόπιση Doppler, από ότι τα 8K modes. Αυτό οφείλεται στο 4 φορές μεγαλύτερο carrier-spacing (διάστημα μεταξύ των υποφερόντων) που παράγουν. Άρα, καλύτερα για την αντιμετώπιση της ενδοσυμβολικής παρεμβολής.

Δ) Την καταλληλότητα της ιεραρχικής διαμόρφωσης. Η ιεραρχική διαμόρφωση δίνει λύση στην ερώτηση «Πώς να εισαγάγουμε τις υπηρεσίες DTV στους κινητούς δέκτες, ταυτόχρονα με τους σταθερούς και φορητούς, σε ένα RF φάσμα, κορεσμένο από τις αναλογικές υπηρεσίες TV;» Σαν πρώτη προσέγγιση στην ερώτηση, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι broadcasters θα επιλέξουν βεβαίως να χρησιμοποιήσουν δύο RF κανάλια: Το πρώτο, για να φέρει κατά προσέγγιση 2 προγράμματα στους κινητούς δέκτες και ένα δεύτερο για να φέρει 5 έως 6 προγράμματα στους σταθερούς δέκτες.

Τώρα, ας υποθέσουμε ότι αποφασίζουν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα δύο RF κανάλια, με μια ιεραρχική διαμόρφωση. Τι θα συμβεί; Χρησιμοποιώντας ένα ιεραρχικό mode DVB-T, που έχει ένα διάστημα προστασίας 1/16, ένα HP: 4QAM-CR:1/2, LP: 16-QAM-CR:3/4, θα λάβουν ανά κανάλι, ένα bitrate των HP: 5,85 Mbps και LP: 17,56 Mbps, το οποίο σημαίνει ότι η χωρητικότητα επαρκεί για ένα έντονα προστατευμένο πρόγραμμα για τους κινητούς δέκτες και κατά προσέγγιση τέσσερα προγράμματα για τους στατικούς δέκτες ανά κάθε RF κανάλι.

#### Κατόπιν, συνολικά:

- Η κανονική διαμόρφωση δίνει χωρητικότητα για δύο προγράμματα για κινητούς δέκτες και έξι προγράμματα για σταθερούς δέκτες.

- Η ιεραρχική διαμόρφωση προσφέρει χωρητικότητα για ΔΥΟ προγράμματα για κινητούς δέκτες και ΟΧΤΩ προγράμματα για σταθερούς δέκτες.

- Επιπλέον, το mode του DVB-T με ιεραρχική διαμόρφωση, προσφέρει ικανοποιητικές χωρητικότητες bitrate (δηλ. LP: 16QAM - 3/4 = 17.56 Mbps):

- Για High Definition (υψηλής ευκρίνειας)- (HD σε LP) προγράμματα
- Για Standard Definition προγράμματα - (SD στο HP)

Αυτό, αναφέρθηκε και παρουσιάστηκε δημόσια, με μεγάλη επιτυχία, από το DVB project, κατά τη διάρκεια του συνεδρίου της NAB (National Association of Broadcasters των ΗΠΑ), το 2000, στο Las Vegas. Η παρουσίαση αυτή έδειξε στους Αμερικανούς broadcasters, ότι η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή TV, δεν είναι απαραίτητως περιορισμένη στους δέκτες High Definition, αλλά αφορά και τους δέκτες για Standard Definition.

Ε) Την ισχυρή επίδραση του profile των καναλιών (αστικό, αγροτικό δίκτυο ή SFN) στην ποιότητα λήψης της υπηρεσίας.

#### **2.9.4.Αρχιτεκτονική του συστήματος DVB-RCT.**

Όπως προαναφέρθηκε, ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης είναι η μετάβαση στην πλήρως αλληλοδραστική τηλεόραση. Το πρώτο στάδιο της διαδραστικής τηλεόρασης παρείχε στους χρήστες αλληλεπίδραση σε τοπικό επίπεδο και βασίστηκε στην ευρέως διαδεδομένη υπηρεσία του teletext. Το δεύτερο στάδιο interactivity χρησιμοποιεί κανάλι επιστροφής, μια σύνδεση μεταξύ χρήστη και παροχέα υπηρεσίας για παροχή προσωποποιημένων υπηρεσιών. Στα πρώτα βήματα της λειτουργίας τους τα DVB συστήματα διέθεταν κανάλι επιστροφής μέσω των υπάρχοντων τηλεπικοινωνιακών δικτύων (PSTN, ISDN ή GSM). Λόγω όμως του χρόνου σύνδεσης που απαιτείται για την επικοινωνία μέσω των ανωτέρω δικτύων περιορίζεται σημαντικά η προσφερόμενη ποικιλία υπηρεσιών. Έτσι ευνοείται η ανάπτυξη υπηρεσιών όπως pay-per-view, VoD, e-commerce, οι οποίες δεν επηρεάζονται σημαντικά από τους σχετικά μεγάλους χρόνους αναμονής.

Το τρίτο στάδιο αλληλεπίδρασης στοχεύει σε σταθερή και πραγματικού χρόνου σχέση με τα τηλεοπτικά προγράμματα. Διαδραστική διαφήμιση, τηλεψηφοφορίες, τηλεκουίζ, είναι παραδείγματα υπηρεσιών που απαιτούν κανάλι επικοινωνίας με γρήγορη ανάδραση.

Οι απαιτήσεις βάσει των οποίων σχεδιάστηκε το DVB-RCT είναι οι ακόλουθες:

- Το σύστημα θα πρέπει να έχει την απαραίτητη χωρητικότητα ώστε να καλύψει ασύμμετρες υπηρεσίες, όπως αλληλοδραστική τηλεόραση, www browsing, καθώς και ασφαλείς συναλλαγές ηλεκτρονικού εμπορίου.

- Η μετάδοση από το σύστημα προς τους δέκτες (downstream) θα πραγματοποιείται μέσω του DVB-T δικτύου, όπως αυτό ορίζεται στις προδιαγραφές.

- Το κόστος λειτουργίας θα πρέπει να διατηρηθεί όσο χαμηλότερο γίνεται.

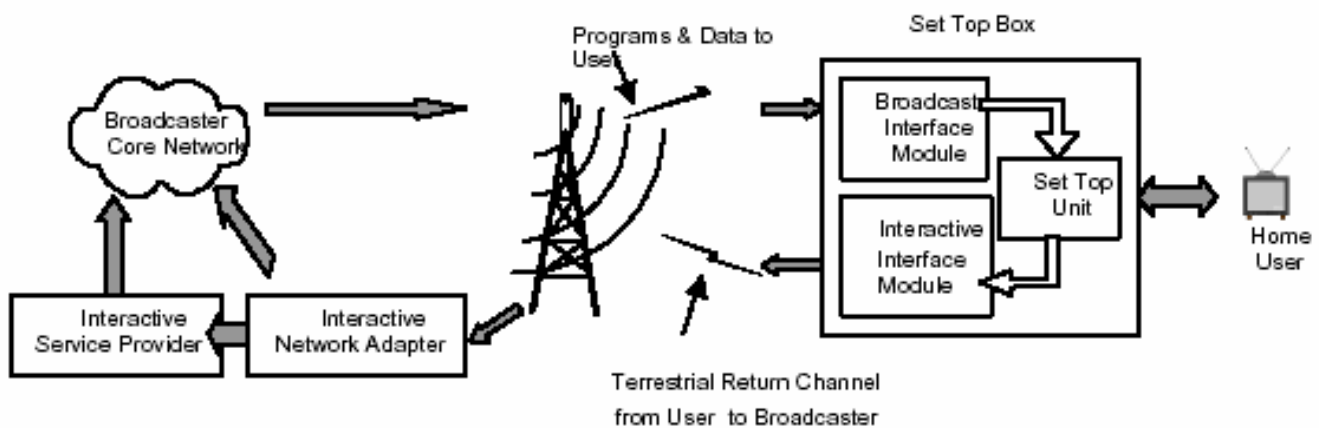
- Οι χρήστες θα πρέπει να αντιλαμβάνονται την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος.

- Η ισχύς εκπομπής των τερματικών δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1W.

- Θα πρέπει να λειτουργεί στις ζώνες συχνοτήτων III (174 to 230 MHz), IV (470 to 582 MHz), V(582 to 862 MHz), και πέραν της V.

- Είναι επιθυμητή η χρησιμοποίηση της υπάρχουσας ψηφιακής κεραίας
- Η ενεργοποίηση και η λειτουργία του DVB-RCT θα πρέπει να είναι απλή και να μην απαιτεί ριζικές ή δαπανηρές αλλαγές του υπάρχοντος εξοπλισμού.

Στην (Εικόνα 2.8) διακρίνουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος DVB-RCT. Το σύστημα αποτελείται από το εκπεμπόμενο σήμα προς το χρήστη (downstream) το οποίο μεταδίδεται από ένα DVB-T σύστημα, καθώς και από το σήμα (upstream) από το χρήστη προς το σύστημα που βασίζεται σε ασύρματη VHF/UHF μετάδοση. Το σήμα από το σταθμό προς τα τερματικά περιέχει πληροφορίες συγχρονισμού προς τα τερματικά, ώστε να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο και να επιχειρούν μετάδοση.



**Εικόνα 2.8:** Η αρχιτεκτονική του DVB-RCT συστήματος

Οι ακόλουθοι κανόνες διέπουν τη λειτουργία του DVB-RCT συστήματος:

- Η διαμόρφωση που υιοθετείται τόσο από το downstream όσο και από το upstream σήμα είναι η OFDM. Κατ' αυτόν τον τρόπο, υπάρχουν πολλά παράλληλα, διαθέσιμα carriers για διαφορετικούς χρήστες σε διαφορετικές χρονικές στιγμές που θα μεταφέρουν εντολές ή πληροφορία από τους χρήστες στο σταθμό.

- Κάθε εξουσιοδοτημένο τερματικό μεταδίδει ένα ή πολλά χαμηλής ταχύτητας carriers.

Ανάλογα με τις διάφορες επιλογές λειτουργίας, το DVB-RCT προσφέρει net bit-rate per carrier από 0,6kbps έως 15 kbps. Με λειτουργία όλων των carriers ο σταθμός βάσης μπορεί να συγκεντρώσει από τους χρήστες του συνολικά από 1Mbps έως 26 Mbps. Είναι προφανές ότι ο τρόπος λειτουργίας που συνεπάγεται τη χαμηλότερη ταχύτητα σημαίνει ταυτόχρονα και πιο ασφαλή λήψη, οπότε και χρησιμοποιείται σε κελιά μεγαλύτερης συγκριτικά ακτίνας, ενώ αντίθετα οι μεταδόσεις που εξασφαλίζουν μεγαλύτερες ταχύτητες χρησιμοποιούνται σε πιο περιορισμένο γεωγραφικά χώρο και με μεγαλύτερη πιθανότητα λαθών.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του DVB-RCT είναι η δυνατότητα ταυτόχρονης χρήσης διαφορετικών τύπων μετάδοσης, το οποίο επιτρέπει αφενός τον έλεγχο της ομοδιαυλικής

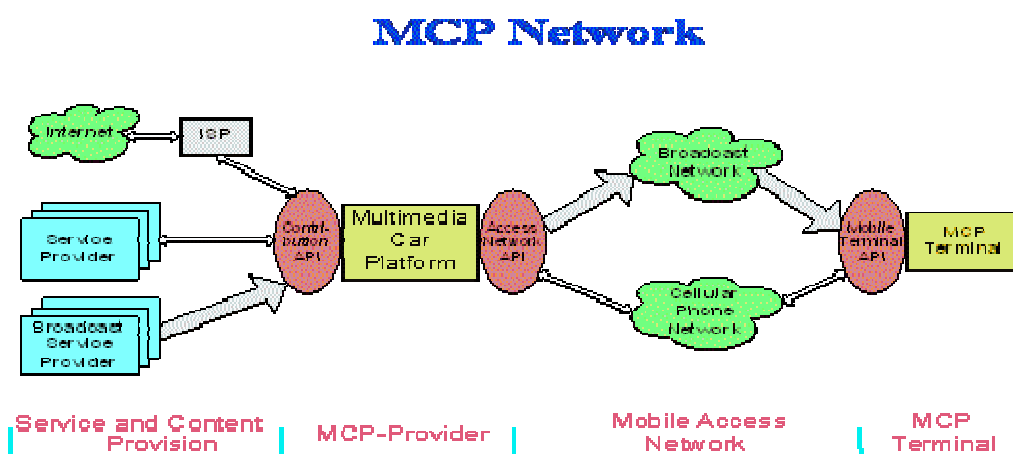
παρεμβολής και αφετέρου τη μέγιστη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου φάσματος. Χαρακτηριστικά, η πιο ασφαλής μετάδοση (και πιο αργή) χρησιμοποιείται από τους χρήστες που βρίσκονται στα όρια του κελιού, επιτρέποντας τους να μεταδίδουν προς το σταθμό χρησιμοποιώντας χαμηλή ισχύ. Αντίθετα, οι χρήστες που βρίσκονται κοντά στο σταθμό απολαμβάνουν μεγαλύτερες ταχύτητες (με αντίστοιχο κόστος στην ισχύ μετάδοσής τους, γεγονός όμως που δεν ενοχλεί το σύστημα—οι χρήστες βρίσκονται στο κέντρο του κελιού κι έτσι δεν προκαλούν ομοδιαυλικές παρεμβολές).

Επίσης το DVB-RCT χρησιμοποιεί ένα σύστημα κυμαινόμενης ισχύος-power ranging system) παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιούν τα κυβελωτά τηλέφωνα, έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι κάθε χρονική στιγμή τα τερματικά εκπέμπουν στη λιγότερη δυνατή ισχύ. Είναι φανερό ότι από τεχνικής απόψεως το DVB-RCT εκμεταλλεύεται τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα των αλγορίθμων και τεχνικών για ψηφιακή μετάδοση και αποτελεί το πρώτο παγκοσμίως σύστημα που χρησιμοποιεί πολλαπλής πρόσβασης OFDM (multiple access OFDM) για τη δημιουργία ενός πλήρως διαδραστικού συστήματος ψηφιακής μετάδοσης.

### 2.9.5. Ανάλυση MCP δικτύου (mobile-in car-software πλατφόρμα).

Διάφορες εταιρίες, όπως οι Retevision, Nokia, BMW, Y-Nova, Sun, Bosch, Teracom κτλ, ανέπτυξαν και σχεδίασαν το MCP (Multimedia Car Platform).

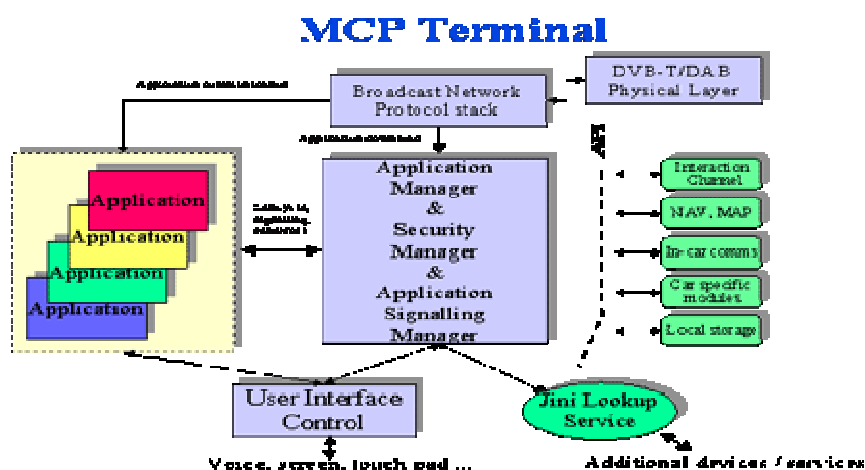
Το MCP είναι, φυσικά, ένα υβριδικό ασύμμετρο δίκτυο, με downlink το DVB-T (ή το DAB) και uplink το UMTS. Στο MCP, ο βαθμός συνεργασίας των δύο δικτύων, αναφέρεται βασικά στην περίπτωση του 2ου σεναρίου, που έχουμε προαναφέρει, δηλαδή «IP υπηρεσίες πάνω σε συνδυασμό των δικτύων DVB και UMTS», αλλά μπορεί να στηριχθεί και στο 3ο σενάριο, δηλαδή στο «UMTS, ως κανάλι επιστροφής για Interactive broadcast υπηρεσίες». Μια άποψη του δικτύου για το MCP, είναι η παρακάτω (σχήμα 2.24).



**Σχήμα 2.24:** Δίκτυο του MCP (Πηγή: Peter christ, “Multimedia-Car Platform”, T-Nova Deutsche Telecom, IST 2000).

Ο σκοπός του MCP είναι να παρέχει διάφορες υπηρεσίες και εφαρμογές, στον οδηγό και στους επιβάτες ενός οχήματος. Αυτές είναι: Τηλέφωνο, Email, SMS, Video phone, τηλεπλοήγηση, γενική πληροφόρηση (Ειδήσεις κτλ), πληροφορίες ταξιδιού και κίνησης (ΤΤΙ, ακόμα και εύρεση χώρων parking, διόδια κτλ), πληροφορίες για το αυτοκίνητο, παροχή ασφάλειας (σε περίπτωση κινδύνου με επικοινωνία κτλ), κλιματισμό, μουσική, πρόσβαση στο Internet, παρακολούθηση Video και τηλεοπτικών προγραμμάτων, παιχνίδια (computer games για τους επιβάτες), e-commerce, e-banking.

Βέβαια, η ερώτηση που προκύπτει αμέσως, είναι, ποια θα είναι τα χαρακτηριστικά του τερματικού του MCP. Μια σχηματική παράσταση για τα χαρακτηριστικά και τη λειτουργία του τερματικού MCP, φαίνεται παρακάτω (σχήμα 2.25):



**Σχήμα 2.25:** Χαρακτηριστικά λειτουργίας τερματικού του MCP (Πηγή: Peter christ , “Multimedia-Car Platform”, T-Nova Deutsche Telecom, IST 2000).

Στο (σχήμα 2.25) φαίνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του τερματικού

- Κινητή επικοινωνία, μέσω ενός καναλιού διαδραστικότητας (Interaction channel), δηλαδή μέσω GSM,GPRS,UMTS.
- in-car δικτύωση (μέσω IrDA, Bluetooth).
- Συγκεκριμένο Interface του τερματικού, με φωνητική υποστήριξη.
- Συγκεκριμένη βάση παροχής υπηρεσιών (δηλαδή provider), με έλεγχο σηματοδοσίας των υπηρεσιών.

-Ασφάλεια στη χρήση του συστήματος (δηλαδή του τερματικού). Όπως, αξιοπιστία, αποφυγή απόσπασης της προσοχής του οδηγού και, φυσικά, privacy.

Από πλευράς εμφάνισης τώρα, η Nokia παρουσίασε το τερματικό MCP (ένα για τον οδηγό και ένα για τους επιβάτες).



ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΟΔΗΓΟΥ



ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΒΑΤΩΝ

**Σχήμα 2.26 και Σχήμα 2.27:** Τερματικά MCP (Πηγή: Peter christ , “Multimedia-Car Platform”, T-Nova Deutsche Telecom, IST 2000).

Το MCP, προσφέρει λοιπόν μια mobile-in car-software πλατφόρμα, βασισμένη στο MHP και υπόσχεται πολλές υπηρεσίες, που αυτήν τη στιγμή σχεδιάζονται από τις διάφορες εταιρίες. Το έτος 2002, έκανε την πρώτη του εμφάνιση σαν ένα υβριδικό δίκτυο, αλλά με σταθερή (fixed) κατανομή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, ανάμεσα στα δύο διαφορετικά δίκτυα DVB και UMTS (επίσης και 1G τερματικό του αμαξιού). Ένα σημαντικό μειονέκτημα του MCP, είναι η σταθερή κατανομή του φάσματος. Αυτήν τη χρονιά, το 2005, γίνονται νέες μελέτες για το MCP.

Ας σημειώσουμε εδώ, ότι στη σταθερή διανομή του φάσματος, σε κάθε σύστημα, αντιστοιχούν συγκεκριμένες συχνότητες. Ενώ στη δυναμική διανομή του φάσματος, ανάλογα με το φορτίο των συστημάτων, της κίνησης και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης χρονικής στιγμής, χρησιμοποιούνται οποιεσδήποτε συχνότητες (συγκεκριμένοι ράδιο-διάυλοι), έτσι ώστε να διευκολύνεται η μεταφορά των υπηρεσιών.

Βασισμένοι πάνω στο ερευνητικό πρόγραμμα MCP (αλλά και στο ερευνητικό πρόγραμμα MEMO), διάφοροι οργανισμοί και εταιρίες, όπως οι Ericsson, Nokia, Teracom, Vodafone, BBC, Bosch, Daimler Chrysler κτλ, ανέπτυξαν ένα άλλο, πιο βελτιωμένο ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα για μέσα μαζικής μεταφοράς, το «DRIVE».

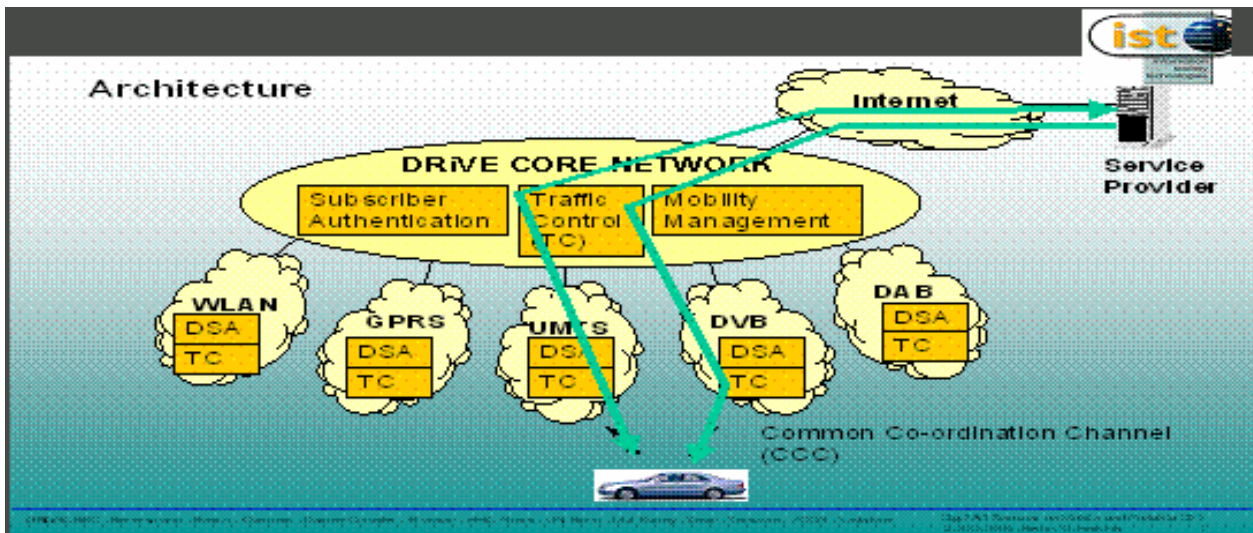


### 2.9.6. Αρχιτεκτονική του ερευνητικού προγράμματος DRIVE (Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Environment).

Το DRIVE αποτελείται από τα αρχικά της πρότασης Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Environment. Το ερευνητικό πρόγραμμα DRIVE αφορά στην παράδοση multi-radio και υψηλής ποιότητας multimedia υπηρεσιών (IP πακέτα) στα οχήματα.

Η ομάδα του DRIVE αντιλήφθηκε ότι ένα από τα πιο σημαντικά σημεία στη συνεργασία των δύο δικτύων DVB & UMTS, είναι η κατανομή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (spectrum allocation). Πρώτη προτεραιότητά της, ήταν η έρευνα για τη συνύπαρξη των δύο διαφορετικών συστημάτων σε ένα κοινό πεδίο συχνότητας (common frequency range), με δυναμικό διαχωρισμό του φάσματος (dynamic spectrum allocation-DSA). Βέβαια, έρευνησαν και τη συνεργασία των δύο διαφορετικών δικτύων, από την άποψη του συνολικού δικτύου (network) και νέων υπηρεσιών που προκύπτουν. Το σημαντικό στοιχείο που εισάγει το DRIVE, είναι το κανάλι CCC (Common Coordination Channel), που στο συνδυασμό των συστημάτων DVB και UMTS, υποστηρίζει κατανομή της κίνησης (traffic distribution) ανάμεσα στα δύο συστήματα, αλλά και με τη λειτουργία του, υποστηρίζει ένα δυναμικό διαχωρισμό του φάσματος. Με το δυναμικό διαχωρισμό του φάσματος που υποστηρίζει το CCC, έχουμε πολλά πλεονεκτήματα από την εναλλαγή της προσωρινής μεταβολής στις συχνότητες (μείωση καθυστέρησης κτλ), αλλά και το πλεονέκτημα ότι έτσι επιτρέπει πιο οικονομικές υπηρεσίες.

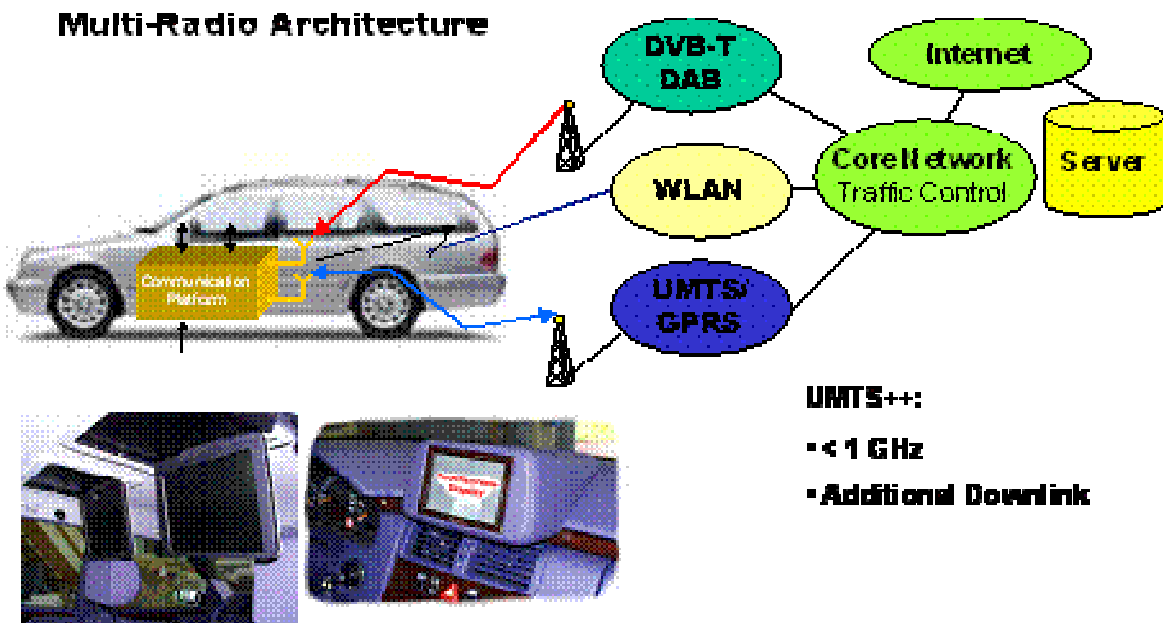
Η όλη αρχιτεκτονική αυτής της ιδέας για χρησιμοποίηση DSA και CCC, φαίνεται στο(σχήμα2.28.α)



**Σχήμα 2.28.α:** Αρχιτεκτονική του DRiVE (Πηγή: Ralf Keller, “Dynamic Radio for IP-services in Vehicular Environments”, Ericsson Eurolab Deutschland, IST 2000).



Όσον αφορά την αρχιτεκτονική του δικτύου, που υλοποιείται από τη συνεργασία των δύο συστημάτων, αυτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η φιλοσοφία του είναι η γνωστή, interactive broadcast υπηρεσίες, με κινητό κανάλι επιστροφής (UMTS). Βέβαια, με την εισαγωγή του CCC (Common Coordination Channel), έχουμε έλεγχο της κίνησης, με αποτέλεσμα την υποστήριξη για ασύμμετρη κίνηση (έχουμε ασύμμετρο δίκτυο).



**Σχήμα 2.28.β:** Αρχιτεκτονική του Drive

Αξίζει να σημειωθεί, ότι και ένα άλλο ερευνητικό πρόγραμμα, το MEMO, παρουσίασε κι αυτό interactive ασύμμετρες multi-radio υπηρεσίες. Αλλά, η σταθερή κατανομή της κυκλοφορίας (fixed traffic distribution) και η διανομή του φάσματος που χρησιμοποίησε (fixed spectrum allocation), αποδείχθηκαν ανεπαρκείς να καλύψουν τις υπηρεσίες multi-radio.

Αντίθετα, το πρόγραμμα DRIVE, με μια πιο αποδοτική κατανομή του φάσματος και της κυκλοφορίας, όπως προαναφέρθηκε, αλλά και με αναπτυσσόμενες υπηρεσίες που στοχεύουν στις ικανότητες του δικτύου, παρουσιάστηκε πιο έτοιμο να καλύψει τις υπηρεσίες multi-radio και multimedia.

Βέβαια, οι υπηρεσίες που προσφέρει το DRIVE, είναι σαν αυτές που προσφέρει και το MCP: Mobile office («κινητό γραφείο»), City Guide (οδηγός πόλης) και Πληροφορίες ταξιδιού. Το ερευνητικό πρόγραμμα DRIVE, με τον τρόπο λειτουργίας του, υπόσχεται πολλά και προσφέρει ανεκτίμητες πληροφορίες σε διάφορα τεχνικά και time scale θέματα, για τη σύγκλιση του DVB-T ή DAB με τα δίκτυα 3ης γενιάς.

Το DRIVE είναι και αυτό σε φάση εξέλιξης. Βέβαια, ερευνητικά προγράμματα για προσφορά υπηρεσιών από το συνδυασμό των δύο συστημάτων, δεν έχουν αναπτυχθεί μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά έχουν γίνει και σε άλλες χώρες εκτός Ε.Ε., όπως είναι η Σιγκαπούρη, που γίνονται προσπάθειες να καθιερωθεί η κινητή DVB-T, στα μέσα μαζικής μεταφοράς (τρένα, ταξί, λεωφορεία, πλοία). Ακόμα το πρόγραμμα είναι σε πειραματικό στάδιο, γι' αυτό δεν υπάρχουν

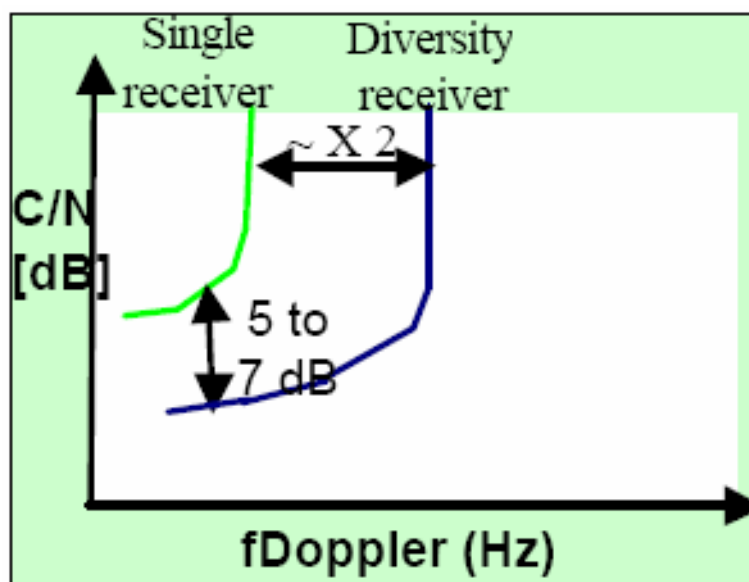
περαιτέρω πληροφορίες για να παρουσιάσουμε, αξίζει όμως να σημειώσουμε ότι έχουν γίνει δοκιμές σε 1.500 λεωφορεία, με θετικά αποτελέσματα. Ο εξοπλισμός των λεωφορείων αποτελείται από set top boxes, φυσικά από κεραιές κινητής λήψης και από οθόνες τεχνολογίας LCD (στα μονά λεωφορεία χρησιμοποιούνται 2 LCD οθόνες και στα διπλά 3 LCD οθόνες).

Ακόμα, η SAMSUNG, βασισμένη στο DAB, παρουσίασε μια πλατφόρμα ειδικά σχεδιασμένη για επίγεια ψηφιακή μετάδοση πολυμέσων (DMB), που χρησιμοποιείται για σταθερούς, κινητούς και φορητούς δέκτες. Τα αρχικά DMB προέρχονται από την πρόταση Digital Multimedia Broadcasting. Βέβαια, η ανάπτυξη και η προώθηση του DMB γίνονται αυτήν τη στιγμή στην Κορέα και δεν έχει καθιερωθεί σαν ευρωπαϊκή τεχνολογία, οπότε δεν θα αναφερθούμε λεπτομερώς σ' αυτήν. Πάντως, είναι ενδιαφέρον να αναφέρουμε, ότι εκτός από τη SAMSUNG και η εταιρία LG Electronics αναμένεται να παρουσιάσει συμβατή με την τεχνολογία DMB, συσκευή.

**2.9.7.Εργαστηριακές μελέτες από τα εξειδικευμένα εργαστήρια (Berkom) σε Βερολίνο,Γαλλία ,Γερμανία,Σινκαπούρη,Ολλανδία,Ταϊβάν και Αγγλία ,τεχνολογία DiBcom.**

Οι εργαστηριακές μετρήσεις που παρατίθενται παρακάτω αφορούν μετρήσεις σε υπαίθριο χώρο που έχουν πραγματοποιηθεί στα εξειδικευμένα εργαστήρια (Berkom)με συμμετοχή των T-System / IRT / Rohde&Schwartz / DiBcom within the framework of EU project CONFLUENT και MCP Forum.

Οι συγκεκριμένες δοκιμές επιβεβαίωσαν τις τεράστιες βελτιώσεις που προκύπτουν απο την συγκεκριμένη έρευνα.



**Σχήμα 2.29:** Αποτελέσματα έρευνας (  $C/N = f(fDoppler)$  )

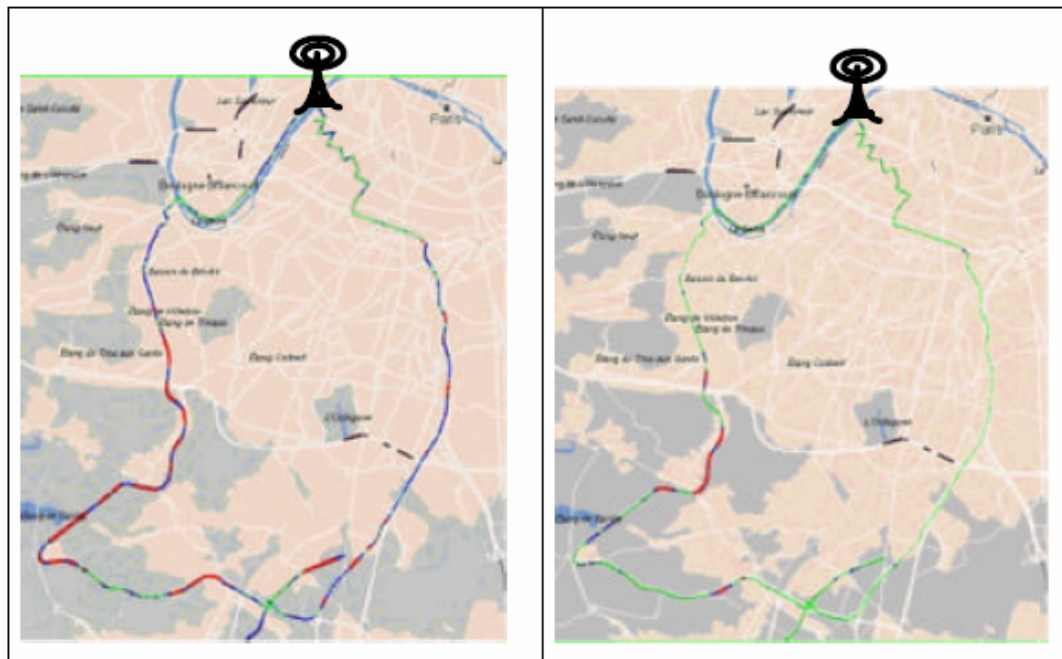
Έναντι ενός ενιαίου δέκτη, η μέγιστη αντισταθμισμένη συχνότητα Doppler είναι: περίπου διπλασιασμένη και η βελτίωση C/N είναι πάνω από 6 DB.

Οι μετρήσεις σε εξωτερικούς χώρους σε διαφορετικές χώρες που πραγματοποιήθηκαν πριν από μερικούς μήνες παρατίθενται παρακάτω.

#### **A. France(Γαλλία)**

(8K, 64-QAM, 1/32, 2/3, 1 transmitter(πομπός) 20 kW, 300m altitude(ύψος), Paris)

Η Γαλλία χρησιμοποιεί 8k/64 qam, η λήψη της κινητής συσκευής βρίσκεται σε περιοχή αρκετά μακριά από το κέντρο της πόλης. Αξίζει να σημειωθεί πως οι κεραίες που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα δεν βρισκόταν σε απόλυτη (κάθετη πόλωση) για ένα οριζοντίως διαβιβασθέν σήμα.

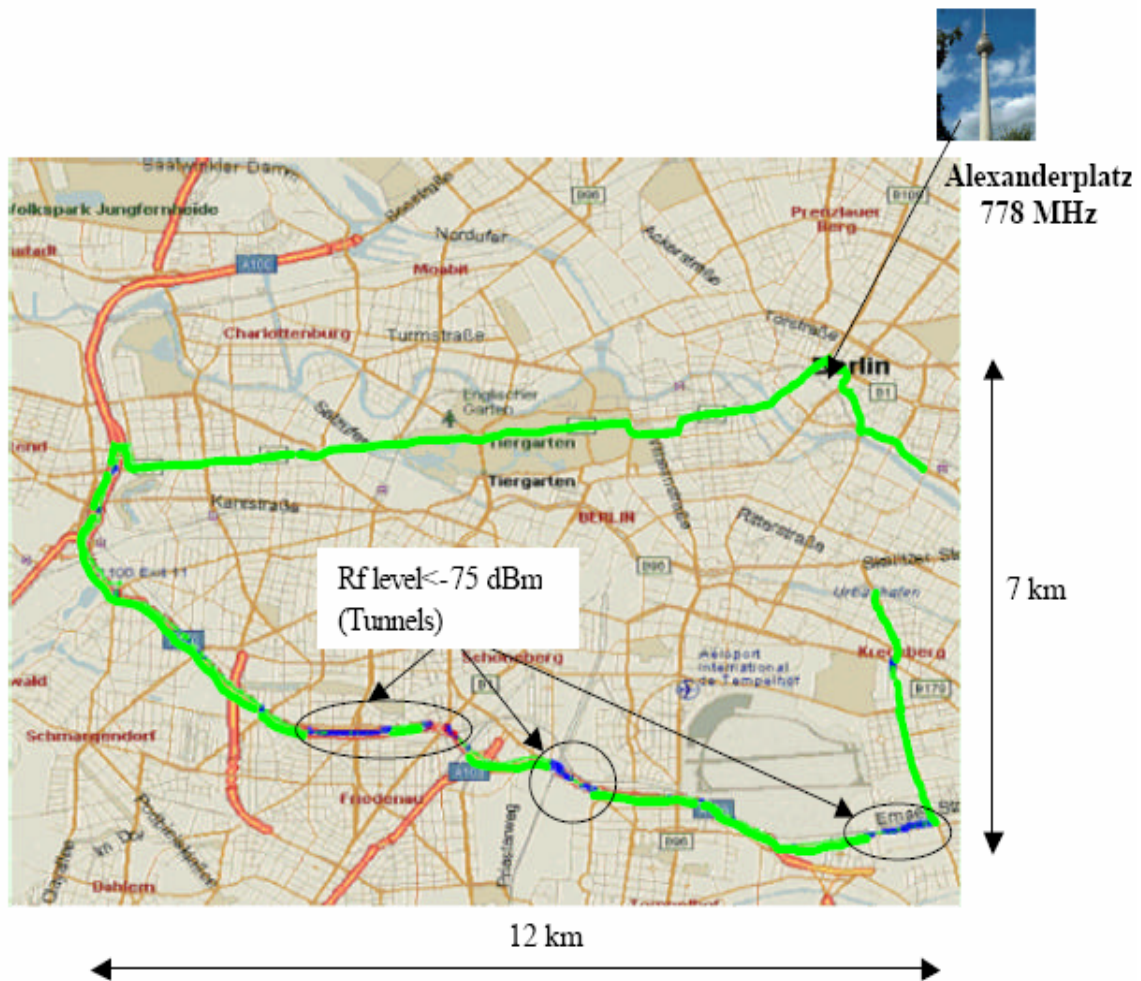


**Σχήμα 2.30:** Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης στο Παρίσι και στα προάστια, αριστερά (αρχικά πριν την έρευνα) και δεξιά (μετά την έρευνα). Ο πράσινος αγωγός δείχνει τον αριθμό (0 λανθασμένων πακέτων) MPEG-TS σε μια περίοδο 3 δευτερολέπτων)

## B. Germany(Γερμανία)

- Βερολίνο : 8k, 16QAM, 1/8, 2/3 : 105 km/h at 778 MHz

Στο Βερολίνο η κινητή λήψη στο κέντρο της πόλης παρατηρήθηκε σε σχετικά καλά επίπεδα. Κατά μήκος της νότιας περιοχής η λειτουργία ήταν ικανοποιητική ,εκτός από τις περιοχές που καλυπτόνταν με σήραγγες όπου παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του σήματος. Παρατηρήθηκε πως για μια ταχύτητα 105 km/h το σήμα του βίντεο λαμβανόταν χωρίς φραγμούς για το κανάλι 59 δηλ. RF=778 MHz



Σχήμα 2.31: Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης στην Γερμανία



Πράσινο χρώμα:Κανένα λάθος πακέτων (PER) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3 δευτερολέπτων

Μπλε χρώμα: < 10%( PER) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3s (παρατηρούνται πολύ λίγες απώλειες σήματος)

Κόκκινο χρώμα: > 10%( PER) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3s ( αντιστοιχεί σε κακή τηλεοπτική ποιότητα)

- Εθνική οδός του Αννόβερου Braunschweig (2K, 16qam, 1/8, 2/3),

Στο Αννόβερο, έχουν γίνει δοκιμές για κινητή λήψη για την περίπτωση που ο κινητός σταθμός κινείται στα 150 km/h και να παρατηρηθούν μηδαμίνες λήψεις λανθασμένων πακέτων.

### C. Singapore(Σιγκαπούρη)

(2K, QPSK, 1/4, 2/3 – TVMobile) and (2K, 16-QAM, 1/8, 3/4 –Channel 5)



Σχήμα 2.32: Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης στην Σιγκαπούρη.

Στην Σιγκαπούρη ήταν η ευκολότερη θέση με 11 συσκευές αποστολής σημάτων SFN μεταδίδοντας ραδιοφωνικά την μέθοδο QPSK, δεν ανιχνεύθηκε κανένα λάθος πακέτων ακόμα και οδηγώντας στα εσωτερικά και στα ανοικτά κτήρια χώρων στάθμευσης.

### D.Netherland(Ολλανδία)

-Αμστερνταμ (8k, 64QAM, 2/3, 1/8)

Παρατηρήθηκε υψηλή ποιότητα βίντεο μέχρι 130 km/h ακόμη και για 8k,για 64QAM μέθοδο.



Σχήμα 2.33: Αποτελέσματα έρευνας κινητής λήψης(DVB-T) στο Αμστερνταμ

**Πράσινο χρώμα:**Κανένα λάθος πακέτων (PER) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3 δευτερολέπτων

**Μπλε χρώμα:** < 10%( PER) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3s (παρατηρούνται πολύ λίγες απώλειες σήματος)

**Κόκκινο χρώμα:** > 10%( PER) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 3s ( αντιστοιχεί σε κακή τηλεοπτική ποιότητα)

#### **E. Taiwan (Ταϊβάν)** (8K, 16qam, 1/8, 1/2)

Παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα όπως στη Γερμανία,με μέγιστη ταχύτητα τα 100 km/h.

#### **F. UK(Αγγλία)** (2K, 64qam, 1/32, 2/3) και (2K, 16qam, 1/32, 2/3)

Στο κέντρο της πόλης του Λονδίνου (Piccadilly, Hyde πάρκο, Kensington),με τη μέθοδο (2K, 64QAM, 1/32, 2/3),παρατηρήθηκε σχετικά καλή λήψη σήματος.Υπήρχε η δυνατότητα να αποδιαμορφωθεί και να μετρηθούν καλά τα νέα κανάλια 16qam.Στη μετάδοση των προγραμμάτων που μεταδίδονταν ραδιοφωνικά το ποσοστό λάθους bit error rate and the Packet Error rate εκείνου των 16 QAM MUX ήταν πραγματικά καλύτερο από εκείνο στα 64 QAM.

#### **Τεχνολογία DiBcom**

##### A.DiBcom DIB3000-M 2k/8k COFDM



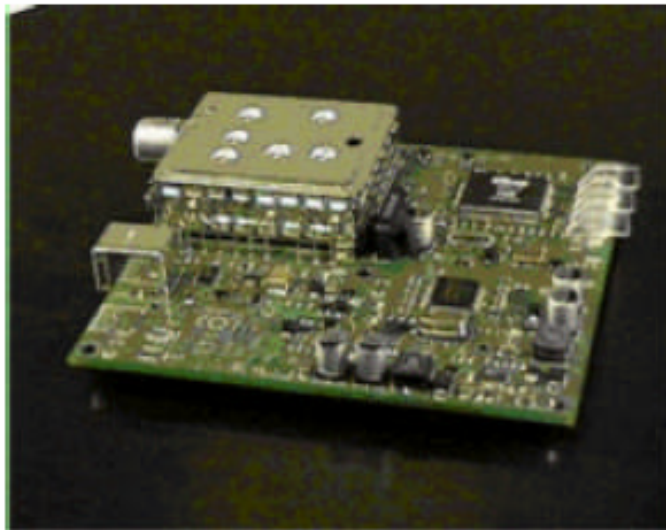
**Σχήμα 2.34:** Κύκλωμα αποδιαμορφωτή

Κύκλωμα αποδιαμορφωτή(IC), τεχνολογίας CMOS που προσφέρει υψηλές αποδόσεις για κινητές, και φορητές λήψεις των ψηφιακών επίγειων τηλεοπτικών σημάτων υποστηριζόμενος από το πρότυπο NORDIG II.

### Προσφέρει

- Ενισχυμένες αποδόσεις πέρα από τα κανάλια multipaths(βελτίωση μέχρι 3 DB για τα κανάλια Rayleigh)
- Πολύ υψηλή δυναμική περιοχή εισαγωγής (μέχρι 70 DB) εξαιτίας (dual IF/RF AGC control)
- Ακριβής εκτίμηση καναλιών ακόμη και για την υψηλή μετατόπιση συχνότητας Doppler (up to 80Hz for 8k, 64 QAM modes, δηλ 150 km/h at RF 600 MHz)
- Καταστολή της παρέμβασης μεταφορέων (ICI) που οφείλεται σε κινητό περιβάλλον εξαιτίας "της FFT" ("FFT leakage suppression")

### B.MOD 3000 DVB-T / USB module:



**Σχήμα 2.35:** MOD 3000 DVB-T / USB

Προσφέρει τη δυνατότητα παροχής επίγειας ψηφιακής TV DVB-T στο PC.





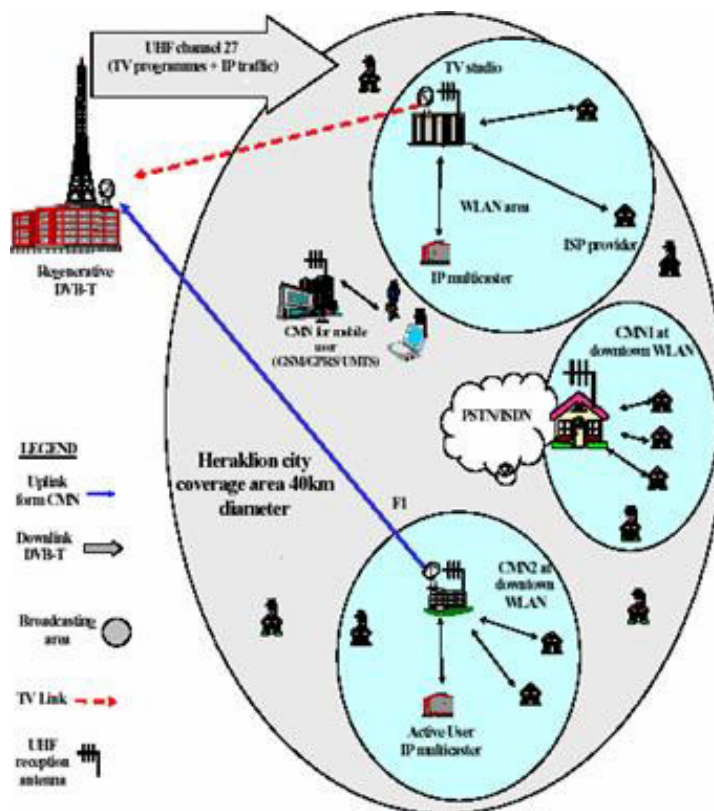
**Σχήμα 2.36** :Σύνδεση με P.C

Το MOD 3000 DVB-T χρησιμοποιεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα αποδιαμορφωτων DIB3000-M 2k/8k COFDM για να προσφέρει υψηλή απόδοση για τη φορητή και σταθερή λήψη των ψηφιακών επίγειων τηλεοπτικών σημάτων.

#### **2.9.8. Ο βασικός στόχος του προγράμματος(*Project ATHENA (FP6-507312)*) και οι προοπτικές στην Ελλάδα.**

Είδαμε ότι διάφορες εφαρμογές και πειραματικές δοκιμές, λαμβάνουν χώρα αυτόν τον καιρό, για να υποστηρίξουν και να χρησιμοποιήσουν τη συνεργασία των δύο διαφορετικών τεχνολογιών: Broadcasting (μετάδοσης) και τηλεπικοινωνιών. Αξίζει να σημειωθεί εδώ, ότι και η Ελλάδα, μέσω του Κέντρου Τεχνολογικής Έρευνας Κρήτης και του Δημόκριτου, λαμβάνει χώρα σ' ένα σημαντικό project, σχετικό με την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Συγκεκριμένα, συμμετέχουν στο project ATHENA (Digital Switchover: Developing Infrastructures for Broadband Access, FP6-507312), που υλοποιείται από 12 partners και αποτελείται από broadcasters, διαχειριστές δικτύων 3ης γενιάς, Βιομηχανίες, Εταιρείες, Ερευνητικά Κέντρα, Πανεπιστημιακά Ιδρύματα από διάφορες χώρες. Το ATHENA, θεμελιώνει μια πολύ σοβαρή προσέγγιση στο θέμα και πραγματοποιεί στο Ηράκλειο της Κρήτης (στο Κέντρο Τεχνολογικής Έρευνας, σε συνεργασία με το ΑΤΕΙ Κρήτης, μέσω του τμήματος εφαρμοσμένης πληροφορικής και πολυμέσων), μία εκτεταμένη δοκιμή, υπό πραγματικές συνθήκες (large-scale real-conditions trial).

Καθώς το digital switchover είναι προ των πυλών, το ερευνητικό πρόγραμμα ATHENA (Digital Switchover: Developing Infrastructures for Broadband Access, FP6-507312) παρουσιάζει και μελετά την προοπτική της χρήσης του DVB-T ως δικτύου κορμού για παροχή αμφίδρομων ευρυζωνικών υπηρεσιών.



**Σχήμα 2.37 :** Το ATHENA project, στο Ηράκλειο της Κρήτης (Πηγή : [www.ist-athena.org](http://www.ist-athena.org)).

Ο βασικός στόχος του προγράμματος ATHENA είναι να προωθήσει και να επικυρώσει την κατάλληλη υιοθέτηση της ψηφιακής μεταστροφής (digital switchover) (DSO), δηλ. την ανάλογη μορφή μετάβασης στην ψηφιακή αναμετάδοση στο UHF. Το πρόγραμμα ATHENA προχωρά ένα βήμα παραπάνω πώς να επιτρέψει στην DVB-T τεχνολογία όχι μόνο την χρήση ,για λήψη ψηφιακής TV, αλλά και για παροχή υπηρεσιών όπως Διαδίκτυο, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο,e-mail, IP-TV, IP-Radio, Video-on-Dem

Σε γενικές γραμμές, το πρόγραμμα ATHENA παρουσιάζει και μελετά την προοπτική χρήσης του DVB-T ,ως δικτύου κορμού, για παροχή αμφίδρομων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Να αναφέρουμε ενδεικτικά, μερικά βασικά σημεία, που ερευνά και προσπαθεί να επιτυγχάνει το Digital Switchover.

- Να παρέχει ευρυζωνική πρόσβαση για όλους (broadband access for all).

- Να καλύψει το κενό στην επέκταση των ευρυζωνικών υποδομών πρόσβασης, ειδικά στις λιγότερο ευνοϊκές περιοχές, διασυνδέοντας σταθερούς, ασύρματους, 3G και NGN (next generation network nodes) κόμβους.

- Να δώσει τη δυνατότητα ώστε κάθε ενεργός χρήστης να μπορεί να λάβει μια συγκεκριμένη υπηρεσία από τον provider (e -business κτλ) κ.ά.

Το πρόγραμμα ATHENA είναι ένα από τα μοναδικά προγράμματα που εξετάζουν τη σύγκλιση της ψηφιακής μετάδοσης και της τεχνολογίας των τηλεπικοινωνιών,για να παρέχει ευρυζωνική υποδομή

σε κοινότητες, που δεν καλύπτονται ικανοποιητικά από τα συμβατικά δίκτυα τηλεπικοινωνιών, για να γεφυρώσουν την ύπαρξη της ψηφιακής τεχνολογίας εκεί που την καθιστά σχεδόν αδύνατη

## **2.10. Η επόμενη γενιά υπηρεσιών «Mobile TV» - DVB-H τεχνολογία.**

### **2.10.1.Εισαγωγή**

Η ψηφιοποίηση των παραδοσιακών συστημάτων εκπομπής (broadcast systems) παρουσιάζει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Η ανάπτυξη αυτή μπορεί να σχετισθεί με την παρουσία του DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) που αποτελεί ένα πρότυπο ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης και βρίσκεται ήδη σε λειτουργία σε 71 χώρες του πλανήτη

Η επιλογή του DVB-T βασίσθηκε σε σημαντικά χαρακτηριστικά του προτύπου, όπως 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.

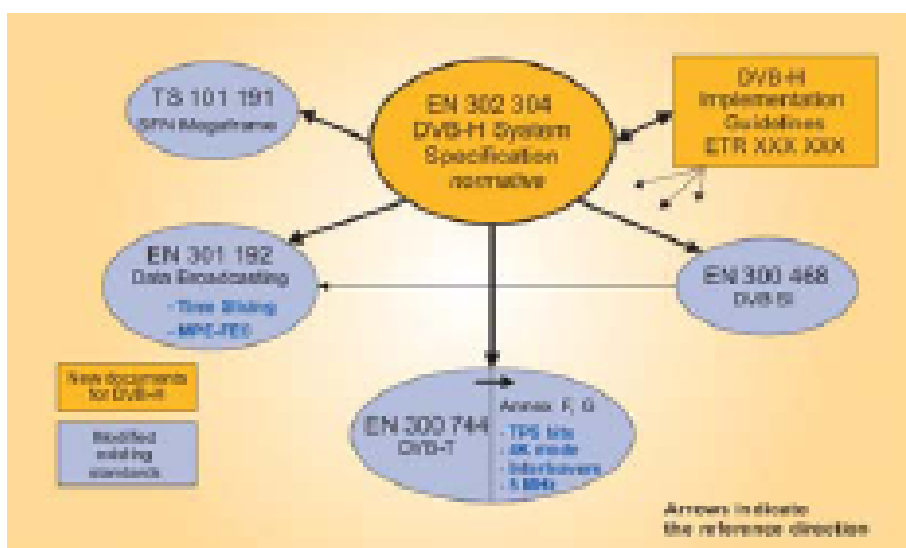
Συγκεκριμένα, η δυνατότητα πρόσβασης κινητών τερματικών μέσω ασύρματων point-to-multipoint συνδέσμων, η ευρεία γεωγραφική κάλυψη και η υψηλή χωρητικότητα μετάδοσης που προσφέρει το DVB-T, αποτελούν στοιχεία που κέντρισαν το ενδιαφέρον της βιομηχανίας. Το διεθνές DVB Project ικανοποίησε αυτό το ενδιαφέρον 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 κυβελωτών 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).

Στην Ελλάδα, όπως και σε πολλές άλλες χώρες, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας παρέχουν στους πελάτες τους υπηρεσίες Mobile TV, οι οποίες επιτρέπουν την παρακολούθηση τηλεοπτικών προγραμμάτων, είτε ζωντανά, είτε κατά απαίτηση (on-demand). Για την υλοποίηση των συγκεκριμένων υπηρεσιών στην χώρα μας, οι εταιρίες εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα της υποδομής που παρέχουν τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης και τρίτης γενιάς. Ουσιαστικά, πρόκειται για εφαρμογές video-streaming, όπου τα τηλεοπτικά προγράμματα μεταφέρονται ως κωδικοποιημένα δεδομένα, ξεχωριστά στον κάθε αποδέκτη. Στην παρούσα μορφή της (Μάρτιος 2006) οι υπηρεσίες Mobile TV δε φημίζονται για την ποιότητά τους, ενώ οι εταιρίες υποχρεούνται να «καταναλώνουν» αρκετούς από τους πολύτιμους πόρους των δικτύων τους, για να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα πολλούς συνδρομητές, αφού για κάθε ξεχωριστή λήψη απαιτείται και... ξεχωριστή εκπομπή. Το DVB-H ή Digital Video Broadcasting - Handheld υπόσχεται να αλλάξει την παρούσα

κατάσταση, αφού θα επιτρέψει την ευρυεκπομπή (broadcasting) τηλεοπτικού σήματος υψηλότερης ποιότητας, ενώ πλέον τα απαραίτητα ψηφιακά δεδομένα θα εκπέμπονται μόνο μια φορά από ένα δίκτυο πομπών για όλους τους «θεατές» - όπως άλλωστε συμβαίνει και με την επίγεια ή τη δορυφορική τηλεόραση.

### 2.10.2. Προτυποποίηση (Standardization)

Το πρότυπο DVB-H δεν περιγράφεται από ένα μοναδικό κείμενο αλλά ορίζεται από μια οικογένεια προγενέστερων προτύπων του ETSI (σχήμα 2.38), τα οποία χρειάστηκαν τροποποιήσεις ώστε τελικά να σχηματισθεί το νέο σύστημα .



**Σχήμα 2.38:** Τα προγενέστερα πρότυπα του ETSI

- 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

### 2.10.3. 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

### 2.10.4. Περιγραφή λειτουργίας του DVB-H και η συμβατότητα του με το DVB-T.

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

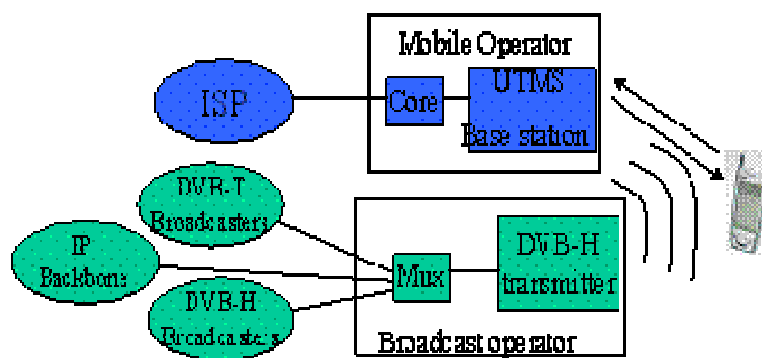
Μολονότι το DVB-T έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξίσου ικανοποιητικά από εξειδικευμένους τηλεοπτικούς δέκτες, αλλά και από φορητές ή κινητές συσκευές, το DVB-H θα έπρεπε να κάλυπτε τις συγκεκριμένες ανάγκες που παρουσιάζονται κατά την παρακολούθηση τηλεοπτικού προγράμματος εν κινήσει. Αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Καθώς οι φορητές συσκευές τροφοδοτούνται από μπαταρίες, το σύστημα εκπομπής θα έπρεπε με κάποιον τρόπο να επιτρέψει σε αυτές να απενεργοποιούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα το δέκτη τους, ώστε να εξοικονομείται πολύτιμη ενέργεια.

- Εφόσον το DVB-H απευθύνεται σε χρήστες που βρίσκονται εν κινήσει, το σύστημα εκπομπής θα έπρεπε να διευκολύνει την πρόσβαση στις παρεχόμενες υπηρεσίες του, ακόμη και όταν ο δέκτης «αποχωρεί» από μια κυψέλη εκπομπής και συνδέεται με κάποια άλλη.
- Καθώς αναμένεται να γίνει η χρήση του σε διαφορετικά και σύνθετα περιβάλλοντα (εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους, κατά τη διάρκεια κίνησης με όχημα), το σύστημα DVB-T εκπομπής θα έπρεπε να παρέχει ικανοποιητική ευελιξία, ώστε να επιτραπεί η παροχή υπηρεσιών σε διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, ενώ παράλληλα θα έπρεπε να βελτιστοποιείται η ακτίνα κάλυψης του εκάστοτε πομπού.
- Καθώς οι υπηρεσίες DVB-T θα χρησιμοποιούνται σε «θορυβώδη» από άποψη ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών περιβάλλοντα, το σύστημα εκπομπής θα έπρεπε να έχει έναν αρκετά προηγμένο μηχανισμό για την ελαχιστοποίηση των λαθών και τη βελτιστοποίηση της λήψης.
- Εφόσον το DVB-T πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές περιοχές του πλανήτη, θα έπρεπε να υπήρχε η απαιτούμενη ευελιξία σχετικά με την χρήση των συχνοτήτων, αλλά και με διαφορετικές ζώνες εύρους.

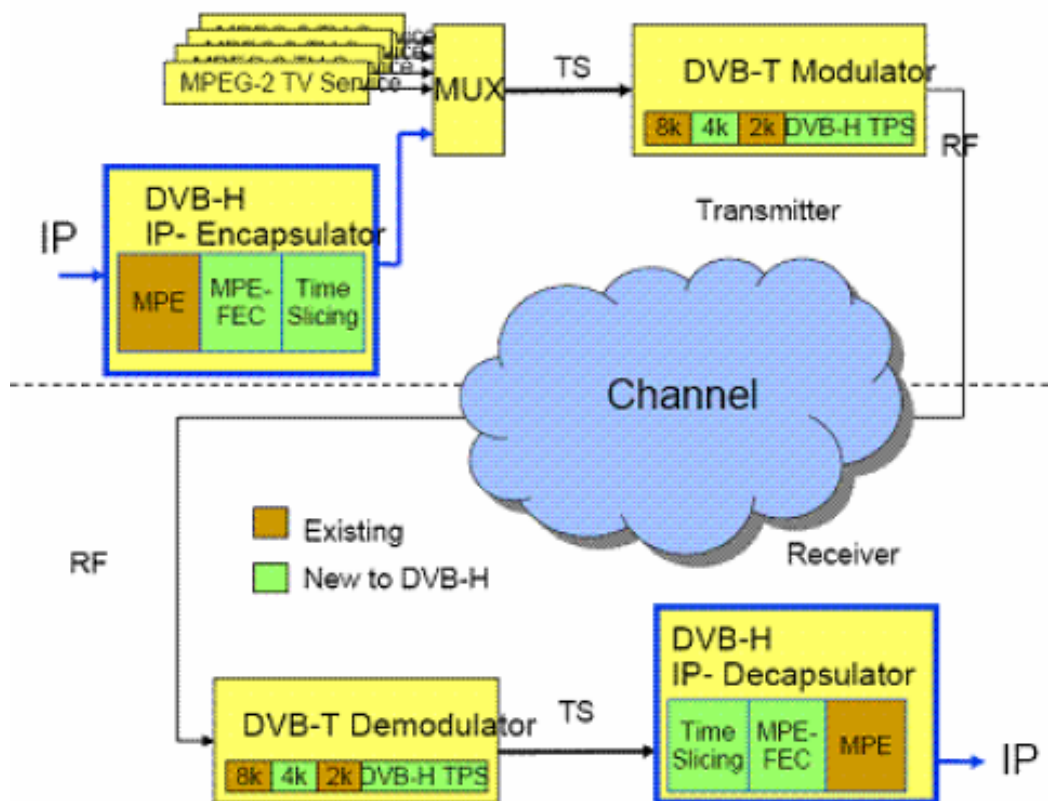
Αντίθετα με το DVB-T, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για την εκπομπή επίγειου ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος, το DVB-T, όπως αποδεικνύεται από την παραπάνω λίστα, έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπεται η λήψη των εκπομπών από φορητές συσκευές, ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους. Για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός πυκνού δικτύου πομπών, χαμηλότερης ισχύς από αυτό ενός δικτύου DVB-T.

Όπως το DVB-T, έτσι και το DVB-H, μπορεί να χρησιμοποιήσει το κανάλι των 6 είτε 7 είτε 8MHz για τη λειτουργία του. Παρόλα αυτά, υπάρχει και η επιλογή για κανάλι 5MHz, ειδικά για χρήστες που βρίσκονται σε non-broadcast περιβάλλον. Το κλειδί της διατήρησης των αρχικών προδιαγραφών του και των ειδικών χαρακτηριστικών του DVB-H, είναι ότι συνυπάρχει με το DVB-T στην ίδια πολυπλεξία. Έτσι, ο operator μπορεί να έχει δύο υπηρεσίες DVB-T και μία υπηρεσία DVB-H συνολικά, στην ίδια πολυπλεξία DVB-T



**Σχήμα 2.39:** Κοινή πολυπλεξία DVB-T και DVB-H (Πηγή: Jukka Henriksson, Barry Tew, "IP broadcasting to handheld devices based on DVB-T", 2004).

Η τεχνολογία DVB-H (όπως προαναφέρθηκε) προορίζεται πρώτιστα για τη χρήση με το σύστημα DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial), είναι όμως δυνατόν να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα καθώς το DVB-H πρέπει να κάλυψει τις συγκεκριμένες ανάγκες που παρουσιάζονται κατά την παρακολούθηση τηλεοπτικού προγράμματος εν κινήσει. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται πως το DVB-H σύστημα προσθέτει μόνο μερικά μέρη στο υπάρχον σύστημα του DVB-T.



**Σχήμα 2.40 :** Διάγραμμα μετάδοσης (DVB-H) .

Στο DVB-T είχαμε να επιλέξουμε μεταξύ ταχύτητας και ικανότητας κάλυψης, είτε μικρής περιοχής είτε μεγάλης περιοχής, μονοσυχνοτικού δικτύου (SFN). Με τη μορφή 2k-mode είχαμε υψηλή ταχύτητα, αλλά ικανότητα για μικρό μονοσυχνοτικό δίκτυο (SFN), ενώ αντίθετα στο 8k-mode είχαμε μικρή ταχύτητα, αλλά ικανότητα για κάλυψη μεγαλύτερου μονοσυχνοτικού δικτύου (SFN).

Το DVB-H, δεν χρειάζεται να κάνει συμβιβασμό μεταξύ ταχύτητας και κάλυψης γεωγραφικής περιοχής του SFN, λόγω της προσθήκης ενός νέου mode, το 4k mode, το οποίο έχει το πλεονέκτημα των 3.409 ενεργών φερόντων σημάτων (carriers). Το 4k-mode αντιμετωπίζει και πιο αποτελεσματικά την ενδοσυμβολική παρεμβολή, από τα 8k και 2k.



Τα νέα στοιχεία αφορούν

#### Α)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.

#### β)TPS Signalling Bits

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

#### γ)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 2) 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 ( $\mu$ s)	224	448	896
Guard interval duration ( $\mu$ s)	7,14,28,56	14,28,56,112	28,56,112,224
Carrier spacing (kHz)	4.464	2.232	1.116
Maximum distance of transmitters (km)	17	33	67

**Πίνακας2:** Οι τιμές παραμέτρων για τα τρία διαθέσιμα modes μετάδοσης

Το 4K mode αποτελεί ένα συμβιβασμό ανάμεσα στα άλλα δύο modes. Επιτρέπει διπλασιασμό της απόστασης ανάμεσα στους μεταδότες (33 km) σε σχέση με το 2Kmode (17 km).

Συγκρινόμενο με το 8K mode, είναι λιγότερο ευαίσθητο στο Doppler effect

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 σχεδιαστή 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 πχ. λήψη σε αυτοκινητόδρομους και τρένα ταχείας (high-speed) κυκλοφορίας. Αλγόριθμος μετασχηματισμού που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία σήματος Αναλύεται παρακάτω
- 4K mode: κατάλληλο για κυψέλες μικρής και μεσαίας ακτίνας (μέγιστη απόσταση 33 km ανάμεσα στους μεταδότες). Υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες λήψης και κρίνεται κατάλληλο για τα περισσότερα σενάρια χρήσης του DVB-H πχ. λήψη σε αυτοκινητόδρομους κλπ.
- 8K mode: κατάλληλο για κυψέλες μεγάλης ακτίνας (μέγιστη απόσταση 67 km ανάμεσα στους μεταδότες). Μολονότι υποστηρίζει αρκετά υψηλές ταχύτητες λήψης, δεν αποτελεί καλή επιλογή, όταν η υψηλή ταχύτητα είναι αναγκαία.

#### δ) In-Depth Interleavers

Σε σχέση με τα τρία διαθέσιμα modes, ορίζονται σχήματα διεμπλοκής συμβόλων(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 η 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

#### ε) 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.

#### ζ) 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.

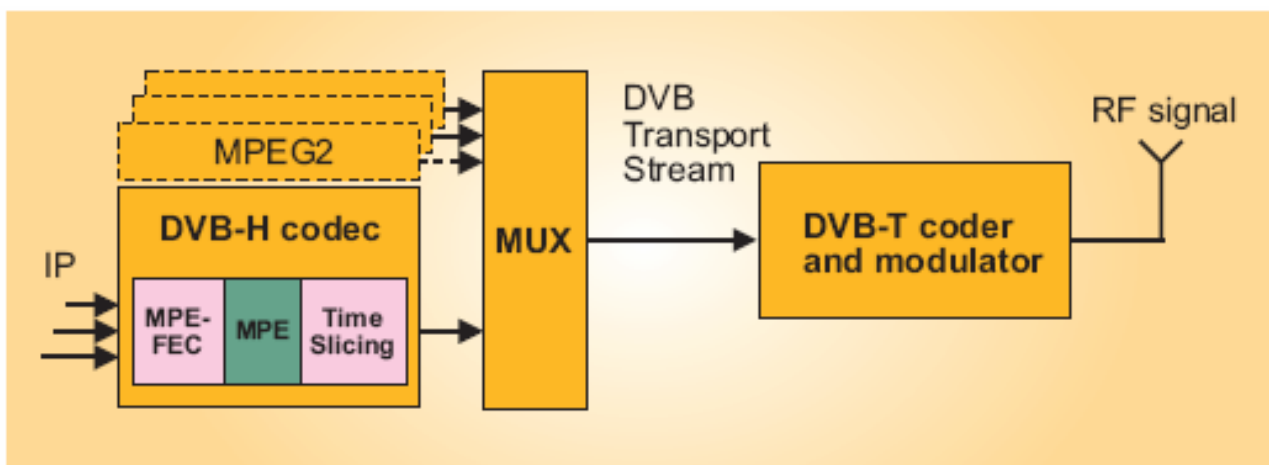
Στην περίπτωση του DVB-H, η ταυτόχρονη πρόσβαση δεν αποτελεί πρόβλημα, διότι το φυσικό επίπεδο του DVB-T αποτελεί μονοπάτι πολυεκπομπής (multicast) προς μια κατεύθυνση μόνο (unidirectional). Το πρόβλημα που παρέμενε όμως, ήταν η μετάδοση πολυμεσικού περιεχομένου (το οποίο μεταφέρεται μέσα σε IP πακέτα) 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.

#### η) 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. Το σύστημα MPE-FEC συμπληρώνει το FEC (Forward Error Correction) του φυσικού επιπέδου, το οποίο βρίσκεται στο υποκείμενο πρότυπο DVB-T. Αποσκοπεί στη μείωση των απαιτήσεων του ποσοστού Signal/Noise (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 2.41).

Σε αντίθεση με άλλα συστήματα μετάδοσης DVB που βασίζονται στο ρεύμα μεταφορών DVB από τα πρότυπα MPEG-2, το σύστημα του DVB-H βασίζεται στο IP (πρωτόκολλο Διαδικτύου). Τα στοιχεία IP βίσκονται ενσωματωμένα στο ρεύμα μεταφοράς με τη βοήθεια της ενθυλάκωσης πολυπρωτοκόλλων (MPE) Στο επίπεδο του MPE, συμπεριλαμβάνεται και το στάδιο forward error correction (FEC). Αυτή η τεχνική αναφάιρεται ως MPE-FEC και είναι η δεύτερη κύρια καινοτομία του DVB-H εκτός από το time slicing και προορίζεται για την μείωση των απαιτήσεων S/N από την φορητή συσκευή. Δοκιμές (το φθινόπωρο του 2004), απέδειξαν ότι η χρήση MPE - FEC έχει ως αποτέλεσμα αυξηθεί το κέρδος περίπου 7 DB σε σχέση με το κέρδος του DVB-T.

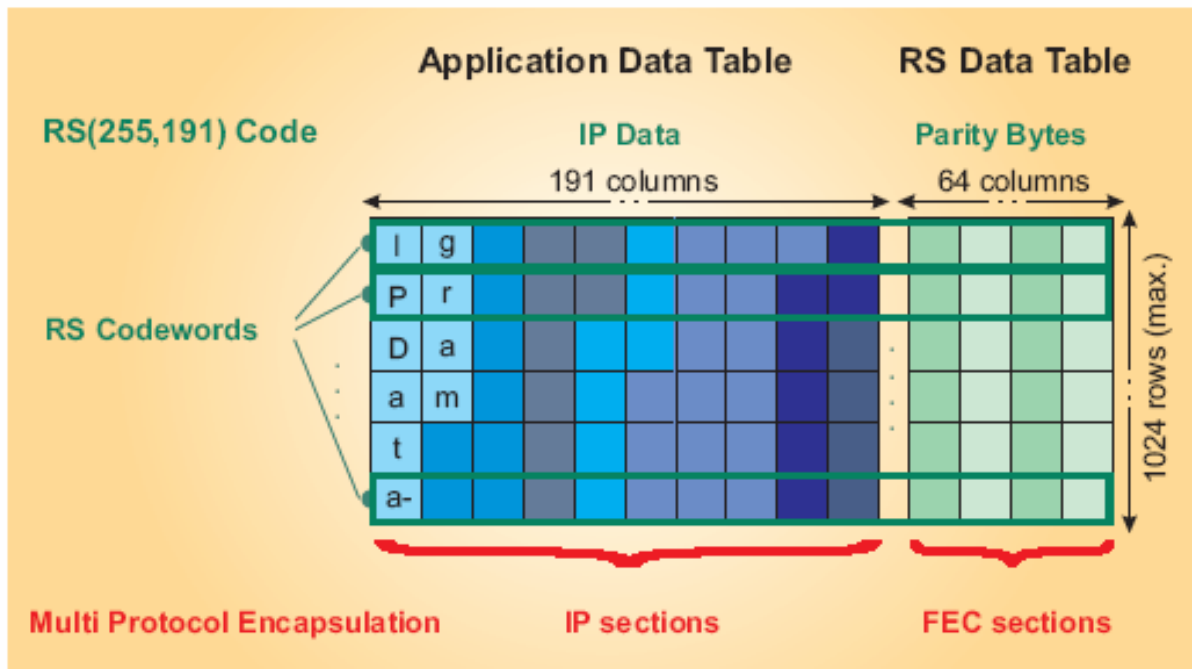
Τα τρία στοιχεία(MPE,time slicing, MPE-FEC)διαμορφώνουν ουσιαστικά την λειτουργία του κωδικοποιητή για στο σύστημα του DVB-H (σχήμα 2.41).



**Σχήμα 2.41:** Σχηματική αναπαράσταση του κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή DVB-H και της συσκευής αποστολής σημάτων

Αρχικά τα στοιχεία εισαγωγής (IP) αξιολογούνται σύμφωνα με τη μέθοδο time slicing. Η προστασία λάθους MPE-FEC εξετάζεται ξεχωριστά και μεμονωμένα στο ρεύμα των στοιχείων εισαγωγής και στην συνέχεια γίνεται η ενθυλάκωση των πακέτων IP και η ενσωμάτωση στο ρεύμα μεταφοράς.

Η κωδικοποίηση MPE-FEC δημιουργεί μια συγκεκριμένη δομή πλαισίων(frames), το πλαίσιο FEC (frame)(σχήμα 2.42)



**Σχήμα 2.42:** MPE-FEC frame structure

Το πλαίσιο FEC αποτελείται από 1024 σειρές και από 255 στήλες, κάθε πλαίσιο (frame cell) αντιστοιχεί σε μια ψηφιολέξη, ενώ το μέγιστο μέγεθος πλαισίων αντιστοιχεί περίπου στα 2 Mbit. Το πλαίσιο είναι χωρισμένο σε δύο μέρη, στο αριστερό μέρος ο πίνακας περιλαμβάνει τα στοιχεία εφαρμογής (191 στήλες) ενώ στο δεξί μέρος ο πίνακας περιλαμβάνει τις 64 στήλες των στοιχείων του RS. ο πίνακας στοιχείων RS περιέχει τις ψηφιολέξεις του κώδικα (RS). Μετά από την κωδικοποίηση, τα πακέτα IP ενσωματώνονται στον πίνακα στοιχείων εφαρμογής με τρόπο που καθορίζεται από τη μέθοδο MPE που στη συνέχεια τα στοιχεία αξιολογούνται από τον RS κώδικα που καθορίζεται από την μέθοδο FEC. Η δομή πλαισίων FEC περιέχει μια "εικονική" επίδραση παρεμβολής (λευκά κουτιά) εκτός από την κωδικοποίηση.

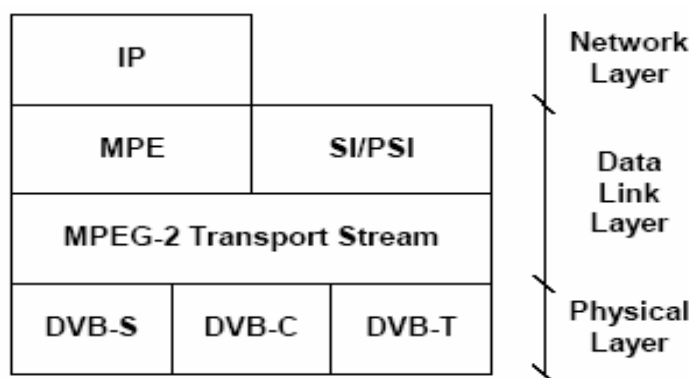
Το γράψιμο και η ανάγνωση από το πλαίσιο FEC (FEC frame) εκτελούνται στην κατεύθυνση των στηλών ενώ η κωδικοποίηση εκτελείται στην κατεύθυνση των σειρών. Από την προσθήκη επιλογής για κωδικοποίηση εμπρόσθιας διόρθωσης σφαλμάτων (Forward Error correction-FEC) στο επίπεδο πολυπλεξίας, οι μεταδόσεις του συστήματος DVB-H γίνονται πιο εύρωστες. Αυτό φυσικά είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα, εάν θυμηθούμε το δύσκολο περιβάλλον και το φτωχό σχεδιασμό των κεραιών των κινητών συσκευών.

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

### **Το πρωτοκόλλο IP όσον αφορά τη μετάδοση DVB.**

Όπως προαναφέρθηκε το IP (Internet Protocol) ταιριάζει απόλυτα τόσο για τα φορητά κινητά τερματικά όσο και με την Time-sliced μετάδοση. Το IPv6 πρωτόκολλο μπορεί να ταιριάζει καλύτερα στο κινητό περιβάλλοντα χώρο (σε σχέση με το IPv4). Εντούτοις, και το time slicing όσο και το MPE-FEC μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με το πρωτόκολλο IPv4 όσο και με το IPv6. Επομένως δεν υπάρχει σημαντική διάκριση στην έκδοση του IP πρωτοκόλλου όσον αφορά τις δύο ιδιότητες της DVB-H τεχνολογία

Στο (σχήμα 4) παρουσιάζεται η γενική μορφή της λίστας πρωτοκόλλου για την παράδοση των στοιχείων IP όσον αφορά τη μετάδοση DVB



MPE = Multiprotocol Encapsulation

SI = Service Information

PSI = Program Specific Information

DVB-S/-C/-T = Digital Video Broadcasting Satellite/Cable/Terrestrial

**Σχήμα 2.43** Γενική μορφή της λίστας πρωτοκόλλου OSI-layers 1 to 3.

Την πρώτη συσκευή που υποστηρίζει το σύστημα DVB-H, παρουσίασε η Nokia. Η συσκευή φαίνεται στα σχήματα 10 και 11 και είναι το μοντέλο Nokia 77



**Σχήμα 2.44.α και Σχήμα 2.44.β:** Συσκευή DVB-H (Πηγή: : Nokia , “IP datacasting Bringing TV to the mobile phone, white paper, 2004).

Η δεξιά πάνω εικόνα (σχήμα 11), μας δείχνει το πίσω μέρος της συσκευής, όπου τοποθετείται η μπαταρία.

Στον παρακάτω (πίνακα 2), απεικονίζονται οι βασικές διαφορές στα χαρακτηριστικά του δέκτη για την υποστήριξη του συστήματος DVB-H και του παραδοσιακού DVB-T.

	DIGITAL TV over DVB-T	IP DATACASTING over DVB-H
Οθόνη	Μεγάλη, οθόνη τηλεόρασης	Μικρή, οθόνη κινητού τηλεφώνου
Κεραία	Μεγάλη, κεραία οροφής	Εσωτερική
Τροφοδοσία ισχύος	Σταθερή, συνεχόμενη	Μπαταρία, περιορισμένη

**Πίνακας 2 :**Χαρακτηριστικά δεκτών των συστημάτων DVB-H και DVB-T.

Το DVB-H είναι μια πολύ καλή πρόταση και αναμένεται να κατακλύσει τη διεθνή αγορά (όπως φαίνεται, θα αντικαταστήσει και το αμερικάνικο σύστημα ATSC, αλλά και το ιαπωνικό σύστημα ISDB-T). Αυτήν τη στιγμή, γίνονται ακόμα πειραματικές δοκιμές για το σύστημα DVB-H, σε διάφορες χώρες, όπως η Φιλανδία και η Γερμανία.

#### 2.10.5 C/N vs Doppler – Αποδοτικότητα Δέκτη σε Κινητή Λήψη

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

Ορίζεται από τον τύπο:

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

Όπου V: ταχύτητα δέκτη

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

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

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

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

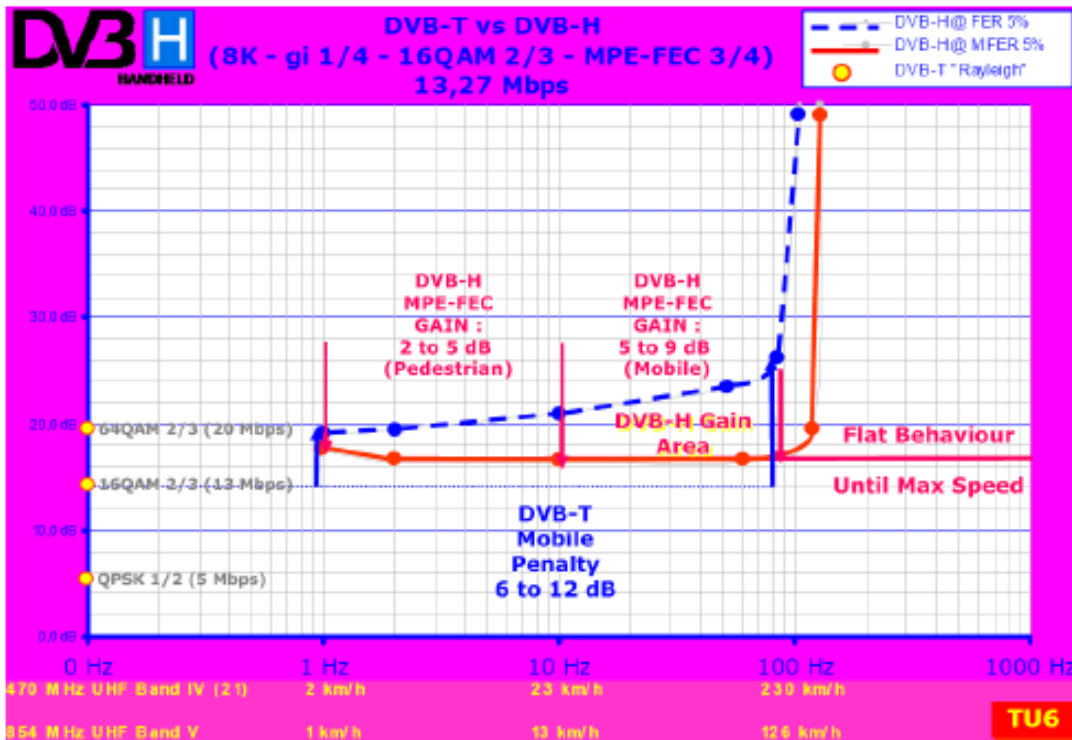
Στην περίπτωση του DVB-H, όπου οι υπηρεσίες λαμβάνονται μέσα σεπροστατευμένες (μέσω MPE-FEC) time-sliced ριπές, ορίζονται τα FER και MFER κριτήρια ως εξής:

- 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 MPE- FEC πλαισίων, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πχ. το κριτήριο MFER5 αντιστοιχεί σε 5% μη-διορθωμένων MPE-FEC πλαισίων.

Τα κριτήρια FER (λήψη χωρίς MPE-FEC διόρθωση) και MFER (λήψη κατόπιν MPE-FEC διόρθωσης) αποτελούν πολύ αξιόπιστες ενδείξεις για την Quality of Restitution κάθε μεταδιδόμενης υπηρεσίας.

Το (σχήμα 2.45) 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.



**Σχήμα 2.45:** Το ποσοστό C/N που απαιτείται από ένα DVB-T (FER5) και από ένα DVB-H (MFER5) δέκτη.

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. Στην περίπτωση του DVB-H, 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.

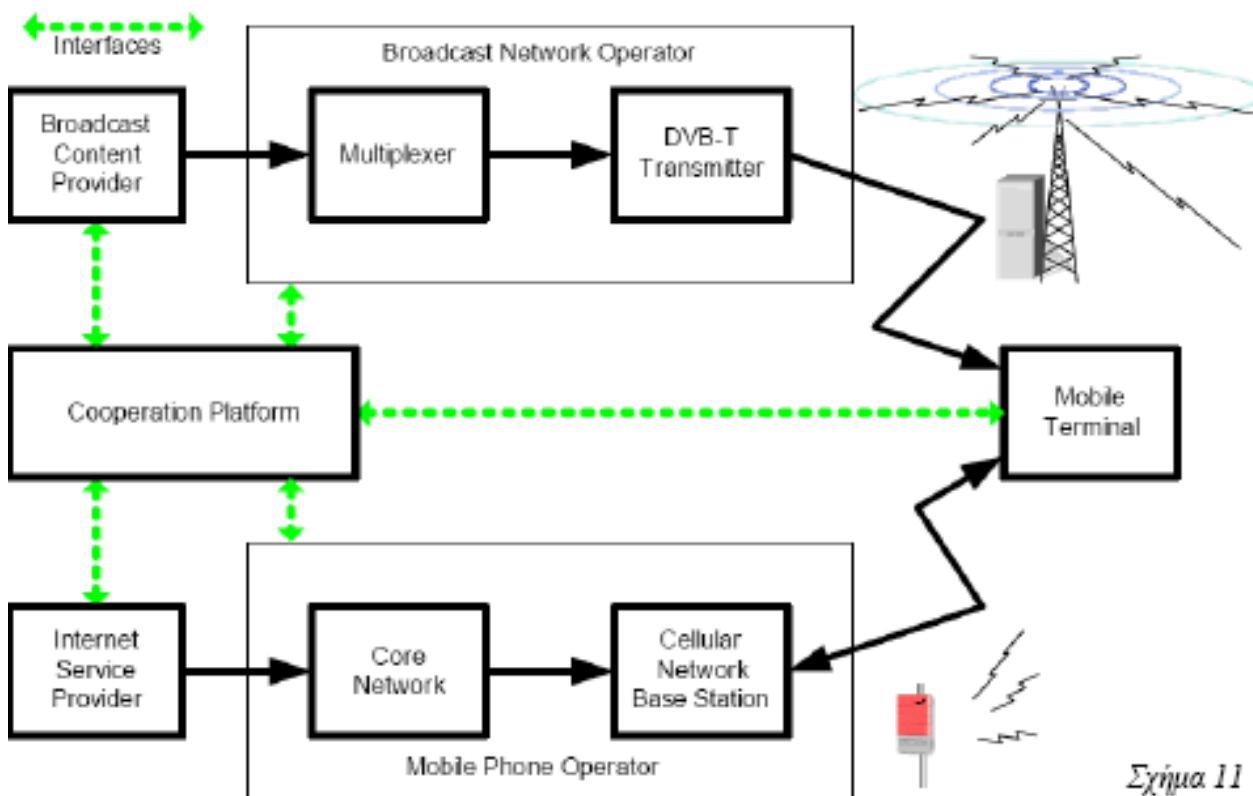
Σε κατάσταση κινητής λήψης (με άνω των 10 Hz Doppler shift), το σχήμα MPE-FEC μειώνει το απαιτούμενο C/N ενώ παράλληλα η ταχύτητα αυξάνεται και επεκτείνεται η μέγιστη ταχύτητα στην οποία η αποδιαμόρφωση παραμένει πιθανή. Σε κατάσταση πεζής (pedestrian) λήψης (μέχρι 10 Hz Doppler shift) τα οφέλη επιτυγχάνονται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

## 2.10.6. DVB-H Δίκτυα

### Επισκόπηση Συστήματος

Η κατασκευή ενός end-to-end DVB-H συστήματος ενδέχεται να απαιτεί χρήση των υπαρχόντων δικτύων κινητής τηλεφωνίας πχ. για την τιμολόγηση των συνδρομητών. Η αρχιτεκτονική ενός συνεργατικού συστήματος μεταξύ mobile και broadcast operators παρουσιάζεται στο (σχήμα 2.46).



Σχήμα 11

**Σχήμα 2.46:** Η αρχιτεκτονική ενός συνεργατικού συστήματος μεταξύ mobile και broadcast operators

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 κυμαλωτό 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.

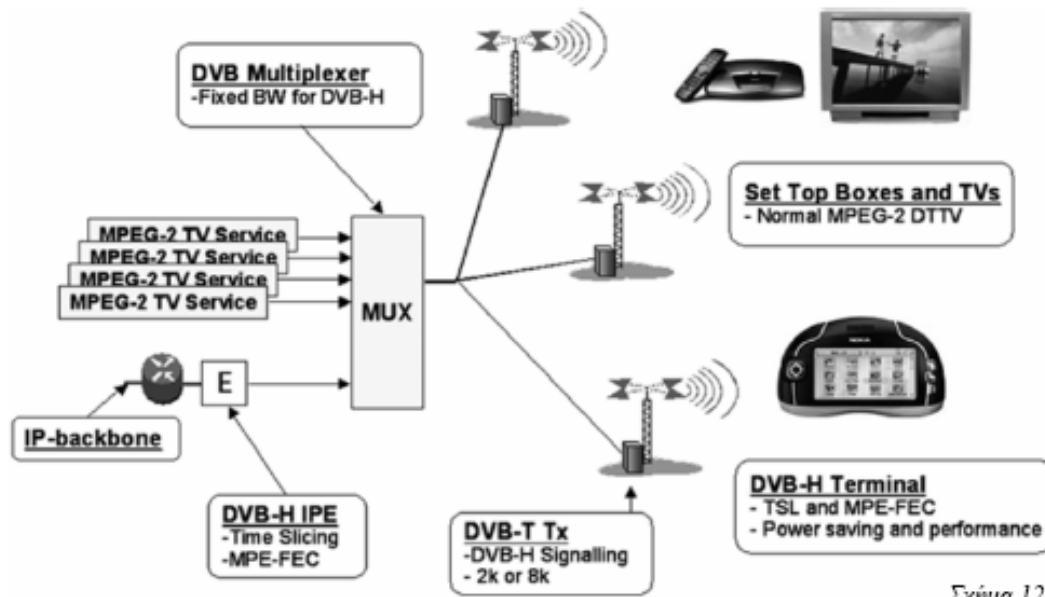
Ενώ τα DVB-T δίκτυα εξυπηρετούν κυρίως roof-top κεραιές, ένα DVB-H σύστημα πρέπει να σχεδιασθεί με προδιαγραφές φορητής λήψης εντός κτιρίων. Απαιτείται λοιπόν ισχυρότερο σήμα προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες. Οι αρχιτεκτονικές των δικτύων DVB-H εξαρτώνται από τις διαθέσιμες συχνότητες, το ύψος των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



### α)DVB-T Shared Networks

Ένα κοινόχρηστο δίκτυο φαίνεται στο (σχήμα 2.47)



Σχήμα 12

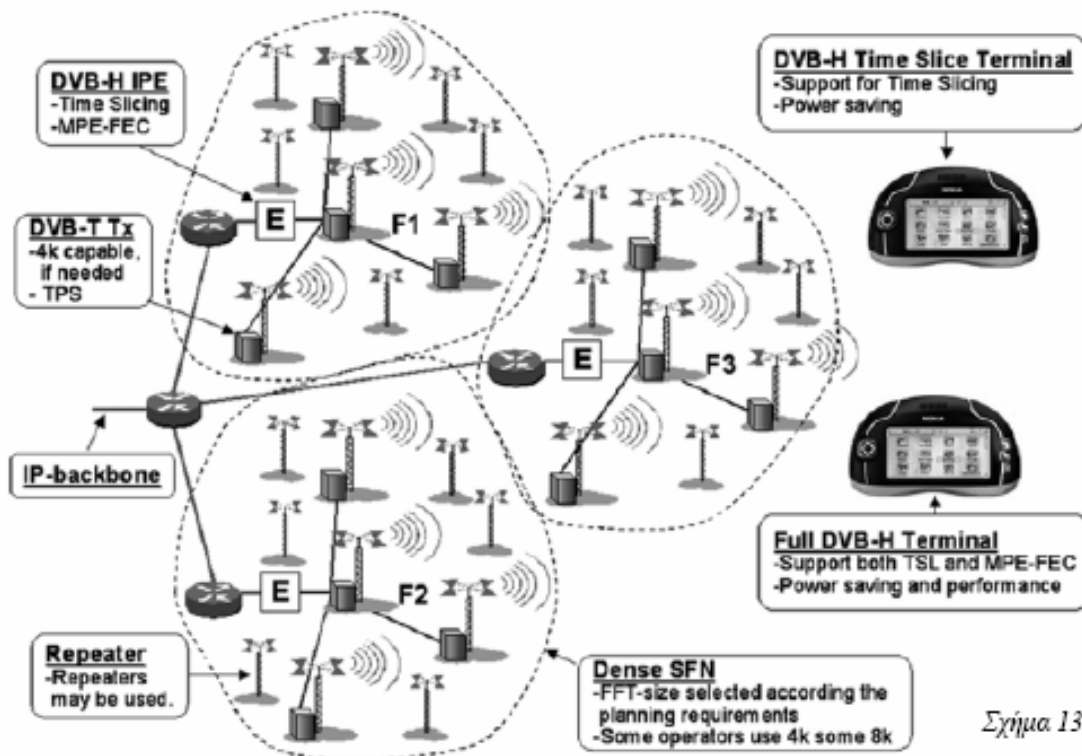
**Σχήμα 2.47:** Κοινόχρηστο δίκτυο

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

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

### β)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. Μια τοπολογία δικτύου φαίνεται στο (σχήμα 2.48)



Σχήμα 13

Σχήμα 2.48: Τοπολογία δικτύου

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 αγγίζει 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.

### 2.10.7. 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.

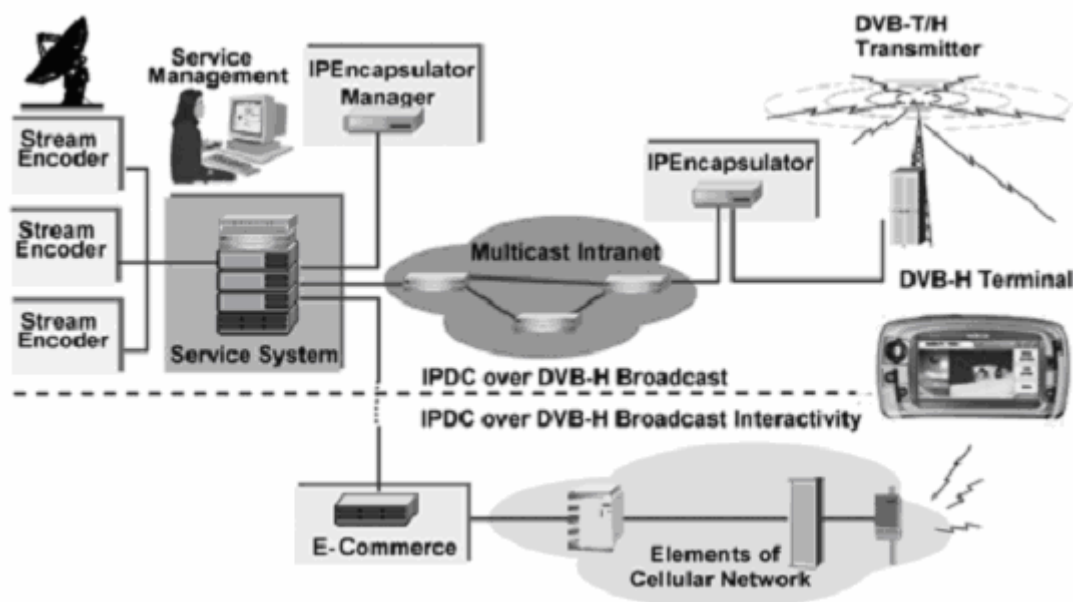
Ο κύριος στόχος της προτυποποίησης του IPDC είναι η δημιουργία μιας καθολικής αγοράς, που θα υποστηρίζει υπηρεσίες, τερματικές συσκευές, εξοπλισμό και λογισμικό. Απαιτείται λοιπόν η διαλειτουργικότητα (interoperability) που θα οδηγήσει σε μια end-to-end λύση, η οποία θα βασίζεται σε ανοιχτά και συμφωνημένα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

- 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 2.49) παρουσιάζει ένα πλήρες IPDC σύστημα



**Σχήμα 2.49:** Πλήρες IPDC σύστημα.

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

#### **2.10.8. Το θέμα του Handover στα DVB-H συστήματα – (time slicing) και κατανάλωση ενέργειας.**

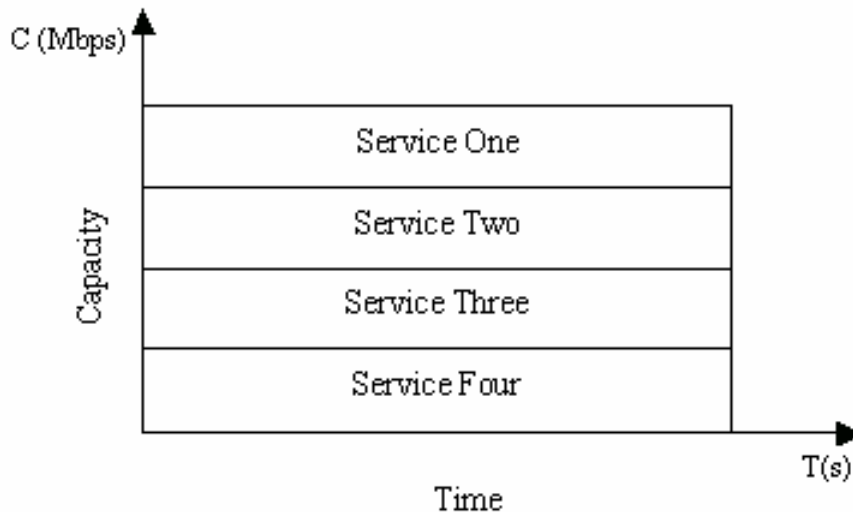
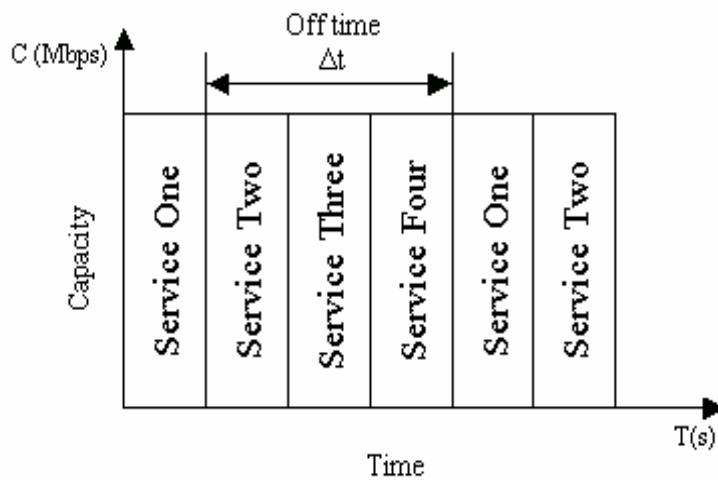
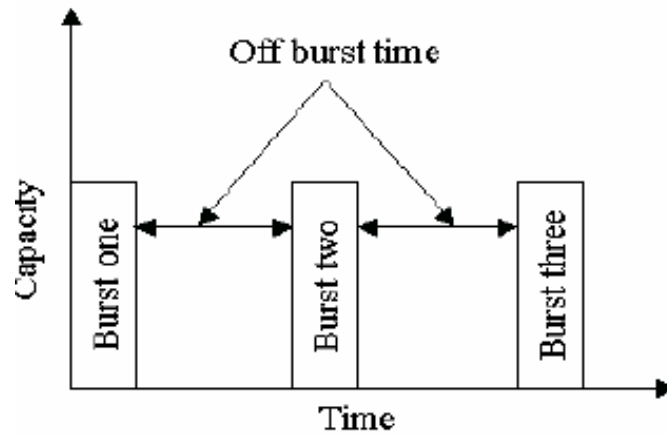
Όπως το DVB-T έτσι και το DVB-H πρότυπο αφορά μεταδόσεις που προορίζονται για φορητές συσκευές, (όπως τα κινητά τηλέφωνα) τα οποία έχουν ειδικές απαιτήσεις από την άποψη της κατανάλωσης ενέργειας. Το φαινόμενο του handover προϋποθέτει την μεταπομπή ενός κινητού σήματος από ένα κανάλι ή μια κυψέλη σε άλλη. Όταν ένας χρήστης DVB-H κινείται από μια κυψέλη σε μία άλλη το τερματικό του DVB-H πρέπει να συγχρονιστεί σε ένα άλλο σήμα χωρίς ωστόσο να διακοπεί η ροή των υπηρεσιών που παρέχονται στην δεδομένη χρονική στιγμή. Η μέθοδος του handover που συμβαίνει στο DVB-H είναι τελείως διαφορετική από την μέθοδο του handover που συμβαίνει στα κυψελοειδή συστήματα τηλεπικοινωνιών. Το DVB-H παρέχει ένα καθοδικό κανάλι

ζεύξης που επιτρέπει τη μονόδρομη μεταφορά δεδομένων σε υψηλούς ρυθμούς. Το συγκεκριμένο κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αυτόνομα, είτε σε συνδυασμό με τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Ο χρονικός τεμαχισμός (time slicing) είναι το χαρακτηριστικό βάση του οποίου προκαλείται το φαινόμενο του handover στο DVB-H. Με βάση την τεχνική του χρονομερισμού ή time-slicing τα δεδομένα δεν μεταδίδονται συνεχόμενα, αλλά κατά ριπές (bursts). Εντελώς διαφορετικά από το DVB-T, που έχουμε μια συνεχή μετάδοση των δεδομένων, το DVB-H υιοθετεί ένα μηχανισμό, στον οποίον, ένα σύνολο των δεδομένων (bursts of data) λαμβάνεται σε ένα ορισμένο χρόνο (at a time) από το δέκτη. Ο μηχανισμός αυτός, ονομάζεται «IP datacast carousel». Αυτό σημαίνει ότι ο δέκτης είναι ανενεργός για μεγάλο χρονικό διάστημα (μεταξύ της μετάδοσης του ενός συνόλου δεδομένων, από το άλλο σύνολο δεδομένων) και κατά συνέπεια, μπορούμε έτσι να έχουμε έναν έξυπνο έλεγχο της σηματοδοσίας του δέκτη, από την ικανότητα του «σβησηματός» του. Το αποτέλεσμα είναι το κέρδος ενέργειας (ισχύος), να μπορεί να φτάσει και το 90%. Υπολογίζεται ότι σε ένα δέκατο του δευτερολέπτου ο δέκτης μπορεί να λάβει τόσα δεδομένα, ώστε να επιτευχθεί η αναπαραγωγή τηλεοπτικού σήματος για τη διάρκεια του επόμενου δευτερολέπτου. Στο ενδιάμεσο διάστημα που είναι ανάλογο με το 90% της συνολικής διάρκειας παρακολούθησης τηλεοπτικού προγράμματος, ο δέκτης απενεργοποιείται ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ελαχιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο η μπαταρία ενός τυπικού κινητού επαρκεί για την παρακολούθηση τηλεοπτικού προγράμματος μέγιστης διάρκειας τεσσάρων (4) ωρών.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του IP Datacast, είναι ότι μπορεί πολύ εύκολα να προσαρμοστεί στις μικρού μεγέθους οθόνες των κινητών συσκευών. Για να έχουμε υψηλής ποιότητας Video, σε μικρού μεγέθους οθόνες, χρειάζεται μόνο 128 με 384 kbps ανά κανάλι, για κάθε πρόγραμμα της TV. Αυτό επιτρέπει να έχουμε 50 με 80 προγράμματα σε ένα και μόνο δίκτυο (συνολικός ρυθμός μετάδοσης για το DVB-H, είναι 11Mbps). Αντίθετα με την παραδοσιακή μετάδοση ψηφιακής τηλεόρασης, που για το ίδιο δίκτυο, αναφέρεται για μεγαλύτερου μεγέθους οθόνες και χρειάζεται 3 μέχρι 5 Mbs για να παραδώσει 3 μέχρι 5 προγράμματα TV (ο συνολικός ρυθμός μετάδοσης είναι 24Mbps).

Το handover στο DVB-H αποτελείται από τρία στάδια: η διαδικασία μέτρησης για το handover, η διαδικασία απόφασης παράδοσης και η διαδικασία εκτέλεσης παράδοσης.

Η δομή (του time slicing) φαίνεται στα (σχήματα 2.50,2.51)



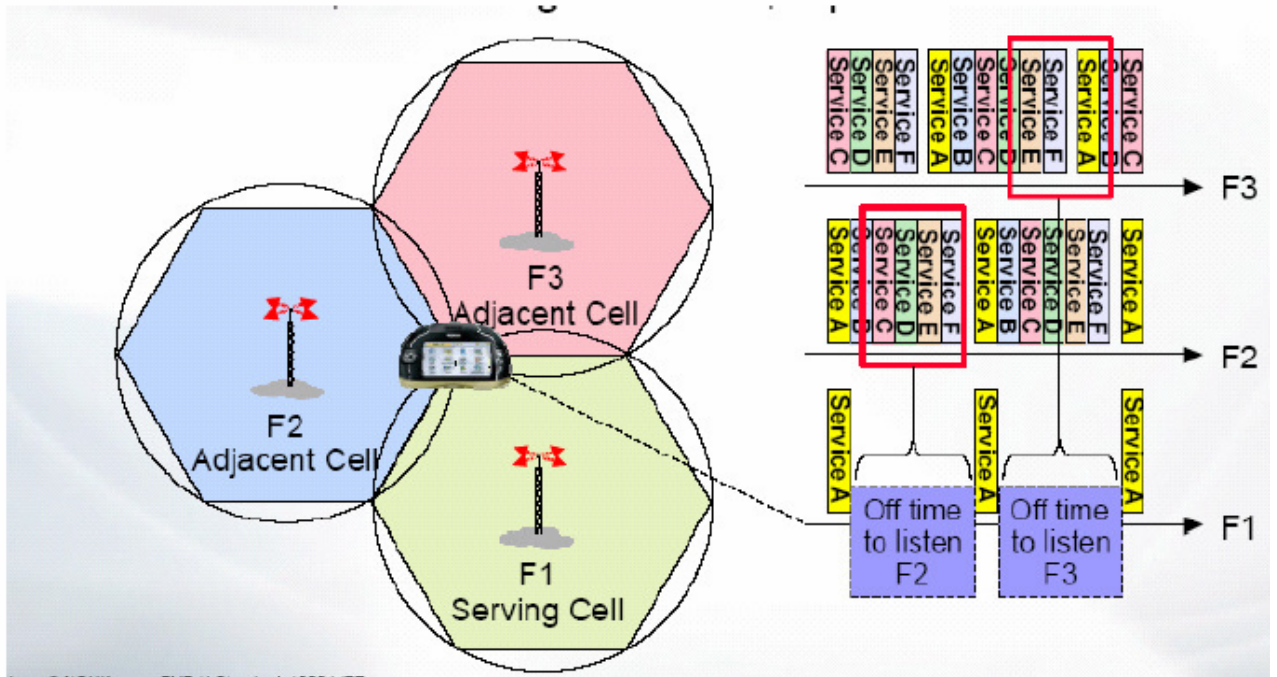
**Σχήμα 2.51:** Συνεχόμενη ροή μετάδοσης(σε DVB-T συστήματα)

### Soft handover

Ο δέκτης που είναι εφοδιασμένος με την τεχνολογία DVB-H μπορεί να εντοπίσει άλλες συσκευές αποστολής σημάτων που στέλνουν στοιχεία με την ίδια διεύθυνση IP ( IP κανάλι). Εάν σε κάποια περίπτωση εντοπίσει μια ισχυρότερη συσκευή αποστολής σημάτων με στοιχεία με την ίδια διεύθυνση IP κατόπιν θα χρησιμοποιήσει εκείνη ως νέα συσκευή



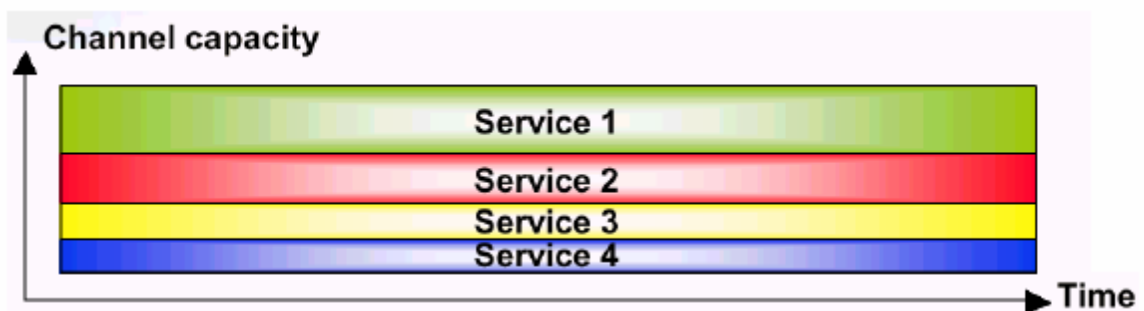
αποστολής σημάτων. Αυτό καλείται soft handover και είναι πολύ χρήσιμο όταν η συσκευή DVB-H <ταξιδεύει> για μεγάλες αποστάσεις ,δεδομένου ότι αντιδρά μόνο στην κατάλληλη διεύθυνση IP χωρίς να καταναλώνεται πρόσθετη ενέργεια.



**Σχήμα 2.52:** DVB-H soft handover.

**Η κατανάλωση ενέργειας στο DVB-H σύστημα**

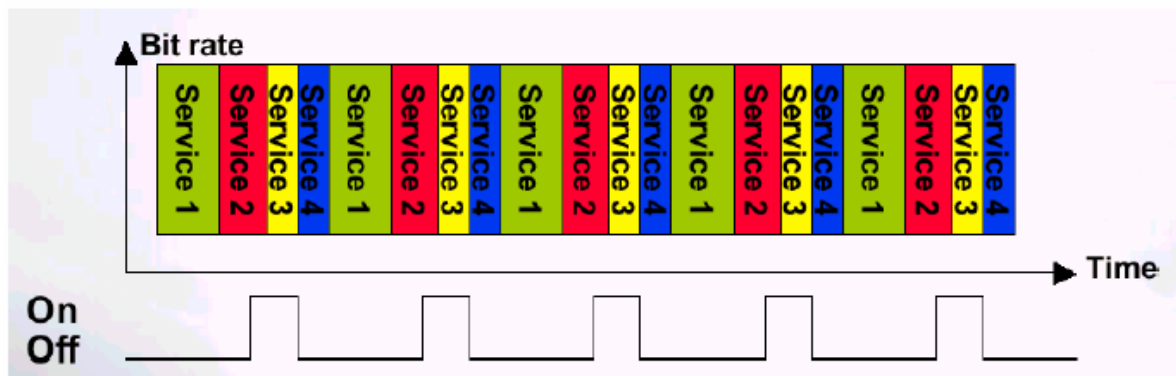
Το κύριο πλεονέκτημα του DVB-H είναι ότι χρησιμοποιεί τη λιγότερη ενέργεια από το DVB-T σύστημα. Στο DVB-T δέκτη δεν είναι δυνατό να ελέγχονται επιλεγμένα τα στοιχεία-πακέτα, όλα τα πακέτα πρέπει να παραληφθούν και να αποδιαλυθούν (de-multiplexed). Αυτό προϋποθέτει έναν υψηλό λόγο κατανάλωση ισχύος .



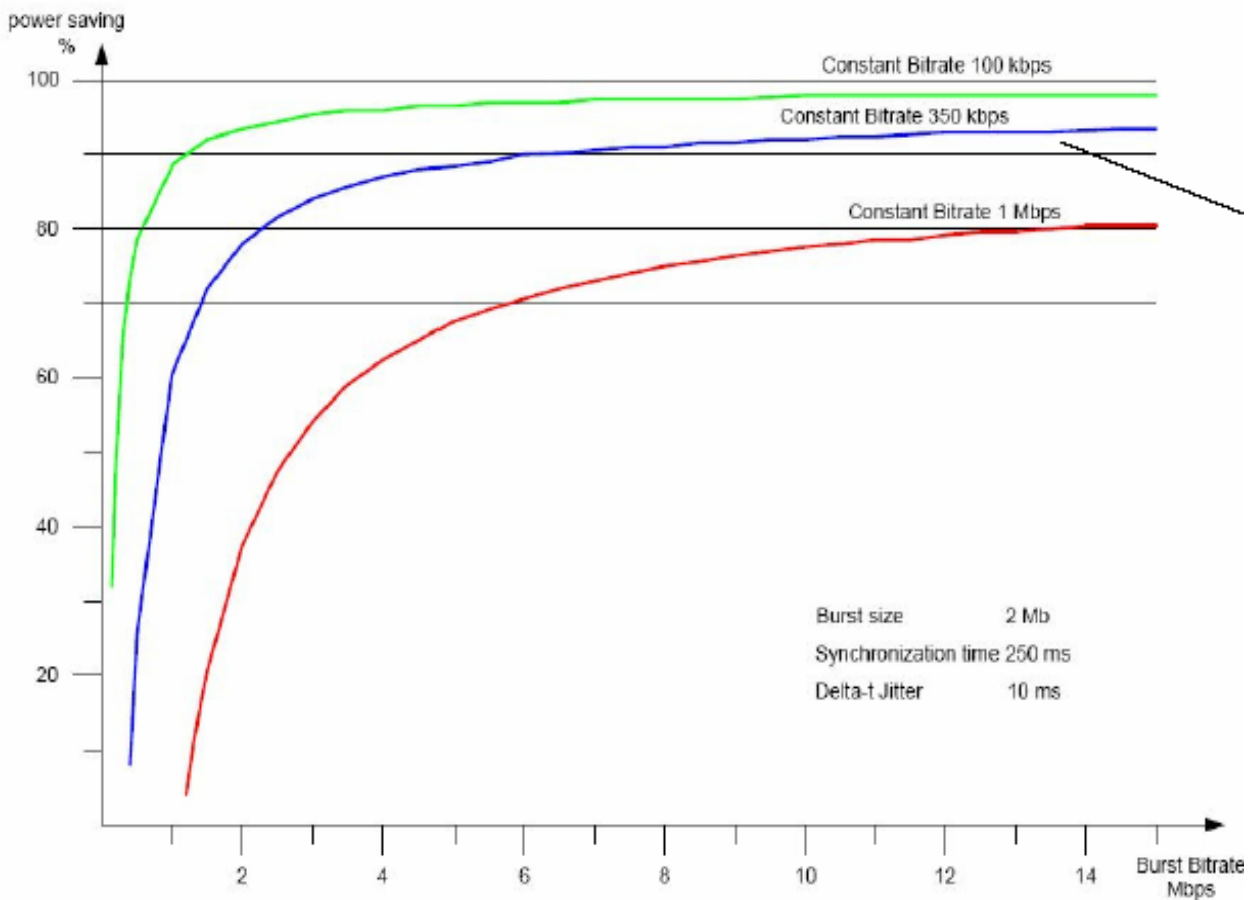
**Σχήμα 2.53:** DVB-T(channel capacity)

Η αποταμίευση ενέργειας που πραγματοποιείται από το DVB-H προέρχεται από το γεγονός ότι ουσιαστικά μόνο εκείνα τα μέρη του ρεύματος που φέρνουν τα στοιχεία της υπηρεσίας που επιλέγεται αυτήν την περίοδο πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία.

Το DVB-H δηλαδή ελέγχει και αποκωδικοποιεί μόνο τα απαραίτητα πακέτα-στοιχεία που στέλνονται από την ίδια IP διεύθυνση -IP κανάλι. Εντούτοις, το ρεύμα στοιχείων πρέπει να αναδιοργανωθεί με έναν κατάλληλο τρόπο για τον συγκεκριμένο τον σκοπό.



**Σχήμα 2.54.α:** Η αποταμίευση ενέργειας στο time slicing.



**Σχήμα 2.54 β:** Η λειτουργία του DVB-H σε σχέση με την ροή δεδομένων που λαμβάνει.

### 2.10.9. Επισκόπηση-Αρχιτεκτονική του προτύπου T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting)

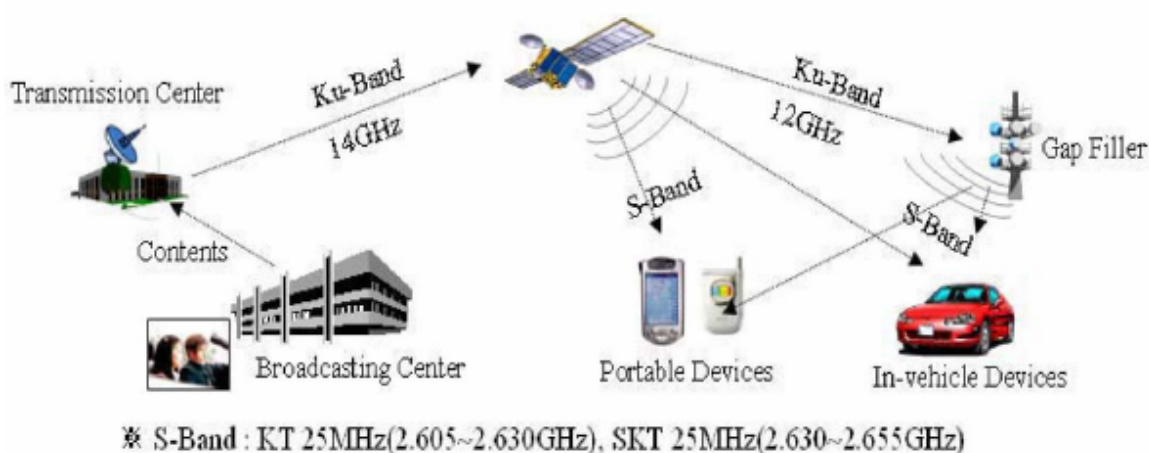
Το Κορεατικό Υπουργείο Πληροφοριών και Επικοινωνιών υιοθέτησε την ονομασία DMB, ώστε να δώσει έμφαση στην πολυμεσική ιδιότητα της νέας υπηρεσίας. Στην Κορέα, το DMB project επικεντρώνεται στην εκπομπή κινούμενης εικόνας και στη λήψη της κάτω από δύσκολες συνθήκες πχ. τοποθεσίες περικυκλωμένες από υψηλά 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)

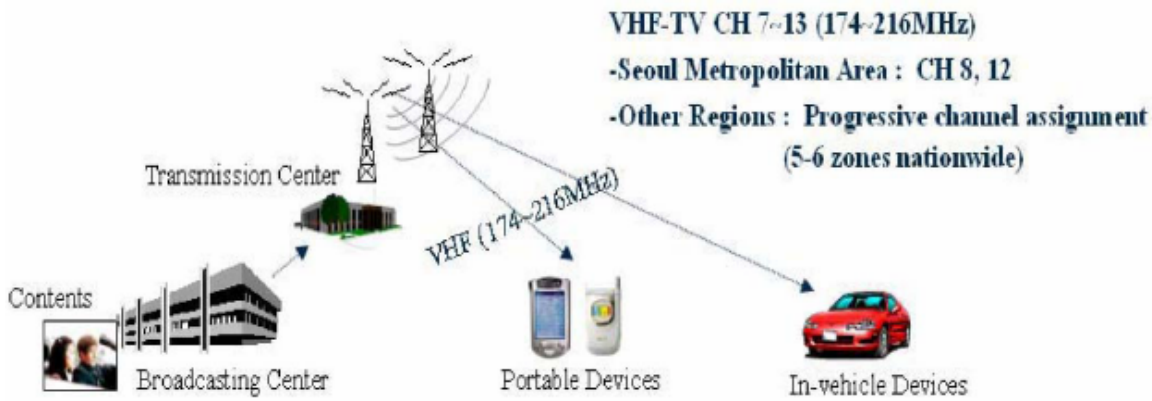
Οι δορυφορικές S-DMB υπηρεσίες μεταδίδουν ήχο, προστιθέμενης αξίας δεδομένα(value added data), ροές video και άλλα εκπεμπόμενα πολυμεσικά περιεχόμενα μέσω δορυφόρων, προς σταθερές, φορητές και κινητές συσκευές. Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τα πλεονεκτήματα της παροχής περιεχομένων ήχου σε διάφορες ποιότητες,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



**Σχήμα 2.55:** S-DMB υπηρεσίες

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 2.56)

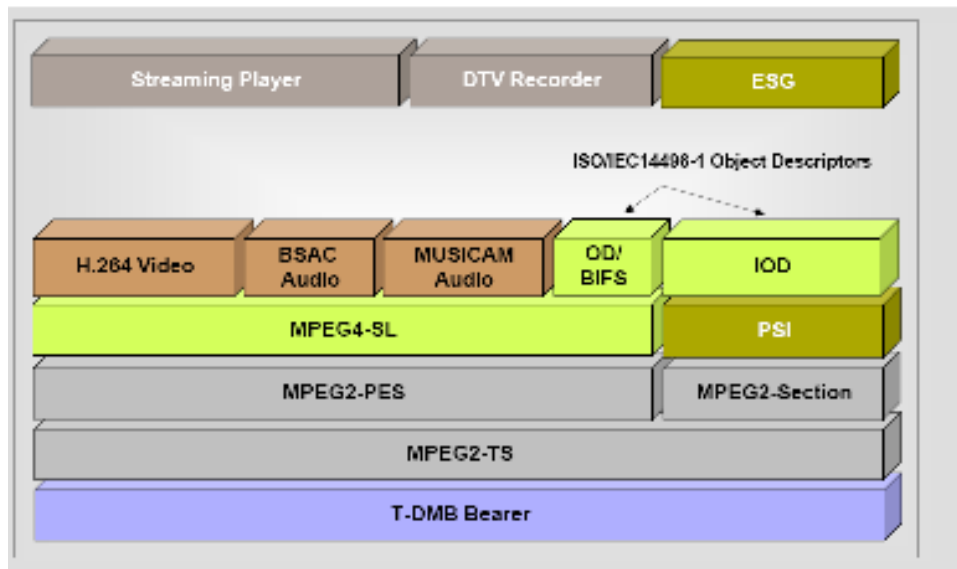




**Σχήμα 2.56:** T-DMB υπηρεσίες

Όπως και το DVB-H, το DMB ή Digital Multimedia Broadcasting είναι το πρότυπο ψηφιακής μετάδοσης τηλεοπτικού και ραδιοφωνικού σήματος σε φορητές ψηφιακές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα. Η εκπομπή του μπορεί να γίνει είτε μέσω δορυφόρου (S-DMB) ή επίγεια (T-DMB). Η τεχνολογία βασίζεται στο πρότυπο Eureka 147 DAB, ενώ έχει αρκετές ομοιότητες με το ανταγωνιστικό DVB-H. Το T-DMB αποτελεί πρότυπο του οργανισμού ETSI (TS 102 427 κι TS 102 428). Υπηρεσίες Mobile TV με χρήση του συγκεκριμένου προτύπου παρέχονται σε διάφορες ασιατικές χώρες. Συγκεκριμένα, στη Νότια Κορέα έχει ξεκινήσει η εμπορική διάθεση υπηρεσιών S-DMB και T-DMB, την 1η Μαΐου και την 1η Δεκεμβρίου του 2005 αντίστοιχα. Το T-DMB εκμεταλλεύεται το MPEG-4 Part 10 (H.264) για την κωδικοποίηση του βίντεο και το MPEG-4 Part 3, BSAC ή HE-AAC V2 για την κωδικοποίηση του ήχου. Το τελικό αποτέλεσμα περικλείεται σε κέλυφος MPEG-2 TS. Πολλά κινητά που υποστηρίζουν τη λήψη τηλεοπτικού σήματος DMB έχουν κάνει την εμφάνισή τους στις αγορές της Ασίας.

## T-DMB Protocol Stack



**Σχήμα 2.57:** T-DMB protocol stack

# T-DMB Mobile TV Service Delivery

## Audio/Video Streaming

- Multi-program MPEG2 Transport Stream @ 1 Mbps
- MPEG4-Sync Layer (SL) inside MPEG2-PES for media packet delivery
- PSI for ESG/EPG generation
  - ✓ PAT and PMT

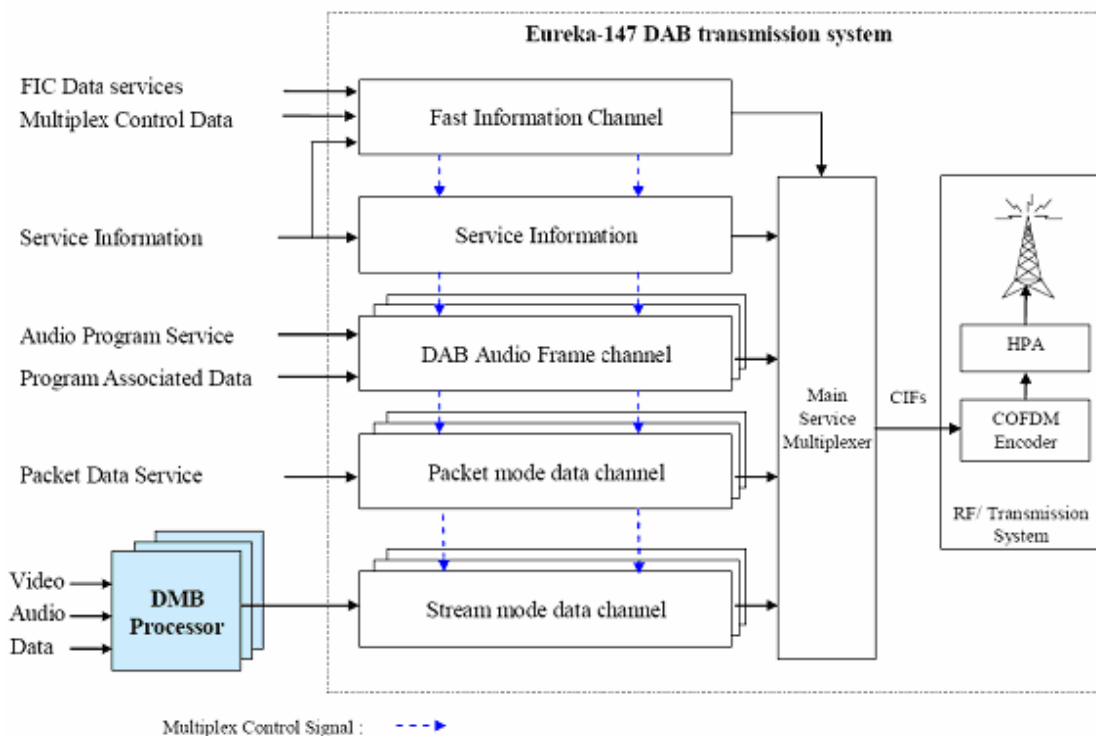
## Audio/Video Codecs

- ITU H.264/MPEG4-AVC for video
  - ✓ Support for 4 resolutions: QCIF, QVGA, CIF and wide-CIF (384x224)
  - ✓ Excludes FMO and ASO tool-sets
- MPEG4 BSAC or MUSICAM (MPEG Layer 2) for audio

H.264	Up to Baseline Profile 352x288 @ 30 fps @ 768 kbps
BSAC	Up to 48 kHz, 2 channels, @ 128 kbps
MUSICAM	Up to 48 kHz, 2 channels @ 384 kbps

**Σχήμα 2.58:** T-DMB mobile tv service delivery

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 2.60)



**Σχήμα 2.59:** Eureka-147 DAB

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

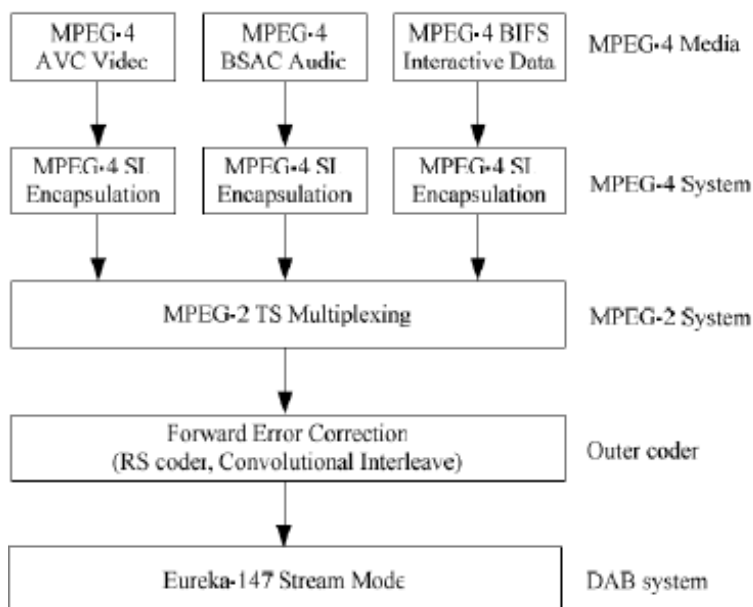
- Fast Information Channel (FIC) και Service Information (SI):  
χρησιμοποιούνται για μετάδοση πληροφοριών πολύπλεξης και διαμόρφωσης κάποιων υπηρεσιών πχ. δεδομένων, ήχου.
- DAB Audio Frame Channel:  
χρησιμοποιείται για την υπηρεσία ψηφιακού ήχου, η οποία αποτελεί την κύρια υπηρεσία του DAB.
- Packet 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.

### Δομή Προτύπων στο Σύστημα T-DMB

Η δομή των προτύπων που χρησιμοποιείται στη μετάδοση μέσω T-DMB, παρουσιάζεται στο (σχήμα 2.60)



**Σχήμα 2.60:** Η δομή των προτύπων που χρησιμοποιείται στη μετάδοση μέσω T-DMB

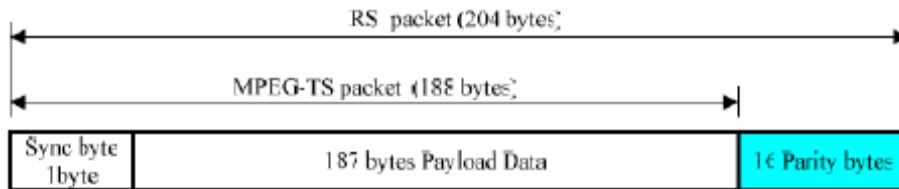
Η διαθέσιμη χωρητικότητα δεδομένων είναι περίπου 1 Mbps, δεδομένης της ύπαρξης πληροφοριών συγχρονισμού, διόρθωσης σφαλμάτων, και διαμόρφωσης πολύπλεξης. Συνεπώς, υιοθετούνται οι σύγχρονες τεχνολογίες κωδικοποίησης, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Η κωδικοποίηση MPEG-4 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 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.

### Εξωτερικός Κωδικοποιητής (Outer Coder)

Το Eureka-147 DAB σύστημα σχεδιάστηκε αρχικά για μετάδοση ροών ήχου ποιότητας CD, στοχεύοντας σε επίπεδο BER μικρότερο από 10. Παρόλα αυτά για τη σταθερή μετάδοση και λήψη κινούμενης εικόνας μέσω MPEG-4 ροών, το επίπεδο του BER δεν πρέπει να ξεπερνά το 10<sup>-5</sup>. Έτσι, εισάγεται το σχήμα FEC (Forward Error Correction) που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο σχήμα.

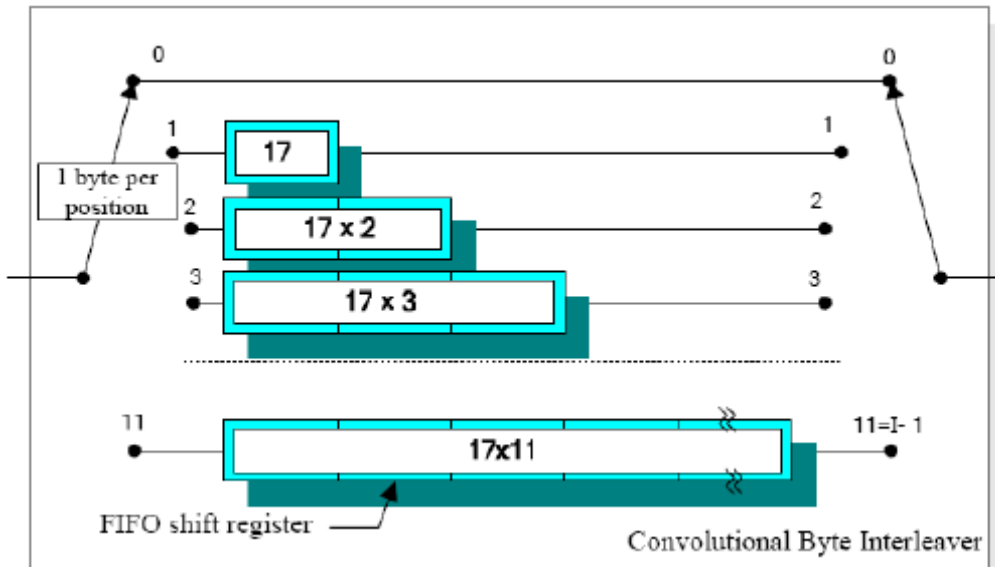
Επομένως το T-DMB χρησιμοποιεί επιπλέον σχήμα κωδικοποίησης καναλιού, που ονομάζεται εξωτερικός κωδικοποιητής (outer coder). Ο κωδικοποιητής αυτός αποτελείται από έναν RS (Reed Solomon) κωδικοποιητή και έναν πεπλεγμένο διεμπλοκέα (convolutional interleaver).

Το (σχήμα 2.61) 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 2.61:** RSκωδικοποιητής

Η διεμπλοκή χρησιμοποιεί 12 διακλαδώσεις (branches) και απεικονίζεται στο (σχήμα 2.62)



**Σχήμα 2.62:** Οι διακλαδώσεις της διεμπλοκής

Οι εταιρείες TU Media Corporation και SK Telecom 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.

## 2.10.10.Επισκόπηση του προτύπου MediaFLO, και η αρχιτεκτονική του συστήματος FLO(FLO Technology)

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:

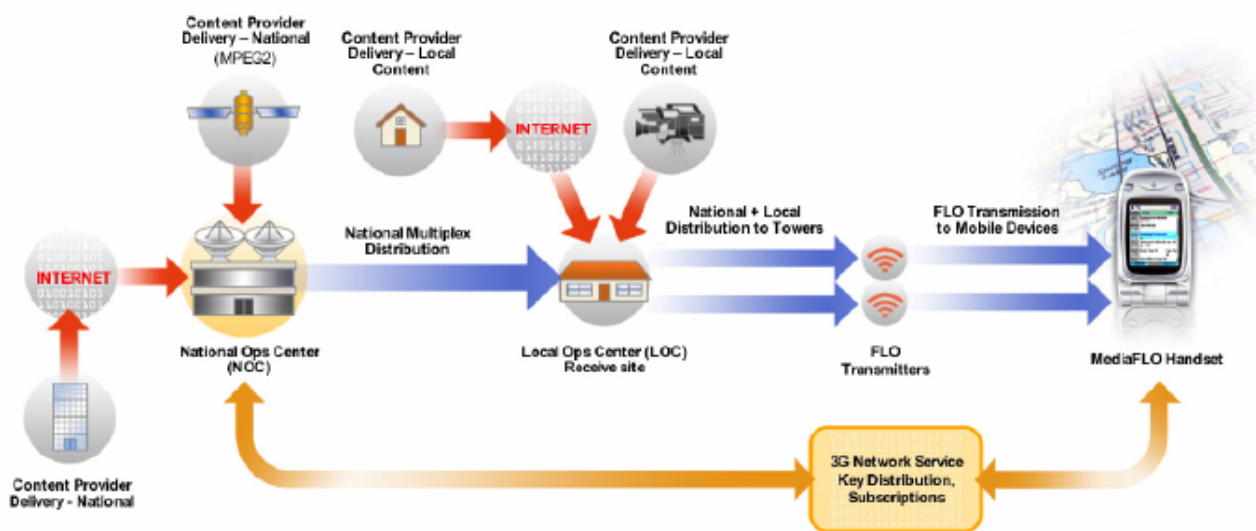
- Την τεχνολογία Forward Link Only (FLO Technology) και
- Το MediaFLO Media Distribution System (MDS).

### 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 2.63) απεικονίζει την αρχιτεκτονική του συστήματος



**Σχήμα 2.63** Η αρχιτεκτονική του συστήματος MediaFLO

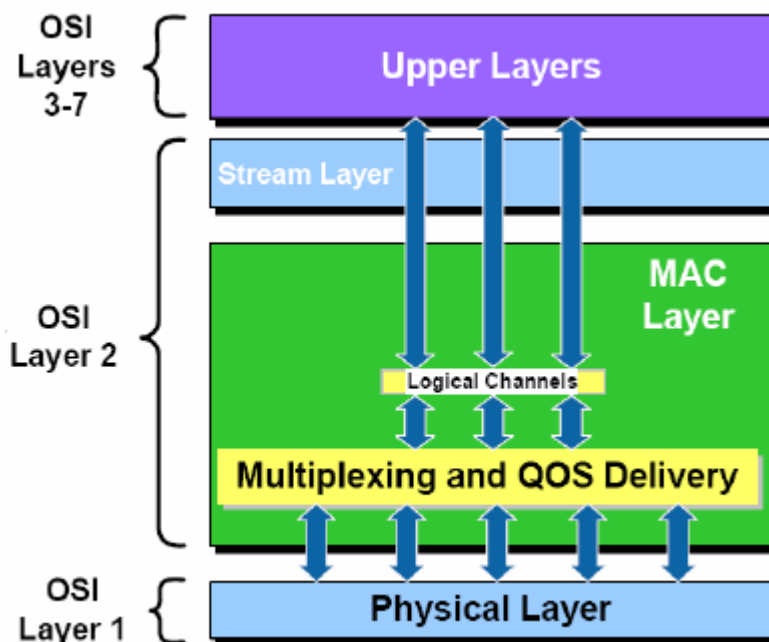


Όπως αναφέρθηκε το Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου (Network Operation Center) περιλαμβάνει ένα Εθνικό Κέντρο Διαχείρισης (National Operation Center - NOC) και ένα ή περισσότερα Τοπικά Κέντρα Διαχείρισης (Local Operation Centers - LOCs). Το NOC ευθύνεται για τη χρέωση, διανομή και διαχείριση της δικτυακής 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

### FLO Air Interface

Η στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί το FLO Air Interface απεικονίζεται στο (σχήμα 2.64) Τα πρωτόκολλα και οι υπηρεσίες που υλοποιούνται, αντιστοιχούν στο Φυσικό επίπεδο (Physical layer) και επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link layer) του μοντέλου αναφοράς OSI. 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 2.64** Η στοίβα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί το FLO Air Interface

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

#### Χαρακτηριστικά Φυσικού Επιπέδου

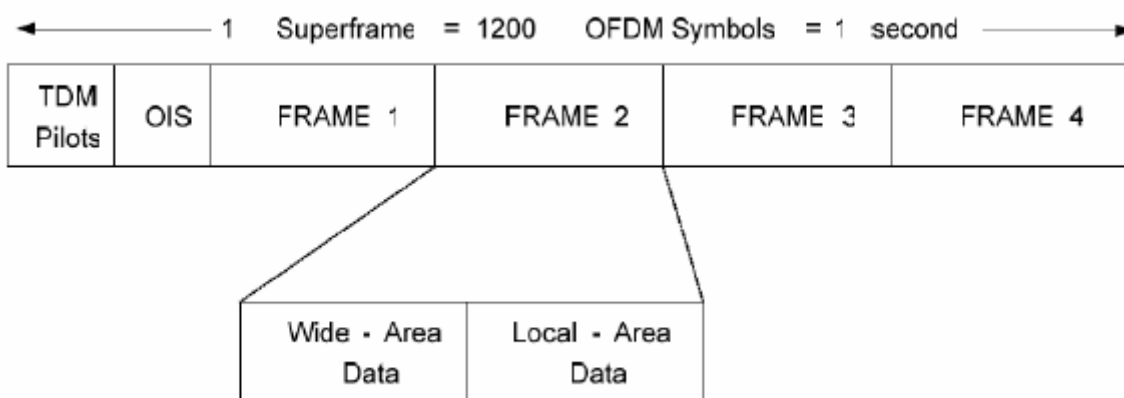
Στην τεχνολογία FLO, η μετάδοση γίνεται χρησιμοποιώντας Ορθογώνια Πολύπλεξη με Διάρθρωση Συχνότητας (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Η χρήση της μεθόδου OFDM επιτρέπει την ικανοποιητική διαχείριση του φάσματος και την κάλυψη των απαιτήσεων που παρατηρούνται σε μια μεγάλη SFN κυψέλη. Ένας σημαντικός παράγοντας στο σχεδιασμό OFDM συστημάτων είναι το μέγεθος του μετασχηματισμού, δηλαδή το πλήθος των διαφορετικών διαμορφωμένων υπο-Όπως και στις τεχνολογίες Digital Audio Broadcasting (DAB), Digital Video Broadcasting - Terrestrial (DVB-T) και Integrated Services Digital



Broadcasting - Terrestrial (ISDB-T). φερόντων κυμάτων (sub-carriers) για κάθε σύμβολο. Το φυσικό επίπεδο χρησιμοποιεί 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 κυσέλες. 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, 16-QAM 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 2.65)



**Σχήμα 2.65:** Η δομή ενός super frame

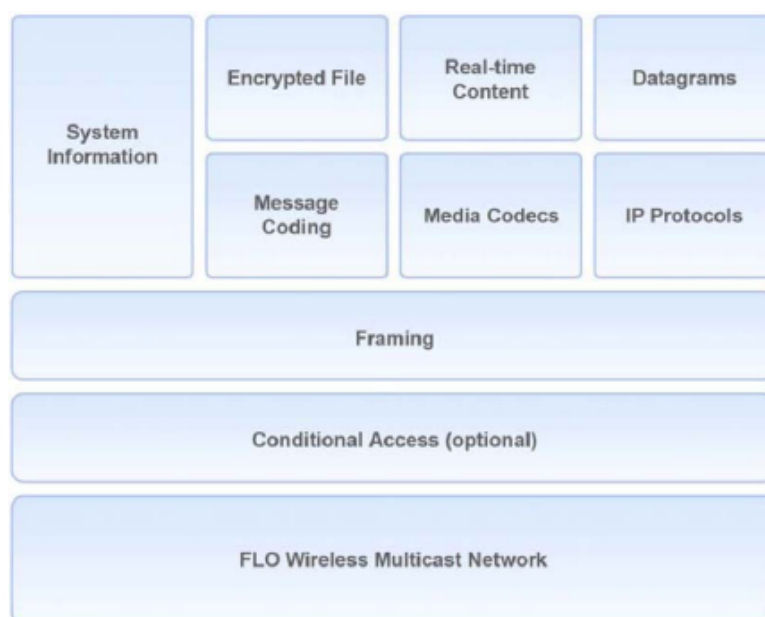
Κάθε super frame αποτελείται από 200 OFDM σύμβολα/MHz σε δεσμευμένο εύρος ζώνης (δηλαδή 1200 σύμβολα για 6 MHz). Κάθε σύμβολο περιέχει 7 διεμπλεκόμενα (interlaced) ενεργά υπο-φέροντα κύματα. Κάθε διεμπλοκή (interlace) κυμάτων μεταδίδεται μέσω διαφορετικής συχνότητας και επομένως επιτυγχάνεται η frequency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

### 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 σχεδιαστεί 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 2.66)



**Σχήμα 2.66:** Μηχανισμός Μεταφοράς της τεχνολογίας Flo

### 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

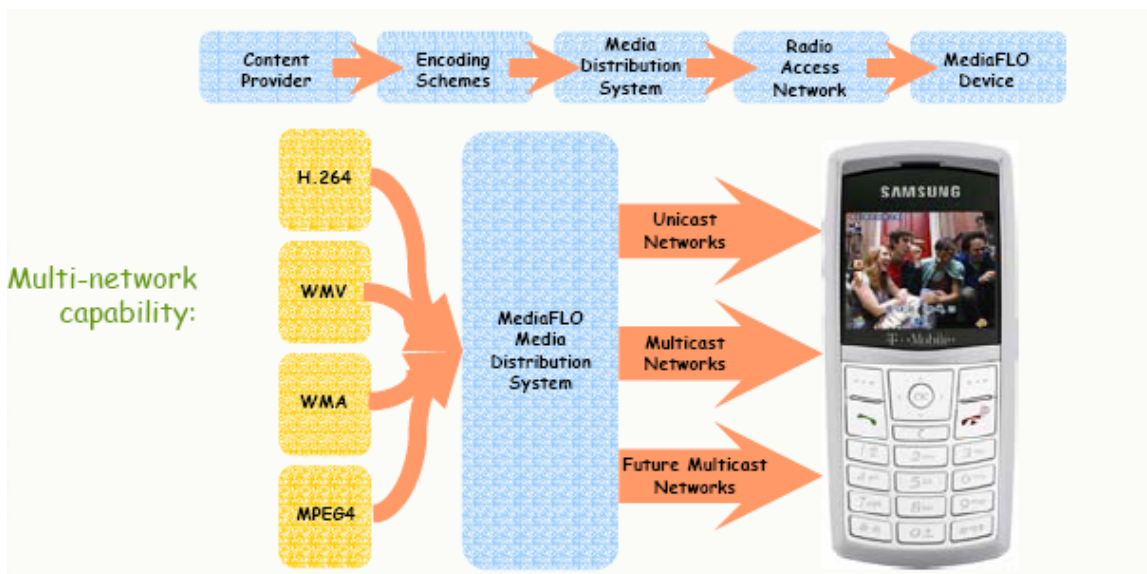
περιβάλλον. Αναφορικά με τους καταναλωτές στοχεύει στην παροχή υψηλής ποιότητας εικόνας μέσω των ασύρματων τερματικών συσκευών τους.

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 “clipping” 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. ανεγκυστήρες, υπόγεια μέσα μεταφοράς κλπ.

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 (σχήμα 2.67)



**Σχήμα 2.67α:** Ο MDS client

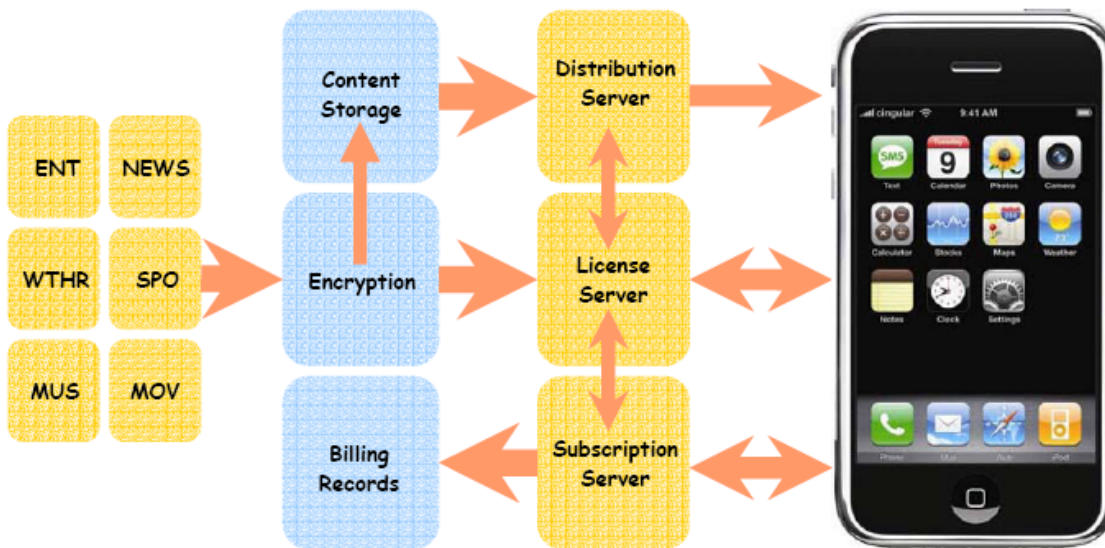
Το πλήθος των συνδρομητών, των καναλιών και του ρυθμού ανανέωσης (update rate) του περιεχομένου επηρεάζουν το συνολικό φόρτο του δικτύου, που δημιουργεί το MDS. Ένας operator ίσως επιλέξει μικρότερο πλήθος καναλιών και πακέτων προγραμμάτων με συχνή ανανέωση, ενώ κάποιος άλλος, μεγαλύτερη ποικιλία καναλιών 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 μετάδοσης του και τα σχετικά δικαιώματα χρήσης (rights), όπως φαίνεται στο (σχήμα 2.71β)



**Σχήμα 2.67β:** Ο MDS client

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 τουMPG 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 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 ή με ένα ανεξάρτητο σύστημα χρέωσης. Το MDS επίσης επιμερίζει τις πληρωμές προς τους content providers, οι οποίοι παρέχουν περιεχόμενες υπηρεσίες. Το πολυσυμμετοχικό σύστημα πληρωμών θεωρείται βασικό προσόν στην end-to-end λύση που παρέχει το MDS.

#### Χαρακτηριστικά MDS 1.0

Στον (πίνακα 4) παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του συστήματος MDS ver.1.0, τα οποία αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες.



User Experience	Content Management	Service Administration
<b>Distribution Types</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clipping</li> <li>• Streaming</li> </ul> <b>Player</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Full Screen MPEG view</li> <li>• Preview MPEG view</li> <li>• Player view</li> <li>• UI customization</li> </ul> <b>Transports Supported</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1xEV-DO</li> <li>• 1x fallback</li> </ul> <b>Handsets Supported</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BREW 2.1.3</li> <li>• MSM5500™</li> <li>• Embedded Memory</li> </ul> <b>Interactivity</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Link to URL/BREW App</li> </ul>	<b>Content Provider Interface</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Program Guide Data Capture</li> <li>• Program Data Capture</li> <li>• Media Capture</li> </ul> <b>Distribution Format</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MPEG4 AAC/AAC+</li> <li>• 1xEV-DO: DCF 15 fps <ul style="list-style-type: none"> <li>- 96 kbps video</li> <li>- 32 kbps audio (stereo)</li> </ul> </li> <li>• 1xRTT: QCIF 6 fps <ul style="list-style-type: none"> <li>- 32 kbps video</li> <li>- 16 kbps audio (mono)</li> </ul> </li> </ul> <b>Content Protection</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Content Encryption/Decryption</li> <li>• Program Expiry</li> </ul>	<b>Service Management</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Package Building</li> <li>• Hierarchical Packages</li> <li>• Minimum Network Service</li> </ul> <b>Scheduler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MPEG Management</li> </ul> <b>Subscription/Billing</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BCS – Service Value Billing</li> <li>• Activation</li> <li>• Subscribe/Unsubscribe</li> <li>• Subscription Transfer</li> <li>• Multi-Party Payout</li> </ul> <b>Reporting</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anonymous Usage Reporting</li> <li>• Content Reporting</li> <li>• Subscription Reporting (BBS)</li> </ul> <b>CA&amp;M</b> <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>

**Πίνακας 4:** Τα χαρακτηριστικά του συστήματος MDS ver.1.0

### 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.

### Διαθεσιμότητα Φάσματος τεχνολογίας FLO

Οι κατάλληλες ζώνες συχνότητας 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 PCS ζώνες (1900 MHz) κατά 1-2 dB και στις αντίστοιχες κυψελωτές (800 MHz) κατά 3-4 dB. Το εύρος των επιτρεπόμενων επιπέδων μετάδοσης στις Ηνωμένες Πολιτείες ποικίλει ανάλογα με τη ζώνη που χρησιμοποιείται, όπως ορίζεται από τη Federal Communications Commission (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 5).

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 5:** Οι ζώνες συχνοτήτων στις Ηνωμένες Πολιτείες

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 5), αναφέρει τις σχετικές αποδόσεις των ζωνών, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η διαθέσιμη τεχνολογία.

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 σημαντικό 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.

#### **2.10.11. Επισκόπηση-Αρχιτεκτονική του προτύπου ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial)**

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. 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 ψηφια 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, NHK, 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.

### Γενικά χαρακτηριστικά

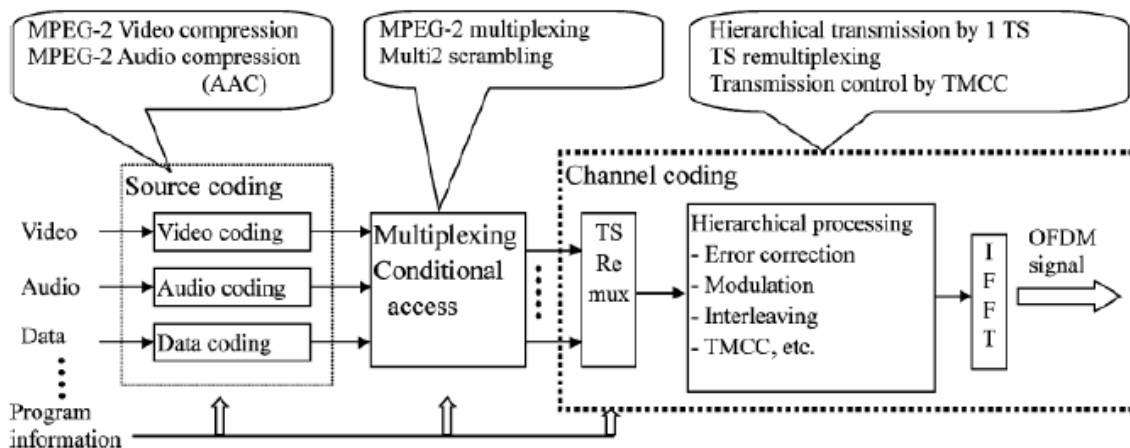
Ο οργανισμός ARIB (Ιαπωνία) όρισε τις προδιαγραφές του ψηφιακού επίγειου συστήματος εκπομπής (ISDB-T), το 1998. Το ISDB-T σύστημα μετάδοσης (transmission system) καθορίστηκε από το ITU-R Recommendation BT-1306. Τα κριτήρια σχεδιασμού του συστήματος ορίστηκαν από το ITU-R Recommendation BT-1368.

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 επιλεγθεί 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-T και το Digital Sound Broadcasting System της Ιαπωνίας.

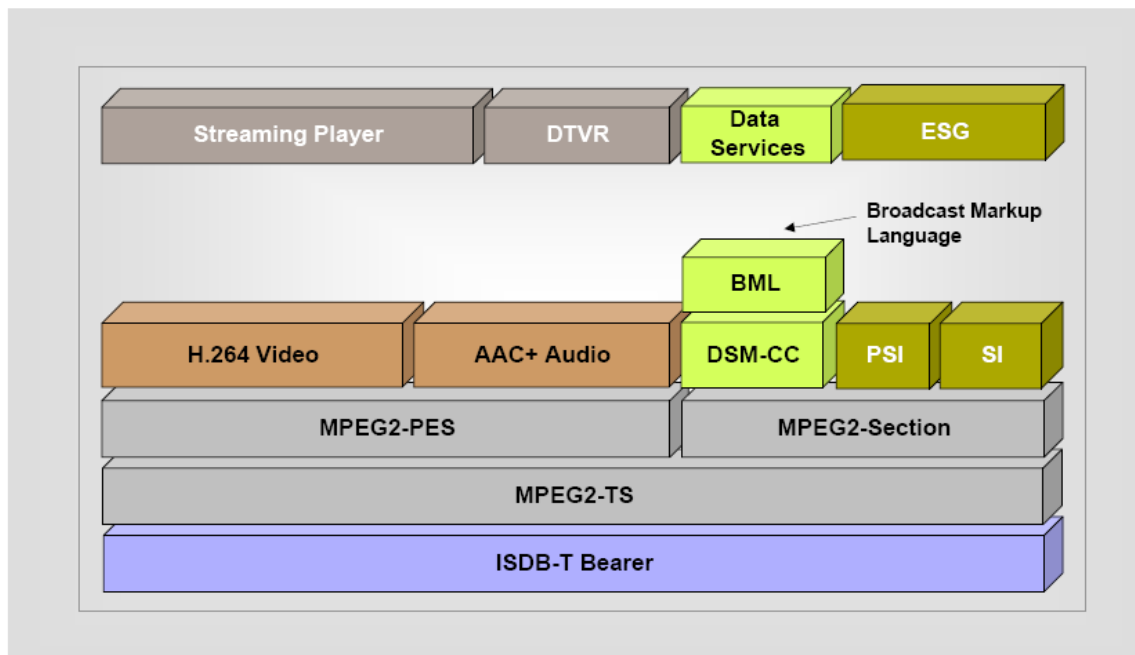
### Αρχιτεκτονική Συστήματος

Το (σχήμα 2.68) παρουσιάζει το σύστημα ISDB-T. Το σύστημα μετάδοσης (BST-OFDM) διαμορφώνει μια ζώνη μετάδοσης αποτελούμενη από OFDM τμήματα(segments), των 6/14 MHz έκαστο. Οι παράμετροι μετάδοσης ορίζονται ανεξάρτητα για κάθε τμήμα.



Σχήμα 2.68: Το σύστημα ISDB-T

## ISDB-T (One-segment) Protocol Stack



Σχήμα 2.69: ISB-T protocol stack



# ISDB-T (1-seg) Mobile TV Services

## ❑ Audio/Video Streaming

- Multi-program MPEG2 Transport Stream @ 1 Mbps
- PSI / SI for ESG/EPG generation

## ❑ Data Broadcasting and Download Services

- Via Broadcast Markup Language contained in MPEG2 Digital Storage Media Command and Control (DSM-CC) sub-stream

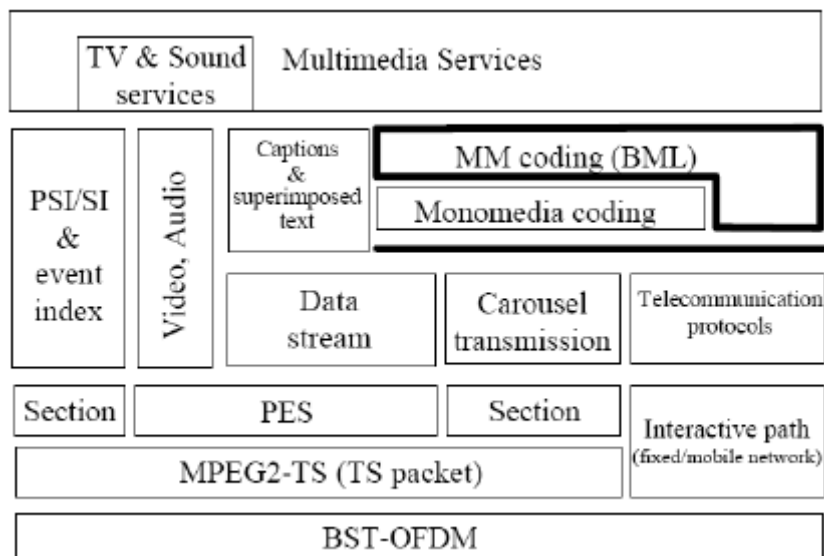
## ❑ Audio/Video Codecs

- ITU H.264/MPEG4-AVC for video
  - ✓ Support for 6 resolutions: QVGA, NQVGA (240x180), SQVGA (160x120) and wide (16:9) aspect ratio resolutions: WQVGA, WNQVGA and WSQVGA
  - ✓ Excludes FMO and ASO tool-sets
- MPEG2-AAC or MPEG2-AAC+SBR for audio

H.264	Baseline Profile 320x240 @ 15 fps @ 384 kbps
MPEG2-AAC / AAC+SBR	Up to 48 kHz, 2 channels, @ 320 kbps

Σχήμα 2.70: ISB-T mobile tv services

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 στοιβία πρωτοκόλλων ορίζεται από τις τεχνικές προδιαγραφές της ψηφιακής μετάδοσης στην Ιαπωνία, που εξέδωσε η ARIB με το πρότυπο STD-B24 και παρουσιάζεται στο (σχήμα 2.71). Τα κωδικοποιημένα πολυμεσικά περιεχόμενα μεταδίδονται μέσω MPEG-2 TS ροών, μαζί με PES-διαμορφωμένες ροές ήχου και εικόνας. Τα πολυμεσικά δεδομένα αποτελούνται από BML αρχεία κειμένου ή αρχεία ενός μέσου (monomedia) όπως ακίνητες εικόνες, ήχος, binary δεδομένα κλπ.



Σχήμα 2.71: Το πρότυπο STD-B24

## 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.

## Διαθεσιμότητα Φάσματος συστημάτων ISDB

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-T SB (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.

### **2.10.12. Αξιολόγηση DTV Συστημάτων Εκπομπής σε Κινητές Συσκευές στην Ευρώπη και ο ανταγωνισμός των προτύπων DMB (Digital Multimedia Broadcasting), MediaFLO με το DVB-H**

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

## Σύγκριση DVB-H και T-DMB

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 περιοχόηπηρεσιών 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 στοιβα 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 χωρητικοτήτων 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.

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 και την IRT 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 6). 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	Μεταδότες	Ισχύς Μεταδοτών	Data Rate	Πληθυσμός που Εξυπηρετείται(%)
<b>DVB-H</b>	12	550 kW	9,9 Mbit/s	47,7
<b>T-DMB</b>	9	57 kW	1,1 Mbit/s	59,2

**Πίνακας 6:** Έρευνα από το broadcaster Hessische Rundfunk και την IRT

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 T-DMB. 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 T-DMB είναι καταλληλότερο όταν λιγότερες από 10 υπηρεσίες μεταδίδονται. Σε αντίθετη περίπτωση, το DVB-H κρίνεται καταλληλότερο.

#### Πλεονεκτήματα DAB έναντι του DVB-H

Παράμετρος	Πλεονέκτημα
Ρυθμός μετάδοσης	Κλιμακώνεται καλύτερα έως τα 1,2 Mbit/s (1,5 Mbit/s στα χαμηλότερα επίπεδα αντιμετώπισης σφαλμάτων
Κόστος	Ένα DAB δίκτυο μεταδοτών είναι φθηνότερο σε σχέση με ένα DVB-H δίκτυο
Διαθεσιμότητα φάσματος	Υπάρχει διαθεσιμότητα φάσματος στην L-band, όπου οι πολυπλέκτες μπορούν να προσφέρουν πολυμεσικές υπηρεσίες.
Ανθεκτικότητα στο θόρυβο	Το DAB είναι ανθεκτικότερο στο θόρυβο, λόγω της χρονικής διεμπλοκής (time interleaving) που εφαρμόζει
Απαιτούμενη ισχύς	Οι DAB μεταδότες απαιτούν μικρότερα επίπεδα ισχύος
Χρήση	Το T-DMB χρησιμοποιείται από τους broadcasters για υπηρεσίες ήχου και εικόνας

**Πίνακας 7:** Πλεονεκτήματα DAB έναντι του DVB-H

#### Πλεονεκτήματα DVB-H έναντι του DAB

Παράμετρος	Πλεονέκτημα
Απόδοση δέκτη	Το DVB-H καταναλώνει 60% λιγότερη ενέργεια, βάσει της τεχνικής time-slicing. Το DVB-H πλεονεκτεί κατά 3 – 6 dB C/N απόδοση, λόγω του σχήματος διαμόρφωσης (QPSK), της τεχνικής διόρθωσης σφαλμάτων (MPE-FEC) και της αντοχής στο φαινόμενο flat fading (δεδομένου του μεγαλύτερου εύρους ζώνης που χρησιμοποιεί)
Κόστος υλοποίησης δικτύων	Το DVB-H προσφέρει 3 – 4 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα, με παρόμοια δικτυακή επένδυση, λόγω της καλύτερης C/N απόδοσης και του υψηλότερου gain (κεραίας) στην UHF ζώνη συχνοτήτων. Τα DVB-T δίκτυα αποτελούν βέλτιστο σημείο εκκίνησης για τις DVB-H υπηρεσίες, δεδομένου ότι η VHF III ζώνη χρησιμοποιείται ήδη από DAB και DVB-T υπηρεσίες και η χρήση των L-band δικτύων είναι σπάνια.
Εκχώρηση φάσματος	Η εκχώρηση φάσματος είναι αποτελεσματικότερη στην περίπτωση του DVB-H, λόγω των σχημάτων διαμόρφωσης 16QAM και 64QAM
Διαθεσιμότητα δεκτών και δικτυακού εξοπλισμού	Περισσότεροι κατασκευαστές υλοποιούν DVB-H τερματικά, διαμορφωτές, επαναλήπτες κλπ.
Διαθεσιμότητα δικτυακών πόρων	Οι DVB-H δικτυακοί πόροι (φυσικού επιπέδου και συστήματα διαχείρισης υπηρεσιών) είναι ήδη διαθέσιμα
Προτυποποίηση	Το DVB-H έχει προτυποποιηθεί από τον Οκτώβριο 2004 και έχουν ορισθεί προδιαγραφές για διάφορα θέματα όπως ESG (Electronic Service Guide), προστασία αντιγραφής περιεχομένου, συστήματα αγοράς υπηρεσιών κλπ.
Εύρος ζώνης	Το DVB-H αποτελεί broadband σύστημα εκπομπής (8 MHz) σε αντίθεση με το T-DMB (1,7 MHz) και συνεπώς παρέχει αντοχή στο flat fading.

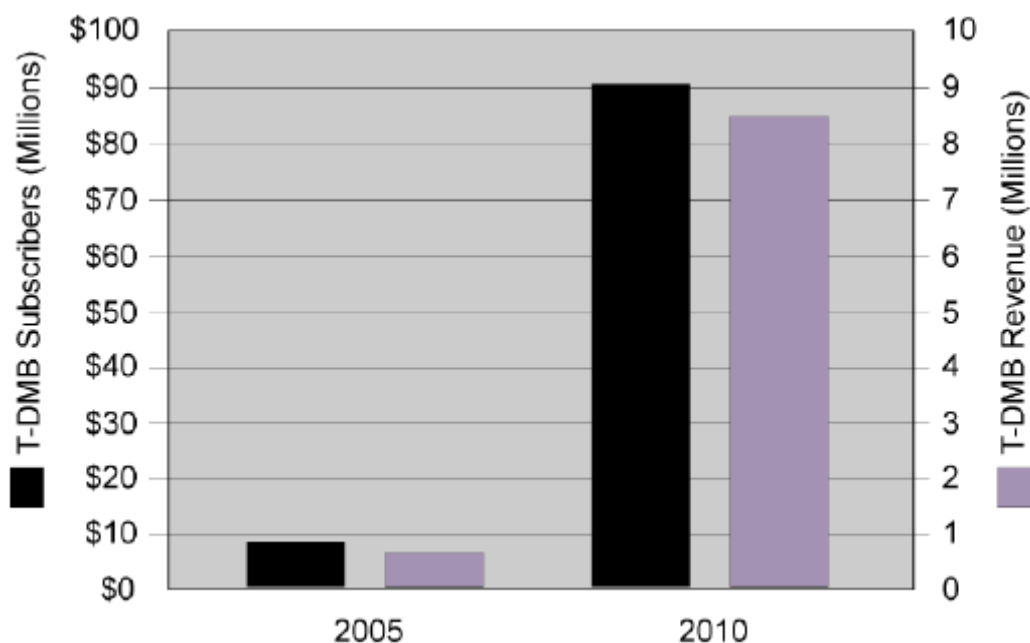
Χωρητικότητα (ρυθμός δεδομένων) ανά πολύπλεξη (κάλυψη)	Το DVB-H προσφέρει ευελιξία και υψηλότερη χωρητικότητα και κλιμάκωση, χρησιμοποιώντας εξελιγμένα σχήματα διαμόρφωσης (QPSK, 16QAM, 64QAM).
Στοιβά πρωτοκόλλων	Το DVB-H χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP και συνεπώς χαρακτηρίζεται από ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε μελλοντικές εξελίξεις.

**Πίνακας 8:** Πλεονεκτήματα DVB-H έναντι του DAB

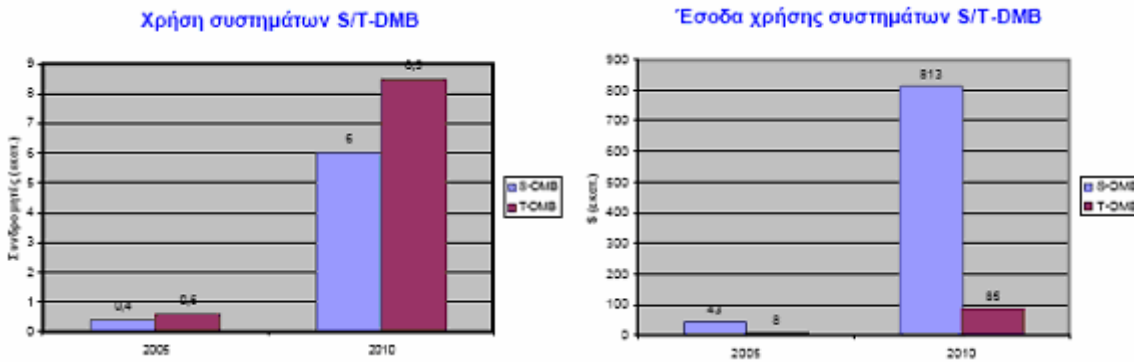
Μολονότι στην Ευρώπη επικρατεί η άποψη ότι θα επικρατήσει το πρότυπο DVB-H έναντι του DMB, δίκτυα της Γερμανίας να εκπέμπουν τηλεοπτικά σήμα σε T-DMB για την αναμετάδοση των αγώνων του Παγκόσμιου Κυπέλλου Ποδοσφαίρου τον Ιούνιο του 2006.

Οι ΚΤ, SK Telecom και ΤΤΑ 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 2.72)



**Σχήμα 2.72α:** Τα έσοδα από τη χρήση του συστήματος T-DMB



**Σχήμα 2.72β:** Τα έσοδα από τη χρήση του συστήματος T-DMB

Ακόμη και στην σημερινή εποχή τα δύο πρότυπα συνεχίζουν να μάχονται για την επικράτησή τους στην αγορά. Ωστόσο, το DVB-H αναμένεται να επικρατήσει, αφού η ζώνη συχνοτήτων που συνήθως χρησιμοποιείται για την παροχή των υπηρεσιών του, είναι ήδη διαθέσιμη για την εκπομπή τηλεοπτικών εκπομπών και δεν είναι άλλη από τη γνωστή UHF. Αντίθετα, το κορεάτικο T-DMB εκμεταλλεύεται τη ζώνη συχνοτήτων L, η οποία όμως δεν είναι ελεύθερη σε όλες τις χώρες της Γηραιάς Ηπείρου.

Η MediaFLO όπως προαναφέρθηκε είναι η τεχνολογία που ανέπτυξε η αμερικανική Qualcomm για την ευρυεκπομπή (broadcast) τηλεοπτικού σήματος σε φορητές ψηφιακές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα. Πρόκειται για «ανταγωνιστή» των προτύπων DMB και DVB-H, τα οποία χρησιμοποιούνται στην Κορέα και την Ευρώπη αντίστοιχα. Κινητά τηλέφωνα που επιτρέπουν τη λήψη και την αναπαραγωγή τηλεοπτικού σήματος MediaFLO, έχουν παρουσιαστεί στην αγορά από διάφορες εταιρίες, μεταξύ των οποίων η LG Electronics και η Samsung. Τον Μάρτιο του 2006 σε καμία περιοχή του πλανήτη δεν προσφέρονταν, έστω και σε δοκιμαστικό επίπεδο, υπηρεσίες MediaFLO. Ωστόσο την 1η Δεκεμβρίου του 2005, οι Verizon Wireless και Qualcomm ανακοίνωσαν ότι θα υποστηρίξουν το συγκεκριμένο πρότυπο για την παροχή υπηρεσιών Mobile TV στους πελάτες της πρώτης. Οι δύο εταιρίες αναμένεται να διαθέσουν εμπορικά την υπηρεσία στις ΗΠΑ μέσα στο 2006. Σημειώνεται ότι το MediaFLO λειτουργεί στη συχνότητα των 700MHz, ενώ δε βασίζεται σε κάποια προγενέστερη τεχνολογία, όπως συμβαίνει με το DVB-H και το DMB.

Το σύστημα ISDB-T σχεδιάστηκε 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.

Οι αναλυτές ωστόσο έχουν εντοπίσει αρκετά ακόμη πλεονεκτήματα στο DVB-H, όπως το ότι οι προδιαγραφές που το περιγράφουν έχουν κατατεθεί και εγκριθεί από τον Οκτώβριο του 2004, ενώ παράλληλα έχουν γίνει όλα τα απαραίτητα βήματα που θα επιτρέψουν την «ασφαλή» μετάδοση του τηλεοπτικού προγράμματος, αλλά και την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων. Αν και αρχικά δεν αποκλείεται να κάνουν την εμφάνισή τους στην ευρωπαϊκή αγορά υπηρεσίες T-DMB (όπως π.χ. στη Γερμανία), το DVB-H αναμένεται να επικρατήσει στο εγγύς μέλλον, κυρίως λόγω της χρήσης ήδη διαθέσιμων υποδομών. Σημειώνεται ότι στην χώρα μας έχει ήδη ξεκινήσει η εκπομπή επίγειου ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος από την EPT με την χρήση του προτύπου DVB-T. Όπως αναφέρεται στην επίσημη ιστοσελίδα του DVB-H, με ελάχιστες τροποποιήσεις το DVB-T μπορεί να εξυπηρετήσει και τις ανάγκες των υπηρεσιών DVB-H



### 2.10.13. Διαθεσιμότητα Φάσματος των συστημάτων DVB-H, T-DMB.

Το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων (frequency spectrum) διαχειρίζεται από τους εθνικούς φορείς τηλεπικοινωνιών σε ευθυγράμμιση με τις διεθνείς αποφάσεις που λαμβάνει η International Telecommunications Union (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 (ΕΕΤΤ) αποτελεί τη Ρυθμιστική Αρχή στον Ελλαδικό χώρο.

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 κεραιές 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.

Όπως συμβαίνει και στην DAB τεχνολογία. Το σύστημα T-DMB στοχεύει στην χρήση των ζωνών εκπομπής:

- VHF Band III (174-230 MHz)
- L Band(UHF)( 1452-1492 MHz)

Οι Ηνωμένες Πολιτείες και ο Καναδάς διαθέτουν ακόμα την πρώτη ζώνη όπως για την τηλεοπτική μετάδοση (τα κανάλια 7 έως 13) στις Ηνωμένες Πολιτείες διατηρείται η L Band(UHF) που χρησιμοποιείται για τις στρατιωτικές εφαρμογές. Η τεχνολογία DMB είναι ακόμα μη διαθέσιμη στη Βόρεια Αμερική, που βρίσκει εφαρμογή το σύστημα MediaFLO- Qualcomm. Στην Ιαπωνία, χρησιμοποιείται ευρύτερα το πρότυπο ISDB.

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.

### 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 πιο ενδιαφέρουσα στους κατασκευαστές φορητών τερματικών.

### UHF Band IV & V

Οι τιμές διάδοσης σήματος και διείσδυσης κτιρίων παραμένουν σε αποδεκτά επίπεδα, προσφέροντας μεγάλη κάλυψη. Οι τιμές των Doppler shifts που λαμβάνονται από τους δέκτες σε αυτές τις ζώνες, αντιστοιχούν σε ταχύτητες 250–500 km/h. Το μέγεθος της κεραίας επιτρέπει την ενσωμάτωσή της σε φορητές συσκευές. Οι ζώνες αυτές προτιμώνται για τη μετάδοση υπηρεσιών σε κινητά τερματικά. Εξαιρέση αποτελεί το άνω μέρος της ζώνης V, όπου οι GSM900 μεταδόσεις παρεμβάλλονται στις DVB-H υπηρεσίες. Οι ζώνες IV και V παραμένουν όμως συνωστισμένες από τους TV broadcasters, οι οποίοι προσφέρουν τις αναλογικές/ψηφιακές τηλεοπτικές τους υπηρεσίες. Σε κάποιες ευρωπαϊκές χώρες, η πρόσβαση στις ζώνες αυτές ενδέχεται να καθυστερήσει έως το 2010-2020, όπου θα συμβεί μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση (αποκαλούμενη και Digital Dividend). Κατά τη μετάβαση αυτή θα απελευθερωθεί φάσμα στις UHF ζώνες.

### L-Band(UHF)

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.

## Κεφάλαιο 3: Η Μελέτη δικτύων DVB-H

### 3.1.Εισαγωγή

#### Προσεγγίσεις για προσομοίωση Handover

Υπάρχουν διάφορα εργαλεία για την προσομοίωση αλγορίθμων μερικά από αυτά είναι τα παρακάτω μαζί με κάποιες γενικές πληροφορίες για αυτά:

#### MathWorks System:

Το MathWorks System είναι ένα ολοκληρωμένο πακέτο για την ανάλυση συστημάτων και αλγορίθμων,θα το χρησιμοποιήσουμε για την προσομοίωση(time slicing) που θα κάνουμε. Μια μικρή ανάλυση για τις ικανότητες του προγράμματος:

#### Matlab:

Το MATLAB (Math Works Inc.) παρέχει ένα δυναμικό, εύχρηστο και ανοικτό υπολογιστικό περιβάλλον για υλοποίηση επιστημονικών εφαρμογών σε ένα μεγάλο φάσμα πεδίων, όπως στη Γραμμική Άλγεβρα, Στατιστική, Εφαρμοσμένα Μαθηματικά, Αριθμητική Ανάλυση και Επιστημονικό Υπολογισμό, Επεξεργασία Σημάτων και Εικόνας, Θεωρία Ελέγχου, Θεωρία Βελτιστοποίησης και Γραφικά. Έχει υλοποιηθεί σε πολλές λειτουργικές πλατφόρμες (όπως Windows, Macintosh OS και Unix) και δύο βασικές εκδόσεις, την επαγγελματική και την εκπαιδευτική (student edition).

Το περιβάλλον του Matlab υποστηρίζει ένα μεγάλο αριθμό ενδογενών λειτουργιών και συναρτήσεων καθώς και εξωτερικές βιβλιοθήκες (Toolboxes) για εξειδικευμένες περιοχές εφαρμογών. Υποστηρίζει επίσης μια ευέλικτη, απλή και δομημένη γλώσσα προγραμματισμού (script language) με πολλές ομοιότητες με την Pascal και παρέχει δυνατότητες εύκολης δημιουργίας, διασύνδεσης και χρήσης βιβλιοθηκών σε κώδικα γραμμένο στη γλώσσα αυτή (M files).

Το Matlab εκτελεί από απλούς μαθηματικούς υπολογισμούς μέχρι και προγράμματα με εντολές παρόμοιες με αυτές που υποστηρίζει μια γλώσσα υψηλού επιπέδου. Συγκεκριμένα εκτελεί απλές μαθηματικές πράξεις, αλλά εξίσου εύκολα χειρίζεται μιγαδικούς αριθμούς, δυνάμεις, ειδικές μαθηματικές συναρτήσεις, πίνακες, διανύσματα και πολυώνυμα. Μπορεί επίσης να αποθηκεύει και να ανακαλεί δεδομένα, να δημιουργεί και να εκτελεί ακολουθίες εντολών που αυτοματοποιούν διάφορους υπολογισμούς και να σχεδιάζει γραφικά. Οι λειτουργίες του Matlab διακρίνονται στις τυποποιημένες, δηλαδή σε αυτές που χειρίζονται αριθμητικά δεδομένα και εξάγουν αριθμητικά αποτελέσματα, και στις συναρτήσεις του Symbolic Toolbox, οι οποίες χειρίζονται και υπολογίζουν συμβολικές εκφράσεις, δηλαδή επεξεργάζονται μαθηματικά σύμβολα.

## DVBNP(Matlab Impelementation of a Network Coverage Tool for Digital Video Broadcast-Handheld)

Περιβάλλον λειτουργίας Matlab, παρέχει μια γενικότερη περιγραφή της κάλυψης του δικτύου DVB-H που μπορεί να μιμηθεί την πιθανότητα κάλυψης του κυττάρου για διαφορετικούς παράγοντες επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Προορίζεται ώστε να δώσει ξεκάθαρα συμπεράσματα για το ρόλο που διαδραματίζουν οι παράμετροι του δικτύου στην διαδικασία προγραμματισμού, όταν ρυθμίζονται ένας ή περισσότεροι παράμετροι που δεν βασίζονται σε μια καθορισμένη δομή της λειτουργίας του δικτύου

### OPNET:

Το OPNET είναι ένα εμπορικό εργαλείο για την προσομοίωση και τον σχεδιασμό μοντέλων και χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει συνήθως δίκτυα υπολογιστών. Έρχεται με ένα μεγάλο αριθμό από έτοιμα μοντέλα για terminals, routers, servers, κ.α. Χρησιμοποιώντας αυτά τα μοντέλα μπορούν να προσομοιωθούν σχεδόν όλα τα δίκτυα και να αναλυθεί οποιοδήποτε πρωτόκολλο. Το πιο σημαντικό τα νέα πρωτόκολλα μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας την λογική για σχεδιασμό finite-state που παρέχεται από το OPNET. Το OPNET παρέχει μια ιεραρχία τριών επιπέδων. Το υψηλότερο επίπεδο αναφέρεται σαν network domain και επιτρέπει τον καθορισμό της τοπολογίας του δικτύου όπως το ETHERNET και το STAR δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποια στάνταρ μοντέλα. Το δεύτερο επίπεδο αναφέρεται σαν node domain και επιτρέπει τον ορισμό για την αρχιτεκτονική των κόμβων του δικτύου. Αυτό καθορίζει τις ενεργές διεργασίες σε ένα κόμβο και την αλληλεπίδραση μεταξύ των κόμβων. Τα τρίτο επίπεδο καλείται process domain, αυτό το επίπεδο καθορίζει ένα FSM για κάθε διεργασία μέσα στον κόμβο. Το FSM αποτελείται από δυναμικές και στατικές καταστάσεις. Κάθε κατάσταση έχει και μία διαδικασία που εκτελείται κάθε φορά που μπαίνουμε ή βγαίνουμε από την κατάσταση της διεργασίας. Μια διεργασία μπορεί να παραμείνει σε στατική κατάσταση και να περιμένει ένα γεγονός να συμβεί. Αλλά δεν μπορεί να παραμείνει σε δυναμική κατάσταση. Η διεργασία πρέπει να μεταβεί σε μια στατική κατάσταση μετά από την εκτέλεση μίας 'Enter' και/ή 'Exit' διαδικασίας. Αυτό είναι ένα στάνταρ χαρακτηριστικό του FSM.

περιέχει απαραίτητα εργαλεία για:

- a) Υλοποίηση δικτύων που η μορφή των πακέτων διαμορφώνει την λειτουργία του.
- b) Παρέχει την δυνατότητα να καθορίζει τα πρότυπα συμπεριφοράς ενός τμήματος του δικτύου.
- c) Προυποθέτει την ύρπαξη ξεχωριστού <παραθύρου> ώστε να αναλύονται λεπτομερώς οι τοπολογίες και οι συνδέσεις που αποτελούν το υπο μελέτη δίκτυο.
- d) Προυποθέτει την ύρπαξη <πρότυπου> κόμβων ώστε να διευκρινίζεται η διεπαφή ενός τμήματος του υπό μελέτη δικτύου.
- e) Περιβάλλον λειτουργίας φιλικό για τον χρήστη.

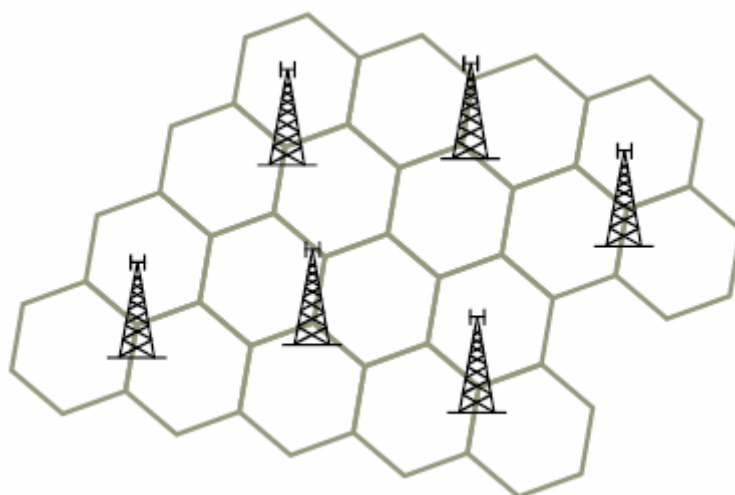
Τα παραπάνω λογισμικά και toolboxes χρησιμοποιούνται για τις προσομοιώσεις που ακολουθούν στην συνέχεια.

### 3.2. Το κυψελοειδές σύστημα

Τα δίκτυα κινητής επικοινωνίας χωρίζονται σε γεωγραφικές περιοχές που ονομάζονται κυψέλες, η καθεμιά από τις οποίες εξυπηρετείται από ένα σταθμό βάσης (σχήμα 3.1). Οι κινητοί δέκτες-

αποτελούν το σύνδεσμο του χρήστη με το δίκτυο. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να εξασφαλίζει τη διατήρηση της σύνδεσης των δεκτών με το δίκτυο, καθώς οι χρήστες μετακινούνται από τη μία κυψέλη στην άλλη. Μια ακόμη πτυχή ενός τέτοιου δικτύου είναι ότι καθώς ο χρήστης μετακινείται ενώ συνομιλεί ή χρησιμοποιεί τον δέκτη, το δίκτυο πρέπει να είναι σε θέση να μεταφέρει την κλήση από τον ένα σταθμό βάσης στον άλλο. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται μεταβίβαση ή μεταπομπή (handover) – όταν το δίκτυο κυριολεκτικά μεταβιβάζει την κλήση από ένα σταθμό βάσης σε άλλον, και συμβαίνει αδιάλειπτα, δηλαδή χωρίς αυτός που τηλεφωνεί ή που χρησιμοποιεί την κινητή συσκευή να αντιληφθεί την αλλαγή.

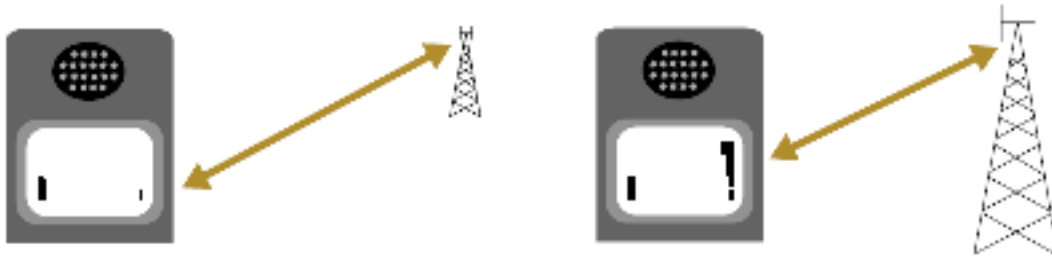
Τα επίπεδα εκπεμπόμενης ισχύος από τους σταθμούς βάσης ποικίλλουν αρκετά ανάλογα με την περιοχή ή «κυψέλη» στην οποία απαιτείται να παρέχουν κάλυψη. Τυπικά, η εκπεμπόμενη ισχύς από έναν υπαίθριο σταθμό βάσης μπορεί να κυμαίνεται από μερικά watt έως περίπου 100 watt· ενώ, η εκπεμπόμενη ισχύς από έναν σταθμό βάσης εσωτερικού χώρου είναι ακόμα πιο χαμηλή. Για λόγους σύγκρισης, τα 100 watt ισοδυναμούν με την ισχύ ενός συνηθισμένου λαμπτήρα που χρησιμοποιούμε στο σπίτι μας.



**Σχήμα 3.1 :** Θεωρητική μοντελοποίηση ενός δικτύου

Τα κινητά τηλέφωνα και οι φορητοί δέκτες, για να επικοινωνήσουν με τους σταθμούς βάσης, ανταλλάσσουν ραδιοσήματα. Το επίπεδο ισχύος αυτών των σημάτων βελτιστοποιείται με προσοχή, ώστε το δίκτυο να λειτουργεί ικανοποιητικά. Επιπλέον, είναι ενδεδειγμένα ώστε να αποφεύγονται παρεμβολές με άλλα ραδιοσυστήματα που χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, από τις υπηρεσίες άμεσης δράσης, τα ταξί και τους ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς αναμεταδότες.

Τα κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούν αυτόματο έλεγχο ισχύος για να μειώνεται στο ελάχιστο δυνατόν η εκπεμπόμενη ενέργεια, ενώ παράλληλα να διατηρείται η καλή ποιότητα κλήσης. Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιείται το τηλέφωνο, η παραγόμενη ισχύς είναι δυνατό να κυμαίνεται ανάμεσα στο κατώτατο όριο του 0,001 watt περίπου και στο ανώτατο επίπεδο που είναι λιγότερο από 1 watt. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει σκοπό να παρατείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και το διαθέσιμο χρόνο ομιλίας.



**Σχήμα 3.2:** Η ισχύς του σήματος επηρεάζεται από αρκετούς παράγοντες, αλλά η εγγύτητα σε ένα σταθμό βάσης αποτελεί το σημαντικότερο από αυτούς.

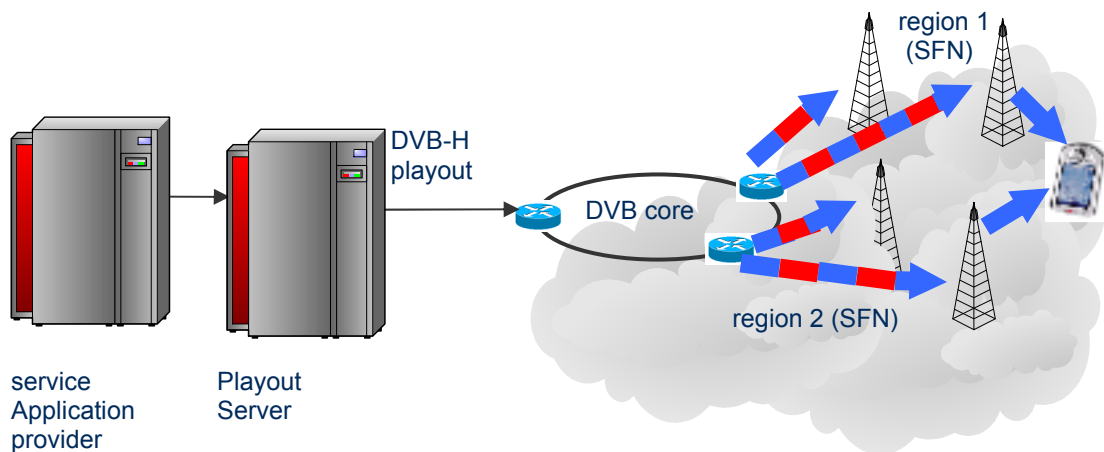
### 3.3. Υπολογισμός της εξοικονόμησης ενέργειας (time slicing)

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, 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 data-rate, 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.

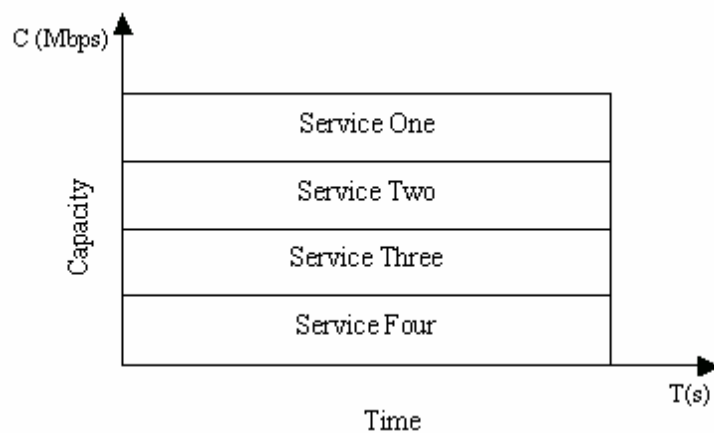
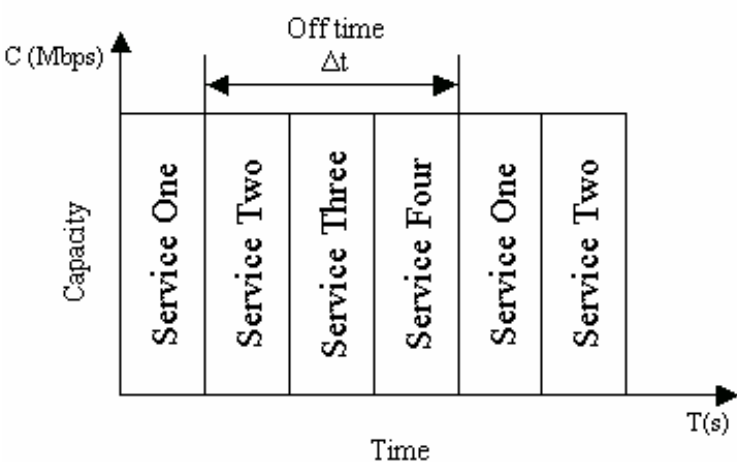
#### Time Slicing

Η μέθοδος του handover που συμβαίνει στο DVB-H είναι τελείως διαφορετική από την μέθοδο του handover που συμβαίνει στα κυψελοειδή συστήματα τηλεπικοινωνιών. Το DVB-H παρέχει ένα καθοδικό κανάλι ζεύξης που επιτρέπει τη μονόδρομη μεταφορά δεδομένων σε υψηλούς ρυθμούς. Το συγκεκριμένο κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε αυτόνομα, είτε σε συνδυασμό με τις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Ο χρονικός τεμαχισμός (time slicing) είναι το χαρακτηριστικό βάση του οποίου προκαλείται το φαινόμενο του handover στο DVB-H. Με βάση την τεχνική του χρονομερισμού ή time-slicing τα δεδομένα δεν μεταδίδονται συνεχόμενα, αλλά κατά ριπές (bursts). Εντελώς διαφορετικά από το DVB-T, που έχουμε μια συνεχή μετάδοση των δεδομένων, το DVB-H υιοθετεί ένα μηχανισμό, στον οποίον, ένα σύνολο των δεδομένων (bursts of data) λαμβάνεται σε ένα ορισμένο χρόνο (at a time) από το δέκτη. (σχήμα 3.3)

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 επικεφαλίδες των τμημάτων της ριπής δεδομένων. Έτσι, η σηματοδοσία (time slicing) γίνεται πολύ <ανθεκτική> σε σφάλματα μετάδοσης.



**Σχήμα 3.3 :** Ο μηχανισμός (time slicing) στο DVB-H



**Σχήμα 3.4 :** Η ροή δεδομένων κατά ριπές (bursts -time slicing) στο DVB- H

**Σχήμα 3.5 :** Η συνεχόμενη ροή μετάδοσης (σε DVB-T συστήματα)

### Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης

Στην συγκεκριμένη προσομοίωση ακολουθούμε το μοντέλο χρονικής εξάρτησης για το οποίο η αλλαγή ή αύξηση δεν ακολουθεί μία προκαθορισμένη μορφή αλλά έναν στοχαστικό τρόπο που βασίζεται σε μια ακολουθία τυχαίων αριθμών που προκύπτει από την διαδικασία της προσομοίωσης.

Η ενέργεια που σώζεται στη χρησιμοποιούμενη μέθοδο time-slicing δίνεται από:

$$E_s = E_2 - E_1 = T \left( \sum_{i=1}^n E_i - E_m \right) / \sum_{i=1}^n t_i$$

όπου ο δέκτης καταναλώνει ισχύ μπαταρίας  $E_i$  δεχόμενος την υπηρεσία στο time-slice  $i$ th για διάρκεια  $t_i$  sec, όπου  $t_{i\epsilon}$  είναι η διάρκεια του time-slice  $i$ . Υποθέτουμε ότι υπάρχουν  $n$  διαφορετικές υπηρεσίες που μεταδίδονται διαμέσου του δικτύου όπου  $n$  σταθερός αριθμός. Στη συνέχεια όταν ο δέκτης λαμβάνει μια υπηρεσία από το time-slicing  $m$  μεγαλύτερο-ίσο του 1 και μικρότερο-ίσο του  $n$ , ισχύς της ενέργειας που καταναλώνεται στη μέθοδο time-slicing δίνεται σαν  $E_1$  και στο συνεχόμενο τρόπο λειτουργίας  $E_2$  και  $E_m$  είναι η καταναλώμενη front-end ενέργεια για time-slice  $m$ .

$$E1 = TE_m / \sum_{i=1}^n t_i \quad E2 = T \sum_{i=1}^n E_i / \sum_{i=1}^n t_i$$

όπου η περίοδος της υπηρεσίας μετάδοσης είναι T και T είναι ένα ολοκληρωτικό πολλαπλάσιο του  $\sum_{i=1}^n t_i$

Η ενέργεια που σώζεται από το time-slicing μέσω της πρόσομοίωσης:

$$\text{Έστω: } \sum_{i=1}^n E_i = 400 \text{ mW}$$

Με βάση τις προηγούμενες εξισώσεις, έχουμε:  $E1 = E_m E2 / \sum_{i=1}^n E_i$

Τότε:  $0 < E_m < 400 \text{ mW}$

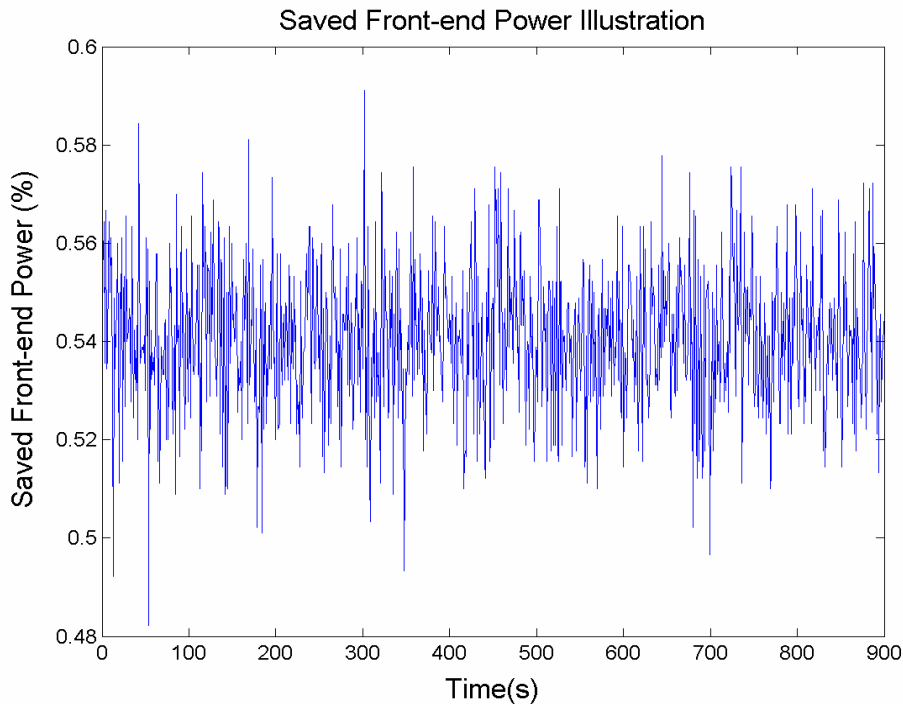
$$\text{Για: } p = E_m / \sum_{i=1}^n E_i$$

Παίρνουμε:  $0 < p < 1 \quad E1 = pE_2$

Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε:  $E2=400, T=[1:1:900], P=\text{rand}(\text{size}(T))$

Άρα για

```
function P=peir2(T,e1)
ei=400;
em=0:400;
p=em/ei;
e2=400;
T=[1:1:900];
for p=0:1;
p=rand(size(T));
e1=(p*e2)*100;
End
plot(T,e1)
```



**Σχήμα 3.6 :** Αποτελέσματα προσομοίωσης για Saved Front-End Power

### 3.4.Υπολογισμοί σε θέματα ραδιοκάλυψης

#### Υποθέσεις

- Στην προσομοίωση που ακολουθεί υποθέτουμε πως μόνο ένα σήμα προέρχεται από κάθε συσκευή αποστολής σημάτων και τα σήματα από τις συσκευές αποστολής σημάτων είναι ανεξάρτητα. (Στην πράξη λαμβάνονται διάφορα σήματα που έρχονται από διαφορετικές κατευθύνσεις με διαφορετικές καθυστερήσεις και με διαφορετικά εύρη. )
- Όλες οι συσκευές αποστολής σημάτων έχουν ίδιο ύψος κεραιών και την ίδια ισχύ >μετάδοσης. Η κεραία είναι τύπου omni direction και η μορφή κυττάρων είναι εξαγωνική.
- Ο δέκτης μπορεί να λάβει το μέγιστο SNR παρουσία όλων των σημάτων που διαβιβάζονται από άλλες συσκευές αποστολής σημάτων στο ίδιο SFN και την παρέμβαση από άλλο co-channel SFNs.

#### 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.

#### Δομή προσομοίωσης:

Το εργαλείο προσομοίωσης αποτελείται από πέντε μέρη:

- <το παράθυρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη.
- Την γραφική απεικόνιση της τοπολογίας του δικτύου.
- Την γραφική απεικόνιση και υπολογισμό της πιθανότητας κάλυψης.
- Την γραφική απεικόνιση των σημάτων παρεμβολής.
- Την γραφική απεικόνιση και υπολογισμό της ακτίνας των κυττάρων.

Επομένως για μια καθορισμένη (από το χρήστη) τοπολογία δικτύου μπορεί να προκύψουν οι παραπάνω 5 γραφικές απεικονίσεις

Οι παράμετροι για την προσομοίωση στο εργαλείο προσομοίωσης (DVBNP)

Στον **πίνακα 7**, παρουσιάζονται οι παράμετροι και οι τιμές που μπορούν να τεθούν στο<παραθύρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη ώστε να προκύψουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Parameters	Value or its range
Transmitter frequency (Mhz)	200,400,600 and 800
Transmitter power (dBW)	10~45
Transmitter antenna height (m)	20~300
Receiver antenna height (m)	1.5
Symbol useful time $T_u$ ( $\mu$ s)	224,448,896
Guard interval time ( $\mu$ s)	$T_u/4$ ; $T_u/8$ ; $T_u/16$ ; $T_u/32$
Receiver noise level (dB)	-129 (with a receiver noise factor = 6dB)
Shadowing deviation (dB)	8
C/I threshold (dB)*	5~30
Burst on-time duration in a burst cycle	0.5
Map resolution (m)	200~2000
Cell radius (m)	1000~80000
SFN size	1,3,4,7,9,12,13
Number of Clusters	1,4,9,16
Pixel coverage probability	0~1
Pixel ratio threshold	0~1

**Πίνακας 7:** Οι παράμετροι και οι τιμές που μπορούν να τεθούν στο<παραθύρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη

## Η παρουσίαση της γραφικής απεικόνισης της προσομοίωσης

Το (σχήμα 3.7) παρουσιάζει <το παράθυρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη που με βάση αυτών των δεδομένων θα εξελιχθούν οι αντίστοιχες προσομοιώσεις.

System Parameters	
Number of clusters	1
Cell Radius (m)	4000
Frequency reuse factor	7
SFN size	3
Transmitter Power (dBW)	35
Receiver Noise level[dBW]	-129
Shadowing deviation[dB]	8
transmitter antenna height(m)	35
receiver antenna height(m)	1.5
Frequency(MHZ)	600
Map Resolution(m)	200
Symbol useful time(us)	448
Guard interval time(us)	14
CI threshold (dB)	18
Burst duration in one cycle	0.5
<input type="checkbox"/> Optimal Cell Radius	
Pixel coverage probability threshold(%)	95
Pixel ratio threshold(%)	90
Optimal cell radius(m)	

Presentation	
<input type="checkbox"/> Network Topology plot	
<input checked="" type="checkbox"/> Mean interference plot	
<input checked="" type="checkbox"/> Mean received power plot	
<input checked="" type="checkbox"/> Mean received CI plot	
<input checked="" type="checkbox"/> Pixel Coverage probability plot	

**Run simulation**

**Σχήμα 3.7:** <Το παράθυρο> για την εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη.

•Network topology plot:

Αυτή η γραφική απεικόνιση δίνει την τοπολογία του εκάστοτε δικτύου της μορφής των εξαγωνικών κυττάρων σύμφωνα με τον επιλεγμένο παράγοντα επαναχρησιμοποίησης συχνότητας(frequency reuse factor )και το μέγεθος SFN(sfn cluster size).

•Mean interference plot:

Η συγκεκριμένη γραφική απεικόνιση παρουσιάζει την διάδοση της αναμενόμενης παρέμβασης (στο DB) που προέρχεται από το ίδιο το δίκτυο σε ένα εικονοκύτταρο ολόκληρης της περιοχής που μελετάμε. Επειδή η παρέμβαση προέρχεται από διαφορετικές συσκευές αποστολής σημάτων, η απεικόνιση που παρουσιάζεται είναι το αναμενόμενο ποσοστό των συνδυασμένων διαφορετικών σημάτων παρέμβασης που λαμβάνονται( για να είναι lognormally μεταβλητές).

•Mean received power plot:

Η συγκεκριμένη γραφική απεικόνιση παρουσιάζει την αναμενόμενη λαμβανόμενη ισχύς (στο DB )που προέρχεται από συσκευές αποστολής σημάτων στο δίκτυο SFN πέρα από το σύνολο της μελετημένης περιοχής. Όπως και στην γραφική απεικόνιση(interference plot) απεικονίζεται το αναμενόμενο ποσοστό των συνδυασμένων διαφορετικών σημάτων παρέμβασης.

•Mean received C/I plot:

Η συγκεκριμένη γραφική απεικόνιση παρουσιάζει το αναμενόμενο ποσοστό C/I-carrier to interference (στο DB) που είναι η διαφορά της αναμενόμενης λαμβανόμενης ισχύς και της αναμενόμενης παρέμβασης στο σύνολο της μελετημένης περιοχής.

•Pixel coverage probability plot:

Η συγκεκριμένη γραφική απεικόνιση παρουσιάζει την πιθανότητα κάλυψης των εικονοκυττάρων ολόκληρης της μελετημένης περιοχής.

Καθορισμός παραμέτρων

Η πιθανότητα κάλυψης του εικονοκυττάρου και η αναλογία (pixel ratio threshold) μπορούν να επιλεγούν κατά τον υπολογισμό της βέλτιστης ακτίνας του κυττάρου με τη σημείωση της "βέλτιστης ακτίνας κυττάρων"-(optimal cell radius) στο<παραθύρο> στην εισαγωγή των παραμέτρων της προσομοίωσης από το χρήστη στο DVBNP.

•Pixel coverage probability threshold:

Η συγκεκριμένη γραφική απεικόνιση παρουσιάζει το ποσοστό των εικονοκυττάρων για το οποίο η πιθανότητα κάλυψης υπερβαίνει αυτό το κατώτατο όριο και μπορεί να υπολογιστεί βασιζόμενη στη διαδικασία υπολογισμού της κάλυψης.

•Pixel ratio threshold:

Μετά από το ποσοστό των εικονοκυττάρων για το οποίο η πιθανότητα κάλυψης υπερβίνει το κατώτατο όριο, υπολογίζεται εάν αυτό το ποσοστό υπερβαίνει την αναλογία του κατώτατου ορίου των εικονοκυττάρων, με βάση την κάλυψη της μελετημένης περιοχής. Η βέλτιστη ακτίνα είναι η μέγιστη ακτίνα για την οποία το δίκτυο καλύπτεται από τις προκαθορισμένες παραμέτρους των συστημάτων.

•Number of Clusters:

Μια συστάδα SFN(sfn cluster) σημαίνει ότι τα SFNs έχουν διαφορετικές συχνότητες το ένα από το άλλο. Ο συνολικός αριθμός του SFNs είναι ίσος με το ποσοστό της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας που τίθεται από το χρήστη. Εάν η επαναχρησιμοποίηση συχνότητας είναι ίση με 1, τότε μια συστάδα SFN σημαίνει ένα SFN.

•SFN size:

Ο αριθμός από τις συσκευές αποστολής σημάτων που συνθέτουν ένα SFN.

• Cell radius:

Στο εργαλείο προσομοίωσης DVBNP, όλα τα κύτταρα έχουν την μορφή εξαγώνου. Η ακτίνα είναι η ακτίνα του αντίστοιχου εξαγωνικού κυττάρου.

•Burst on-time duration in a burst cycle:

Αν και οι συσκευές αποστολής σημάτων σε ένα δίκτυο DVB-H αποστέλουν διαφορετική ροή δεδομένων (κατά ριπές) για όλες τις υπηρεσίες σε καθορισμένο χρόνο, ο δέκτης DVB-H λαμβάνει μόνο την σηματοδοσία-ροή δεδομένων (burst) που του είναι απαραίτητη και αγνοεί τις υπόλοιπες που αποστέλονται στον ίδιο χρόνο. Εξαιτίας αυτού, η έγκαιρη διάρκεια σηματοδοσίας σε έναν καθορισμένο χρόνο για μια υπηρεσία θα επηρεάσει την απόδοση του δικτύου. Το προκαθορισμένο ποσοστό είναι 50%.

•C/I threshold:

Η συγκεκριμένη παράμετρος καθορίζει το κατώτατο όριο C/I-carrier interference, στο οποίο ο δέκτης μπορεί να πάρει το σήμα σε ολόκληρο το δίκτυο που μελετάμε.

•Shadowing deviation:

Σε ένα επίγειο σύστημα αναμετάδοσης, η ποιότητα συνδέσεων μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά λόγω των <<εμποδίων>> που προκύπτουν από τα κτήρια και τα δέντρα. Η απόδοση των συστημάτων επικοινωνιών θα εξαρτηθεί μόνο από το αν ο ραδιο δέκτης έχει την δυνατότητα να υπολογίσει κατά μέσο όρο την εξασθένηση-επίδραση που μπορεί να προκύψει μέσω των αντίστοιχων διαδρομών ροής σηματοδοσίας. Με βάση τις εμπειρικές μετρήσεις, αυτή η επίδραση μπορεί να διαμορφωθεί από μια λογάριθμη διανομή για το υπαίθριο και εσωτερικό περιβάλλον. Η χαρακτηριστική σταθερή απόκλιση για αυτή την λογάριθμη διανομή είναι 6dB-12dB. Η προκαθορισμένη τιμή που τίθεται για αυτό το εργαλείο είναι 8dB.

•Receiver noise level:

Με έναν παράγοντα θορύβου στο δέκτη = 6dB, το επίπεδο θορύβου του κυμαίνεται στα 129.2dBW. Η εξίσωση για να υπολογιστεί το επίπεδο θορύβου στους δέκτες είναι:

$$P_n = F + 10 \log(k \cdot T_0 \cdot B)$$

Όπου:

$P_n$  : Η ισχύς θορύβου στην είσοδο του δέκτη

$F$  : Ο παράγοντας θορύβου στους δέκτες

$k$  : Σταθερά Boltzmann =  $1.38 \cdot 10^{-23}$  Ws/K

$T_0$  : Απόλυτη Θερμοκρασία στον δέκτη = 290 K

$B$  : Ευρος ζώνης θορύβου στον δέκτη(Hz)

Για 8MHz DVB-H κανάλι ισχύει ( $B=7.6 \cdot 10^6$ )

•Symbol useful time:

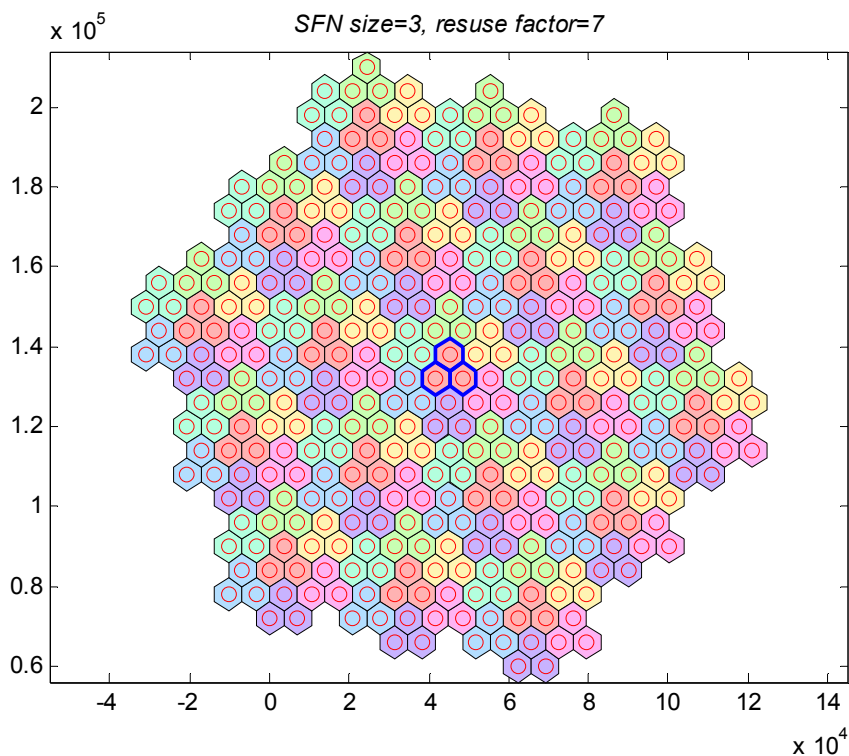
Ο επιπρόσθετος χρόνος guard interval(χρόνος προστασίας) προστίθεται στο διαβιβασθέν DVB-H σύμβολο που αποστέλεται για να < καταπολεμήσει > τον χρόνο που καθυστερεί την διάδοση του σήματος λόγω των ιδιομορφιών της διαδρομής. Ο χρήσιμος χρόνος για την διάδοση των απαραίτητων συμβόλων είναι ο χρόνος αυτών των συμβόλων μείον το χρόνο προστασίας- (guard interval). Η χρονική διάρκεια του χρήσιμου μέρους ενός συμβόλου 2K mode είναι 224ms, 4k mode είναι 448ms και για 8k mode είναι 896ms.

•Guard interval time:

Συνήθως είναι 1/4, 1/8, 1/16 και 1/32 από τον χρήσιμο χρόνο των συμβόλων.

Τα αποτελέσματα της γραφικής απεικόνισης της προσομοίωσης

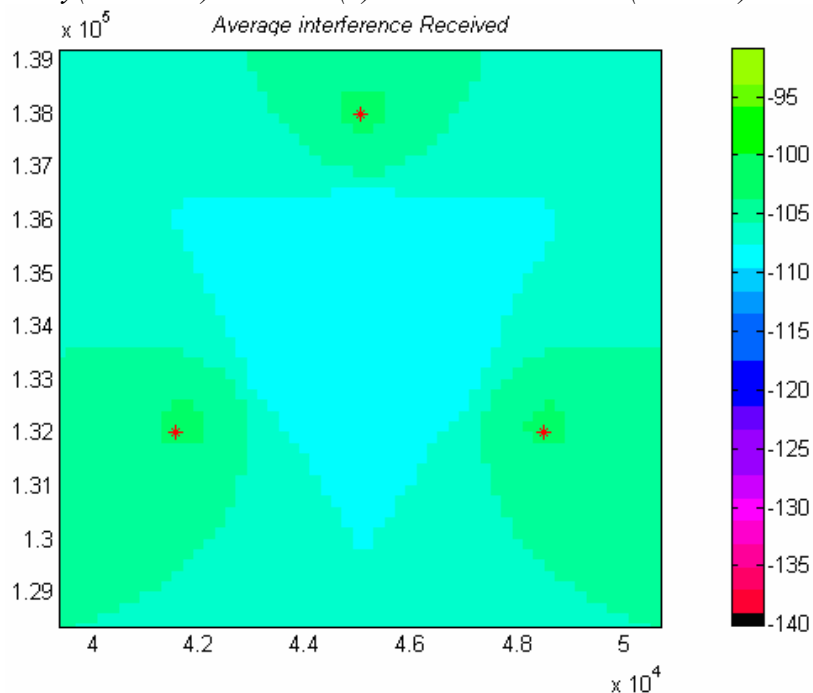
- Αποτελέσματα για μεταβολές στην συχνότητα([Transmitter frequency](#))
- Network topology plot



**Σχήμα 3.8:** Network Topology Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

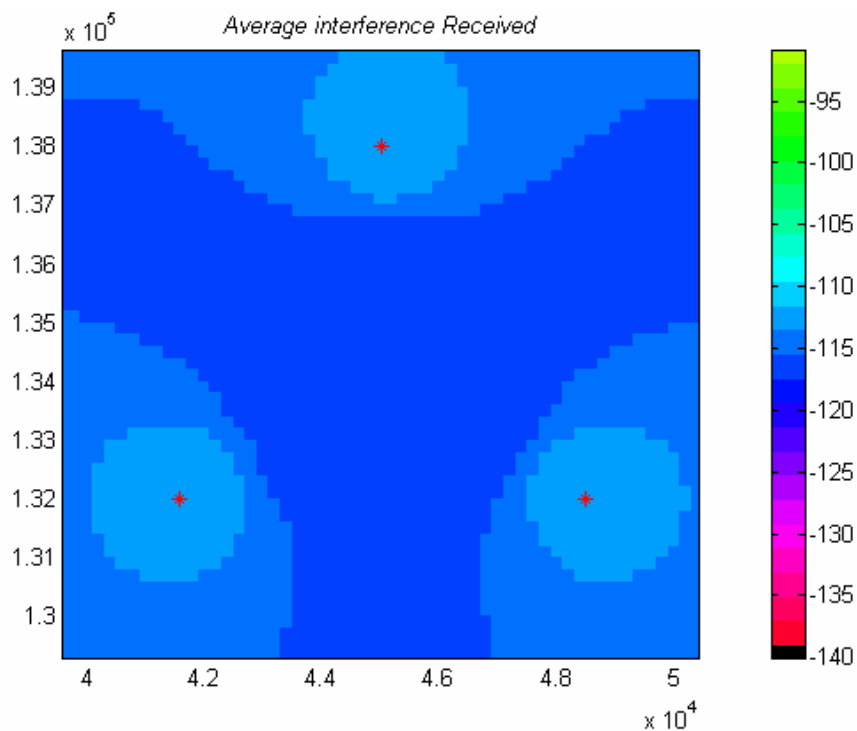
- Average Interference Received Plot

- Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



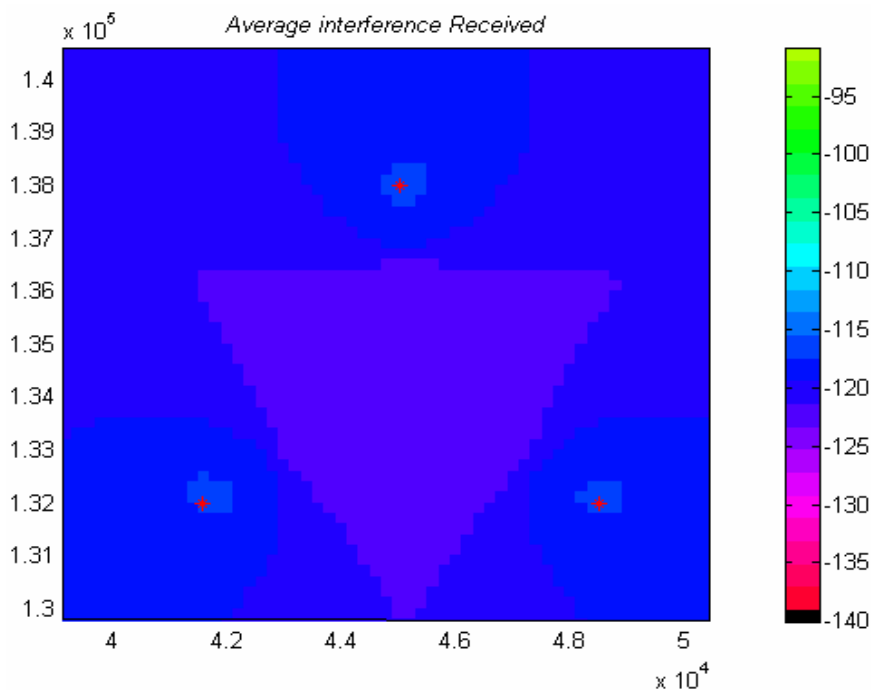
**Σχήμα 3.9:** Average Interference Received Plot Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



**Σχήμα 3.10:** Average Interference Received Plot Transmitter frequency (400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

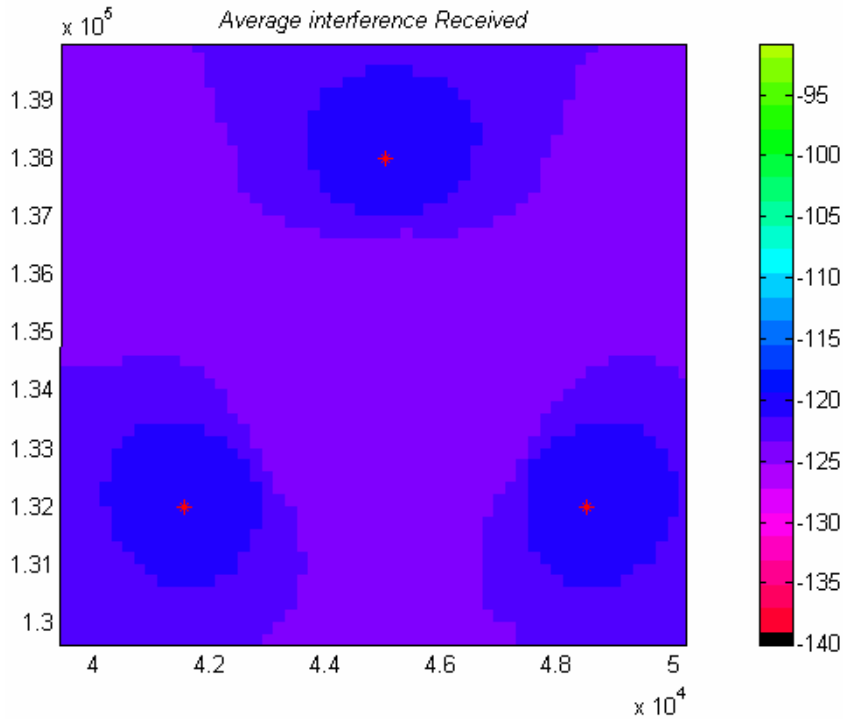
•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



**Σχήμα: 3.11:** Average Interference Received Plot Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

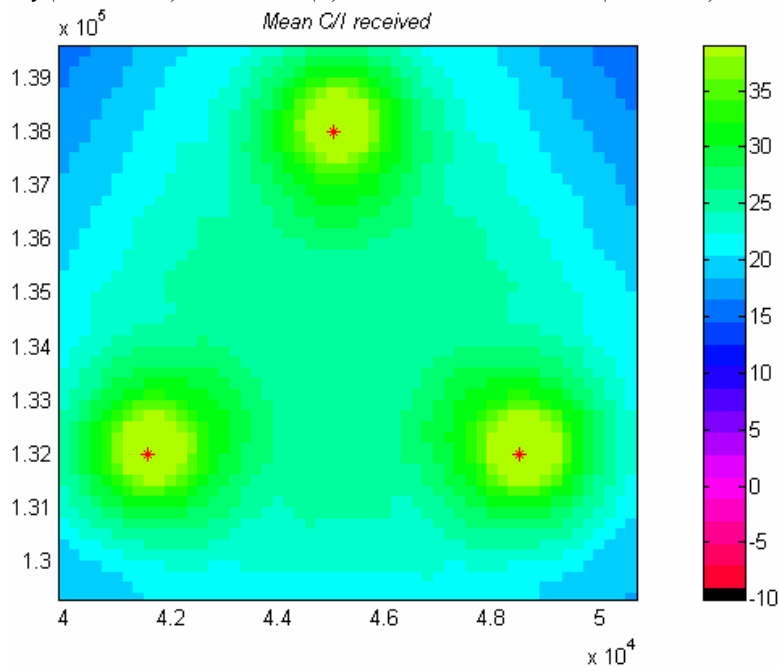


**Σχήμα 3.12:** Average Interference Received Plot Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

Στα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε μεταβολές κατά τη συχνότητα όταν το μέγεθος των κυψελών είναι σταθερό και η συχνότητα μετάδοσης παραμένει στα 35 DBW. Όταν η συχνότητα είναι 200 MHz η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα -105 DBW σε σύγκριση με τα 400,600,800 που περιορίζεται στα -120,-125, και -130 αντίστοιχα. Παρατηρούμε επίσης πως οι μεταβολές στην συχνότητα επηρεάζουν σημαντικά τις περιοχές καλυψής του συστήματος μετάδοσης

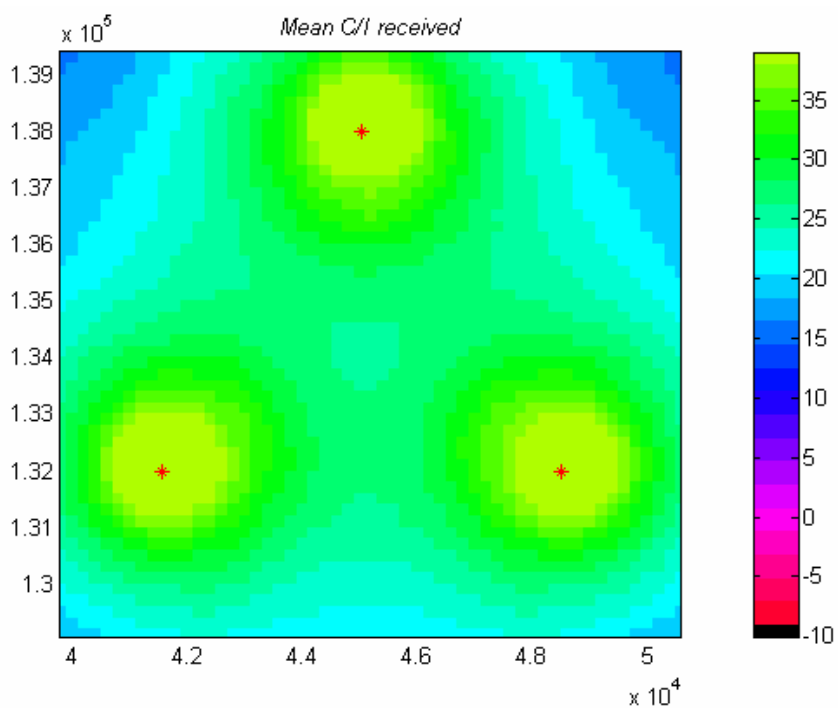
•Mean C/I Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



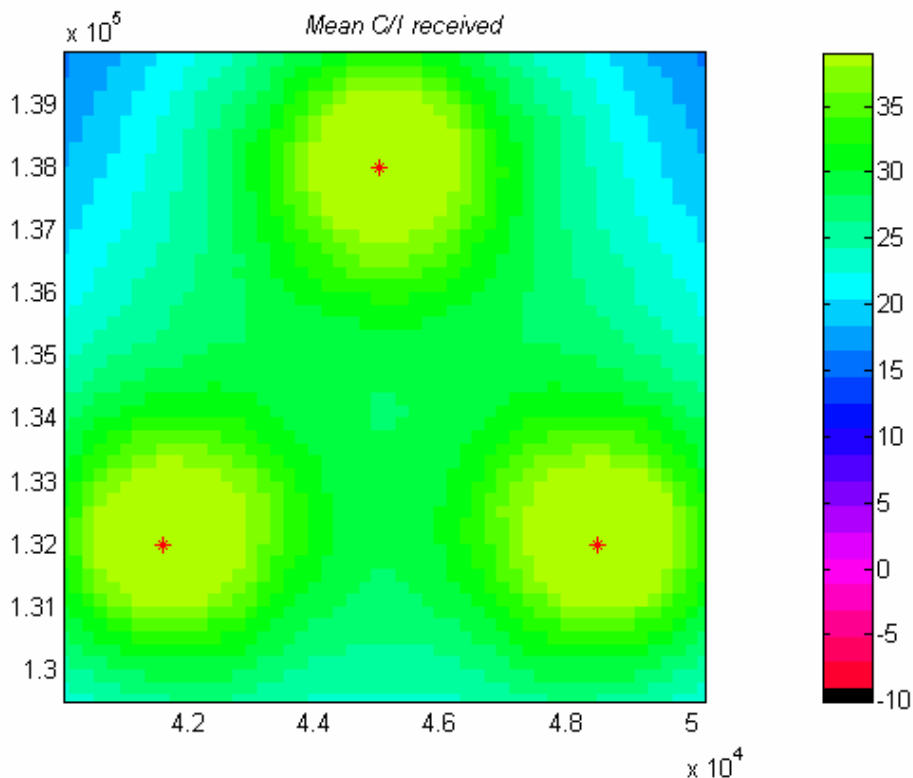
**Σχήμα 3.13:** Mean C/I Received Plot Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



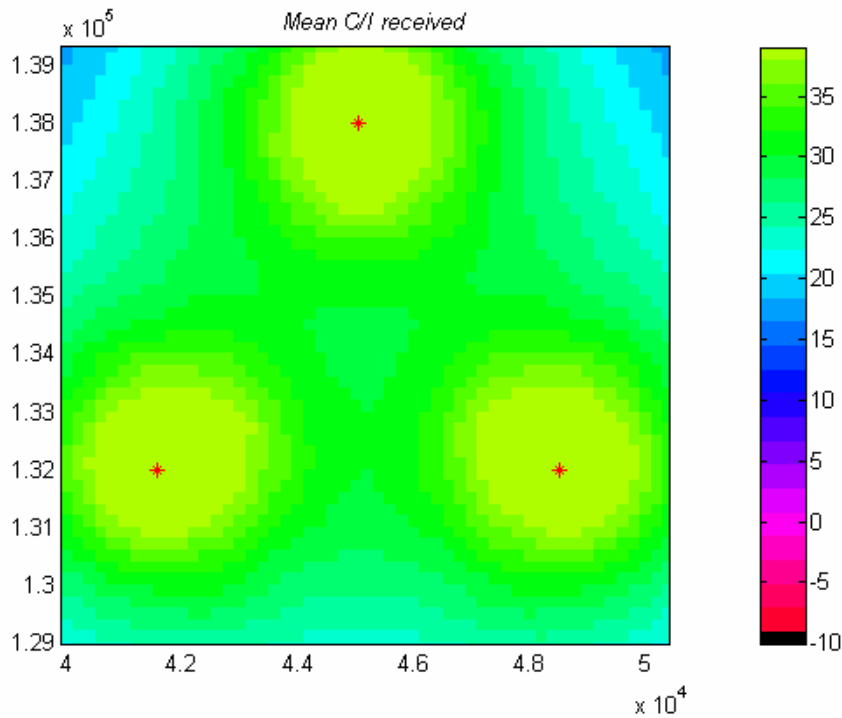
**Σύψα 3.14:** Mean C/I Received Plot Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



**Σύψα 3.15:** Mean C/I Received Plot Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

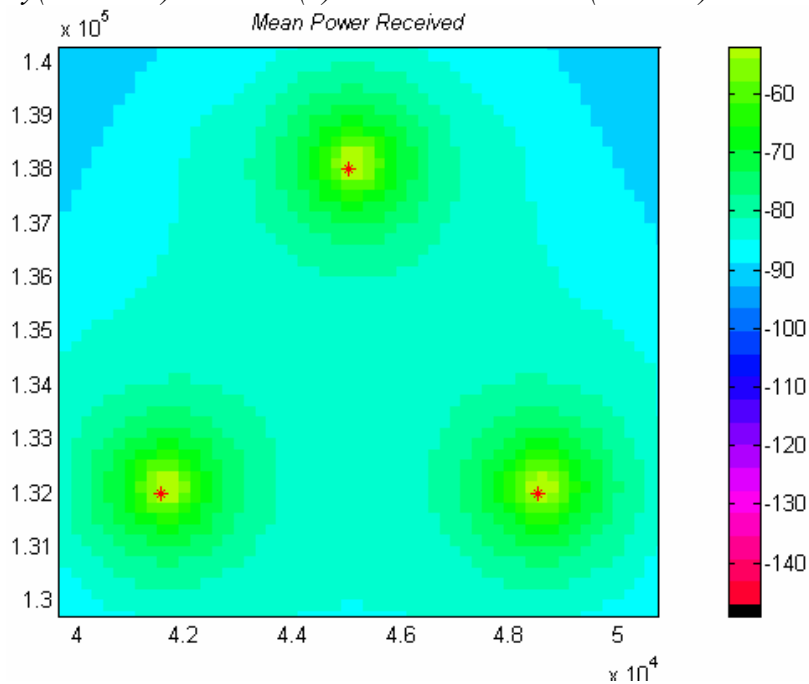


**Σχήμα 3.16:** Mean C/I Received Plot Transmitter frequency (800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν το αναμενόμενο ποσοστό C/I-carrier to interference (στο DB) όπως προαναφέρθηκε. Παρατηρούμε μεταβολές κατά τη συχνότητα όταν περιορίζεται στα 25 σε σύγκριση με τα 400 , 600 , 800 σπού το κύριο σήμα μετάδοσης αυξάνεται και περιορίζεται στα 30 DBW

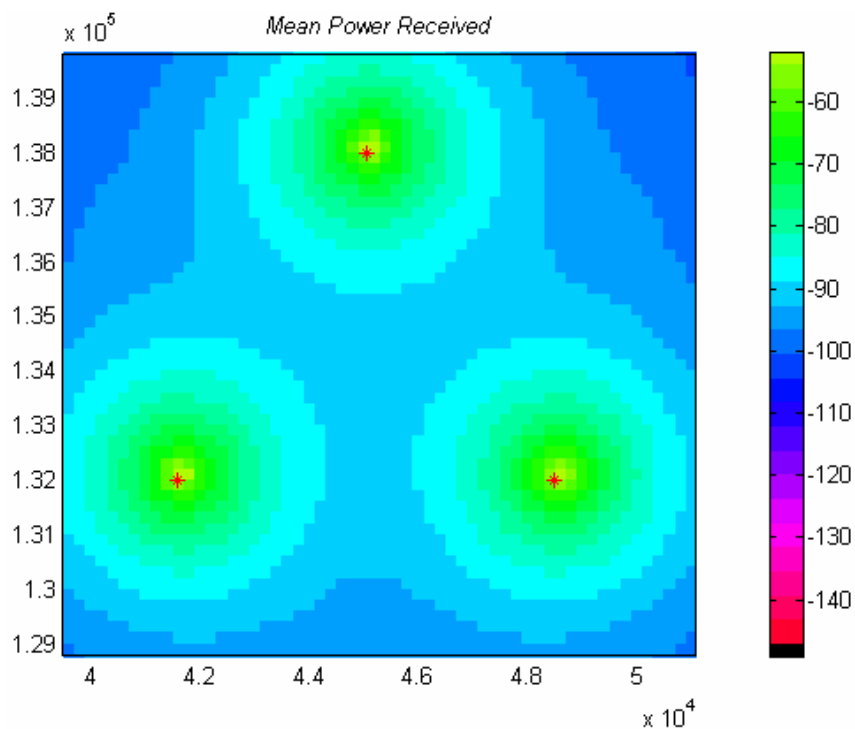
Mean Power Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



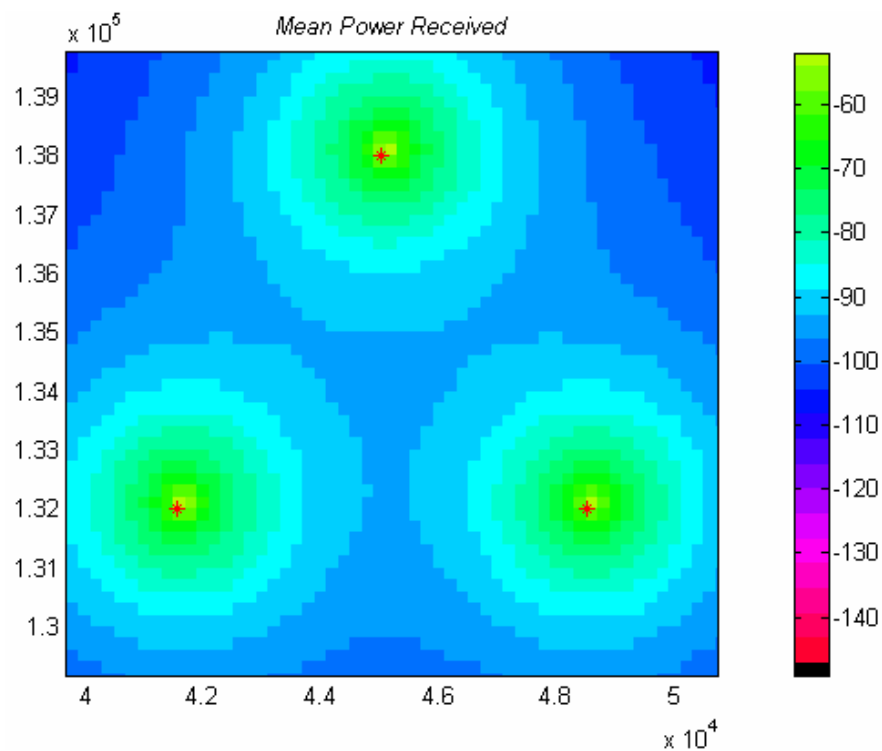
**Σχήμα 3.17:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



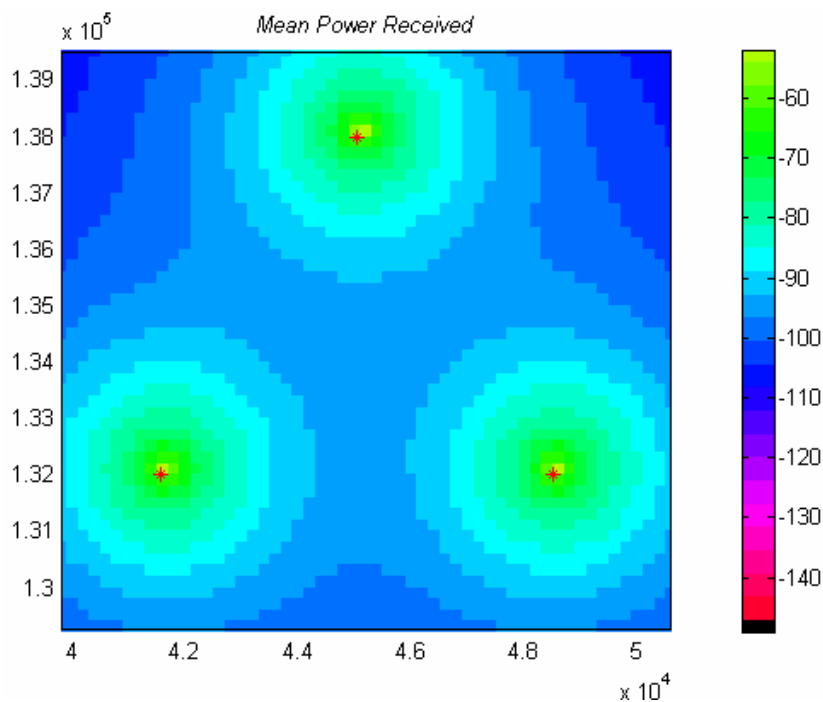
**Σύγγραμμα 3.18:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



**Σύγγραμμα 3.19:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

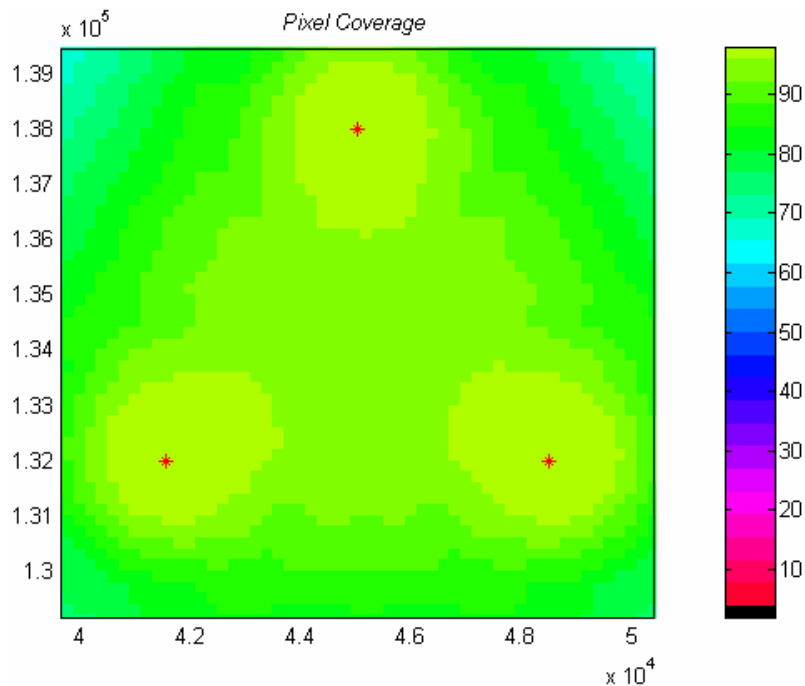
•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



**Σχήμα 3.20:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

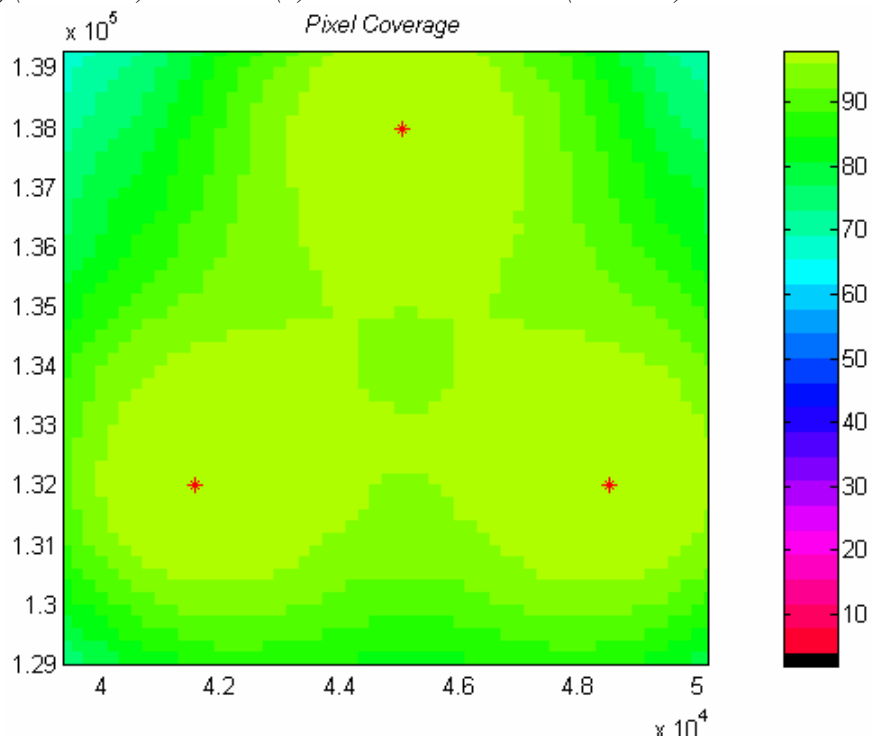
Τα παραπάνω σχήματα απεικονίζουν όπως έχουμε προαναφέρει την αναμενόμενη λαμβανόμενη ισχύς (στο DB )που προέρχεται από συσκευές αποστολής σημάτων στο δίκτυο SFN ‘Όταν η συχνότητα είναι 200MHZ η ισχύς σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα 95DBW σε σύγκριση με τα 400,600,800 οπου η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα -100 εως 90

•Pixel Coverage Probability Threshold Plot



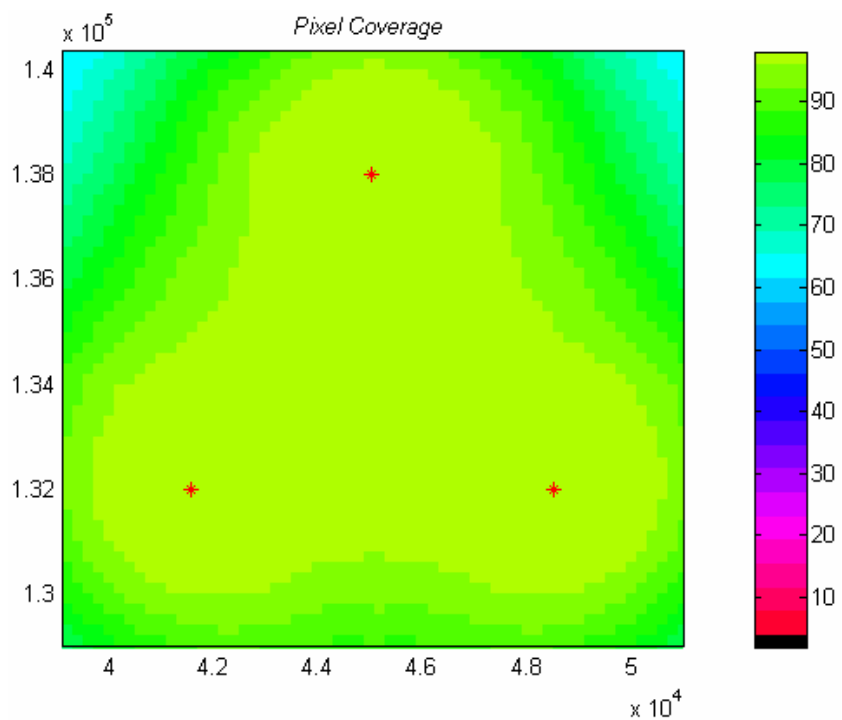
**Σχήμα 3.21:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



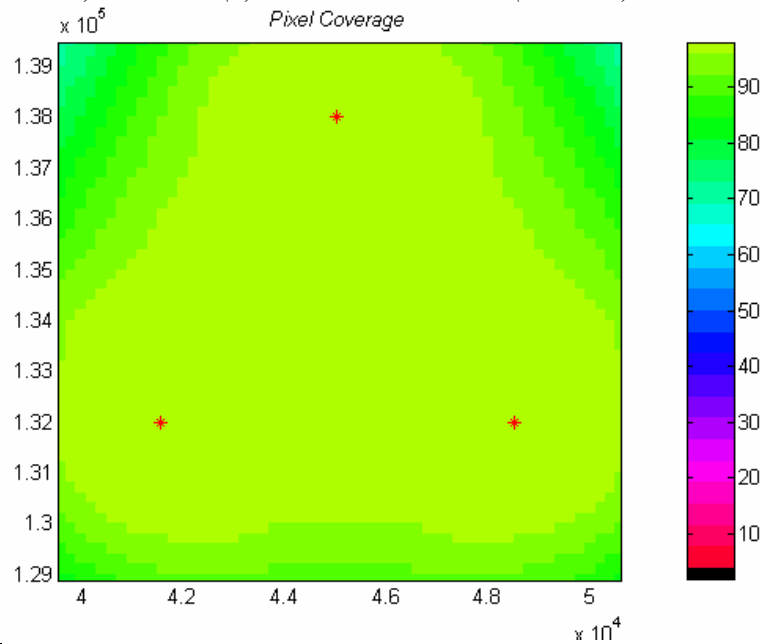
**Σχήμα 3.22:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)



**Σχήμα 3.23:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

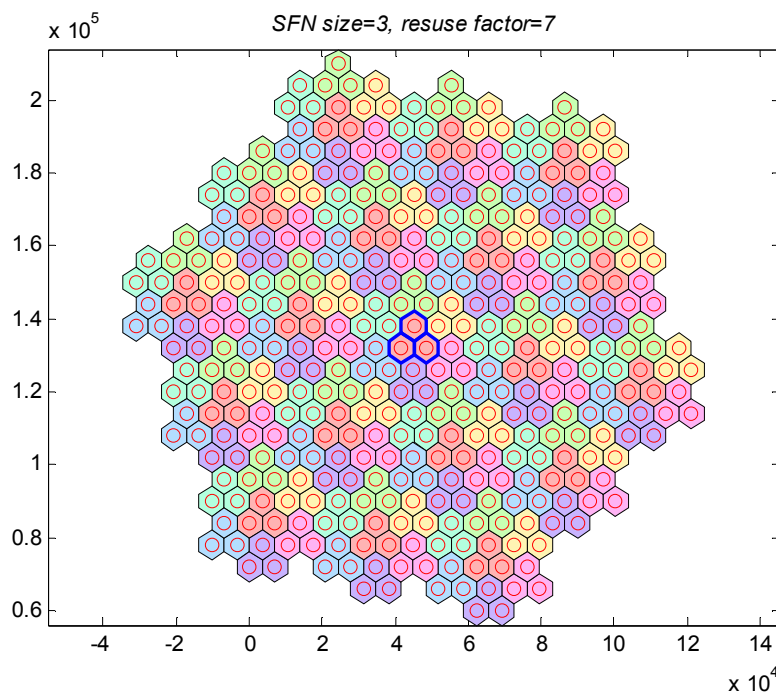


**Σχήμα 3.24:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)

Οι συγκεκριμένες γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν το ποσοστό των εικονοκυττάρων για το οποίο η πιθανότητα κάλυψης υπερβαίνει αυτό το κατώτατο όριο. Όταν η συχνότητα είναι 200MHZ η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα 95DBW σε σχέση με τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τις συχνότητες 400,600,800 όπου το έβρος σηματοδότησης καλύπτει όλο το χώρο κάλυψης των τριών κυψελών

•Αποτελέσματα για μεταβολές στην συχνότητα(Transmitter frequency),(Transmitter Power)

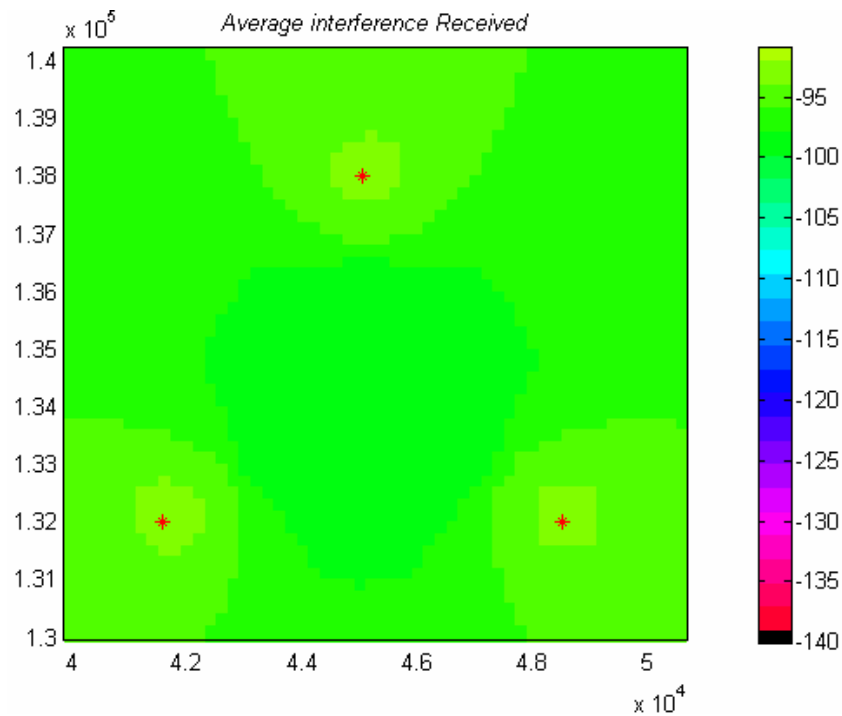
•Network topology plot



**Σχήμα 3.25:** Network Topology Plot, για μεταβολές στην συχνότητα (Transmitter frequency),(Transmitter Power)

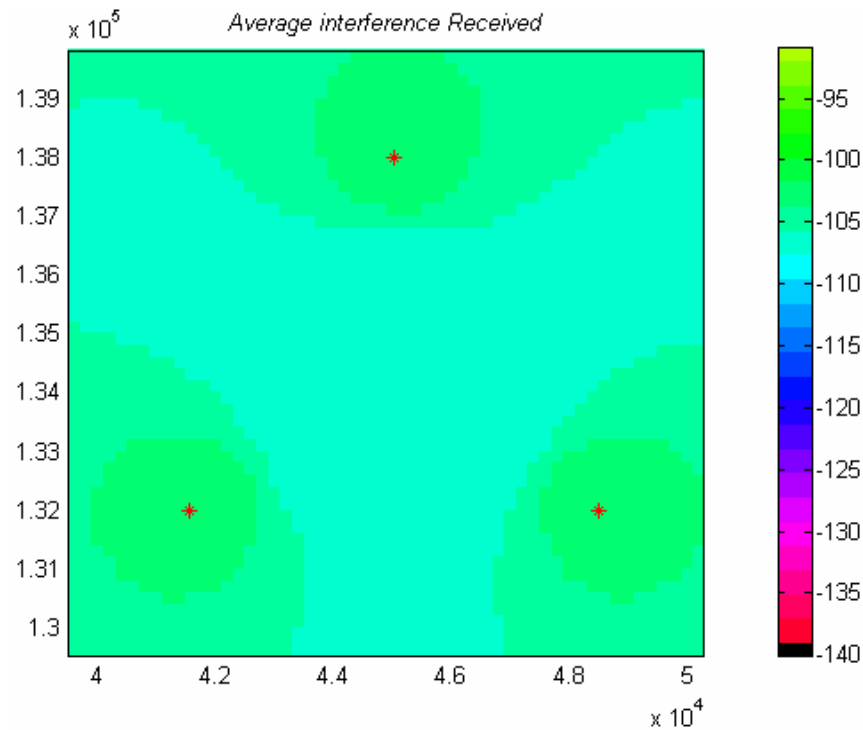
•Average Interference Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



**Σχήμα 3.26:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(45DBW)

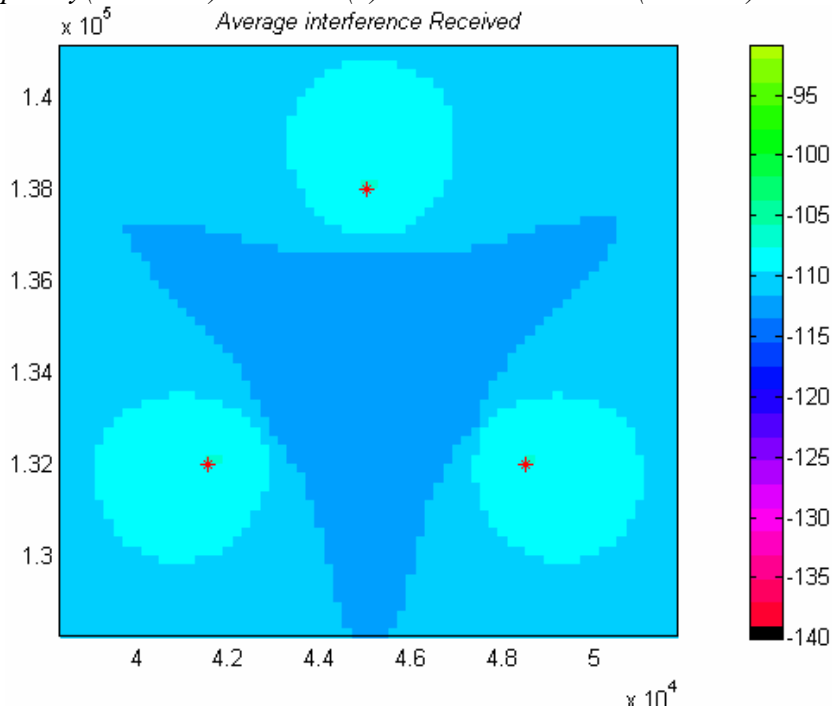
•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



**Σχήμα 3.27:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(45DBW)

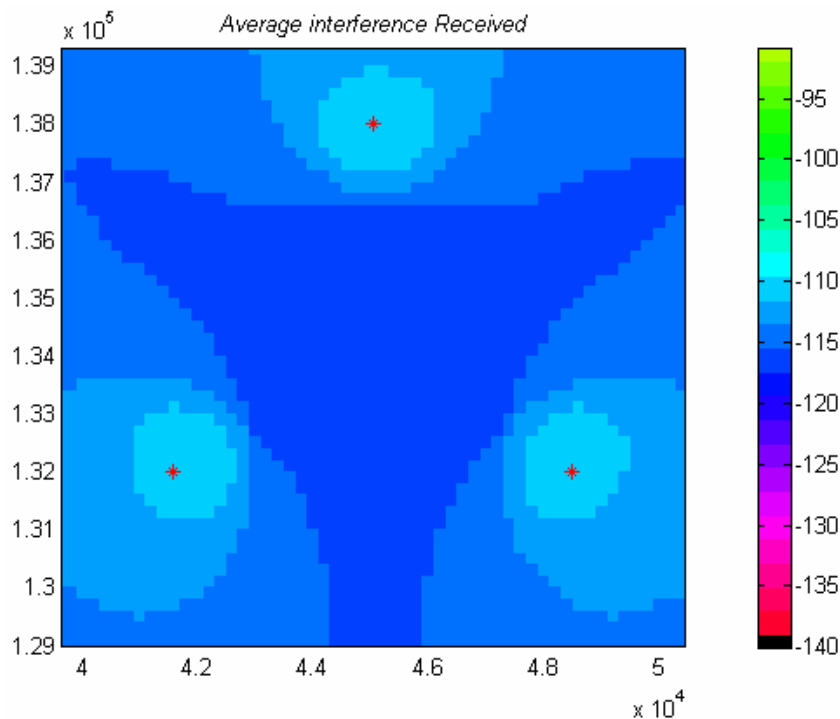


•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



**Σχήμα 3.28:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

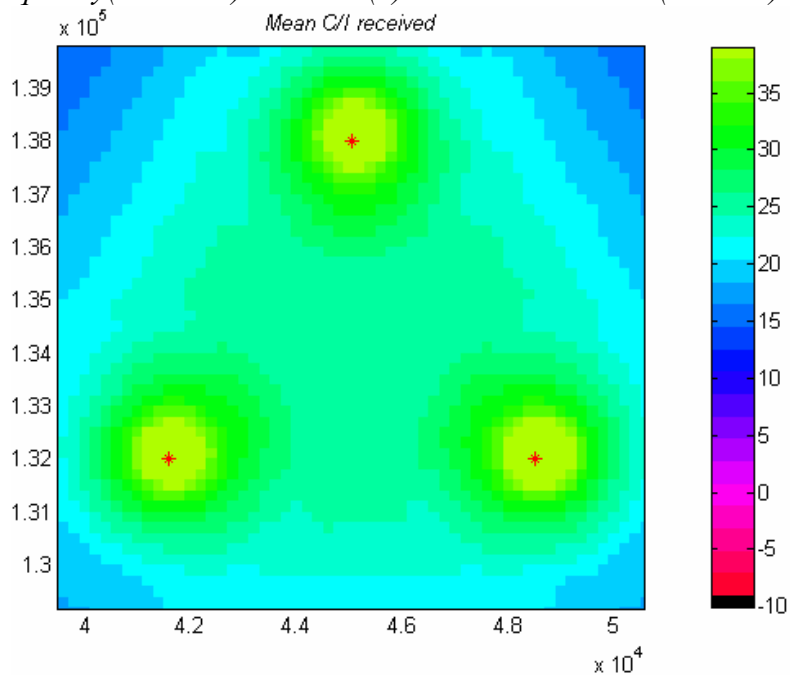


**Σχήμα 3.29:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(45DBW)

Στα παραπάνω σχήματα παρατηρούμε μεταβολές κατά τη συχνότητα όταν το μέγεθος των κυψελών είναι σταθερό και η συχνότητα μετάδοσης παραμένει στα 45 DBW. Όταν η συχνότητα είναι 200 MHZ η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα -95 DBW σε σύγκριση με τα 400,600,800 που περιορίζεται στα -105,-110, και -120 αντίστοιχα. Όσο αυξάνεται η συχνότητα μετάδοσης αντίστοιχα μεταβάλεται και η ισχύς σηματοδοσίας.

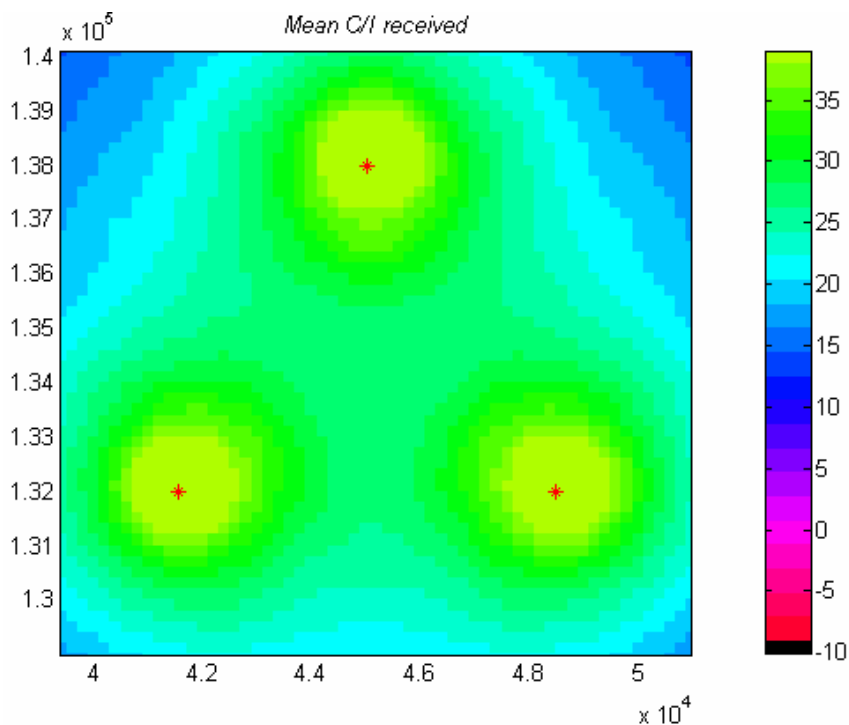
•Mean C/I Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



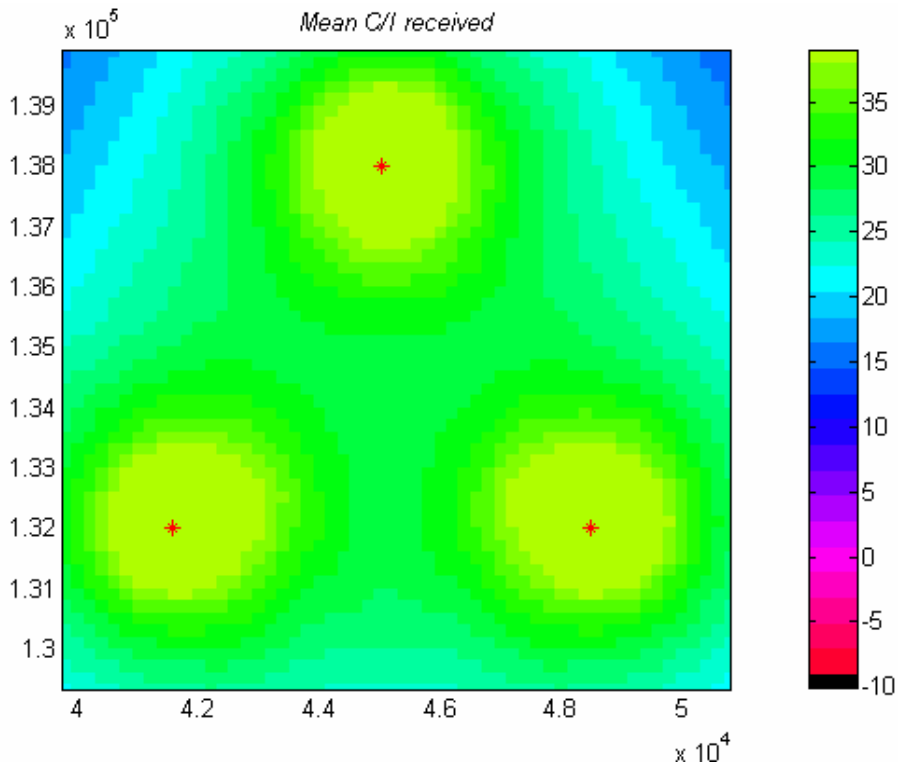
**Σχήμα 3.30:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



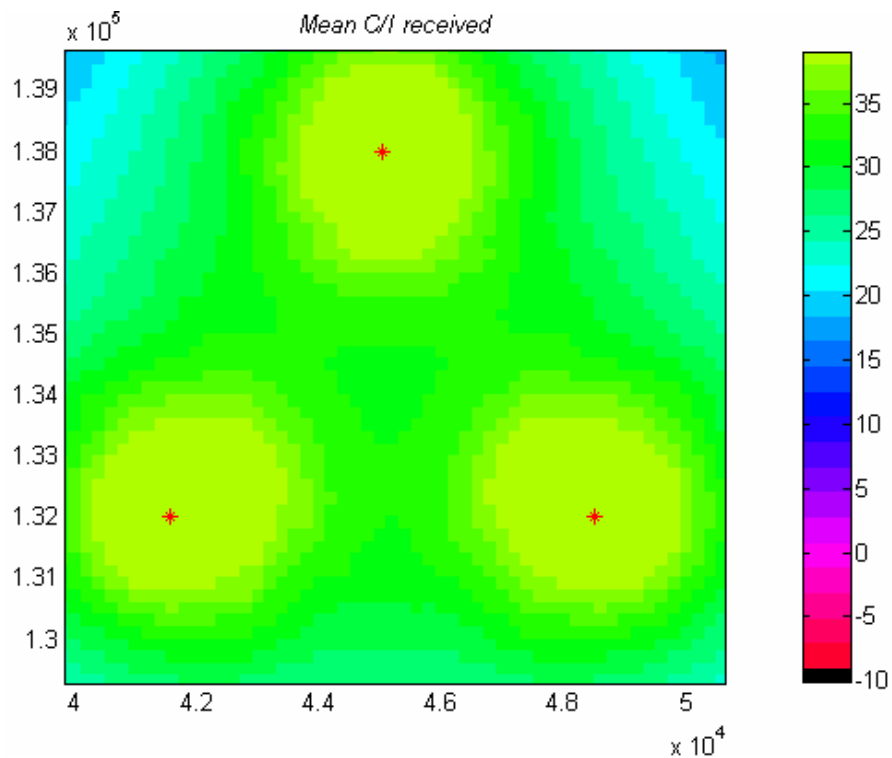
**Σχήμα 3.31:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



**Σχήμα 3.32:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

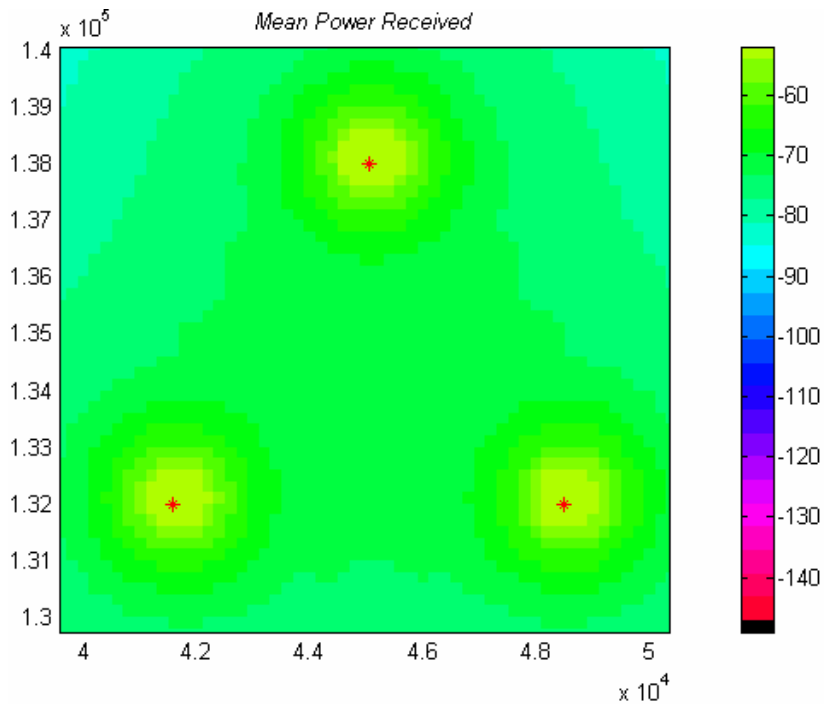


**Σχήμα 3.33:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν το αναμενόμενο ποσοστό C/I-carrier to interference (στο DB). Παρατηρούμε μεταβολές κατά τη συχνότητα όταν περιορίζεται στα 25 DB σε σύγκριση με τα 400 , 600 , 800 οπού το κύριο σήμα μετάδοσης αυξάνεται και περιορίζεται στα 30 με 35 DB

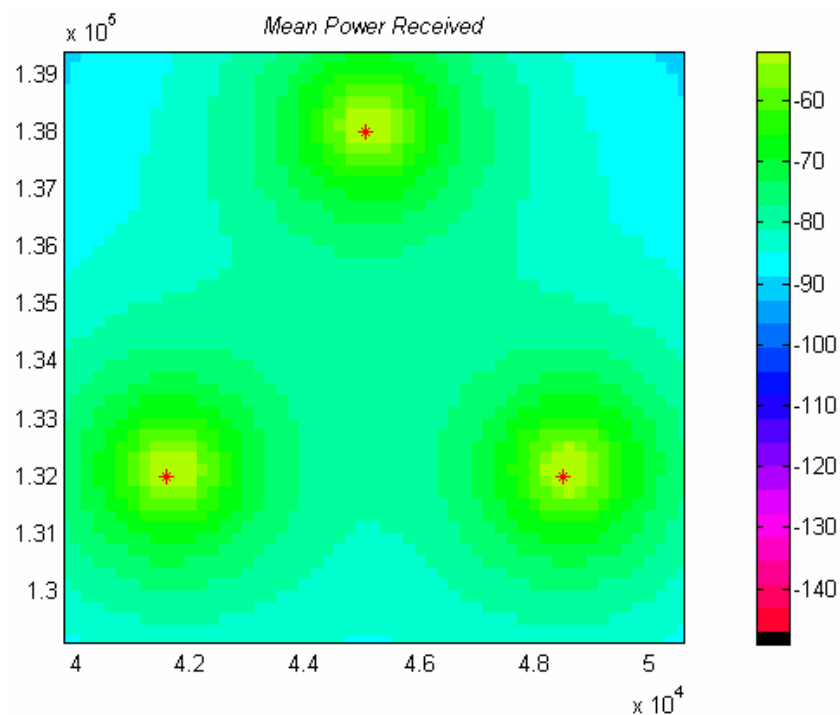
•Mean Power Received Plot

•*Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)*



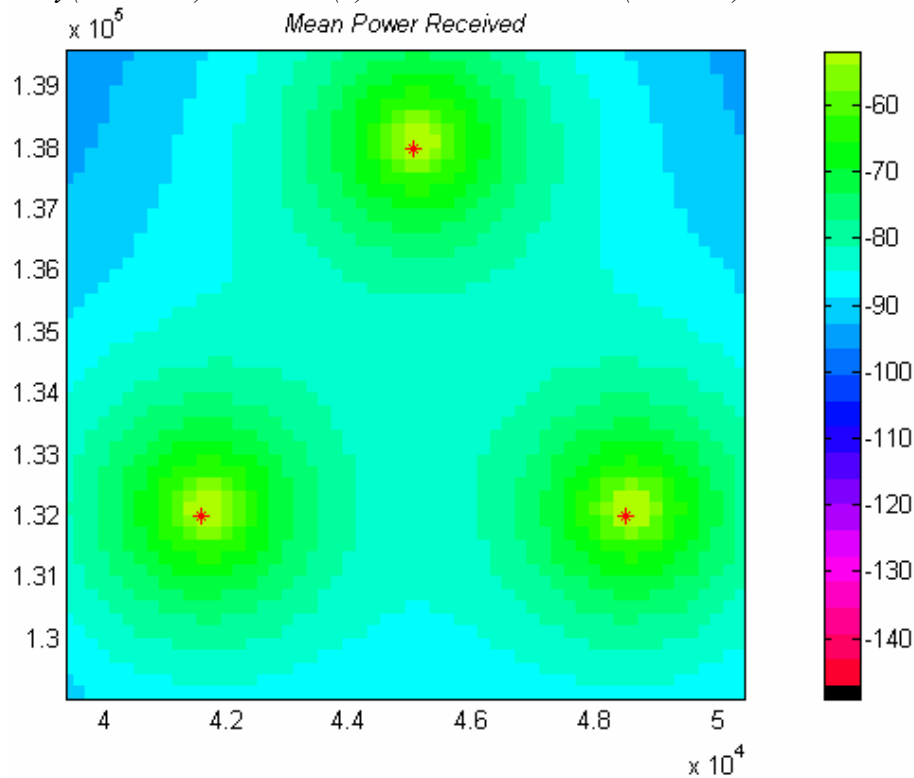
**Σχήμα 3.34:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•*Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)*



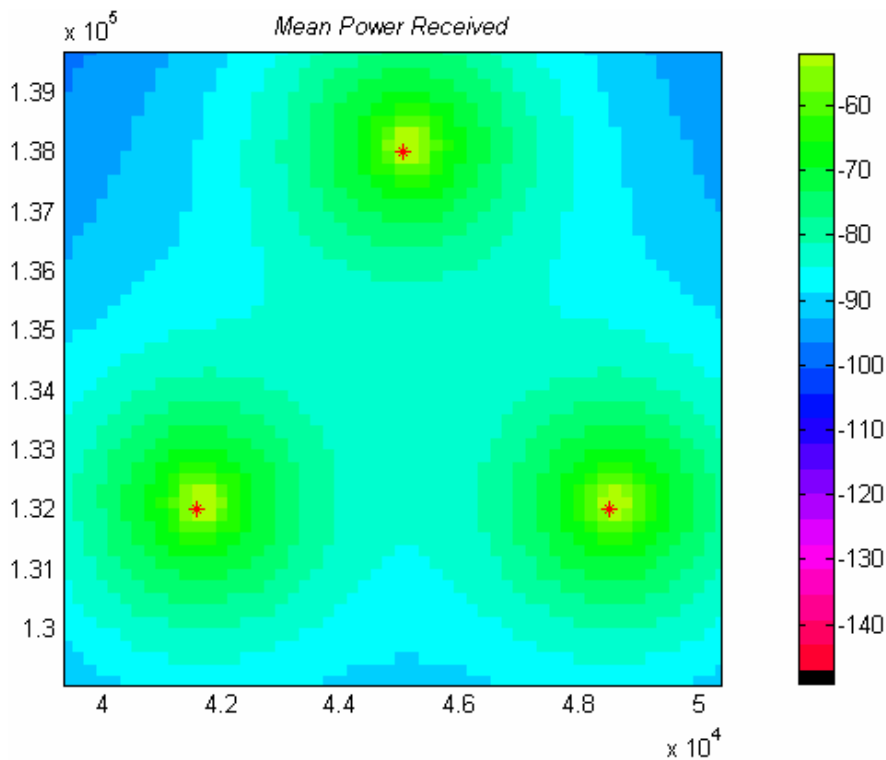
**Σχήμα 3.35:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



**Σχήμα 3.36:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

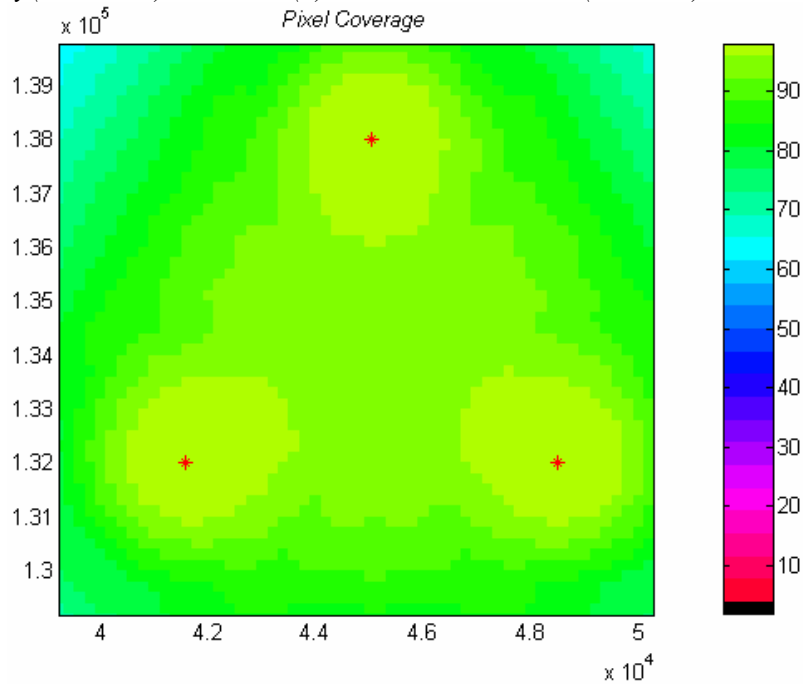


**Σχήμα 3.37:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

Τα παραπάνω σχήματα απεικονίζουν όπως έχουμε προαναφέρει την αναμενόμενη λαμβανόμενη ισχύς (στο DB )που προέρχεται από συσκευές αποστολής σημάτων στο δίκτυο SFN 'Όταν η συχνότητα είναι 200MHZ η ισχύς των κύριων σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα -75DBW σε σύγκριση με τα 400,600,800 όπου η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα -70 εως -100 DBW

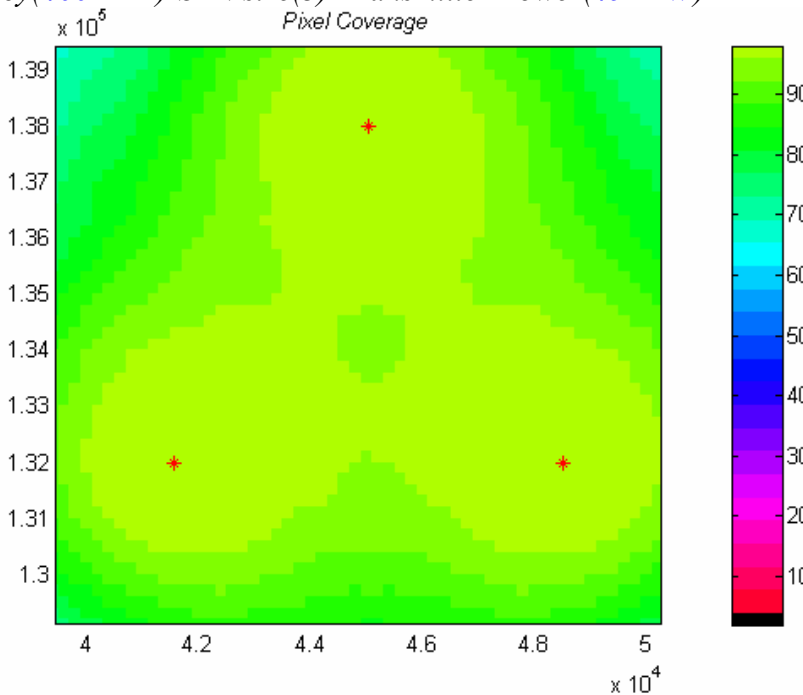
**Pixel Coverage Probability Threshold Plot**

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



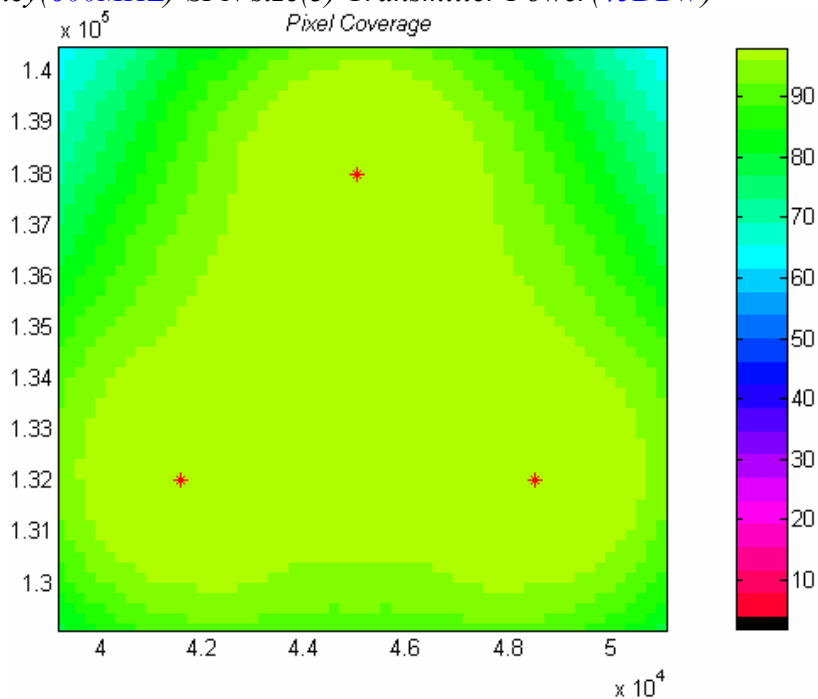
**Σχήμα 3.38:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



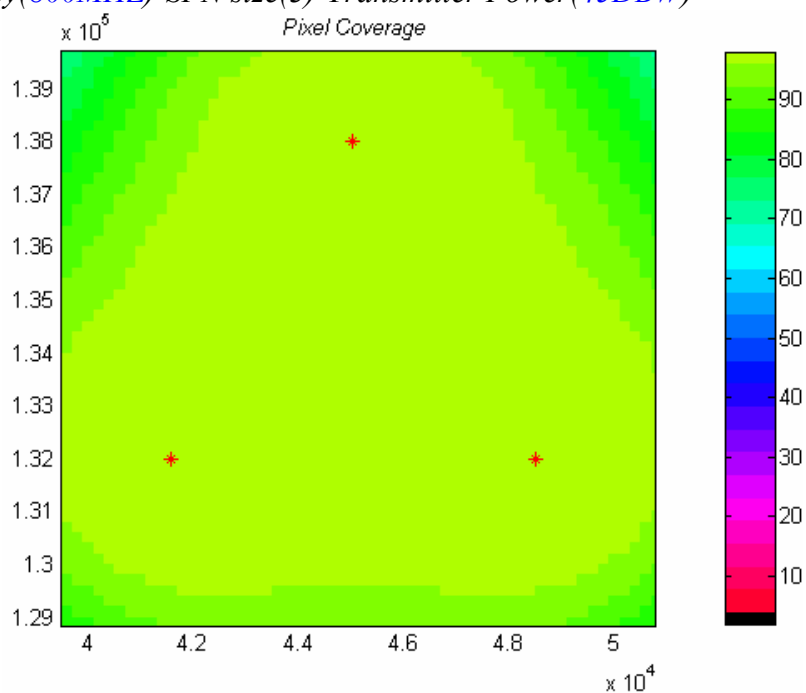
**Σχήμα 3.39:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)



**Σχήμα 3.40:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

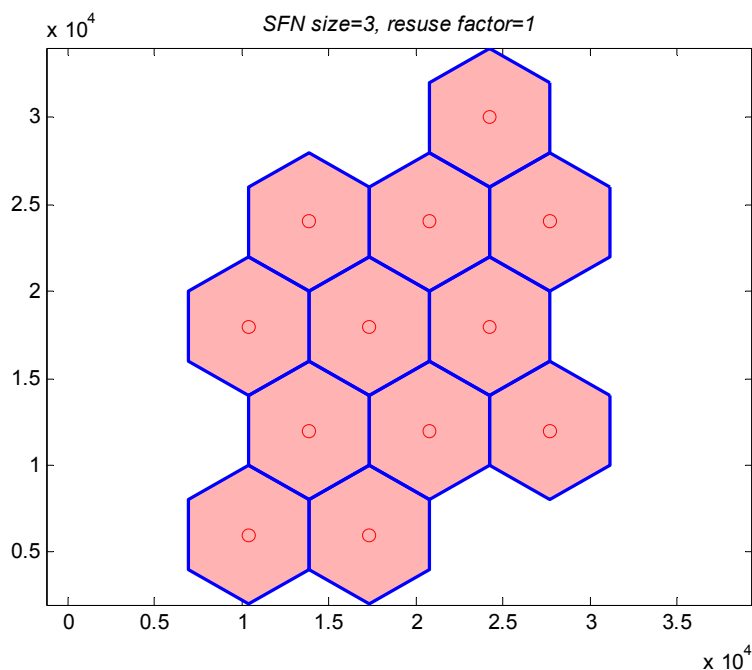


**Σχήμα 3.41:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)

Οι συγκεκριμένες γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν το ποσοστό των εικονοκυττάρων για το οποίο η πιθανότητα κάλυψης υπερβαίνει αυτό το κατώτατο όριο. Όταν η συχνότητα είναι 200MHZ η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα 95DBW σε σχέση με τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τις συχνότητες 400,600,800 όπου το έβρος σηματοδότησης καλύπτει όλο το χώρο κάλυψης των τριών κυψελών με σταθερή την ισχύ μετάδοσης.

•Αποτελέσματα για μεταβολές στην συχνότητα([Transmitter frequency](#)),([Transmitter Power](#))([Number of Clusters](#))

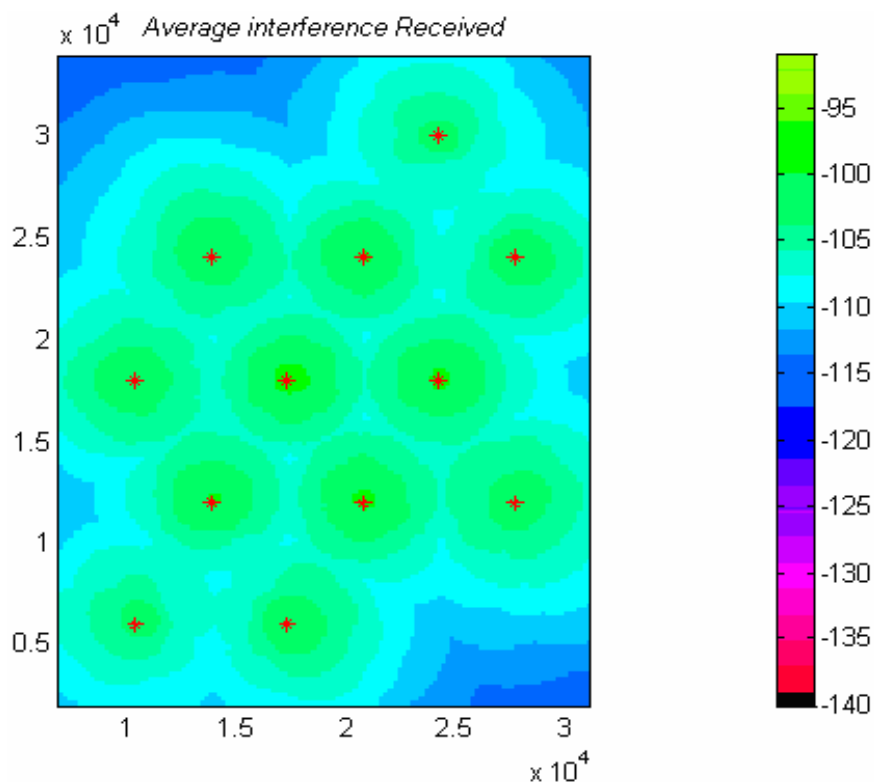
•Network topology plot



**Σχήμα 3.42:** Network topology plot για μεταβολές στην συχνότητα([Transmitter frequency](#)), ([Transmitter Power](#))([Number of Clusters](#))

•Average Interference Received Plot

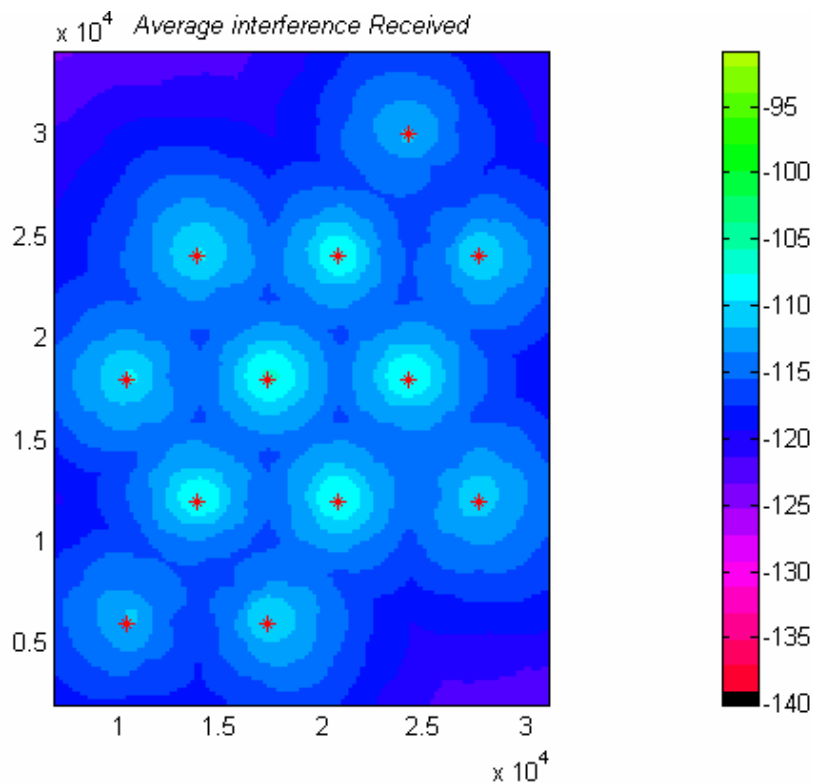
•*Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))*



**Σχήμα 3.43:** Average Interference Received Plot, *Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))*

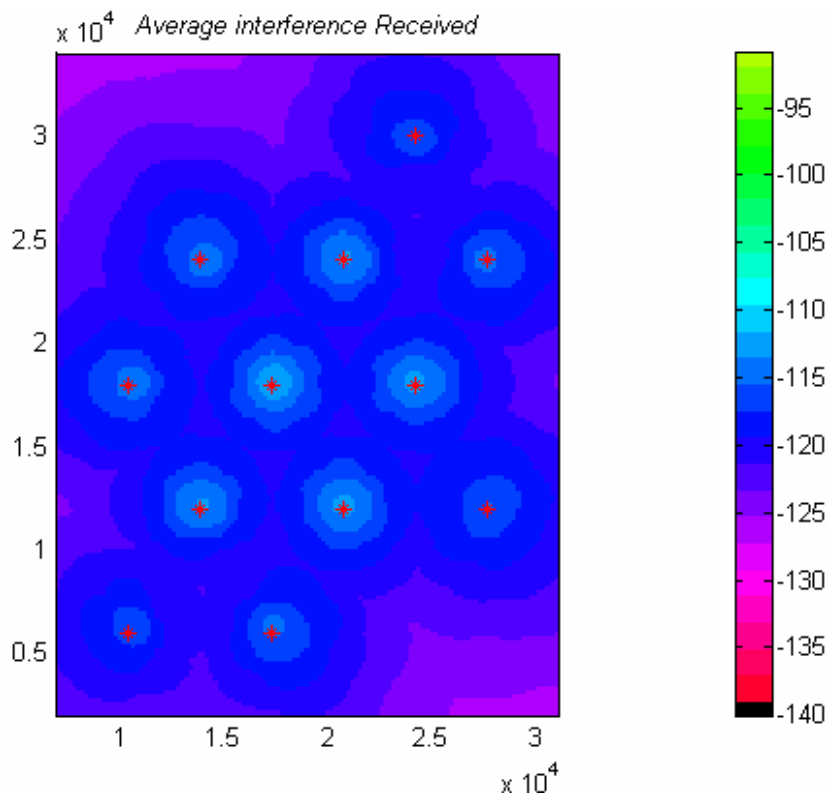


•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(45DBW)- (Number of Clusters(4))



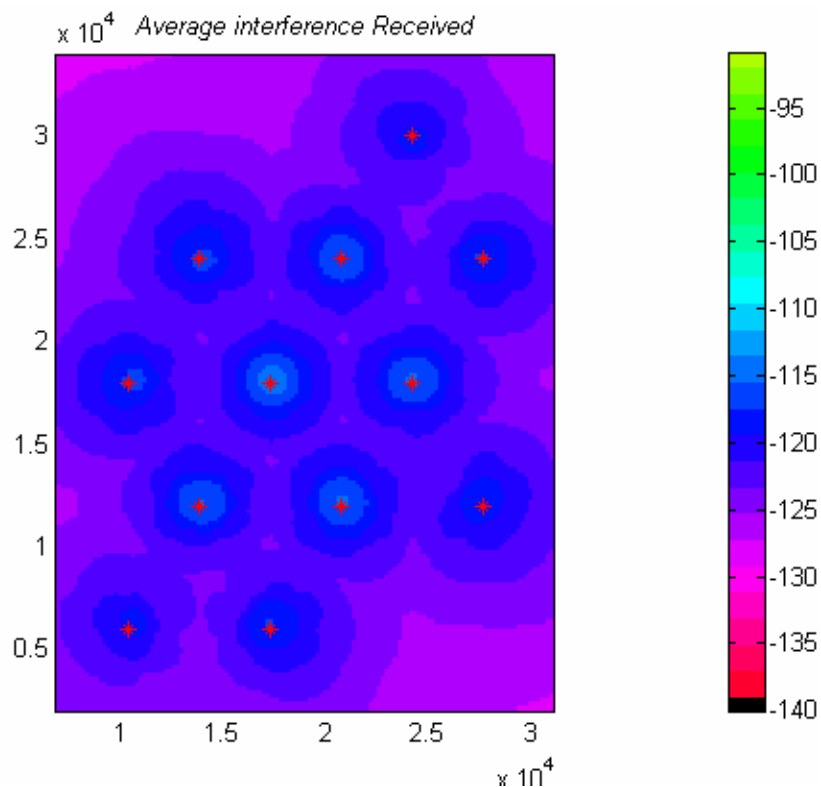
**Σχήμα 3.44:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))



**Σχήμα 3.45:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))

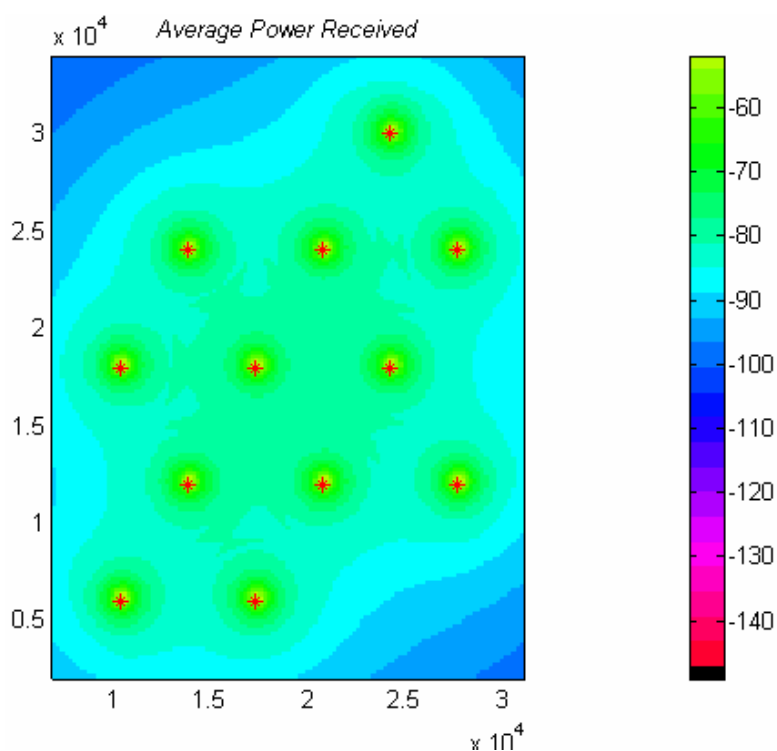


**Σχήμα 3.46:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

Μια συστάδα SFN(sfn cluster) σημαίνει ότι τα SFNs έχουν διαφορετικές συχνότητες το ένα από το άλλο. Ο συνολικός αριθμός του SFNs είναι ίσος με το ποσοστό της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας που τίθεται από το χρήστη. Εάν η επαναχρησιμοποίηση συχνότητας είναι ίση με 1, τότε μια συστάδα SFN σημαίνει ένα SFN. Στις παραπάνω γραφικές απεικονίσεις έχουμε αύξηση του συνολικού αριθμού των συστάδων-clusters με σταθερή την ισχύ μετάδοσης στα 10DBW. Παρατηρούμε πως όταν μεταβάλλεται η συχνότητα όταν μεταβάλλεται και σημαντικά το ποσοστό ισχυος μετάδοσης στα πλαίσια του χωρου καλυψης των κυψελων,για την μεγαιση συχνοτητα των 800 MHZ το ποσοστό της ισχύς περιοριζεται στα -120 DB

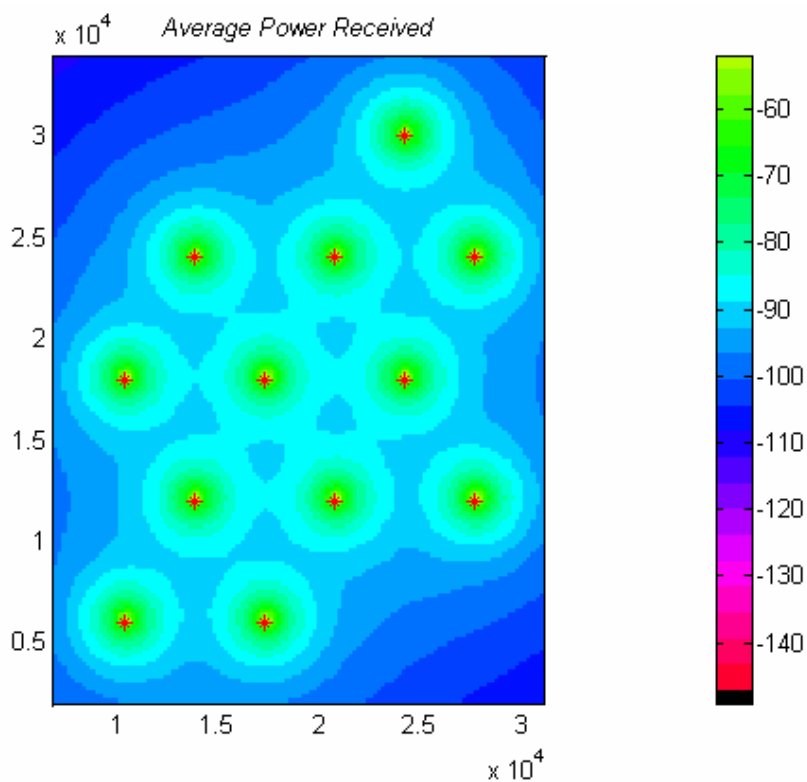
•Average Power Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))



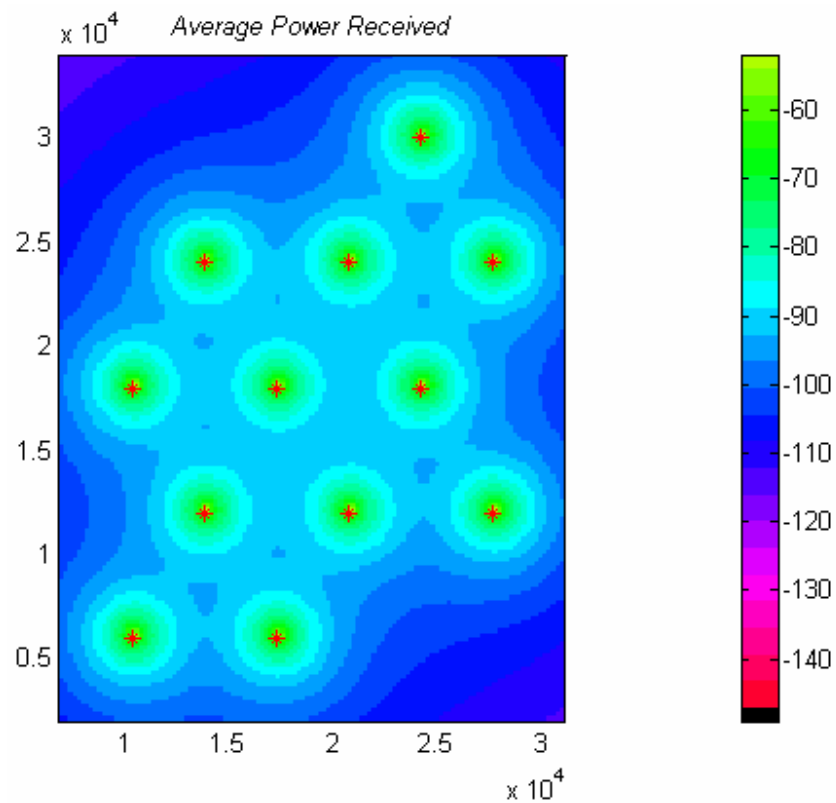
**Σχήμα 3.47:** Average Power Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))



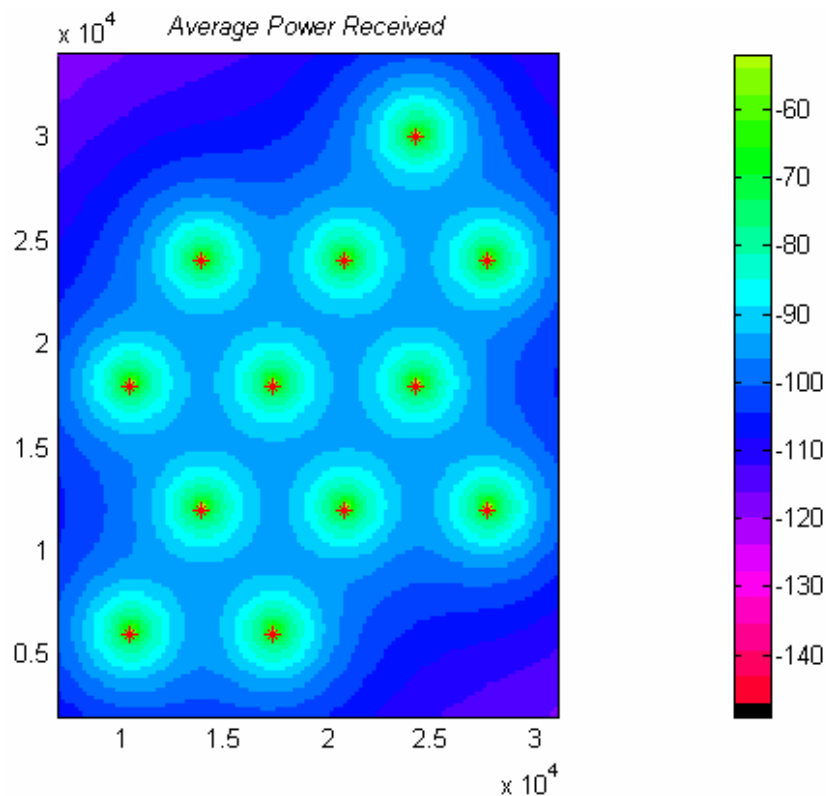
**Σχήμα 3.48:** Average Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))



**Σχήμα 3.49:** Average Power Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4))

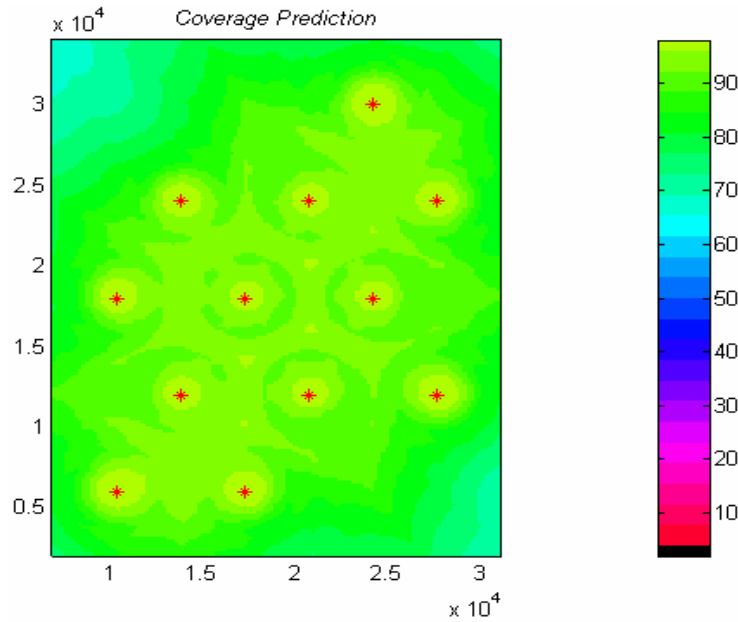


**Σχήμα 3.50:** Average Power Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4))

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν την λαμβανόμενη ισχύ στο DB που προέρχεται από τις συσκευές αποστολής σημάτων συμβολής στο δίκτυο SFN πέρα από το σύνολο της μελετημένης περιοχής. Συγκεκριμένα μια υπόθεση πιθανότητας κάλυψης του εικονοκυττάρου για ένα δίκτυο SFN του μεγέθους = 3\*3 χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνότητας. Με σταθερή την συχνότητα μετάδοσης στα 10 DBW παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές κατά τις μεταβολές στο ποσοστό της λαμβανόμενης ισχύος που καλύπτουν τα εικονοκύτταρα που οφείλεται στην μη χρησιμοποίηση της επιλογής frequency reuse στις επιλογές της προσωμοίωσης.

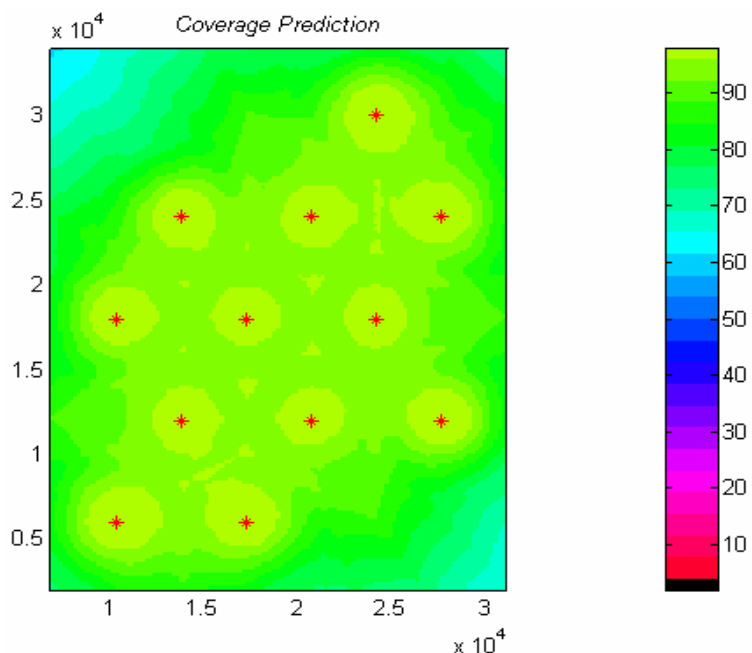
•Coverage Prediction Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4)



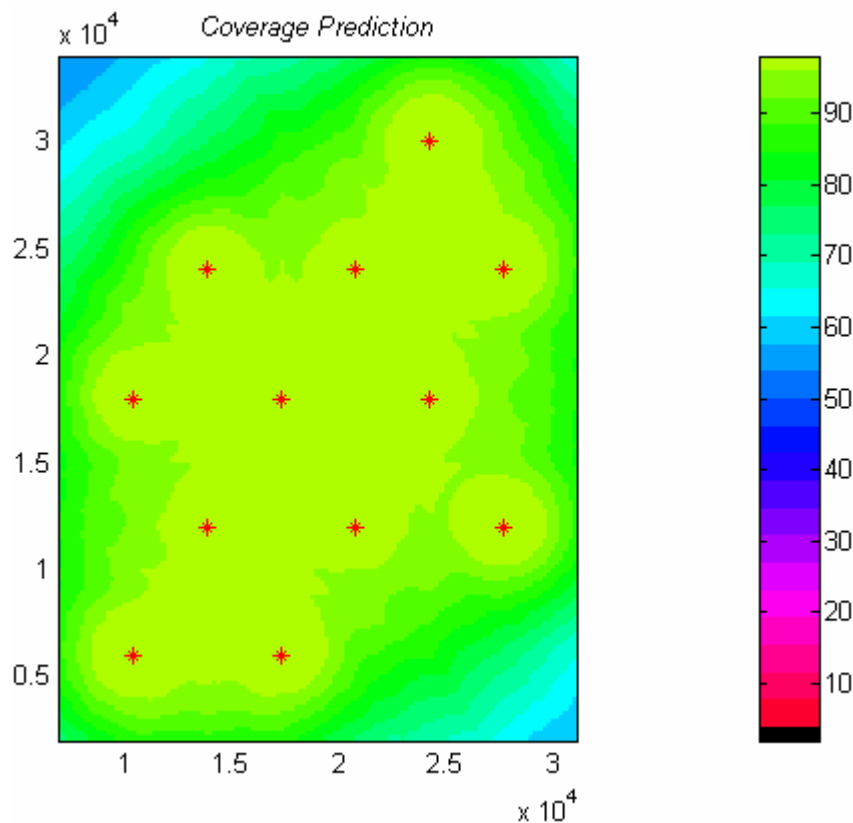
Σχήμα 3.51: Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4)



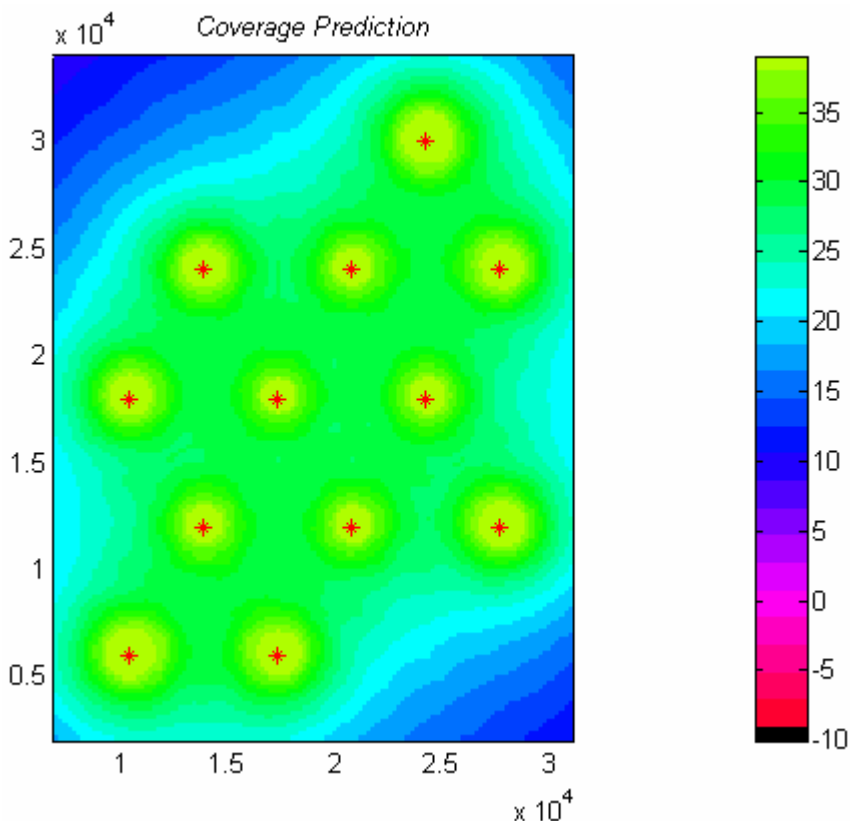
Σχήμα 3.52: Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4)



**Σχήμα 3.53:** Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4)

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(10DBW)- (Number of Clusters(4)



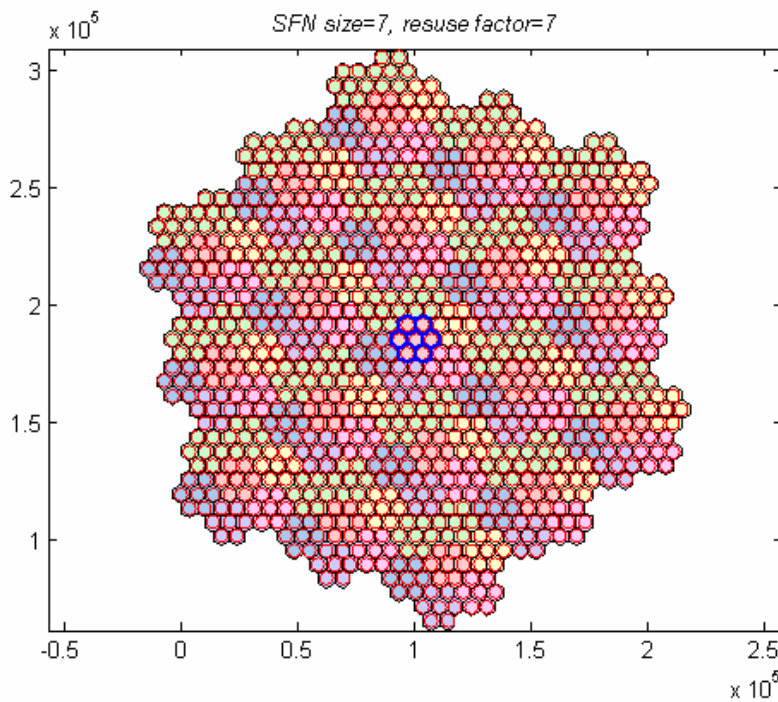
**Σχήμα 3.54:** Coverage Prediction Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)- Transmitter Power(10DBW)-(Number of Clusters(4)

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν το ποσοστό κάλυψης (%) των εικονοκυττάρων ολόκληρης της μελετημένης περιοχής. Συγκεκριμένα μια υπόθεση πιθανότητας κάλυψης του εικονοκυττάρου για ένα δίκτυο SFN του μεγέθους = 3\*3 χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνότητας.

Με σταθερή την συχνότητα μετάδοσης στα 10 DBW παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές κατά τις μεταβολές της συχνότητας στο ποσοστό της ισχύος που καλύπτουν τα εικονοκύτταρα που οφείλεται στην μη χρησιμοποίηση της επιλογής frequency reuse στις επιλογές της προσωμοίωσης.

•Αποτελέσματα για μεταβολές στην συχνότητα([Transmitter frequency](#)),([Transmitter Power](#))([Sfn Size](#))

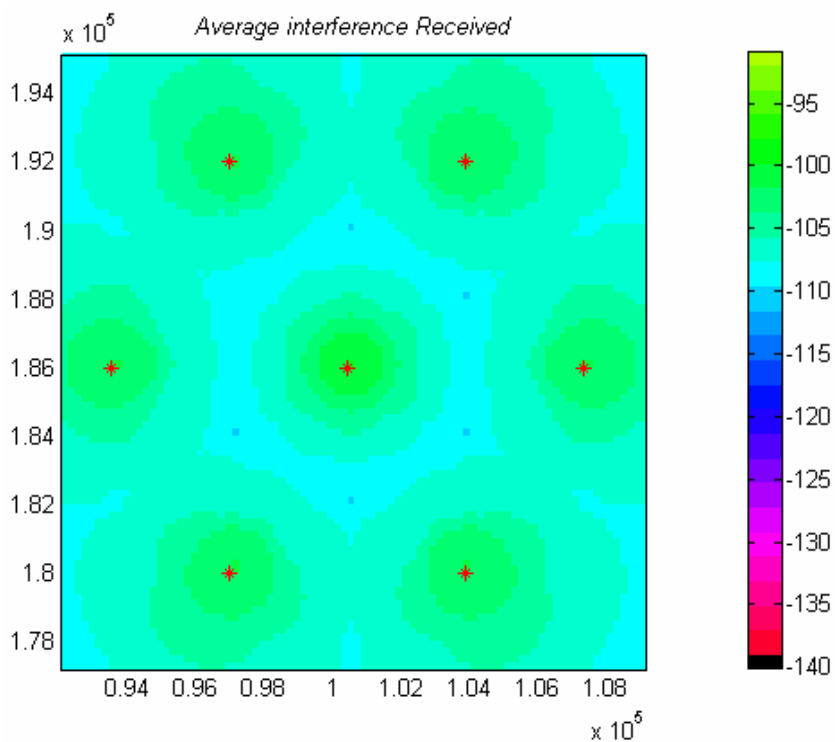
•Network topology plot



**Σχήμα 3.55:** Network topology plot για μεταβολές στην συχνότητα ([Transmitter frequency](#)), ([Transmitter Power](#))([Sfn Size](#))

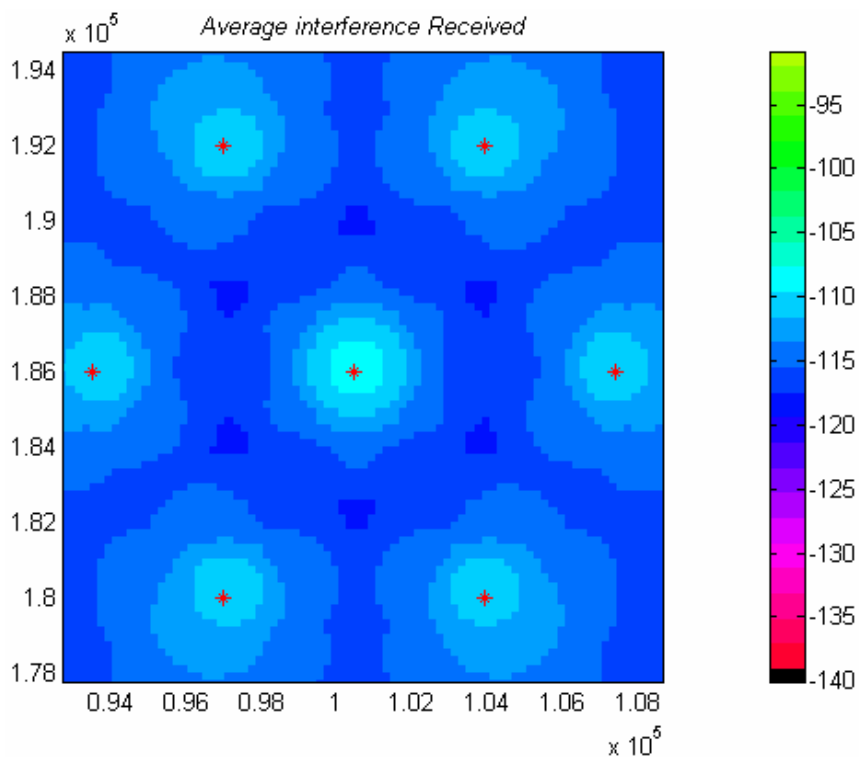
•Average Interference Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)- Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



**Σύμφωνα 3.56:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ) Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

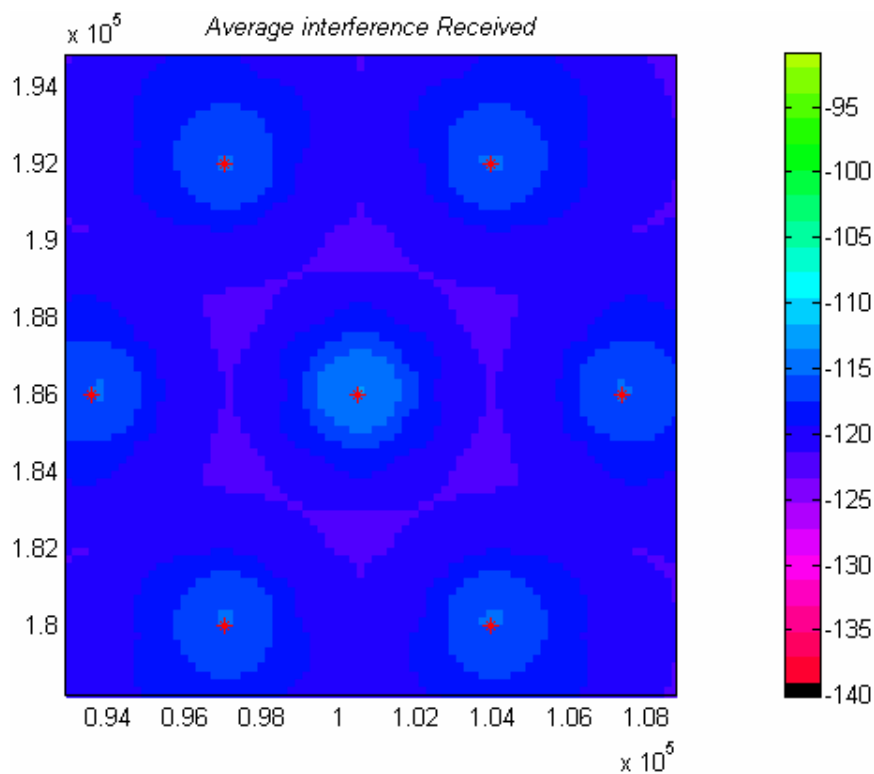
•Transmitter frequency(400MHZ)- Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



**Σύμφωνα 3.57:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

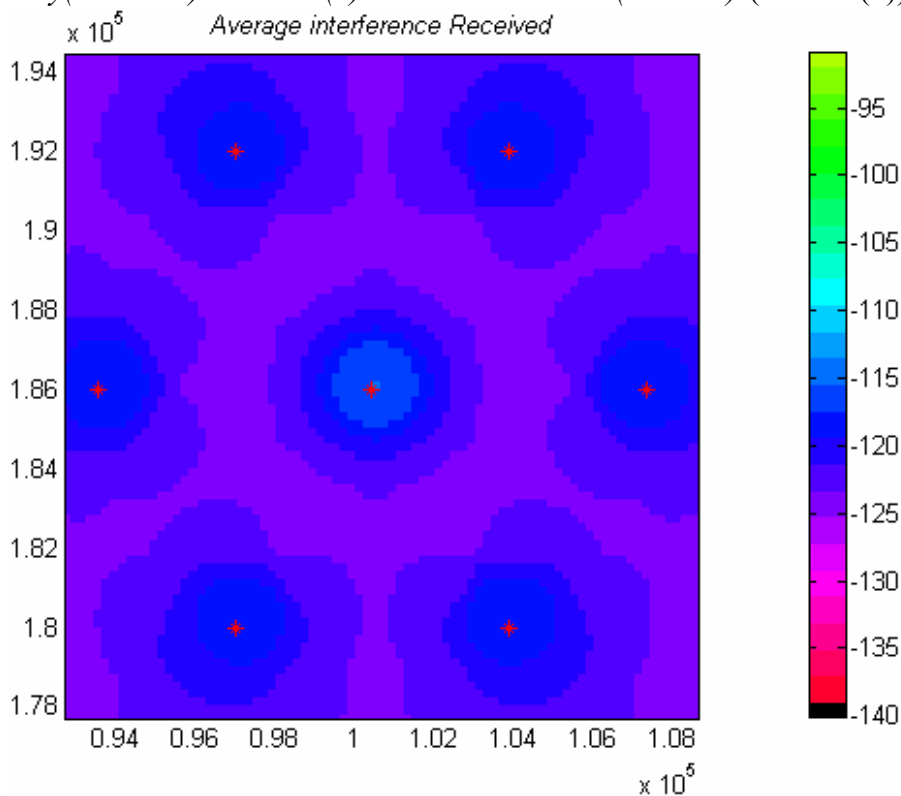


•Transmitter frequency(600MHZ)- Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



**Σχήμα 3.58:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))

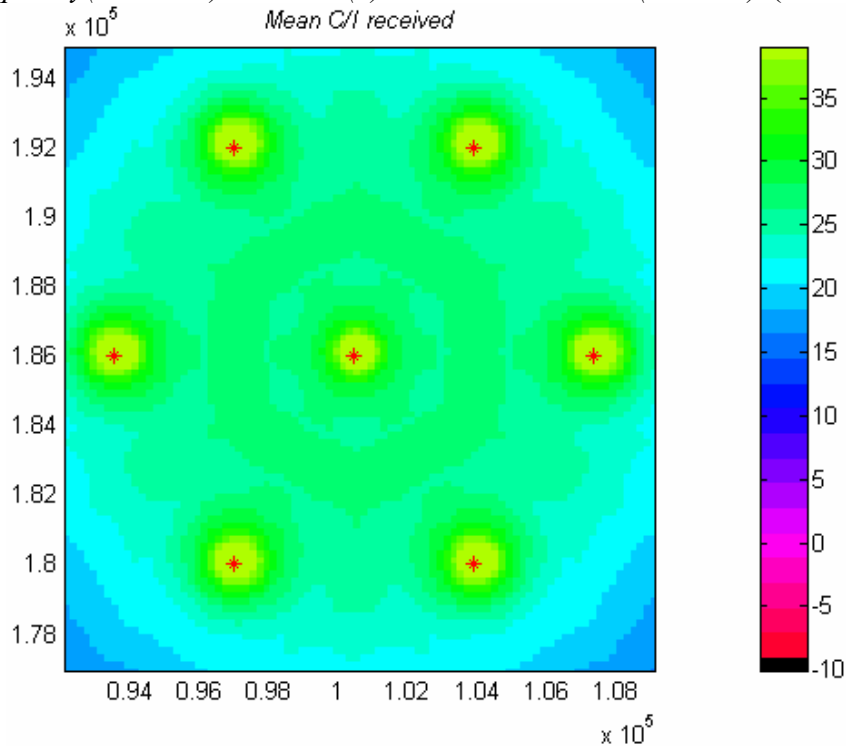


**Σχήμα 3.59:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

Στις παραπάνω γραφικές απεικονίσεις έχουμε αύξηση του συνολικού αριθμού των συστάδων-clusters με σταθερή την ισχύ μετάδοσης στα 10DBW. Παρατηρούμε πως όταν μεταβάλλεται η συχνότητα όταν μεταβάλλεται και σημαντικά το ποσοστό ισχυρο μετάδοσης στα πλαίσια του χωρου καλυψης των κυβελων,για την μεγιστη συχνοτητα των 800 MHZ το ποσοστό της ισχύς περιοριζεται στα -125 DB

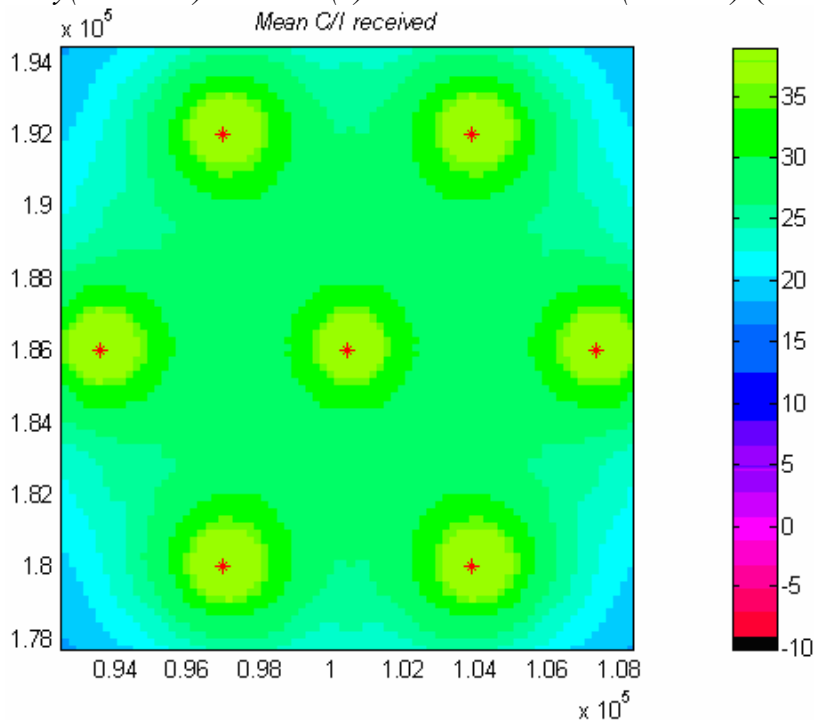
•Mean C/I Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



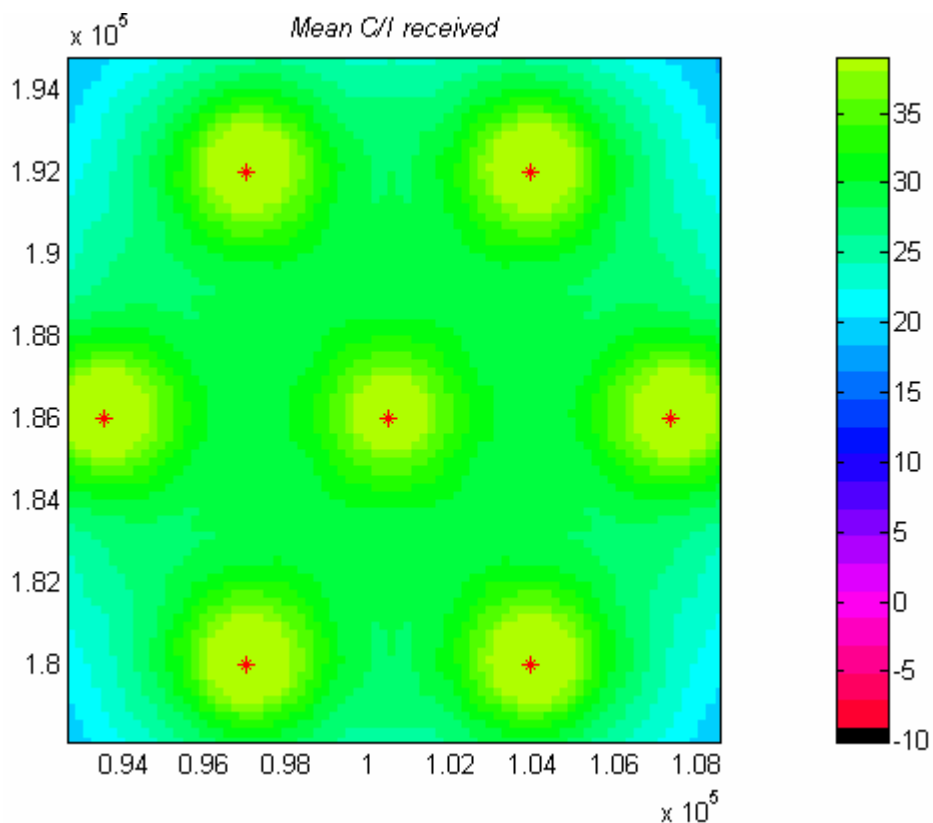
**Σχήμα 3.60:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



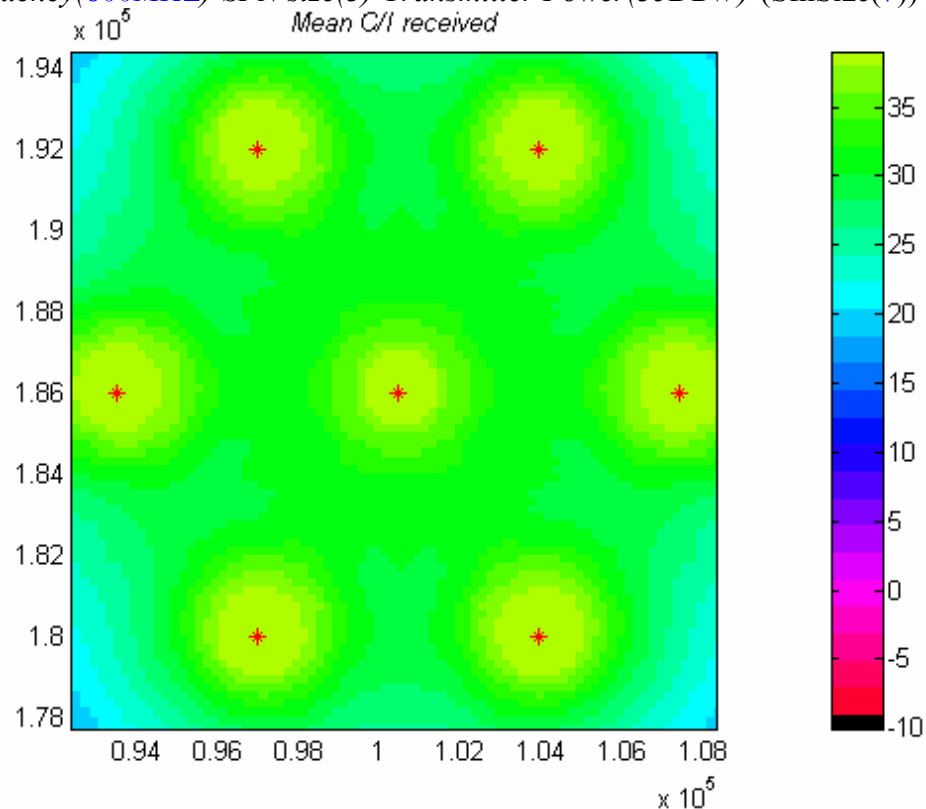
**Σχήμα 3.61:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



**Σχήμα 3.62:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))

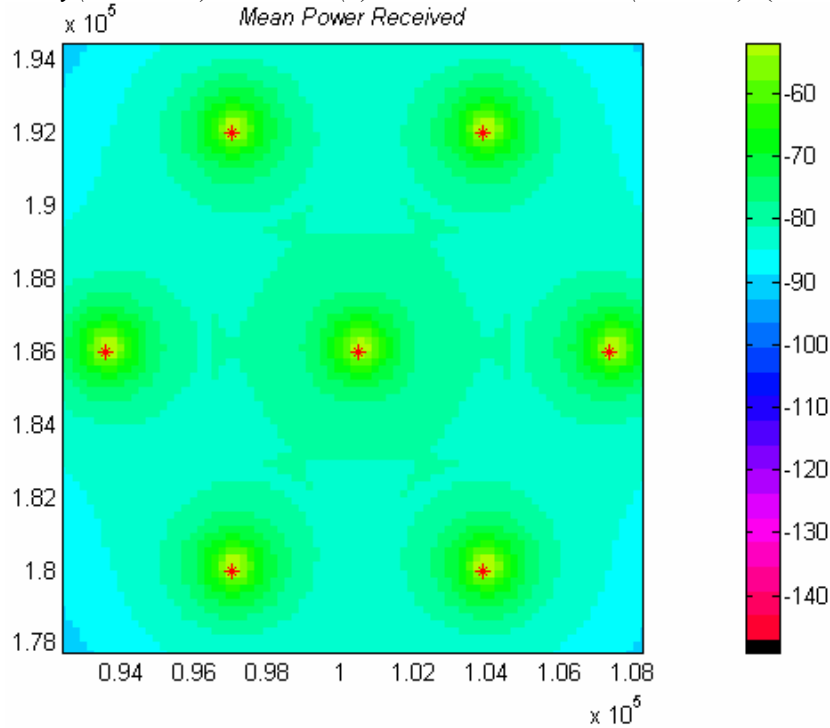


**Σχήμα 3.63:** Mean C/I Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν το αναμενόμενο ποσοστό C/I-carrier to interference (στο DB) όπως προαναφέρθηκε. Παρατηρούμε μεταβολές κατά τη συχνότητα του αναμενόμενου λαμβανόμενου C/I σε ένα δίκτυο SFN του μεγέθους = 3\*3 χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνότητας.

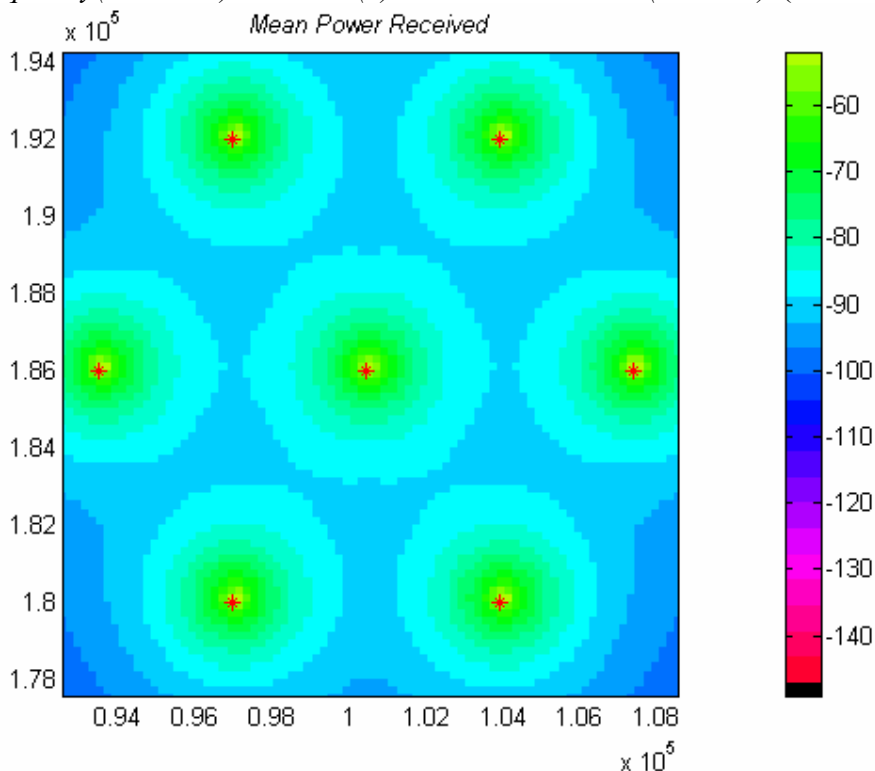
•Mean Power Received Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



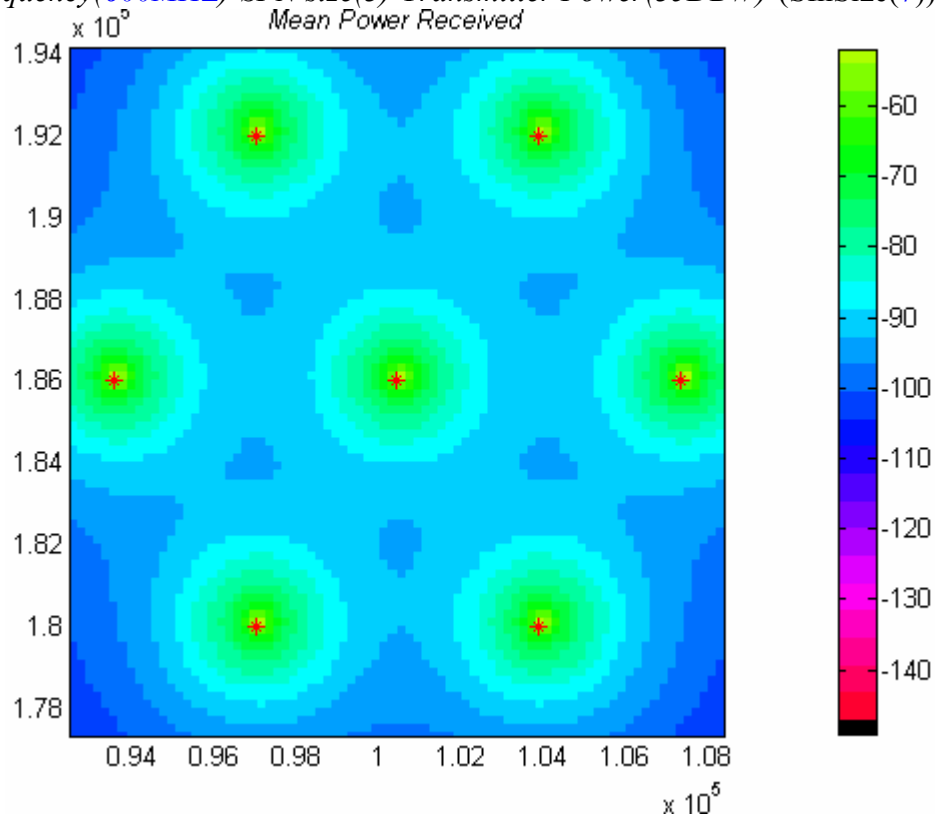
**Σχήμα 3.64:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



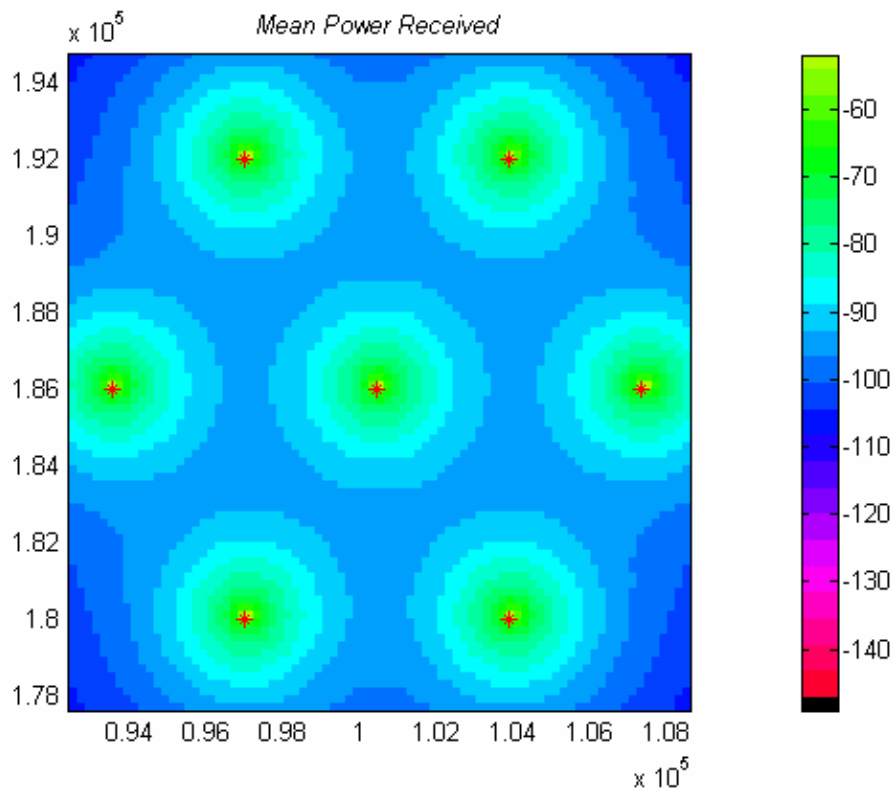
**Σχήμα 3.65:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



**Σχήμα 3.66:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))

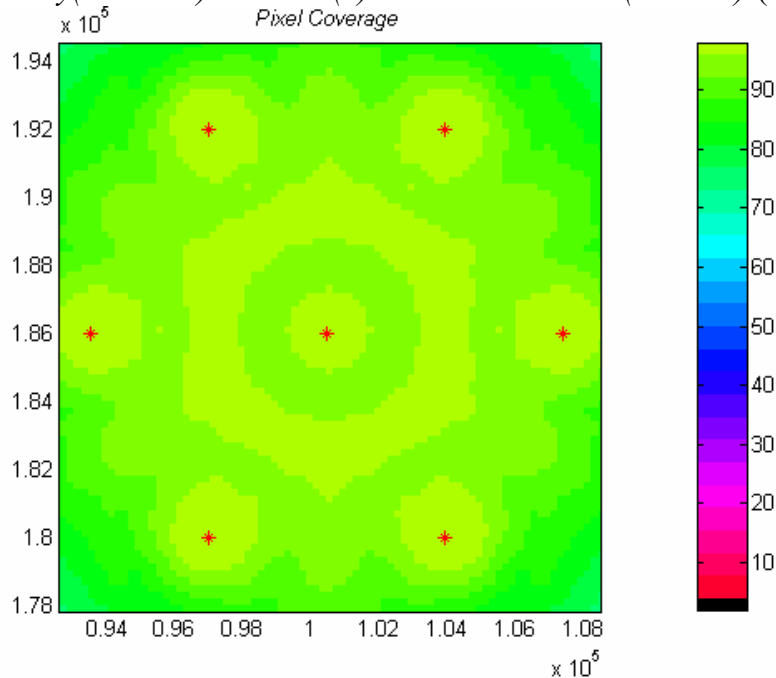


**Σχήμα 3.67:** Mean Power Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

Τα παραπάνω σχήματα απεικονίζουν όπως έχουμε προαναφέρει την αναμενόμενη λαμβανόμενη ισχύς (στο DB )που προέρχεται από συσκευές αποστολής σημάτων στο δίκτυο SFN 'Όταν η συχνότητα είναι 200MHZ η ισχύς σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα 95DB σε σύγκριση με τα 400,600,800 που η ισχύς των σημάτων μετάδοσης περιορίζεται στα -100 εως- 90 DB με αποτέλεσμα να υπάρχουν μεταβολές και στην ισχύ μετάδοσης στις περιοχές κάλυψης των κυψελών.

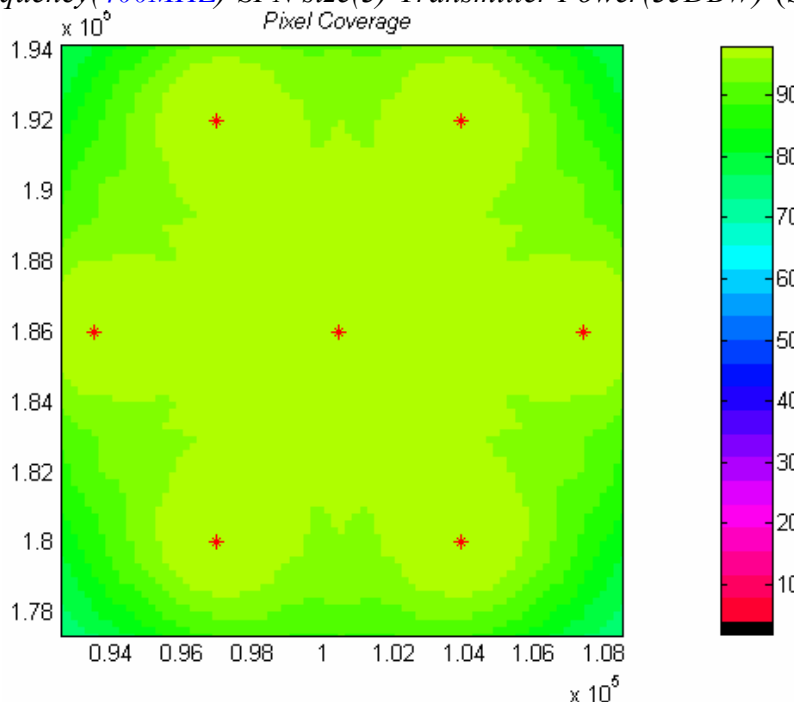
•Pixel Coverage Probability Threshold Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



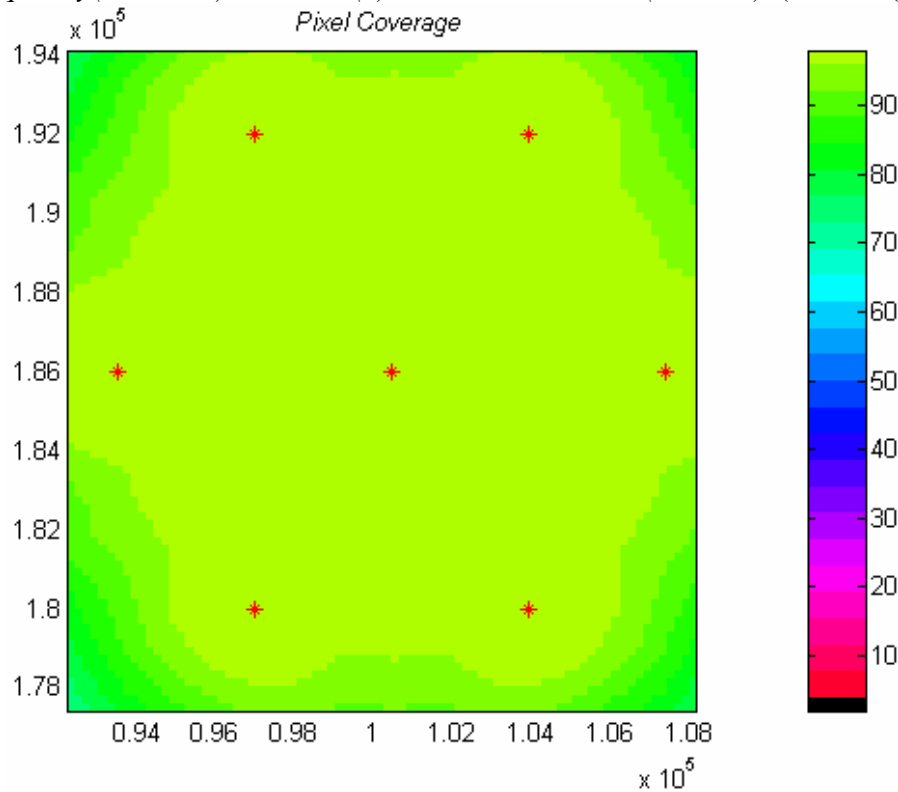
**Σχήμα 3.68:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(200MHZ)- Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



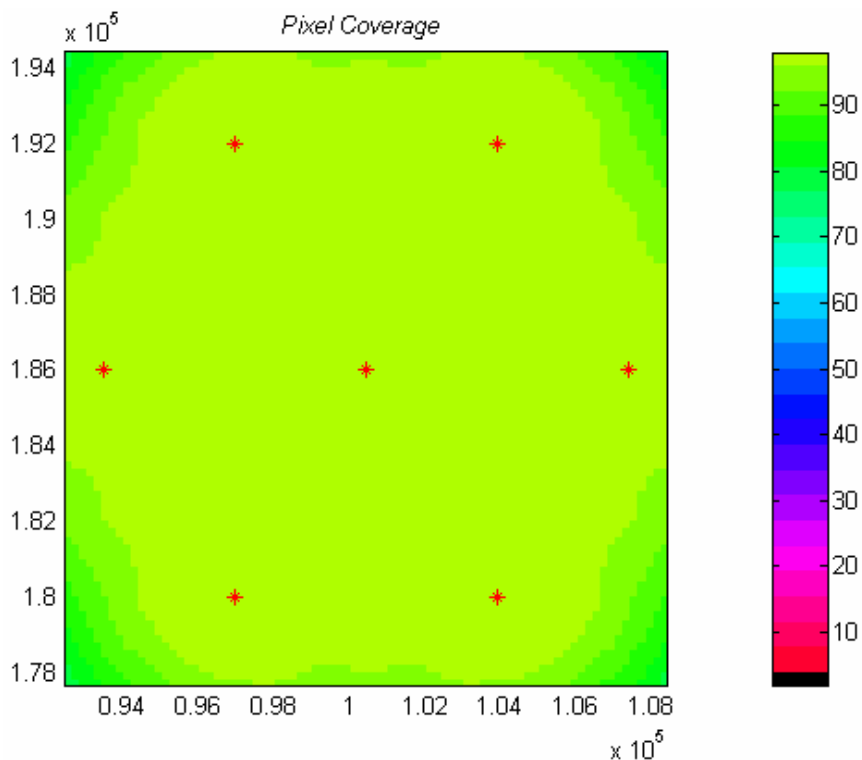
**Σχήμα 3.69:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot, Transmitter frequency(400MHZ)- Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



**Σχήμα 3.70:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot,,Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(SfnSize(7))



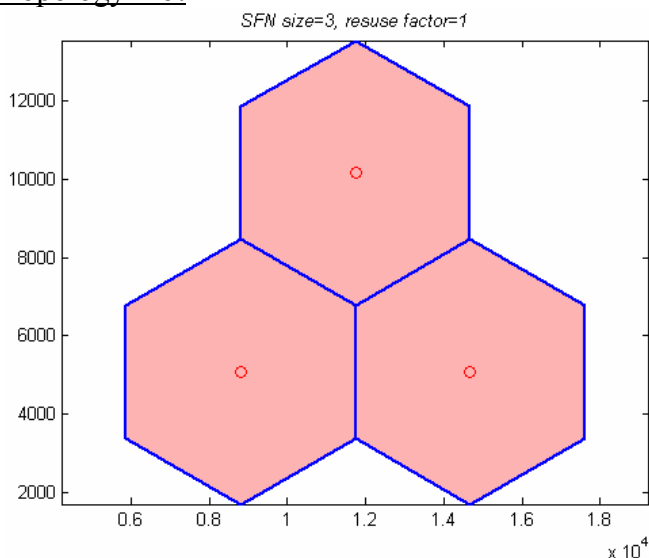
**Σχήμα 3.71:** Pixel Coverage Probability Threshold Plot,Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW)- (SfnSize(7))

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν την λαμβανόμενη ισχύ στο DB που προέρχεται από τις συσκευές αποστολής σημάτων συμβολής στο δίκτυο SFN πέρα από το σύνολο της μελετημένης περιοχής. Συγκεκριμένα μια υπόθεση πιθανότητας κάλυψης του εικονοκυττάρου χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνότητας.

Με σταθερή την συχνότητα μετάδοσης στα 35 DBW παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές κατά τις μεταβολές στο ποσοστό της λαμβανόμενης ισχύος που καλύπτουν τα εικονοκύτταρα που οφείλεται στην μη χρησιμοποίηση της επιλογής frequency reuse στις επιλογές της προσωμοίωσης

•Αποτελέσματα για μεταβολές στην συχνότητα([Transmitter frequency](#)),([Frequency Reuse Factor](#)),επλογή Optimal Cell Radius(m)

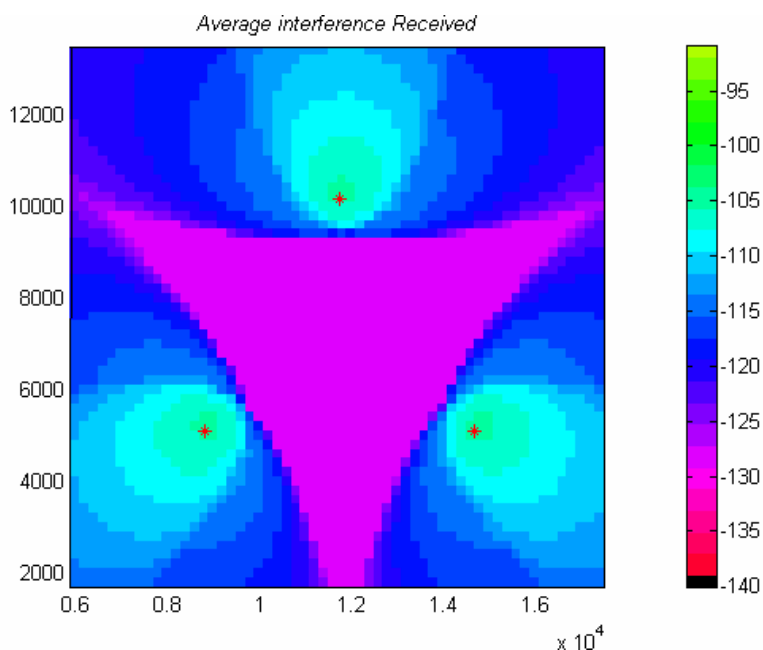
•Netowork Topology Plot



**Σχήμα 3.72:** Netowork Topology Plot για μεταβολές στην συχνότητα (Transmitter frequency), (Frequency Reuse Factor),επλογή Optimal Cell Radius(m)

•Average Interference Received

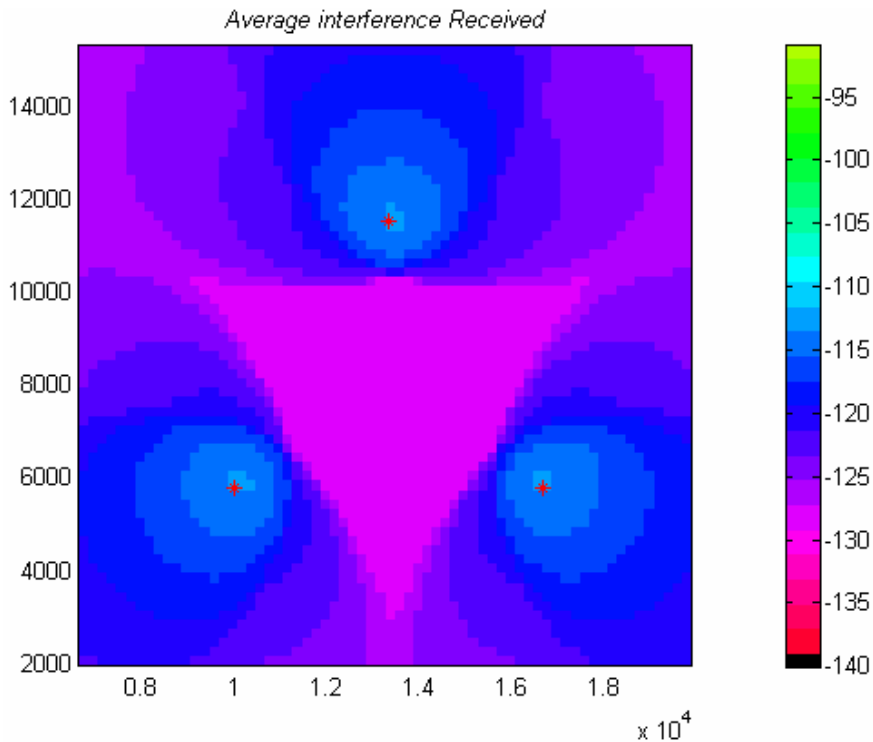
•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



**Σχήμα 3.73:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

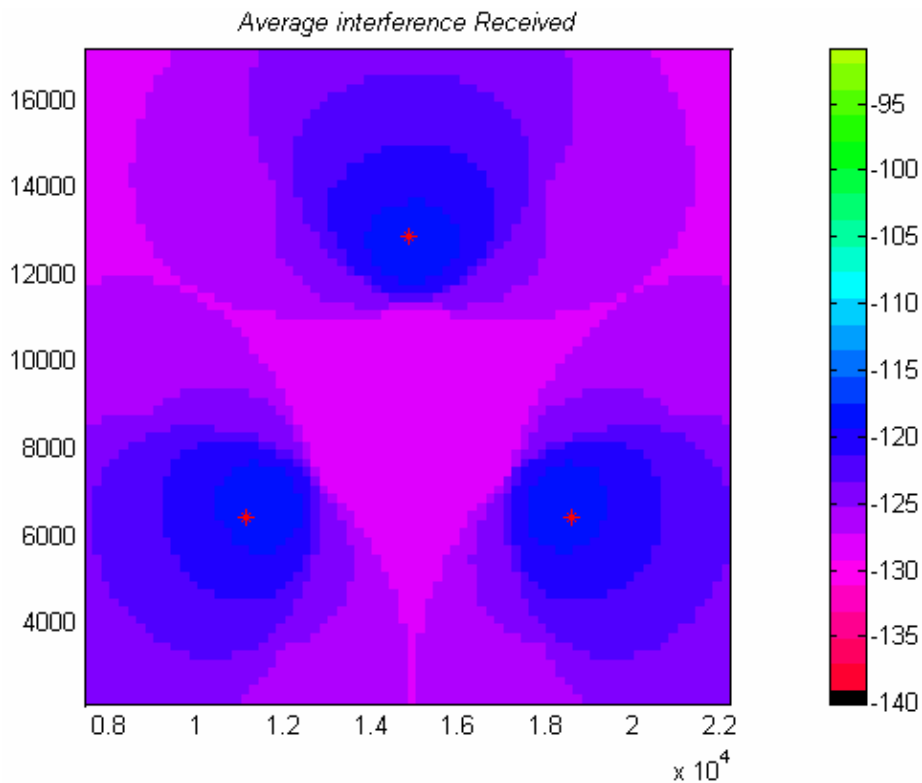


•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



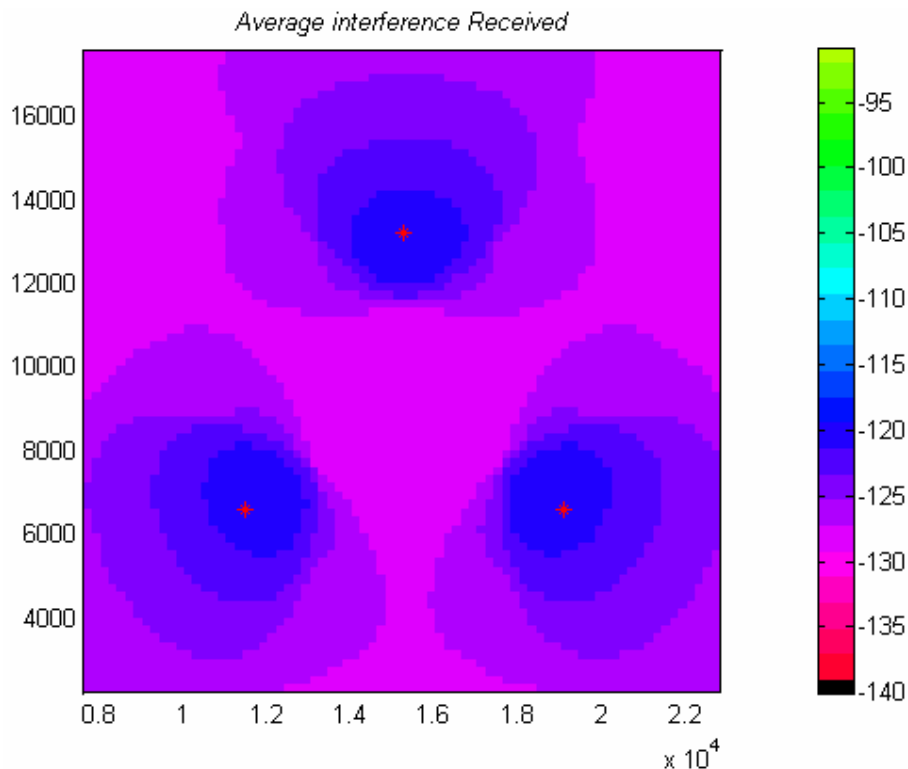
**Σχήμα 3.74:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ))-Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



**Σχήμα 3.75:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ))-Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))

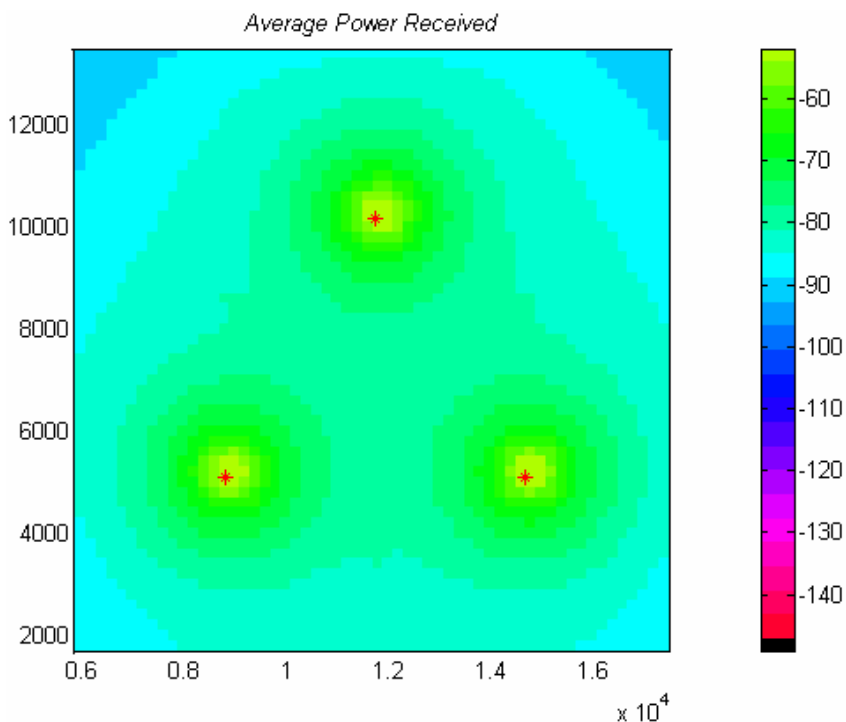


**Σχήμα 3.76:** Average Interference Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ))-Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

Στις παραπάνω γραφικές απεικονίσεις έχουμε αύξηση του συνολικού αριθμού των συστάδων-clusters με σταθερή την ισχύ μετάδοσης στα 35DBW. Παρατηρούμε πως όταν μεταβάλλεται η συχνότητα όταν μεταβάλλεται και σημαντικά το ποσοστό ισχύος μετάδοσης στα πλαίσια του χωρου καλυψης των κυψελων,για την μεγιστη συχνοτητα των 800 MHZ το ποσοστό της ισχύς περιοριζεται στα -130 DB.Παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές στο ποσοστό ισχύος που καλύπτουν τα εικονοκυτταρα και που οφείλεται στους παράγοντες που πρκύπτουν από την εφαρμογή της επιλογής της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας

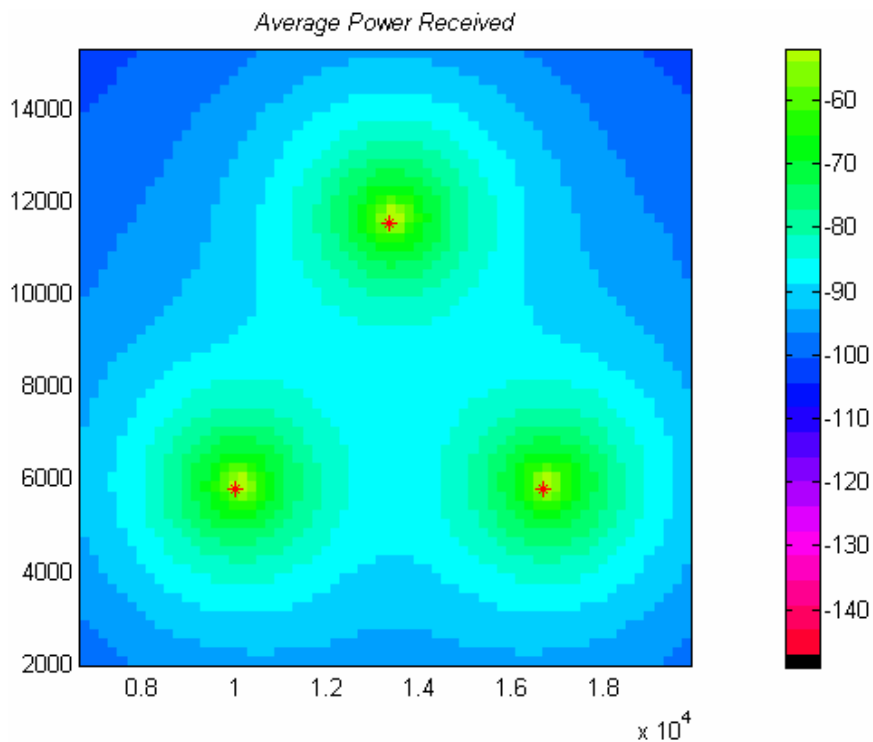
•Average Power Received

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1)



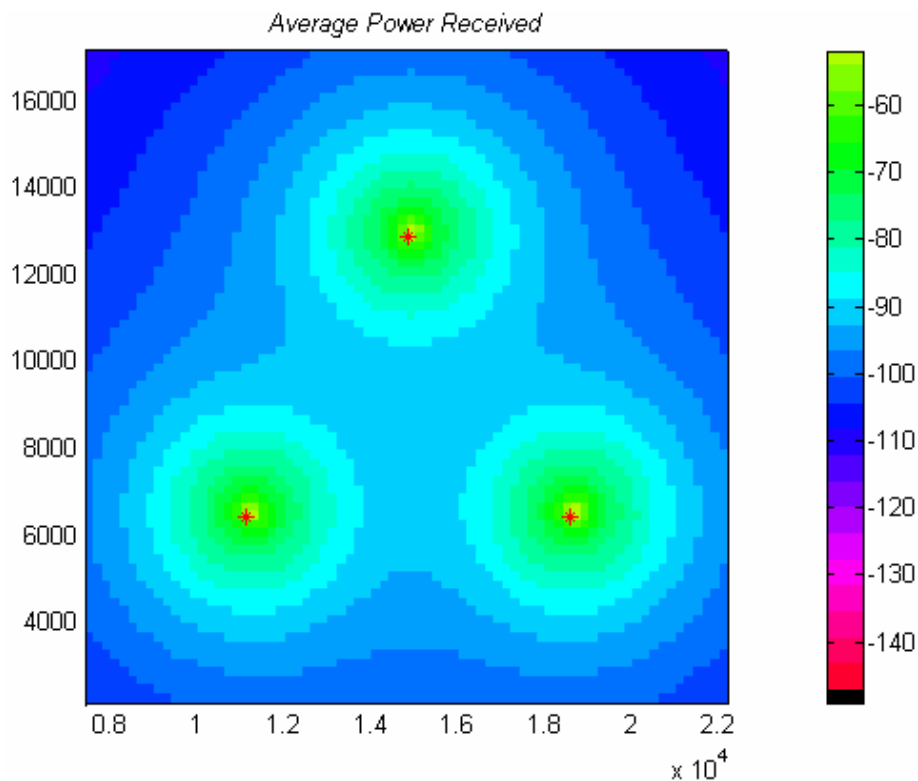
Σύμφωνα 3.77: Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ))- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1)



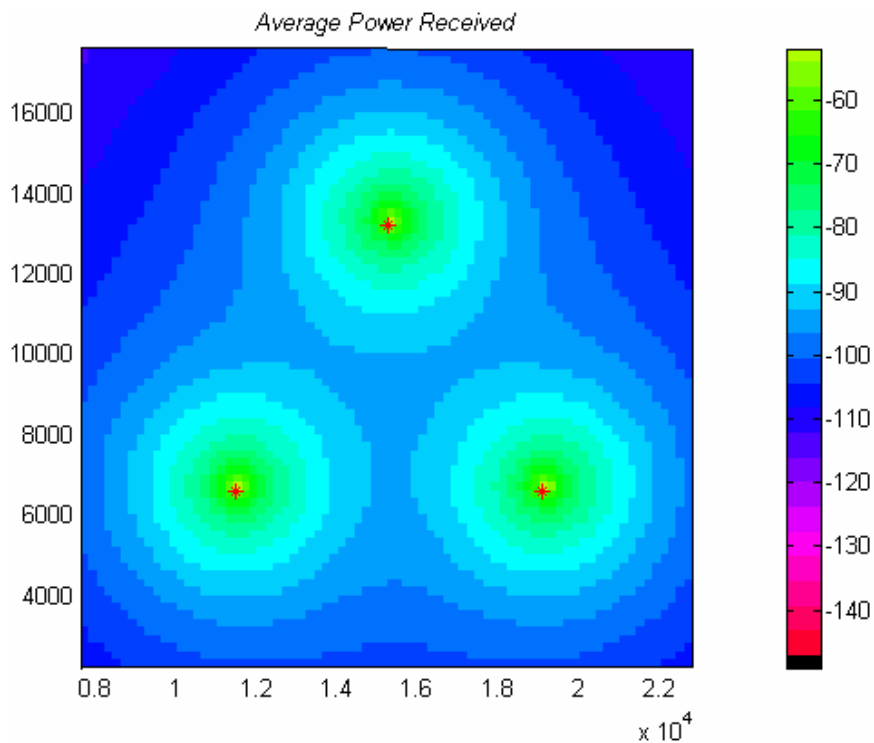
Σύμφωνα 3.78: Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ))- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1)

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



**Σχήμα 3.79:** Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



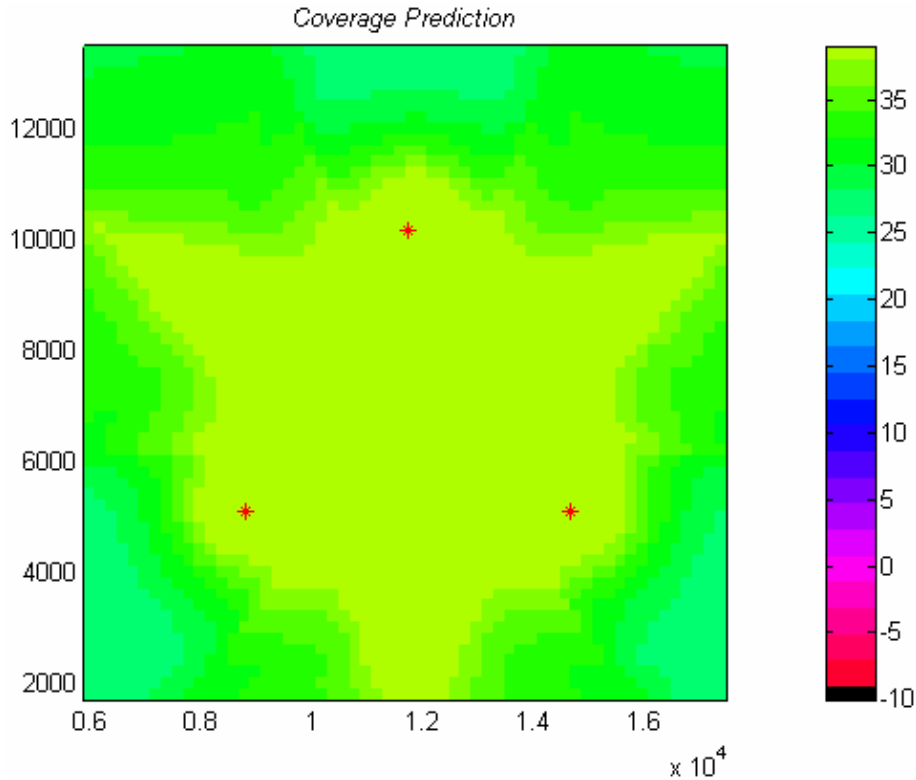
**Σχήμα 3.80:** Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν την λαμβανόμενη ισχύ στο DB που προέρχεται από τις συσκευές αποστολής σημάτων συμβολής στο δίκτυο SFN πέρα από το σύνολο της μελετημένης περιοχής. Συγκεκριμένα μια υπόθεση πιθανότητας κάλυψης του εικονοκυττάρου για ένα δίκτυο SFN με την χρήση της επιλογής επαναχρησιμοποίησης συχνότητας.

Με σταθερή την ισχύ μετάδοσης στα 35 DBW παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές κατά τις μεταβολές στο ποσοστό της λαμβανόμενης ισχύος που καλύπτουν τα εικονοκύτταρα που οφείλεται στην χρησιμοποίηση της επιλογής frequency reuse στις επιλογές της προσωμοίωσης

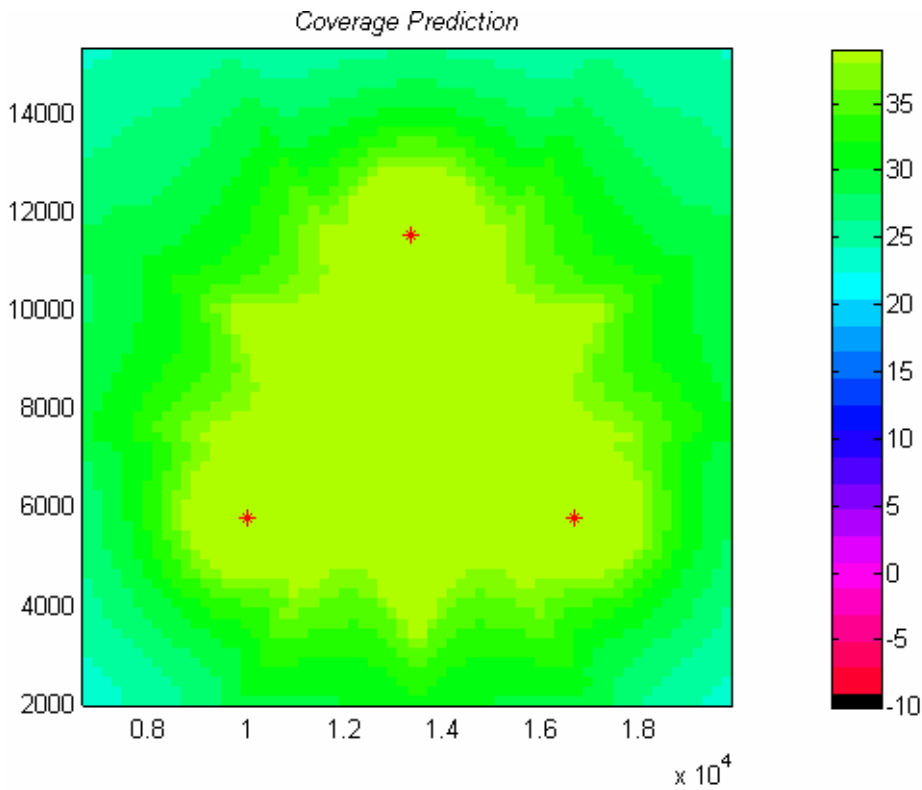
•Coverage Prediction Plot

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1)



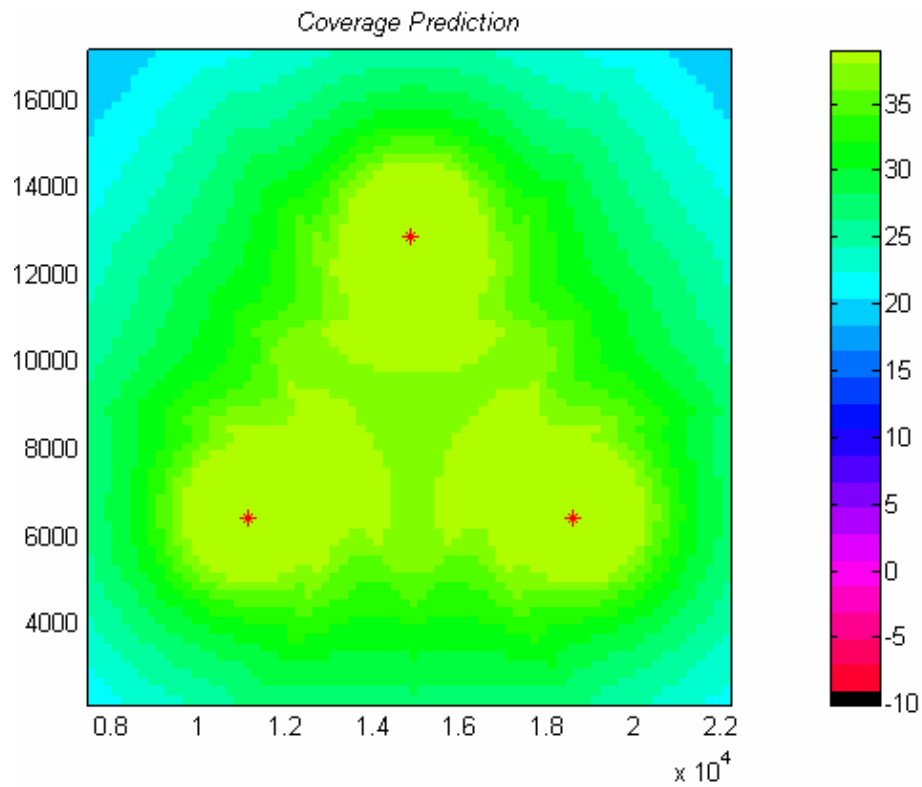
**Σχήμα 3.81:** Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(200MHZ)- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1)

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



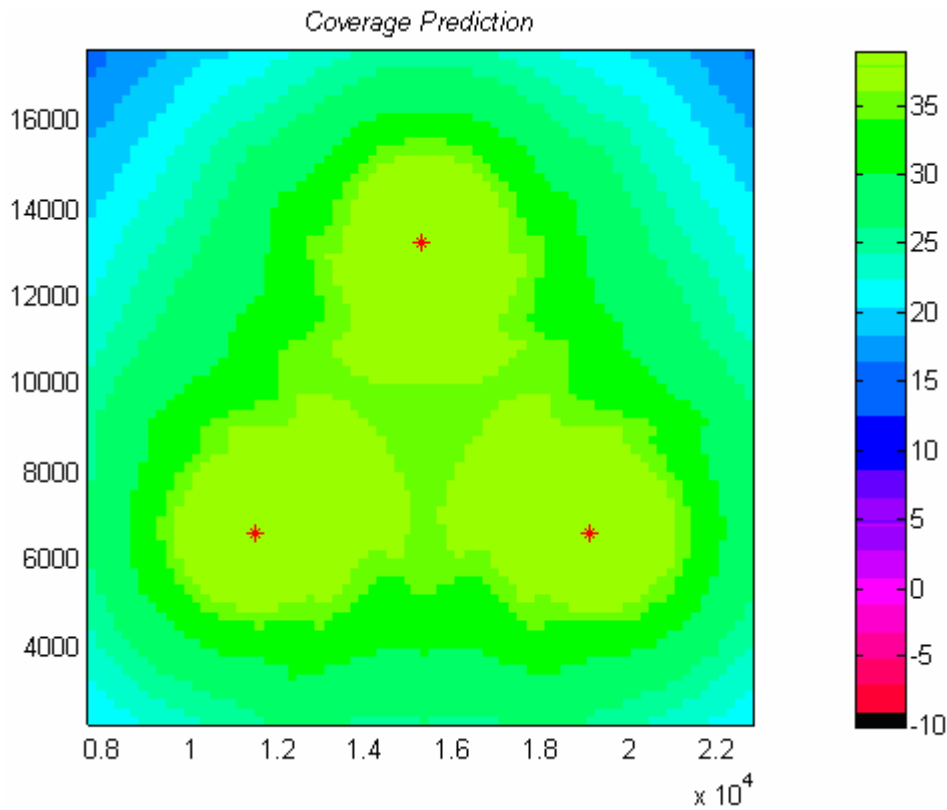
**Σχήμα 3.82:** Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(400MHZ)- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



**Σχήμα 3.83:** Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(600MHZ)- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))



**Σχήμα 3.84:** Average Power Received Received Plot, Transmitter frequency(800MHZ)- Transmitter Power(35DBW), (Frequency Reuse Factor(1))

•Transmitter frequency(200MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))

Optimal Cell Radius(m):3387,7407

•Transmitter frequency(400MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))

Optimal Cell Radius(m):3850,1362

•Transmitter frequency(600MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))

Optimal Cell Radius(m):4287,4206

•Transmitter frequency(800MHZ)-SFN size(3)-Transmitter Power(35DBW)-(Frequency Reuse Factor(1))

Optimal Cell Radius(m):4408,5786

Οι παραπάνω γραφικές απεικονίσεις παρουσιάζουν την λαμβανόμενη ισχύ στο DB που προέρχεται από τις συσκευές αποστολής σημάτων συμβολής στο δίκτυο SFN πέρα από το σύνολο της μελετημένης περιοχής. Συγκεκριμένα μια υπόθεση πιθανότητας κάλυψης του εικονοκυττάρου για ένα δίκτυο SFN με την χρήση της επιλογής επαναχρησιμοποίησης συχνότητας.

Με σταθερή την ισχύ μετάδοσης στα 35 DBW και με μεταβολές της συχνότητας μετάδοσης παρατηρούμε σημαντικές μεταβολές κατά τις μεταβολές στο ποσοστό της λαμβανόμενης ισχύος που καλύπτουν τα εικονοκύτταρα που οφείλεται στην χρησιμοποίηση της επιλογής frequency reuse στις επιλογές της προσωμοίωσης. Στη συγκεκριμένη προσωμοίωση γίνεται και ο υπολογισμός του μεγέθους της ακτίνας κάλυψης των εξαγωνικών εικονοκυττάρων της περιοχής που μελετάται. καθώς αυξάνεται η συχνότητα αυξάνεται και το μέγεθος της περιοχής κάλυψης.





## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] C. Ho and C. Lea, "Improving call admission policies in wireless networks," *Wireless Networks*, vol. 5, 1999.
- [2] O. Lázaro and D. Girma, "A Hopfield neural-network-based dynamic channel allocation with handoff channel reservation control," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 49, no. 5, pp. 1578–1587, 2000.
- [3] Y. Xiao, P. Chen, and Y. Wang, "Optimal admission control for multiclass of wireless adaptive multimedia services," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E84-B, no. 4, pp. 795–804, 2001.
- [4] ETSI EN 302 304 V1.1.1 "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)" Nov. 2004
- [5] ETSI, EN 300 744, "Digital video broadcasting (DVB): framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television." V1.5.1, Nov. 2004
- [6] Jani Väre, Matti Puputti: "Soft handover in terrestrial broadcast networks", MDM2004
- [7] X.D. Yang, Y.H. Song, T.J. Owens, J. Cosmas, T. Itagaki, "Intersystem Soft Handover for Converged DVB-H and UMTS Network", *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, 2005, Submitted
- [8] "State of the Art: Admission Control and Mobility Management in Heterogeneous Wireless Networks", Ken Murray, Dirk Pesch, May 2003
- [9] "Mobility Management Incorporating Fuzzy Logic for a Heterogeneous IP Environment", M. L. Chan, R. E. Sheriff, and Y. F. Hu, P. Conforto and C. Tocci, *IEEE Communications Magazine*, December 2001, pp 42-51
- [10] ETS 300 744, Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital Terrestrial television (DVB-T)
- [11] G. May: The IP Datacast System – Overview and Mobility Aspects *IEEE International Symposium on Consumer Electronics 2004*, Proc. pp. 509 - 514, Sept. 2004.
- [12] Jani Väre and Matti Puputti, "Soft Handover in Terrestrial Broadcast Networks", *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM '04)*
- [13] Xiaodong Yang "Performance Analysis of Time Slicing in DVB-H"
- [14] Burow R., Pogrzeba P. and Christ P.: "Mobile Reception of DVB-T", EU Motivate project, 2000.
- [15] Aaltonen J., Pekonen H., Auranen T., Laiho K., Talmola P.: "Power Saving Considerations in Mobile Datacasting Terminals", ISCE 2002.
- [16] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB): Guidelines on Implementation and Usage of Service Information (SI)" ETSI technical report, TR 101 211, 2003.

- [17]. R. van Nee, and R. Prasad, . “OFDM for wireless multimedia communications”, Artech House 2000.
- [18] Alain Untersee and Glodina Connan, DVB Return Channel Terrestrial: An Update”, Harris Broadcast Europe – 2003
- [19] Developments with DVB-T, white paper from www.dvb.org, October, 2004
- [20] ETSI EN 301 958, DVB Interaction channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM
- [21] M. Chiu, M. Bassiouni, “Predictive Schemes for Handoff Prioritization in Cellular Networks Based on Mobile Positioning”, IEEE Journal on selected areas in communications, Vol. 18, No. 3, March 2000
- [22] Stemm M & Katz R (1998) Vertical handoffs in wireless overlay networks. Mobile Networks and Applications
- [23] S. Deering and R. Hinden, “Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification”, RFC 2460, December 1998.
- [24] G. Fairhurst, H. D. Clausen and H. Linder, “Requirements for transmission of IP datagrams over MPEG-2 networks”, Internet Draft, draft-fair-ipdvb-req-04.txt, work in progress, December 2003.
- [25] ATHENA Report: “ATHENA Digital Switchover: Developing Infrastructures for Broadband Access”, August 2003.
- [26] P. O. Gassvik, M. Cornefjord, and V. Svensson, “Different methods of giving priority to handoff traffic in a mobile telephone system with directed retry,” Proc. 41st IEEE VTC, May 1991
- [27] “A Revolution for Indoor DVB-T portable reception and Outdoor DVB-T mobile reception” A White Paper by Yannick Lévy, Chief Executive Officer of DiBcom and Gerard Pousset V.P. Marketing
- [28] “Εκπομπή δεδομένων (IP Datacasting) στην επίγεια και φορητή ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T/ DVB-H)” Δρ. Γεώργιος Γαρδίκης Εργαστήριο Ψηφιακών Τηλεπικοινωνιών Ινστ. Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος" [Alves03] Alves, F., Morgado, A. et al., Implementation of a Simulation Module for a SISO Broadband Propagation Channel Model, in Proc. CONFTELE 2003, Aveiro, Portugal,
- [29] Aaltonen J., Pekonen H., Auranen T., Laiho K., Talmola P.: ”Power Saving Considerations in Mobile Datacasting Terminals”, ISCE 2002.
- [30] ETSI, “Digital Video Broadcasting (DVB): Guidelines on Implementation and Usage of Service Information (SI)” ETSI technical report, TR 101 211, 2003.
- [31] S.Sen, J.L. Rexford, J.K. Dey, J.F. Kurose, D.F. Towsley, “Online Smoothing of Variable Bit-Rate Streaming Video”, IEEE Transactions on Multimedia, Vol.2, n.1, pp.37-48, March 2000.

- [32] ETSI EN 300 744: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television".
- [33] Jani Väre, Matti Puputti: "Soft handover in terrestrial broadcast networks", MDM2004
- [34] X.D.Yang, Y.H.Song, T.J.Owens, J.Cosmas, T.Itagaki: "An investigation of and a proposal for handover decision-making in DVB-H", IST Mobile Summit 2005
- [35] "MediaFLO Field Test Report 80-T1021-1 Rev. B", Qualcomm ([http://www.qualcomm.com/mediaflo/news/pdf/MediaFLO\\_field\\_tests\\_white\\_paper.pdf](http://www.qualcomm.com/mediaflo/news/pdf/MediaFLO_field_tests_white_paper.pdf))
- [36] M. Kornfeld, U. Reimers: "DVB-H - the emerging standard for mobile data communication", EBU Technical Review, No. 301, January 2005.
- [37] J. Väre, M. Puputti, "Soft Handover in Terrestrial Broadcast Networks", Proc. IEEE Int. Conf. on Mobile Data Management 2004,
- [38] G. May: "The IP Datacast System - Overview and Mobility Aspects", Proc. IEEE Int. Symp. on Consumer Electronics 2004
- [39] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", ETSI standard, EN 300 744 V1.5.1, 2004.
- [40] <http://www.ist-daidalos.org>, IST Project Daidalos.
- [41] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast over DVB-H: Architecture", ETSI technical report, TR 102 469 V1.1.1, 2006.
- [42] DVB Project, ETSI: "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals (DVB-H); Validation Task Force Report" – ETSI TR 102 401 v1.1.1 (2005 – 05).
- [43] H. Joki, J. Paavola and V. Ipatov: "Analysis of Reed-Solomon Coding Combined with Cyclic Redundancy Check in DVB-H Link Layer", 2nd International Symposium on Wireless Communication Systems 2005, Siena, Italy, Sep. 2005.
- [44] ETSI EN 302 304: "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)", European Telecommunication Standard, Nov. 2004.
- [45] G. Faria, J.A. Henriksson, E. Stare, P. Talmola, "DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices", Proceedings of the IEEE vol. 94, no. 1, pp.194–209, Jan. 2006.
- [46] M. Kühn, DVB-H coverage aspects, MCC 2005, January 2005
- [47] H. J. Wang, R. H. Katz, J. Giese, "Policy-Enabled Handoffs across Heterogeneous Wireless Networks", Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA '99), 25-26 Feb. 1999,
- [48] G. Faria, J. Henrikson, E. Stare, and P. Talmola, "DVB-H: Digital broadcast services to handheld devices," Proceedings of the IEEE, Special Issue on Global Television: Technology and Emerging Services, vol. 94, no. 1, pp. 194–209, Jan. 2006.

- [49]C. Zhang, T.J.Owens and YH.Song, “A simplified algorithm for the implementation of the Schwartz and Yeh method for the sum of lognormal distributed variables”,
- [50]. C Zhang, T J Owens. “DVBNP- a Matlab implementation of a network coverage planning tool for digital video broadcasting-handheld”.
- [51] A Survey of Handover Algorithms in DVB-H X.D. Yang\*, Jani Väre<sup>a</sup>, T.J. Owens<sup>^</sup> \*Institut fuer Informatik, Goettingen University, 37083, Goettingen, Germany <sup>a</sup> Nokia Corporation, Turku, Finland <sup>^</sup>School of Engineering and Design, Brunel University, Uxbridge, UB8 3PH, UK
- [52]Performance Analysis of Time Slicing in DVB-H Xiaodong Yan School of Engineering and Design Brunel University, UK
- [53]Content Distribution Using Wireless Broadcast and Multicast Communication Networks. Janne Aaltonen, Thesis for Degree of Doctor, Tampere University of Technology
- [54] 02 304, Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H), ETSI, November 2004.
- [55] TR 102 377, Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines, ETSI, November 2005.
- [56]R 101 211, Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines on Implementation and Usage of Service Information (SI), ETSI, May 2004.
- [57]. Burowl, ”On The Performance Of The Dvb-T System In Mobile Environments,” Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 98), 1998
- [58]idkamp, B., Pohl, A., Schiek, U., Klinkenberg, F., Hynynen, J., Sieber, A., Christ, P., Owens, T., Cosmas, J., Itagaki, T. and Sun, F. (2004) ‘Demonstrating the feasibility of standardised application programme interfaces that will allow mobile/portable terminals to receive services combining UMTS and DVB-T’, International Journal of Services and Standards,
- [59]Cosmas, J., Itagaki, T., Krishnapillai, K. and Lucas, A. (2005) ‘Multimedia broadcast and internet satellite system design and user trial results’, International Journal of Services and Standards,
- [60] g, X.D., Song, Y.H., Owens, T.J., Cosmas, J. and Itagaki, T. (2004) ‘Seamless soft handover in DVB-H networks’, Softcom2004, Split (Croatia), Dubrovnik (Croatia), Venice (Italy), October.
- [61] Avi Freedman “Handover in GSM/GPRS cellular systems”.
- [62] Z.-W. Zheng et al., “Cutoff Rate and Outage Probability Performance Comparisons Between DVB-T and DMB-T Systems Under Mobile Multipath Channels,” IEEE Trans. Broadcasting, vol. 49, no. 4, Dec. 2003,
- [63] R. Burow et al., “On the Performance of the DVB-T System in Mobile Environments,” Global Telecommunications Conf., IEEE GLOBECOM ’98, The Bridge to Global Integration., vol. 4, 8–12, Nov. 1998,

[64] J. Tavares and A. Navarro, "Optimal IP Packet Length for DVBT Transmission," IEEE ISCE 2005, Macau, June 2005.

[65] [www.finishmobiletv.com](http://www.finishmobiletv.com), Sept. 2005.

[66] J.-L. Sicre and E. Launay, "Is IP: Multicasting Over DVB-H a Real Business Enabler for a Mobile Telco Operator," Presentation on Multiradio Multimedia Communication, 2005, Jan. 2005.

[67] X. D. Yang et al., "An Investigation and a Proposal for Handover Decision-making in DVB-H," 14th IST Mobile & Wireless Commun. Summit, Dresden, Germany, June 2005.

[68] Digital Video Broadcasting Project, Sept. 2005, [www.dvb.org](http://www.dvb.org)

[69] Digital Video Broadcasting Project, "TV In Hand," DVB-Scene Mag., Mar. 2005,

[70] M. Brooks, "Development of Broadcast Technologies for Mobile TV," IEE Seminar on Broadcasting Spectrum: The Issues, June 2005,