

**ΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων**



Πτυχιακή Εργασία

**“Συγκριτική μελέτη προτύπων και μηχανισμών
συστημάτων ψηφιακής εκπομπής ευρείας κάλυψης.”**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΪΜΑΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 11/05/2010

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΣΤΟΡΑΚΗΣ

Στην οικογένειά μου,
με ιδιαίτερη εκτίμηση και αγάπη

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, η οποία υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων “ΠΑΣΙΦΑΗ” του Α.Τ.Ε.Ι Ηρακλείου Κρήτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους, οι οποίοι βοήθησαν στην περάτωση της εργασίας αυτής.

Κατά κύριο λόγο, οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου, Επιστημονικό Συνεργάτη από το Α.Τ.Ε.Ι Ηρακλείου Κρήτης, Δρ. Γεώργιο Μαστοράκη, ο οποίος με υποστήριξε καθ’ όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας. Αισθάνομαι όσο λίγοι, ευνοημένος που στο διάστημα αυτό ένιωθα πάντα τη σιγουριά ότι σε κάθε βήμα είχα την υλική αλλά και ηθική βοήθεια που χρειαζόμουν για να προχωρήσω στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ευγνωμοσύνη οφείλω στη συνάδελφό μου Μαρία Αστρινάκη με την οποία συνεργαστήκαμε για ένα αρκετά μεγάλο διάστημα και χωρίς την πολύτιμη βοήθειά της θα ήταν αδύνατη η ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής. Επίσης θα ήταν παράλειψη μου να μην ευχαριστήσω την οικογένεια μου, καθώς επίσης και, τη Δήμητρα Καββαδία, τη Κατερίνα Μπαντουβά, τον Άρη Κάραμ, το Γιάννη Γκανά, το Σπύρο Κοντογεωργάκο, το Στέργιο Κοντογιάννη και το Γιάννη Βραχασωτάκη, γιατί με την παρουσία τους και την ψυχολογική κυρίως υποστήριξή τους με βοήθησαν για να βγει εις πέρας η πτυχιακή εργασία καθώς επίσης και να ξεπεράσω τις όποιες δυσκολίες που αυτή είχε.

Ηράκλειο, Απρίλιος 2010

Βασίλειος Μπαϊμάς

Περίληψη

Ο στόχος της πτυχιακής εργασίας επικεντρώνεται στη βιβλιογραφική μελέτη των προτύπων επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (DVB-T, DVB-T2), τα οποία δίνουν τη δυνατότητα μετάδοσης πολλαπλών τηλεοπτικών υπηρεσιών και διαδικτυακών εφαρμογών. Η μελέτη κατευθύνθηκε προς τη βιβλιογραφική έρευνα αυτών των δύο προτύπων, αναλύοντας όλα τα στάδια εκπομπής, καθώς και τους μηχανισμούς μετάδοσης. Στα πλαίσια αυτά, παρουσιάζονται αναλυτικά, τα στάδια της αλυσίδας εκπομπής των προτύπων DVB-T και DVB-T2, καθώς επίσης και οι νέοι μηχανισμοί που προσφέρει το τελευταίο χρονικά πρότυπο (DVB-T2) σε σχέση με το προγενέστερό του (DVB-T). Όλα τα στοιχεία αυτά αξιολογήθηκαν μέσα από μία σύγκριση που εκπονήθηκε, η οποία βασίστηκε κατά κύριο λόγο στα δημοσιευμένα πρότυπα και σε ερευνητικά άρθρα επιστημονικών περιοδικών και διεθνών συνεδρίων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Γενικά	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης. 0
1.2 Αντικείμενο Εργασίας	11
1.3 Διάρθρωση Εργασίας.....	11
2. Γενικές Αρχές της Τηλεόρασης	12
2.1 Η Ιστορία της Τηλεόρασης.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
2.2 Συμβιβασμένα Συστήματα Έγχρωμης Τηλεόρασης	11
2.3 Εναρξη της Ψηφιακής Εποχής	20
3. Ψηφιακή Τηλεόραση	23
3.1 Ψηφιοποίηση και συμπίεση σημάτων	23
3.2 Το πρότυπο συμπίεσης MPEG-2.....	25
3.2.1 Αρχές λειτουργίας MPEG-2.....	26
3.2.1.1 Συμπίεση.....	26
3.2.1.2 Σήμα βασικής ζώνης	27
3.2.1.3 Ροή μεταφοράς MPEG-2	29
3.2.1.4 Πολυπλεξία ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων.....	32
3.3 Ψηφιακή τηλεόραση κατά τα πρότυπα DVB.....	33
3.3.1 Γενικά	33
3.3.2 DVB Project – Τρόπος λειτουργίας	33
3.3.3 DVB Project – Βασικές Αρχές.....	34
3.3.4 DVB – Το πρότυπο	35
3.3.5 DVB – Στόχοι	37
3.3.6 DVB – Προσδοκίες και πορεία	39
3.4 Συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης	41
4. Το πρότυπο DVB-T	43
4.1 Γενικά	43
4.2 DVB-T – Τρόπος λειτουργίας	47
4.2.1 Κωδικοποίηση πηγής και πολυπλεξία.....	48
4.2.2 Προσαρμογή πολυπλεξίας και διασπορά ενέργειας	49
4.2.3 Εξωτερικός κωδικοποιητής.....	49
4.2.4 Εξωτερικός διεπλοκέας (Interleaver)	49
4.2.5 Εσωτερικός κωδικοποιητής	50
4.2.6 Εσωτερικός διεπλοκέας (Interleaver).....	51
4.2.7 Χαρτογραφητής - Mapper	51
4.2.8 Προσαρμογή πλαισίου	56
4.2.9 Πιλοτικά σύμβολα και TPS σήματα	56
4.2.10 Διαμορφωτής OFDM.....	60
4.2.11 Εισαγωγή Guard Interval	60
4.2.12 Μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό (DAC).....	60
4.3 Ιεραρχικός και μη ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας	61
4.3.1 Μη ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας.....	61

4.3.2	Ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας	62
4.3.2.1	Simulcast.....	62
4.3.2.2	Multi program.....	64
5.	Το πρότυπο DVB-T2	65
5.1	Γενικά	65
5.2	Επισκόπηση απαιτήσεων.....	65
5.3	Η αρχιτεκτονική του συστήματος.....	66
5.4	Χαρακτηριστικά του συστήματος.....	67
5.4.1	Mode adaptation	67
5.4.1.1	Input interface	68
5.4.1.2	Input system sychronization.....	68
5.4.1.3	Null packet deletion.....	68
5.4.1.4	CRC-8 encoding.....	69
5.4.1.5	Baseband header (BBHEADER) insertion.....	69
5.4.2	Stream adaptation	69
5.4.2.1	Scheduler	70
5.4.2.2	Padding and/or singaling	70
5.4.2.3	Baseband scrambler	70
5.4.3	Bit interleaved coding and modulation	71
5.4.3.1	FEC encoding (BCH/LDPC).....	71
5.4.3.2	Bit interleaver	72
5.4.3.3	Demux bits to cells.....	72
5.4.3.4	Mapper	75
5.4.3.5	Constellation rotation and cyclic Q-delay	76
5.4.4	Frame mapper.....	77
5.4.4.1	Cell interleaver.....	77
5.4.4.2	Time interleaver.....	77
5.4.4.3	Frame builder.....	78
5.4.4.4	Frequency interleaver.....	79
5.4.5	Modulator	79
5.4.5.1	MISO processing	79
5.4.5.2	Pilot processing.....	80
5.4.5.3	IFFT.....	80
5.4.5.4	PAPR reduction	81
5.4.5.5	Guard interval insertion.....	81
6.	Σύγκριση DVB-T και DVB-T2	82
6.1	Γενικά	82
6.2	Διαφορές μεταξύ των δύο προτύπων	83
6.3	Μελλοντική αγορά και τα δύο πρότυπά του για την DTT	87
6.4	Η κατάσταση της DTT ανά τον κόσμο.....	87
6.5	Γενικά Συμπεράσματα	89

7. Βιβλιογραφία – Αναφορές.....	90
8. Παραρτήματα	92
8.1 Γλωσσάριο	92

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

2^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 2.1 : Η ανάλυση της εικόνας.....	13
Σχήμα 2.2 : Γενικό λειτουργικό διάγραμμα εκπομπής εικόνας τηλεόρασης.....	18
Σχήμα 2.3 : Γενικό λειτουργικό διάγραμμα έγχρωμου τηλεοπτικού δέκτη.....	18
Σχήμα 2.4 : Παγκόσμιος χάρτης τηλεοπτικών συστημάτων κωδικοποίησης	19
Σχήμα 2.5 : Ψηφιοποίηση και μετάδοση σήματος.....	20

3^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 3.1 : Αναλογικό και ψηφιακό κανάλι.....	25
Σχήμα 3.2 : Τύποι συμπίεσης του προτύπου MPEG-2	26
Σχήμα 3.3 : Πολυπλεξία του προτύπου MPEG-2	27
Σχήμα 3.4 : Δομή πακέτου μεταφοράς.....	28
Σχήμα 3.5 : Πολυπλέκτης MPEG-2 TS	30
Σχήμα 3.6 : Δομή ροής MPEG-2 TS	30
Σχήμα 3.7 : Δομή πακέτου MPEG-2 TS	31
Σχήμα 3.8 : Πολυπλεξία δύο δομών μεταφοράς.....	32
Σχήμα 3.9 : Το επίσημο λογότυπο του DVB.....	34
Σχήμα 3.10 : Σχηματική απεικόνιση του DVB.....	37
Σχήμα 3.11 : Χρονική εξέλιξη των προτύπων DVB	39

4^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 4.1 : Εκτιμώμενες ημερομηνίες μετάβασης για κάποιες ευρωπαϊκές χώρες....	44
Σχήμα 4.2 : Ο Παγκόσμιος χάρτης επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (2009)	45
Σχήμα 4.3 : Χάρτης DTT υπηρεσίας	46
Σχήμα 4.4 : Δομικό διάγραμμα ενός συστήματος εκπομπής DVB-T	47
Σχήμα 4.5 : Η τεχνική της πολυπλεξίας.....	48
Σχήμα 4.6 : Τυχαιοποίηση δεδομένων	50
Σχήμα 4.7 : Ο λόγος του παράγοντα διαμόρφωσης α	51
Σχήμα 4.8 : Διαθέσιμοι ρυθμοί μετάδοσης για σύστημα DVB-T σε κανάλι 8 MHz	52
Σχήμα 4.9 : QPSK (με $\alpha=1$).....	53
Σχήμα 4.10 : Ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=1$)	53
Σχήμα 4.11 : Ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=1$)	53
Σχήμα 4.12 : Μη ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=2$)	54
Σχήμα 4.13 : Μη ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=2$)	54
Σχήμα 4.14 : Μη ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=4$)	55
Σχήμα 4.15 : Μη ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=4$)	55
Σχήμα 4.16 : Τιμές παραμέτρων καναλιού 8MHz για τους 2k και 8k τρόπους λειτουργίας	57
Σχήμα 4.17 : Διάγραμμα γεννήτριας ψευδό-τυχαίας ακολουθίας	57

Σχήμα 4.18 : Διάρκεια OFDM συμβόλου και κυκλικού προθέματος στο DVB-T	58
Σχήμα 4.19 : Υποκανάλια που περιέχουν συνεχή σύμβολα - πιλότους.....	59
Σχήμα 4.20 : Δομή πλαισίου	59
Σχήμα 4.21 : Το Guard Interval	60
Σχήμα 4.22 : Απαιτήσεις C/N των δύο συρμών.....	63

5^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 5.1 : Διάγραμμα του συστήματος DVB-T2.....	66
Σχήμα 5.2 : Το σύστημα του Null – packet deletion	69
Σχήμα 5.3 : Πιθανή εκτέλεση του PRBS encoder.....	71
Σχήμα 5.4 : DVB-T2 data format πριν από το interleaving	72
Σχήμα 5.5 : Η δομή του Bit Interleaving.....	72
Σχήμα 5.6 : Απεικόνιση των υποκατηγοριών στην αποπολυπλεξία	72
Σχήμα 5.7 : Αποπολυπλεξία των bits στις υποκατηγορίες	73
Σχήμα 5.8 : Παράμετροι της αποπολυπλεξίας για code rates $\frac{1}{2}, 3/4, 4/5, 5/6$	73
Σχήμα 5.9 : Παράμετροι της αποπολυπλεξίας για code rates $3/5$	74
Σχήμα 5.10 : Παράμετροι της αποπολυπλεξίας για code rates $2/3$	74
Σχήμα 5.11 : QPSK διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit.....	75
Σχήμα 5.12 : 16-QAM διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit	75
Σχήμα 5.13 : 64-QAM διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit	75
Σχήμα 5.14 : 256-QAM διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit	76
Σχήμα 5.15 : Γωνία περιστροφής για κάθε τύπο διαμόρφωσης.....	76
Σχήμα 5.16 : Παράμετροι του Time Interleaver	77
Σχήμα 5.17 : Δομή του Time Interleaver	78
Σχήμα 5.18 : DVB-T2 frame structure	78
Σχήμα 5.19 : Τιμές M_{max}	79
Σχήμα 5.20 : Παράμετροι της OFDM διαμόρφωσης	80
Σχήμα 5.21 : Η εκτέλεση του αλγορίθμου στην ACE τεχνική	81
Σχήμα 5.22 : Guard interval fraction σε σχέση με την περίοδο	81

6^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 6.1 : Συνοπτική σύγκριση μεταξύ των δύο προτύπων DVB-T και DVB-T2	86
Σχήμα 6.2 : Ενδεικτική κατάσταση της DTT σε διάφορες χώρες.....	88

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η ψηφιακή εκπομπή κερδίζει όλο και περισσότερο έδαφος στον κόσμο της τηλεοπτικής μετάδοσης. Η τεχνολογία αυτή έχει τη δυνατότητα να αλλάξει ριζικά τα τηλεοπτικά δεδομένα. Μια πανευρωπαϊκή πλατφόρμα, γνωστή ως DVB δημιουργήθηκε το 1993 προκειμένου να αναπτυχθεί το σύστημα της ψηφιακής μετάδοσης. Ο στόχος της είναι να συντονίσει την εισαγωγή της τυποποιημένης ψηφιακής τηλεοπτικής μετάδοσης σε διάφορες χώρες. Μέχρι σήμερα τα πρότυπα DVB έχουν γίνει αποδεκτά σε περισσότερες από 27 χώρες της Ευρώπης, καθώς επίσης και από άλλες χώρες, όπως: η Αυστραλία, η Βραζιλία, η Νότια Αφρική, Κίνα, Ιράν κ.ο.κ

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση ευρείας εκπομπής (DVB-T) μπορεί να προσφέρει στους τηλεθεατές δυνατότητες όπως ένα ευρύτερο φάσμα προγραμμάτων, άριστη ποιότητα εικόνας και παροχή πολλών υπηρεσιών. Επιπλέον, το πρότυπο αυτό αντιπροσωπεύει ένα μελλοντικό σύστημα που μπορεί να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες τόσο στην αγορά όσο και στις επιχειρήσεις, ενώ η καθολική εισαγωγή του θα είναι αυτή που οδηγήσει στην απελευθέρωση των συχνοτήτων για την παροχή νέων υπηρεσιών.

Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες η εφαρμογή του DVB-T έχει ήδη ξεκινήσει και εμφανίζει σημαντικά ποσοστά επιτυχίας κατακτώντας μια σημαντική θέση ανάμεσα στις ήδη εδραιωμένες ψηφιακές πλατφόρμες. Ταυτόχρονα γίνεται μια προσπάθεια από την Ευρώπη για μια πλήρη μετάβαση προς αυτό το νέο τύπο μετάδοσης κάτι που επιδιώκει να προωθήσει σε όλα τα κράτη-μέλη της.

Πριν ακόμα συνηθίσουμε το DVB-T, έρχεται και σε λίγο καιρό θα είναι διαθέσιμο, τουλάχιστον στην Αγγλία, μιας και σχεδιάζεται να αρχίσει από εκεί την εκπομπή, το νεότερο πρότυπο DVB-T2 το οποίο έχει βελτιωμένη τεχνολογία διαμόρφωσης αλλά και κωδικοποίησης, ενώ επιπροσθέτως θα έχει περισσότερα κανάλια ανά συχνότητα, και μεταξύ άλλων, θα υποστηρίζει καλύτερα το HDTV.

1.2 Αντικείμενο Εργασίας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι να γίνει μία ανάλυση των συστημάτων επίγειας ψηφιακή τηλεόρασης, DVB-T και DVB-T2, ακολούθως να γίνει μία ουσιαστική συγκριτική μελέτη μεταξύ των προτύπων αυτών, να παρουσιαστούν τα πρότυπα καθώς επίσης και οι νέοι μηχανισμοί που προσφέρει το πρότυπο DVB-T2 σε σχέση με το προγενέστερο DVB-T, και στο τέλος διατυπώνονται τα συμπεράσματά της εργασίας.

1.3 Διάρθρωση Εργασίας

Ακολουθώντας την εισαγωγή, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά σχετικά με την αναλογική τηλεόραση, καθώς επίσης και στους λόγους που αναπτύχθηκε η ψηφιακή τηλεόραση. Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι υπηρεσίες οι οποίες προσφέρονται από αυτά τα συστήματα. Ακολούθως, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται με μία αναφορά το πρότυπο συμπίεσης MPEG-2, γενικά στοιχεία της ψηφιακής τηλεόρασης κατά τα πρότυπα DVB, ο τρόπος λειτουργίας του οργανισμού DVB καθώς επίσης και οι αρχές αλλά και οι στόχοι που διέπουν τον οργανισμό. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πρότυπο DVB-T, αναλύοντας το πώς λειτουργεί και από ποια λειτουργικά στοιχεία αποτελείται. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το νεότερο πρότυπο DVB-T2, αναλύοντας την αρχιτεκτονική του συστήματος, και τα στοιχεία, από τα οποία αποτελείται. Ακολούθως στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μία συγκριτική μελέτη μεταξύ των δύο προτύπων, εντοπίζοντας και αναλύοντας τις ομοιότητες αλλά και τις διαφορές τους, ενώ στο τέλος παρατίθενται τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ

2.1 Η Ιστορία της Τηλεόρασης

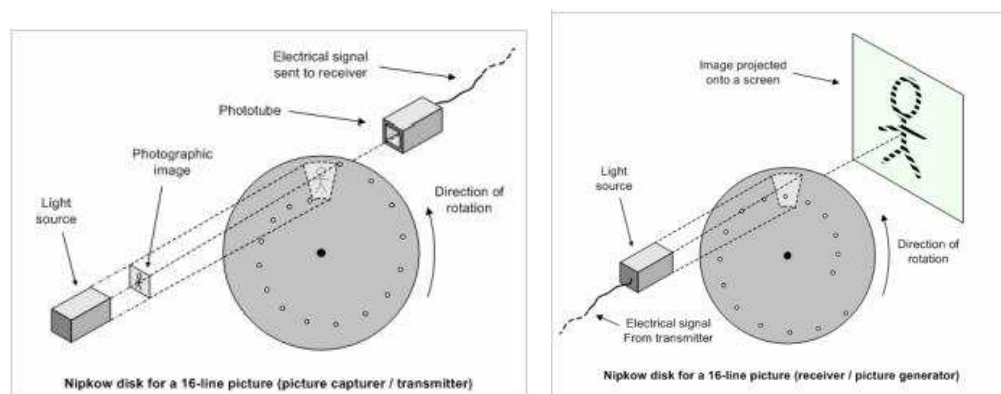
Το 1844 ο Samuel Morse ανακοίνωσε ότι δημιούργησε τον τηλεγράφο, μία μηχανή που μπορούσε να μεταδώσει συνδυασμούς κωδικοποιημένων λέξεων και γραμμάτων δια μέσου των ηλεκτρικών παλμών κατά μήκος των καλωδίων. Αυτή ήταν και η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίχτηκε η δημιουργία της τηλεόρασης, καθώς κάτι παρόμοιο θα μπορούσε να γίνει και με την μετάδοση εικόνων. Το φως θα μπορούσε να μετατραπεί σε ηλεκτρικούς παλμούς, κάνοντας έτσι δυνατή τη μεταβίβαση των παλμών αυτών σε απόσταση και την επαναφορά τους σε φως. Οι οραματιστές της εποχής, είχαν έρθει αντιμέτωποι με την αδυναμία τους να καταλήξουν σε κάποια μέθοδο για την ανάλυση της εικόνας.

Η μεταβίβαση κινούμενων εικόνων σε απόσταση έγινε για πρώτη φορά δυνατή όταν επιτεύχθηκε η μετατροπή της φωτεινής ροής, που εκπέμπεται από τα διάφορα σημεία μιας εικόνας, σε ηλεκτρομαγνητικά σήματα. Μετά την ανακάλυψη των φωτοηλεκτρικών ιδιοτήτων του σεληνίου το 1873, ο αμερικανός Carey πρότεινε την κατασκευή ενός τηλεοπτικού δικτύου. Στο σύστημα αυτό η μηχανή λήψης και ο πομπός αποτελούνταν από 2.500 φωτοηλεκτρικά κύτταρα σεληνίου και ισάριθμες λυχνίες. Η μηχανή λήψης και η οθόνη συνδέονταν με 2.500 καλώδια.

Το 1879, ο Γάλλος Senlek διατύπωσε την θεμελιώδη αρχή της διαδοχικής μετάδοσης των στοιχείων της εικόνας. Η συσκευή αυτή είχε μόνο ένα καλώδιο, με το οποίο μεταδίδονταν διαδοχικά όλα τα τμήματα της εικόνας, σε μόλις 0,1 δευτερόλεπτα. Έτσι ο θεατής είχε την εντύπωση της συνεχούς προβολής της εικόνας.

Το 1884 ο Paul Nipkow βασιζόμενος στο ερέθισμα που του έδωσε η παρουσίαση του τηλεφώνου από τον Alexander Bell, το 1876 επινόησε το πρώτο ηλεκτρομαγνητικό σύστημα λήψης εικόνας. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε μια διάταξη περιστρεφόμενων δίσκων με μικρές τρύπες διατεταγμένες σπειροειδώς κοντά στην περιφέρεια του δίσκου, γνωστού και ως «δίσκος του Nipkow». Η διάταξη αυτή επέτρεπε σ' ένα φωτοκύτταρο να βλέπει διαδοχικά τη

φωτεινότητα των σημείων της εικόνας. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μετατροπή της φωτεινότητας του κάθε σημείου σε ηλεκτρικό σήμα. Η αντίστροφη διαδικασία εφαρμογής του ηλεκτρικού σήματος σε μία λυχνία της οποίας η φωτεινότητα ήταν ανάλογη του σήματος επέτρεπε την αναπαραγωγή της εικόνας. Με άλλα λόγια ο Nipkow κατόρθωσε να αναλύσει, ερασιτεχνικά έστω, την εικόνα. Στο παρακάτω σχήμα, (Σχ. 2.1) περιγράφεται με σχηματικό τρόπο η ανάλυση της εικόνας.



Σχ. 2.1. Η ανάλυση της εικόνας

Το 1907, ο Ρώσος Φυσικός Boris Rosing πρότεινε μια καθαρά ηλεκτρονική προβολή, τον καθοδικό σωλήνα Brown (Cathode Ray Tube - CRT) για την ανάλυση και λήψη της εικόνας. Το 1911 επέδειξε ένα σύστημα που παρήγαγε χοντροκομμένα, ανεπεξέργαστα είδωλα, χρησιμοποιώντας έναν περιστρεφόμενο καθρέφτη στον δέκτη, μαζί με έναν σωλήνα ψυχρής καθόδου. Λίγο αργότερα, το 1924, ο Vladimir Zworykin, μαθητής του Boris Rosing, επέδειξε έναν τηλεοπτικό δέκτη που χρησιμοποιούσε έναν καθοδικό σωλήνα με ηλεκτροστατική και ηλεκτρομαγνητική απόκλιση της δέσμης των ηλεκτρονίων. Το 1925 ο Charles Jenkins κατασκευάζει ένα πρωτόγονο τηλεοπτικό σύστημα που είχε τη δυνατότητα να δείχνει είδωλα σε μία οθόνη ενός δέκτη και χρησιμοποιεί το σύστημα αυτό για να εκπέμπει τηλεοπτικές εικόνες μέσω ραδιοφώνου από την Ουάσιγκτον προς την Φιλαδέλφεια. Ένα χρόνο αργότερα, τον Ιανουάριο του 1926 ο βρετανός John Logie Baird καταφέρνει με τη βοήθεια των δίσκων του Nipkow να μεταδώσει είδωλα σε απόσταση τριών μέτρων και πραγματοποιεί έτσι μετάδοση με καλώδια. Ο Baird ονόμασε το μηχάνημα του «Television» και θεωρήθηκε πρωτοπόρος στην κατασκευή του νέου μέσου. Όμως, το

μηχανικό σύστημα ανάλυσης της εικόνας που χρησιμοποίησε ο Baird στηρίχτηκε στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και όπως αποδείχθηκε η μέθοδος αυτή δεν ήταν η καταλληλότερη για τη νέα συσκευή. Πάντως, με την επινόηση του Baird αρχίζει μία νέα περίοδος στην ιστορία του μέσου που σηματοδοτείται από την εγκατάλειψη του μηχανικού συστήματος ανάλυσης της εικόνας και τη στροφή στη χρήση της ηλεκτρονικής. Η British Broadcasting Company - BBC μεταδίδει πρόγραμμα στηριζόμενη στο σύστημα του Baird.

Το 1927 πραγματοποιήθηκε η πρώτη μετάδοση τηλεόρασης σε μακρινή απόσταση. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούσε σωλήνες πολλαπλών ηλεκτροδίων και ηλεκτρικό κινητήρα για τη σάρωση, ενώ μετέδιδε και πληροφορίες συγχρονισμού των εικόνων. Την ίδια χρονιά η εταιρία General Electric Company - GE παρουσίασε ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιούσε ένα τύμπανο κατόπτρων.

Ο Zworykin κατασκεύασε την πρώτη συσκευή ηλεκτρονικής ανάλυσης της εικόνας, το ονομαζόμενο εικονοσκόπιο. Έτσι, η μέθοδος για την καλύτερη ανάλυση της εικόνας, που πρότεινε ο Rosing, υλοποιήθηκε τεχνικά από τον Zworykin το 1928 στις ΗΠΑ με χρηματοδότηση της Westinghouse, όπου και εργαζόταν ο Zworykin. Το εικονοσκόπιο του Zworykin αποτελείται από ένα σωλήνα κενού, μέσα στον οποίο βρίσκεται μια οθόνη από μονωτική πλάκα, σκεπασμένη με σταγονίδια μεταλλικού κεσίου. Καθένα από τα σταγονίδια αυτά αποτελεί και ένα στοιχειώδες φωτοκύτταρο. Πάνω σε αυτή την οθόνη προβάλλεται η εικόνα, και ανάλογα με την ένταση του φωτός, κάθε φωτοκύτταρο παράγει πολλά ή λίγα ηλεκτρόνια. Μια δέσμη ηλεκτρονίων σαρώνει περιοδικά την οθόνη και μαζεύει τα ηλεκτρόνια κάθε φωτοκύτταρου, προκαλώντας ένα φαινόμενο αντίστοιχο με την εκφόρτωση του πυκνωτή. Έτσι, η φωτεινή ένταση μετατρέπεται σε ηλεκτρικές ωθήσεις. Η τηλεόραση αυτού του τύπου, η καθοδική τηλεόραση, εμφανίστηκε στο προσκήνιο λίγα χρόνια πριν τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο και ο Vladimir Zworykin ήταν αυτός που ανέπτυξε την εμπορική μετάδοση τηλεοπτικού προγράμματος από το Radio Corporation of America - RCA.

Το 1929, ο Αμερικανός Philo Farnsworth, σε ηλικία μόλις 16 ετών παρουσίασε μία συσκευή, τον «εικονοαναλυτή» που πρόσφερε βελτιωμένη ανάλυση της εικόνας. Έφτιαξε δηλαδή ένα καθ' ολοκληρία ηλεκτρονικό σύστημα που χρησιμοποιούσε ένα καθοδικό σωλήνα με ηλεκτρομαγνητική εκτροπή στην οθόνη. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα να διχαστούν οι απόψεις των μελετητών

σχετικά με τη «γέννηση» της τηλεόρασης. Άλλοι θεώρησαν ως χρονολογική αφετηρία της «γέννησής» της το 1928, τη χρονιά δηλαδή που παρουσιάστηκε το εικονοσκόπιο του Zworykin και άλλοι το 1930, όταν ο Farnsworth παρουσίασε τη δική του συσκευή. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, η συσκευή του Farnsworth ήταν εκείνη που επικράτησε.

Από το έτος 1934 άρχισε η εκπομπή τηλεοπτικών εκπομπών με εικόνα και ήχο κι έτσι βρήκαν νέους θεατές, αν και ακόμα λίγους, οι μόλις πρόσφατα ομιλούσες κινηματογραφικές ταινίες. Οι Ολυμπιακοί αγώνες του έτους 1936 στο Βερολίνο αποτέλεσαν μια αφορμή για προώθηση της τηλεοπτικής τεχνολογίας. Στο Ολυμπιακό στάδιο παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά κινούμενες μηχανές λήψης με μεγάλους αντικειμενικούς φακούς και άλλες σημαντικές τεχνολογικές βελτιώσεις, σε σύγκριση με τα γνωστά της εποχής. Η προπαγανδιστική αξιοποίηση αυτών των αγώνων από το ναζιστικό καθεστώς έχει μείνει έκτοτε στην ιστορία των αθλητικών μεταδόσεων.

Στη Βρετανία άρχισαν οι συστηματικές τηλεοπτικές εκπομπές το έτος 1936, στη Γαλλία το έτος 1937 και στις ΗΠΑ δύο χρόνια αργότερα, το 1939. Με την έναρξη του Β' Παγκοσμίου πολέμου, μειώθηκαν σταδιακά μέχρι μηδενισμού οι τηλεοπτικές εκπομπές και έγιναν προσπάθειες να αξιοποιηθεί η τηλεόραση στην αναγνώριση εχθρικών θέσεων. Μετά τον πόλεμο επανήλθε η δημόσια τηλεόραση στη Γερμανία το έτος 1954. Το ίδιο έτος (1954) απέκτησε τηλεοπτικό πρόγραμμα η Ιαπωνία ως η πρώτη ασιατική χώρα.

Χαρακτηριστικός σταθμός στην ιστορία της τηλεόρασης, που έδωσε μεγάλη ώθηση στη διάδοσή της, ήταν η εφεύρεση της φωτογραφικής λυχνίας Image Orthicon στο εργαστήριο της εταιρίας RCA από τους Rose Weimer και Law το 1945, που αντικατέστησε το εικονοσκόπιο, γιατί το τελευταίο είχε πάρα πολύ μικρή ευαισθησία σε περιβάλλον ασθενούς φωτισμού.

Η διάδοση της τηλεόρασης, ήταν κατακόρυφη μετά την περίοδο του 2ου παγκοσμίου πολέμου, κυρίως εξαιτίας της αποδεσμεύσεως της βιομηχανίας ηλεκτρονικών από την πολεμική παραγωγή και της εκμεταλλεύσεως των ανακαλύψεων της περιόδου του πολέμου. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι, ενώ το 1946 υπήρχαν στην Αμερική 6 σταθμοί εκπομπής με μερικές χιλιάδες δέκτες, μετά από 20 χρόνια υπήρχαν 560 σταθμοί με 56 εκατομμύρια δέκτες. Σ' αυτό συνέβαλε και η πτωτική τάση της βιομηχανίας του κινηματογράφου. Το BBC ξανάρχισε το 1946 να εκπέμπει τηλεοπτικό σήμα και τρία χρόνια

αργότερα κατασκεύασε με εξαιρετική επιτυχία έναν πάρα πολύ ισχυρό σταθμό μετάδοσης, τον ισχυρότερο θα λέγαμε, ανά την υδρόγειο. Μαζί με την ολοκλήρωση των οκτώ επιπλέον σταθμών αναμετάδοσης το έτος 1952, καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση του ραδιοτηλεοπτικού προγράμματος από ένα ποσοστό του πληθυσμού, το οποίο αγγίζει το 80%, στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Στην Ελλάδα οι πρώτες πειραματικές εκπομπές της τηλεόρασης άρχισαν το 1965. Την καθυστερημένη αυτή εισαγωγή της τηλεόρασης ακολούθησε διάδοση μεγάλης εκτάσεως, που επέδρασε ουσιαστικά στη διαμόρφωση της σύγχρονης ζωής μας.

2.2 Συμβιβασμένα Συστήματα Έγχρωμης Τηλεόρασης

Το πρώτο σύστημα έγχρωμης τηλεόρασης για το κοινό προτάθηκε στην Αμερική περί το 1950 από τον οργανισμό Columbia Broadcasting System - CBS. Το σύστημα αυτό αντιμετώπισε ζωνή αντίδραση τόσο από το κοινό όσο και απ' τους κατασκευαστές, κυρίως γιατί δεν ήταν προσαρμοσμένο στο σύστημα της ασπρόμαυρης τηλεοράσεως και για το λόγο αυτό αντικαταστάθηκε το 1953 από το σύστημα NTSC, που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα στην Αμερική. Το σύστημα πήρε το όνομά του από τα αρχικά του οργανισμού που ερεύνησε σε έκταση το θέμα και δημιούργησε το σύστημα που έγινε αποδεκτό από τη βιομηχανία και το κοινό. Ο οργανισμός αυτός καλείται National Television System Committee - NTSC. Το σύστημα NTSC έχει καθιερωθεί και χρησιμοποιείται στην Αμερική, τον Καναδά αλλά και την Ιαπωνία και αποτελεί δε τη βάση στην οποία στηρίχθηκαν όλα τα άλλα συστήματα που αναπτύχθηκαν μεταγενέστερα.

Στην Ευρώπη έχουν καθιερωθεί και έχουν γίνει αποδεκτά τα συστήματα PAL και SECAM. Το σύστημα PAL - Phase Alternation Line προτάθηκε στη Γερμανία από τον Dr Bruch και είναι τροποποίηση του συστήματος NTSC. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες της Ευρώπης από το έτος 1967. Το σύστημα SECAM προτάθηκε στη Γαλλία από τον Henri de France το 1958 και το ακρώνυμο σημαίνει "Sequentiel Couleur a Memoire". Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται από το 1967 σε χώρες όπως στη Γαλλία, στη Σοβιετική Ένωση

και σε άλλες χώρες της Ευρώπης, κυρίως βέβαια τις ανατολικές. Στην Ελλάδα καθιερώθηκε περίπου από το 1980 το σύστημα SECAM.

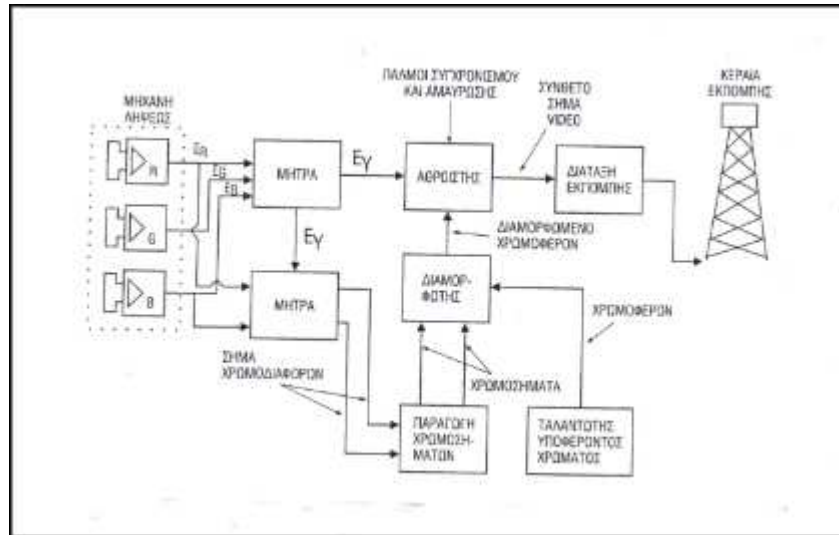
Κατά καιρούς έγιναν προσπάθειες για την καθιέρωση ενός συστήματος τηλεόρασης που να είναι αποδεκτό σε παγκόσμια κλίμακα. Έτσι μετά από προσπάθεια που έγινε στο Λονδίνο στη διεθνή σύσκεψη του IRCC το 1950 διαμορφώθηκαν 4 βασικά συστήματα τηλεόρασης. Το ευρωπαϊκό με 625 οριζόντιες γραμμές ανά εικόνα, το αμερικάνικο με 525, το αγγλικό με 405 και το γαλλικό με 819 γραμμές ανά εικόνα. Το αγγλικό σύστημα και το γαλλικό καταργήθηκαν το 1984 και έτσι σήμερα υπάρχουν σε ολόκληρο τον κόσμο δύο μόνο βασικά συστήματα τηλεόρασης, το αμερικανικό των 525 γραμμών και 60 Hz και το ευρωπαϊκό των 625 γραμμών και 50 Hz τα οποία έχουν μερικά κοινά χαρακτηριστικά.

Σ' όλα τα πιο πάνω συστήματα, που είναι συμβατά με την ασπρόμαυρη τηλεόραση, το τηλεοπτικό σήμα περιέχει το σήμα φωτεινότητας Y (luminance) που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των ασπρόμαυρων δεκτών και το σήμα χρώματος (chrominance), που συνίσταται από τις χρωμοδιαφορές $R - Y$ και $B - Y$. Επίσης, λόγω της συμβατότητας, το τηλεοπτικό σήμα της έγχρωμης τηλεόρασης έχει το ίδιο εύρος συχνοτήτων μ' αυτό του μαυρόασπρου τηλεοπτικού σήματος. Τα τρία συστήματα της έγχρωμης τηλεόρασης έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά και βασικές αρχές λειτουργίας ενώ μπορούμε να πούμε ότι ουσιαστικά το σημείο στο οποίο διαφέρουν είναι ο τρόπος με τον οποίο εκπέμπουν τα σήματα χρωμοδιαφοράς στο διατιθέμενο εύρος συχνοτήτων του καναλιού.

Η βασικότερη διαφορά μεταξύ των υπαρχόντων συστημάτων έγχρωμης τηλεόρασης είναι στον τρόπο με τον οποίο τοποθετείται η χρωμοπληροφορία (δηλαδή τα σήματα των χρωμοδιαφορών $R - Y$ και $B - Y$, μέσα στο φάσμα του σήματος φωτεινότητας). Όλα όμως τα συστήματα μπορούμε να πούμε ότι έχουν ένα κοινό γενικό λειτουργικό διάγραμμα εκπομπής του οπτικού σήματος.

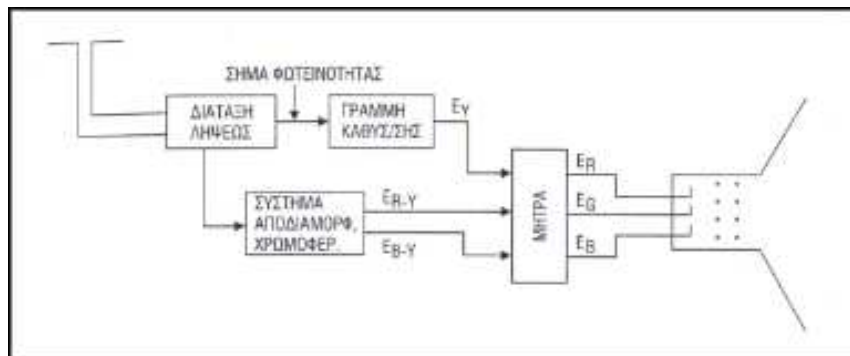
Αυτό το διάγραμμα εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 2.2) και αναφέρεται στον πομπό ενώ του αμέσως επόμενο σχήμα (Σχ. 2.3) αναφέρεται στον δέκτη.

Στον πομπό μετά τη μηχανή λήψεως τα τρία σήματα E_R , E_B και E_G (που αντιστοιχούν στα βασικά χρώματα που συντίθεται η εικόνα) πηγαίνουν σ' ένα κύκλωμα μήτρας σκοπός της οποίας είναι να παράγει το σήμα φωτεινότητας E_Y .



Σχ. 2.2 : Γενικό λειτουργικό διάγραμμα εκπομπής εικόνας τηλεόρασης

Στην άλλη μήτρα οδηγούνται τα σήματα E_R και E_B καθώς επίσης και το σήμα E_Y . Σκοπός αυτής είναι να μας παράγει τα σήματα των χρωμοδιαφορών $E_R - E_Y$ και $E_B - E_Y$.



Σχ. 2.3 : Γενικό λειτουργικό διάγραμμα έγχρωμου τηλεοπτικού δέκτη

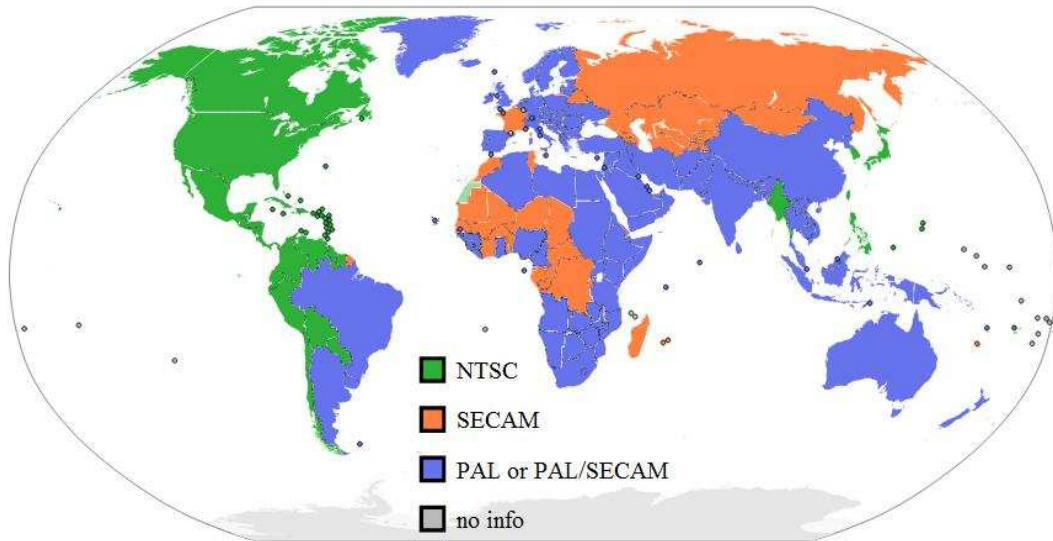
Από αυτά τα σήματα χρωμοδιαφοράς παράγονται δύο σήματα τα οποία ονομάζουμε χρωμοσήματα (chrominance signals) και είναι διαφορετικά για το κάθε σύστημα. Οι τιμές αυτών των χρωμοσημάτων για τα τρία συστήματα δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

Σύστημα NTSC: $I = -0.27 * (E_B - E_Y) + 0.74 * (E_R - E_Y)$
 $Q = 0.41 * (E_B - E_Y) + 0.48 * (E_R - E_Y)$

Σύστημα PAL: $U = 0.493 * (E_B - E_Y)$
 $V = 0.877 * (E_R - E_Y)$

Σύστημα SECAM: $D_R = -1.9*(E_R - E_Y)$

$D_B = 1.5*(E_B - E_Y)$

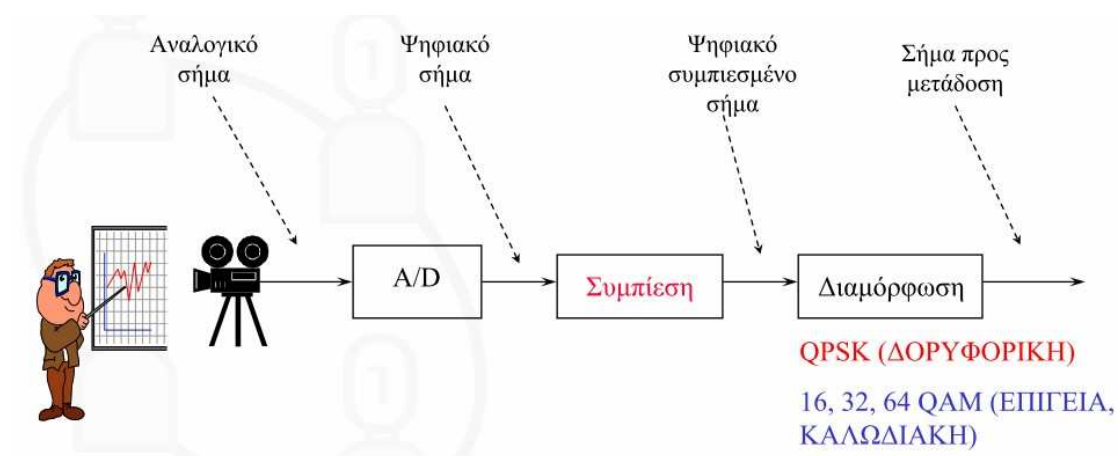


Σχ. 2.4 : Παγκόσμιος Χάρτης Τηλεοπτικών Συστημάτων κωδικοποίησης

2.3 Έναρξη της Ψηφιακής Εποχής

Η ψηφιακή τηλεόραση αναπτύσσεται και βγαίνει από τα επιστημονικά εργαστήρια το 1972. Μία νέα τεχνολογία που θα έφερνε καταγιστικές αλλαγές στο τηλεοπτικό πεδίο, είχε ήδη δημιουργηθεί. Από τότε μέχρι σήμερα, η τεχνολογική πρόοδος ήταν ραγδαία και σήμερα η διαδικασία της ψηφιοποίησης, της μετατροπής δηλαδή, του ήχου και της εικόνας αρέσκεται στα δύο νούμερα, στο 0 και 1. Η ψηφιακή τηλεόραση έχει αρχίσει να αναπτύσσεται σε πολύ γοργούς ρυθμούς και να εισέρχεται πολύ δυναμικά στην παγκόσμια αγορά και στα τηλεοπτικά δρώμενα. Η ψηφιακή τηλεόραση υπόσχεται να μπει σε κάθε τηλεοπτικό δέκτη και να μεταμορφώσει τη μικρή οθόνη αλλά και τον ίδιο τον χρήστη, και από παθητικό δέκτη τηλεοπτικών προγραμμάτων που ήταν στο παρελθόν, να γίνει ενεργός χρήστης προγραμμάτων, αλλά και να του προσφέρει πληθώρα υπηρεσιών.

Η ψηφιακή ραδιοτηλεοπτική μετάδοση (Digital Video Broadcasting – DVB) είναι το νέο αγγλοσαξονικό αρκτικόλεξο που φιλοδοξεί να μπει στη ζωή μας. Τα αρχικά θυμίζουν, όχι τυχαία, το DVD - Digital Versatile Disc ή κατά ελεύθερη μετάφραση Ψηφιακός Πολυμορφικός Δίσκος. Αν και το ένα αποτελεί υλικό αγαθό ενώ το άλλο οπτικό αγαθό, εντούτοις το κοινό σημείο ανάμεσα σε αυτές τις δύο τεχνολογίες είναι ότι και οι δύο στοχεύουν στο να μεταφέρουν στις οθόνες μας άριστης ποιότητας εικόνα, που θα συνοδεύεται από κρυστάλλινο στερεοφωνικό ήχο. Το DVB όμως φιλοδοξεί να μας προσφέρει ακόμα περισσότερες καινοτομίες και να αλλάξει ριζικά τις τηλεοπτικές μας συνήθειες.



Σχ. 2.5 : Ψηφιοποίηση και μετάδοση σήματος

Προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η ανάγκη της εφαρμογής της, κάπου εδώ είναι σημαντικό να αναφερθούν τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης,

Απόλυτη ευκρίνεια και άριστη ποιότητα ήχου. Με τη συμπίεση του MPEG-2 και το στερεοφωνικό ή το πολυκάναλο ψηφιακό ήχο δεν υπάρχουν θόρυβοι, παράσιτα αλλά και θολή εικόνα.

Βελτιωμένη λήψη. Το μειονέκτημα στην αναλογική τηλεόραση, των ανακλάσεων του σήματος γνωστό στους τηλεθεατές και ως «ειδώλο», που δημιουργεί παραμόρφωση της εικόνας, στην ψηφιακή τηλεόραση μετατρέπεται σε αυτή την περίπτωση ως ένα πλεονέκτημα. Τα ανακλώμενα σήματα προστίθενται στο αρχικό σήμα και λειτουργούν με αθροιστικό τρόπο εξαλείφοντας έτσι το φαινόμενο του «ειδώλου». Εν αντιθέσει με την αναλογική τηλεόραση που όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση του πομπού από το δέκτη τόσο το σήμα αποδυναμώνεται, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα γνωστά ως «χιόνια» στην οθόνη της τηλεόρασης.

Υποστήριξη πολλών προγραμμάτων από μία συχνότητα ανά κανάλι. Λόγω της συμπίεσης του σήματος, στην επίγεια ψηφιακή μετάδοση γίνεται καλύτερη «εκμετάλλευση» του φάσματος συχνοτήτων. Στην αναλογική δεν συμβαίνει το ίδιο, στην περίπτωση αυτή μόνο ένα πρόγραμμα μπορεί να εκπέμπεται από κάθε ένα κανάλι, ενώ η επίγεια ψηφιακή μπορεί να υποστηρίξει αρκετά περισσότερα. Επί παραδείγματι, στο κανάλι 48, όπου μέχρι πρότινος λαμβάναμε το πρόγραμμα της ET1 με αναλογικό τρόπο, σήμερα με την ψηφιοποίηση του σήματος βλέπουμε τέσσερα διαφορετικά κανάλια (gris, sport+, cine+ και PIK) στην ίδια ακριβώς συχνότητα.

Αμφίδρομες και διαδραστικές υπηρεσίες. Η ψηφιακή τηλεόραση δίνει τη δυνατότητα στον τηλεθεατή να παρεμβαίνει στη διαμόρφωση του προγράμματος, με κύρια τεχνολογικά χαρακτηριστικά την διαδραστικότητα και τον ετεροχρονισμό. Σταδιακά, θα μπορούμε να παρεμβαίνουμε σε αυτό που βλέπουμε, όπως με το να ψηφίσουμε σε κάποια ζωντανή εκπομπή, να επιλέγουμε το πρόγραμμα που θέλουμε να δούμε την ώρα που θέλουμε να το δούμε, ή και ακόμα να προγραμματίζουμε τις διάφορες αγορές μας.

Επίσης, ο τηλεθεατής θα έχει τη δυνατότητα να παραλάβει - κυριολεκτικά - την καρέκλα του σκηνοθέτη και να επιλέξει, για παράδειγμα, την κάμερα από την οποία θα παρακολουθήσει το στιγμιότυπο ενός ποδοσφαιρικού αγώνα ή να δει το σκορ, τα στατιστικά, ένα replay, ακόμα και να «παγώσει» την εικόνα. Ο τομέας προγραμματισμού των καναλιών θα εξασθενήσει, καθώς ο τηλεθεατής θα είναι εκείνος πλέον που θα επιλέγει το «πώς» αλλά και το «πότε» θα δει μία εκπομπή. Οι επιλογές του θεατή θα γίνονται με τη βοήθεια ενός τηλεχειριστηρίου που θα θυμίζει σε κάποιο βαθμό το σημερινό τηλεχειριστήριο αλλά θα έχει πολλές επιπλέον δυνατότητες. Τον ρόλο του βοηθού σε κάθε επιλογή θα παίζει ο Ηλεκτρονικός Οδηγός Προγράμματος (Electronic program guide - EPG), ένα είδος εξελιγμένης τηλεκειμενογραφίας (Teletext) με εικόνες και πολλές δυνατότητες αμφίδρομων λειτουργιών. Ουσιαστικά πρόκειται για μια εφαρμογή με σκοπό την παροχή πληροφοριών για το τηλεοπτικό πρόγραμμα του κάθε ψηφιακού καναλιού. Προσφέρει σύντομη περιγραφή του προγράμματος που παρακολουθεί ο τηλεθεατής όπως τίτλο, είδος εκπομπής, περίληψη, διάρκεια, συντελεστές αλλά και πληροφορίες για το πρόγραμμα των επόμενων ωρών και ημερών. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα προγραμματισμού εγγραφής για εκπομπές που επιθυμεί να παρακολουθήσει ο τηλεθεατής σε μεταγενέστερο χρόνο, όπως επίσης και ενεργοποίησης άλλων υπηρεσιών όπως υποτιτλισμού, περιορισμού πρόσβασης με βάση το περιεχόμενο εκπομπών, κ.λπ.

Επιλογή του εξελιγμένου τηλεκειμενογράφου, Teletext. Το Teletext εκπέμπεται κωδικοποιημένα στο σήμα του τηλεοπτικού σταθμού μεταδίδοντας διάφορες πληροφορίες όπως ειδήσεις, μετεωρολογικές προβλέψεις, χρήσιμα τηλέφωνα, ανακοινώσεις καναλιών, το πρόγραμμα του εκάστοτε σταθμού, αποτελέσματα τυχερών παιχνιδιών κ.λπ. Με την υπηρεσία αυτή ο χρήστης επιλέγει τη σελίδα που θέλει να διαβάσει πληκτρολογώντας τον τριψήφιο αριθμό στο τηλεχειριστήριο της τηλεόρασής του και αφού γίνει η ανίχνευση από την συσκευή της επιλεγμένης σελίδας είναι σε θέση να το δει.

3. ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ

3.1 Ψηφιοποίηση και Συμπίεση Σημάτων

Τα συστήματα έγχρωμης τηλεόρασης PAL, SECAM και NTSC με συχνότητα πεδίου 50 και 60 Hz έχουν παραμείνει σε αναλογική μορφή από την ανάπτυξη τους εδώ και περίπου 40 χρόνια. Η ψηφιακή τεχνολογία αν και έχει κατακλύσει όλους τους τομείς της βιομηχανίας των ηλεκτρονικών, εντούτοις δεν μπόρεσε να εισέλθει όλα αυτά τα χρόνια δυναμικά στο χώρο της τηλεοπτικής τεχνικής.

Η καθυστέρηση αυτή οφείλεται κυρίως στους εξής λόγους :

- Η τεχνολογία των ημιαγωγών πρόσφατα κατάφερε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της επεξεργασίας σήματος στην τηλεόραση.
- Στις περισσότερες εφαρμογές των τηλεοπτικών συστημάτων τα αναλογικά ηλεκτρονικά κάνουν καλά την δουλειά τους.
- Στην τηλεόραση κάθε καινοτομική αλλαγή έχει απαιτήσεις συμβατότητας με το υπάρχον τηλεοπτικό σύστημα.

Στο τέλος της δεκαετίας του 1990 η σύγκλιση των τεχνολογιών της πληροφορικής, των τηλεπικοινωνιών, της ψηφιοποίησης του σήματος βίντεο, καθώς επίσης και η ανάπτυξη των δικτύων H/Y σε απομακρυσμένες περιοχές, έχουν ωθήσει τις επικοινωνιακές εταιρείες να βρουν τρόπους ώστε να επιτευχθεί η μετάδοση του ψηφιακού σήματος βίντεο από τα υπάρχοντα δίκτυα δεδομένων.

Η ψηφιοποίηση του σήματος video έχει πολλά πλεονεκτήματα, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι :

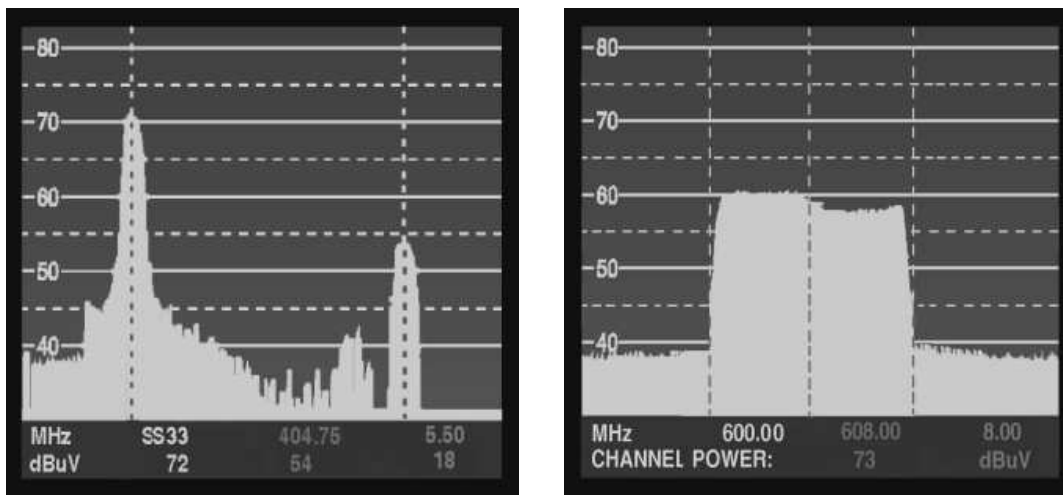
- Η μικρή ευαισθησία των ψηφιακών σημάτων στο θόρυβο. Τα αναλογικά σήματα σε αντίθεση με τα ψηφιακά επηρεάζονται από κάθε θόρυβο που μεταβάλλει το πλάτος, τη συχνότητα και τη φάση τους.

- Σήμερα, με τα ψηφιακά σήματα παρέχονται περισσότερες δυνατότητες για την επεξεργασία τους σε αντίθεση με τα αναλογικά, όπως για παράδειγμα η αποθήκευση τους.
- Υψηλή ποιότητα εικόνας και ήχου.
- Δυνατότητα λήψης πολλών καναλιών, που αυτό έχει ως αποτέλεσμα το χαμηλότερο κόστος διανομής ανά πρόγραμμα.
- Αυξημένη δυνατότητα επιλογής τόσο των προγραμμάτων όσο και των υπηρεσιών.

Όμως, η ψηφιοποίηση του σήματος video έχει και κάποια μειονεκτήματα, και τα οποία επισυνάπτονται παρακάτω:

- Απαιτήση για μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων από το κανάλι μετάδοσης. Το ψηφιοποιημένο οπτικό σήμα απαιτεί, χωρίς συμπίεση, ρυθμό μετάδοσης της τάξεως των 250 Mbit/s για τη συμβατική τηλεόραση, και 1200 Mbit/s για την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας.
- Τα μεταδιδόμενα αναλογικά σήματα πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε ψηφιακά στον πομπό και στη συνέχεια να μετατραπούν σε αναλογικά από την πλευρά του δέκτη.
- Με τη ψηφιακή μετάδοση δεν υπάρχει συμβατότητα με τις ήδη αναλογικές εγκαταστάσεις που είναι σε λειτουργία.

Στις μέρες μας, η ύπαρξη αποτελεσματικών λόγων συμπίεσεως του ψηφιακού σήματος σε λόγους που είναι δυνατόν να ξεπεράσουν το 100:1, ανάλογα με την επιθυμητή ποιότητα της εικόνας, παρέχεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά και οικονομικά η ψηφιακή τεχνολογία στην επεξεργασία της εικόνας. Η εισαγωγή καλύτερων αλγόριθμων συμπίεσης επιτρέπει την πιο αποτελεσματική αλλά και οικονομική χρήση του φάσματος των συχνοτήτων.



Σχ. 3.1 Αναλογικό και ψηφιακό κανάλι, αντίστοιχα

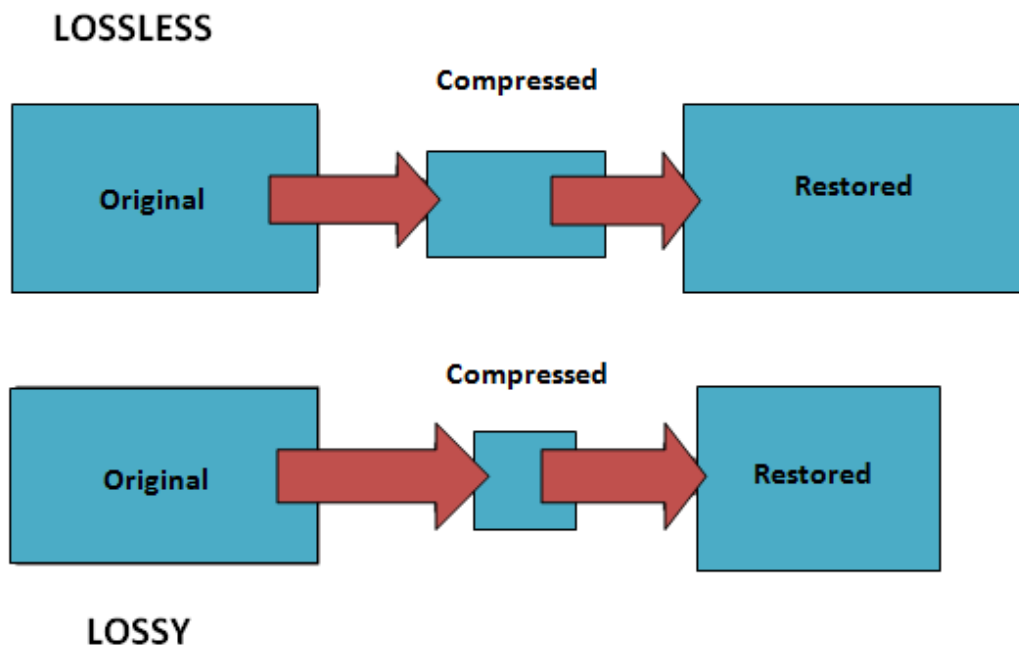
3.2. Το πρότυπο συμπίεσης MPEG-2

Η Ομάδα Ειδικών Κινούμενης Εικόνας ή MPEG - Moving Picture Experts Group είναι μια ομάδα εργασίας ISO / IEC, η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη των τηλεοπτικών και ακουστικών προτύπων κωδικοποίησης. Ένα από τα πρότυπα της οικογένειας MPEG το οποίο αξιοποιείται για τη δημιουργία τηλεοπτικών σημάτων είναι το MPEG-2. Το πρότυπο αυτό υποστηρίζει εφαρμογές με μεγάλες απαιτήσεις στην ποιότητα του video και προσφέρει μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης από τη στιγμή που ο βαθμός συμπίεσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την πολυπλοκότητα των πλαισίων που κωδικοποιούνται. Έχει καθιερωθεί σε παγκόσμιο επίπεδο ως το πρότυπο για συμπίεση της ψηφιακής τηλεόρασης αφού παρέχει υψηλό βαθμό συμπίεσης διατηρώντας την εικόνα σε υψηλό επίπεδο ποιότητας. Το πρότυπο MPEG-2 σε συνδυασμό με το πρότυπο Multi Protocol Encapsulation - MPE ενθυλακώνει τα IP δεδομένα σε ροές μεταφοράς οι οποίες αποστέλλονται μέσω δικτυακών πλατφόρμων DVB. Εκτός από την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση το πρότυπο MPEG-2 αξιοποιείται ακόμα στην δορυφορική τηλεόραση (Satellite Digital TV), στην καλωδιακή τηλεόραση (Cable TV) και στους δίσκους DVD - Digital Video Disk.

3.2.1 Αρχές λειτουργίας MPEG-2

3.2.1.1. Συμπίεση

Η συμπίεση των δεδομένων ήχου και video είναι απαραίτητη. Όταν σε ένα αναλογικό σήμα γίνεται δειγματοληψία, το μέγεθος της ψηφιακής πληροφορίας που δημιουργείται είναι πολύ μεγάλο. Με τη σωστή χρήση τεχνικών συμπίεσης μειώνεται το μέγεθος, κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα τη γρηγορότερη μεταφορά - μετάδοση του ψηφιοποιημένου σήματος ήχου και video. Υπάρχουν δύο τύποι τεχνικών συμπίεσης: η απωλεστική (Lossy) και η μη απωλεστική (Lossless) (Σχ. 3.2). Με την απωλεστική συμπίεση αποβάλλεται η πληροφορία που δεν είναι απαραίτητη. Με αυτή την τεχνική επιτυγχάνουμε βαθμό συμπίεσης από 2 μέχρι 250 φορές. Αντιθέτως, με την μη απωλεστική τεχνική συμπίεσης γίνεται προσαρμογή της πληροφορίας με διάφορους αλγόριθμους. Ο βαθμός συμπίεσης σε αυτή την τεχνική είναι πολύ μικρότερος από 2 μέχρι 5 φορές.



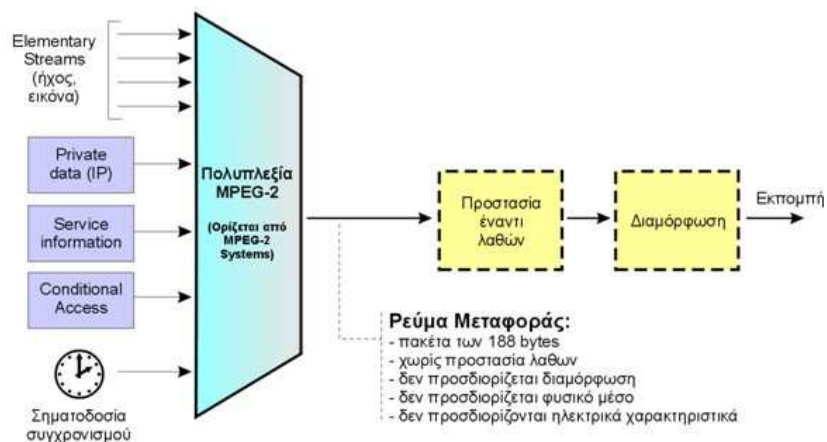
Σχ. 3.2 Τύποι συμπίεσης του προτύπου MPEG - 2

3.2.1.2. Σήμα βασικής ζώνης

Μέχρι και την προηγούμενη δεκαετία η έννοια της ψηφιακής μετάδοσης περιοριζόταν στην απλή ψηφιοποίηση του τηλεοπτικού σήματος σε ασυμπίεστη παλμοσειρά PCM. Αυτή η μετατροπή κατέληγε σε ένα ψηφιακό σήμα με ρυθμό μεταφοράς περίπου 270 Mbps. Το ψηφιακό σήμα περιοριζόταν μόνο σε ενσύρματες υποδομές καθώς κάθε έννοια ασύρματης μετάδοσης δεν είχε κανένα πρακτικό αντίκρισμα

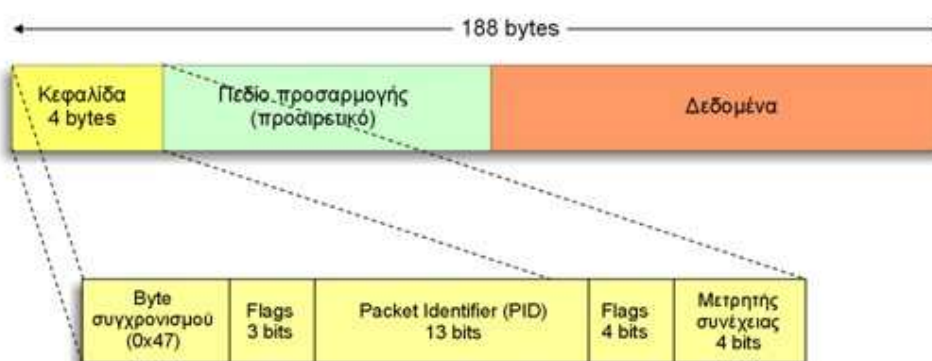
Με την εισαγωγή των αλγόριθμων συμπίεσης εικόνας MPEG-2 πετυχαίνουμε συμπίεση του σήματος σε ποσοστά 1:30 ή και ακόμα περισσότερο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον χωρισμό της εικόνας σε blocks, διακριτό μετασχηματισμό συνημίτονου και κβάντιση των συντελεστών. Επίσης χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι ανίχνευσης και αντιστάθμισης κίνησης (motion detection / compensation) για να περιγραφούν οι αλλαγές και οι μετακινήσεις των αντικειμένων μεταξύ διαδοχικών καρέ.

Το συμπιεσμένο οπτικοακουστικό σήμα φέρει την ονομασία Βασική Ροή (Elementary Stream - ES). Αυτό μαζί με τις Βασικές Ροές άλλων προγραμμάτων αλλά και οποιουδήποτε είδους άλλη ψηφιακή πληροφορία (π.χ. δεδομένα TCP/IP), πολυπλέκεται σε μία ροή μεταφοράς (MPEG-2 Transport Stream) που αποτελεί και το σήμα βασικής ζώνης. Η ροή μεταφοράς περιέχει, εκτός από τις βασικές ροές, πληροφορίες για τις διάφορες υπηρεσίες, έλεγχο περιορισμένης πρόσβασης (Conditional Access), σηματοδότηση συγχρονισμού και ιδιωτικά δεδομένα (private data), στα οποία εντάσσονται και τα δεδομένα IP και περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3.3).



Σχ. 3.3 Πολυπλέξις του προτύπου MPEG - 2

Η ροή μεταφοράς είναι μια μορφή πολυπλεξίας σχεδιασμένη για σύνθετες εφαρμογές που απαρτίζονται από πολλά ταυτόχρονα προγράμματα και ροές δεδομένων. Αποτελείται από μια σειρά από πακέτα σταθερού μήκους των 188 bytes που ονομάζονται Πακέτα Μεταφοράς (Transport Packets). Όταν κάποια δεδομένα είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος (π.χ. μία συμπιεσμένη εικόνα, ένα τμήμα ήχου ή ένα πακέτο IP) θα υποστούν κατάτμηση και το περιεχόμενό τους θα μοιραστεί σε περισσότερα του ενός transport packets. Η δομή ενός πακέτου μεταφοράς παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 3.4)



Σχ. 3.4 Δομή πακέτου μεταφοράς

Το αναγνωστικό πακέτου (Packet Identifier - PID) χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία πολυπλεξίας και από-πολυπλεξίας για να ξεχωρίσει τα πακέτα που έχουν κοινό περιεχόμενο. Για παράδειγμα, τα πακέτα που φέρουν το σήμα εικόνας ενός τηλεοπτικού προγράμματος έχουν κοινό PID. Το πεδίο προσαρμογής (adaptation field) χρησιμοποιείται για να συμπληρώσει το τελευταίο από μια σειρά πακέτων που φέρουν ένα κατακερματισμένο σύνολο δεδομένων.

Για την προστασία του ψηφιακού σήματος από λάθη κάνουμε χρήση μικρών και σταθερών μήκους πακέτων. Για παράδειγμα, στα πρότυπα DVB στις διαδικασίες διαμόρφωσης και μετάδοσης, κάθε πακέτο MPEG-2 προστατεύεται με ένα block κώδικα του τύπου Reed-Solomon πριν γίνει η περαιτέρω επεξεργασία στον πομπό. Η αυξημένη ανθεκτικότητα της ροής μεταφοράς του προσφέρει μεγαλύτερες πιθανότητες «επιβίωσης» σε ένα κανάλι με λάθη, όπως είναι οποιοδήποτε περιβάλλον ασύρματης εκπομπής.

3.2.1.3. Ροή μεταφοράς MPEG-2

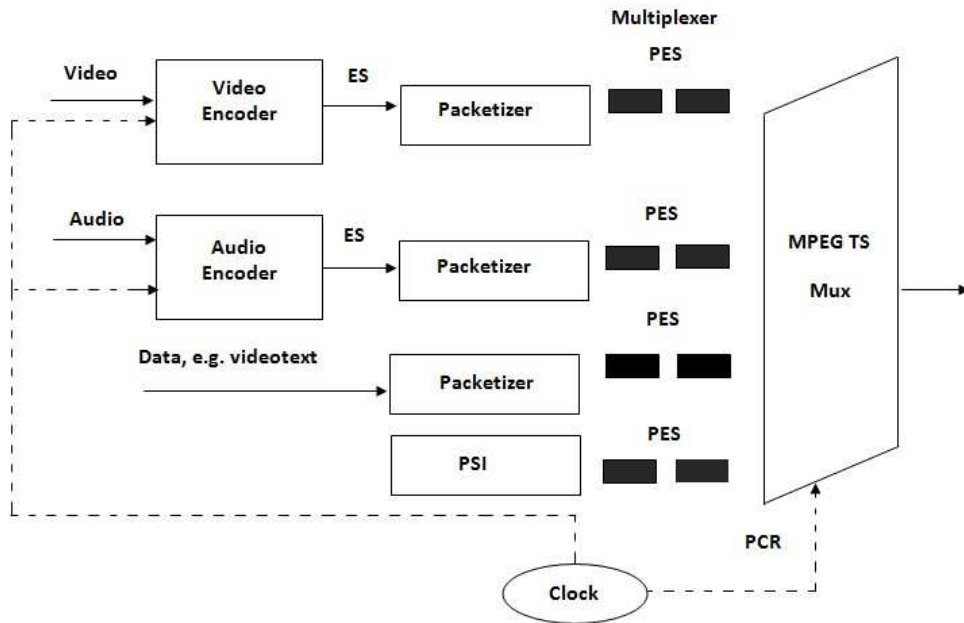
Το πρότυπο MPEG-2 αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία ροών μεταφοράς MPEG-2 (MPEG-2 TS) οι οποίες περιέχουν πολλαπλές βασικές ροές πακέτων video, ήχου και δεδομένων. Οι ροές μεταφοράς θα πρέπει να χρησιμοποιούν ηλεκτρικές διεπαφές που να είναι συμβατές με συστήματα μετάδοσης για εκπομπή σε επίγεια ευρύ-εκπομπή. Το πρότυπο MPEG-2 δεν αναφέρεται μόνο στη διαδικασία συμπίεσης του ψηφιακού video και ήχου αλλά και στη διαδικασία συνένωσης αυτών των σημάτων μαζί με άλλες πηγές.

Το πρότυπο ορίζει τη ροή που προέρχεται από την κωδικοποίηση και την πολυπλεξία και όχι από τη βασική διαδικασία δημιουργίας της ροής. Το επίπεδο συστήματος MPEG-2 περιλαμβάνει ένα μηχανισμό που συνενώνει τον κωδικοποιημένο ήχο και video με άλλα σήματα δεδομένων σε ροές μεταφοράς. Επίσης, επιτρέπει το συνδυασμό (με την τεχνική της πολυπλεξίας) διαφορετικού αριθμού προγραμμάτων σε μία κοινή ροή μεταφοράς MPEG-2.

Η πληροφορία αναφοράς ρολογιού χρησιμοποιείται για να επιτρέψει την ανάκτηση των ρολογιών video και ήχου. Έτσι εξασφαλίζεται ότι ο ήχος, το video και τα δεδομένα διατηρούνται συγχρονισμένα ακόμα και όταν τα σήματα μετατρέπονται σε πακέτα.

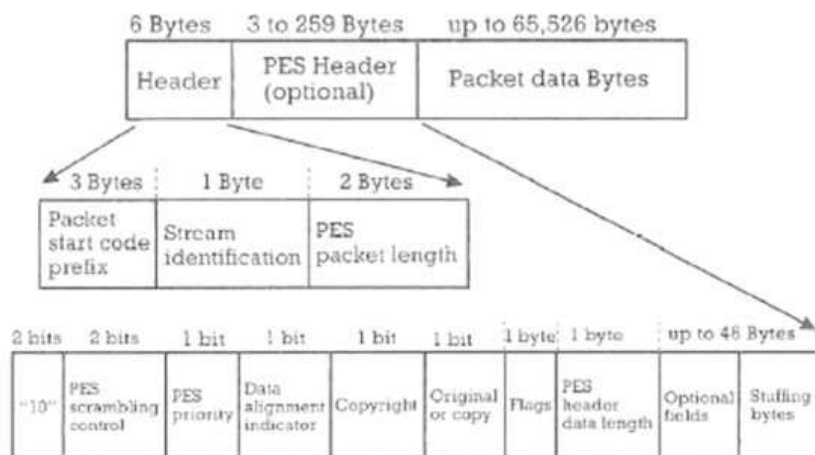
Το επίπεδο συστήματος επίσης παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πραγματικό δίκτυο μετάδοσης Network Information Table - NIT, σχετικά με τα προγράμματα που μεταφέρονται Program Allocation Tables - PAT και τους πίνακες Conditional Access Tables - CAT οι οποίοι δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις κωδικοποιημένες υπηρεσίες. Με αυτές τις δυνατότητες επιτρέπεται σε έναν αποκωδικοποιητή να επιλέξει μια συγκεκριμένη τηλεοπτική υπηρεσία από αυτές που παρέχεται στους τελικούς χρήστες.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 3.5) παρουσιάζεται ένας πολυπλέκτης MPEG-2 TS μιας υπηρεσίας όπου τα στοιχεία του ήχου, του video και αυτά των δεδομένων κωδικοποιούνται και δημιουργούνται σε ξεχωριστά πακέτα. Τα πακέτα που προκύπτουν είναι πολυπλεγμένα μεταξύ τους και σχηματίζουν μια τελική ροή μεταφοράς MPEG-2.



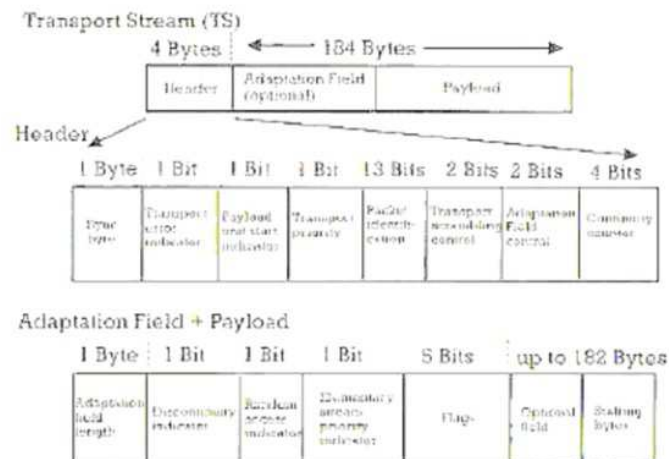
Σχ. 3.5 Πολυπλέκτης MPEG-2 TS

Οι βασικές ροές (ES) δημιουργούνται από τον κωδικοποιητή και είναι ξεχωριστές για τα σήματα του video, του ήχου και των δεδομένων. Οι βασικές ροές πακέτων (PES) αποτελούνται από πακέτα μεταβλητού μήκους και περιέχουν χαρακτηριστικά και πληροφορίες κεφαλίδας. Οι PES είναι ξεχωριστές για το video, τον ήχο και τα δεδομένα και η δομή τους παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 3.6)



Σχ. 3.6 Δομή ροής MPEG-2 TS

Η ροή προγράμματος αποτελεί τη σύνθεση των βασικών ροών πακέτων (PES) ήχου, video και δεδομένων χρησιμοποιώντας το ίδιο ρολόι αναφοράς. Προορίζεται για εγγραφή και μετάδοση σε ασφαλή κανάλια στα οποία δεν δημιουργούνται λάθη. Επίσης η ροή προγράμματος αποτελείται από πακέτα μεταβλητού μήκους. Το πρότυπο που χρησιμοποιείται για τα πακέτα αυτά φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 3.7)

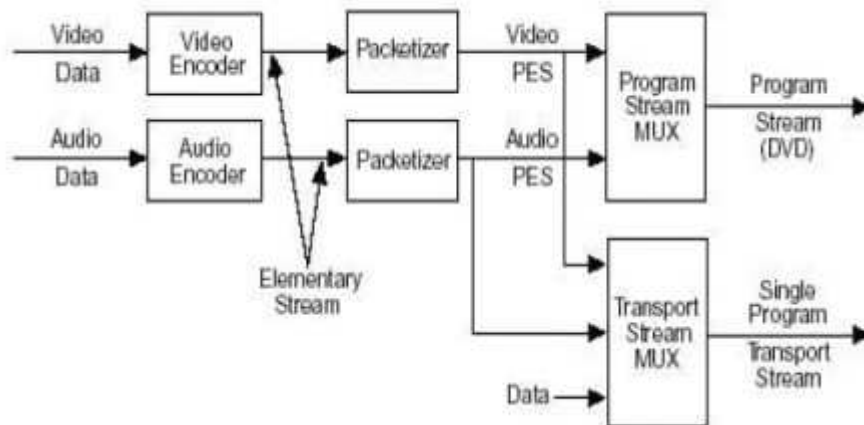


Σχ. 3.7 Δομή πακέτου MPEG-2 TS

Η ροή μεταφοράς μπορεί να περιέχει μία ή και περισσότερες τηλεοπτικές υπηρεσίες πολυπλεγμένες μαζί με ανεξάρτητα ρολόγια. Περιέχουν επίσης πακέτα σταθερού μήκους τα οποία προορίζονται για μετάδοση σε κανάλια που επηρεάζονται από λάθη. Στο πακέτο MPEG-2 TS περιέχεται μία κεφαλίδα που έχει μέγεθος 4 bytes στην αρχή του πακέτου μέσα στην οποία περιέχονται τα απαραίτητα δεδομένα (PID) από τον αποκωδικοποιητή για την αναγνώριση των προγραμμάτων μέσα σε μια συνεχή ροή μεταφοράς. Με την εισαγωγή κενών πακέτων μέσα στη ροή μεταφοράς εξασφαλίζεται ο σταθερός ρυθμός μεταφοράς ακόμα και αν δημιουργείται από ροές προγράμματος μεταβλητού ρυθμού .

3.2.1.4. Πολυπλεξία ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων

Κατά την πολυπλεξία, ένας απεριόριστος αριθμός ροών μεταφοράς video, ήχου και δεδομένων πρέπει να συγχρονιστούν μεταξύ τους για να έρθει το επιθυμητό αποτέλεσμα, π.χ. οι υπότιτλοι σε ξένες γλώσσες. Κάθε ροή μεταφοράς τεμαχίζεται σε πακέτα με χρονικές σφραγίδες. Με την πολυπλεξία πετυχαίνουν με μία κοινή ροή μεταφοράς να μεταφέρουμε πολλές διαφορετικές τηλεοπτικές υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες. Στο παρακάτω σχήμα, (Σχ. 3.8) παρουσιάζεται ένα παράδειγμα πολυπλεξίας δύο ροών μεταφοράς.



Σχ. 3.8 Πολυπλεξία δύο δομών μεταφοράς

Η πολυπλεξία πακέτων πρέπει να πραγματοποιείται με συγκεκριμένους κανόνες έτσι ώστε να επιβεβαιώνεται ότι μια ροή μεταφοράς επιτρέπει στον ήχο αλλά και στο video να είναι απόλυτα συγχρονισμένα. Τα πακέτα video, ήχου και δεδομένων πολυπλέκονται στην τελική ροή μεταφοράς σε σχέση με το στιγμιαίο ρυθμό μετάδοσης του κάθε ένα. Αυτή η μέθοδος διατηρεί το συγχρονισμό μεταξύ όλων των πηγών που πολυπλέκονται. Αυτό επιτυγχάνεται προγραμματίζοντας τη μεταφορά των πακέτων χρησιμοποιώντας πολυπλέκτες ροής οι οποίοι επιβλέπουν τα επίπεδα του καταχωρητή (buffer) ενός υποτιθέμενου αποκωδικοποιητή που ονομάζεται αποκωδικοποιητής συστήματος ροής μεταφοράς Transport Stream-System Target Decoder - TS - STD.

3.3 Ψηφιακή Τηλεόραση κατά τα πρότυπα DVB

3.3.1 Γενικά

Η Ψηφιακή Τηλεοπτική Μετάδοση (Digital Video Broadcasting - DVB) καλύπτει όχι μόνο τη μετάδοση και τη διανομή του υλικού του τηλεοπτικού προγράμματος σε ψηφιακή μορφή μέσω διάφορων μέσων, αλλά και μια σειρά σχετικών χαρακτηριστικών λειτουργιών με απώτερο σκοπό την εκμετάλλευση των ικανοτήτων της τεχνολογίας αυτής. Με βάση τη συμπίεση κατά MPEG-2, η ψηφιακή τηλεοπτική μετάδοση αλλάζει τη βασική δυναμική της βιομηχανίας τηλεοπτικής μετάδοσης.

3.3.2 DVB Project – Τρόπος Λειτουργίας

Τα μέλη του Ευρωπαϊκού προγράμματος ψηφιακής ευρείας εκπομπής video (DVB Project) αναπτύσσουν και καταλήγουν σε χαρακτηριστικά και προδιαγραφές τις οποίες υποβάλλουν για έγκριση στη Μικτή Τεχνική Επιτροπή (Joint Technical Committee - JTC). Η μικτή αυτή επιτροπή αποτελείται από το Ευρωπαϊκό Ίδρυμα Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standard Institute - ETSI), την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης (European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC) και τέλος την Ευρωπαϊκή Ραδιοτηλεοπτική Ένωση (European Broadcasting Union - EBU). Στη συνέχεια, τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά τυποποιούνται είτε από την CENELEC είτε, στις περισσότερες περιπτώσεις, από το ETSI.

Το συνολικό σχέδιο το διαχειρίζονται υπάλληλοι της Ευρωπαϊκής Ραδιοτηλεοπτικής Ένωσης (EBU) στη Γενεύη της Ελβετίας, οι οποίοι εργάζονται αποκλειστικά και μόνο για λογαριασμό των μελών του DVB Project. Το σχέδιο αυτό έχει ήδη γνωρίσει μεγάλη επιτυχία στις μέρες μας, χωρίς κανένα σημάδι κόπωσης, αφού ήδη πάνω από 120 εκατομμύρια συσκευές λήψης με το λογότυπο DVB έχουν διατεθεί παγκοσμίως στο ευρύ καταναλωτικό κοινό προς χρήση.



Σχ. 3.9 Το επίσημο λογότυπο του DVB

Τον καιρό που πρωτοξεκίνησε το DVB Project, κάθε ομάδα που συμμετείχε συνείσφερε με τον δικό της τρόπο με μια εξειδικευμένη πρόταση. Η Ευρωπαϊκή Ραδιοτηλεοπτική Ένωση (EBU), έχοντας την εμπειρία στην οργάνωση τεχνικών συναντήσεων και δημοσιεύσεων, μπόρεσε να δημιουργήσει ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο θα λάμβανε χώρα όλο αυτό το project. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε όμως και η βιομηχανία, αφού υιοθέτησε το δόγμα πως τα προτεινόμενα τεχνικά χαρακτηριστικά αξίζουν να υλοποιηθούν μόνο όταν και εάν μπορούν να κατασκευαστούν προϊόντα εύκολα καταναλώσιμα. Για το λόγο αυτό μπορούμε να πούμε πως τα τεχνικά χαρακτηριστικά του DVB, καθοδηγούνται από τον σημαντικό παράγοντα: αγορά. Η συνειδητή αυτή προσπάθεια ήταν και αυτή που συνείσφερε ουσιαστικά στην επιτυχία των DVB προτύπων.

3.3.3 DVB Project – Βασικές Αρχές

Η φιλοσοφία του DVB Project βασίστηκε σε κάποιες αρχές, και οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω:

- Το αρχικό έργο ήταν η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης ομάδας από ψηφιακές δορυφορικές, καλωδιακές και επίγειες τεχνολογίες εκπομπής σε ένα σώμα προτού γίνουν πρότυπα.
- Τα συστήματα θα ήταν οι μεταφορείς ενός συνδυασμού εικόνας, ήχου ή με την μορφή πολυμέσων έτσι ώστε να είναι έτοιμα για SDTV - Standard

Definition Television, EDTV - Enhanced Definition Television, HDTV - High Definition Television. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των παραπάνω συστημάτων είναι ότι υποστηρίζουν πολυκάναλο ήχο.

- Υπάρχει συμφωνία όλων των εργασιών με τα πρότυπα που έχουν θεσπίσει σύμφωνα με το ETSI για τα φυσικά επίπεδα, τη διόρθωση λαθών και τη μεταφορά για κάθε μέσο διανομής.
- Θα πρέπει να υπάρχει μία ομοιότητα ανάμεσα στις διαφορετικές πλατφόρμες, όπου είναι αυτό εφικτό, ώστε με αυτό τον τρόπο να μειωθεί το κόστος τόσο από την πλευρά των κατασκευαστών όσο και από την πλευρά των καταναλωτών. Μόνο στην περίπτωση που δεν έχουμε άλλες επιλογές θα υπάρχουν διαφορές ανάμεσα σε διαφορετικά μέσα παροχής.
- Το DVB Project δεν θα πρέπει να ανακαλύψει ξανά οτιδήποτε, και θα πρέπει να χρησιμοποιεί τα ήδη υπάρχοντα ανοιχτά πρότυπα, όποτε αυτά και αν είναι διαθέσιμα.

3.3.4 DVB – Το Πρότυπο

Το όλο εγχείρημα του DVB ξεκίνησε πριν από περίπου 17 χρόνια, και συγκεκριμένα το Σεπτέμβριο του 1993, εκείνο το έτος διάφορες εταιρείες οι οποίες ήταν πρωτοπόρες το διάστημα εκείνο στον τομέα της βιομηχανίας συναντήθηκαν υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ραδιοτηλεοπτικής (Ένωσης European Broadcasting Union – EBU) με μοναδικό σκοπό να αναπτύξουν προδιαγραφές προς μετάδοση ψηφιακού video σε format MPEG-2 με χρήση δορυφορικών, επίγειων αλλά και καλωδιακών μέσων μετάδοσης στην περιοχή της Ευρώπης.

Από τότε, ένας αξιοσημείωτος αριθμός συμμετεχόντων από την Άπω Ανατολή καθώς επίσης και από την Αυστραλία προσχώρησαν στην αρχική ομάδα. Αρχικά, αυτοί οι συμμετέχοντες φιλοδοξούσαν να σχεδιαστεί ένα μελλοντικό τηλεοπτικό σύστημα, το οποίο θα συνδύαζε μια ανοιχτή αρχιτεκτονική με μια πλήρη δια

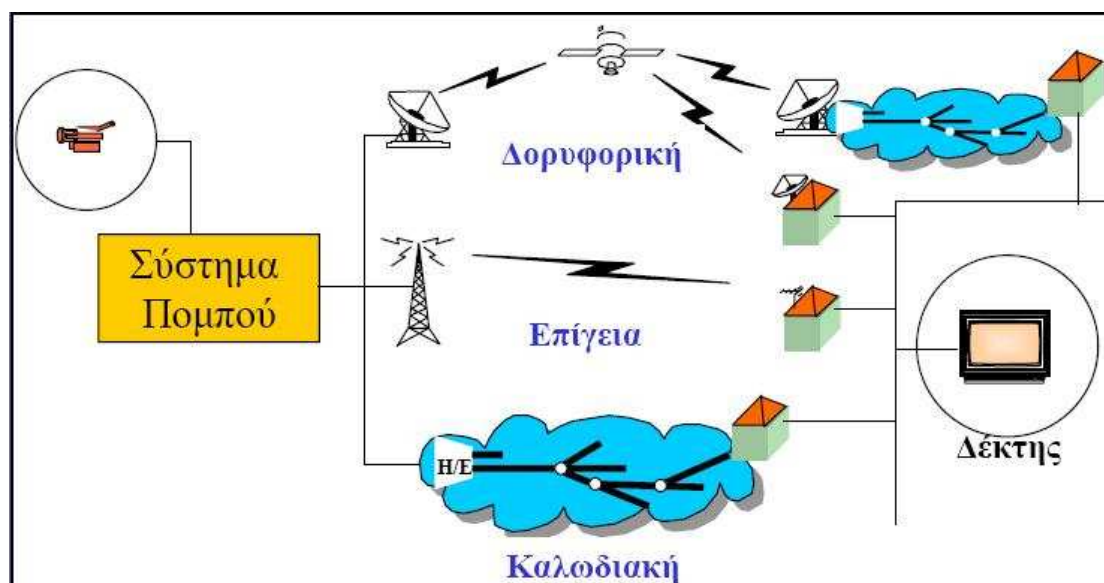
λειτουργικότητα αλλά θα είχε όμως την προοπτική, ή καλύτερα τις βλέψεις για μελλοντική εμπορική εκμετάλλευση.

Το εγχείρημα αυτό του DVB, έχει αναπτύξει πρότυπες προδιαγραφές οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν από όλα τα περιβάλλοντα διανομής, συμβάλλοντας κατά αυτό τον τρόπο στην εναρμόνιση των μελλοντικών τηλεοπτικών συστημάτων. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η οικονομία τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού συστημάτων, όσο φυσικά και σε επίπεδο υλοποίησης εξασφαλίζοντας κατά αυτό τον τρόπο την ευκολότερη αποδοχή και από την πλευρά του χρήστη.

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

Χάρη στη χρήση των πακέτων μεταφοράς MPEG-2 ως γενικευμένο μεταφορέων δεδομένων (data containers), ένας MPEG-2 συρμός μεταφοράς – και συνεπώς ένα σύστημα DVB – μπορεί να μεταφέρει σχεδόν οτιδήποτε ψηφιοποιείται, από τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας HDTV, πολλαπλά κανάλια SDTV (PAL, SECAM, NTSC, 3 PAL) μέχρι και υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες πολυμέσων και δεδομένων. Τόσο ο χρήστης όσο και ο αποκωδικοποιητής χρειάζονται βοηθητικές πληροφορίες για τη σωστή διαχείριση των διαφορετικών προγραμμάτων. Την ανάγκη αυτή καλύπτει η προδιαγραφή DVB-SI (Digital Video Broadcasting – Service Information), η οποία αποτελεί επέκταση της MPEG-PSI (MPEG - Program Specific Information) προδιαγραφής. Το DVB-SI εμπεριέχεται στο συρμό μεταφοράς, με τη μορφή επιπρόσθετων πακέτων μεταφοράς και μεταφέρει τεχνικές πληροφορίες για την ομαλή λειτουργία

των αποκωδικοποιητών ή πληροφορίες ηλεκτρονικών οδηγών προγράμματος. Υπό την έννοια αυτή, το DVB αποτελεί ένα ιδιαίτερα ευέλικτο πρότυπο ευρείας εκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης και όχι μια απλή αντικατάσταση της υπάρχουσας αναλογικής τηλεοπτικής μετάδοσης. Συμπερασματικά λοιπόν, το Ευρωπαϊκό Πρότυπο Ψηφιακής ευρείας εκπομπής video συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής μετάδοσης τηλεοπτικών σημάτων.



Σχ. 3.10 Σχηματική απεικόνιση του DVB

3.3.5 DVB – Στόχοι

Ο αρχικός στόχος που έθεσε η ομάδα του DVB ήταν η προτυποποίηση ενός συστήματος που να εξασφαλίζει:

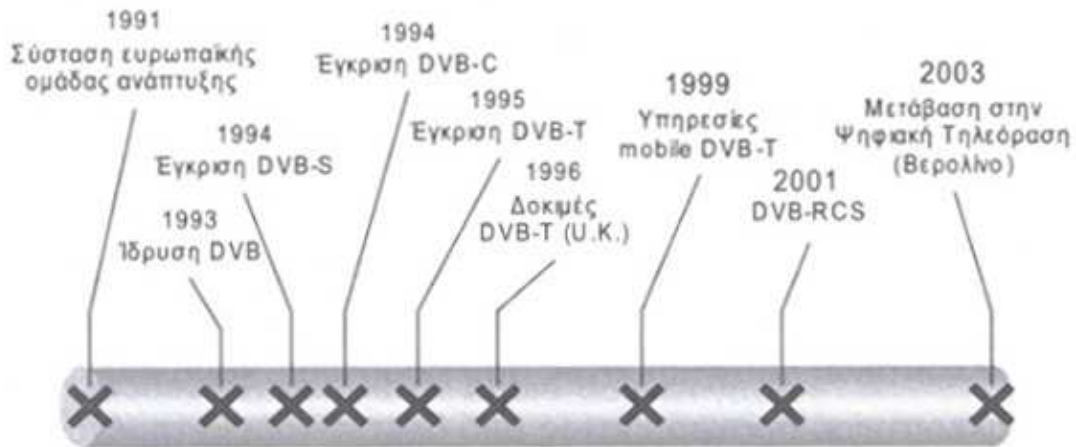
- Μετάδοση τηλεοπτικής εικόνας υψηλής ευκρίνειας (HDTV).
- Μετάδοση τηλεοπτικής εικόνας τυπικής ευκρίνειας (SDTV) σε διαύλους στενής ζώνης.
- Λήψη τηλεοπτικού προγράμματος από φορητούς, χαμηλού κόστους δέκτες.
- Λήψη τηλεοπτικού προγράμματος από δέκτες τοποθετημένους σε οχήματα, ακόμα κι αν αυτά κινούνται με υψηλή ταχύτητα.

- Σταθερή ποιότητα υπηρεσίας ακόμα και σε διαύλους με έντονες διαλείψεις και υπό την παρουσία παρεμβολών.
- Σταθερή ποιότητα υπηρεσίας σε μια καλά ορισμένη περιοχή κάλυψης.
- Δυνατότητα διανομής του περιεχομένου από υφιστάμενα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

Στην πορεία, το DVB μετεξελίχθηκε σε ένα ολοκληρωμένο πρότυπο για την ευρεία εκπομπή ψηφιακού περιεχομένου, και συγκεκριμένα από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι νέοι στόχοι που έθεσε το DVB εκ νέου ήταν:

- Ο πολλαπλασιασμός των τηλεοπτικών προγραμμάτων που θα μπορούν να μεταδοθούν, στο ίδιο εύρος συχνοτήτων που διατίθεται για εκπομπή ενός προγράμματος αναλογικής τηλεόρασης.
- Η υποστήριξη εκπομπής ραδιοφωνικού προγράμματος.
- Η υποστήριξη δυνατότητας μεταφοράς δεδομένων (για ενημέρωση, ψυχαγωγία κτλ.).
- Η δυνατότητα μεταβαλλόμενης ποιότητας ήχου και εικόνας.
- Υποστήριξη συνδρομητικών υπηρεσιών.
- Υποστήριξη δια δραστικών υπηρεσιών (απαιτείται η ύπαρξη καναλιού επιστροφής).
- Πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω της τηλεοπτικής συσκευής.

Το έτος 2000 ο στόχος του DVB επαναπροσδιορίστηκε, ώστε πλέον να αποσκοπεί στην ανάπτυξη ενός δικτύου παροχής ψηφιακού περιεχομένου, που να συνδυάζει τη σταθερότητα και τη δια λειτουργικότητα ενός δικτύου ευρείας εκπομπής με τη σθεναρότητα, την καινοτομία και την ποικιλία εφαρμογών του διαδικτύου. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 3.11) παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των προτύπων DVB. Σημειώνεται ότι στην Αμερική και την Ιαπωνία έχουν αναπτυχθεί τα συστήματα ATSC - Advanced Television Systems Committee και ISDB-T - Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial , αντίστοιχα, που είναι παρόμοια με το DVB.



Σχ. 3.11 Χρονική εξέλιξη των προτύπων DVB

3.3.6 DVB – Προσδοκίες και Πορεία

Η δημιουργία του DVB είχε σαν στόχο την παροχή ενός συνόλου από ανοιχτούς αλλά και κοινούς τεχνικούς μηχανισμούς με τους οποίους οι ψηφιακές τηλεοπτικές εκπομπές θα μπορούσαν να παραδοθούν στους καταναλωτές βασισμένες σε ένα εύρος από τηλεοπτικής βάσης επιχειρήσεις. Καθώς μερικές εταιρίες - μέλη του DVB είχαν προχωρήσει αρκετά, ώστε να αρχίσουν λειτουργία επί πληρωμή τηλεόρασης βασισμένη σε συστήματα ψηφιακής δορυφορικής μετάδοσης στην Ευρώπη, η διοικητική επιτροπή (Digital Video Broadcasting - Steering Board – DVB - SB) προσδοκούσε μία γρήγορη μετάβαση από τις αναλογικές στις ψηφιακές μεταδόσεις για τις δορυφορικές εκπομπές, οι οποία θα ακολουθούσαν από μια πιο αργή μετάβαση στα καλωδιακά δίκτυα. Λόγω της απουσίας επιχειρηματικών σχεδίων για τη μετάβαση στα επίγεια δίκτυα, η διοικητική επιτροπή DVB - SB ανέμενε μια πολύ πιο αργή κίνηση προς την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Το χρονικό «παράθυρο» για την επίγεια μετάβαση αναμενόταν να καλύψει μια περίοδο 10 έως 15 ετών.

Οι προδιαγραφές για τη δορυφορική, καλωδιακή και επίγεια μετάδοση οριστικοποιήθηκαν κατά τα πρώτα χρόνια του DVB Project. Μετά την υιοθέτηση αυτών των προδιαγραφών ως ευρωπαϊκά πρότυπα απ' το ETSI, οι αρχικοί στόχοι του project είχαν γίνει ήδη αντιληπτοί.

Τότε, όμως, έγινε ξεκάθαρο ότι η μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση δεν ήταν τόσο ομαλή όσο πολλά μέλη είχαν αντιληφθεί στο ξεκίνημα της

εργασίας προτυποποίησης. Η πρόσβαση κατά συνθήκη δημιούργησε περαιτέρω εργασία που συνδέθηκε με τα επιχειρησιακά μοντέλα ενός αριθμού εταιριών μελών και η ιδέα της διαδραστικότητας ανάγκασε το DVB Project να προχωρήσει πολύ περισσότερο από το αρχικό του αντικείμενο και να εισέλθει σε μία περιοχή προδιαγραφών οι οποίες είχαν άμεση επίδραση όχι μόνο στα επιχειρησιακά μοντέλα των εταιριών μελών αλλά ακόμη και στις πραγματικές εργασίες τους.

Περαιτέρω, το DVB υπάρχει σε ένα κόσμο όπου οι τεχνολογίες σύγκλισης και οι αγορές εκπομπής, τηλεπικοινωνίες και IT θα θολώσουν εάν δεν εξαλείψουν τα παραδοσιακά σύνορα μεταξύ αυτών των κάποτε ξεχωριστών πεδίων. Παρόλο που δεν είναι εφικτό για το DVB να προσπαθήσει να καλύψει όλες τις τεχνολογίες ολοκληρωμένα αυτής της συγκλίνουσας περιοχής, το DVB δημιουργήθηκε ώστε να είναι πραγματική αξία για τις συμβαλλόμενες ομάδες και κατά συνέπεια θα πρέπει να κινηθεί περαιτέρω έξω από τον αρχικό χώρο τεχνολογίας της παραδοσιακής εκπομπής.

Για τους λόγους αυτούς και με το πέρασμα των χρόνων η λογική του DVB έχει αλλάξει δραματικά και το μέλλον θα δείξει πόσο συναφείς θα είναι οι προδιαγραφές που δημιουργήθηκαν από το DVB Project. Ένα σημαντικό συμπέρασμα, όμως, είναι ξεκάθαρο, όπου μέσα από την συνεργασία όλων των συμμετεχόντων στην αλυσίδα αξίας ευρείας εκπομπής, το DVB Project έχει κατακτήσει ηγετική θέση στον κόσμο σαν ένα σώμα καθορισμού προτύπων που βασίζονται σε απαιτήσεις της αγοράς. Το DVB Project καταφέρνει συνεχώς να δημιουργεί προσπάθειες συνεργασίας, ώστε με αυτό τον τρόπο να ξεπερνιούνται οι όποιες αντικρουόμενες οπτικές στα επιχειρησιακά μοντέλα των εταιριών - μελών.

3.4 Συστήματα Ψηφιακής Τηλεόρασης

Η ευρεία εκπομπή ψηφιακού ήχου και video μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρότυπα ανάλογα φυσικά με το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για τη μετάδοση και το δέκτη που παραλαμβάνει την εκπεμπόμενη ροή των δεδομένων. Τα πρότυπα τα οποία έχουν καθιερωθεί για τις περιπτώσεις αυτές είναι τα εξής:

- DVB-S (Digital Video Broadcasting – Satellite) : Είναι η έκδοση 1ης γενιάς του ψηφιακού δορυφορικού συστήματος. Εφαρμόζεται στην μετάδοση και λήψη ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος μέσω δορυφόρων, ενώ χρησιμοποιεί την συμπίεση MPEG-2. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός περιλαμβάνει: LNB - Low Noise Block Downconverter, κάτοπτρο και ψηφιακό δορυφορικό δέκτη.
- DVB-S2 (Digital Video Broadcasting – Satellite 2) : Είναι η προδιαγραφή για την έκδοση 2ης γενιάς του ψηφιακού δορυφορικού συστήματος DVB.
- DVB-C (Digital Video Broadcasting – Cable) : Εφαρμόζεται σε επίγειες ενσύρματες μετάδοσης ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων. Το εύρος συχνοτήτων περιορίζεται στα 8MHz αλλά το εύρος δεδομένων παραμένει στα 38Mbit/s. Λόγω της απαίτησης ενσύρματου δικτύου η μετάδοση ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος μέσω του πρότυπου DVB-C μέχρι σήμερα είναι αδύνατη στην Ελλάδα.
- DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) : Εφαρμόζεται για την μετάδοση επίγειων ψηφιακών σημάτων. Οριστικοποιήθηκε το 1997 και χρησιμοποιεί τις μπάντες των VHF και UHF. Το εύρος ανά κανάλι είναι στα 8MHz και το εύρος δεδομένων είναι στα 38Mbit/s.
- DVB-T2 (Digital Video Broadcasting – Terrestrial 2) : Εφαρμόζεται για την μετάδοση επίγειων ψηφιακών σημάτων. Οριστικοποιήθηκε το 2008 και είναι η επόμενη γενιά του προτύπου DVB-T.
- DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld) : Ένα εύκαμπτο αλλά και ισχυρό ψηφιακό επίγειο σύστημα που έχει πρόσφατα αναπτυχθεί. Το σύστημα

προορίζεται να είναι αποδεκτό στους φορητούς δέκτες. Οι υπηρεσίες πιθανώς επίσης θα χρησιμοποιήσουν τα αποδοτικότερα τηλεοπτικά συστήματα συμπίεσης όπως MPEG-4 AVC ή SMPTE VC1. Αποτελεί προέκταση του επίγειου προτύπου DVB-T, το οποίο χρησιμοποιεί τα επίγεια ψηφιακά δίκτυα εκπομπής.

Τα παραπάνω πρότυπα ουσιαστικά καθορίζουν το φυσικό στρώμα και το στρώμα συνδέσεων στοιχείων ενός συστήματος διανομής. Οι συσκευές αλληλεπιδρούν με το φυσικό στρώμα μέσω μιας σύγχρονης παράλληλης διεπαφής της σύγχρονης τμηματικής διεπαφής ή της ασύγχρονης τμηματικής διεπαφής.

4. ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-T

4.1 Γενικά

Η υπόθεση της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης βαίνει καλώς στην Ευρώπη, αφού ήδη σε έξι χώρες έχει παύσει τελείως η μετάδοση της αναλογικής τηλεόρασης. Το προηγούμενο έτος (2009) ξεκίνησαν οι μεταδόσεις σε χώρες όπως η Ιρλανδία και η Πορτογαλία, ανεβάζοντας τον αριθμό των κρατών όπου έχει ξεκινήσει η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, σε 27. Το γεγονός ότι η επίγεια ψηφιακή προσφέρεται χωρίς συνδρομή δείχνει να συμβάλλει καθοριστικά στη γρήγορη διάδοση της ψηφιακής τηλεόρασης στη Γηραιά Ήπειρο. Από το σύνολο των περίπου 500 καναλιών που εκπέμπονται σε επίγειες ψηφιακές πλατφόρμες μόνο το 7% είναι δημόσια ενώ το υπόλοιπο 93% είναι ιδιωτικά. Στα δημόσια έχει αποδοθεί το 25% της χωρητικότητας στα εν ισχύ multiplexes και το υπόλοιπο 75% έχει αποδοθεί στα ιδιωτικά. Τα σχετικά στοιχεία περιλαμβάνονται στη βάση στατιστικών δεδομένων για την ευρωπαϊκή τηλεοπτική αγορά με το όνομα MAVISE, η οποία έχει δημιουργηθεί από το Ευρωπαϊκό Οπτικοακουστικό Παρατηρητήριο (EAO - European Audiovisual Observatory) κατόπιν αιτήματος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Στην εν λόγω βάση περιέχονται στοιχεία για συνολικά 5587 κανάλια που εκπέμπουν στις 29 ευρωπαϊκές χώρες που καλύπτει (τα 27 κράτη-μέλη της Ε.Ε. και επιπλέον στις χώρες Τουρκία και Κροατία). Από αυτά τα κανάλια τα 412 εδρεύουν εκτός του ευρωπαϊκού χώρου.

Το πρότυπο επίγειας ψηφιακής ευρείας εκπομπής video (DVB-T) σχεδιάστηκε αρχικά για να παρέχει υπηρεσίες σε ακίνητους δέκτες, με κεραία λήψης τοποθετημένη στις οροφές κτιρίων, όπως συμβαίνει με την αναλογική τηλεόραση. Ωστόσο, από τις πρώτες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στην Γερμανία το 1997, δόθηκε η εντύπωση ότι το σύστημα μπορεί να παρέχει υπηρεσίες σε φορητούς δέκτες, σε εσωτερικούς χώρους, σε κινητούς δέκτες, αλλά και σε οχήματα που είναι εν κινήσει.

Το πρότυπο αυτό, εδώ και χρόνια έχει αρχίσει να λειτουργεί με επικεφαλής τις μεγάλες χώρες, όπως την Γαλλία, την Αγγλία και την Γερμανία, ενώ όλες οι χώρες είναι υποχρεωμένες να ακολουθήσουν αυτή την πορεία μέχρι το έτος του 2012. Το 2012 είναι δηλαδή το έτος όπου θα σταματήσουν να εκπέμπουν οι αναλογικοί πομποί τηλεόρασης, ώστε να παραχωρηθούν οι συχνότητες που

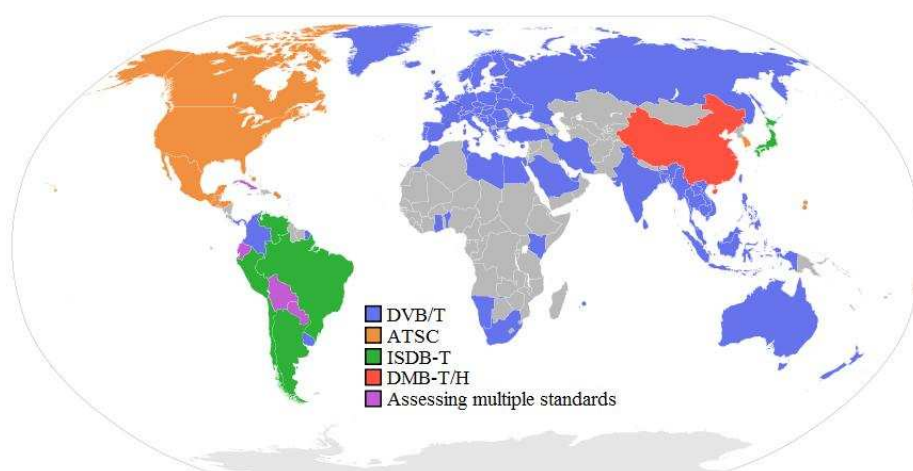
καταλαμβάνουν τώρα σε άλλες υπηρεσίες. Μάλιστα, πολλές χώρες έχουν ολοκληρώσει την μετάβαση τους από την αναλογική τηλεόραση στην επίγεια ψηφιακή αρκετά νωρίτερα, περίπου από το έτος 2008, αφού ήδη καλύπτουν ψηφιακά ολόκληρη την επικράτεια τους. Η πλήρη αντικατάσταση της κλασικής αναλογικής τηλεόρασης από την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση θα έχει ολοκληρωθεί σε λίγο καιρό. Στο παρακάτω σχήμα, (Σχ. 4.1) απεικονίζονται οι εκτιμώμενες ημερομηνίες μετάβασης για το πρότυπο DVB-T, για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Χώρα	DTT έναρξη	Ημερομηνία ΠΑΣ	Αναμενόμενη ΠΑΣ
Ολλανδία	2004	2007	2007 - 2008
Γερμανία	2004	2010	
Φινλανδία	2002	2007	
Σουηδία	1999	2008	
Δανία	2006	2009	2009 - 2012
Νορβηγία	2007	2009	
Ελβετία	2005	2009	
Βέλγιο	2004	2012	
Αυστρία	2006	2010	
Ιρλανδία		2012	
Γαλλία	2005	2011	
Αγγλία	1998	2012	
Ισπανία	2000	2010	
Ιταλία	2004	2012	
Πορτογαλία		2012	
Ελλάδα		2015	

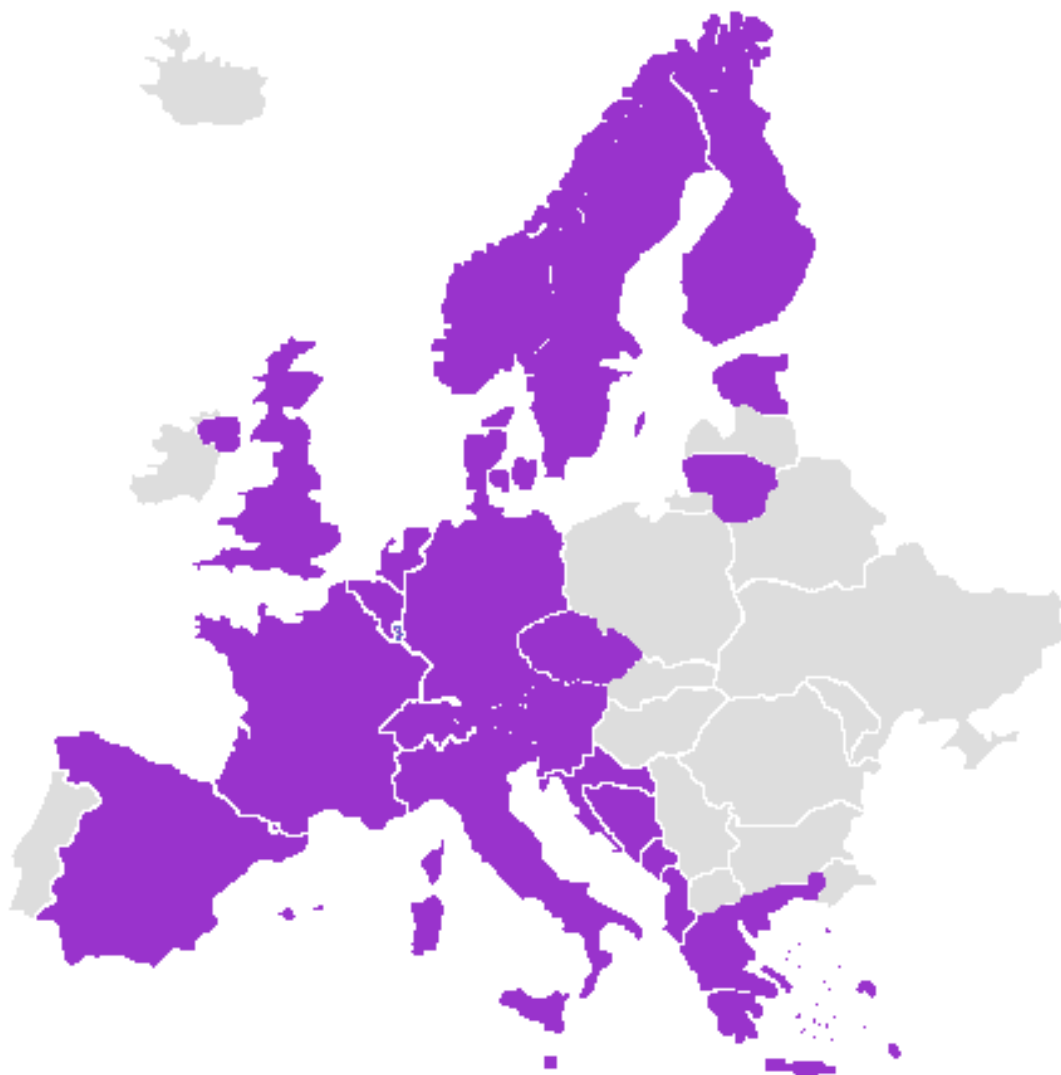
Σχ. 4.1 Εκτιμώμενες ημερομηνίες μετάβασης για τις χώρες της Ε.Ε.

Η εφαρμογή καινούργιων τεχνικών συμπίεσης των ψηφιακών σημάτων επιτρέπει σημαντικά να μειωθεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης για μετάδοση ενός σήματος με αποτέλεσμα περισσότερα προγράμματα να μπορούν να μεταδοθούν στο ήδη υπάρχον διαθέσιμο εύρος συχνοτήτων. Για να γίνει η μετάβαση στην εποχή κατά τέτοιον τρόπο ώστε θα εκπέμπεται μόνο η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση και η αναλογική τηλεόραση θα έχει κλείσει, ώστε να μπορέσει με αυτό τον τρόπο Ευρώπη να αξιοποιήσει τις αρκετές δυνατότητες που της παρέχει η επίγεια

ψηφιακή τηλεόραση, ενώ παράλληλα θα καταφέρει να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματική χρήση όλου του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται για μετάδοση. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να υπάρξει ένα σχέδιο για την εξολοκλήρου μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση. Αξίζει να σημειωθεί ότι, οι συμφωνίες που ισχύουν μέχρι και σήμερα για τον σχεδιασμό της τηλεόρασης δεν επαρκούν για την εξολοκλήρου μετάβαση στην ψηφιακή εποχή. Για τον λόγο αυτό δημιουργείται η ανάγκη να επανεξεταστεί η συμφωνία της Στοκχόλμης του 1961 έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα νέο πλάνο για τον σχεδιασμό των συχνοτήτων και της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης των χωρών που ανήκουν στην Ευρώπη. Γι' αυτό πραγματοποιούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα διάφορα συνέδρια και συζητήσεις μεταξύ των χωρών - μελών που ανήκουν στο CEPT - European Conference of Postal and Telecommunications Administrations και υπό την επίβλεψη της ITU - International Telecommunication Union τα RRC - Regional Radio Conference, με θέμα τον σχεδιασμό της μετάβασης στα συστήματα της επίγειας ψηφιακής μετάδοσης (DVB-T, T-DAB - Terrestrial Digital Audio Broadcasting) στην EBA - European Broadcasting Area, στις οποίες βέβαια συμμετέχει και η Ελλάδα, με εκπροσώπους της ελληνικής κυβέρνησης, της κρατικής τηλεόρασης και των υπεύθυνων μηχανικών για την διαχείριση και κατασκευή του δικτύου, και είναι υποχρεωμένη να υιοθετεί τις όποιες αποφάσεις λαμβάνονται πάνω σε θέματα τεχνικής αλλά και νομικής φύσεως που αφορούν στον τρόπο μετάβασης από την αναλογική στην επίγεια ψηφιακή μετάδοση.



Σχ. 4.2 Ο Παγκόσμιος Χάρτης επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (2009)



Σχ. 4.3 Χάρτης DTT υπηρεσίας

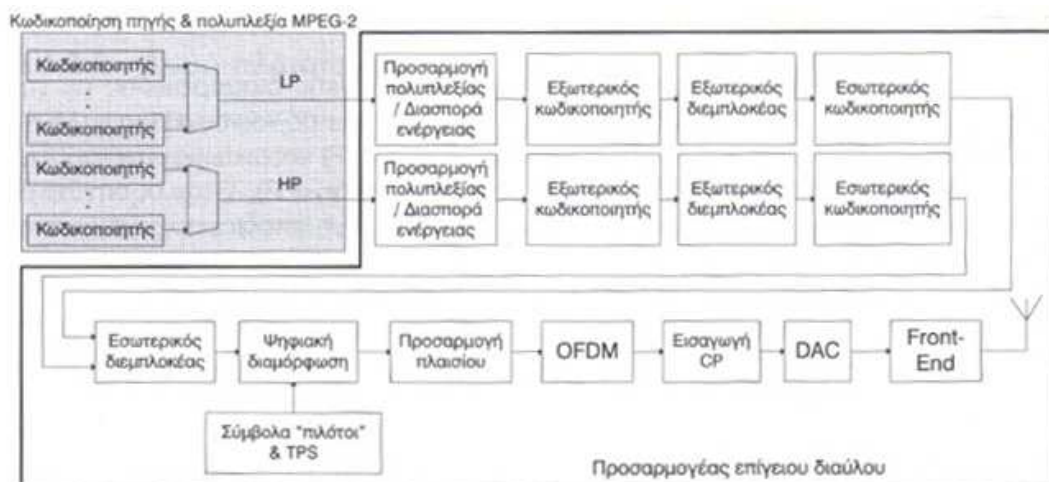
- Χώρες που έχουν ξεκινήσει την DTT υπηρεσία
- Χώρες που έχουν επιλέξει το πρότυπο DVB-T, και οι περισσότερες δοκιμάζουν ενεργά πολιτικά το πρόγραμμα

4.2 DVB-T – Τρόπος Λειτουργίας

Σύμφωνα με το πρότυπο DVB-T, για την εκπομπή σήματος απαιτείται πομπός συμβατός με το πρότυπο αυτό. Το πρότυπο DVB-T έχει αρκετά τεχνικά χαρακτηριστικά που το κάνουν αρκετά ευέλικτο σύστημα. Παρακάτω επισυνάπτονται οι προδιαγραφές του συγκεκριμένου αυτού προτύπου :

- Έχουμε κωδικοποίηση MPEG-2.
- Η μετάδοση γίνεται στη ζώνη UHF ή VHF.
- Μπορεί να λειτουργήσει σε κανάλια με εύρος ζώνης 6,7 ή 8 MHz (με video στα 50Hz ή στα 60Hz).
- 3 επιλογές Διαμόρφωσης QPSK / 16-QAM / 64-QAM σε σχήμα. πολλαπλών ορθογώνιων φερόντων (Coded OFDM).
- 5 διαφορετικούς ρυθμούς FEC (Forward Error Correction).
- 4 επιλογές Guard Interval.
- Concatenated Coding, Convolutional + Block Coding (Συνελικτική + μπλοκ κωδικοποίηση).
- Ωφέλιμο bit rate από 4.98 Mbps έως 31.67 Mbps.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 4.4) απεικονίζεται το διάγραμμα ενός συστήματος εκπομπής DVB-T.

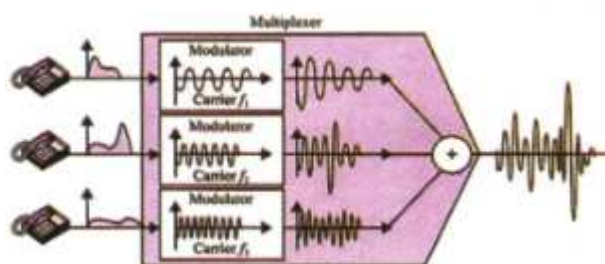


Σχ. 4.4 Δομικό διάγραμμα ενός συστήματος εκπομπής DVB-T

4.2.1 Κωδικοποίηση Πηγής και Πολυπλεξία

Στο πρότυπο DVB – T προβλέπεται η υποστήριξη ιεραρχικής διαμόρφωσης με την οποία δύο ανεξάρτητες - διαφορετικές ροές δεδομένων MPEG-2 TS μπορούν να διαμορφωθούν και να μεταδοθούν από κοινού. Η μια ροή, καλείται ροή δεδομένων υψηλής προτεραιότητας (High Priority- HP) και ενσωματώνεται στην άλλη, που καλείται ροή δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας (Low Priority - LP). Όταν οι συνθήκες λήψης του DVB-T σήματος είναι καλές, ο δέκτης μπορεί να αποδιαμορφώσει και να αποκωδικοποιήσει και τις δύο ροές. Σε δυσμενείς όμως συνθήκες λήψης, μόνο η HP λαμβάνεται επιτυχώς. Οι δυο ροές δεδομένων - HP και LP - μπορεί να αντιστοιχούν σε εντελώς διαφορετικές υπηρεσίες ή σε παρόμοιες, για παράδειγμα μπορεί ένας σταθμός να εκπέμπει HDTV στην LP και SDTV, με το ίδιο περιεχόμενο, στην HP, οπότε, όταν οι συνθήκες λήψης το επιτρέπουν, ο τηλεθεατής παρακολουθεί το πρόγραμμα σε HDTV, ενώ σε δυσμενείς συνθήκες λήψης, παρακολουθεί το ίδιο πρόγραμμα, σε SDTV. Η LP έχει συνήθως υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης, αλλά μεγαλύτερη ευαισθησία σε σφάλματα και παρεμβολές, ενώ η HP μεταδίδεται με χαμηλότερο ρυθμό μετάδοσης, είναι όμως περισσότερο ανθεκτική.

Αρχικά γίνεται η κωδικοποίηση (codification) και η πολυπλεξία (multiplexing) του MPEG-2. Η ροή δεδομένων video, ήχου και εικόνας κωδικοποιούνται στη μορφή MPEG-2 PS (Program Stream). Στην συνέχεια ένα ή περισσότερα MPEG-2 PS ενώνονται και δημιουργούν τη νέα μορφή MPEG-2 TS (Transport Stream). Πρόκειται για την βασική ψηφιακή ροή που εκπέμπεται αλλά και λαμβάνεται από τις οικιακές συσκευές DVB-T. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων κυμαίνονται από 4,98 Mbits/s μέχρι και 31,67 Mbit/s, η διακύμανση αυτή εξαρτάται από την διαμόρφωση και την κωδικοποίηση που έχει γίνει όπως επίσης και το διάστημα φύλαξης που έχει υιοθετηθεί.



Σχ. 4.5 Η τεχνική της Πολυπλεξίας

4.2.2 Προσαρμογή Πολυπλεξίας και Διασπορά Ενέργειας

Είναι το πρώτο στάδιο επεξεργασίας του σήματος βασικής ζώνης. Το MPEG-2 TS (Transport Stream) προσδιορίζεται ως μια ακολουθία από πακέτα δεδομένων προκαθορισμένου μεγέθους της τάξεως των 188 bytes. Εφαρμόζοντας μια τεχνική που καλείται Διασπορά Ενέργειας (Energy Dispersal - ED), ουσιαστικά αυτό που επιτυγχάνουμε είναι μια επίπεδη φασματική πυκνότητα ισχύος.

4.2.3 Εξωτερικός Κωδικοποιητής

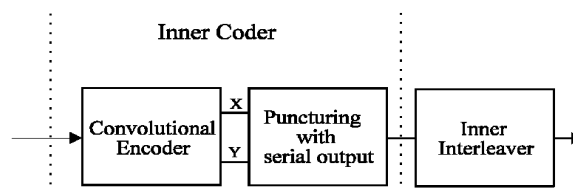
Στη συνέχεια, ένα πρώτο επίπεδο προστασίας εφαρμόζεται στα μεταδιδόμενα δεδομένα, χρησιμοποιώντας έναν μη δυαδικό κώδικα, τον αλγόριθμο Read-Solomon - RS ο οποίος επιτρέπει τη διόρθωση μέχρι και 8 λανθασμένων bytes για κάθε πακέτο των 188 bytes.

4.2.4 Εξωτερικός Διεπλοκέας (Interleaver)

Στο στάδιο αυτό, γίνεται μια αναδιάταξη των bytes για προστασία από την επιρροή των λαθών. Στην περίπτωση που έχουμε λανθασμένα bytes τότε είναι πιθανό τα bytes αυτά να είναι περισσότερα από όσα μπορεί να διορθώσει ο κώδικας διόρθωσης λαθών Reed-Solomon. Αν όμως κάνουμε μια αναδιάταξη των bytes έτσι ώστε γειτονικά bytes κατά τη μετάδοση να ανήκουν σε διαφορετικά πακέτα, τότε τα λανθασμένα bytes θα κατανεμηθούν και θα είναι πιο εύκολη η διόρθωσή τους. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τον παρακάτω τρόπο: 12 κλάδοι συνδέονται κυκλικά στο ρεύμα εισόδου με ένα μεταγωγέα. Κάθε κλάδος είναι ένας καταχωρητής ολίσθησης FIFO (First-In,First-out) με βάθος $17*j$ κύτταρα όπου j ο αριθμός του κλάδου. Κάθε κύτταρο περιέχει ένα byte και οι μεταγωγείς εισόδου και εξόδου είναι συγχρονισμένοι. Για λόγους συγχρονισμού τα bytes συγχρονισμού οδηγούνται πάντα στον κλάδο 0.

4.2.5 Εσωτερικός Κωδικοποιητής

Μετά την εξωτερική κωδικοποίηση ακολουθεί το δεύτερο επίπεδο διόρθωσης λαθών μέσω της τεχνικής συνελκτικής κωδικοποίησης (Convolutional Coding), που ουσιαστικά στοχεύει στην αύξηση της απόδοσης της κωδικοποίησης Reed-Solomon. Ο λόγος για τον οποίο απαιτείται αποδοτικότερη προστασία έναντι στα σφάλματα είναι ότι στα κανάλια μετάδοσης, η ποιότητα των σημάτων μεταβάλλεται και είναι δυνατόν ένας μεγάλος αριθμός από δυαδικά ψηφία, ο οποίος υπερβαίνει τη δυνατότητα διόρθωσης της κωδικοποίησης Reed-Solomon, να υποστεί αλλοίωση όπως για παράδειγμα να υπάρξει ένα πιθανό χτύπημα κεραυνού ή ακόμα και από διάφορες «γειτονικές» παρεμβολές από ηλεκτρικές συσκευές. Η προστασία του κάθε πακέτου μετάδοσης από τέτοιου είδους αλλοιώσεις δεν είναι ιδιαίτερα οικονομική, εφόσον αυτά δε συμβαίνουν αρκετά συχνά. Σε αυτήν την περίπτωση εφαρμόζεται συνελκτική κωδικοποίηση, σύμφωνα με την οποία τα δεδομένα αφού κωδικοποιηθούν με τη μέθοδο Forward Error Correction - FEC, τροφοδοτούνται σε μια μνήμη RAM και μεταδίδονται αναδιαταγμένα. Με τη χρήση μιας δεύτερης μνήμης RAM κατά τη λήψη, τα δεδομένα τοποθετούνται στην αρχική τους δομή. Το αποτέλεσμα της κωδικοποίησης είναι το συναρμολόγημα των δυαδικών ψηφίων που έχουν υποστεί σφάλμα να μετατρέπεται σε έναν μεγάλο αριθμό ενιαίων εσφαλμένων συμβόλων, τα οποία είναι εύκολα διορθώσιμα. Στο συρμό δεδομένων εφαρμόζεται ένας συνελκτικός κώδικας που βασίζεται σε ρυθμό $1/2$ και μήκος 7. Ο συνελκτικός αυτός κώδικας, ανάλογα με το ρυθμό του, παράγει περισσότερα bits από τα αρχικά αλλά δίνει τη δυνατότητα διόρθωσης τόσων bits όσο είναι η παράμετρος d . Το σύστημα επιτρέπει συνελκτικούς κώδικες με ρυθμούς $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$ και $7/8$.



Σχ. 4.6 Τυχαιοποίηση δεδομένων

4.2.6 Εσωτερικός Διεπλοκέας (Interleaver)

Δεν υπάρχει μόνο ο εξωτερικός interleaver, αλλά υπάρχει και ο εσωτερικός interleaver, στο οποίο οι ακολουθίες των δεδομένων αναδιατάσσονται και πάλι με μοναδικό στόχο να μειωθεί η επιρροή των λαθών. Στην περίπτωση μη-ιεραρχικού τρόπου λειτουργίας, η μοναδική ροή bits, διασπάται σε v ροές, όπου το $v=2$ για το QPSK, $v=4$ για το 16-QAM, και $v=6$ για το 64-QAM. Στην περίπτωση ιεραρχικού τρόπου λειτουργίας, η ροή υψηλής προτεραιότητας χωρίζεται σε 2 ροές, και η ροή χαμηλής προτεραιότητας σε $v-2$.

4.2.7 Χαρτογραφητής - Mapper

Σε ένα πλαίσιο OFDM όλα τα φέροντα διαμορφώνονται είτε με Ορθογώνια Μεταλλαγή Ολίσησης Φάσης (Quadrature Phase Shift Keying - QPSK), είτε με Ορθογώνια Διαμόρφωση κατά Πλάτος (Quadrature Amplitude Modulation - QAM). Οι αστερισμοί διαφοροποιούνται από τον παράγοντα διαμόρφωσης α , ο οποίος ορίζεται ως :

$$\alpha = \frac{\text{ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο σημεία του αστερισμού που φέρουν διαφορετικές τιμές bits υψηλής προτεραιότητας}}{\text{ελάχιστη απόσταση ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε σημεία του αστερισμού}}$$

Σχ. 4.7 Ο λόγος του παράγοντα διαμόρφωσης α

Ανάλογα με το είδος διαμόρφωσης που επιλέγεται για να διαμορφωθούν οι φέρουσες του OFDM, το ρυθμό εσωτερικής κωδικοποίησης και το διάστημα προστασίας, μεταβάλλεται και ο ρυθμός μετάδοσης που επιτυγχάνεται.

- **QPSK:** Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται κυμαίνονται από 5Mbps — 10Mbps

- **16 - QAM:** Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται κυμαίνονται από 10 Mbps – 21Mbps.
- **64 - QAM:** Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται κυμαίνονται από 14 Mbps – 31Mbps.

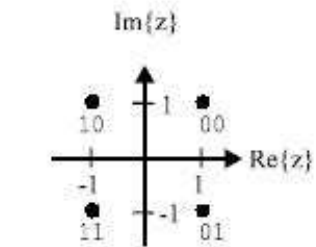
Παρατηρούμε ότι στις παραπάνω διαμορφώσεις υπάρχει μία διακύμανση των ρυθμών μετάδοσης, αυτό ουσιαστικά οφείλεται στην επιλογή του code rate και του guard interval.

Διαμόρφωση	Ρυθμός κωδικοποίησης	Διάστημα φύλαξης			
		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
	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
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
	7/8	17.42	19.35	20.49	21.11
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

Σχ. 4.8 Διαθέσιμοι ρυθμοί μετάδοσης για σύστημα DVB-T σε κανάλι 8 MHz

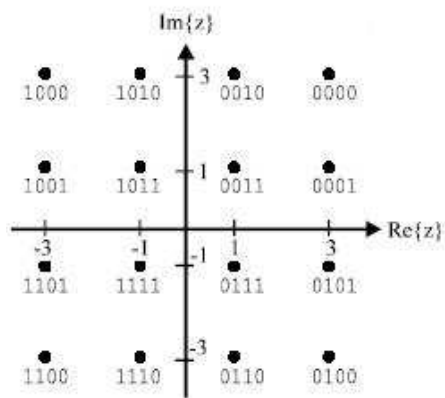
Στο παραπάνω σχήμα (Σχ. 4.8) περιγράφονται ο χρήσιμος ρυθμός μετάδοσης bit (Mbps) για όλους τους συνδυασμούς διαστήματος φύλαξης, διαμόρφωσης υπό-φέροντος και ρυθμού κώδικα για μη ιεραρχικά συστήματα με 8 MHz κανάλια. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του διαύλου όπως: χαρακτηριστικά εδάφους και χρησιμοποίηση φάσματος από άλλες υπηρεσίες, προκύπτει με βάση τον παραπάνω σχήμα ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων.

Παρακάτω παρατίθενται οι ακριβείς τιμές των σημείων των αστερισμών $z \in \{n+mj\}$ και ο αντίστοιχος αστερισμός.



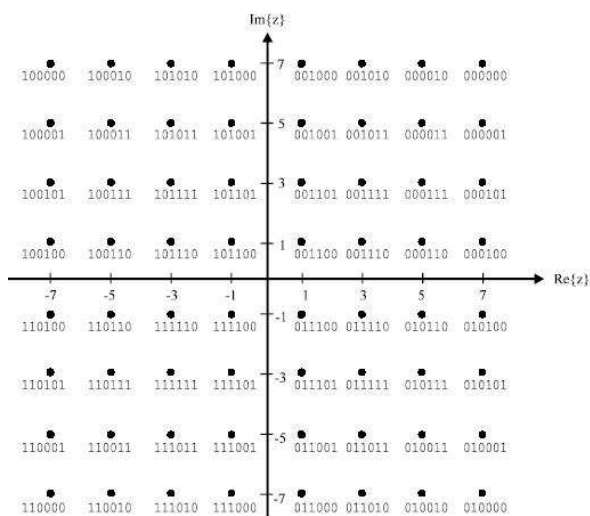
$$n \in \{-1, 1\}, m \in \{-1, 1\}$$

Σχ. 4.9 QPSK (με $\alpha=1$)



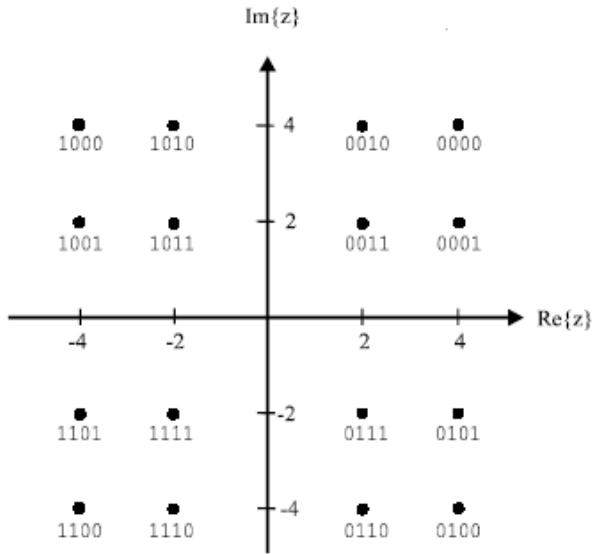
$$n \in \{-3, -1, 1, 3\}, m \in \{-3, -1, 1, 3\}$$

Σχ. 4.10 Ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=1$)



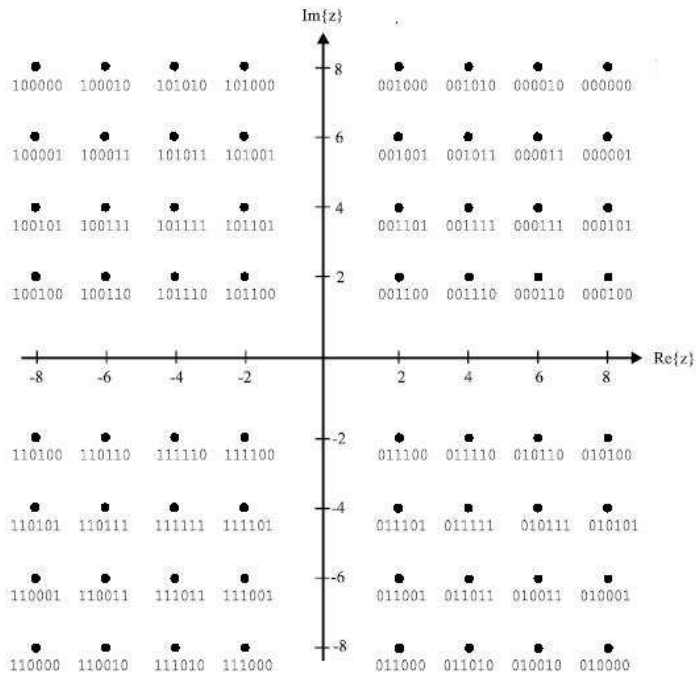
$$n \in \{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}, m \in \{-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7\}$$

Σχ. 4.11 Ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=1$)



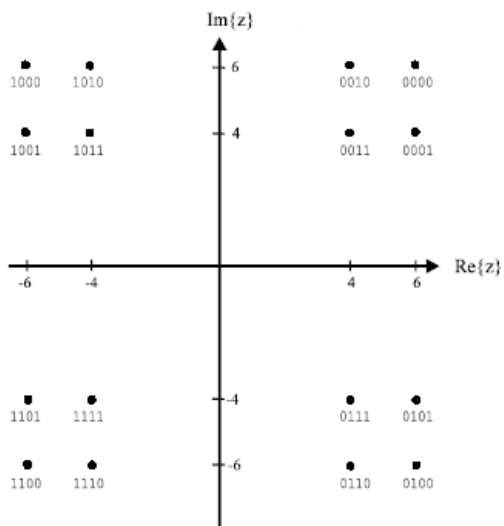
$$n \in \{-4, -2, 2, 4\}, m \in \{-4, -2, 2, 4\}$$

Σχ. 4.12 Μη Ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=2$)



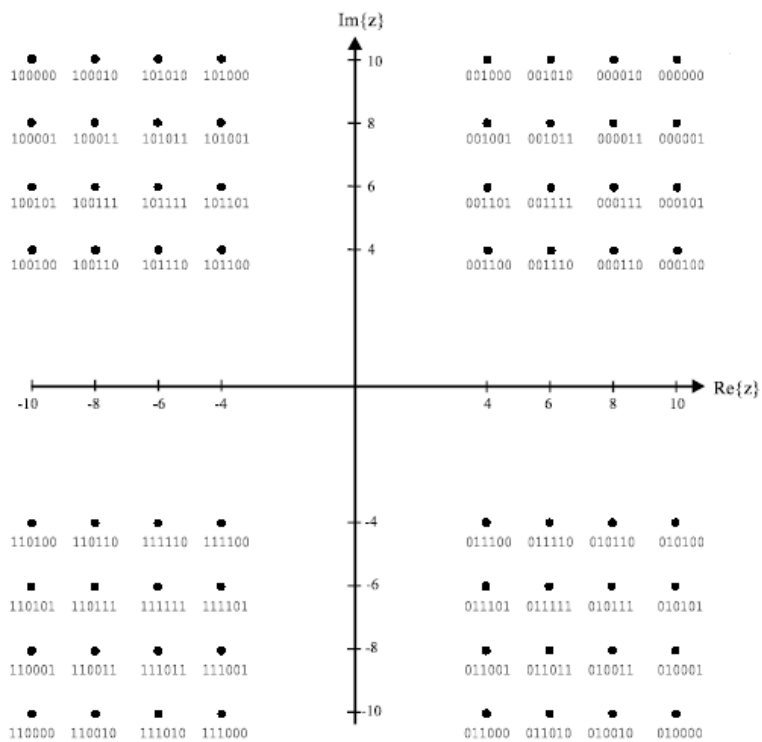
$$n \in \{-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8\}, m \in \{-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8\}$$

Σχ. 4.13 Μη Ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=2$)



$$n \in \{-6, -4, 4, 6\}, m \in \{-6, -4, 4, 6\}$$

Σχ. 4.14 Μη Ομοιόμορφη 16-QAM (με $\alpha=4$)



$$n \in \{-10, -8, -6, -4, 4, 6, 8, 10\}, m \in \{-10, -8, -6, -4, 4, 6, 8, 10\}$$

Σχ. 4.15 Μη Ομοιόμορφη 64-QAM (με $\alpha=4$)

4.2.8 Προσαρμογή πλαισίου

Από τα παραπάνω μιγαδικά σύμβολα δημιουργούνται block σταθερού μήκους 1512, 3024, ή 6048 σύμβολα ανά block. Συνεπώς, 68 blocks αποτελούν ένα πλαίσιο, και ένα υπέρ-πλαίσιο αποτελείται από 4 πλαίσια.

4.2.9 Πιλοτικά Σύμβολα και TPS σήματα

Εκτός από τα δεδομένα που εκπέμπονται, στα blocks εισάγονται και κάποια επιπλέον σήματα με μία επιπλέον πληροφορία για τον δέκτη για κάποιες παραμέτρους της εκπομπής. Η πληροφορία με τις παραμέτρους αυτές είναι:

- Η διαμόρφωση και η τιμή του α .
- Η επιλογή ιεραρχικού ή μη ιεραρχικού τρόπου μετάδοσης.
- Το διάστημα διαφύλαξης (guard interval).
- Οι εσωτερικοί ρυθμοί μετάδοσης.
- Ο τρόπος μετάδοσης (2K ή 8K).
- Ο αριθμός του πλαισίου στο υπέρ-πλαίσιο.
- Η ταυτοποίηση κελιού.

Οι πληροφορίες αυτές στέλνονται αναφορικά στο επόμενο πλαίσιο από αυτό που τις μεταφέρει και με σκοπό να ενημερώνεται ο δέκτης για τυχούσες αλλαγές στις παραπάνω παραμέτρους, δεδομένου ότι τις αρχικές τους τιμές τις γνωρίζει.

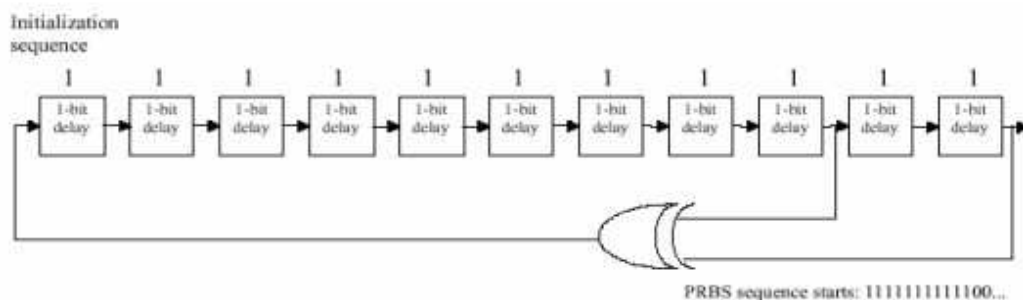
Οι παράμετροι αυτοί για ένα κανάλι 8 MHz και για τους τρόπους λειτουργίας 2K OFDM και 8K OFDM φαίνονται στον παρακάτω Σχήμα (Σχ.4.16) :

Παράμετρος	8K-mode	2K-mode
Πλήθος υποκαναλιών K	6817	1705
Χρήσιμη διάρκεια συμβόλου (T_u)	896μs	224μs
Απόσταση διαδοχικών φερόντων ($\Delta f = 1/T_u$)	= 1116Hz	= 4464Hz
Συνολικό εύρος ζώνης (K/T_u)	= 7.61MHz	= 7.61MHz

Σχ. 4.16 Τιμές παραμέτρων καναλιού 8MHz για τους 2k και 8k τρόπους λειτουργίας

Τα πιλοτικά σύμβολα διαμορφώνονται με πληροφορίες αναφοράς, η εκπεμπόμενη τιμή των οποίων είναι γνωστή στο δέκτη και το επίπεδο ενέργειας τους είναι μεγαλύτερο από αυτό των σημάτων - δεδομένων. Ο αριθμός των χρήσιμων φερόντων δεδομένων είναι 1512 για 2K OFDM και 6048 για 8K OFDM. Η τιμή για την πληροφορία που μεταδίδεται από τους διασκορπισμένους και τους συνεχόμενους πιλότους προέρχεται από μια ψευδό-τυχαία δυαδική ακολουθία (Pseudo Random Binary Sequence – PRBS). Η ακολουθία αυτή αρχικοποιείται με τέτοιον τρόπο ώστε το πρώτο bit εξόδου να αντιστοιχεί στο πρώτο ενεργό φέρον, ενώ παράγεται τιμή για κάθε φέρον ανεξαρτήτως αν είναι πιλότος ή όχι.

Το πολυώνυμο της ψευδό-τυχαίας δυαδικής ακολουθίας είναι το: $x^{11} + x^2 + 1$



Σχ. 4.17 Διάγραμμα γεννήτριας ψευδό-τυχαίας ακολουθίας

Στο παραπάνω σχήμα (Σχ. 4.17) περιγράφεται το διάγραμμα γεννήτριας ψευδό-τυχαίας ακολουθίας και παρακάτω στο σχήμα (Σχ. 4.18) περιγράφεται η διάρκεια OFDM συμβόλου και κυκλικού προθέματος για το πρότυπο DVB-T.

Παράμετρος	8K-mode			
Διάστημα φύλαξης (Δ/T_u)	1/4	1/8	1/16	1/32
Χρήσιμη διάρκεια συμβόλου (T_u)	8192 x T = 896μs			
Διάρκεια διαστήματος φύλαξης (Δ)	2048 x T=224μs	1024 x T=112μs	512 x T=56μs	256 x T=28μs
Συνολική διάρκεια συμβόλου ($T_s = \Delta + T_u$)	10240 x T=1120μs	9216 x T=1008μs	6704 x T=952μs	8448 x T=924μs
Παράμετρος	2K-mode			
Διάστημα φύλαξης (Δ/T_u)	1/4	1/8	1/16	1/32
Χρήσιμη διάρκεια συμβόλου (T_u)	2048 x T = 224μs			
Διάρκεια διαστήματος φύλαξης (Δ)	512 x T=56μs	256 x T=28μs	128 x T=14μs	64 x T=7μs
Συνολική διάρκεια συμβόλου ($T_s = \Delta + T_u$)	2560 x T=280μs	2304 x T=252μs	2176 x T=238μs	2112 x T=231μs

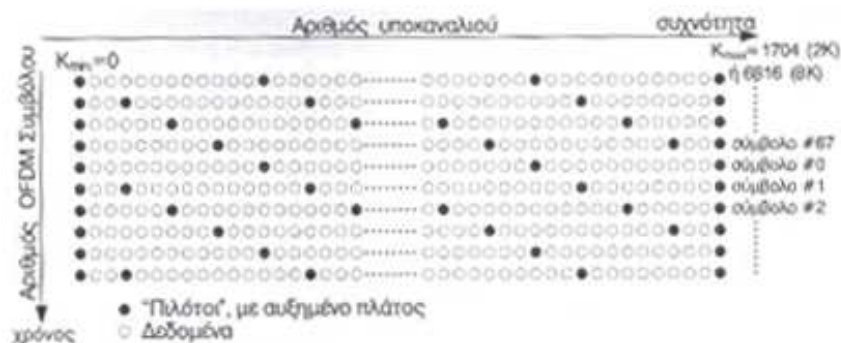
Σχ. 4.18 Διάρκεια OFDM συμβόλου και κυκλικού προθέματος στο DVB-T

Εκτός από τα διασπαρμένα σύμβολα-πλότους, υπάρχουν και τα συνεχή σύμβολα-πλότοι, τα οποία τοποθετούνται στο ίδιο υπό-kanάλι για όλα τα OFDM σύμβολα. Χρησιμοποιούνται 177 (45) συνεχή σύμβολα-πλότοι στον ρυθμό 8k (2k), τοποθετημένα σε θέσεις που ορίζονται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 4.19)

Θέσεις συνεχών συμβόλων-πιλότων (index number k)								
2K mode								
0	48	54	87	141	156	192	201	255
279	282	333	432	450	483	525	531	618
636	714	759	765	780	804	873	888	918
939	942	969	984	1050	1101	1107	1110	1137
1140	1146	1206	1269	1323	1377	1491	1683	1704
8K mode								
0	48	54	87	141	156	192	201	255
279	282	333	432	450	483	525	531	618
636	714	759	765	780	804	873	888	918
939	942	969	984	1050	1101	1107	1110	1137
1140	1146	1206	1269	1323	1377	1491	1683	1704
1752	1758	1791	1845	1860	1896	1905	1959	1983
1986	2037	2136	2154	2187	2229	2235	2322	2340
2418	2463	2469	2484	2508	2577	2592	2622	2643
2646	2673	2688	2754	2805	2811	2814	2841	2844
2850	2910	2973	3027	3081	3195	3387	3408	3456
3462	3495	3549	3564	3600	3609	3663	3687	3690
3741	3840	3858	3891	3933	3939	4026	4044	4122
4167	4173	4188	4212	4281	4296	4326	4347	4350
4377	4392	4458	4509	4515	4518	4545	4548	4554
4614	4677	4731	4785	4899	5091	5112	5160	5166
5199	5253	5268	5304	5313	5367	5391	5394	5445
5544	5562	5595	5637	5643	5730	5748	5826	5871
5877	5892	5916	5985	6000	6030	6051	6054	6081
6096	6162	6213	6219	6222	6249	6252	6258	6318
6381	6435	6489	6603	6795	6816			

Σχ. 4.19 Υπό-κάναλια που περιέχουν συνεχή σύμβολα-πιλότους

Η δομή του εκπεμπόμενου πλαισίου, μετά την εισαγωγή των συμβόλων-πιλότων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 4.20)



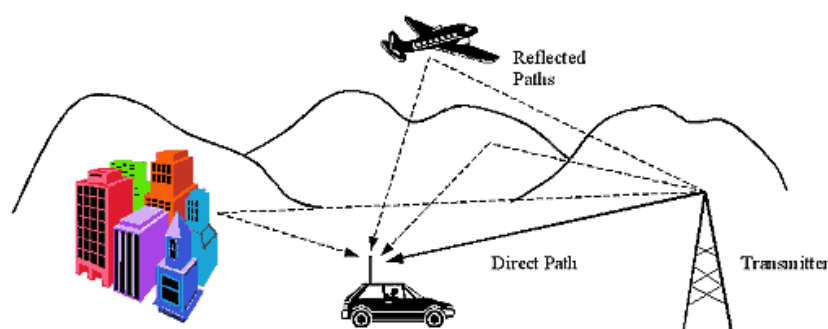
Σχ. 4.20 Δομή πλαισίου

4.2.10 Διαμορφωτής OFDM

Το DVB-T υποστηρίζει 3 διαφορετικά OFDM modules. Η ακολουθία των blocks διαμορφώνεται σύμφωνα με την OFDM τεχνική, χρησιμοποιώντας 2048, 4046 ή 8192 φορείς με 2k, 4k, και 8k αντίστοιχα. Περισσότερες φέρουσες ισοδυναμούν με περισσότερη μεταδιδόμενη πληροφορία αλλά το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι δημιουργούν επισφαλείς συνθήκες διάδοσης κυρίως ως προς τη διατήρηση της ορθογωνιότητας στο δέκτη.

4.2.11 Εισαγωγή Guard Interval

Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα του δέκτη, κάθε OFDM block επεκτείνεται αντιγράφοντας στην αρχή του, το τέλος του (κυκλικό πρόθεμα). Το μήκος αυτών των guard intervals μπορεί να είναι $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ του αρχικού μήκους του block. Ουσιαστικά το Guard Interval, επιτρέπει την λειτουργία της DTT σε μονοσυχνотικό δίκτυο και την κάνει αρκετά ανεκτική σε ανακλάσεις.



Σχ. 4.21 Το Guard Interval

4.2.12 Μετατροπέας Ψηφιακού σε Αναλογικό (DAC)

Είναι το τελικό στάδιο, στο οποίο το ψηφιακό σήμα μετατρέπεται σε αναλογικό σήμα.

4.3 Ιεραρχικός και μη-ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας

Στο σύστημα DVB-T μπορεί να επιλεγεί είτε ο ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας, είτε ο μη ιεραρχικός τρόπος. Οι συρμοί των δεδομένων μπορεί να είναι ένας (μη ιεραρχικός) ή δύο (ιεραρχικός). Στην δεύτερη περίπτωση, ένας διαχωριστής (splitter) επιτρέπει το διαχωρισμό σε δύο συρμούς MPEG, ο ένας εκ των οποίων θεωρείται υψηλής προτεραιότητας, και ο άλλος χαμηλής. Και οι δύο συρμοί στη συνέχεια εισέρχονται στον mapper και στον διαμορφωτή.

Η παραπάνω δυνατότητα προσφέρει περισσότερες επιλογές στο παρεχόμενο σήμα. Για παράδειγμα, είναι δυνατόν να μεταδίδεται μια χαμηλού ρυθμού μετάδοσης (bit-rate) και χειρότερης ποιότητας βασική έκδοση του προγράμματος ως υψηλής προτεραιότητας συρμός, και μια έκδοση πολύ υψηλής ποιότητας και μεγάλου bit-rate ως χαμηλής προτεραιότητας. Σε διαφορετική περίπτωση, μπορούν να μεταδίδονται διαφορετικά προγράμματα ποικίλων επιπέδων ποιότητας. Πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι ο δέκτης δεν χρειάζεται δύο set αποκωδικοποιητών, de-interleavers, αποπολυπλεκτών αλλά μόνο ένα, με την προϋπόθεση ότι ο αποδιαμορφωτής να έχει τη δυνατότητα επιλογής ενός από τους δύο εισερχόμενους συρμούς δεδομένων.

4.3.1 Μη-ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας

Στην περίπτωση αυτή, όλα τα πακέτα MPEG περνούν από τα ίδια στάδια κωδικοποίησης και interleaving και χαρτογραφούνται στο κατάλληλο διάγραμμα αστερισμού. Χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου μετάδοσης αποτελεί το γεγονός ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ο καθολικός παράγοντας διαμόρφωσης ($\alpha=1$). Αυτό ισχύει διότι, εφόσον όλα τα πακέτα υποβάλλονται στην ίδια διαδικασία θα είναι εξίσου αδρά, και μετά το interleaving δεν θα υπάρχει δυνατότητα καθορισμού συγκεκριμένης θέσης κάποιων bits στο διάγραμμα αστερισμού. Επομένως δεν υπάρχει κανένας λόγος χρησιμοποίησης άλλου παράγοντα πλην του παραπάνω ($\alpha=1$). Πρέπει να διευκρινιστεί ότι η χρήση αυτής της μεθόδου δεν σημαίνει ότι εκπέμπεται μόνο ένα πρόγραμμα. Σε ένα σήμα OFDM, δηλαδή σε ένα κανάλι, μπορεί να μεταδίδεται είτε ένα, αν για παράδειγμα απαιτείται μεγάλος ρυθμός μετάδοσης ή μεγάλη περιοχή κάλυψης, είτε περισσότερα εφόσον πληρούνται οι απαιτήσεις χωρητικότητας, δεδομένου του ρυθμού μετάδοσης. Τότε η χωρητικότητα του

καναλιού μοιράζεται στα διάφορα προγράμματα. Αυτό που πρέπει να γίνει από την πλευρά του δέκτη, είναι μετά την αναδιαμόρφωση μέσω ενός αποπολυπλέκτη που υπάρχει για αυτόν ακριβώς τον λόγο, να αναγνωρίζεται σε ποιο πρόγραμμα ανήκει το κάθε λαμβανόμενο πακέτο MPEG.

4.3.2 Ιεραρχικός τρόπος λειτουργίας

Το σύστημα DVB-T, με τον ιεραρχικό τρόπο μετάδοσης επιτρέπει την επιλογή ανάμεσα στην ταυτόχρονη μετάδοση (simulcast) και την πολύ-προγραμματική (multi-program). Και στις δύο περιπτώσεις εκπέμπεται μια πολύπλεξη υπηρεσιών σε δύο ανεξάρτητα κανάλια, καθένα από τα οποία έχει διαφορετική προστασία.

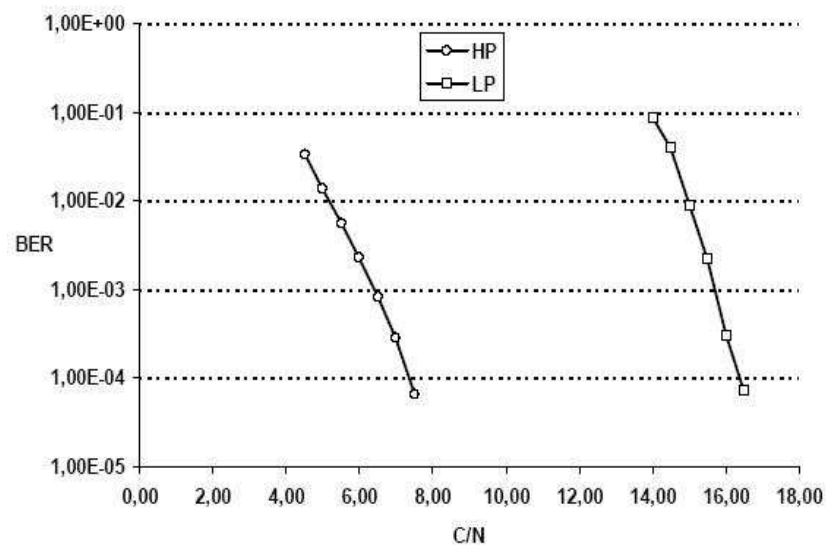
4.3.2.1 Simulcast

Με αυτόν τον τρόπο μετάδοσης ένα ή περισσότερα προγράμματα μεταφέρονται πανομοιότυπα από τους δύο συρμούς δεδομένων MPEG, ο ένας με μικρό ρυθμό μεταφοράς και ο άλλος με μεγάλο ρυθμό μεταφοράς. Ο δέκτης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στους δύο, και αυτό γίνεται ανάλογα με τις συνθήκες λήψης.

Ο πρώτος συρμός, είναι ο συρμός δεδομένων υψηλής προτεραιότητας. Αποτελεί και τον βασικό ρυθμό διότι πρέπει να είναι δυνατή η λήψη του κάτω από δύσκολες συνθήκες κάλυψης, όπως για παράδειγμα στα όρια της καλυπτόμενης περιοχής. Πρέπει να εξασφαλίζεται μεγάλη ανθεκτικότητα, δηλαδή όσο το δυνατόν καλύτερο BER - Bit Error Rate σε μικρές τιμές του λόγου φέροντος προς θόρυβο (C/N) κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Έτσι με αυτό τον τρόπο παρέχεται η απλά απαιτούμενη ποιότητα εικόνας, με υψηλή προστασία λαθών, μεγάλο ποσοστό πλεονάζουσας πληροφορίας με ρυθμό κωδικοποίησης 1/2 ή 2/3. Αυτά τα bits χαρτογραφούνται στα τέσσερα τεταρτημόρια με παράγοντα $a > 1$ σε διαμόρφωση QPSK.

Ο δεύτερος συρμός, είναι ο συρμός δεδομένων χαμηλής προτεραιότητας. Ο συρμός αυτός περιέχει το ίδιο ακριβώς πρόγραμμα, με την μόνη διαφορά ότι προκύπτει από διαφορετική διαδικασία κωδικοποίησης. Εισέρχονται λιγότερα bits προστασίας λαθών, με το ποσοστό των bits πληροφορίας να γίνεται μεγαλύτερο.

Έτσι, προσφέρεται πολύ καλή ποιότητα εικόνας, απαιτώντας όμως μεγάλο λόγο φέροντος προς θόρυβο για να είναι εφικτή η λήψη, δηλαδή καλές συνθήκες λήψης.



Σχ. 4.22 Απαιτήσεις C/N των δύο συρμών

Στον παραπάνω σχήμα (Σχ. 4.22) είναι ένα διάγραμμα το οποίο δείχνει την απόδοση ενός συστήματος με παράγοντα διαμόρφωσης $a=2$, διαμόρφωση QPSK για τον συρμό υψηλής προτεραιότητας με ρυθμό κωδικοποίησης 2/3, 16-QAM για τον συρμό χαμηλής προτεραιότητας με ρυθμό κωδικοποίησης 3/4. Στο σχήμα διακρίνεται ότι ο συρμός χαμηλής προτεραιότητας απαιτεί μεγαλύτερο λόγο φέροντος προς θόρυβο (C/N) για να επιτευχθούν συγκεκριμένες τιμές BER από ότι αυτός της υψηλής προτεραιότητας.

Το πλεονέκτημα αυτού του τρόπου μετάδοσης είναι το γεγονός πως ο δέκτης, με ένα μόνο σύστημα από-διαμόρφωσης και από-κωδικοποίησης μπορεί να επιλέγει ανάμεσα στους δύο συρμούς MPEG ανάλογα με τις συνθήκες λήψης. Το μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι δυνατή η απευθείας μετάβαση από τον ένα συρμό στον άλλο ενώ μεταδίδονται εικόνα και ήχος. Είναι απαραίτητη μία παύση της τάξης του 0.5 δευτερολέπτου για το video και 0.2 δευτερόλεπτα για τον ήχο, μέχρι οι διάφοροι αποκωδικοποιητές να διαμορφωθούν ξανά και να «κλειδώσουν» στον άλλο συρμό.

4.3.2.2 Multi-program

Ο συρμός χαμηλής προτεραιότητας μπορεί να περιέχει αντί για το ίδιο ακριβώς πρόγραμμα όπως στον simulcast τρόπο λειτουργίας, ένα ή περισσότερα διαφορετικά προγράμματα. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, απλά σε συνθήκες καλής κάλυψης ο συρμός χαμηλής προτεραιότητας θα προσφέρει στον δέκτη περισσότερες επιλογές από άποψη προγράμματος. Από εκεί και πέρα, είναι στην ευχέρεια του οργανισμού που κάνει τη μετάδοση να επιλέξει τον τρόπο λειτουργίας που πρέπει ανάλογα με το είδος του δικτύου που είναι διαθέσιμο, την επιθυμητή κάλυψη αλλά και φυσικά τις ανάγκες του κοινού από πλευράς προγράμματος.

5. ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-T2

5.1 Γενικά

Η δεύτερη φάση του DVB Project για τα συστήματα 2^{ης} γενιάς ήρθε σταδιακά και για όλα σχεδόν τα πρότυπα, μεταξύ όπως: το DVB-S2, το DVB-C2, το DVB-SH, μεταξύ αυτών ήρθε και η 2^η φάση για το πρότυπο DVB-T. Έτσι λοιπόν τον Ιούνιο του 2008, μία επίσημη ομάδα μελέτης ονομάστηκε Technical Module on Next Generation DVB-T - TM - T2 από τον οργανισμό DVB, ώστε να αναπτύξει ένα προηγμένο σύστημα διαφοροποίησης που θα μπορούσε να εγκριθεί από μία 2^η γενιά συστήματος επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης, με όνομα DVB-T2.

Σύμφωνα με τις εμπορικές απαιτήσεις και πρόσκληση για τις τεχνολογίες, εκδόθηκε τον Απρίλιο του 2007. Η πρώτη φάση του προτύπου DVB-T2 θα αφιερωθεί στην παροχή βέλτιστη υποδοχή για σταθερούς και φορητούς δέκτες.

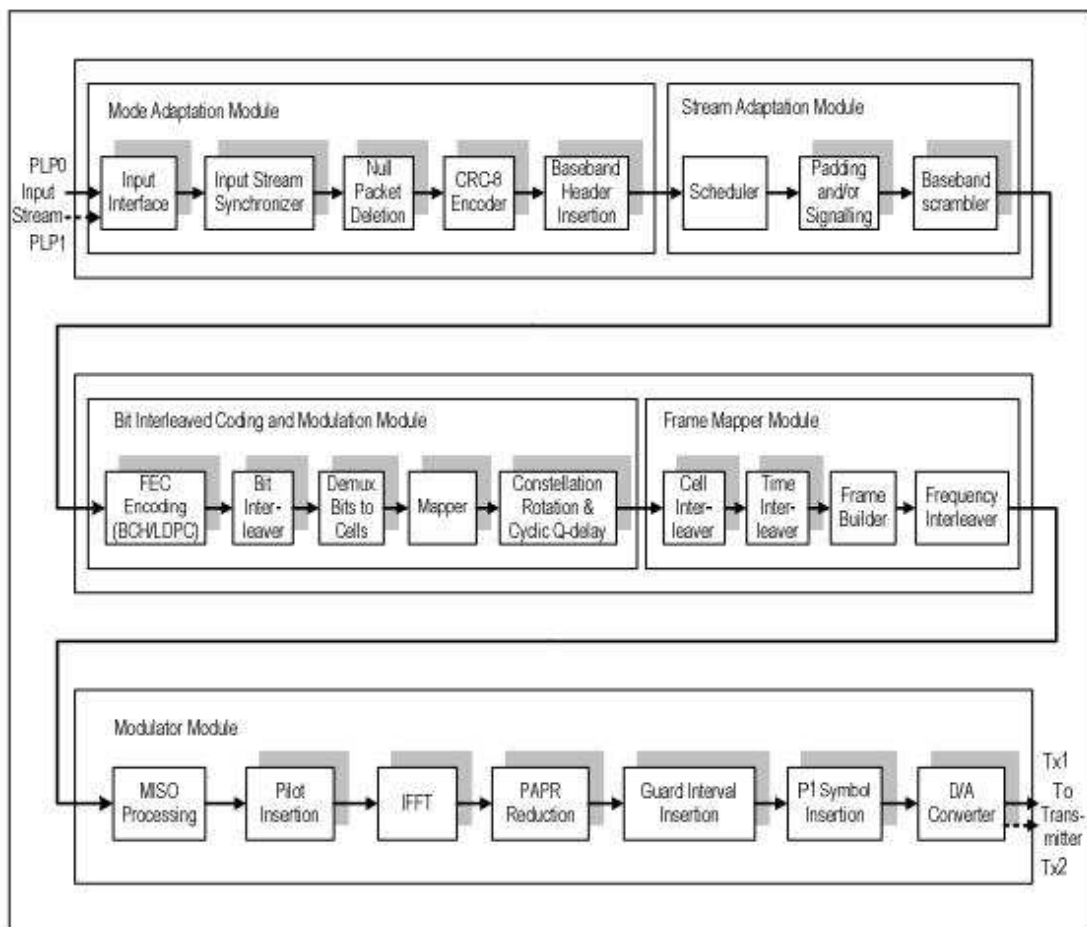
5.2 Επισκόπηση Απαιτήσεων

Ακόμα και αν έχουν περάσει αρκετά χρόνια από τότε που το πρότυπο DVB-T δημοσιεύτηκε (Μάρτιο του 1997), αποτελεί σήμερα το πιο ευρέως διαδιδόμενο και χρησιμοποιούμενο πρότυπο στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, όμως στην παρούσα φάση ένα νέο πρότυπο της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης φαίνεται να είναι αναγκαίο για την κάλυψη των αναγκών των ραδιοηλεκτρονικών του 21ου αιώνα. Τα κίνητρα των ερευνητών προς την κατεύθυνση αυτή ήταν να αναπτύξουν ένα αναβαθμισμένο πρότυπο σε σχέση με το DVB-T γνωστό ως DVB-T2. Αποτελεί τον διάδοχο του προτύπου DVB-T και έτσι κληρονομεί πολλά χαρακτηριστικά του προκατόχου του (DVB-T) και προσθέτει πολλά ακόμα επιπλέον. Το νέο πρότυπο DVB-T2, πρέπει να αναπτυχθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συμβατό με το προηγούμενο πρότυπο DVB-T, για την επαναχρησιμοποίηση των υφιστάμενων υποδομών δέκτη και εγκαταστάσεις του παλαιού προτύπου. Ο πρωταρχικός στόχος του συγκεκριμένου προτύπου είναι η αύξηση της παραγωγικής ικανότητας σε σύγκριση με το DVB-T, παρέχοντας κατά αυτό τον τρόπο παράλληλα υπηρεσίες σε σταθερές και φορητές συσκευές. Πέραν αυτών θα πρέπει να βελτιώσει, την απόδοση σε ενιαία δίκτυα

συχνότητων. Ένας επιπλέον στόχος είναι να συμπεριλάβει ορισμένες τεχνικές για να μειώσει το Peak to Average Power Ratio - PAPR, προκειμένου να μειωθεί το κόστος της μετάδοσης, ενώ θα πρέπει να παρέχει ευελιξία στο εύρος ζώνης και στις συχνότητες μαζί με τον μηχανισμό για την παροχή συγκεκριμένων υπηρεσιών.

5.3 Η Αρχιτεκτονική του Συστήματος

Ένα γενικό διάγραμμα του DVB-T2 συστήματος περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα. (Σχ.5.1). Στο σύστημα αυτό μπορεί να υπάρχουν πολλαπλά αντίγραφα στις υποενότητες, ανάλογα με τον αριθμό των Physical Layer Pipes – PLPs που εκπροσωπούνται από τις σκιές (shadows) που είναι πίσω από τις υποενότητες (sub-modules).



Σχ. 5.1 Διάγραμμα του συστήματος DVB-T2

Η είσοδος του συστήματος μπορεί να είναι μία ή περισσότερες ροές μεταφορών ή γενικές ροές λαμβάνοντας υπόψη ότι στην έξοδο του συστήματος μπορεί να είναι ένα ή περισσότερα OFDM σήματα, ώστε να εκπέμπουν σε RF - Radio Frequency κανάλια. Το σχηματικό διάγραμμα του συστήματος έχει αρκετά μεγάλες ενότητες και συγκεκριμένα περιλαμβάνει: το Mode Adaptation, το Stream Adaptation, το Bit Interleaved Coding και Modulation, το Frame Mapper και τέλος το Modulator Module. Κάθε μία ενότητα από αυτές έχει μια σειρά από υποενότητες προκειμένου να διενεργεί η κάθε μία συγκεκριμένα καθήκοντα.

5.4 Χαρακτηριστικά του Συστήματος

Τα χαρακτηριστικών του συστήματος DVB-T2 παρουσιάζονται παρακάτω όπως αυτά συναντώνται ιεραρχικά στο σύστημα.

5.4.1 Mode Adaptation

Στην είσοδο του συστήματος DVB-T2, η διεπαφή εισόδου (Input Interface) μπορεί να έχει ένα προ-επεξεργαστή εισόδου με ροές μεταφορών (Transport Streams - TS) ή γενικές ροές ως εισροές. Στη συνέχεια, το εσωτερικό του προ-επεξεργαστή εισόδου (input preprocessor) μπορεί να διαχωρίσει τις υπηρεσίες του Transport Streams σε λογικές ροές δεδομένων που μεταφέρονται στη συνέχεια από μεμονωμένες PLP. Ακολούθως, το Mode Adaptation λειτουργεί μεμονωμένα σχετικά με το περιεχόμενο του κάθε PLP, με τεμαχισμό των πεδίων της ροής δεδομένων και προσθέτει μία baseband κεφαλίδα κατά την έναρξη του κάθε πεδίου. Οι ενότητες που απαρτίζουν της λειτουργίας του Mode Adaptation είναι η διασύνδεση των εισροών, και τρεις υποενότητες, οι οποίες είναι προαιρετικές, όπως το Input Stream Synchronizer, το Null Packet Deletion and Cyclic Redundancy Check-8 (CRC-8) Encoder, και τέλος το Baseband Header Insertion.

5.4.1.1 Input Interface

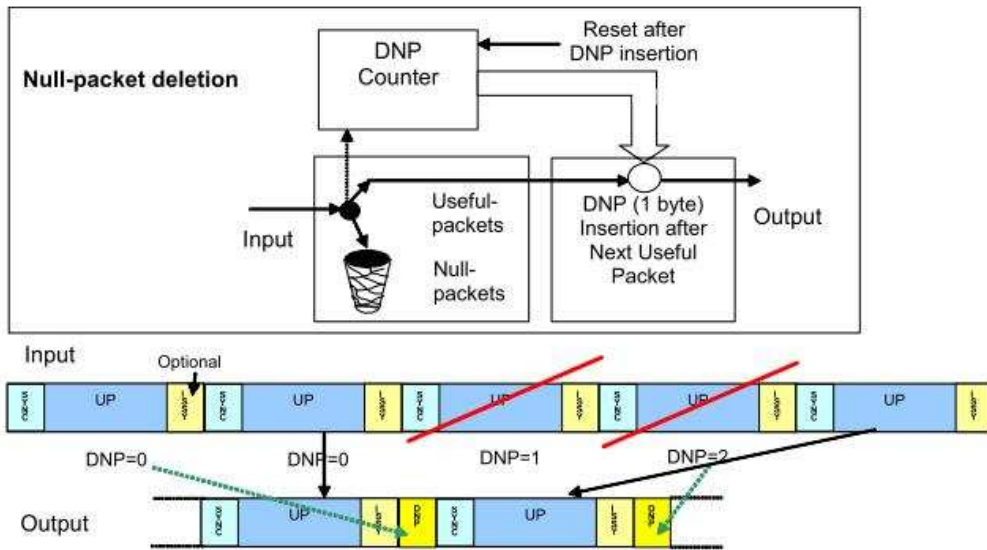
Το Input Interface δουλεύει μεμονωμένα σε κάθε PLP, και κύριο έργο της είναι να μετατρέψει την μορφή ηλεκτρικής εισροής (input electrical format) σε λογικής μορφής Bit (logical bit format). Με τον τρόπο αυτό δείχνει ότι το πρώτο bit που έλαβε είναι ως το πιο σημαντικό.

5.4.1.2 Input Stream Synchronization

Στόχος είναι να παρέχει συνεχή bit rate και σταθερή end to end καθυστέρηση μετάδοσης για κάθε μορφή εισαγωγής. Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει την επίδραση της μεταβλητής της καθυστέρησης μετάδοσης όπου μπορεί να έχουν τα δεδομένα εισόδου εξαιτίας της επεξεργασίας από το DVB-T2 modulator.

5.4.1.3 Null packet deletion

Τα άκυρα πακέτα (Null packets) ενδέχεται να υπάρχουν σε ορισμένα Transport Stream εισόδους σημάτων. Οι κανόνες των Transport Stream απαιτούν ότι το bit rate στην έξοδο του transmitter's multiplexer και κατά την είσοδο του receiver's de-multiplexer είναι σταθερά ως προς το χρόνο και η καθυστέρηση end-to-end, είναι επίσης και αυτή σταθερή. Σε αυτή την περίπτωση, ώστε να αποφεύγονται οι άσκοπες εναέριες μεταδόσεις τα Transport Stream null-packets προσδιορίζονται και μεταφέρονται. Η διαδικασία γίνεται αυτή με τέτοιο τρόπο ώστε τα αφαιρούμενα άκυρα πακέτα να μπορούν να εισαχθούν εκ νέου στο δέκτη στο ίδιο ακριβώς σημείο όπου ήταν αρχικά, εξασφαλίζοντας κατά αυτό τον τρόπο σταθερό bit rate και αποφεύγοντας την ανάγκη για χρονοβόρα ενημέρωση.



Σχ. 5.2 Σύστημα του Null-packet deletion

5.4.1.4 CRC-8 encoding

Το CRC-8 χρησιμοποιεί μία συστηματική 8bit κωδικοποίηση, με σκοπό να ανιχνεύσει τα λάθη τόσο σε επίπεδο πακέτου χρήστη όσο και σε επίπεδο της κεφαλίδας. Αργότερα η υπολογισμένη CRC-8 κωδικοποίηση προστίθεται μετά το πακέτο του χρήστη.

5.4.1.5 Baseband Header (BHeader) insertion

Αυτή η υποενότητα, διαλέγει 10 Byte βασική ζώνης (baseband) σε μορφή κεφαλίδας ανάλογα με τον κανονικό ή τον υψηλό τρόπο απόδοσης και το προσθέτει μπροστά από το πεδίο της βασικής ζώνης προκειμένου να αποσαφηνιστεί ο τύπος των δεδομένων.

5.4.2 Stream adaptation

Στο στάδιο αυτό, παίρνει μία επικεφαλίδα ευρείας ζώνης η οποία ακολουθείται από ένα πεδίο δεδομένων και δημιουργεί ένα πεδίο ευρείας ζώνης (baseband frame). Το Stream adaptation αποτελείται από τρεις υποενότητες: το

scheduler, το padding and/or signaling και το baseband scrambler. Οι τρεις αυτές υποενότητες περιγράφονται παρακάτω:

5.4.2.1 Scheduler

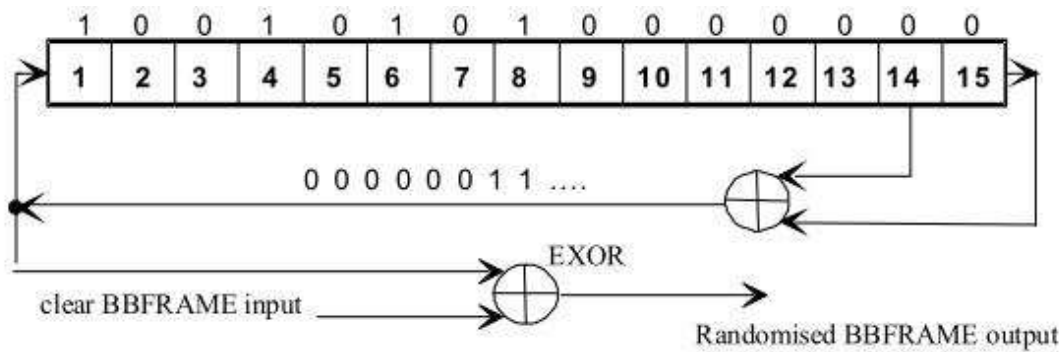
Το Scheduler μετράει τον αριθμό των Forward Error Correction – FEC πλαισίων, για κάθε PLP πλαίσιο του φυσικού επιπέδου και προωθεί την τιμή της καταμέτρησης αυτής για την εισαγωγή δεδομένων στην ζώνης σηματοδότησης (inband signaling data). Επίσης χρησιμοποιεί υποδιαιρεμένες φέτες αλλά και υπό-πλαίσια παραμέτρων προκειμένου να δημιουργήσει L1 δεδομένα σηματοδότησης (L1 – signaling data).

5.4.2.2 Padding and/or signaling

Στην περίπτωση όπου το πλαίσιο της ευρείας ζώνης έχει ανεπαρκή δεδομένα για να γεμίσουν ή έχει την απαίτηση να έχουν ακέραιο νούμερο από πακέτα των χρηστών, τότε με το padding χρησιμοποιείται για να προσθέσει μηδενικά bits μετά από το πεδίο των δεδομένων για να συμπληρώσει το πλαίσιο αυτό. Επιπρόσθετα, τα πεδία padding ασκούν πληροφορίες στην ζώνη σηματοδότησης όταν ο τρόπος της εισόδου είναι σε λειτουργία υψηλής απόδοσης.

5.4.2.3 Baseband scrambler

Ο κύριος σκοπός του είναι να διασφαλίσει ότι το ολοκληρωμένο πλαίσιο ευρείας ζώνης είναι τυχαιοποιημένο. Επιπρόσθετα, πρέπει να υπάρχει συγχρονισμός ανάμεσα στην τυχαιοποίηση της ακολουθίας (randomization sequence) και του πεδίου της ευρείας ζώνης (baseband frame). Το πολώνυμο της Ψευδό τυχαίας δυαδική ακολουθίας Pseudo Random Binary Sequence - PRBS γεννήτριας ορίζεται ως: $1 + X^{14} + X^{15}$



Σχ. 5.3 Πιθανή εκτέλεση του PRBS encoder

5.4.3 Bit interleaved coding and modulation

Το Bit interleaved coding and modulation – BICM παίρνει ένα πεδίο ευρείας ζώνης ως εισροή και παράγει μία έξοδο για το επόμενο πλαίσιο mapper module. Για την εκτέλεση αυτών των διεργασιών το BICM εκτελεί τα παρακάτω στάδια: την FEC κωδικοποίηση, το Bit Interleaving, το De-multiplexing bits to cells, το Mapper και τέλος το Constellation Rotation and Cyclic Q-delay. Όλα τα προαναφερθέντα περιγράφονται παρακάτω.

5.4.3.1 FEC encoding (BCH/LDPC)

Η Forward Error Correction – FEC κωδικοποίηση παίρνει ως εισαγωγή ένα πεδίο ευρείας ζώνης. Αρχικά, εκτελεί εξωτερική κωδικοποίηση για αυτό το πεδίο χρησιμοποιώντας την Bose-Chaudhuri-Hocquengham – BCH κωδικοποίηση και παράγει με τον τρόπο αυτό ένα σύνολο από bits που λέγονται BCHFEC bits, το οποίο στην συνέχεια προστίθεται στο τέλος του πεδίου ευρείας ζώνης. Ακολούθως εκτελείται η εσωτερική κωδικοποίηση σχετικά με αυτό το τροποποιημένο πλαίσιο με την Low Density Parity Check – LDPC κωδικοποίηση και παράγει ένα σειρά από bits που καλούνται LDPCFEC bits, και τελικά όλα αυτές οι σειρές των bits επισυνάπτονται στο τέλος του τροποποιημένου πλαισίου ευρείας ζώνης, το οποίο παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 5.4)

Baseband Frame		BCHFEC	LDPCFEC
Baseband Header	Data Field	Padding and/or Inband Signalling	

Σχ. 5.4 DVB-T2 data format πριν από το Interleaving

5.4.3.2 Bit Interleaver

Εκτελεί το bit interleaving σχετικά με το πλαίσιο που παράγεται από την LDPC κωδικοποίηση. Η διαδικασία αυτή γίνεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, μόνο bits ισοτιμίας είναι διαστρωμένα και στο τέλος όλα τα bits παρεμβάλλονται σε στριφογυριστή στήλη. Αυτό σημαίνει ότι τα bits γράφονται σε μία τροποποιημένη στήλη γράφοντας την θέση για κάθε στήλη που είναι λιγότερο στριφογυριστή (twisted little), και αργότερα τα bits διαβάζονται στις τροποποιημένες γραμμές.

Modulation	Rows N_r		Columns N_c
	$N_{ldpc} = 64\ 800$	$N_{ldpc} = 16\ 200$	
16-QAM	8 100	2 025	8
64-QAM	5 400	1 350	12
256-QAM	4 050	-	16
	-	2 025	8

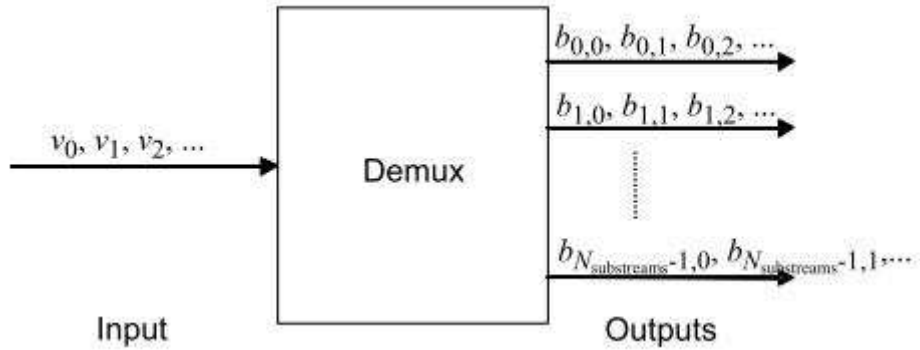
Σχ. 5.5 Η δομή του Bit Interleaving

5.4.3.3 Demux bits to cells

Μετά την διαδικασία του bit interleaving, ακολουθεί η διαδικασία του demux bits to cell, όπου όλα τα κομμάτια από-πολυπλέκονται (de-multiplexes) σε παράλληλα κύτταρα, και αργότερα τα κύτταρα αυτά είναι δυνατόν να απεικονίζονται σε σημεία αστερισμών.

Modulation	N_{ldpc}	Number of sub-streams, $N_{substreams}$
QPSK	Any	2
16-QAM	Any	8
64-QAM	Any	12
256-QAM	64 800	16
	16 200	8

Σχ. 5.6 Απεικόνιση των υποκατηγοριών στην από-πολυπλέξια



Σχ. 5.7 Από-πολυπλεξία των bits στις υποκατηγορίες

Παρακάτω ακολουθούν κάποια σχήματα, κατά σειρά συναντάμε στο πρώτο σχήμα (Σχ. 5.8), ακολουθούν οι παράμετροι της από-πολυπλεξίας για code rate $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, και $\frac{5}{6}$, στο σχήμα (Σχ. 5.9) ακολουθούν οι παράμετροι μόνο για code rate $\frac{3}{5}$, και στο τελευταίο σχήμα (Σχ. 5.10) ακολουθούν οι παράμετροι μόνο για code rate $\frac{2}{3}$.

Modulation format	QPSK															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1														
Output bit-number, e	0	1														
Modulation format	16-QAM															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7								
Output bit-number, e	7	1	4	2	5	3	6	0								
Modulation format	64-QAM															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Output bit-number, e	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0				
Modulation format	256-QAM ($N_{ldpc} = 64\ 800$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output bit-number, e	15	1	13	3	8	11	9	5	10	6	4	7	12	2	14	0
Modulation format	256-QAM ($N_{ldpc} = 16\ 200$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7								
Output bit-number, e	7	3	1	5	2	6	4	0								

Σχ. 5.8 Παράμετροι της από-πολυπλεξίας για code rates $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$

Modulation format	QPSK															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1														
Output bit-number, e	0	1														
Modulation format	16-QAM ($N_{ldpc} = 64\ 800$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7								
Output bit-number, e	0	5	1	2	4	7	3	6								
Modulation format	16-QAM ($N_{ldpc} = 16\ 200$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7								
Output bit-number, e	7	1	4	2	5	3	6	0								
Modulation format	64-QAM ($N_{ldpc} = 64\ 800$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Output bit-number, e	2	7	6	9	0	3	1	8	4	11	5	10				
Modulation format	64-QAM ($N_{ldpc} = 16\ 200$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Output bit-number, e	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0				
Modulation format	256-QAM ($N_{ldpc} = 64\ 800$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output bit-number, e	2	11	3	4	0	9	1	8	10	13	7	14	6	15	5	12
Modulation format	256-QAM ($N_{ldpc} = 16\ 200$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output bit-number, e	7	3	1	5	2	6	4	0	8	11	10	9	12	13	14	15

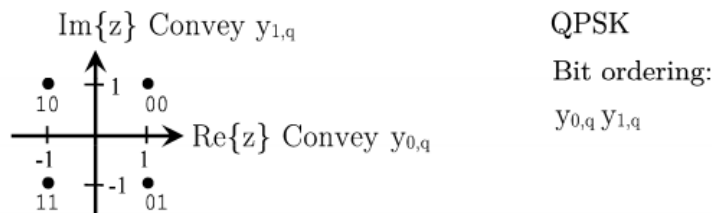
Σχ. 5.9 Παράμετροι της από-πολυπλεξίας για code rates 3/5

Modulation format	QPSK															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1														
Output bit-number, e	0	1														
Modulation format	16-QAM															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7								
Output bit-number, e	7	1	4	2	5	3	6	0								
Modulation format	64-QAM															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
Output bit-number, e	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0				
Modulation format	256-QAM ($N_{ldpc} = 64\ 800$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output bit-number, e	7	2	9	0	4	6	13	3	14	10	15	5	8	12	11	1
Modulation format	256-QAM ($N_{ldpc} = 16\ 200$)															
Input bit-number, $di \bmod N_{substreams}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Output bit-number, e	7	3	1	5	2	6	4	0	8	11	10	9	12	13	14	15

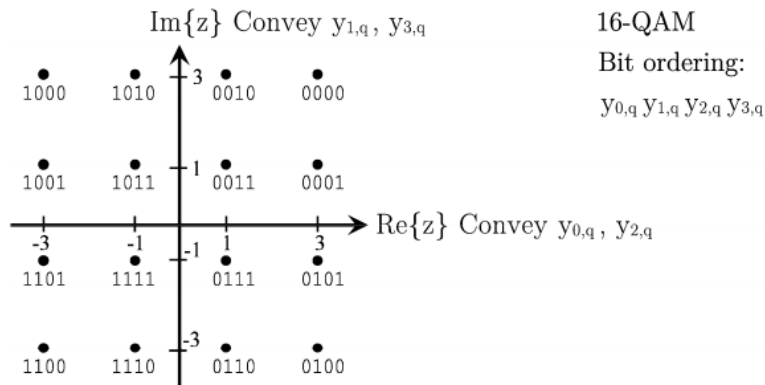
Σχ. 5.10 Παράμετροι της από-πολυπλεξίας για code rates 2/3

5.4.3.4 Mapper

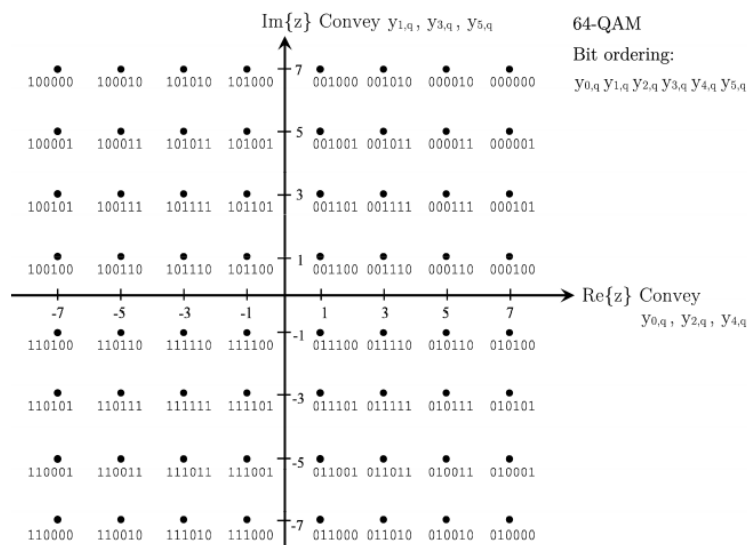
Στο σημείο αυτό χαρτογραφούνται οι λέξεις των κυττάρων σε σημεία αστερισμών. Οι διαθέσιμες διακυμάνσεις είναι: QPSK, 16-QAM, 64-QAM και 256-QAM. Παρακάτω ακολουθούν οι αστερισμοί της χαρτογράφησης Gray που εφαρμόζεται σε αυτές.



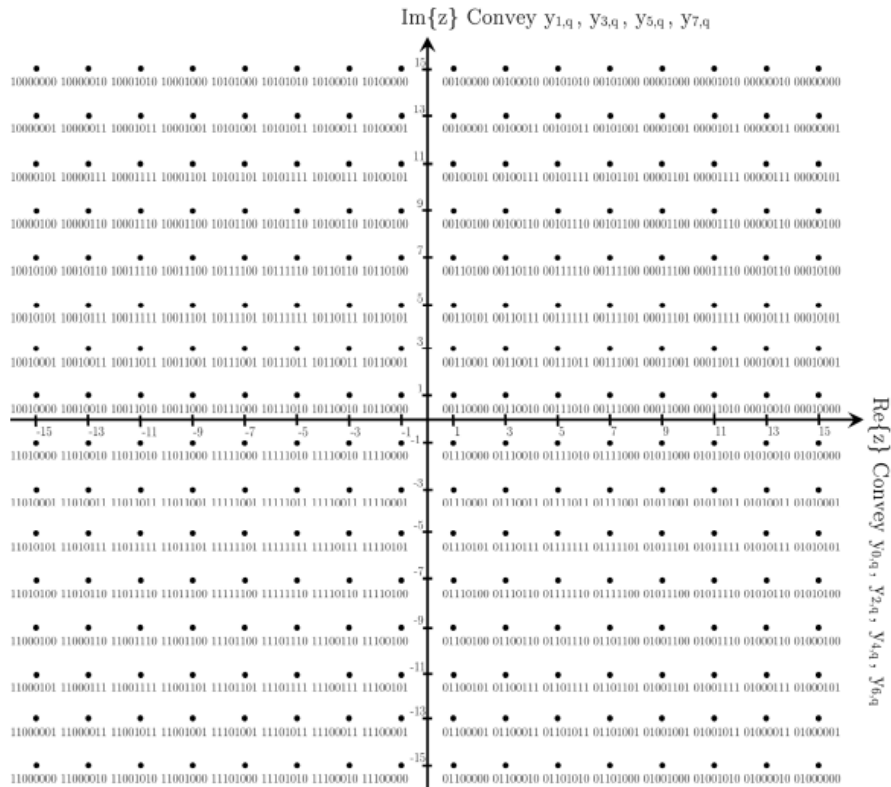
Σχ. 5.11 QPSK διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit.



Σχ. 5.12 16-QAM διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit.



Σχ. 5.13 64-QAM διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit.



Σχ. 5.14 256-QAM διαμόρφωση και τα αντίστοιχα πρότυπα bit.

5.4.3.5 Constellation rotation and cyclic Q-delay

Είναι μια διαδικασία που μπορεί να γίνει προαιρετικά και περιστρέφεται στα σημεία των αστερισμών του συγκροτήματος και στην συνέχεια γίνονται κυκλικές καθυστερήσεις από το ιδανικό τμήμα για κάθε κελί. Η γωνία περιστροφής είναι διαφορετική για κάθε τύπο διαμόρφωσης, δεδομένου ότι εξαρτάται από την διαμόρφωση που θα επιλεγεί. Ωστόσο, αν η διαδικασία αυτή δεν χρησιμοποιηθεί τότε τα κύτταρα παραμένουν αμετάβλητα και περνάνε από το στάδιο του mapper στο στάδιο του cell interleaver.

Modulation	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM
Φ (degrees)	29,0	16,8	8,6	atan (1/16)

Σχ. 5.15 Γωνία περιστροφής για κάθε τύπο διαμόρφωσης

5.4.4 Frame mapper

Η ενότητα του Frame mapper αποτελείται από τα εξής στάδια: το cell interleaver, το time interleaver, το frame builder και από το frequency interleaver. Δέχεται είσοδο από το BICM και παράγει έξοδο για τον ρυθμιστή της ενότητας (modulator module).

5.4.4.1 Cell Interleaver

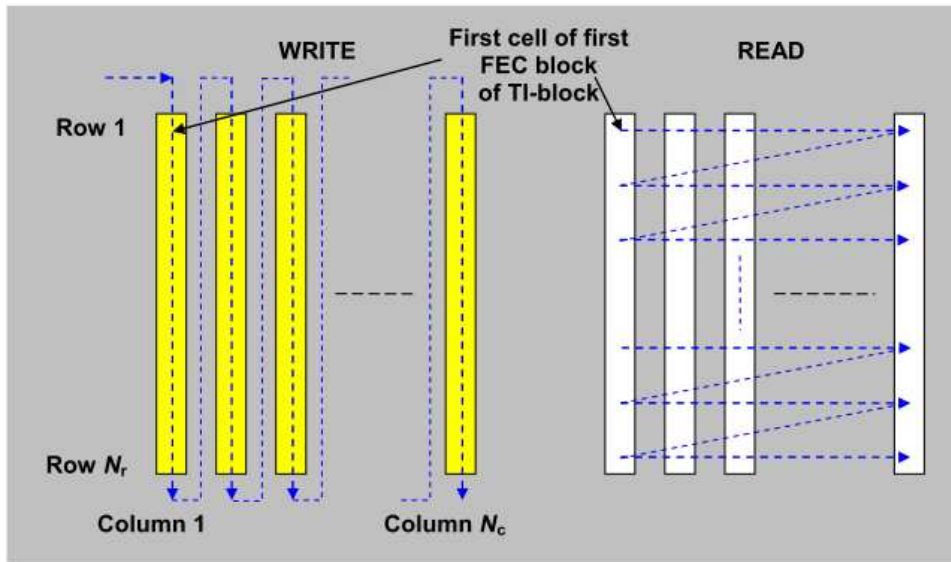
Στην ενότητα αυτή παρεμβάλλονται τα στοιχεία από κάθε FEC block, χρησιμοποιώντας μία ψευδό-τυχαία μεταλλαγή. Χρησιμοποιεί διαφορετική ψευδό-τυχαία μεταλλαγή για κάθε διαφορετικό block προκειμένου να διατηρήσει ασυσχέτιστη την διανομή του καναλιού σχετικά με τις στρεβλώσεις και τις παρεμβολές για τα FEC blocks στο δέκτη. Επιπλέον, το cell interleaver αυξάνει τον διαχωρισμό μεταξύ των στοιχείων που ενδέχεται να περιστρέφονται και των αστερισμών που χρησιμοποιούνται.

5.4.4.2 Time Interleaver

Σκοπός του Time Interleaver είναι η διάδοση των στοιχείων του κάθε FEC block επί πολλά σύμβολα για πολλά διαφορετικά πλαίσια T2 προκειμένου να ανέχονται χρονομεταβλητά κανάλια και τις όποιες παρορμητικές παρεμβολές. Τα εισερχόμενα στοιχεία γράφονται στην τροποποιημένη στήλη (column-wise) της interleaver μνήμης. Όταν τα στοιχεία όλων των FEC blocks γραφτούν, τότε το interleaving frame διαιρείται σε time interleaver blocks, όπου στην συνέχεια διαβάζονται στην τροποποιημένη σειρά.

LDPC block length (N_{ldpc})	Modulation mode	Number of cells per LDPC block (N_{CELLS})	Number of rows N_r
64 800	256-QAM	8 100	1 620
	64-QAM	10 800	2 160
	16-QAM	16 200	3 240
	QPSK	32 400	6 480
16 200	256-QAM	2 025	405
	64-QAM	2 700	540
	16-QAM	4 050	810
	QPSK	8 100	1 620

Σχ. 5.16 Παράμετροι του Time Interleaver

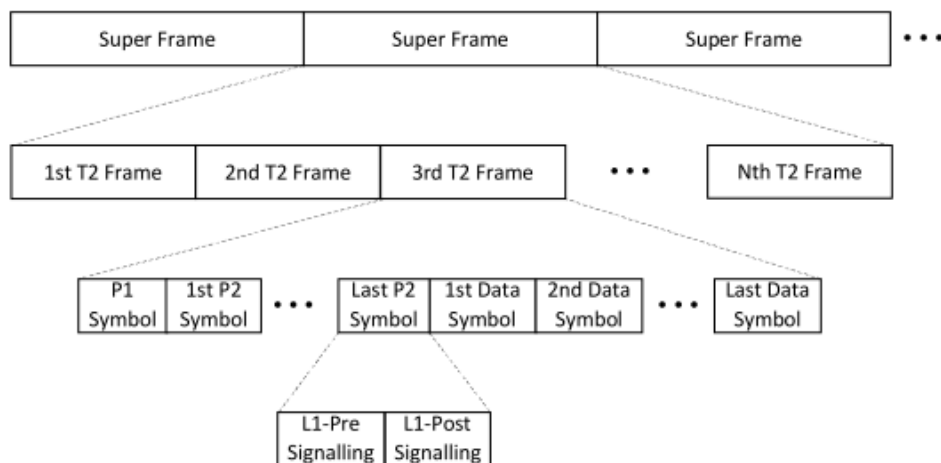


Σχ. 5.17 Δομή του Time Interleaver

5.4.4.3 Frame builder

Το Frame builder συναρμολογεί τα στοιχεία που παράγονται από το Time Interleaver για κάθε PLPs σε OFDM σύμβολα σύμφωνα με τον προγραμματισμό του χρόνου προγραμματιστή (scheduler) και διαμορφώνει το πλαίσιο της δομής. Επίσης, διοργανώνει τα στοιχεία που είναι διαμορφωμένα κατά L1 δεδομένα σηματοδότησης (signaling data).

Ένα DVB-T2 super frame αποτελείται από πολλά T2 frames τα οποία είναι σε ιεραρχική δομή. Καθένα από τα T2 frames αρχίζει με ένα P1 σύμβολο, και στην συνέχεια ακολουθεί ένα νούμερο από P2 σύμβολα για το L1 block σηματοδότησης (signaling block) ακολουθούμενα από δεδομένα συμβόλων (data symbols).



Σχ. 5.18 DVB-T2 frame structure

5.4.4.4 Frequency interleaver

Το Frequency interleaver είναι ένα ψευδό-τυχαίο block, interleaver λειτουργίας σε OFDM σύμβολα και το οποίο λαμβάνει τα δεδομένα των κυττάρων από το πλαίσιο οικοδόμος (frame builder) και τα αναμιγνύει. Αντί να λειτουργεί όπως και τα άλλα interleavers δηλαδή με ενιαίο PLP, το Frequency interleaver αναμιγνύει τα στοιχεία που προέρχονται από διαφορετικά PLPs, και πραγματοποιούνται στο ίδιο OFDM σύμβολο. Επιπλέον, χρησιμοποιεί μία ψευδό-τυχαία μεταλλαγή σχετικά με την παραγωγή του time interleaver προκειμένου να διαταραχθεί η δομή της φύσης ώστε τα συνεχόμενα σύμβολα θα πρέπει να διαβιβάζονται σε διαφορετικές συχνότητες και ως εκ τούτου θα είναι πιο ανεκτική σε διάφορα σφάλματα που μπορεί να παρουσιαστούν στο κανάλι μετάδοσης. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 5.19) αποτυπώνονται οι μέγιστες τιμές M_{\max} .

FFT Size	M_{\max}
1K	1 024
2K	2 048
4K	4 096
8K	8 192
16K	16 384
32K	32 768

Σχ. 5.19 Τιμές M_{\max}

5.4.5 Modulator Module

Το κομμάτι του Modulator Module αποτελείται από τα εξής μέρη: το MISO processing, το Pilot Insertion, το IFFT, το PAPR reduction, το Guard Interval Insertion, το P1 symbol insertion και τέλος, το D/A Convert.

5.4.5.1 MISO Processing

Είναι η αρχή στην υπό-ενότητα του Modulator Module. Όταν εφαρμόζεται η διαδικασία αυτή σχετικά με το επίπεδο των στοιχείων/κυττάρων με τα σύμβολα του DVB-T2 σήματος, τότε η υποενότητα αυτή παίρνει τα στοιχεία που εισάγονται και παράγει δύο παρόμοια σύνολα των data cells, χρησιμοποιώντας ένα τροποποιημένο Alamouti με βάση την κωδικοποίηση. Αργότερα, αυτά τα δύο σύνολα των data cells, κατευθύνονται προς δύο ομάδες των πομπών. Ωστόσο, αυτή η κωδικοποίηση δεν εφαρμόζεται στο σύμβολο εισαγωγής P1 και προς τους πιλότους..

5.4.5.2 Pilot Insertion

Το pilot insertion αναφέρεται σε ένα κελί μέσα στο πλαίσιο OFDM που είναι διαμορφωμένο με προκαθορισμένες πληροφορίες αναφοράς, επίσης είναι γνωστό ότι ο δείκτης και να διαβιβάζονται σε επίπεδο ισχύος ώθησης. Η θέση ενός αριθμού των πιλότων ορίζονται στο πρότυπο και η τιμή των πιλότων προέρχεται από μία ακολουθία αναφοράς η οποία εφαρμόζεται σε όλους τους διαφορετικούς τύπους πιλότων δηλαδή στους διάσπαρτους πιλότους (scattered pilots), συνεχή πιλότους (continual pilots), ακραίους πιλότους (edge pilots), P2 pilots, frame closing pilots. Ωστόσο οι φάσεις της διάσπασης (phases of scattered), καθώς επίσης και οι συνεχή πιλότοι (continual pilots) μαζί με τους ακραίους (edge pilots) τροποποιούνται για διαφορετικούς πομπούς, αν χρησιμοποιείται η MISO λειτουργία.

5.4.5.3 IFFT

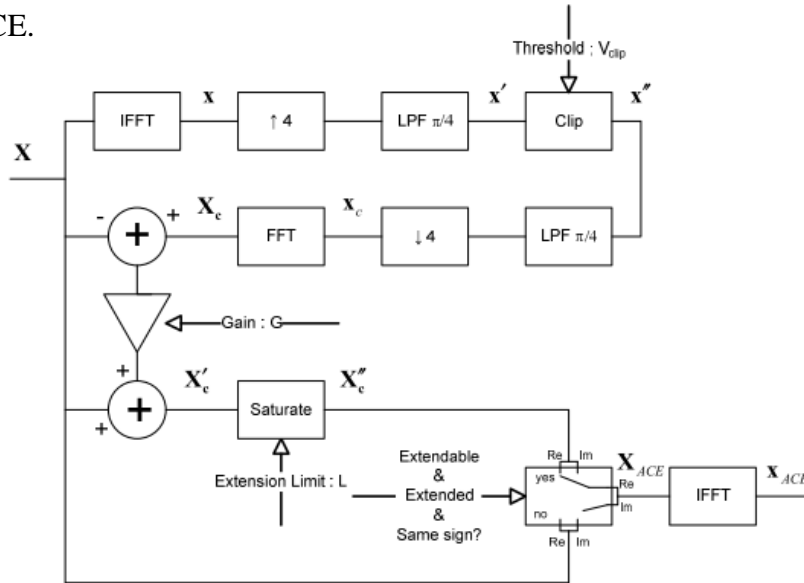
Δεδομένου ότι χρησιμοποιείται η OFDM σαν τεχνική διαμόρφωσης στο DVB-T2 σύστημα, έτσι αυτή η υπό-ενότητα εκτελεί το IFFT στον πομπό ώστε με αυτό τον τρόπο να γίνει η μετατροπή του σήματος από το πεδίο της συχνότητας στο πεδίο του χρόνου.

Parameter		1K mode	2K mode	4K mode	8K mode	16K mode	32K mode
Number of carriers K_{total}	normal carrier mode	853	1 705	3 409	6 817	13 633	27 265
	extended carrier mode	NA	NA	NA	6 913	13 921	27 841
Value of carrier number K_{min}	normal carrier mode	0	0	0	0	0	0
	extended carrier mode	NA	NA	NA	0	0	0
Value of carrier number K_{max}	normal carrier mode	852	1 704	3 408	6 816	13 632	27 264
	extended carrier mode	NA	NA	NA	6 912	13 920	27 840
Number of carriers added on each side in extended carrier mode K_{ext} (see note 2)		0	0	0	48	144	288
Duration T_U		1 024T	20 48T	40 96T	81 92T	16 384T	32 768T
Duration T_U μ s (see note 3)		112	224	448	896	1 792	3 584
Carrier spacing $1/T_U$ (Hz) (see notes 1 and 2)		8 929	4 464	2 232	1 116	558	279
Spacing between carriers K_{min} and K_{max} $(K_{total}-1)/T_U$ (see note 3)	normal carrier mode	7,61 MHz	7,61 MHz	7,61 MHz	7,61 MHz	7,61 MHz	7,61 MHz
	extended carrier mode	NA	NA	NA	7,71 MHz	7,77 MHz	7,77 MHz
NOTE 1: Numerical values in italics are approximate values.							
NOTE 2: This value is used in the definition of the pilot sequence in both normal and extended carrier mode.							
NOTE 3: Values for 8 MHz channels.							

Σχ. 5.20 Παράμετροι της OFDM διαμόρφωσης

5.4.5.4 PAPR reduction

Στο πρότυπο DVB-T2 παρουσιάζονται δυο τεχνικές με τις οποίες πετυχαίνουμε την μείωση του PAPR, η μία λέγεται Active Constellation Extension – ACE και η άλλη λέγεται Tone Reservation - TR τεχνική. Η παρουσία ή απουσία ενός ή και των δύο τεχνικών σηματοδοτείται στην L1 σηματοδότηση (signalling). Ωστόσο οι δύο αυτές τεχνικές εφαρμόζονται για τα άλλα μέρη του OFDM με εξαίρεση το P1 σύμβολο. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 5.18) φαίνεται η αλγόριθμος της πρώτης τεχνικής, ACE.



Σχ. 5.21 Η εκτέλεση του αλγορίθμου στην ACE τεχνική.

5.4.5.5 Guard Interval Insertion

Είναι η κυκλική συνέχεια του χρήσιμου μέρους που εισάγεται στην αρχή πριν από το χρήσιμο μέρος κάθε OFDM συμβόλου. Αυτή η υπό-ενότητα εισάγει ένα από τα guard interval μέρη (fractions) μεταξύ των επτά διαφορετικών διαθέσιμων επιλογών για κάθε μέγεθος FFT μέσα στο DVB-T2. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 5.18) απεικονίζεται η διάρκεια του guard interval fraction όσον αφορά τη στοιχειώδη περίοδο T.

FFT size	Guard interval fraction (Δ/T_u)						
	1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
32K	256T	1 024T	2 048T	2 432T	4 096T	4 864T	NA
16K	128T	512T	1 024T	1 216T	2 048T	2 432T	4 096T
8K	64T	256T	512T	608T	1 024T	1 216T	2 048T
4K	NA	128T	256T	NA	512T	NA	1 024T
2K	NA	64T	128T	NA	256T	NA	512T
1K	NA	NA	64T	NA	128T	NA	256T

Σχ. 5.22 guard interval fraction σε σχέση με την περίοδο

6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ DVB-T ΚΑΙ DVB-T2

6.1 Γενικά

Πριν ακόμα εδραιώσει τις μεταδόσεις της, η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση υποστηρίζεται από δύο πρότυπα του DVB Project. Τον Μάρτιο του 1997, παρουσιάστηκε το πρότυπο μετάδοσης DVB-T που καθορίζει τη δομή των πακέτων, την κωδικοποίηση του καναλιού και τη διαμόρφωση της ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης. Μέχρι σήμερα, το πρότυπο DVB-T είναι το πιο διαδεδομένο στον κόσμο για την DTT, με περισσότερους από 60 εκατομμύρια δέκτες να έχουν λανσαριστεί σε περισσότερες από 35 χώρες. Τον Ιούνιο του 2008, το DVB Project παρουσίασε την επόμενη γενιά του προτύπου, το πρότυπο DVB-T2. Το γεγονός αυτό δημιουργεί πολλά ερωτήματα, αφού πολλές χώρες πλησιάζουν στο Analogue Switch Off - ASO, όπου όλες οι αναλογικές επίγειες τηλεοπτικές μεταδόσεις θα πάνουν και θα μετατραπούν σε ψηφιακές. Φυσικά, υπάρχουν πολλές χώρες ακόμα που μετράνε χρόνια μπροστά τους μέχρι να φτάσουν το ASO. Στην τελευταία κατηγορία, ανήκει φυσικά και η χώρα μας, που είναι όπως πάντα αργοπορημένη. Όπως γνωρίζουμε, το 2006 στη χώρα μας ξεκίνησε η μετάδοση του ψηφιακού επίγειου πακέτου της EPT με 4 προγράμματα σε ένα κανάλι, χρησιμοποιώντας το πρότυπο DVB-T. Το ASO είναι προγραμματισμένο για τη χώρα μας το 2012 και η έλευση του DVB-T2 προβληματίζει άμεσα, εφόσον ούτε καν το DVB-T δεν έχουμε ζήσει. Φυσικά, τα ερωτηματικά δεν εστιάζονται μόνο στη χώρα μας, αλλά γενικότερα αφορούν την πορεία και τον ρόλο του κάθε προτύπου, αφού σε άλλες χώρες το DVB-T είναι περισσότερο εδραιωμένο και μεταδίδει κανάλια Standard Definition - SD ή High Definition - HD, με κωδικοποιήσεις MPEG-2 ή MPEG-4. Σε αυτές τις χώρες λοιπόν, που το DVB-T δείχνει ώριμο πρότυπο για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση, ποιος θα είναι ο ρόλος του DVB-T2; Αυτό φυσικά είναι ένα ερώτημα που αφορά πάλι τη δικιά μας χώρα, αφού το μονοπάτι αυτών των χωρών θα ακολουθήσουμε.

Η απάντηση όπως δείχνουν τα πράγματα δε θα είναι άλλη από τη συνύπαρξη των δύο προτύπων DVB-T και DVB-T2. Σε αυτήν την κατεύθυνση προσανατολίζεται το ίδιο το DVB Project, το οποίο ανακοινώνει το DVB-T2 ως μια βελτίωση του

υπάρχοντος προτύπου DVB-T για την καλύτερη εκμετάλλευση του πάντα πολύτιμου εύρους ζώνης.

Σύμφωνα με επίσημες ανακοινώσεις από τον Οργανισμό, δεν προβλέπεται η αντικατάσταση του ώριμου πλέον και σχετικό καθιερωμένου DVB-T από το DVB-T2, αλλά η συνύπαρξη τους για πολλά χρόνια στην αγορά. Για να γίνει όμως πιο ξεκάθαρο το τοπίο και οι απαντήσεις να έρθουν από μόνες τους, πρέπει να πάρουμε τα πράγματα από την αρχή.

Στο παρών κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στις θεμελιώδεις τεχνολογικές διαφορές αλλά και τις όποιες ομοιότητες παρουσιάζονται ανάμεσα στα δύο αυτά πρότυπα.

6.2 Διαφορές μεταξύ των δύο προτύπων

Σημαντικές βελτιώσεις της νέας DVB-T2 προδιαγραφής σε σύγκριση με το DVB-T περιλαμβάνει νέα στρατηγική για την διόρθωση λάθους, υψηλό τρόπο διαφοροποίησης προκειμένου να μειωθεί το overhead των pilots και συνυπολογισμός των προλόγων για την ενίσχυση της ανίχνευσης σημάτων και συγχρονισμού. Επιπλέον, έχει περισσότερες επιλογές για τον αριθμό μεταφορέων, το bandwidth – BW, το guard interval και την βάση pilot pattern σχετικά με την ανάγκη του καναλιού. Το πάντα πολύτιμο εύρος ζώνης των UHF και VHF συχνοτήτων, μετά το ASO και την έλευση της DVB-T, θα «ανασάνει» και το DVB-T2 θα είναι παρόν, ώστε οι διάφοροι φορείς και πάροχοι να εκμεταλλευτούν ακόμη καλύτερα το διαθέσιμο εύρος ζώνης.

Όπως ο προκάτοχος του, έτσι και το DVB-T2, χρησιμοποιεί τη διαμόρφωση OFDM. Επίσης κοινό με το DVB-T, είναι το εύρος διαφορετικών καταστάσεων που υποστηρίζει και το καθιστούν πολύ ευέλικτο πρότυπο.

Το DVB-T2 εισάγει πλήρως διαφανή PLP, όπου κάθε PLP μπορεί να έχει δεδομένα με διαφορετικές δομές καθώς επίσης και ανεξάρτητες παραμέτρους. Για παράδειγμα, οι παράμετροι όπως τον αστερισμό (constellation) code rate, ή το βάθος του time interleaving μπορεί να είναι διαφορετικά για διαφορετικά PLPs. Επί πλέον, ορίζονται δύο τρόποι εξόδου: Ο τρόπος εισόδου A για μοναδικό PLP και ο τρόπος εισόδου B για πολλαπλά PLPs προκειμένου να χρησιμοποιήσει αυτό το είδος των πολλαπλών PLP service.

Το DVB-T2 δίνει περισσότερες επιλογές σχετικά με το bandwidth, δεδομένου ότι περιλαμβάνει δύο επιπλέον επιλογές με τις προηγούμενες επιλογές για το DVB-T. Το ποσοστό βελτίωσης στοχεύει στην καλύτερη χρήση κατά 30% - 50% του εύρους σε σχέση με το προγενέστερο, DVB-T. Το νεότερο πρότυπο έχει 10 MHz εύρος ζώνης (bandwidth) για επαγγελματική χρήση, και 1.712 MHz εύρος ζώνης για τις κινητές υπηρεσίες, ενώ σε σύγκριση με το DVB-T, έχει ως εύρος ζώνης 6 MHz, 7MHz και 8MHz. Επίσης, η υψηλότερη σειρά των αστερισμών (constellation) που είναι διαθέσιμα για το DVB-T2 είναι 256-QAM, ενώ η η υψηλότερη για το DVB-T είναι μόλις 64-QAM. Χρησιμοποιώντας υψηλό αστερισμό θα αυξηθεί τόσο η ποιότητα όσο και η αποδοτικότητα.

Η επιλογή για τον αριθμό των μεταφορέων αυξάνεται περισσότερο στο DVB-T2, καθώς έχει έξι επιλογές για FFT μέγεθος, και συγκεκριμένα έχει: 1k, 2k, 4k, 8k, 16k και 32k, ενώ το DVB-T έχει μόλις δύο, 2k και 8k. Όταν το μέγεθος του FFT αυξάνεται, τότε μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη ευωστία (robustness) ενάντια στον οστικό θόρυβο (impulsive noise) και το guard interval overhead για ένα συγκεκριμένο σύμβολο θα μειωθεί. Επί πλέον, στο πρότυπο DVB-T2 υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθεί ο αριθμός των υπό-μεταφορέων (subcarriers) ανά σύμβολο για την μεταφορά των δεδομένων χρησιμοποιώντας έναν παρατεταμένο φορέα λειτουργίας για 8k, 16k και 32k FFT επιλογές μεγέθους. Στην εν λόγω επέκταση του τρόπου μεταφοράς, το άκρο του φάσματος OFDM σήματος μπορεί να παραταθεί επειδή το ορθογώνιο τμήμα του εν λόγω φάσματος κυλά πιο γρήγορα από τις υψηλότερες FFT επιλογές μεγέθους.

Το DVB-T2 διαβιβάζει σύμβολα προλόγου (preamble symbols) με δεδομένα σηματοδότησης στην αρχή του στρώματος του φυσικού επιπέδου προκειμένου να υποδειχθεί ο τύπος μετάδοσης και τις βασικές παραμέτρους μετάδοσης με ένα ισχυρό τρόπο. Για παράδειγμα κάθε DVB-T2 πλαίσιο ξεκινά με P1 σύμβολο προλόγου για την ανίχνευση της παρουσίας του DVB-T2 σήματος για να επιτύχει γρηγορότερο συγχρονισμό και να ανακαλύψει το FFT-mode και SISO/MISO mode της μετάδοσης. Επιπρόσθετα, ένας αριθμός από P2 σύμβολα είναι παρών ως πρόλογος για την εκτέλεση όλων των στατικών, διαμορφωμένο και δυναμικό layer-1 σηματοδότησης. Από τη άλλη πλευρά το πρότυπο DVB-T δεν έχει κανένα σύμβολο προλόγου.

Το νέο πρότυπο DVB-T2 έχει πιο ευέλικτες επιλογές για τα διάσπαρτα σύμβολα (scattered symbols) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή FFT μεγέθους και του guard interval, ενώ το πρότυπο DVB-T έχει καθορισμένο στατικό

πυλοτικό σγέδιο. Συνεπώς, επιλέγοντας ένα διάσπαρτα πυλοτικό σγέδιο/πρότυπο σε συνάρτηση με το μέγεθος του FFT και το guard interval fraction θα μειώσει τα γενικά έξοδα για τη μεταφορά των πυλότων, ενώ τα γενικά έξοδα των συνεχών πυλότων είναι επίσης μειωμένα στο DVB-T2.

Στο DVB-T2 παρουσιάζει μία νέα τεχνική όπου ο αστερισμός περιστρέφεται στο I/Q επίπεδο προκειμένου να συνδυάσει αρκετές πληροφορίες έτσι ώστε να μπορεί να προσδιορίσει στο δικό του άξονα ποιο σημείο έχει σταλθεί. Επιπρόσθετα, οι I και Q συνιστώσες μεταδίδονται σε διαφορετικές συχνότητες και σε διαφορετικούς χρόνους που χωρίζονται από την διαδικασία του interleaving. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης είναι ότι εάν ένα στοιχείο καταστρέφεται από ένα κανάλι, τότε το άλλο στοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάκτηση του κατεστραμμένου στοιχείου.

Ένα σημαντικό ποσό βελτίωσης των επιδόσεων είναι δυνατόν να επιτευχθεί στο πρότυπο DVB-T2, δεδομένου έχει τέσσερις interleavers και αναφερόμαστε για : bit interleaver, cell interleaver , time interleaver και frequency interleaver. Ο στόχος των interleaver και συγκεκριμένα για τον time και frequency interleaver είναι η διάδοση των δεδομένων τόσο σε χρόνο όσο και στο πεδίο της συχνότητας κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μεγάλη ακολουθία των δεδομένων δεν θα καταστραφούν από τον παρορμητικό θόρυβο (impulsive noise) ή την εκλεκτική εξασθένιση της συχνότητας. Ο παρορμητικός θόρυβος, χαρακτηρίζεται ως διαταραχή σε σύντομο χρονικό διάστημα, ενώ η εκλεκτική εξασθένιση της συχνότητας μπορεί να χαρακτηριστεί ως διαταραχή κατά την διάρκεια μιας περιορισμένης χρονικής συχνότητας. Επιπλέον, το time interleaver προστατεύει το σήμα του DVB-T2 σε συναρτήσει του χρόνου - εκλεκτική εξασθένιση.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι το DVB-T2 χρησιμοποιεί την ίδια κωδικοποίηση με το δορυφορικό πρότυπο DVB-S2. Το DVB-T2 ειδικότερα χρησιμοποιεί την Low Density Parity Check - LDPC κωδικοποίηση συνδυασμένη με την Bose-Chaudhuri-Hocquengham - BCH κωδικοποίηση, η οποία προσφέρει εξαιρετική απόδοση στην παρουσία του υψηλού επιπέδου θορύβου και των παρεμβολών. Επομένως, το DVB-T2 προσφέρει καλύτερη προστασία σφαλμάτων σε σχέση με το DVB-T όπου χρησιμοποιεί συνελικτική και Reed-Solomon κωδικοποίηση. Επιπρόσθετα, το PAPR είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας στα OFDM συστήματα, όμως η υψηλή PAPR μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα του ενισχυτή ισχύος. Ως εκ τούτου το DVB-T2 έχει δύο στρατηγικές-τεχνικές την

ACR και TR με τις οποίες μπορεί να μειώσει την PAPR. Επίσης, έχει μία επιλογή της FEF προκειμένου να είναι σε θέση να συμπεριλάβει μία μελλοντική πρόοδο στο πρότυπο. Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 6.1) παρατίθενται οι διαφορές μεταξύ των δύο προτύπων.

Subject	DVB-T	DVB-T2
PLP	Not present	Present
Bandwidth	6 MHz, 7 MHz, 8 MHz	1 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, 10 MHz
Constellation mode	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Carriers	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Preambles (P1 & P2)	Not present	Present
Scattered Pilots overhead	8% of total	1%, 2%, 4%, 8% of total
Continual Pilots overhead	2.6% of total	0.35% of total
Constellation rotation	Not present	Present
Interleavers	Outer and inner interleavers	Bit, Cell, Time and Frequency interleavers
FEC encoding and code rate	Reed Solomon + Convolutional 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
PAPR reduction	Not present	ACR and TR techniques
FEF	Not present	Present

Σχ. 6.1 Συνοπτική σύγκριση μεταξύ των δύο προτύπων, DVB-T και DVB-T2

Επιπρόσθετα, όπως βλέπουμε στον παραπάνω πίνακα, σε σχέση με το DVB-T, το πρότυπο DVB-T2 μπορεί να χρησιμοποιεί ανώτερη διαμόρφωση QAM, πρόσθετες λόγους Guard Interval, επιπλέον διαστήματα μεταξύ των υποφερουσών, όπως και περισσότερες υποφέρουσες πιλότους στη μετάδοση της. Αυτά τα χαρακτηριστικά, πέραν της καλύτερης διαχείρισης του εύρους ζώνης, παρέχουν στο πρότυπο DVB-T2 περισσότερη ανθεκτικότητα σημάτων και συντάσσουν ένα πρότυπο ακόμα πιο ευέλικτο από την πρώτη του έκδοση.

6.3 Η μελλοντική αγορά και τα δύο πρότυπα του για την DTT

Το DVB-T είναι ένα δοκιμασμένο πρότυπο που έχει καθιερωθεί σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση - DTT. Στην αγορά έχουν λανσαριστεί εκατομμύρια δέκτες DVB-T καθώς επίσης και τηλεοράσεις με ενσωματωμένο δέκτη οι οποίοι είναι έτοιμοι να λάβουν τα ψηφιακά σήματα. Υποστηρίζοντας πολλαπλές υπηρεσίες, όπως Standard Τηλεόραση, High Definition TV, κινητή λήψη τηλεόρασης, data κ.ά., το DVB-T είναι το κατάλληλο πρότυπο για την πιο ομαλή μετάβαση από την αναλογική τηλεόραση στην ψηφιακή τηλεόραση. Στο «καυτό» σημείο του High Definition, γίνεται σαφές από παραδείγματα όπως στην Αυστραλία (χρήση DVB-T, με κωδικοποίηση video MPEG-2) και τη Γαλλία (χρήση DVB-T, με κωδικοποίηση video MPEG-4) ότι υπηρεσίες HDTV μπορούν να υποστηριχθούν χωρίς τη χρήση του DVB-T2.

Στις χώρες αυτές όπου ήδη τρέχει το DVB-T, είναι ευνόητο ότι μετά το ASO, το DVB-T2 θα χρησιμοποιηθεί εάν το θελήσουν οι πάροχοι και οι φορείς για να εκμεταλλευτούν το διαθέσιμο εύρος της μπάντας με πιο σύγχρονο τρόπο, με αποτέλεσμα τα δύο πρότυπα να συνυπάρχουν. Ακόμα όμως και στις χώρες που δεν έχει αποφασιστεί ακόμα ποιο πρότυπο θα χρησιμοποιηθεί για την DTT (όπως Λατινική Αμερική και μερικά τμήματα της Ασίας), φαίνεται ότι το DVB-T θα είναι η καλύτερη λύση για την ομαλή μετάβαση από την αναλογική στην ψηφιακή επίγεια μετάδοση τηλεόρασης, αφού η τεχνογνωσία που θα έχει αναπτυχθεί μέσα από τα χρόνια εφαρμογής του προτύπου σε άλλες χώρες, θα είναι σημαντικότερη.

6.4 Η κατάσταση της DTT ανά τον κόσμο

Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση DTT ανά τον κόσμο ποικίλλουν, με το DVB να εφαρμόζεται σε Ευρώπη, Αυστραλία, μέρη στις Ασίας, Νότια Αμερική και Αφρική, το ATSC σε Βόρεια Αμερική, μέρη της Κεντρικής Αμερικής και Νότια Κορέα και το ISDB-T σε Ιαπωνία και Βραζιλία. Όσον αφορά τα πρότυπα του DVB και πιο συγκεκριμένα το DVB-T, στις διάφορες χώρες που εφαρμόζεται, τα χαρακτηριστικά που υποστηρίζει ποικίλλουν ανάλογα τις εκάστοτε απαιτήσεις και το σχεδιασμό του δικτύου. Έτσι, μπορούμε να συναντήσου-

με μεταδόσεις DVB-T με κωδικοποίηση video MPEG-2 ή MPEG-4, με εκπομπές σε SFN ή MFN δίκτυα, διαμορφώσεις 16 ή 64-QAM, καταστάσεις 2k ή 8k και γενικότερα διάφορους συνδυασμούς. Στη χώρα μας, οι εκπομπές της ΕΡΤ χρησιμοποιούν διαμόρφωση 16-QAM, κατάσταση 8k, guard interval 1/16, code rate 3/4 σε μονοσυχνοτικά δίκτυα SFN.

Όσον αφορά το DVB-T2, η πρώτη χώρα που θα το εφαρμόσει θα είναι πιθανότατα η Αγγλία, όπου ήδη το ASO είναι προ των πυλών. Ο αρμόδιος οργανισμός, Ofcom, έχει δηλώσει την πρόθεση του να μετατρέψει μια μετάδοση εγχώριας κάλυψης σε DVB-T2 με μεταδόσεις καναλιών HDTV στα τέλη του 2009. Δοκιμαστικές μεταδόσεις ξεκίνησαν αμέσως μετά την παρουσίαση του προτύπου, τον Ιούνιο του 2008.

Το παρακάτω σχήμα (Σχ. 6.2) δείχνει ενδεικτικά την κατάσταση της DTT σε διάφορες χώρες, μαζί με τα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούν, όπως και τις προγραμματισμένες ημερομηνίες του ASO

Γενικές Πληροφορίες	Κατάσταση Τηλεόρασης			Υπηρεσίες DTT			Παράμετροι υπηρεσίας DVB-T					
	Χώρα	Πληθυσμός	Νοικοκυριά	Ψηφιακά Νοικοκυριά	DTT Standard	Εκκίνηση Υπηρεσίας	Ημερομηνία ASO	Τύπος Carrier	Guard Interval	FEC	Modulation	Video /Audio
Ελλάδα	11.147.000	3.600.000			DVB-T	2006	2012	8k	1/16	3/4	16QAM	MPEG2
Αυστραλία	21.129.222	7.600.000	4.000.000		DVB-T	2001	2013	8k	1/16 & 1/8	3/4 & 2/3	64QAM	HD & SD σε MPEG2
Αυστρία	8.316.487	3.300.000			DVB-T	2006	2010	8k	1/4	3/4	16QAM	SD MPEG2
Φιλανδία	5.297.300	2.300.000	975.000		DVB-T	2005	2011	8k	1/8	2/3	64QAM	
Γαλλία	64.102.140	24.700.000	17.600.000		DVB-T	2005	2011	8k	1/32	2/3	64QAM	MPEG2 & MPEG4 για HD και PayTV
Γερμανία	82.314.900	35.020.000			DVB-T	2002	2009	8k	1/8 και 1/4 (16QAM) και 1/4 (64QAM)	2/3 & 3/4 & 2/3 (64QAM)	16QAM και 64QAM	MPEG2
Ιταλία	59.206.382	23.300.000	9.400.000		DVB-T	2003	2012	8k	1/32	2/3 & 3/4	64QAM	MPEG2
Νέα Ζηλανδία	4.239.800	1.500.000	700.000		DVB-T	2008		8k	1/16	3/4	64QAM	Video: MPEG4, 1080i25, 720p50 ή 576i25. Audio: HE AAC, MPEG4, MPEG1 Layer II ή Dolby Digital
Πολωνία	38.125.479	13.400.000			DVB-T	2007	2014	8k	1/32	2/3	64QAM (16QAM portable)	MPEG2 και MPEG4
Σιγκαπούρη	4.436.000	796.000			DVB-T	2001		2k για κινητή, 8k για σταθερή	1/4 για κινητή και 1/8 για σταθερή	1/2 για κινητή και 2/3 για σταθερή	QPSK για κινητή και 64QAM για σταθερή	MPEG2 για κινητή/SD και MPEG4 για HD
Ισπανία	45.116.894	15.600.000	7.200.000		DVB-T	2000	2010	8k	1/4	2/3	64QAM	MPEG2
Σουηδία	9.150.000	4.100.000			DVB-T	1999	2007	8k	1/8 για MFN και 1/4 για SFN	2/3 για MFN και 3/4 για SFN	64QAM	MPEG2 με σταδιακή αλλαγή προς MPEG4
Αγγλία	60.587.300	25.400.000	21.400.000		DVB-T/DVB-T2	1998	2012	2k (αλλαγή προς 8k έως 2012)	1/32	3/4 για 16QAM, 2/3 για 64QAM	16QAM (με 2 μίξεις 64QAM)	MPEG2

Σχ. 6.2 Ενδεικτική κατάσταση της DTT σε διάφορες χώρες.

6.5 Γενικά Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή δόθηκε η δυνατότητα να ερευνηθεί η λειτουργία της ψηφιακής τηλεόρασης, ποιοι λόγοι οδήγησαν στην μετάβασή της και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Μπορεί λοιπόν το τοπίο στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση να είναι θολό, αλλά έχει γίνει αρκετή πρόοδος για την ανάπτυξη νέων συστημάτων που βελτιώνουν την παροχή των τηλεοπτικών υπηρεσιών. Η τεχνολογία εξελίσσεται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς και η ανάπτυξη είναι πάντα ευπρόσδεκτη. Το πρότυπο DVB-T2 μπορεί να εκμεταλλευτεί καλύτερα το πολύτιμο εύρος ζώνης και να αποδώσει καλύτερες μεταδόσεις επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Φυσικά, αυτό δεν σημαίνει ότι ακυρώνεται τόσο γρήγορα το υπάρχον πρότυπο DVB-T, αφού πρόκειται για ένα επίσης αποδοτικό πρότυπο, για το οποίο έχει αφιερωθεί μία τεράστια έρευνα. Μπορεί το πρότυπο DVB-T να μην έχει αξιοποιηθεί ακόμα, όμως είναι πολλά χρόνια διαθέσιμο προς χρήση παροχής επίγειων ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων. Ωστόσο, το πρότυπο του DVB-T2 μπορεί να αξιοποιηθεί στις διαθέσιμες συχνότητες που θα προκύψουν στις τηλεοπτικές μπάντες UHF και VHF μετά την ολοκλήρωση της μετάβασης από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεοπτική μετάδοση.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Κ. Τσαμουντάλος, Π. Σαράντης, ‘‘Αναλογική και Ψηφιακή Τηλεόραση’’.
2. Α. Κανάτας, Φ. Κωνσταντίνου, Γ. Πάντος, ‘‘Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών’’.
3. Π. Βαφειάδης, ‘‘Αναλογική - Ψηφιακή Τηλεόραση και βίντεο’’.
4. Χ. Παπακίτσος, ‘‘Έγχρωμη τηλεόραση’’.
5. Δ. Καμάρας, Γ. Γκάντζιας, ‘‘Ψηφιακή Επικοινωνία’’.
6. Περιοδικό, ‘‘Digital Satelite T.v.’’, Ιανουάριος, 2009
7. Δρ. Ε. Μ. Πάλλης, ‘‘Επίγεια Ψηφιακή Τηλεόραση’’
8. Δήμητρα – Θεοδώρα Ι. Κακλαμάνη, ‘‘Ψηφιακή Επίγεια Τηλεόραση (DVB – T) – Δίκτυο Ψηφιακή Τηλεόραση στην Ελλάδα’’
9. Ξυλούρης Γιώργος, ‘‘Αμφίδρομη Επίγεια Ψηφιακή Τηλεόραση’’
10. Ξυλούρης Χρήστος, ‘‘Χρήση DVB-T ρεύματος μεταφοράς για ασύρματη ευρυζωνική δικτύωση’’. Πτυχιακή Εργασία, ΑΤΕΙ Κρήτης, Μάιος, 2007
11. Ενημερωτικό Δελτίο, ‘‘Ινστιτούτου Οπτικοακουστικών μέσων’’, τεύχος 61
12. Irene M. Mahafeno, Yves Louet , Jean-Francois Helard ‘‘PAPR reduction method for OFDM systems using dedicated subcarriers: a proposal for the future DVB-T standard’’.
13. Alexandre Graell i Amat, Guido Montorsi, Francesca Vatta, ‘‘ Comparison of Some Recent Classes of Turbo Like Codes for the Upcoming DVB Standards’’
14. Ana Garcia Armada, Beatriz Bardon, Miguel Calvo, ‘‘Parameter Optimization and simulated performance of a DVB-T digital television broadcasting system’’
15. W. Switcher, ‘‘Digital Television Signal and Communication Technology’’.
16. Md. Sarwar Morshed, ‘‘Synchronization Perfomance in DVB-T2 System’’.

17. Beutler, "Frequency Assignment and network and playing for digital terrestrial broadcasting systems", 2004
18. Digital Terrestrial Television Action Group, "Understanding DVB-T2, Key technical business and regulatory implications".
19. TR 101 190 V1.1.1, "Technical Report Digital Video Broadcasting (DVB), Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects", ETSI.
20. TR 101 190 V1.3.1, "Technical Report Digital Video Broadcasting (DVB), Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects", ETSI.
21. CEPT: "The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)", Chester, July 1997.
22. www.pacific.jour.auth.gr
23. <http://www.obs.coe.int/>
24. www.dvb.org/
25. www.en.wikipedia.org/wiki/DVB-T
26. www.en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2
27. www.vbrick.net/topics/transport_stream.htm

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

8.1 Γλωσσάριο

ACE	Active Constellation Extension
ASO	Analogue Switch Off
BBC	British Broadcasting Company
BCH	Bose-Chaudhuri-Hosquengham
Bheader	Baseband Header
BICM	Bit interleaved coding and modulation
BW	bandwidth
CBS	Columbia Broadcasting System
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CEPT	Administrations
CRT	Cathode Ray Tube
DTT	Digital Terrestrial Television
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-SB	Digital Video Broadcasting Steering Board
DVB-C	Digital Video Broadcasting – Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting – Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcasting – Satellite
DVB-S2	Digital Video Broadcasting – Satellite 2
DVB-SI	Digital Video Broadcasting – Service Information
DVB-T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial
DVB-T2	Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial
DVD	Digital Versatile Disc
EAO	European Audiovisual Observatory
EBA	European Broadcasting Area
EBU	European Broadcasting Union
ED	Energy Dispersal
EDTV	Enhanced Definition Television
EPG	Electronic program guide
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
FEC	Forward Error Correction
FIFO	First-In,First-out
GES	General Electric Company
HD	High Definition
HDTV	High Definition Television
HP	High Priority
ITU	International Telecommunication Union
JTC	Joint Technical Committee

LDPC	Low Density Parity Check
LNB	Low Noise Block Downconverter
LP	Low Priority
MPE	Multi Protocol Encapsulation
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPEG-2 PS	MPEG-2 Program Stream
MPEG-2 TS	MPEG-2 Transport Stream
MPEG-PSI	MPEG - Program Specific Information
NTSC	National Television System Committee
PAL	Phase Alternating Line
PAPR	Peak to Average Power Ratio
PLPs	Physical Layer Pipes
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RCA	Radio Corporation of America
RF	Radio frequency
RRC	Regional Radio Conference
RS	Read-Solomon
SD	Standard Definition
SDTV	Standard Definition Television
SECAM	Sequential Color with Memory
T-DAB	Terrestrial Digital Audio Broadcasting
TR	Tone Reservation
TS	Transport Streams
UHF	Ultra high frequency
VHF	Very high frequency



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
“ΠΑΣΙΦΑΗ”**

