

**Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

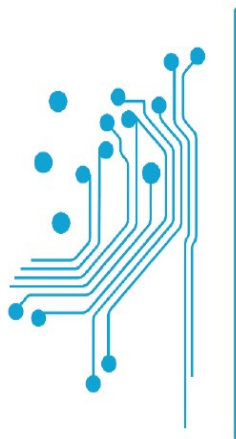
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ
ΣΤΗΝ ΕΠΙΓΕΙΑ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ»**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΛΟΥΚΟΥΜΗ ΙΦΙΓΕΝΕΙΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΑΚΑΝΙΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΝΤΙΠΡΙΟ 2015



Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

- 1.
- 2.
- 3.

Αντίρριο, 2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας η οποία συντάχθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2014-2015 στη σχολή Μηχανικών Πληροφορικής (πρώην Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων και Δικτύων) θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και επιβλέποντά μου κ.Τσακανίκα Βασίλειο για την καθοδήγηση και υποστήριξη που είχα καθ'όλη την διάρκεια της εργασίας μου. Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε όλο αυτό το διάστημα της συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας, με την παρουσία τους και την ψυχολογική υποστήριξη για να βγεί εις πέρας αυτό το αποτέλεσμα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου που ήταν δίπλα μου αυτά τα 4 χρόνια πορείας μου στη σχολή, για τη στήριξη των εξεταστικών μας, το διάβασμα και το πνεύμα συνεργασίας που είχαμε σε κάθε δυσκολία.

Αντίρριο, Μάρτιος 2015

Λουκούμη Ιφιγένεια

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία αποτελεί την κορύφωση των σπουδών μου στο Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος, τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής. Έπειτα από την επιτυχή συμμετοχή τεσσάρων χρόνων στις εξεταστικές, έφθασα στην τελική ευθεία προς την ολοκλήρωση των καθηκόντων μου ως φοιτήτρια. Στόχος της εργασίας αυτής είναι ένα προτεινόμενο συστήματος επίγειας τηλεόρασης του οποίου οι προδιαγραφές θα επιτρέπουν την αποστολή και λήψη 3D σήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη του τρισδιάστατου σήματος στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Πιο συγκεκριμένα, θα αναφερθούμε για το ποιές θα πρέπει να είναι οι προδιαγραφές ενός συστήματος που θα επιτρέπουν την αποστολή και λήψη του 3D σήματος.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή για την αναλογική τηλεόραση και για το πώς ξεκίνησε να εξελίσσεται στο πέρασμα του χρόνου. Αναφέρονται χρονολογικά ποιοί ήταν οι εμπνευστές και δημιουργοί των συστημάτων και τεχνικών, για την επίτευξή της. Έπειτα, αναγράφονται τα πρώτα βήματα που έγιναν στην Ελλάδα για την ιστορία της ελληνικής τηλεόρασης καθώς και οι τρόποι μετάδοσης του τηλεοπτικού σήματος.

Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση του προτύπου DVB και των συστημάτων μετάδοσής του. Κύριος λόγος γίνεται για το πρότυπο επίγειας μετάδοσης που δεν είναι άλλο από το DVB-T καθώς και το εξελισσόμενο σε έκδοση DVB-T2. Τα πρότυπα αυτά επιτυγχάνουν καλύτερες επιδόσεις απ'ότι με την αναλογική και προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στην επίγεια πλέον ψηφιακή μετάδοση.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για την ανακάλυψη της τρισδιάστατης εικόνας και επίσης στον τρόπο λειτουργίας της, με την ψευδαίσθηση του βάθους. Λόγω της διπλάσιας χωρητικότητας που απαιτεί μια τέτοιου είδους εικόνα, γίνεται λόγος για τον τρόπο αποθήκευσης, συμπίεσης και κωδικοποίησης της.

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και των δεδομένων που λάβαμε υπόψιν από προγενέστερες μελέτες, προτάθηκε ένα σύστημα μετάδοσης 3D σήματος από επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Χαρακτηριστικό είναι ο πίνακας που παρουσιάζεται στο τέταρτο κεφάλαιο όπου απεικονίζει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς τρισδιάστατης εικόνας και αντίστοιχου κωδικοποιημένου ήχου για την δημιουργία 3D βίντεο.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύουμε την επίδραση του σηματοθορυβικού λόγου και του βαθμού συμπίεσης δεδομένων στην ποιότητα του μεταδιδόμενου 3D σήματος καθώς και την επίδραση της διακύμανσης καθυστέρησης (jitter) στη μετάδοση πληροφορίας 3D σήματος. Με την βοήθεια του εργαλείου Matlab πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλες μετρήσεις για την συμπίεση των δεδομένων του καρέ σε 3D βίντεο.

ABSTRACT

The aim of this project is the study of the three-dimensional signal in digital terrestrial television. In particular, we will refer about which should be the specifications of a system that will allow the sending and receiving of 3D signal.

Firstly, we make an introduction about the analog television and how it began and evolve over time. More specific, we refer who the initiators and creators are of the system and the techniques for accomplishing it. After, it is appeared the first steps which become in Greece about the history of Greek television and the ways of transmission.

Subsequently, we analyse the protocol DVB and its substandards. The main reason is the standard for terrestrial transmission, which is the DVB-T and the progressive edition, DVB-T2. These protocols achieve better performance at digital broadcasting than analogue and offer many advantages in digital terrestrial television.

In next chapter, we report the discovery of three-dimensional image, and also how it works with the illusion of depth. Because of doubling capacity that requires this image, we analyse about the storage, compression and coding.

Based on previous reported chapters and data which we received in older studies, we suggest a system of 3D signal from digital terrestrial television. The table which is presented in this chapter, illustrates all possible combinations of three-dimensional image and the corresponding encoded audio for creating 3D video.

Finally, in the fifth chapter we analyze the effect of signal-to-noise-ratio and the degree of data compression in the quality of the transmitted signal 3D. By Matlab tool we accomplished measurements for data compression of frames in 3D video.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΓΕΙΑ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ.....	1
1.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ	1
1.1.1 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ	3
1.2 Η ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	5
2. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ DVB	7
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΓΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ.....	7
2.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB ΚΑΙ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ.....	8
2.2.1 DVB-S ΚΑΙ DVB-S2 ΠΡΟΤΥΠΑ.....	9
2.2.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-C ΚΑΙ DVB-C2.....	10
2.2.3 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-T ΚΑΙ DVB-T2	13
2.2.4 ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-H.....	16
2.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΦΑΣΗΣ	18
2.3.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QPSK.....	19
2.3.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM	20
3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ	23
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	23
3.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 3D.....	24
3.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ, ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗ 3D ΕΙΚΟΝΑΣ	26
3.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	28
3.4 STREAMING ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ	32
3.4.1 SELECTIVE STREAMING	32
3.5 ΕΠΙΓΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	33

4. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΕΠΙΓΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ	36
4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΒΙΝΤΕΟ 3D	36
4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΗΧΟΥ	40
4.3 ΠΡΟΤΥΠΙΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΧΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΒΙΝΤΕΟ 3D	41
4.3.1 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG-4.....	44
4.4 ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ 3D ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ	47
5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΘΟΡΥΒΙΚΟΥ ΛΟΓΟΥ (SNR), ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (JITTER) ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ	50
5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ SNR ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DVB-T 3D	50
5.2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D ΒΙΝΤΕΟ	52
5.2.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ JPEG	52
5.2.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ MPEG	55
5.2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΑΡΕ ΤΟΥ 3D ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ.....	56
5.2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (jitter) ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΚΠΟΜΠΗΣ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ SFN.....	59

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΣΧΗΜΑΤΑ

2^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 2.1 Μοντέλο συστήματος DTV	8
Σχήμα 2.2 Επίσημο λογότυπο DVB, σχεδιασμένο από τον Phillip Juttens	9
Σχήμα 2.2.2 Αποστολέας ενός συστήματος DVB-C.....	11
Σχήμα 2.2.3 Αποστολέας DVB-T.....	14
Σχήμα 2.2.4(α) Δομή πλαισίων DVB-H.....	17
Σχήμα 2.2.4(β) Δέκτης DVB-H.....	18
Σχήμα 2.3.1(α) Διάγραμμα βαθμίδων διαμορφωτή QPSK	19
Σχήμα 2.3.1.(β) Πολικό διάγραμμα QPSK.....	20

3^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 3.2 Φαινόμενο Keystone	26
Σχήμα 3.3.1(α) Depth map 2D εικόνα.....	30
Σχήμα 3.3.1(β) Εκδοχές καρέ	31

4^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 4.1 Πρότυπα Αναλύσεων Ψηφιακού βίντεο	37
---	----

5^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Σχήμα 5.2(α) Προετοιμασία εικόνας σε μπλοκ.....	53
Σχήμα 5.2(β) Διαδικασία συμπίεσης	54
Σχήμα 5.2(γ) Δημιουργία frame	55
Σχήμα 5.2.4(α) Στοιβά Πρωτοκόλλων για μετάδοση ψηφιακού βίντεο σε συστήματα DVB-T, DVB-T2	64
Σχήμα 5.2.4(β) Αρχιτεκτονική SFN Δικτύου Εκπομπής Ψηφιακής Τηλεόρασης	64

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΠΙΝΑΚΕΣ

4^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Πίνακας 4.3(α) Μέγιστος Ρυθμός μετάδοσης bit ανά πρότυπο κωδικοποίησης ήχου πολλαπλών καναλιών	43
Πίνακας 4.3(β) Μέγιστος Ρυθμός μετάδοσης bit πρότυπου κωδικοποίησης εικόνας H264 για τις βασικές αναλύσεις 3D βίντεο	44
Πίνακας 4.4 Audio codec bitrate/video codec bitrate	48

5^{ΟΥ} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Πίνακας 5.1 Coding rate/available true bandwidth	51
Πίνακας 5.2.4(α) Συχνότητες καναλιών σε αναλογική και ψηφιακή τηλεόραση	63
Πίνακας 5.2.4(β) Τυπικές καθυστερήσεις σε SFN διανομή	66
Πίνακας 5.2.4(γ) Εύρος ζώνης προτύπου DVB-T	67

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΚΩΔΙΚΑΣ MATLAB	68
--	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ INTERNET	71
--	----

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	72
-------------------------------------	----

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΓΕΙΑ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ

1.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ

Η τηλεόραση είναι ένα από τα κύρια και πιο δημοφιλή Μέσα Μαζικής Επικοινωνίας και η χρήση της είναι παγκοσμίως διαδεδομένη. Από την στιγμή της ανακάλυψής της έχει υποστεί πολλές αλλαγές και ακόμα περισσότερες βελτιώσεις, για να φτάσει στη σύγχρονη μορφή της που δεν είναι άλλη από την ψηφιακή τηλεόραση. Αναλύοντας τη λέξη αυτή καθαυτή, ο όρος «τηλεόραση» προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό πρόθεμα «τηλε-» που σημαίνει «μακριά», και τη λέξη «όραση».¹

Το 1844 ξεκίνησε η ιστορία της τηλεόρασης, όταν ο Αμερικανός Samuel Morse δημιούργησε τον τηλέγραφο, μια συσκευή που μπορούσε να μεταδώσει συνδυασμούς κωδικοποιημένων λέξεων και γραμμάτων μέσω των ηλεκτρονικών παλμών κατά μήκος των καλωδίων. Αυτή υπήρξε και η βασική ιδέα στην οποία στηρίχτηκε η δημιουργία της τηλεόρασης, με την μετάδοση εικόνων. Το φως μπορούσε να μετατραπεί σε ηλεκτρικούς παλμούς, κάνοντας έτσι δυνατή την μεταβίβαση των παλμών αυτών σε απόσταση και την επαναφορά τους σε φως.²

Η μεταβίβαση κινούμενων εικόνων σε απόσταση έγινε για πρώτη φορά με την μετατροπή της φωτεινής ροής από τα διάφορα σημεία της εικόνας σε ηλεκτομαγνητικά σήματα. Το 1873, ο Αμερικανός George Carey πρότεινε την κατασκευή ενός τηλεοπτικού δικτύου, στο οποίο η μηχανή λήψης και ο πομπός αποτελούνταν από 2.500 φωτοηλεκτρικά κύτταρα σεληνίου και ισάριθμες λυχνίες.³

Το 1884, επινοήθηκε το πρώτο ηλεκτρομαγνητικό σύστημα λήψης εικόνων από τον Γερμανό επιστήμονα Paul Nipkow . Αυτό επιτεύχθηκε μέσω μιας διάταξης, η οποία ήταν ικανή να πραγματοποιήσει τη μεταβίβαση των εικόνων σε απόσταση. Η διάταξη αυτή στην ουσία ήταν μια οπτικό-μηχανική συσκευή, που αποτελούνταν από ένα διάτρητο δίσκο, γνωστό και ως

¹ Βικιπαίδεια, (<http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεόραση>)

² Η ιστορία της τηλεόρασης, (http://birdibirdi.blogspot.gr/2010/12/blog-post_8905.html)

³ Η ιστορία της τηλεόρασης, ό.π.

«δίσκος του Νίρκω».⁴ Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχανόταν η μετατροπή της φωτεινότητας του κάθε σημείου σε ηλεκτρικό σήμα.⁵

Το 1907, ο Ρώσος Boris Rosing προτείνει τον καθοδικό σωλήνα Brown (Cathode Ray Tube, CRT) για την ανάλυση και λήψη της εικόνας.⁶ Αργότερα, το 1924, ένας Ρώσος μαθητής του Boris Rosing, Vladimir Zworykin κατασκεύασε την πρώτη συσκευή ηλεκτρονικής ανάλυσης της εικόνας, γνωστή και ως «εικονοσκόπιο». Η καθοδική τηλεόραση εμφανίστηκε λίγα χρόνια πριν τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, ενώ ο Zworykin ανέπτυξε την εμπορική μετάδοση τηλεοπτικού προγράμματος από το Radio Corporation of America (RCA).⁷

Ο Βρετανός John Logie Baird, το 1926 εμπνευσμένος από τους δίσκους του Νίρκω ασχολήθηκε με τον τομέα της μετάδοσης όπου κατάφερε να την τελειοποιήσει μεταδίδοντας είδωλα σε απόσταση τριών μέτρων μέσω καλωδίων, με αποτέλεσμα να μπορεί να κάνει επιτυχημένη λήψη και μεταβίβαση κινούμενων εικόνων. Έτσι, ο Baird ονόμασε το μηχάνημά του «Television» και ήταν πρωτοπόρος στην κατασκευή του νέου αυτού μέσου.⁸

Παρ'όλα αυτά όμως το μηχανικό σύστημα ανάλυσης της εικόνας που επινόησε ο Baird στηρίχτηκε στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και όπως αποδείχθηκε δεν ήταν η καταλληλότερη μέθοδος. Με την συσκευή του όμως αρχίζει μια νέα περίοδος στην ιστορία του μέσου που σηματοδοτείται από την εγκατάλειψη του μηχανικού συστήματος ανάλυσης της εικόνας και την στροφή στη χρήση της ηλεκτρονικής. Η British Broadcasting Company (BBC) μεταδίδει πρόγραμμα στηριζόμενη στο σύστημα του Baird.⁹

Το 1927, πραγματοποιήθηκε η πρώτη μετάδοση τηλεόρασης σε μακρινή απόσταση, ενώ το 1929, ο Αμερικανός Philo Farnsworth σε ηλικία μόλις 16 ετών παρουσίασε μια συσκευή, τον «εικονοαναλυτή» που προσέφερε βελτιωμένη ανάλυση της εικόνας. Πιο συγκεκριμένα, έφτιαξε ένα ηλεκτρονικό σύστημα που χρησιμοποιούσε ένα καθοδικό σωλήνα με ηλεκτρομαγνητική εκτροπή στην οθόνη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να διχαστούν οι απόψεις των μελετητών σχετικά με την γέννηση της τηλεόρασης, δηλαδή άλλοι θεώρησαν ως χρονολογική αφετηρία της το 1928, όπου παρουσιάστηκε το εικονοσκόπιο του Zworykin,

⁴ Γεώργιος Σκουρλετόπουλος, Αντώνιος Ξανθουδάκης, «Εκπόνηση Πλάνου Αξιοποίησης (Business Plan) νέων Τεχνολογιών: Οι δυνατότητες εφαρμογής και αξιοποίησης της διαδραστικής ψηφιακής τηλεόρασης ως μέσω διαφήμισης». Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Κρήτης, 2012, σελ.3-4

⁵ Η ιστορία της τηλεόρασης, ό.π.

⁶ Η ιστορία της τηλεόρασης, ό.π.

⁷ Γεώργιος Σκουρλετόπουλος, Αντώνιος Ξανθουδάκης, ό.π. σελ.4

⁸ Γεώργιος Σκουρλετόπουλος, Αντώνιος Ξανθουδάκης, ό.π. σελ.4

⁹ Η ιστορία της τηλεόρασης, ό.π

και άλλοι το 1930, όταν ο Farnsworth παρουσίασε την δική του συσκευή. Εν τέλει, η συσκευή του Farnsworth ήταν αυτή που επικράτησε.¹⁰

Από το 1934, άρχισε η εκπομπή τηλεοπτικών εκπομπών με εικόνα κι ήχο κι έτσι βρήκαν νέους θεατές, οι μόλις πρόσφατα ομιλούσες κινηματογραφικές ταινίες. Επίσης, το 1936 οι Ολυμπιακοί αγώνες στο Βερολίνο αποτέλεσαν μια αφορμή για προώθηση της τηλεοπτικής τεχνολογίας.¹¹

Σημαντικό ρόλο στην ιστορία της τηλεόρασης ήταν η εφεύρεση της φωτογραφικής λυχνίας Image Orthicon στο εργαστήριο της εταιρίας RCA από τους Rose Weimer και Law το 1945, όπου αντικατέστησαν το εικονοσκόπιο.¹² Την ίδια χρονιά, μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου πολέμου, λόγω της μεγάλης προόδου των ραντάρ και των συστημάτων επικοινωνιών η εξέλιξη της τηλεόρασης ήταν σημαντική. Έτσι, άρχισαν αμέσως νέες εκπομπές υψηλής ευκρίνειας των παναμερικανικών δικτύων όπως τηλεπαιχνίδια και ψυχαγωγικά σόου.¹³

Η έγχρωμη τηλεόραση έκανε την εμφάνισή της στο διάστημα 1947-1953 και είχαν δαπανηθεί μεγάλα ποσά στις ΗΠΑ για την πειραματική διερεύνηση του χρώματος και το 1956 ένα μικρό δίκτυο στο Σικάγο πέτυχε την πρώτη έγχρωμη πειραματική αναμετάδοση. Η οριστικοποίηση της έγχρωμης τηλεόρασης στις ΗΠΑ καθιερώθηκε το 1962 και στην υπόλοιπη Ευρώπη το 1967.¹⁴

1.1.1 ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΛΕΟΠΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

Οι τρόποι μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος μπορεί να επιτευχθούν με διάφορους τρόπους. Πιο συγκεκριμένα, ακολουθεί μια αναφορά αυτών και επίσης θα αναλύσουμε τον πιο διαδεδομένο τρόπο.

Αρχικά, ο τηλεοπτικός δέκτης λαμβάνει το τηλεοπτικό σήμα είτε ασύρματα είτε ενσύρματα. Η ασύρματη λήψη γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι η λήψη με κεραία στραμμένη σε κάποιο επίγειο σταθμό εκπομπής (που βρίσκεται στην κορυφή κάποιου

¹⁰ Η ιστορία της τηλεόρασης ό.π

¹¹ Βασίλειος Μπαϊμάς, «Συγκριτική μελέτη προτύπων και μηχανισμών συστημάτων ψηφιακής εκπομπής ευρείας κάλυψης», Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Κρήτης, Μάιος 2010, σελ. 15

¹² Βασίλειος Μπαϊμάς, ό.π., σελ. 15

¹³ Κουτσονικολής Παρασκευάς, Λυκουρέντζος Αιμίλιος, «Η εξέλιξη της τηλεόρασης και οι επιδράσεις της στον άνθρωπο», Έκθεση ερευνητικής εργασίας, Εσπερινό ΓΕ.Λ. Τρίπολης, Απρίλιος 2013, σελ.6

¹⁴ Κουτσονικολής Παρασκευάς, Λυκουρέντζος Αιμίλιος, ό.π., σελ.8

βουνού) και ο δεύτερος τρόπος είναι η λήψη από δορυφόρο μέσω δορυφορικής κεραίας (πιάτο) και ειδικού δέκτη. Στην ενσύρματη λήψη έχουμε την καλωδιακή τηλεόραση και τη λήψη μέσω δικτύου (IPTV). Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη της ευρυζωνικής δικτύωσης (καθώς και οι νέες τεχνικές συμπίεσης τηλεοπτικού σήματος) κατέστησε ικανή τη μετάδοση τηλεοπτικού προγράμματος μέσω Διαδικτύου.¹⁵

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος μετάδοσης είναι μέσω επίγειου δικτύου εκπομπής. Πιο συγκεκριμένα, στην κορυφή του βουνού εγκαθίσταται ένα κέντρο εκπομπής, το οποίο λαμβάνει το τηλεοπτικό σήμα από το σταθμό και το οδηγεί σε ένα πομπό. Ο πομπός το εκπέμπει σε μία από τις παρακάτω ζώνες συχνοτήτων:

1. UHF (Ultra High Frequency, υπερυψηλές συχνότητες): Στη ζώνη αυτή η συχνότητα κυμαίνεται από 300MHz (ελάχιστο) έως 3000MHz (μέγιστο)
2. VHF (Very High Frequency, πολύ υψηλές συχνότητες): Στη ζώνη αυτή η συχνότητα κυμαίνεται από 30MHz έως 300MHz

Οι παραπάνω ζώνες συχνοτήτων δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τηλεοπτικές μεταδόσεις αλλά έχουν εκχωρηθεί σε αυτές κανάλια και για άλλες εφαρμογές. Η κατανομή των καναλιών είναι διαφορετική για κάθε περιοχή του κόσμου. Συνοπτικά, στην Ελλάδα έχουμε τα παρακάτω κανάλια, ανάλογα με την ζώνη εκπομπής:

- Ζώνη I (VHF): Κανάλια 2,3,4.
- Ζώνη II (VHF): Δεν υπάρχουν τηλεοπτικά κανάλια, χρησιμοποιείται για ραδιοφωνία FM.
- Ζώνη III (VHF): Κανάλια 5-11.
- Ζώνη IV (UHF): Κανάλια 21-37
- Ζώνη V (UHF): Κανάλια 38-69

Επίσης, υπάρχει η ζώνη με τα κανάλια S2-S20 (VHF) στην οποία ζώνη δε γίνονται εκπομπές από επίγειο σταθμό γιατί χρησιμοποιείται για καλωδιακές εγκαταστάσεις.¹⁶

¹⁵ Βικιπαίδεια, ό.π.

¹⁶ Βικιπαίδεια, ό.π.

1.2 Η ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα τα πρώτα βήματα ξεκίνησαν το 1951, αλλά το σπουδαιότερο βήμα για την ιστορία της ελληνικής τηλεόρασης πραγματοποιείται το 1964 με τις πειραματικές εκπομπές τεχνικών του Ε.Ι.Ρ. (Εθνικό Ίδρυμα Ραδιοφωνίας) από το σταθμό της Δ.Ε.Η. στο Ζάππειο.¹⁷ Η επίσημη έναρξη της ελληνικής τηλεόρασης χρονολογείται το 1966 με την Ελένη Κυπραίου να είναι η πρώτη Ελληνίδα παρουσιάστρια.¹⁸

Το 1969, γίνεται διεθνής απευθείας σύνδεση με το κύκλωμα της Eurovision, καθώς επίσης οι Έλληνες τηλεθεατές παρακολουθούν το τεράστιο γεγονός¹⁹, για την μετάδοση της προσελήνωσης του Αμερικανικού διαστημικού σκάφους Apollo 12.²⁰

Επί δικτατορίας, το 1970, η Ε.Ι.Ρ. μετονομάζεται σε Ελληνικό Ίδρυμα Ραδιοφωνίας Τηλεόρασης. Πέντε χρόνια αργότερα το 1975, μετά την μεταπολίτευση, η κρατική ραδιοτηλεόραση μετασηματίστηκε στον οργανισμό που γνωρίσαμε, την Ε.Ρ.Τ.(Ελληνική Ραδιοφωνία Τηλεόραση) ενώ με το σύστημα SECAM²¹ το 1979 πραγματοποιήθηκε η πρώτη έγχρωμη μετάδοση.²²

¹⁷ Η ιστορία της τηλεόρασης, ό.π

¹⁸ Η πορεία της τηλεόρασης στην Ελλάδα-Μονοπώλειο και απορρύθμιση(http://epikinoniakoi.blogspot.gr/2008/09/blog-post_30.html)

¹⁹ Γεώργιος Σκουρλετόπουλος, Αντώνιος Ξανθουδάκης, ό.π. σελ.5

²⁰ Η πορεία της τηλεόρασης στην Ελλάδα-Μονοπώλειο και απορρύθμιση, ό.π.

²¹ SECAM: Είναι ένα σύστημα χρώματος αναλογικής τηλεόρασης που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στην Γαλλία το 1956. Είναι ιστορικά, το πρώτο Ευρωπαϊκό πρότυπο έγχρωμης τηλεόρασης.(πηγή από <http://en.wikipedia.org/wiki/SECAM>)

²² Η πορεία της τηλεόρασης στην Ελλάδα-Μονοπώλειο και απορρύθμιση, ό.π.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Βικιπαίδεια(<http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεόραση>)
- 2) Η ιστορία της τηλεόρασης(http://birdibirdi.blogspot.gr/2010/12/blog-post_8905.html)
- 3) Γεώργιος Σκουρλετόπουλος, Αντώνιος Ξανθουδάκης, «Εκπόνηση Πλάνου Αξιοποίησης (Business Plan) νέων Τεχνολογιών: Οι δυνατότητες εφαρμογής και αξιοποίησης της διαδραστικής ψηφιακής τηλεόρασης ως μέσω διαφήμισης». Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Κρήτης, 2012
- 4) Βασίλειος Μπαϊμάς, «Συγκρητική μελέτη προτύπων και μηχανισμών συστημάτων ψηφιακής εκπομπής ευρείας κάλυψης», Πτυχιακή εργασία, ΑΤΕΙ Κρήτης, Μάιος 2010
- 5) Κουτσονικολής Παρασκευάς, Λυκουρέντζος Αιμίλιος, «Η εξέλιξη της τηλεόρασης και οι επιδράσεις της στον άνθρωπο», Έκθεση ερευνητικής εργασίας, Εσπερινό ΓΕ.Λ.Τρίπολης, Απρίλιος 2013
- 6) Η πορεία της τηλεόρασης στην Ελλάδα-Μονοπώλειο και απορρύθμιση(http://epikinoniakoi.blogspot.gr/2008/09/blog-post_30.html)
- 7) Βικιπαίδεια (<http://en.wikipedia.org/wiki/SECAM>)

2. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ DVB

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΓΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ

Στις μέρες μας, η αναλογική τεχνολογία βρίσκεται στο τέλος της σε όλους τους τομείς, ακόμα και στις τηλεοπτικές εκπομπές που ίσως ήταν και οι δυσκολότερες λόγω του μεγέθους των δεδομένων που έχουν. Με την βοήθεια όμως των αλγορίθμων MPEG²³, τα ψηφιακά βίντεο συμπιέζονται έτσι ώστε να απαιτούν μικρότερο εύρος ζώνης για την εκπομπή τους, χωρίς να αλλοιώνεται η ποιότητα στην εικόνα και τον ήχο.²⁴

Πιο συγκεκριμένα, η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (Digital Terrestrial TV ή DTT) είναι μια υλοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας που προσφέρει μεγαλύτερο αριθμό καναλιών και καλύτερη ποιότητα εικόνας και ήχου μέσω μιας συμβατικής κεραίας αντί μιας δορυφορικής σύνδεσης. Υποστηρίζει τον τύπο δικτύου SFN (Single Frequency Networks) το οποίο οδηγεί σε εξοικονόμηση φάσματος. Δηλαδή με άλλα λόγια, στο ίδιο κανάλι UHF υπάρχει η δυνατότητα να εκπέμπουν μέχρι και 4 κανάλια με συμβατική ποιότητα εικόνας (Standard Definition TV), ή ένα κανάλι με εικόνα υψηλής ευκρίνειας (High Definition TV).²⁵

Η λήψη της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης επιτυγχάνεται μέσω σχετικού δέκτη, ο οποίος μπορεί να έχει τη μορφή μιας μικρής επιτραπέζιας συσκευής ή να είναι ενσωματωμένος στην τηλεόραση. Έτσι, ο ψηφιακός δέκτης αφού λάβει το σήμα το αποκωδικοποιεί μέσω μιας συμβατικής κεραίας. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να απαιτηθεί μια ειδική κεραία εάν η πολυπλεξία του DTV σήματος βρίσκεται εκτός εύρους ζώνης της εγκατεστημένης κεραίας (όπως π.χ. στο Ηνωμένο Βασίλειο).²⁶

Η DTTV τηλεόραση μεταδίδεται σε παρόμοιες ραδιοσυχνότητες με την τυπική αναλογική τηλεόραση, με την εξής βασική διαφορά η πολυπλεξία του σήματος να είναι στον πομπό, κάτι που επιτρέπει τη λήψη πολλαπλάσιων καναλιών σε ένα ενιαίο φάσμα συχνότητας (όπως ένα κανάλι UHF ή VHF).²⁷

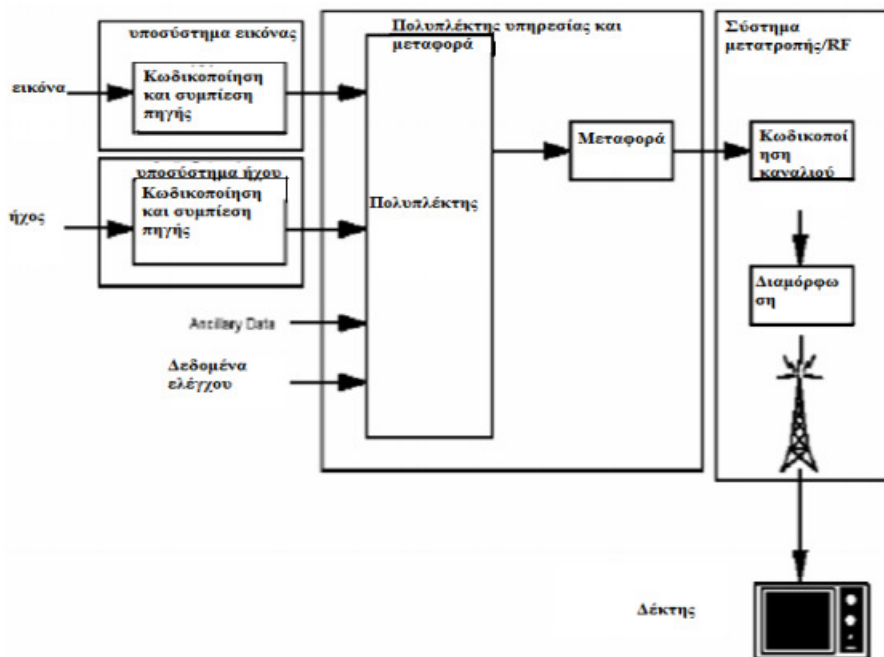
²³ Moving Pictures Experts Group: χρησιμοποιείται για τη συμπίεση κινούμενης εικόνας ή βίντεο (πηγή από <http://el.wikipedia.org/wiki/MPEG>)

²⁴ Αμπατζόγλου Ιωάννης, Καθηγητής ΠΕ17 (Ηλεκτρονικός), Αθήνα 2006, DVB, (<http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/DVB.pdf>)

²⁵ Βικιπαίδεια, (http://el.wikipedia.org/wiki/Επίγεια_ψηφιακή_τηλεόραση)

²⁶ Βικιπαίδεια, ό.π

²⁷ Βικιπαίδεια, ό.π



Σχήμα 2.1 Μοντέλο συστήματος DTV²⁸

2.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB ΚΑΙ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ

Το Digital Video Broadcasting (DVB) καθώς και τα υποπρότυπα του αναπτύχθηκαν για να προσφέρουν υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης με βάση ένα ευρύ φάσμα μέσω διανομής, δορυφορικών, καλωδιακών και επίγειων. Όλα τα DVB standards έχουν υιοθετήσει τα MPEG-2 πρότυπα για συμπίεση ήχου και κινούμενης εικόνας καθώς και για πολύπλεξη.²⁹

Τα συστήματα μετάδοσης που περιλαμβάνει το DVB είναι, το πρότυπο DVB-S για δορυφορική μετάδοση, το DVB-T για επίγεια μετάδοση, το DVB-C για καλωδιακή και το DVB-H για φορητές συσκευές.³⁰

²⁸ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf,σελ.9

²⁹ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf,σελ.14

³⁰ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π.



Σχήμα 2.2 Επίσημο λογότυπο DVB, σχεδιασμένο από τον Phillip Juttens³¹

2.2.1 DVB-S ΚΑΙ DVB-S2 ΠΡΟΤΥΠΑ

Ξεκινώντας από το δορυφορικό σύστημα DVB-S (DVB-Satellite) που είναι και το παλιότερο σε έκδοση και πιο διαδεδομένο από την οικογένεια προτύπων DVB, έχει αναμφίβολα παγκόσμια αποδοχή διότι δεν απαιτεί καλώδιο όπως το DVB-C και επίσης δεν χρειάζεται επίγειες κεραίες όπως το DVB-T. Σχεδιάστηκε ώστε να εκμεταλλεύεται εξ'ολοκλήρου το εύρος ζώνης των δορυφορικών τηλεοπτικών αναμεταδοτών. Προορίζεται για να παρέχει Direct-To-Home υπηρεσίες (DTH-απεθείας στο σπίτι) στους ενσωματωμένους αποκωδικοποιητές στα σπίτια των καταναλωτών, καθώς επίσης και στα συστήματα κεραιών.³²

Το DVB-S πρότυπο παρουσιάζει ένα σύστημα κωδικοποίησης και διαμόρφωσης για τις δορυφορικές ψηφιακές υπηρεσίες τηλεοπτικού (SDTV και HDTV) σήματος. Η χρήση τους είναι για την αρχική και δευτεροβάθμια διανομή στις ζώνες σταθερών δορυφορικών υπηρεσιών (FSS) και δορυφορικών υπηρεσιών μετάδοσης ευρείας ζώνης (BSS).³³

Επίσης, χρησιμοποιείται και σε διαφορετικά εύρη ζώνης των δορυφορικών αναμεταδοτών και είναι συμβατό με το MPEG-2. Η ευελιξία που παρέχεται στο πρότυπο αυτό του επιτρέπει την

³¹ http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2006-0114/DT2006-0114.pdf, σελ.16

³² http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf, σελ.14-15

³³ Ο.π.,σελ.15

ικανότητα μετάδοσης σε διάφορες υπηρεσίες TV, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών ήχου και δεδομένων.³⁴

Τον Μάρτιο του 2005 έκανε την εμφάνιση του το βελτιωμένο DVB-S2 (Digital Video Broadcasting-Satellite-Second Generation). Έχει 30% καλύτερη απόδοση από το αρχικό DVB-S λόγω των νέων τεχνικών που ενσωματώνει, όπως είναι η αλλαγή παραμέτρων κωδικοποίησης και διαμόρφωσης σε πραγματικό χρόνο (VCM-Variable Coding and Modulation) και η συμπίεση του βίντεο κατά MPEG-4. Βάση της συμπίεση των δεδομένων κατά MPEG-4 που πραγματοποιείται, έχει επιτευχθεί η εκπομπή βίντεο ποιότητας HDTV στο ίδιο εύρος καναλιού που απαιτούνταν για εκπομπή βίντεο MPEG-2 από το σύστημα DVB-S με ποιότητα SDTV.³⁵

Εν κατακλείδι, το DVB-S2 χρησιμοποιείται για εκπομπή τηλεοπτικών προγραμμάτων σε SDTV (Standard Definition TV) και HDTV (High Definition TV), για υπηρεσίες αλληλεπίδρασης με πρόσβαση στο διαδίκτυο όπου τα δεδομένα μπορούν να στέλνονται μέσω καλωδίου, DSL ή δορυφορικά και τέλος για επαγγελματικές εφαρμογές όπου τα δεδομένα μπορούν να πολυπλέκονται σε πραγματικό χρόνο και η εκπομπή να γίνεται μετά στις VHF/UHF συχνότητες.³⁶

2.2.2 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-C ΚΑΙ DVB-C2

Το καλωδιακό σύστημα DVB-C (DVB-Cable) είναι ένα πρότυπο υπεύθυνο για την μετάδοση εκπομπής της ψηφιακής τηλεόρασης.³⁷ Μοιάζει τεχνικά με το DVB-S αλλά η βασική διαφορά του είναι ότι χρησιμοποιεί την αποδοτικότερη αλλά και πιο ευαίσθητη σε παρεμβολές διαμόρφωση 64QAM αντί της QPSK(θα αναλυθούν παρακάτω).³⁸ Το 1994 έγινε η πρώτη έκδοση του προτύπου από το ETSI, και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ευρέως στην Ευρώπη για την ψηφιακή καλωδιακή τηλεόραση. Έχει αναπτυχθεί σε όλο τον κόσμο σε

³⁴ Ο.π.,σελ.15

³⁵ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π.

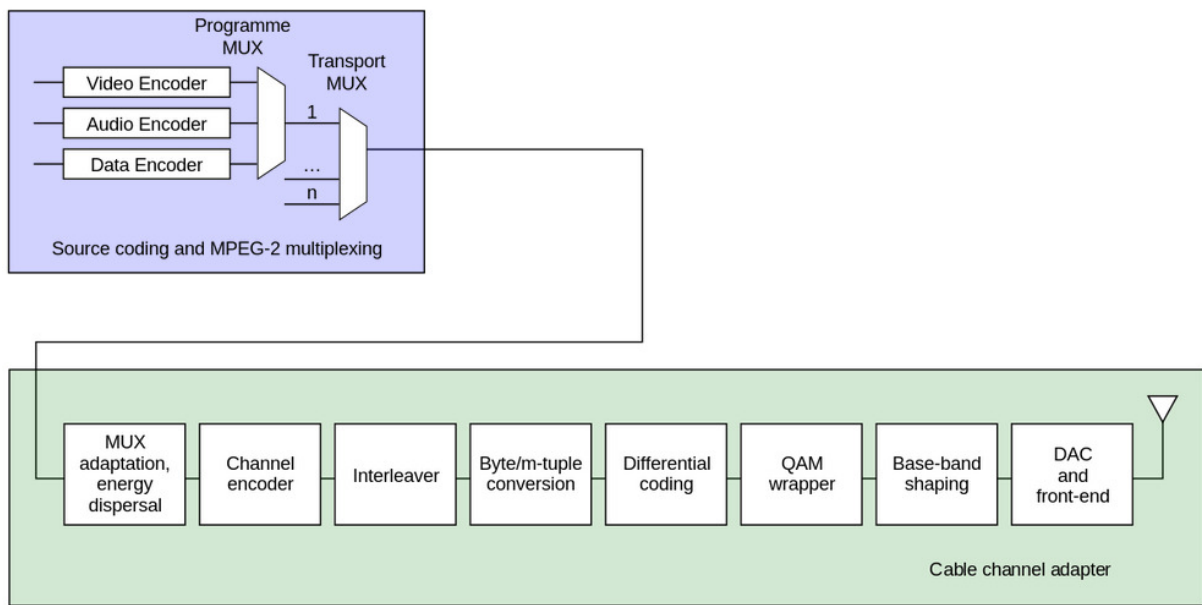
³⁶ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf, σελ.16

³⁷ Βικιπαίδεια, (<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-C>)

³⁸ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf,σελ.16

συστήματα που κυμαίνονται από τα μεγαλύτερα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης (CATV) σε μικρότερα δορυφορικά συστήματα κεντρικής κεραίας (SMATV) τηλεόραση.³⁹

Στο παρακάτω σχήμα ακολουθεί η τεχνική περιγραφή του αποστολέα καθώς και μια σύντομη περιγραφή των στοιχείων επεξεργασίας⁴⁰



Σχήμα 2.2.2 Αποστολέας ενός συστήματος DVB-C⁴¹

- Κωδικοποίηση πηγής και Mpeg-2 πολύπλεξη (MUX)
- Διασπορά προσαρμογής MUX
- Εξωτερικός κωδικοποιητής (external encoder) που χρησιμοποιεί ένα κώδικα φραγμών μέσω του κώδικα Reed-Solomon
- Εξωτερικός παρεμβολέας (external interleaver) χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την εκ νέου διαβιβασθείσα ακολουθία δεδομένων
- Byte/m –tuple μετατροπή: οι ψηφιολέξεις δεδομένων κωδικοποιούνται στο πλαίσιο m-tuples
- Διαφορική κωδικοποίηση (differential coding)

³⁹ Βικιπαίδεια, ό.π.

⁴⁰ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf,σελ.16

⁴¹ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf,σελ.17

- QAM Mapper : η αλληλουχία bit χαρτογραφείται σε μια ψηφιακή ακολουθία ζωνών βάσης από τα σύνθετα σύμβολα. Υπάρχουν 5 επιτρεπόμενοι τρόποι διαμόρφωσης : 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM.
- Ζώνη βάσης : το σήμα QAM φιλτράρεται από ένα διαμορφωμένο φίλτρο αυξανόμενου συνημιτόνου , προκειμένου να αφαιρεθεί η αμοιβαία παρέμβαση σημάτων στη λαμβάνουσα πλευρά
- DAC και front-end: το ψηφιακό σήμα μετασχηματίζεται σε ένα αναλογικό σήμα, με ένα digital-to-analog μετατροπέα (DAC) και έπειτα διαμορφώνεται στη ραδιοφωνική συχνότητα από τον RF front-end⁴²

Το μέλλον της καλωδιακής τεχνολογίας που εξετάζεται από μια ομάδα μελέτης DVB-TM, έχει προσδιορίσει ήδη τις νέες εξελίξεις της τεχνολογίας στους τομείς της επεξεργασίας σήματος. Αυτές είναι, η κωδικοποίηση καναλιών και η διαμόρφωση που θα παράσχουν τα μέσα για να αυξηθεί σημαντικά η ικανότητα μετάδοσης των καλωδιακών δικτύων, και να επιτρέψει την ευρεία εισαγωγή των προηγμένων ψηφιακών υπηρεσιών TV μέσω του καλωδίου.⁴³

Η ψηφιακή οργάνωση προτύπων TV ελπίζει ότι η νέα προδιαγραφή DVB-C2 θα μεγιστοποιήσει τις αποδόσεις μετάδοσης, σε σημείο όπου ένα DVB-C3 δεν θα χρειαστεί ποτέ.⁴⁴

Μερικές από τις απαιτήσεις για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μεγαλύτερη ικανότητα μεταφορών στα καλωδιακά δίκτυα καθώς και εφαρμογή στις νέες υπηρεσίες όπως η HDTV , VOD και άλλες εξατομικευμένες και διαλογικές υπηρεσίες
- Να παραμείνουν οι εταιρίες ανταγωνιστικές και ευέλικτες και να είναι σε θέση να παρέχουν μια ψηφιακή προσφορά, ανταγωνιστική στις ψηφιακές αγορές TV
- Οι πάροχοι να παραμείνουν ικανοί να αναμεταδίδουν ολόκληρη την πολύπλεξη που λαμβάνεται μέσω των δορυφορικών ή επίγειων δικτύων χρησιμοποιώντας τα ανώτερα σχέδια διαμόρφωσης

⁴² Ο.π. , σελ.17-18

⁴³ Ο.π. , σελ.18-19

⁴⁴ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf ,σελ.18

- Ύπαρξη περισσότερων και καλύτερων τεχνικών εργαλείων, που να παρέχουν νέες ευκαιρίες επέκτασης της επιχείρησης⁴⁵

Ύστερα από την μελέτη του DVB-C2 που πραγματοποιήθηκε, οι μελετητές του DVB δήλωσαν, ότι τα αποτελέσματα παρείχαν σαφείς ενδείξεις πώς η απόδοση του συστήματος μετάδοσης του DVB-C2 μπορεί να φτάσει κοντά στο θεωρητικό όριο του Shannon και να επιβεβαιώσει ότι περαιτέρω βελτιώσεις στο μέλλον πιθανότατα δεν είναι σε θέση να δικαιολογήσουν την εισαγωγή μιας τρίτης έκδοσης.⁴⁶

2.2.3 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-T ΚΑΙ DVB-T2

Το πρότυπο DVB-T (DVB-Terrestrial) αποτελεί χρονικά το προτελευταίο σύστημα μετάδοσης του DVB. Χρησιμοποιεί διαμόρφωση πολλαπλών φερόντων στο σχήμα της πολυπλεξίας με ορθογωνική διαίρεση συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing-OFDM) και έτσι επιτυγχάνει ψηφιακή μετάδοση υψηλών ταχυτήτων μέσω του επίγειου καναλιού.⁴⁷

Το επίγειο αυτό σύστημα συνδυάζει το OFDM με σύνθετες τεχνικές ισοστάθμισης και κωδικοποίησης, εισάγοντας την τεχνολογία κωδικοποιημένου OFDM (Coded OFDM-COFDM). Έτσι σε συνδυασμό κωδικοποίησης και διεμπλοκής δύο επιπέδων, η διαδικασία διαμόρφωσης κάνει το σήμα αρκετά ανθεκτικό σε πολυδιαδρομική διάδοση και παρεμβολές.⁴⁸

Το DVB-T είναι πιο εξελιγμένο τεχνολογικά πρότυπο σε σχέση με τα DVB-S και DVB-C πρότυπα. Οι προοπτικές χρήσης του για μετάδοση δεδομένων IP είναι πολυάριθμες, αλλά παρ'όλα αυτά δεν έχουν αναδειχθεί όλες. Το επίγειο σύστημα δεν χρειάζεται ιδιαίτερο εξοπλισμό από την πλευράς του χρήστη (π.χ. δορυφορικό δέκτη ή καλωδιακή υποδομή) και

⁴⁵ Ο.π. ,σελ.19

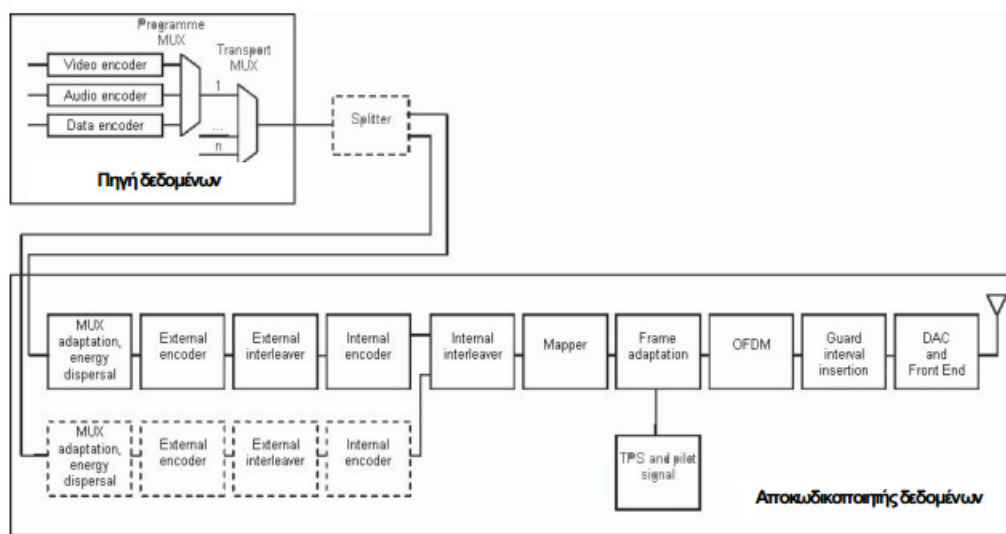
⁴⁶ Ο.π. ,σελ.19

⁴⁷ Ο.π. ,σελ.19

⁴⁸ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf,σελ.20

από την πλευρά του παροχέα αποτελεί την πιο προσιτή και πιο ευέλικτη λύση σε σχέση με την δορυφορική μετάδοση ή το καλωδιακό δίκτυο. Τέλος, ένα επίγειο ψηφιακό σύστημα μπορεί να οργανωθεί σε περιοχές κάλυψης με κυψελωτή δομή και να προσφέρει υπηρεσίες και σε κινούμενους χρήστες, μια δυνατότητα που οι υπόλοιπες τεχνολογίες δεν μπορούν να προσφέρουν.⁴⁹

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται οι βασικές λειτουργίες της μετατροπής του σήματος βασικής ζώνης στο προς μετάδοση σήμα. Με την σειρά οι λειτουργίες που εφαρμόζονται στο stream, είναι οι εξής:



Σχήμα 2.2.3 Αποστολέας DVB-T⁵⁰

- Προσαρμογή MPEG-2 πακέτων και τυχαιοποίηση (randomization)
- Εξωτερική κωδικοποίηση (προστασία έναντι λαθών με κώδικα Reed-Solomon)
- Εξωτερική συνελκτική διεμπλοκή (convolutional interleaving)
- Εσωτερική κωδικοποίηση με διάτρητο συνελκτικό κώδικα (punctured convolutional

⁴⁹ Ο.π. ,σελ.20

⁵⁰ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π.

- code)
- Εσωτερική διεμπλοκή (inner interleaving) στον χρόνο και στη συχνότητα
- Αντιστοίχιση και διαμόρφωση των φερόντων
- Πολυπλεξία κατά OFDM με αντίστροφο ταχύ μετασχηματισμό Fourier (IFFT) και διαμόρφωση του φέροντος IF
- Μετατροπή (up-conversion) της τελικής RF συχνότητας⁵¹

Η τελευταία λειτουργία δεν υποστηρίζεται εγγενώς από πολλούς διαμορφωτές, οπότε απαιτείται μια πρόσθετη μονάδα για μετατροπή προς τα πάνω. Οι μονάδες που απεικονίζονται με διακεκομμένες γραμμές στο παραπάνω σχήμα αφορούν την επιλογή της ιεραρχικής διαμόρφωσης (hierarchical modulation) που υποστηρίζεται πλήρως από το πρότυπο DVB-T.⁵² Για παράδειγμα μπορούμε να εκπέμπουμε ταυτόχρονα το ίδιο τηλεοπτικό πρόγραμμα σε ποιότητα στάνταρ ανάλυσης (SDTV) και υψηλής ανάλυσης (HDTV). Οι δέκτες θα λαμβάνουν και τα δύο προγράμματα και ανάλογα με την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος θα επιλέγουν αν θα δείχνουν στη οθόνη την HDTV ή την SDTV εκπομπή.⁵³

Το DVB-T2 είναι μια συντομογραφία του «Digital Video Broadcasting-Terrestrial δεύτερης γενιάς», είναι η επέκταση του τηλεοπτικού προτύπου DVB-T που εκδίδεται από την κοινοπραξία DVB, που επινόησε για την μετάδοση εκπομπής της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης.⁵⁴

Αυτό το σύστημα μεταδίδει συμπιεσμένο ψηφιακό ήχο, βίντεο και άλλα δεδομένα σε «αγωγούς φυσικού επιπέδου» (PLPs), χρησιμοποιώντας την ίδια διαμόρφωση όπως ο προκάτοχός του, δηλαδή OFDM. Είναι ένα σύστημα κατάλληλο για την μεταφορά σημάτων

⁵¹ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf ,σελ.20

⁵² http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf ,σελ.21

⁵³ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π

⁵⁴ <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>

HDTV στο τηλεοπτικό κανάλι αν και πολλοί τηλεοπτικοί φορείς εξακολουθούν να χρησιμοποιούν απλό DVB-T για τον σκοπό αυτό.⁵⁵

Το πρότυπο αυτό περιέχει βελτιώσεις που στοχεύουν στην καλύτερη χρήση κατά 30-50% του εύρους σε σχέση με το πρότυπο DVB-T. Επιπλέον χρησιμοποιεί την κωδικοποίηση όπως το πρότυπο DVB-S2 που αφορά δορυφορικό σύστημα.⁵⁶ Τέλος, προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία και τουλάχιστον 50% μεγαλύτερη απόδοση από οποιοδήποτε άλλο σύστημα DTT. Υποστηρίζει SD, HD, UHD, κινητή τηλεόραση, ή οποιοδήποτε συνδυασμό αυτών.⁵⁷

2.2.4 ΠΡΟΤΥΠΟ DVB-H

Το DVB-H (DVB-Handheld) δημιουργήθηκε τον Νοέμβριο του 2004 με σκοπό τη μετάδοση ψηφιακού βίντεο σε συσκευές χειρός. Είναι η νεότερη τεχνική ψηφιακής μετάδοσης του προτύπου DVB.⁵⁸ Θεωρείται ως αντικαταστάτης του πολύ επιτυχημένου DVB-T, δηλαδή του συστήματος για την ψηφιακή επίγεια τηλεόραση, με πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα για να καλύψει τις συγκεκριμένες απαιτήσεις των φορητών με μπαταρίες δεκτών.⁵⁹

Τα οφέλη που προσφέρει το DVB-H στους καταναλωτές είναι νέες ελκυστικές υπηρεσίες και επαναχρησιμοποίηση δημοφιλών συσκευών δια μέσου νέων πλατφόρμων μετάδοσης. Στις εταιρίες δίνει την δυνατότητα για επιπρόσθετες επιχειρηματικές ευκαιρίες και στους πωλητές εξοπλισμού, νέα προϊόντα.⁶⁰

Τα μειονεκτήματα που έχει το πρότυπο αυτό είναι ότι έχει μεγάλη κατανάλωση ρεύματος ,προβληματική απόδοση σε κυτταρικό περιβάλλον (ο λόγος C/N, φαινόμενο Doppler στο κινητό κανάλι και αυθόρμητες παρεμβολές) και τέλος μικρή ευελιξία σχεδιασμού για κινητά.⁶¹

Για την αντιμετώπιση της μεγάλης κατανάλωσης ρεύματος στους φορητές δέκτες χρησιμοποιείται η τεχνική 'time slicing'. Σύμφωνα με αυτή οι ροές προγραμμάτων

⁵⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>

⁵⁶ <https://www.digitaltvinfo.gr/articles/cover-story/item/2858->

⁵⁷ <https://www.dvb.org/standards/dvb-t2>

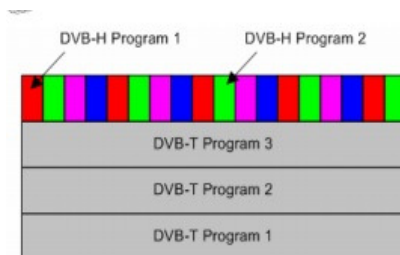
⁵⁸ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π

⁵⁹ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf ,σελ.24

⁶⁰ Ο.π.,σελ.23-24

⁶¹ Ο.π.,σελ.23

κατανέμονται σε ομάδες δεδομένων έως 2 Mbits (μαζί με τα bit ισοτιμίας) και οι εκπομπές αυτών γίνονται διαδοχικά (όπως στο σχήμα παρακάτω). Έτσι σε κάθε κανάλι εκπομπής δεν εκπέμπεται συνέχεια μόνο ένα πρόγραμμα, αλλά πολλά με καθορισμένη σειρά. Ο δέκτης αντίστοιχα ενεργοποιείται μόνο για τα χρονικά διαστήματα που πρέπει να παραμείνει συντονισμένος στο πρόγραμμα που ζητήθηκε από τον χρήστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας με την απενεργοποίηση του κατά την διάρκεια των υπόλοιπων προγραμμάτων που δεν μας ενδιαφέρουν. Ωστόσο οι ροές προγράμματος που έλαβε ο δέκτης αποθηκεύονται σε κάποιο προσωρινό buffer, ώστε να προβληθούν στην οθόνη του χωρίς διακοπές.⁶²



Σχήμα 2.2.4(α) Δομή πλαισίων DVB-H⁶³

Η επιτεύξιμη αποταμίευση ισχύος εξαρτάται από την σχέση του on/off-χρόνου. Εάν υπάρχουν περίπου δέκα ή περισσότερες υπηρεσίες συνεχούς ροής σε ένα DVB-H, το ποσοστό της αποταμίευσης για το μπροστινό άκρο θα μπορούσε να είναι μέχρι 90%.⁶⁴

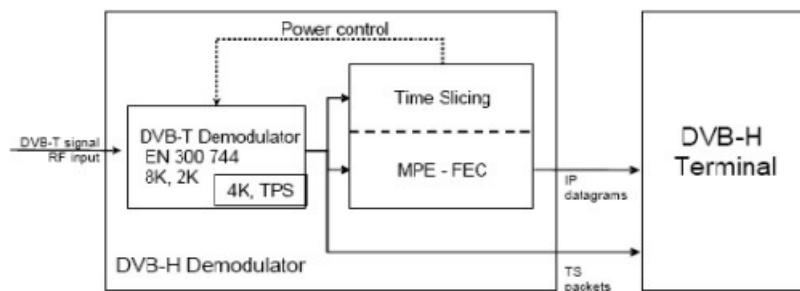
Στο σχήμα που ακολουθεί βλέπουμε την δομή του δέκτη ενός συστήματος DVB-H με τα μέρη που φαίνονται πιο κάτω ενώ η δομή του αποστολέα είναι ίδια με αυτή του προτύπου DVB-T που αναφέραμε πιο πάνω. Όπως μπορούμε να δούμε ο αποδιαμορφωτής του DVB-H αποτελείται από έναν αποδιαμορφωτή DVB-T, μια μονάδα χρονικού τεμαχισμού (time slicing) και μια μονάδα διόρθωσης λαθών MPE-FEC.⁶⁵

⁶² Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π

⁶³ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π

⁶⁴ http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf, σελ.24

⁶⁵ Ο.π.,σελ.25



Σχήμα 2.2.4(β) Δέκτης DVB-H⁶⁶

Το DVB-H λειτουργεί στις μπάντες VHF-III (174-230MHz), UHF-IV/UHF-V (470-830MHz) και L (1.452-1.492GHz) και προσφέρει ένα μονόδρομο κανάλι υψηλής ταχύτητας.⁶⁷

2.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΦΑΣΗΣ

Αρχικά, διαμόρφωση είναι η μεταβολή των παραμέτρων ενός φέροντος κύματος που είναι κατάλληλο για την μετάδοση μέσα από το δεδομένο κανάλι. Ουσιαστικά, αυτό που επιτυγχάνουμε με την διαμόρφωση είναι την μετάδοση πολλών σημάτων στον ίδιο χώρο με χρήση διαφορετικών φερόντων, την ελάττωση των απαιτήσεων στα χαρακτηριστικά των συστημάτων εκπομπής καθώς και την χρήση περιοχών του φάσματος με καλύτερες συνθήκες μετάδοσης.⁶⁸

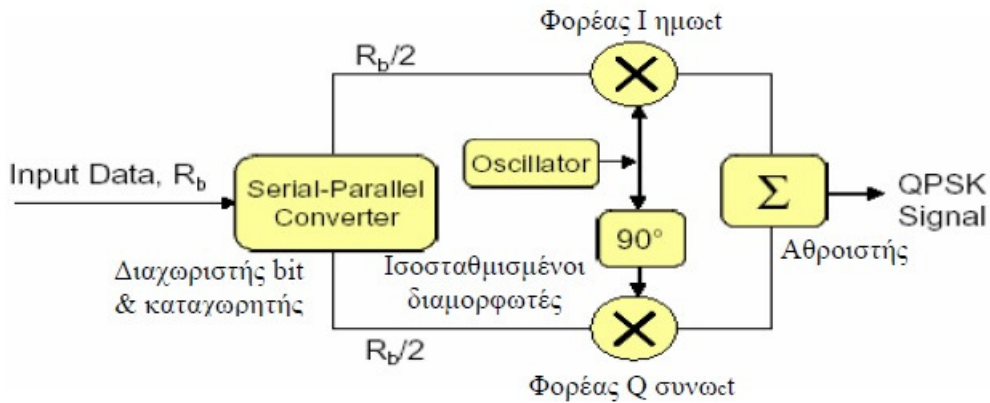
⁶⁶ Ο.π.,σελ.25

⁶⁷ Αμπατζόγλου Ιωάννης, ό.π

⁶⁸ https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.csd.uoc.gr%2F~hy430%2FH430-2004_8.ppt&ei=wAnzVI-cIMfKOfydgOgF&usq=AFQjCNFndnvTIVHml4mPSBs5_0RAQ276Sg&bvm=bv.87269000.d.ZWU

2.3.1 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QPSK

Στις δορυφορικές τηλεοπτικές μεταδόσεις ως τύπος διαμόρφωσης έχει επιλεγεί η τετραγωνική διαμόρφωση φάσης QPSK.⁶⁹



Σχήμα 2.3.1(α) Διάγραμμα βαθμίδων διαμορφωτή QPSK⁷⁰

Ένα ζεύγος bits (από τα δεδομένα) αποθηκεύεται προσωρινά σε ένα καταχωρητή. Καθώς τα δύο bit έχουν τέσσερεις συνδυασμούς (00,01,10,11) η φάση του φορέα στην έξοδο του διαμορφωτή έχει τέσσερεις διαφορετικές τιμές που αντιστοιχούν σε αυτούς τους συνδυασμούς.⁷¹

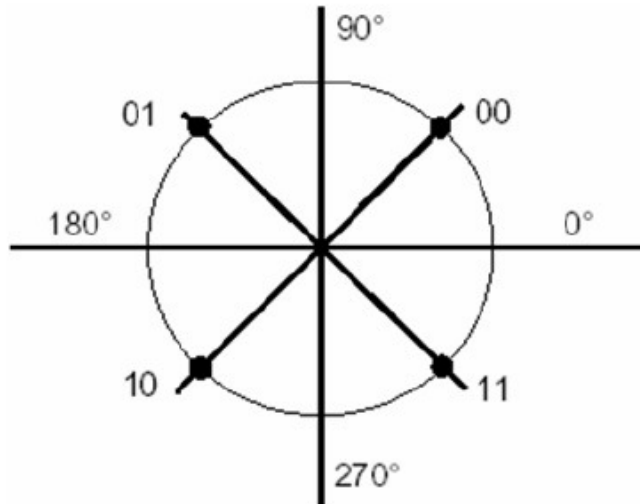
Ο φορέας του ενός διαμορφωτή είναι μετατοπισμένος κατά 90° σε σχέση με τον φορέα του άλλου διαμορφωτή. Το πρώτο από τα δύο bit, αυτό που οδηγούμε στο διαμορφωτή με φορέα που έχει φάση 0° το ονομάζουμε I bit, ενώ το δεύτερο που διαμορφώνει το μετατοπισμένο κατά 90° το ονομάζουμε Q. Έτσι η έξοδος του διαμορφωτή I έχει φάση 0° και 180° και η έξοδος του διαμορφωτή Q έχει φάση 90° και 270° . Μετά την πρόσθεση των δύο σημάτων στον αθροιστή, το τελικό σήμα έχει φάση τη συνισταμένη των δύο φάσεων των σημάτων I και Q. Έτσι προκύπτουν οι τέσσερεις φάσεις του σήματος εξόδου.⁷²

⁶⁹ Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008, σελ. 38

⁷⁰ Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008, σελ. 38

⁷¹ Ο.π.,σελ. 38-39

⁷² Ο.π.,σελ.39



Σχήμα 2.3.1.(β) Πολικό διάγραμμα QPSK⁷³

2.3.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM

Η διαμόρφωση QAM είναι ο συνδυασμός διαμόρφωσης εύρους και διαμόρφωσης μετατόπισης φάσης. Πιο τεχνικά, η διαμόρφωση εύρους τετραγωνισμού (QAM) είναι ένα σύστημα της διαμόρφωσης στο οποίο το στοιχείο μεταφέρεται με την διαμόρφωση του εύρους δύο χωριστών κυμάτων μεταφορέων, συνήθως ημιτονοειδούς, τα οποία είναι από την φάση από 90 βαθμούς (ημίτονο και συνημίτονο). Λόγω στη διαφορά φάσης τους, καλούνται μεταφορείς τετραγωνισμού.⁷⁴

Τα μη διαμορφωμένα σήματα εκθέτουν μόνο δύο θέσεις επιτρέποντας μια μεταφορά είτε λογικό '0' είτε λογικό '1'. Στη διαμόρφωση αυτή, είναι δυνατό να μεταφερθούν περισσότερα κομμάτια ανά θέση δεδομένου ότι υπάρχουν πολλαπλάσια σημεία της μεταφοράς. Ένα σήμα που λαμβάνεται με το άθροισμα της διαμόρφωσης εύρους και φάσης ενός σήματος μεταφορέων χρησιμοποιείται για τη μεταφορά στοιχείων. Όπως ο αριθμός σημείων μεταφοράς παραμένει υψηλός, είναι δυνατό να μεταβιβαστούν περισσότερα κομμάτια ανά κάθε αλλαγή θέσης.⁷⁵

⁷³ Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008, σελ. 39

⁷⁴ Ο.π. ,σελ.39

⁷⁵ Ο.π. ,σελ.39-40

Οι πιθανές καταστάσεις μιας ιδιαίτερης διαμόρφωσης μπορούν να αναπαρασταθούν καλύτερα χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα αστερισμού. Σε ένα τέτοιο διάγραμμα, τα σημεία αστερισμού τακτοποιούνται σε ένα τετραγωνικό πλέγμα με το ίσο οριζόντιο και κάθετο διάστημα. Στην ψηφιακή επικοινωνία, δεδομένου ότι το στοιχείο είναι δυαδικό, ακολουθεί ο αριθμός σημείων στο πλέγμα συνήθως θα είναι μια λειτουργία της δύναμης 2 ($2^2, 2^4, 2^8$ κλπ...). Οι πιο κοινές είναι 16QAM, 64QAM, 128QAM και 256QAM.⁷⁶

Εφαρμογές της διαμόρφωσης εύρους τετραγωνισμού 64QAM και 256QAM χρησιμοποιούνται συχνά στο διαποδιαμορφωτή καλωδίων και τις ψηφιακές εφαρμογές καλωδίων τηλεόρασεων. Στην πραγματικότητα, 64QAM και 256QAM είναι οι εξουσιοδοτημένες οδηγίες διαμόρφωσης για την ψηφιακή καλωδιακή τηλεόραση.⁷⁷

⁷⁶ Ο.π. ,σελ.40

⁷⁷ Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008, σελ. 40

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Moving Pictures Experts Group: χρησιμοποιείται για τη συμπίεση κινούμενης εικόνας ή βίντεο (πηγή από <http://el.wikipedia.org/wiki/MPEG>)
- 2) Αμπατζόγλου Ιωάννης, Καθηγητής ΠΕ17(Ηλεκτρονικός), Αθήνα 2006, DVB, (<http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/DVB.pdf>)
- 3) http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2006-0114/DT2006-0114.pdf , σελ.16
- 4) Βικιπαίδεια, (http://el.wikipedia.org/wiki/Επίγεια_ψηφιακή_τηλεόραση)
- 5) http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf
- 6) Βικιπαίδεια , (<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-C>)
- 7) <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>
- 8) <https://www.digitaltvinfo.gr/articles/cover-story/item/2858->
- 9) <https://www.dvb.org/standards/dvb-t2>
- 10) Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008

3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ

3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η τρισδιάστατη εικόνα έκανε την εμφάνισή της από τις αρχές της ανακάλυψης της φωτογραφίας. Χρονολογείται από το 1844, όταν ο εφευρέτης και συγγραφέας David Brewster εισήγαγε το Στερεοσκόπιο, μια συσκευή που μπορούσε να απεικονίσει τρισδιάστατες εικόνες.⁷⁸

Η θεωρία της στερεοσκοπικής όρασης αναπτύχθηκε από τον Sir Charles Wheatstone, Άγγλος φυσικός, όπου το 1838 παρουσίασε στην Royal Scottish Academy of Arts, μια συσκευή για την οποία είπε: «Προτείνω να ονομαστεί στερεοσκόπιο, για να δηλώνει την ικανότητά του να παρουσιάζει συμπαγή σχήματα».⁷⁹

Αρχικά, η στερεοσκοπία είναι μια τεχνική που παράγει την ψευδαίσθηση του βάθους σε μια εικόνα. Η τεχνική αυτή στηρίζεται στην τρισδιάστατη φυσική όραση όπου κάθε μάτι βλέπει το ίδιο αντικείμενο από σχετικά μικρή, αλλά διαφορετική οπτική γωνία, και έτσι προκύπτει την ίδια στιγμή ο εγκέφαλος να παραλαμβάνει δύο ελαφρά διαφορετικές εικόνες του ίδιου αντικειμένου. Η διαφοροποίηση αυτή ονομάζεται παράλλαξη.⁸⁰

Οι τρισδιάστατες ταινίες αναπτύχθηκαν σχεδόν παράλληλα. Ήδη το 1855 εφευρέθηκε το Kinematoscope (stereo animation camera) και έτσι η πρώτη ανάγλυφη⁸¹ ταινία δημιουργήθηκε το 1915, ενώ η πρώτη που έγινε γνωστή στο κοινό ήταν η Power of Love, η οποία έκανε πρεμιέρα στο Λος Άντζελες το 1922.⁸²

⁷⁸ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

⁷⁹ <http://www.hih.org.gr/el/holography/stereoscopy.html>

⁸⁰ Ο.π.

⁸¹ Ανάγλυφες εικόνες: Γνωστές και ως «κόκκινες/πράσινες» εικόνες. Συγχωνεύουν δύο στερεοσκοπικές εικόνες που λήφθηκαν με ελάχιστη διαφορά στη γωνία θέασης. Οι εικόνες δημιουργούνται από χρωματικά στρώματα, που υπερτίθενται και αντισταθμίζουν το ένα το άλλο για να δημιουργήσουν την αίσθηση του βάθους.

⁸² <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

Το 1935 έχουμε την πρώτη έγχρωμη τρισδιάστατη ταινία ενώ το 1939 έκανε την εμφάνιση της η τρισδιάστατη απεικόνιση με την βοήθεια του πολωμένου φωτός.⁸³

Η σύγχρονη στερεοσκοπία κάνει χρήση μιας κάπως διαφορετικής τεχνικής απομόνωσης των δύο εικόνων παράλλαξης μέσω κάποιων φίλτρων. Οι δύο αυτές εικόνες απεικονίζονται περίπου στην ίδια περιοχή, σχεδόν καλύπτοντας η μια την άλλη, αλλά η χρήση των φίλτρων, επιτρέπει σε κάθε μάτι να δει αυτή που του αντιστοιχεί.⁸⁴

3.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 3D

Αρχικά, ο όρος 3D είναι μια συντομογραφία για “Three-Dimensional”. Το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ζούμε και κινούμαστε αποτελείται από αντικείμενα τριών διαστάσεων, δηλαδή κάθε αντικείμενο έχει μήκος, πλάτος και ύψος.⁸⁵

Όπως προαναφέραμε κάθε μάτι είναι σε μια ελαφρώς διαφορετική θέση, δηλαδή το καθένα βλέπει μια ελαφρώς διαφορετική οπτική γωνία από ό,τι εμείς εξετάζουμε. Παρά το γεγονός ότι κάθε μάτι βλέπει μια διαφορετική εικόνα, δεν αντιλαμβανόμαστε δύο εικόνες. Σε μία διαδικασία που ονομάζεται “stereopsis”, ο εγκέφαλός μας συνδυάζει τη θέα από κάθε μάτι σε μια ενιαία εικόνα που περιλαμβάνει τρισδιάστατα αντικείμενα και αντίληψη του βάθους. Η λέξη “stereopsis” είναι από την ελληνική λέξη “stereo-”, που σημαίνει «στερεό» και “-opsis”, που σημαίνει «θέαμα».⁸⁶

Με τον ίδιο τρόπο που τα μάτια μας βλέπουν τον κόσμο έτσι πραγματοποιείται και η λήψη τρισδιάστατου video. Γίνεται συνήθως με τουλάχιστον δύο κάμερες οι οποίες πρέπει να είναι συγχρονισμένες και τοποθετημένες οριζόντια, έτσι ώστε οι εικόνες που λαμβάνονται να αντιπροσωπεύουν δύο προοπτικές του ίδιου αντικειμένου.⁸⁷

Για την επίτευξη αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψιν κάποιες προϋποθέσεις. Αρχικά, οι κάμερες θα πρέπει να είναι πανομοιότυπες για να παράγουν μια και μόνο εικόνα, διότι αν υπάρχουν

⁸³ Ο.π.

⁸⁴ <http://www.hih.org.gr/el/holography/stereoscopy.html>

⁸⁵ http://3lyk-ampel.thess.sch.gr/files/ergasies_ereyna/2012%2013/proj_12%2013_theodor/sxedio_theodor_12%2013_B.pdf

⁸⁶ <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereopsis>

⁸⁷ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

διαφορές στην ανάλυση ή σε άλλα χαρακτηριστικά θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην τελική ψευδαίσθηση. Βέβαια, σημαντική είναι η κατάλληλη απόσταση μεταξύ των φακών των καμερών και γιαυτό συνήθως απέχουν 65 χιλιοστά όσο είναι η απόσταση των ματιών μας. Σε περίπτωση που η απόσταση είναι μικρότερη τότε θα προκύψει μια πιο επίπεδη εικόνα, ενώ αν είναι μεγαλύτερη το αποτέλεσμα θα είναι μια εικόνα μικρότερη από την κανονική. Με αυτό τον τρόπο σε πολλές σκηνές δημιουργούν τις μινιατούρες.⁸⁸

Αν οι κάμερες είναι μεγάλες (ογκώδεις) τότε δεν μπορούμε να επιτυγχάνουμε την απόσταση που θέλουμε και καταφεύγουμε στη χρήση καθρεφτών. Οι δύο κάμερες τοποθετούνται αντικριστά και μαγνητοσκοπούν τους καθρέφτες, που είναι τοποθετημένοι σε γωνία 45°, μαγνητοσκοπώντας τους καθρέφτες και όχι το αντικείμενο. Φυσικά υπάρχουν και άλλες διατάξεις των καθρεφτών, ανάλογα με το αντικείμενο, την σκηνή ή ακόμα και ποιο αποτέλεσμα θέλουμε στην τελική εικόνα μας.⁸⁹

Όπως αναφέραμε και πιο πριν, ανάλογα με το αποτέλεσμα που θέλουμε οι κάμερες μπορούν να τοποθετηθούν οριζόντια, παράλληλα, να συγκλίνουν ή να περιστρέφονται. Με τις παράλληλες κάμερες, έχουμε πιο ήπια τρισδιάστατα πλάνα, αλλά η εικόνα χρειάζεται επεξεργασία ώστε να της δοθεί το κατάλληλο βάθος. Η επεξεργασία όμως που απαιτεί η εικόνα, χρησιμοποιεί για τις διορθώσεις stereo base shifting που οδηγεί σε περικοπή εικόνων. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να λυθεί αν κατά την λήψη έχουμε περισσότερο χώρο στα πλαϊνά.⁹⁰

Οι κάμερες που συγκλίνουν είναι απαραίτητο να έχουν ακόμα μεγαλύτερη επεξεργασία και για την επίτευξη τους υπάρχει το φαινόμενο Keystone (διαστρέλωση διαστάσεων αντικειμένων). Το φαινόμενο αυτό, γνωστό και ως Tombstone, δημιουργείται ώστε να απεικονίσει μια εικόνα πάνω σε μια επιφάνεια υπό γωνία, όπως όταν έχουμε ένα προβολέα που δεν έχει ευθυγραμμιστεί σωστά με την οθόνη που προβάλλει. Είναι μια διαστρέβλωση των διαστάσεων της εικόνας, κάνοντάς τη να μοιάζει με τραπεζοειδές. Στην τρισδιάστατη απεικόνιση χρησιμοποιούνται δύο φακοί για την λήψη της εικόνας. Αν οι δύο εικόνες δεν είναι ακριβώς παράλληλες, τότε προκαλείται το φαινόμενο Keystone. Διορθώνεται βάσει της διαδικασία που ονομάζεται Keystone correction, και συνίσταται στην διαστρέβλωση του τραπεζοειδούς σχήματος, έτσι ώστε το προβαλλόμενο σχήμα να γίνει ορθογώνιο.⁹¹

⁸⁸ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

⁸⁹ Ο.π.

⁹⁰ Ο.π.

⁹¹ Ο.π.

With Keystone Correction



Without Keystone Correction



Σχήμα 3.2 Φαινόμενο Keystone⁹²

3.3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ, ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗ 3D ΕΙΚΟΝΑΣ

Ένα ζήτημα που αφορά την τρισδιάστατη τηλεόραση είναι η αποθήκευση, η κωδικοποίηση και η συμπίεση των δεδομένων. Ξεκινώντας για την αποθήκευση μιας τρισδιάστατης εικόνας χρειαζόμαστε διπλάσια χωρητικότητα απ'ό,τι για μια κανονική. Αυτό είναι φυσικό αφού για την λήψη, όπως είπαμε και πιο πάνω, χρειαζόμαστε δύο κάμερες. Το κάθε ένα από τα δύο αρχεία μπορεί να συμπιεστεί και να επεξεργαστεί ξεχωριστά από το άλλο, κάτι που δεν είναι σύνηθες, διότι στην περίπτωση αυτή είναι πολύ πιθανό να εμφανιστεί αλλοιωμένο το τρισδιάστατο βίντεο κατά την αναπαραγωγή.⁹³

Η συμπίεση είναι μια διαδικασία η οποία επιτυγχάνει να μικρύνει τον όγκο των δεδομένων που χρειάζεται να μεταδοθούν, καθώς και το ρυθμό bandwidth που χρειάζεται η μετάδοση αυτών των δεδομένων. Είναι πολύ σημαντική και αναγκαία, αφού λαμβάνουμε δεδομένα από δύο τουλάχιστον κάμερες, δηλαδή έχουμε το διπλάσιο όγκο πληροφορίας από αυτόν που λαμβάνουμε στη συμβατή δισδιάστατη τηλεόραση. Η συμπίεση βασίζεται σε δύο βασικές

⁹² Ο.π.

⁹³ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

αρχές: στη συμπίεση εικόνας (image compression) και στη συμπίεση κίνησης (motion compression). Η συμπίεση εικόνας έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των δεδομένων που δεν είναι αναγκαία έτσι ώστε να έχουμε ασήμαντες απώλειες. Η συμπίεση κίνησης βασίζεται στη μέθοδο κάποιων προτύπων, όπου σε ένα βίντεο μια εικόνα μπορεί εν μέρει να ανακατασκευαστεί με την βοήθεια των εικόνων/καρέ που έχουν αποσταλεί από προηγούμενα καρε, πράγμα που ελαττώνει τον απαιτούμενο όγκο δεδομένων που πρέπει να αποσταλούν για την ανακατασκευή της εικόνας.⁹⁴

Όσο αναφορά την κωδικοποίηση, υπάρχουν διάφορες τεχνικές κωδικοποίησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην 3D TV, ονομαστικά είναι οι: simulcast, multi-video view coding, 2D + depth, stereo interleaving και mesh coding. Παρακάτω θα αναλύσουμε τις τεχνικές κωδικοποίησης με λεπτομέρειες.⁹⁵

Σύμφωνα με όλα όσα αναλύθηκαν παραπάνω αποτελούν μια εφαρμογή της κωδικοποίησης πηγής. Συγκεκριμένα, με τον όρο αυτό αναφερόμαστε γενικότερα στις διαδικασίες οι οποίες έχουν πληροφορία υπό μορφή bits (ή άλλων μονάδων αποθήκευσης πληροφορίας) και εφαρμόζουν πάνω της μια διαδικασία κωδικοποίησης, έτσι ώστε αυτή η πληροφορία να μπορεί να αποθηκευθεί με τη χρήση λιγότερων bits. Σημαντικό είναι τόσο ο αποστολέας, όσο και ο παραλήπτης, να γνωρίζουν την τεχνική encoding που χρησιμοποιήθηκε. Εννοείται ότι αυτό ισχύει και για την 3D TV, την οποία εξετάζουμε.⁹⁶

⁹⁴ Ο.π.

⁹⁵ Ο.π.

⁹⁶ Ο.π.

3.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ

Simulcast :

Είναι ένας από τους απλούστερους τρόπους κωδικοποίησης. Το σήμα από κάθε κάμερα κωδικοποιείται ξεχωριστά και έχει χαμηλή πολυπλοκότητα. Το μειονέκτημα αυτού του τρόπου κωδικοποίησης είναι ότι κωδικοποιεί περιττή πληροφορία η οποία θα μπορούσε να μην υπάρχει για τον λόγο της αλληλεξάρτησης μεταξύ των εικόνων από τις διάφορες κάμερες, πράγμα που σημαίνει αύξηση του όγκου δεδομένων που πρέπει να στείλουμε.⁹⁷

Multi-video view coding (MVC) :

Είναι μια μέθοδος που μπορεί να βρει εφαρμογή στην τρισδιάστατη τηλεόραση διότι είναι μια προσθήκη στο πρότυπο κωδικοποίησης βίντεο H.264⁹⁸/MPEG-4 AVC. Δημιουργήθηκε σε συνεργασία των MPEG και VCEG και επιτρέπει την κωδικοποίηση πληροφορίας που προέρχεται από περισσότερες από μια κάμερες, χρησιμοποιώντας ένα κανάλι βίντεο.⁹⁹

Ουσιαστικά, αυτό που επιτυγχάνει η μέθοδος MVC είναι να αφαιρεί την περιττή πληροφορία, τόσο χρονικά, όσο και χωρικά για τη κωδικοποίηση βίντεο. Δηλαδή η πρόβλεψη γίνεται όχι μόνο χρονικά (από προηγούμενα καρέ από διάφορες κάμερες), αλλά και χωρικά, χρησιμοποιώντας πληροφορία που λαμβάνουμε μια δεδομένη χρονική στιγμή από όλες τις κάμερες.¹⁰⁰

Η χωρική και χρονική πρόβλεψη στο 3D βίντεο δεν αλλάζει σε σχέση με το πρότυπο H.264/AVC. Αυτά που αλλάζουν είναι :

- Η διαχείριση των εικόνων αναφοράς, (εικόνες οι οποίες χρησιμοποιούνται ως αναφορά για να γίνει η πρόβλεψη). Υπάρχουν διαδικασίες οι οποίες φτιάχνουν λίστες αναφοράς για κάθε εικόνα η οποία χρειάζεται αποκωδικοποίηση. Επίσης, οι εικόνες

⁹⁷ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

⁹⁸ Είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης βίντεο, το οποίο αναπτύχθηκε από την MPEG και επιτυγχάνει καλή ποιότητα βίντεο με ικανοποιητικό bitrate.

⁹⁹ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

¹⁰⁰ Ο.π.

αναφοράς πρέπει να διαγράφονται όταν δεν χρειάζονται πλέον για να γίνει κάποια πρόβλεψη.¹⁰¹

- Το high-level bit stream syntax (η σύνταξη της ροής των bits που βγάζει ο κωδικοποιητής).

Για να θεωρηθεί αποδοτική μια κωδικοποίηση MVC πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις. Πρώτα απ' όλα, κάθε κωδικοποίηση βίντεο πρέπει να αποδίδει μια συμφέρουσα συμπίεση, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να έχει ικανοποιητικό κέρδος σε σχέση με την ανεξάρτητη μεταξύ τους κωδικοποίηση των σημάτων βίντεο που μεταδίδονται. Επίσης, να έχει την δυνατότητα για τυχαία προσπέλαση, χρονικά και χωρικά. Επιπλέον, να υπάρχει επεκτασιμότητα, δηλαδή δυνατότητα ένας κωδικοποιητής να προσπελαύνει ένα τμήμα της εισερχόμενης ροής των bit έτσι ώστε να παράγει μια έξοδο βίντεο χαμηλής ποιότητας. Αυτό μπορεί να συνεπάγεται με χαμηλότερη ανάλυση εικόνας ή χαμηλότερη ποιότητα προβολής. Μια επιπλέον προϋπόθεση είναι να υπάρχει και προς τα πίσω συμβατότητα, να υπάρχει δηλαδή μια εκδοχή που υπόκειται στο πρότυπο H.264/AVC έτσι ώστε να μπορεί να αποκωδικοποιείται από μια παλιότερη συσκευή τηλεόρασης. Τέλος, για να γίνεται ταχύτερη κωδικοποίηση καλό είναι να υπάρχει η δυνατότητα παράλληλης επεξεργασίας δεδομένων στον κωδικοποιητή.¹⁰²

2D+depth :

Γνωστός και ως 2D + 'Z', αυτός ο τρόπος κωδικοποίησης είναι μια μέθοδος στερεοσκοπικής κωδικοποίησης βίντεο που μπορεί να υποστηρίξει και η τρισδιάστατη τηλεόραση. Κατά την κωδικοποίηση, η εικόνα είναι σε μια σειρά από 2D καρτέ, το καθένα από τα οποία συνδέεται από ένα χάρτη βάθους (depth map) σε κλίμακα αποχρώσεων του γκρι. Αυτός ο χάρτης απεικονίζει την θέση που πρέπει να έχει το κάθε pixel ως προς τον κάθετο προς την εικόνα άξονα. Παρακάτω φαίνεται μια 2D εικόνα και ο αντίστοιχος χάρτης βάθους της.¹⁰³

¹⁰¹ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

¹⁰² Ο.π.

¹⁰³ Ο.π.



Σχήμα 3.3.1(α) *Depth map 2D εικόνα*¹⁰⁴

Τα δεδομένα του χάρτη βάθους μπορούν να κωδικοποιηθούν ως ένα απλό, μονοχρωματικό σήμα βίντεο. Άλλωστε, ο χάρτης βάθους είναι ένα μονοδιάστατο βίντεο που μπορεί να απεικονιστεί με μια απλή κλίμακα φωτεινότητας. Ο τρόπος κωδικοποίησης είναι ο ακόλουπος: θέτουμε ως άνω και κάτω όριο Z_{min} και Z_{max} , που σχετίζονται με την ελάχιστη και τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ενός σημείου από την κάμερα. Έπειτα, το διάστημα μεταξύ των δύο τιμών κβαντίζεται γραμμικά σε 255 στάθμες και το κάθε δείγμα μπορεί να κωδικοποιηθεί σε 8 bit. Για παράδειγμα, η θέση Z_{min} παίρνει την τιμή 255 και η θέση Z_{max} παίρνει την τιμή 0. Το κωδικοποιημένο μονοδιάστατο βίντεο βάθους δεν χρειάζεται καμία άλλη πληροφορία εκτός από αυτήν, και μπορεί να κωδικοποιηθεί από ένα οποιοδήποτε βίντεο codec.^{105 106}

Stereo interleaving:

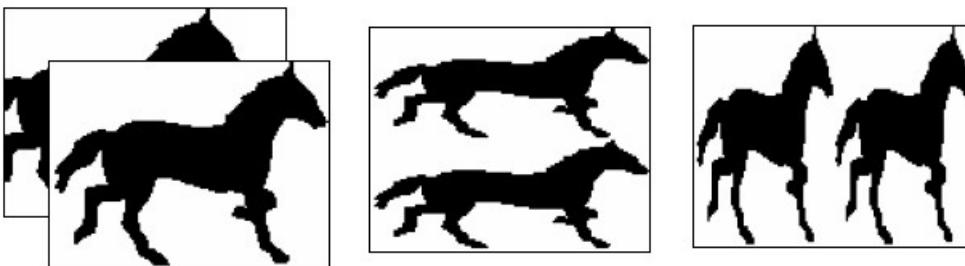
¹⁰⁴ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

¹⁰⁵ Ο.π.

¹⁰⁶ Codec: Πρόγραμμα που αναλαμβάνει την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση ενός σήματος ή ψηφιακής ροής δεδομένων. Αναλαμβάνει επίσης σε ένα ψηφιακό βίντεο την συμπίεση και αποσυμπίεση των δεδομένων.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στο ότι η όραση είναι διοφθαλμική. Χρησιμοποιούνται δύο εκδοχές, δεξιά και αριστερά στις οποίες η κωδικοποίηση γίνεται εφαρμόζοντας μια πολυπλεξία μεταξύ τους.

Η πολυπλεξία αυτή χωρίζεται σε δύο κατηγορίες χρονική ή χωρική. Στη χρονική πολυπλεξία, οι δύο εκδοχές, δεξιά και αριστερά, εναλλάσσονται σε κάθε καρέ. Πρώτα εμφανίζεται ένα καρέ από την δεξιά εκδοχή, έπειτα ένα καρέ από την αριστερή, κ.ο.κ. Αντίθετα στη χωρική πολυπλεξία, οι δύο εκδοχές εμφανίζονται είτε η μια πλάι στην άλλη, ή η μια πάνω από την άλλη (όπως φαίνεται παρακάτω). Οι δύο εκδοχές συμπίεζονται κατά την οριζόντια ή κατακόρυφη διεύθυνση αντίστοιχα έτσι ώστε να χωρέσουν στο μέγεθος του αρχικού καρέ. Με αυτόν τον τρόπο όμως, είναι προφανές ότι θα μειώνεται η χωρική ανάλυση των εικόνων.¹⁰⁷



Σχήμα 3.3.1(β) Εκδοχές καρέ¹⁰⁸

Mesh coding:

Αυτός ο τρόπος συμπίεσης έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα για το πεδίο των 3D γραφικών σε υπολογιστές υπό μορφή αλγορίθμων συμπίεσης. Έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές για την συμπίεση των meshes έτσι ώστε να μειωθεί ο χώρος που καταλαμβάνουν κατά την αποθήκευσή τους. Αυτό μπορεί να φανεί χρήσιμο και στην τρισδιάστατη τηλεόραση.¹⁰⁹

Επίσης, όπως και στη περίπτωση του multi-view coding, είναι εφικτή η χρονική και η χωρική πρόβλεψη μελλοντικών θέσεων των σημείων, έτσι ώστε να γίνει καλύτερη συμπίεση.

¹⁰⁷ <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

¹⁰⁸ Ο.π.

¹⁰⁹ Ο.π.

3.4 STREAMING ΜΕ ΕΛΕΓΧΟ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

Στη τρισδιάστατη τηλεόραση επειδή απαιτείται η μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων, ο έλεγχος συμφόρησης μπορεί να δώσει λύσεις, επιτυγχάνοντας πιο αποδοτική διαχείριση των πόρων. Ένα νέο πρωτόκολλο, το DCCP, είναι σε θέση να δώσει καλή ισορροπία μεταξύ των απαιτήσεων για μετάδοση σε real time και έλεγχο συμφόρησης. Το πρότυπο αυτό υπολογίζει το διαθέσιμο bandwidth για το κανάλι. Στη συνέχεια, αυτό το bandwidth κατανέμεται μεταξύ των διαφόρων εκδοχών από τις οποίες αποτελείται το τρισδιάστατο βίντεο, έχοντας πάντα υπ'όψιν τις απαιτήσεις της ανθρώπινης όρασης. Ο ρυθμός μετάδοσης βίντεο προσαρμόζεται στο ρυθμό που ορίζει το πρότυπο DCCP, αφαιρώντας κατάλληλα εικόνες από κάθε GOP (ομάδες εικόνων) από τις οποίες αποτελείται το βίντεο stream στο κωδικοποιημένο σήμα. Έτσι μεγιστοποιείται η ποιότητα τρισδιάστατου βίντεο που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος, ελαχιστοποιώντας τις διακοπές που μπορεί να εμφανιστούν στην προβολή.¹¹⁰

3.4.1 SELECTIVE STREAMING

Το πιο σημαντικό ζήτημα στην δημιουργία ενός τρισδιάστατου video είναι η γωνία θέασης. Αρχικά, η τρισδιάστατη εικόνα δεν είναι τίποτε άλλο από μια ψευδαίσθηση, η οποία μπορεί να αναπαραχθεί μόνο αν κοιτάμε από μια συγκεκριμένη γωνία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, στη τρισδιάστατη τηλεόραση, που παρακολουθούν αρκετά άτομα, να δημιουργείται το εξής πρόβλημα, όσοι κάθονται σε μεγαλύτερη γωνία σε σχέση με την κάθετη οθόνη δεν μπορούν να έχουν την αίσθηση του βάθους δηλαδή την τρισδιάστατη εικόνα.¹¹¹

Βέβαια υπάρχουν διάφορες τεχνικές για να παράγουμε μια τρισδιάστατη κινούμενη εικόνα. Όπως αναφέραμε και στην αρχή, υπάρχουν διάφορων ειδών οθόνες όπως παραδείγματος χάρη οι στερεοσκοπικές, οι αυτοστερεοσκοπικές, οι ογκομετρικές, οι υγρών κρυστάλλων καθώς και οι πιο γνωστές plasma οθόνες. Επίσης, άλλος τρόπος παραγωγής τρισδιάστατης εικόνας είναι τα γυαλιά. Χωρίζονται σε δύο ομάδες τα ενεργά γυαλιά και τα παθητικά. Τα ενεργά γυαλιά αποτελούνται από τα LCD και head-mounted display, ενώ τα παθητικά

¹¹⁰ Ο.π.

¹¹¹ Ο.π.

αποτελούνται από τα γραμμικά πολωμένα, κυκλικά πολωμένα, τα infitec glasses καθώς και από τα συμπληρωματικά χρωματιστά ανάγλυφα γυαλιά.¹¹²

3.5 ΕΠΙΓΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Από την μετάβαση της αναλογικής τηλεόρασης στην ψηφιακή έχουν υπάρξει σημαντικά πλεονεκτήματα γιατί και είναι ένα παγκόσμιο εγχείρημα για όλες τις χώρες και όλους τις Ηπείρους.

Με την μετάβαση αυτή δημιουργήθηκαν καινούργια δίκτυα διανομής και ώθησε περισσότερο τις ασύρματες καινοτομίες και υπηρεσίες. Λόγω καλύτερης διαχείρισης χρήσης του φάσματος, επιτρέπεται σε περισσότερα κανάλια να μεταφέρονται λιγότερα ραδιοκύματα, με σκοπό την διεύρυνση των υπηρεσιών και σύγκλιση των τεχνολογιών.¹¹³

Η δυνατότητα ευελιξίας που παρέχει η επίγεια ψηφιακή ευρυεκπομπή υποστηρίζει την λήψη του βίντεο, internet και πολυμεσικών δεδομένων σε κινητά τηλέφωνα, δίνοντας έτσι την ώθηση στις εφαρμογές, υπηρεσίες και πληροφορίες να γίνονται εύχρηστες και προσβάσιμες οποιαδήποτε στιγμή και σε οποιοδήποτε χώρο. Έτσι, διευρύνονται οι καινοτομίες όπως στην ψηφιακή ευρυεκπομπή χειρός (DVB-H) μαζί με την τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HD) όπου παρέχεται περισσότερο εύρος ζώνης σε ήδη υπάρχουσες κινητές, σταθερές και ραδιοπλοηγητικές υπηρεσίες.¹¹⁴

Στην Ελλάδα όπως ήδη ξέρουμε για την μετάδοση ψηφιακού σήματος ήταν αναγκαίο να γίνει παύση του αναλογικού σήματος. Ο λόγος που πραγματοποιήθηκε αυτή η παύση ήταν γιατί στην Ελλάδα δεν υπάρχουν ελεύθερες συχνότητες ώστε η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.) να παραχωρήσει για χρήση.¹¹⁵

Η τεχνολογία που επιλέχθηκε στη χώρα μας για να έρθει το ψηφιακό σήμα είναι το DVB-T MPEG-4 ή H.264 και αφορά τόσο στο πρότυπο όσο και στο πρωτόκολλο κωδικοποίησης. Σε αντίθεση με την αναλογική μετάδοση, μέσω ψηφιακής αναμετάδοσης τα κανάλια UHF,

¹¹² <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

¹¹³ <http://www.digea.gr/234/article/183/THesmiko-plaisio/el>

¹¹⁴ Ο.π.

¹¹⁵ <http://www.digea.gr/234/article/183/THesmiko-plaisio/el>

μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά, διότι μπορούν να αναμεταδίδονται περισσότερα προγράμματα ανά συχνότητα.¹¹⁶

Τέλος, η ψηφιακή τηλεόραση όπως θα δούμε και παρακάτω μπορεί να είναι Standard Definition ή High Definition, εφόσον υποστηρίζεται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>

¹¹⁶ <http://www.digea.gr/234/article/1835/Technologia/el>

- 2) <http://www.hih.org.gr/el/holography/stereoscopy.html>
- 3) http://3lyk-ampel.thess.sch.gr/files/ergasies_ereyna/2012%2013/proj_12%2013_theodor/sxedio_theodor_12%2013_B.pdf
- 4) <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereopsis>
- 5) <http://www.digea.gr/234/article/183/THesmiko-plaisio/el>

4.ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΕΠΙΓΕΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ

4.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΒΙΝΤΕΟ 3D

Το βίντεο αποτελείται από στατικές εικόνες που εναλλάσσονται με συγκεκριμένη ταχύτητα δίνοντας στον ανθρώπινο εγκέφαλο την ψευδαίσθηση της κίνησης. Η ελάχιστη ταχύτητα που απαιτείται για την δημιουργία αυτής της αίσθησης εξαρτάται από την ύπαρξη ήχου κατά την διάρκεια της προβολής και κυμαίνεται από δεκαέξι (16) έως εξήντα (60) στατικές εικόνες το δευτερόλεπτο που ονομάζονται καρέ (frame).¹¹⁷

Στο ψηφιακό βίντεο και την τηλεόραση υπάρχουν τρία (3) κυρίως πρότυπα (στάνταρντ) που χρησιμοποιούνται. Αυτά είναι τα 24p, 25p και 30p με πιο διαδεδομένο το στάνταρντ 25p που χρησιμοποιεί 25 καρέ το δευτερόλεπτο. Στην βιομηχανία του σινεμά τελευταία έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται και τεχνικές υψηλής ταχύτητας καρέ (high frame rate), με χρήση κυρίως του προτύπου 48p, το οποίο χρησιμοποιεί 48 καρέ το δευτερόλεπτο.¹¹⁸

Στη σύγχρονη ψηφιακή τηλεόραση το κάθε καρέ είναι ουσιαστικά μία ψηφιακή χαρτογραφική εικόνα η οποία αποτελείται από εικόνο-κύτταρα που ονομάζονται pixel. Ο αριθμός των pixel καθορίζει την ανάλυση της εικόνας του κάθε καρέ και επομένως και την ανάλυση του βίντεο συνολικά.¹¹⁹

Η ανάλυση του ψηφιακού βίντεο υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των Pixel που έχουμε κατά μήκος (οριζοντίως) με τον αριθμό των Pixel που έχουμε κατά ύψος (καθέτως) σε ένα από τα καρέ που το αποτελούν, π.χ. ανάλυση 1366X768 Pixel. Ο αριθμός των Pixel οριζοντίως είναι πάντα μεγαλύτερος σε σχέση με τον αριθμό τους καθέτως διότι οι δύο διαδεδομένες αναλογίες διάστασης οθονών προβολής τηλεοράσεων και οθονών υπολογιστών είναι 4 προς 3 (4:3) και 16 προς 9 (16:9) ή 16 προς 10 (16:10) στις οθόνες ευρείας προβολής (wide screen).¹²⁰

Σύμφωνα με τα παραπάνω έχουν καθιερωθεί τα εξής πρότυπα ψηφιακού βίντεο **LDTV**(240p, 288p), **EDTV**(480p, 576p), **HDTV**(720p, 1080p), **UHDTV**(2160p, 4320p) που

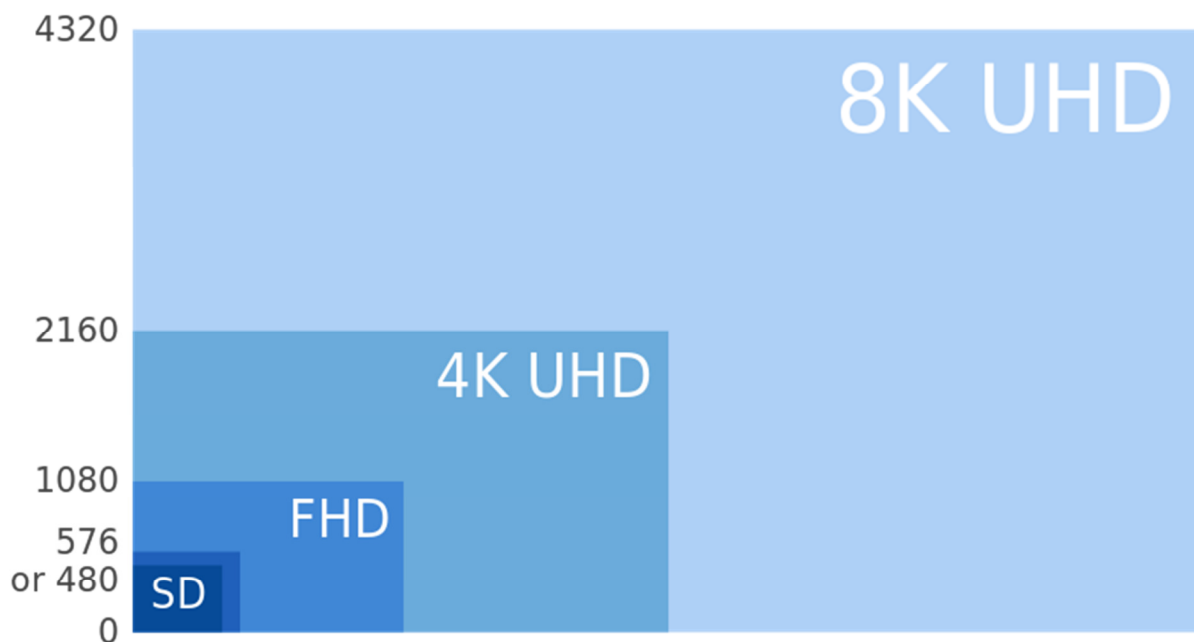
¹¹⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Frame_rate

¹¹⁸ Ο.π.

¹¹⁹ Ο.π

¹²⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-definition_television

χρησιμοποιούνται κατά την μετάδοση (streaming) ή αποθήκευση του σε ψηφιακά μέσα όπως κάμερες, οπτικούς δίσκους και λοιπά ψηφιακά μέσα.¹²¹



Σχήμα 4.1 Πρότυπα Αναλύσεων Ψηφιακού βίντεο¹²²

Τα ψηφιακά δεδομένα που απαιτούνται για την αποθήκευση ενός Pixel (εικόνο-στοιχείο) είναι ανάλογα του μέγιστου αριθμού χρωμάτων που αυτό μπορεί να απεικονίσει. Για την αναπαράσταση οκτώ (8) χρωμάτων χρειάζονται τρία (3) bit, διότι οι διαφορετικές διατάξεις τριών bit είναι οκτώ (2^3 , μία μοναδική για την απεικόνιση κάθε διαφορετικού χρώματος). Με χρήση 16bit ένα pixel μπορεί να απεικονίσει μέχρι 65536 διαφορετικά χρώματα. Γενικά n bit μπορούν να απεικονίσουν 2^n διαφορετικά χρώματα. Ο αριθμός των bit που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση χρωμάτων σε ένα pixel ονομάζονται βάθος χρώματος.¹²³

Τα βάθος χρώματος εξαρτάται επίσης και από την ύπαρξη τεχνικών συμπίεσης δεδομένων στο καρέ. Σε περίπτωση ύπαρξης τεχνικής συμπίεσης δεδομένων μειώνεται ο απαιτούμενος αριθμός bit ανά pixel για την αναπαράσταση ίδιου αριθμού χρωμάτων σε σχέση με το καρέ χωρίς την χρήση τεχνικών συμπίεσης. Η συμπίεση μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια

¹²¹ Ο.π.

¹²² Ο.π.

¹²³ http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/Polymesa/5.html

πληροφορίας χρώματος με αποτέλεσμα το συμπιεσμένο καρέ να έχει χειρότερη ποιότητα απεικόνισης από το αρχικό.¹²⁴

Ανάλογα με το αν υπάρχει απώλεια πληροφορίας οι αλγόριθμοι συμπίεσης εικόνας που χρησιμοποιούνται χωρίζονται σε αλγόριθμους που ονομάζονται lossless και δεν οδηγούν στην απώλεια ορισμένης εκ της αρχικής πληροφορίας των δεδομένων προς συμπίεση και σε αλγόριθμους οι οποίοι ονομάζονται lossy και οδηγούν στην απώλεια ορισμένης εκ της αρχικής πληροφορίας των δεδομένων προς συμπίεση.¹²⁵

Γνωρίζοντας την ανάλυση και το βάθος χρώματος που χρησιμοποιείται σε ένα καρέ μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο των ψηφιακών δεδομένων που απαιτούνται για την αποθήκευση και την μεταφορά του. Ο αριθμός των συνολικών pixel του καρέ υπολογίζεται από το γινόμενο των pixel κατά μήκος (οριζοντίως) με τα pixel κατά ύψος (καθέτως).

Το βάθος χρώματος μας δίνει τον αριθμό bit που χρησιμοποιούνται ανά pixel, επομένως πολλαπλασιάζοντας τον συνολικό αριθμό των pixel του καρέ με τον αριθμό bit ανά pixel βρίσκουμε τα συνολικά bit που απαιτούνται για την ψηφιακή αναπαράσταση και μεταφορά ενός καρέ στην αρχική μορφή του η οποία ονομάζεται RAW.¹²⁶

Στην πράξη το βάθος χρώματος δεν παραμένει σταθερό ανά pixel αλλά εξαρτάται από τον αλγόριθμο συμπίεσης εικόνας που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση του κάθε καρέ ο οποίος απορρίπτει επιλεκτικά την πληροφορία κάποιων pixel που δεν θεωρούνται απαραίτητα και δεν μειώνουν αισθητά την συνολική ποιότητα της εικόνας όπως προκύπτει από το χρωματικό μοντέλο που χρησιμοποιεί ο εκάστοτε αλγόριθμος συμπίεσης.¹²⁷

Ανάλογα με το πρότυπο που χρησιμοποιείται ένα δευτερόλεπτο ψηφιακού βίντεο αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό καρέ. Έχοντας υπολογίσει τον όγκο των ψηφιακών δεδομένων που απαιτούνται ανά καρέ είναι εφικτό να υπολογίσουμε τον όγκο ψηφιακών δεδομένων ενός δευτερολέπτου ψηφιακού βίντεο πολλαπλασιάζοντας τον απαιτούμενο όγκο δεδομένων του ενός καρέ με τον συνολικό αριθμό των καρέ ανά δευτερόλεπτο.

Μια εικόνα 3D όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο αποτελείται από δύο εικόνες οι οποίες συνδυάζονται η μία περίπου πάνω από την άλλη σε μια ενιαία εικόνα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι για να υπολογίσουμε τον όγκο δεδομένων ενός δευτερολέπτου ψηφιακού βίντεο

¹²⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-definition_television

¹²⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Lossy_compression

¹²⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-definition_television

¹²⁷ Ο.π.

3D πρέπει να υπολογίσουμε ότι ο αριθμός καρτέ ανά δευτερόλεπτο είναι ο διπλάσιος, σε σχέση με το απλό βίντεο.

Το ψηφιακό βίντεο εκτός από εικόνα περιλαμβάνει και ψηφιακό ή ψηφιοποιημένο ηχητικό σήμα . Το ψηφιακό ηχητικό σήμα αποτελείται από ξεχωριστά κανάλια δεδομένων. Ανάλογα με τον αριθμό των διαθέσιμων καναλιών το ψηφιακό ηχητικό σήμα κατηγοριοποιείται σε μονοφωνικό σήμα αν διαθέτει μόνο ένα κανάλι, σε στερεοφωνικό σήμα αν διαθέτει δύο διαφορετικά κανάλια και σε πολυφωνικό σήμα αν διαθέτει περισσότερα από δύο ξεχωριστά κανάλια ήχου. Μια ιδιαίτερη κατηγορία ψηφιακού ηχητικού σήματος είναι το σήμα που χρησιμοποιείται σε εφαρμογές οικιακού σινεμά (home cinema) και το οποίο μπορεί να αποτελείται από οκτώ (8) έως δεκαέξι (16) διαφορετικά κανάλια ήχου από τα οποία ένα κανάλι προορίζεται αποκλειστικά για να αναπαράγει τους ήχους χαμηλών συχνοτήτων (subwoofer) και ένα άλλο αποκλειστικά για να αναπαράγει ήχους μεσαίων συχνοτήτων (διάλογοι ηθοποιών).¹²⁸

Το ψηφιακό ηχητικό σήμα δημιουργείται κατά την διαδικασία ψηφιοποίησης των αναλογικών πηγών σήματος ήχου των οποίων την πληροφορία κωδικοποιεί. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη, την διαδικασία της δειγματοληψίας και την διαδικασία της κβάντισης.

Κατά την διαδικασία ψηφιοποίησης λαμβάνουμε χιλιάδες δείγματα του αναλογικού σήματος ήχου τα οποία εν συνεχεία με τη βοήθεια του κβαντιστή μετατρέπουμε σε ακολουθίες από bit ανάλογα με την τιμή έντασης που το καθένα αντιπροσωπεύει και τον μέγιστο αριθμό διαφορετικών τιμών που μπορούμε να αναπαραστήσουμε.

Ο αριθμός των δειγμάτων που λαμβάνουμε ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται συχνότητα δειγματοληψίας και το κάθε δείγμα μετατρέπεται σε συγκεκριμένο αριθμό bit ανάλογο των διαφορετικών επιπέδων σήματος που μπορεί να διακρίνει ο κβαντιστής. Για παράδειγμα με 8 bit ανά δείγμα ο κβαντιστής μπορεί να διακρίνει 256 διαφορετικά επίπεδα τάσης αναλογικού ηχητικού σήματος (2^8). Για να υπολογίσουμε τον όγκο ψηφιακών δεδομένων που απαιτούνται για την αποθήκευση ή μεταφορά ενός δευτερολέπτου ψηφιακού ήχου αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τον αριθμό των δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο με τον αριθμό bit που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του κάθε δείγματος οπότε προκύπτει ο όγκος δεδομένων του κάθε καναλιού ήχου. Σε περίπτωση που το ψηφιακό σήμα ήχου διαθέτει

¹²⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital

περισσότερα από ένα κανάλια ακολουθούμε την διαδικασία για κάθε κανάλι και στο τέλος προσθέτουμε τα επιμέρους δεδομένα.

Και στο ψηφιακό ηχητικό σήμα όπως και στο ψηφιακό σήμα βίντεο χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι συμπίεσης δεδομένων κατά την διαδικασία ψηφιοποίησης με αποτέλεσμα να μειώνεται ο απαιτούμενος όγκος δεδομένων με όσον το δυνατό μικρότερη απώλεια της αρχικής πληροφορίας, γεγονός που εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα και πολυπλοκότητα του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται.

Η μείωση του όγκου δεδομένων γίνεται εφικτή επειδή απορρίπτεται ένας αριθμός αναλογικών δειγμάτων τα οποία δεν ψηφιοποιούνται π.χ συχνότητες που δεν ακούει το μέσο ανθρώπινο αυτί και επιπλέον ο αριθμός των bit που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση κάθε δείγματος σε ψηφιακή μορφή δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται δυναμικά.

4.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΗΧΟΥ

Η ασυμπίεστη μορφή ψηφιακού ήχου χρησιμοποιεί συνήθως κωδικοποίηση PCM αλλά μπορεί να γίνει και σε μορφή RAW. Για να δώσουμε ένα παράδειγμα υπολογισμού του εύρους ζώνης που απαιτείται για την μετάδοση ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο 3D θα υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε πρότυπο 24p με ανάλυση Full HD και βάθος χρώματος 10bit για το 3D σήμα και για το ηχητικό σήμα που αυτό περιέχει θα υποθέσουμε ότι περιλαμβάνει 6 (5.1) κανάλια με ρυθμό δειγματοληψίας 96KHz και ευκρίνεια 16bit ανά δείγμα.

Αρχικά θα ξεκινήσουμε υπολογίζοντας το εύρος ζώνης που απαιτεί ένα καρέ του ασυμπίεστου βίντεο. Γνωρίζοντας ότι η ανάλυση του καρέ είναι Full HD δηλαδή 1920X1080 pixel και ότι το βάθος χρώματος του είναι 10bit απαιτούνται $1920 \times 1080 \times 10 = 20.736.000$ bit για την ψηφιακή αναπαράσταση του κάθε καρέ, το 3D σήμα όμως έχει $24 \times 2 = 50$ καρέ το δευτερόλεπτο άρα για ένα δευτερόλεπτο σήματος 3D βίντεο απαιτούνται $50 \times 20.736.000 \text{ bit} = 11.036.800.000 \text{ bit}$.

Συνεχίζουμε υπολογίζοντας το εύρος ζώνης που απαιτεί ένα δευτερόλεπτο του ψηφιακού ήχου του 3D βίντεο. Ξεκινάμε υπολογίζοντας το εύρος ζώνης που απαιτείται για την ψηφιακή αναπαράσταση ενός καναλιού απο τα έξι. Εφόσον ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 96KHz αυτό σημαίνει ότι όταν ψηφιοποιήσαμε τον ήχο παίρναμε 96.000 δείγματα το δευτερόλεπτο

απο την αναλογική πηγή ηχητικής πληροφορίας και χρησιμοποιούσαμε 16 bit για να αναπαραστήσουμε το κάθε δείγμα σε ψηφιακή μορφή, επομένως το ένα κανάλι ήχου σε ένα δευτερόλεπτο απαιτεί $96.000 \times 16 = 1.536.000 \text{bit}$.

Εφόσον όμως το ψηφιακό ηχητικό σήμα του βίντεο χρησιμοποιεί έξι (6) κανάλια το εύρος ζώνης που απαιτεί ανά δευτερόλεπτο είναι $6 \times 1.536.000 = 9.216.000 \text{bit}$. Τώρα πλέον μπορούμε να υπολογίσουμε ότι το 3D βίντεο συνολικά για αποθήκευση δεδομένων ενός δευτερολέπτου εικόνας και ήχου χρειάζεται $11.036.800.000 + 9.216.000 = 11.046.016.000 \text{bit} / 8 = 1.380.752.000 \text{byte} / 1024 = 1.348.390,625 \text{Kb} / 1024 = 1316,78 \text{Mbyte} / 1024 = \mathbf{1,28 \text{GByte}}$. Δηλαδή για την αποθήκευση πενήντα (50) δευτερολέπτων του παραπάνω ασυμπίεστου 3D βίντεο απαιτείται η συνολική περίπου χωρητικότητα των 50GByte ενός οπτικού δίσκου τεχνολογίας Blue Ray dual layer. Επιπλέον σε περίπτωση μετάδοσης του παραπάνω βίντεο μέσω δικτύου δεδομένων και τεχνικών streaming η απαίτηση ταχύτητας μεταφοράς θα ήταν μεγαλύτερη των 1,28GByte το δευτερόλεπτο δεδομένου και της πληροφορίας που θα χανόταν σε επικεφαλίδες πρωτοκόλλων της στοίβας TCP/IP που χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο (TCP/IP encapsulation overhead).

Όπως είναι κατανοητό ένα τόσο μεγάλο εύρος ζώνης καθιστά αδύνατη την αποθήκευση και μεταφορά των δεδομένων μιάς ταινίας έστω και αν αυτή είναι μικρού μήκους και καθιστά απόλυτα κατανοητή την ανάγκη χρήσης τεχνικών κωδικοποίησης με χρήση αλγορίθμων συμπίεσης δεδομένων τόσο στην εικόνα όσο και στον ήχο του 3D βίντεο.

4.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΗΧΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΒΙΝΤΕΟ 3D

Όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιούμε συγκεκριμένα πρότυπα κωδικοποίησης εικόνας και ήχου στα ψηφιακά βίντεο ανεξαρτήτως αν αυτά είναι απλά ή 3D.

Η ψηφιακή πληροφορία που προκύπτει μετά την κωδικοποίηση ενθυλακώνεται σε κατάλληλη δομή δεδομένων που ονομάζεται πλαίσιο περιεχομένου (container packet) το οποίο δημιουργείται από αντίστοιχο πρωτόκολλο περιεχομένου (container format protocol).

Το πλέον διαδεδομένο και σύγχρονο πρότυπο όπως παρουσιάστηκε για ποιοτική κωδικοποίηση βίντεο είναι το H264/AVC το οποίο χρησιμοποιείται τόσο στα πρότυπα

ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T, DVB-T2 όσο και στις εφαρμογές οικιακού σινεμά (Blu ray discs, κτλ.). Η κωδικοποιημένη ακολουθία bit (bit-stream) δεδομένων εικόνας από το πρότυπο H264 πολυπλέκεται μαζί με το bit-stream του ψηφιακού ήχου του βίντεο και μεταφέρεται σε πακέτα του πρωτοκόλλου container MPEG-4 TS (MPEG4 Transport Stream).¹²⁹

Για την κωδικοποίηση του ήχου τα αντίστοιχα πρότυπα χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν ή όχι συμπίεση δεδομένων. Τα πιο διαδεδομένα πρότυπα για κωδικοποίηση ήχου χωρίς συμπίεση δεδομένων είναι τα PCM (Pulse Code Modulation) και LPCM (Linear Pulse Code Modulation) και χρησιμοποιούνται κυρίως στις περιπτώσεις που έχουμε μόνο δύο κανάλια ήχου (stereo). Εξαιρέση σε αυτήν την περίπτωση αποτελεί το γνωστό πρότυπο κωδικοποίησης στερεοφωνικού ήχου με συμπίεση που προκαλεί απώλεια δεδομένων (lossy) MP3.¹³⁰

Για τις περιπτώσεις πολλαπλών καναλιών ήχου οι απαιτήσεις χωρητικότητας των παραπάνω προτύπων τα καθιστούν απαγορευτικά προς χρήση. Στη θέση τους χρησιμοποιούνται πρότυπα που εφαρμόζουν συμπίεση δεδομένων απορρίπτοντας πληροφορία από την αρχική πηγή κατά τρόπο που να επιβαρύνουν την ποιότητα του παραγόμενου αποτελέσματος όσο το λιγότερο γίνεται. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό με τη χρήση τεχνικών κωδικοποίησης μεταβλητού ρυθμού bit VBR (variable bit rate) καθώς και αλγορίθμων συμπίεσης που μπορούν να αποδώσουν σχεδόν ταυτόσημα τόσο σε lossy όσο και σε lossless λειτουργία.¹³¹

Τα πιο γνωστά πρότυπα κωδικοποίησης ήχου πολλαπλών καναλιών με απώλεια δεδομένων κατά την συμπίεση είναι τα Dolby Digital (AC3), Dolby Digital Plus (Enhanced AC-3), Dolby Digital True-HD του οίκου Dolby Laboratories και τα DTS και DTS-HD Master Audio του οίκου Digital Theater Systems.¹³²

Από τα παραπάνω πρότυπα τα Dolby Digital True-HD και DTS-HD Master Audio διαθέτουν και λειτουργία lossless συμπίεσης δεδομένων ενώ το μεγαλύτερο λόγο συμπίεσης δεδομένων απαιτώντας μικρότερη χωρητικότητα για αποθήκευση εφαρμόζει το πρότυπο Dolby Digital AC-3. Τα πρότυπα που υποστηρίζουν lossless λειτουργία κωδικοποιούν τον ήχο μέχρι οκτώ (8) καναλιών χρησιμοποιώντας δειγματοληψία από 32 έως 48KHz και βάθος μέχρι 24bit ανά δείγμα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικής χωρητικότητας οπτικές

¹²⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC

¹³⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code_modulation

¹³¹ Ο.π.

¹³² http://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital

μονάδες αποθήκευσης όπως LaserDisc, DVD, Blu-ray. Όσο μικρότερη είναι η αποθηκευτική δυνατότητα του μέσου τόσο μικρότερος ρυθμός δειγματοληψίας και βάθος bit χρησιμοποιείται.¹³³

Το πρότυπο DTS έχει μικρότερο βαθμό συμπίεσης από τα πρότυπα AC-3 και για το λόγο αυτό απαιτεί διπλάσιο ρυθμό μετάδοσης bit αλλά έχει και καλύτερη ποιότητα στην απόδοση ήχου από τα πρότυπα οικογένειας AC-3 λόγω του μικρότερου ποσοστού απώλειας δεδομένων κατά την κωδικοποίηση.¹³⁴

Τα πρότυπα Dolby Digital True-HD και DTS-HD Master Audio χρησιμοποιούν ρυθμούς δειγματοληψίας από 96KHz έως 192KHz με βάθος (ευκρίνεια) μέχρι 24bit ανά δείγμα. Οι ρυθμοί δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιήσουν τα πρότυπα (codec) εξαρτώνται από τον αριθμό των καναλιών ήχου που πρόκειται να κωδικοποιηθούν καθώς και από την λειτουργία συμπίεσης lossless ή lossy. Από δύο (2) έως έξι 6(5.1) κανάλια χρησιμοποιούν τον μεγάλο ρυθμό δειγματοληψίας 192KHz, ενώ από οκτώ κανάλια (7.1) μέχρι δεκαέξι (15.1) χρησιμοποιούν τον μικρότερο ρυθμό δειγματοληψίας (96KHz) ώστε ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης bit που απαιτείται ανά περίπτωση να παραμείνει σταθερός.¹³⁵

Πρότυπο Κωδικοποίησης Ήχου	Απαιτούμενος ρυθμός Μετάδοσης (Maximum Bit Rate) bit/sec
Dolby Digital (AC3)	384 Kbit/s (Laser-Disc), 448 Kbit/s(DVD-Video), 640 Kbit/s (Blue Ray) 5.1 Channels
Dolby Digital Plus (Enhanced AC-3)	3Mbit/sec (HD-DVD) 7.1 Channels, 1,7Mbit/sec (Blu-Ray) 7.1 Channels
Dolby Digital True-HD	18 Mbit/s 7Channels
DTS	1,5 Mbit/s 6 (5.1) Channels
DTS-HD Master Audio	24,5 Mbit/s (6 (5.1) Channels 192KHz/24bit) ή 24,5 Mbit/s (8 (7.1) Channels 96KHz/24bit)

Πίνακας 4.3(α) Μέγιστος Ρυθμός μετάδοσης bit ανά πρότυπο κωδικοποίησης ήχου πολλαπλών καναλιών¹³⁶¹³⁷

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε το μέγιστο απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης bit για τα πρότυπα κωδικοποίησης ήχου που χρησιμοποιούνται σε ψηφιακό βίντεο 3D ενώ στον πίνακα

¹³³ http://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital

¹³⁴ Ο.π.

¹³⁵ Ο.π.

¹³⁶ Ο.π.

¹³⁷ [http://en.wikipedia.org/wiki/DTS_\(sound_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/DTS_(sound_system))

που ακολουθεί αναλύουμε το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης bit που απαιτείται για κάθε διαφορετική ανάλυση pixel από το πρότυπο κωδικοποίησης H264/AVC για ρυθμούς καρέ που χρησιμοποιούμε σε 3D βίντεο.

Ανάλυση Ψηφιακού Βίντεο 3D Σε εικονοστοιχεία (Pixel)	Απαιτούμενος ρυθμός Μετάδοσης Προτύπου H264 (Maximum Bit Rate) bit/sec
Standard Definition SD (720X480pixel) μέχρι 80 καρέ /sec	42.000Kbit/sec (Άριστη Ποιότητα Codec) 17.500Kbit/sec (Βέλτιστη Ποιότητα Codec) 14.000Kbit/sec (Βασική Ποιότητα Codec)
High Definition HD (1280X720pixel) μέχρι 60 καρέ /sec	60.000Kbit/sec (Άριστη Ποιότητα Codec) 25.000Kbit/sec (Βέλτιστη Ποιότητα Codec) 20.000Kbit/sec (Βασική Ποιότητα Codec)
High Definition True HD (1920X1080pixel) μέχρι 64 καρέ / sec	150.000Kbit/sec (Άριστη Ποιότητα Codec) 62.500Kbit/sec (Βέλτιστη Ποιότητα Codec) 50.000Kbit/sec (Βασική Ποιότητα Codec)
Ultra HD 4K UHD (3,840x2,160pixel) μέχρι 64 καρέ / sec	720.000Kbit/sec (Άριστη Ποιότητα Codec) 300.000Kbit/sec (Βέλτιστη Ποιότητα Codec) 240.000Kbit/sec (Βασική Ποιότητα Codec)

Πίνακας 4.3(β) Μέγιστος Ρυθμός μετάδοσης bit πρότυπου κωδικοποίησης εικόνας H264 για τις βασικές αναλύσεις 3D βίντεο¹³⁸

4.3.1 ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG-4

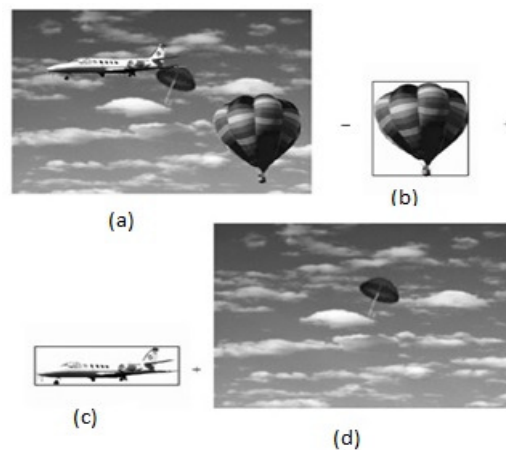
Το MPEG-4 είναι ένα πρότυπο που αφορά τη μέθοδο καθορισμού συμπίεσης ήχου και εικόνας ψηφιακών δεδομένων. Εμφανίστηκε στο τέλος του 1998 και ορίστηκε ως ένα πρότυπο για την ομάδα του ήχου και βίντεο κωδικοποίησης από το ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG).¹³⁹

Ο αλγόριθμος κωδικοποίησης βίντεο που χρησιμοποιείται για frame-based video είναι βασισμένος στην δοκιμασμένη τεχνολογία από τα προηγούμενα πρότυπα συμπεριλαμβανομένων των εργαλείων για λειτουργίες όπως η επεκτασιμότητα και

¹³⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC

¹³⁹ <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>

προσαρμοστικότητα σφάλματος. Επίσης, το πρότυπο αυτό (MPEG-4) ορίζει κωδικοποίηση των αντικειμένων στα βίντεο, τα οποία σε αυτή την περίπτωση έχουν ορθογώνιο σχήμα. Διάφορα αντικείμενα μπορούν να συνδυαστούν σε μια σκηνή π.χ. εικόνα-σε-εικόνα να γίνει επικάλυψη. Ένα αντικείμενο στο βίντεο σχετίζεται με τη σύνταξη και τη σημασιολογία ενός VOP (Video Object Plane), το οποίο σχετίζεται με μια ορθογώνια περιοχή (πλαίσιο).¹⁴⁰ Παρακάτω απεικονίζεται μια εικόνα από βίντεο για να δούμε πως λειτουργεί αυτή η περίπτωση του αλγορίθμου.



Εικόνα 4.3.1 Ένα καρέ βίντεο αποτελούμενο από ένα μπαλόνι (b) VOP_1 και ένα αεροπλάνο (c) VOP_2 .¹⁴¹

Το πλαίσιο βίντεο (a) βλέπουμε να είναι κατασκευασμένο από τρία VOPs. Τα δύο αντικείμενα ενδιαφέροντος είναι το μπαλόνι (VOP_1) και το αεροπλάνο (VOP_2). Το υπόλοιπο τμήμα του πλαισίου εικόνας θεωρείται ως φόντο, που παριστάνεται ως VOP_0 . Σε αυτές τις περιπτώσεις το φόντο είναι κωδικοποιημένο μόνο μια φορά και τα άλλα επίπεδα αντικειμένου κωδικοποιούνται μέσα στον χρόνο. Δεδομένου ότι σε κάθε καρέ ο κωδικοποιητής κωδικοποιεί μόνο τα αντικείμενα ενδιαφέροντος (π.χ. VOP_1 , VOP_2), και συνήθως τα

¹⁴⁰ <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/video>

¹⁴¹ <http://www.globalspec.com/reference/34034/203279/9-1-video-object-plane-vop>

αντικείμενα αυτά αντιπροσωπεύουν ένα μικρό τμήμα του πλαισίου του βίντεο, τότε το bit rate της κωδικοποιημένης ροής βίντεο μπορεί να είναι σε εξαιρετικά μικρό αριθμό.¹⁴²

Όπως προαναφέραμε το πρότυπο MPEG-4 έχει υιοθετήσει πολλά στοιχεία από τα πρότυπα MPEG-1 και MPEG-2 καθώς και άλλων σχετικών προτύπων, προσθέτοντας νέα χαρακτηριστικά όπως η εκτεταμένη VRML υποστήριξη για 3D απόδοση.¹⁴³

Η VRML (Virtual Reality Modeling Language) είναι μια τυπική μορφή αρχείου για την αναπαράσταση 3D διαστάσεων. Ουσιαστικά τα αρχεία αυτά είναι σε μορφή απλού κειμένου όπου γίνεται συμπίεση χρησιμοποιώντας το gzip που είναι χρήσιμο για την μεταφορά μέσω διαδικτύου.¹⁴⁴

Το MPEG-4 εξακολουθεί να είναι ένα εξελισσόμενο πρότυπο το οποίο διαιρείται σε διάφορα τμήματα. Τα βασικά μέρη του που πρέπει να γνωρίζουμε, όσο αναφορά το βίντεο, είναι το MPEG-4 Μέρος 2 και το MPEG-4 Μέρος 10. Και τα δυο αυτά μέρη του προτύπου αφορούν συμπίεση βίντεο καθώς το MPEG-4 Μέρος 10 αναφέρεται συνήθως ως H.264 ή AVC (που προαναφέραμε) και αφορά βίντεο υψηλής ευκρίνειας όπως Blu-ray Disc.¹⁴⁵

Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε με σκοπό τον χαμηλό ρυθμό bit επικοινωνιών στα βίντεο. Είναι αποτελεσματικό σε μια ποικιλία ρυθμών bit που κυμαίνονται από μερικά Kilobits ανά δευτερόλεπτο σε δεκάδες megabits ανά δευτερόλεπτο. Οι λειτουργίες που προσφέρει είναι:

- Αυξημένη απόδοση κωδικοποίησης από το MPEG-2
- Κωδικοποίηση μικτών δεδομένων πολυμέσων (ήχου, βίντεο, ομιλία)
- Ανθεκτικό σε σφάλματα για ενεργοποίηση ισχυρής μετάδοσης και
- Αλληλεπίδραση με το οπτικοακουστικό σύστημα που παράγεται στον δέκτη.¹⁴⁶

Τέλος, μια σχετική μέτρηση απόδοσης κωδικοποίησης βίντεο που πραγματοποιήθηκε από ερευνητές για να βρουν το ποσό των πρόσθετων ρυθμών bit που απαιτούνται, χρησιμοποιώντας MVC High Profile για να κωδικοποιήσουν 9 βίντεο υψηλής ευκρίνειας διάφορων τύπων,

¹⁴² <http://www.globalspec.com/reference/34034/203279/9-1-video-object-plane-vop>

¹⁴³ <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>

¹⁴⁴ <http://en.wikipedia.org/wiki/VRML>

¹⁴⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>

¹⁴⁶ Ο.π.

έδειξε ότι η βασική προβολή κωδικοποιήθηκε στα 12Mbps-16Mbps. Στα 12Mbps θεωρείται ως η βασική τιμή προβολής του 3D βίντεο. Από την άλλη μεριά με μεγαλύτερο bit rate έχουμε φυσικά καλύτερο 3D αποτέλεσμα αλλά λιγότερα bits μένουν για την βασική εικόνα.¹⁴⁷

4.4 ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΑΝΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ

Όπως αναλύθηκε στα εισαγωγικά κεφάλαια στο πρότυπο ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων τηλεόρασης DVB-T2, ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης για κανάλι εύρους ζώνης 8MHz, διαμόρφωση OFDM/ 256-QAM και ρυθμό κώδικα FEC (Forward Error Correction) 5/6 είναι 50,324472Mbit/sec.¹⁴⁸

Αντιστοίχως, στο πρότυπο ψηφιακής μετάδοσης δεδομένων τηλεόρασης DVB-T ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης για κανάλι εύρους ζώνης 8MHz, διαμόρφωση OFDM/ 64-QAM και ρυθμό κώδικα FEC (Forward Error Correction) 7/8 και διάστημα φρουράς 1/32 είναι 31,668 Mbit/sec.¹⁴⁹

Με βάση τις παραπάνω πληροφορίες στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί Bit Stream H.264 εικόνας 3D με ένα αντίστοιχο Bit Stream κωδικοποίησης ψηφιακού ήχου για τη δημιουργία του 3D βίντεο καθώς και το συνολικό εύρος ζώνης που απαιτεί η αντίστοιχη μετάδοση.

Σε περίπτωση που το εύρος ζώνης που προκύπτει είναι μικρότερο από το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης bit των προτύπων DVB-T και DVB-T2 το κελί έχει πράσινο χρώμα ενώ αν το εύρος ζώνης είναι μικρότερο μόνο του ρυθμού μετάδοσης bit του προτύπου DVB-T2 το κελί έχει μπλέ χρώμα. Σε περίπτωση που το απαιτούμενο εύρος ζώνης ξεπερνάει τους ρυθμούς μετάδοσης και των δύο προτύπων ψηφιακής τηλεόρασης το κελί έχει το χρώμα κόκκινο.

¹⁴⁷ Ahmet Kondo, Tasos Dagiuklas, “ 3D Future Internet Media” , chapter: 2.3.2.1 Coding Performance, σελ. 23-24

¹⁴⁸ <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>

¹⁴⁹ Ο.π.

Audio Codec Bitrate (Rows)/Video Codec Bitrate (Columns)	3D H264 SD 42,000 Kbps	3D H264 SD 17,000 Kbps	3D H264 SD 14,000 Kbps	3D H264 HD 60,000 Kbps	3D H264 HD 25,000 Kbps	3D H264 HD 20,000 Kbps	3D H264 True HD 150,000 Kbps	3D H264 True HD 62,000 Kbps	3D H264 True HD 50,000 Kbps	3D H264 4K UHD 720,000 Kbps	3D H264 4K UHD 300,000 Kbps	3D H264 4K UHD 240,000 Kbps
Dolby Digital (AC3) 384Kbps	42.384 Kbps	17.384 Kbps	14.384 Kbps	60.384 Kbps	25.384 Kbps	20.384 Kbps	150.384 Kbps	62.384 Kbps	50.384 Kbps	720.384 Kbps	300.384 Kbps	240.384 Kbps
Dolby Digital (AC3) 448Kbps	42.448 Kbps	17.448 Kbps	14.448 Kbps	60.448 Kbps	25.448 Kbps	20.448 Kbps	150.448 Kbps	62.384 Kbps	50.448 Kbps	720.448 Kbps	300.448 Kbps	240.448 Kbps
Dolby Digital (AC3) 640Kbps	42.640 Kbps	17.640 Kbps	14.640 Kbps	60.640 Kbps	25.640 Kbps	20.640 Kbps	150.640 Kbps	62.640 Kbps	50.640 Kbps	720.640 Kbps	300.640 Kbps	240.640 Kbps
Dolby Digital Plus (Enhanced AC-3) 3,000Kbps	45.000 Kbps	20.000 Kbps	17.000 Kbps	63.000 Kbps	28.000 Kbps	23.000 Kbps	153.000 Kbps	65.000 Kbps	53.000 Kbps	723.000 Kbps	303.000 Kbps	243.000 Kbps
Dolby Digital Plus (Enhanced AC-3) 1,700Kbps	43.700 Kbps	18.700 Kbps	15.700 Kbps	61.700 Kbps	26.700 Kbps	21.700 Kbps	151.700 Kbps	63.700 Kbps	51.700 Kbps	721.700 Kbps	301.700 Kbps	241.700 Kbps
Dolby Digital True-HD 18.00Kbps	60.000 Kbps	35.000 Kbps	32.000 Kbps	78.000 Kbps	43.000 Kbps	38.000 Kbps	168.000 Kbps	80.000 Kbps	68.000 Kbps	738.000 Kbps	318.000 Kbps	258.000 Kbps
DTS 1.500Kbps	43.500 Kbps	18.500 Kbps	15.500 Kbps	61.500 Kbps	26.500 Kbps	21.500 Kbps	151.500 Kbps	63.500 Kbps	51.500 Kbps	721.500 Kbps	301.500 Kbps	241.500 Kbps
DTS-HD Master Audio 24.500Kbps	66.500 Kbps	41.500 Kbps	38.500 Kbps	84.500 Kbps	49.500 Kbps	44.500 Kbps	174.500 Kbps	86.500 Kbps	74.500 Kbps	744.500 Kbps	324.500 Kbps	264.500 Kbps

Πίνακας 4.4 Audio codec bitrate/video codec bitrate

- Pass (DVB-T, DVB-T2)
- Pass (only DVB-T2)
- No pass

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) http://en.wikipedia.org/wiki/Frame_rate
- 2) http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-definition_television
- 3) http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/Polymesa/5.html
- 4) http://en.wikipedia.org/wiki/Lossy_compression
- 5) http://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital
- 6) [http://en.wikipedia.org/wiki/DTS_\(sound_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/DTS_(sound_system))
- 7) http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC
- 8) http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code_modulation
- 9) <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>
- 10) <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/video>
- 11) <http://www.globalspec.com/reference/34034/203279/9-1-video-object-plane-vop>
- 12) <http://en.wikipedia.org/wiki/VRML>
- 13) Ahmet Kondoç, Tasos Dagiuklas, “ 3D Future Internet Media” , chapter: 2.3.2.1 Coding Performance, σελ. 23-24
- 14) <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΑΤΟΘΟΡΥΒΙΚΟΥ ΛΟΓΟΥ (SNR), ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (JITTER) ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ

5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ SNR ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DVB-T 3D

Ο σηματοθορυβικός λόγος σε ένα κανάλι μετάδοσης δεδομένων καθορίζεται από την ισχύ του θορύβου σε σχέση με την ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος. Όταν η ένταση του θορύβου αυξάνεται (παρονομαστικής) το SNR μειώνεται. Με μειωμένο SNR δηλαδή με αυξημένο θόρυβο στο ασύρματο κανάλι μετάδοσης ο δέκτης DVB-T/T2 δυσκολεύεται να αποδιαμορφώσει σωστά τα QAM σύμβολα που μεταφέρουν τα bit πληροφορίας του 3D σήματος. Σε αυτήν την περίπτωση επειδή το κανάλι επικοινωνίας είναι μόνο broadcast και όχι αμφίδρομο ώστε να επιτρέπει την επανεκπομπή πακέτων που ελήφθησαν λανθασμένα ενεργοποιούνται οι μηχανισμοί διόρθωσης λαθών FEC (forward error correction). Ο μηχανισμός FEC προσθέτει πλεονάζοντα bit κατά την μετάδοση των ωφέλιμων bit της πληροφορίας τα οποία χρησιμοποιούνται στη λήψη από έναν κώδικα ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών στη μετάδοση bit.

Ο αριθμός των bit πλεονασμού που χρησιμοποιούνται ονομάζεται ρυθμός κωδικοποίησης (coding rate) όσο μεγαλύτερος είναι τόσο λιγότερο εύρος ζώνης είναι διαθέσιμο για μετάδοση της ωφέλιμης πληροφορίας. Π.χ. coding rate $\frac{3}{4}$ σημαίνει ότι το 75% του διαθέσιμου εύρους ζώνης χρησιμοποιείται για μετάδοση ωφέλιμης πληροφορίας. Coding rate $\frac{1}{2}$ σημαίνει ότι 50% του διαθέσιμου εύρους ζώνης χρησιμοποιείται για μετάδοση ωφέλιμης πληροφορίας. Εκτός από την αύξηση στο coding rate το DVB-T/T2 3D video σύστημα αλλάζει και την διαμόρφωση σε πιο απλή ώστε τα σύμβολά της να είναι πιο εύκολα ανιχνεύσιμα κατά την αποκωδικοποίηση στο δέκτη (256QAM->64QAM->16QAM->QPSK->BPSK) . Η αλλαγή της διαμόρφωσης γίνεται για συγκεκριμένες τιμές SNR.

Coding Rate/Available True Bandwidth	256Q AM/FEC 1/2	256Q AM/FEC 3/4	256Q AM/FEC 5/6	64QAM/FE C 1/2	64QAM/FE C 3/4	64QAM/FE C 5/6	16QAM/FE C 1/2	16QAM/FE C 3/4	16QAM/FE C 5/6	QPSK /FEC 1/2	QPSK /FEC 3/4	QPSK /FEC 5/6
30Mbps/DVB-T	-	-	-	3D H264 SD 9.048 Kbps	3D H264 HD 20.35 8Kbps	3D H264 HD 25.12 3Kbps	3D H264 SD 6.032 Kbps	3D H264 SD 13.57 2 Kbps	3D H264 SD 16.75 6 Kbps	3D H264 SD 3.016 Kbps	3D H264 SD 6.786 Kbps	3D H264 SD 8.378 Kbps
50Mbps/DVB-T2	3D H264 SD 15.03 7 Kbps	3D H264 SD 33.92 9 Kbps	3D H264 SD 41.93 7 Kbps	3D H264 SD 11.24 0 Kbps	3D H264 HD 25.36 3 Kbps	3D H264 SD 31.34 8 Kbps	3D H264 SD 7.518 Kbps	3D H264 SD 16.96 4 Kbps	3D H264 HD 20.96 8 Kbps	3D H264 SD 3.722 Kbps	3D H264 SD 8.398 Kbps	3D H264 SD 10.38 0 Kbps

Πίνακας 5.1 Coding rate/available true bandwidth

5.2 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D ΒΙΝΤΕΟ

5.2.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ JPEG

Το JPEG ή JFIF είναι ένα πρότυπο ευρέως χρησιμοποιούμενο για συμπίεση ψηφιακών εικόνων. Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο δημιουργήθηκε από την ομάδα Joint Photographic Experts Group-JPEG από την οποία πήρε και το όνομά του. Η ομάδα δημιουργήθηκε το 1986 και το πρότυπο το 1992, όπου 2 χρόνια αργότερα μετονομάστηκε επίσημα σε ISO 10918-1.¹⁵⁰

Αυτή η μέθοδος συμπίεσης, λόγω του μικρού μεγέθους αρχείου που μπορεί να προκύψει, χρησιμοποιείται κυρίως σε ιστοσελίδες, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές και σε άλλες συσκευές καταγραφής ψηφιακών εικόνων. Η δημιουργία του ήταν απαραίτητη για ασυμπίεστες εικόνες που είχαν μεγάλο μέγεθος λόγω της ανάλυσής τους. Για παράδειγμα, μια εικόνα με ανάλυση 1024X768 έχει μέγεθος περίπου 2,25MB, καταλαμβάνοντας τον αντίστοιχο χώρο σε ένα μέσο αποθήκευσης, όπως σε ένα σκληρό δίσκο ή μια κάρτα μνήμης.¹⁵¹

Αρχικά το JPEG χρησιμοποιεί lossy μορφή συμπίεσης δηλαδή ο αλγόριθμος αυτός οδηγεί στην απώλεια ορισμένης εκ της αρχικής πληροφορίας των δεδομένων προς συμπίεση. Πιο συγκεκριμένα βασίζεται σε κάποιες ιδιομορφίες της ανθρώπινης όρασης. Ειδικότερα, το ανθρώπινο μάτι δεν αντιλαμβάνεται τις μικρές εναλλαγές στο χρώμα και την απόχρωση από την φωτεινότητα και την αντίθεση αντίστοιχα. Έτσι, ο αλγόριθμος εκμεταλλεύεται αυτή την ιδιαιτερότητα της ανθρώπινης όρασης και ελαττώνει την πληροφορία του χρώματος. Αυτό επιτυγχάνεται βάσει της διαίρεσης της εικόνας σε τετράγωνα (block) των 64 pixel (8X8) και ενοποιώντας χρωματικά τα pixel που έχουν παραπλήσια απόχρωση και ανάλογα με τον βαθμό συμπίεσης είτε θα έχουμε πολλές απώλειες (μεγάλη συμπίεση) είτε λίγες απώλειες (μικρή συμπίεση).¹⁵²

Το πρότυπο JPEG αποτελεί συνδυασμό διαφόρων τεχνικών συμπίεσης όπως μετασχηματισμού (DCT, discrete cosine transform), εντροπίας (Huffman) και μήκους

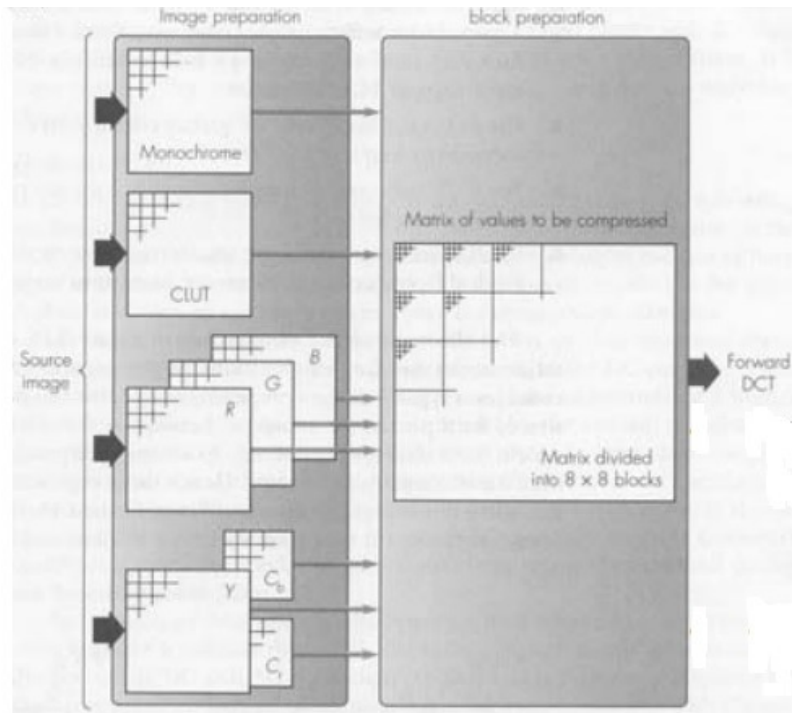
¹⁵⁰ <http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG>

¹⁵¹ Ο.π.

¹⁵² http://pps.aua.gr/seminars/isv_kokkas.pdf

διαδρομής (RLE). Τα πέντε βασικά στάδια για την συμπίεση εικόνας είναι η προετοιμασία της και διαίρεση σε μπλοκ, ευθύς μετασχηματισμός DCT, κβαντισμό, κωδικοποίηση εντροπίας και δημιουργία πλαισίου (frame).¹⁵³

Αρχικά, για την προετοιμασία της εικόνας όπως βλέπουμε και στο παρακάτω σχήμα τα διάφορα χρωματικά κανάλια (R, G, B ή Y, C_r, C_b) κωδικοποιούνται ως διαφορετικές εικόνες.

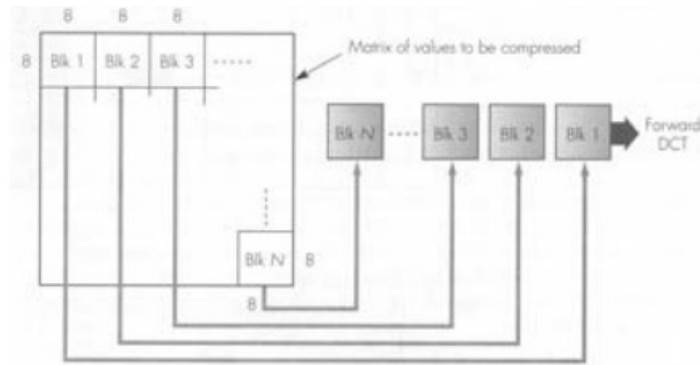


Σχήμα 5.2(α) Προετοιμασία εικόνας σε μπλοκ¹⁵⁴

Στη συνέχεια η εικόνα χωρίζεται σε μπλοκ 8X8 pixel το καθένα, και τα μπλοκ μεταδίδονται με πρώτο το πάνω αριστερά και τελευταίο το κάτω δεξιά όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

¹⁵³ <http://www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/teds150/lectures/IP09.pdf>

¹⁵⁴ Ο.π.



Σχήμα 5.2(β) Διαδικασία συμπίεσης¹⁵⁵

Επόμενο στάδιο για την συμπίεση της εικόνας είναι ο κβαντισμός. Όπως αναφέραμε και πιο πάνω το ανθρώπινο μάτι έχει διαφορετική ευαισθησία και διακριτική ικανότητα όσον αφορά τις χωρικές μεταβολές της φωτεινότητας. Έτσι ο κβαντισμός αντιπροσωπεύει την ευαισθησία αυτή και όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής κβαντισμού τόσο μεγαλύτερη θεωρείται η διακριτή ικανότητα του ματιού.¹⁵⁶

Στη συνέχεια ακολουθεί η κωδικοποίηση εντροπίας όπου συμπιέζει μια ακολουθιακή ψηφιακή ροή δεδομένων χωρίς απώλειες. Η κωδικοποίηση και η κβαντοποίηση μπορούν να επαναληφθούν πολλές φορές σε αναδρομικές ανακυκλώσεις όπως στην περίπτωση της προσαρμοστικής, διαφορικής, παλμοκωδικής διαμόρφωσης.¹⁵⁷

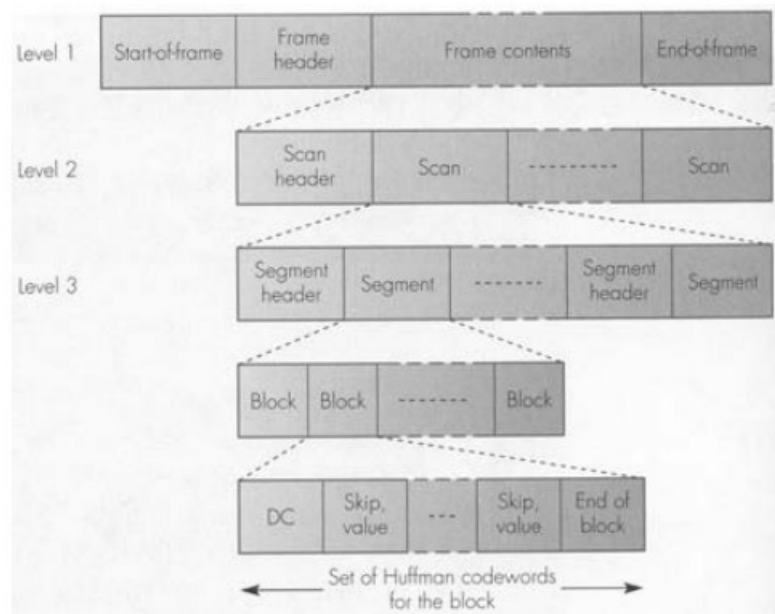
Τέλος, για την ολοκλήρωση της συμπίεσης της εικόνας αρκεί η δημιουργία πλαισίου (frame) όπου πραγματοποιείται ως εξής: α) Προσθήκη ένδειξης αρχής και τέλους frame, β) επικεφαλίδες (χρωματικά κανάλια, διαστάσεις εικόνας, κλπ), γ) περιεχόμενα εικόνας (πολυπλεξία μπλοκ από διαφορετικά χρωματικά κανάλια ώστε να επιτυγχάνεται σταδιακή αποκωδικοποίηση) και δ) δεδομένα των μπλοκ.¹⁵⁸

¹⁵⁵ <http://www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/teds150/lectures/IP09.pdf>

¹⁵⁶ Ο.π.

¹⁵⁷ Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008, σελ. 18

¹⁵⁸ <http://www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/teds150/lectures/IP09.pdf>



Σχήμα 5.2(γ) Δημιουργία frame¹⁵⁹

5.2.2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ MPEG

Το πρότυπο MPEG (Motion Picture Experts Group) χρησιμοποιείται για την συμπίεση κινούμενης εικόνας ή βίντεο. Έχει περάσει από διάφορες εκδόσεις όπως την MPEG-1 που σχεδιάστηκε για CD-ROM με ταχύτητα μεταφοράς 1,5 Mbps, την MPEG-2 που χρησιμοποιείται για DVD υψηλής ποιότητας με ταχύτητα 3-6 Mbps και τέλος την πιο πρόσφατη έκδοση MPEG-4 που αφορά συμπίεση για ψηφιακά δεδομένα με ταχύτητα 5-64 Kbps για κινητές εφαρμογές και μέχρι 4 Mbps για τηλεοπτικές εφαρμογές.¹⁶⁰

Αρχικά, μια ταινία αποτελείται από ένα σύνολο καρέ τα οποία εναλλάσσονται με γρήγορους ρυθμούς καθένα από τα οποία δεν είναι παρά μια φωτογραφία. Ουσιαστικά, ένα καρέ αποτελείται από έναν χωρικό συνδυασμό από pixel, και μια ταινία είναι ένας χρονικός συνδυασμός από καρέ τα οποία αποστέλλονται το ένα μετά το άλλο. Συνεπώς, μια ταινία για να συμπίεστεί προϋποθέτει χωρική συμπίεση σε κάθε pixel και την χρονική συμπίεση ενός

¹⁵⁹ Όπ.

¹⁶⁰ <http://el.wikipedia.org/wiki/MPEG>

συνόλου από καρέ. Η χωρική συμπίεση των καρέ γίνεται με την διαδικασία που αναφέραμε πιο πάνω (JPEG).¹⁶¹

Για να επιτεύξει τη χρονική συμπίεση η μέθοδος MPEG, ταξινομεί τα πλαίσια σε τρεις κατηγορίες: τα ενδοκωδικοποιημένα καρέ, τα προβλεπόμενα και τα αμφίδρομα. Ξεκινώντας από την πρώτη μέθοδο, τα ενδοκωδικοποιημένα καρέ είναι ανεξάρτητα καρέ, δηλαδή δεν σχετίζονται ούτε με το επόμενο καρέ αλλά ούτε με το προηγούμενο. Για το λόγο αυτό εμφανίζονται περιοδικά λόγω κάποιων απότομων μεταβολών, τις οποίες δεν μπορούν να απεικονίσουν τα γειτονικά καρέ (περίπου κάθε ένατο καρέ είναι ενδοκωδικοποιημένο).¹⁶²

Έπειτα στα προβλεπόμενα καρέ η μέθοδος είναι διαφορετική, δηλαδή τα καρέ αυτά σχετίζονται είτε με ένα προηγούμενο ενδοκωδικοποιημένο καρέ είτε με ένα προβλεπόμενο. Με άλλα λόγια, ένα τέτοιου είδους καρέ περιέχει μόνο τις αλλαγές από το προηγούμενο καρέ οι οποίες όμως δεν μπορούν να εκτείνονται σε μεγάλα τμήματα. Παραδείγματος χάρη, οι αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα αντικείμενο που κινείται γρήγορα ίσως να μην μπορούν να καταγραφούν σε ένα προβλεπόμενο καρέ. Επιπλέον, έχουν αρκετά λιγότερες πληροφορίες από τα καρέ των άλλων τύπων, οι οποίες μετά την συμπίεση μικραίνουν περισσότερο.¹⁶³

Τέλος, στην τελευταία μέθοδο που είναι τα αμφίδρομα καρέ σχετίζονται τόσο με τα προηγούμενα όσο και με τα επόμενα καρέ. Όμως, τα αμφίδρομα καρέ δεν σχετίζονται ποτέ με άλλα αμφίδρομα.¹⁶⁴

5.2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΚΑΡΕ ΤΟΥ 3D ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΜΕΝΟΥ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ

Όπως παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια η επίδραση του θορύβου στο κανάλι μετάδοσης του 3D σήματος είναι καταλυτική στην μείωση του διαθέσιμου ωφέλιμου εύρους ζώνης, με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά το σύνολο των συνδυασμών βίντεο 3D και ψηφιακού ήχου που μπορούν να μεταδοθούν ανάλογα με την ανάλυση και ποιότητα του κάθε βίντεο καθώς και τον ρυθμό κωδικοποίησης του ψηφιακού ήχου που αυτό χρησιμοποιεί.

¹⁶¹ <http://el.wikipedia.org/wiki/MPEG>

¹⁶² Ο.π.

¹⁶³ Ο.π.

¹⁶⁴ Ο.π.

Για την αντιμετώπιση του φαινομένου προτάσσουμε την μελέτη αύξησης του βαθμού συμπίεσης δεδομένων του κάθε ψηφιακού καρέ που αποτελεί ένα δευτερόλεπτο μεταδιδόμενου 3D σήματος.

Για την μελέτη μας θεωρούμε ότι το καθένα απο τα δύο καρέ εικόνας που αποτελούν το 3D βίντεο θα συμπιεσθεί με χρήση κωδικοποίησης JPEG. Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο ο αλγόριθμος συμπίεσης JPEG χρησιμοποιεί την μέθοδο DCT (discrete cosine transform) κατά την συμπίεση των μπλοκ εικονοκυττάρων (pixel) που αποτελούν το καρέ εικόνας του βίντεο. Επειδή ο παραπάνω αλγόριθμος συμπίεσης δεδομένων οδηγεί σε μερική απώλεια της αρχικής πληροφορίας, δηλαδή είναι lossy, τα επιπλέον συμπιεσμένα καρέ του 3D βίντεο δεν διατηρούν την ίδια ποιότητα εικόνας με το αρχικό.

Χρησιμοποιώντας κατάλληλο κώδικα σε περιβάλλον Matlab παρουσιάζουμε την επίδραση του βαθμού συμπίεσης των καρέ του 3D βίντεο σε σχέση με την ποιότητα του.



Όπως παρατηρούμε στα παραπάνω καρέ όσο αυξάνεται ο βαθμός συμπίεσης τόσο μειώνεται η ανάλυση τους. Το πρώτο συμπιεσμένο καρέ έχει 80% compression quality από το αρχικό, δηλαδή ο βαθμός συμπίεσης του αγγίζει το 20% σε σχέση με το αρχικό, το δεύτερο συμπιεσμένο καρέ έχει 60% compression quality (από το αρχικό) οπότε ο βαθμός συμπίεσης του είναι 40% (κ.ο.κ).

Την αναλογία συμπίεσης δεδομένων θα την υπολογίσουμε σύμφωνα με τον τύπο του compression ratio που ορίζεται ως η αναλογία του ασυμπίεστου μεγέθους προς το συμπιεσμένο μέγεθος,

$$\text{Compression Ratio} = \frac{\text{Uncompressed Size}}{\text{Compressed Size}} \quad ^{165}$$

Καθώς και την εξοικονόμηση χώρου που δίνεται από τον τύπο,

$$\text{Space Saving} = 1 - \frac{\text{Compressed Size}}{\text{Uncompressed Size}} \quad ^{166}$$

Το αρχικό καρέ (tif) έχει μέγεθος 116Kbyte (uncompressed size) αντιθέτως τα συμπιεσμένα καρέ ανάλογα με τον βαθμό συμπίεσης το compressed size μειώνεται όσο αυξάνεται ο βαθμός συμπίεσης. Οπότε σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους έχουμε για το πρώτο καρέ με 80% compression quality : compression ratio=116Kbyte/15,8 Kbyte =7,34% συμπίεση(από το αρχικό) και space savings= 1-(15,8/116)=0,864% δηλ. 86,4% εξοικονόμηση χώρου από το αρχικό. Επειδή όμως δύο καρέ εικόνας αποτελούν το 3D βίντεο έχουμε 7,34X2=14,68% συμπίεση και 1-(15,8/116)X2=0,727% δηλαδή 72,7% εξοικονόμηση χώρου.

Στο καρέ με 60% compression quality έχουμε compression ratio=(116/15,4)X2=15,06% και space savings=1-(15,4/116)X2=0,734% ή 73,4%. Με 40% compression quality υπολογίζεται το compression ratio=(116/14,8)X2=15,6% και space savings=1-(14,8/116)X2=0,744% ή 74,4% και τέλος με 20% compression quality έχουμε compression ratio=(116/14,2)X2=16,33% και space savings=1-(14,2/116)X2=0,755% ή 75,5%.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι όσο αυξάνουμε την συμπίεση στα καρέ αυξάνεται η εξοικονόμηση χώρου αποθήκευσης του 3D βίντεο. Αυτό βέβαια είναι φυσικό διότι με λιγότερη ανάλυση απαιτείται λιγότερος χώρος αποθήκευσης από τα αρχικά καρέ.

¹⁶⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Data_compression_ratio

¹⁶⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Data_compression_ratio

5.2.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ (jitter) ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΚΠΟΜΠΗΣ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ SFN

Ένα πραγματικό σύστημα εκπομπής (broadcast) ψηφιακής τηλεόρασης με υποστήριξη σήματος 3D ακολουθεί την αρχιτεκτονική SFN (single frequency network). Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική αυτή οι αναμεταδότες που χρησιμοποιούνται σε αυτό το ασύρματο σύστημα εκπομπής στέλνουν ταυτόχρονα το ίδιο σήμα στην ίδια κεντρική συχνότητα. Συμμετρικά γύρω από αυτήν την κεντρική συχνότητα επεκτείνεται το συνολικό φάσμα του καναλιού ψηφιακής εκπομπής που έχει καθορισθεί να χρησιμοποιηθεί στους αναμεταδότες μιας συγκεκριμένης περιοχής το οποίο ονομάζεται εύρος ζώνης συχνοτήτων ψηφιακού καναλιού εκπομπής. Στην περίπτωση του προτύπου DVB-T2 το μέγιστο εύρος ζώνης καναλιού που υποστηρίζεται είναι τα 8MHz σε αντίθεση με τα 6MHz του DVB-T, δηλαδή αν η κεντρική συχνότητα εκπομπής βρίσκεται στα 581MHz το κανάλι επεκτείνεται από 577MHz έως 585MHz.¹⁶⁷

Σε αυτό το εύρος ζώνης συχνοτήτων μεταφέρονται διαμορφωμένα σε σύμβολα QAM με τεχνική διαμόρφωσης OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) τα bit που αποτελούν το container που μεταφέρει πεπλεγμένα τα MPEG-4 bit streams των προγραμμάτων που εκπέμπουν οι σταθμοί επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Το κέρδος που επιτυγχάνεται με την τεχνική SFN είναι ότι στους δέκτες που βρίσκονται σε σημεία μεταξύ των αναμεταδοτών μειώνεται αισθητά το φαινόμενο της εξασθένησης του σήματος (fading) είτε λόγω ύπαρξης εμποδίων στο κανάλι μετάδοσης είτε λόγω του φαινομένου της διάδοσης του σήματος μέσω πολλαπλών οδών (multipath propagation) το οποίο οφείλεται σε διάφορες ανακλάσεις του εκπεμπόμενου σήματος στα εμπόδια.¹⁶⁸

Η κεραία του δέκτη δέχεται συνιστώσες του ίδιου σήματος από διαφορετικούς αναμεταδότες την ίδια χρονική στιγμή με αποτέλεσμα η συνισταμένη του σήματος να αυξάνει την ισχύ του και το σηματοθορυβικό λόγο δίνοντας παράλληλα την δυνατότητα της ευκολότερης ανίχνευσης του θορύβου και απόρριψής του κατά την διαδικασία αποκωδικοποίησης του

¹⁶⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Single-frequency_network

¹⁶⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/Fading>

σήματος. Η τεχνική αυτή ονομάζεται εκπομπή διαφορικής λήψης (transmitter macrodiversity).¹⁶⁹

Στα συστήματα εκπομπής ψηφιακής τηλεόρασης προτύπου DVB-T και DVB-T2 χρησιμοποιούνται κανάλια εκπομπής που βρίσκονται στην μπάντα συχνοτήτων UHF (ultra high frequencies) με αποτέλεσμα το εκπεμπόμενο σήμα να απαιτεί οπτική επαφή μεταξύ πομπού (αναμεταδότη) και δέκτη εφόσον όσο αυξάνει η συχνότητα εκπομπής περιορίζεται η δυνατότητα ανάκλασης του εκπεμπόμενου σήματος σε διάφορα εμπόδια ώστε αυτό να φθάσει στο δέκτη μέσω εναλλακτικής όδευσης όταν αυτός δεν διαθέτει οπτική επαφή με τον πομπό. Εξαιτίας του ανωτέρου φαινομένου η ψηφιακή τηλεόραση απαιτεί μεγαλύτερη ισχύ σήματος σε σχέση με την αναλογική τηλεόραση η οποία χρησιμοποιεί συχνότητες στο φάσμα VHF (very high frequencies). Αυτό μεταφράζεται σε μεγαλύτερους σηματοθορυβικούς λόγους που απαιτούνται στην ψηφιακή εκπομπή ώστε αυτή να εκμεταλευθεί το επιπλέον εύρος ζώνης και να μπορέσει να εφαρμόσει πολύπλοκες διαμορφώσεις που οδηγούν σε υψηλό ρυθμό μετάδοσης bit.

Όπως καταλαβαίνουμε η αρχιτεκτονική SFN ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις αυξάνοντας ουσιαστικά την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος στον δέκτη ψηφιακής τηλεόρασης αλλά με την σημαντική προϋπόθεση ότι όλοι οι αναμεταδότες εκπέμπουν συγχρονισμένα το ίδιο σήμα την ίδια χρονική στιγμή. Σε περίπτωση που κάποιοι αναμεταδότες τον οποίων η εκπομπή διασταυρώνεται στο πεδίο λήψης του δέκτη είναι μη συγχρονισμένοι η συνισταμένη του σήματος στον δέκτη μπορεί να οδηγήσει από την εξασθένηση του λαμβανόμενου σήματος μέχρι την ολική απώλεια του ή στην καλύτερη περίπτωση στον αποσυγχρονισμό των καρτέ εικόνας που αποκωδικοποιούνται από τον δέκτη.¹⁷⁰

Και στις δύο περιπτώσεις η μείωση του διαθέσιμου εύρους ζώνης είτε λόγω της ελάττωσης του σηματοθορυβικού λόγου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να μεταδοθεί η υψηλή ροή bit του 3D σήματος είτε ο αποσυγχρονισμός των διπλών καρτέ που αποτελούν το συνολικό καρτέ ενός 3D βίντεο που μπορεί να προκύψει οδηγεί στην απώλεια της ορθότητας στην λαμβανόμενη πληροφορία.



¹⁶⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Macrodiversity>

¹⁷⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Single-frequency_network

Frequencies of Digital TV Channels	
Television Channel Number	Frequency band (MHz)
2	54-60
3	60-66
4	66-72
5	76-82
6	82-88
7	174-180
8	180-186
9	186-192
10	192-198
11	198-204
12	204-210
13	210-216
14	470-476
15	476-482
16	482-488
17	488-494
18	494-500
19	500-506
20	506-512
21	512-518
22	518-524
23	524-530
24	530-536
25	536-542
26	542-548
27	548-554
28	554-560
29	560-566
30	566-572
31	572-578

32	578-584
33	584-590
34	590-596
35	596-602
36	602-608
37	608-614
38	614-620
39	620-626
40	626-632
41	632-638
42	638-644
43	644-650
44	650-656
45	656-662
46	662-668
47	668-674
48	674-680
49	680-686
50	686-692
51	692-698
52	698-704
53	704-710
54	710-716
55	716-722
56	722-728
57	728-734
58	734-740
59	740-746
60	746-752
61	752-758
62	758-764
63	764-770
64	770-776
65	776-782
66	782-788
67	788-794
68	794-800
69	800-806

Πίνακας 5.2.4(α) Συχνότητες καναλιών σε αναλογική και ψηφιακή τηλεόραση¹⁷¹

-  Analog TV , VHF Channels
-  Digital TV, UHF Channels , DVB-T 6MHz κανάλι

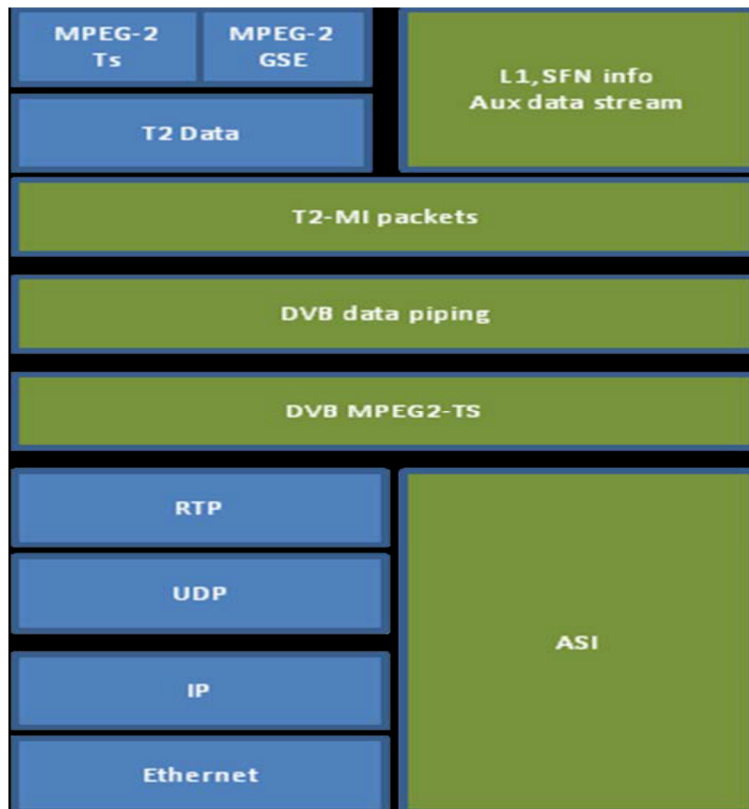
Ένα τυπικό σύστημα εκπομπής SFN για ψηφιακή τηλεόραση χωρίζεται σε δύο (2) μέρη στο σύστημα μετάδοσης μέσω δικτύου δεδομένων των ψηφιακών ροών των προγραμμάτων των καναλιών και στο σύστημα ασύρματης μετάδοσης των αναμεταδοτών που διαμορφώνουν τις ροές αυτές σε σύμβολα διαμόρφωσης OFDM πριν εκπεμπούν από τα κεραιοσυστήματα τους. Τα τηλεοπτικά προγράμματα που μπορεί να είναι ψηφιοποιημένα με MPEG-2 ή MPEG-4 (H.264) πρότυπα πολυπλέκονται αντίστοιχα σε container πρότυπο MPEG-2 Transport stream για MPEG-2 bit stream ή MP4 transport stream για MPEG-4 bit stream. Τα δεδομένα του container προτύπου ενθυλακώνονται στη συνέχεια σε πακέτα του T2 πρωτοκόλλου τα οποία στο τέλος ενθυλακώνονται με τη σειρά τους σε πακέτα πρωτοκόλλου DVB MPEG-2.¹⁷²

Τα πακέτα αυτά μεταφέρονται στους αναμεταδότες που τα εκπέμπουν ασύρματα ύστερα από τις κατάλληλες μετατροπές και διαμόρφωση είτε μέσω δικτύου IP και ενθυλάκωσης RTP/UDP πρωτοκόλλων είτε μέσω ενθυλάκωσης σε πακέτα του πρωτοκόλλου ASI (Asynchronous Serial Interface), τα οποία προωθούνται με χρήση δικτύου οπτικών ινών στους σταθμούς βάσης των αναμεταδοτών ψηφιακής τηλεόρασης όπου υπάρχουν οι κατάλληλοι κωδικοποιητές για ασύρματη μετάδοση.¹⁷³

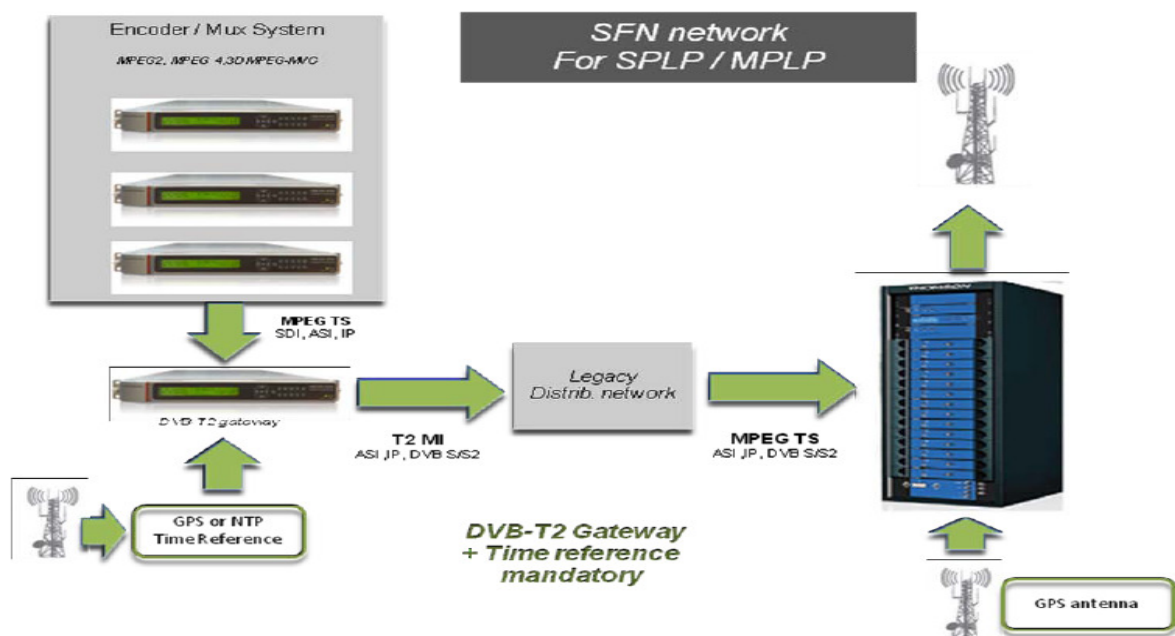
¹⁷¹ <http://www.interfacebus.com/digital-frequency-bands-channels.html>

¹⁷² <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

¹⁷³ https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_serial_interface



Σχήμα 5.2.4(α) Στοιβά Πρωτοκόλλων για μετάδοση ψηφιακού βίντεο σε συστήματα DVB-T, DVB-T2¹⁷⁴



Σχήμα 5.2.4(β) Αρχιτεκτονική SFN Δικτύου Εκπομπής Ψηφιακής Τηλεόρασης¹⁷⁵

¹⁷⁴ <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

¹⁷⁵ <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

Με χρήση δικτύου οπτικών ινών όπως είπαμε, μεταφέρεται ενθυλακωμένο σε πακέτα IP ή ASI σε όλους τους αναμεταδότες που εξυπηρετούν μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιφέρεια το ίδιο πρόγραμμα τηλεοπτικών ψηφιακών ροών πεπλεγμένο σε container πρότυπο MPEG. Ο συγχρονισμός των αναμεταδοτών ώστε να εκπέμπουν ταυτόχρονα το ίδιο σήμα επιτυγχάνεται με χρήση ρολογιού αναφοράς απο σύστημα GPS, το οποίο διαθέτει ατομικά ρολόγια πολύ μεγάλης ακρίβειας στους δορυφόρους του.¹⁷⁶

Όλοι οι ασύρματοι αναμεταδότες της ίδιας περιφέρειας χρησιμοποιούν σήμα ρολογιού αναφοράς απο τους ίδιους δορυφόρους GPS. Το πρόβλημα συγχρονισμού όμως που ενδεχομένως μπορεί να εμφανισθεί είναι στο δίκτυο δεδομένων που μεταφέρει τις ψηφιοποιημένες ροές βίντεο απο τους κωδικοποιητές των σταθμών τηλεόρασης στις εγκαταστάσεις των ασύρματων αναμεταδοτών. Συγκεκριμένα το πρόβλημα δημιουργείται απο την διακύμανση καθυστέρησης (jitter) που δημιουργείται κατα την άφιξη των πακέτων IP ή ASI που μεταφέρουν τις ψηφιακές ροές MPEG. Αυτή η διακύμανση καθυστέρησης άφιξης πακέτων αναγκάζει τα συστήματα ασύρματης διαμόρφωσης των αναμεταδοτών να εκπέμπουν την ίδια πληροφορία αλλά όχι ακριβώς στον ίδιο χρόνο όλοι εξαιτίας της κυμαινόμενης καθυστέρησης κατα την άφιξη των δεδομένων της εκπεμπόμενης πληροφορίας.¹⁷⁷

Όπως θα δούμε στον πίνακα που ακολουθεί η διακύμανση καθυστέρησης (jitter) είναι μεγαλύτερη (+/- 20ms) όταν χρησιμοποιούνται δίκτυα δεδομένων RTP/IP για την μεταφορά των DVB MPEG Transport streams προς τους αναμεταδότες σε σχέση με την περίπτωση που το DVB MPEG Transport stream έχει ενθυλακωθεί σε πακέτα ASI τα οποία μπορούν να μεταφερθούν στους αναμεταδότες με χρήση δικτύου τεχνολογίας ATM και οπτικών δακτυλίων αρχιτεκτονικής SDH (UP to 200ns).¹⁷⁸

Βέβαια η εξέλιξη στις τεχνολογίες ποιότητας υπηρεσίας στα IP δίκτυα βασισμένες σε αρχιτεκτονικές δικτύων IP MPLS και οπτικών δακτυλίων Next Gen SDH τείνει να ελαχιστοποιήσει την διαφορά του jitter μεταξύ των δύο υλοποιήσεων δικτύου μεταφοράς πακετων MPEG προς τους διαμορφωτές των αναμεταδοτών.

¹⁷⁶ <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

¹⁷⁷ <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

¹⁷⁸ <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

Distrib. Network	Bit rate Jitter	Network Delay
Sat. DVB-S/S2	+/- 200ns	250 ms
Off Air	+/-750ns	30 ms / hop
ATM over SDH	Up to 200 ns	Depending on the size of the network
MPEG over IP	+/-20ms	30ms / switch

Πίνακας 5.2.4(β) Τυπικές καθυστερήσεις σε SFN διανομή¹⁷⁹

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:

¹⁷⁹ <http://www.thomson-broadcast.fr/pdf/DVB-T2-white-paper-v3.pdf>

Σύμφωνα με τις πηγές που λάβαμε υπόψιν και τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μετάδοση 3D σήματος απαιτεί υψηλό εύρος ζώνης το οποίο εξαρτάται από την ευκρίνεια του μεταδιδόμενου βίντεο (standard definition,high definition,full high definition,4k).

Στην ελληνική υλοποίηση δικτύου επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης σύμφωνα με την υπουργική απόφαση¹⁸⁰ χρησιμοποιούνται κανάλια εύρους ζώνης 8MHz με διαμόρφωση 64QAM-FEC 3/4-GI 1/8. Παρατηρώντας τον πίνακα εύρους ζώνης του προτύπου DVB-T βλέπουμε ότι με αυτά τα χαρακτηριστικά μετάδοσης το μέγιστο εύρος ζώνης είναι 24.882Mbit/sec.

Available bitrates (Mbit/s) for a DVB-T system in 8 MHz channels					
Modulation	Coding rate	Guard interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4.976	5.529	5.855	6.032
	2/3	6.635	7.373	7.806	8.043
	3/4	7.465	8.294	8.782	9.048
	5/6	8.294	9.216	9.758	10.053
	7/8	8.709	9.676	10.246	10.556
16-QAM	1/2	9.953	11.059	11.709	12.064
	2/3	13.271	14.745	15.612	16.086
	3/4	14.929	16.588	17.564	18.096
	5/6	16.588	18.431	19.516	20.107
	7/8	17.418	19.353	20.491	21.112
64-QAM	1/2	14.929	16.588	17.564	18.096
	2/3	19.906	22.118	23.419	24.128
	3/4	22.394	24.882	26.346	27.144
	5/6	24.882	27.647	29.273	30.160
	7/8	26.126	29.029	30.737	31.668

Πίνακας 5.2.4(γ) Εύρος ζώνης προτύπου DVB-T¹⁸¹

Η παρούσα ανάθεση φάσματος και εύρος ζώνης καναλιών στο ελληνικό σύστημα επίγειας τηλεόρασης δεν είναι επαρκής δυστυχώς για την μετάδοση 3D σήματος ανάλυσης υψηλής ευκρίνειας. Σύμφωνα όμως με τον πίνακα που παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 4 σελ.48 μπορούμε να δούμε σε τι ποιότητα βίντεο και ήχου είναι δυνατή η μετάδοση του σήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

¹⁸⁰ http://www.digea.gr/project_images/Files/K.Y.A./KYA%2042800-2012%20Neos%20Xartis%20Syxnotitwn.pdf

¹⁸¹ <https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>

- 1) <http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG>
- 2) http://pps.aua.gr/seminars/isv_kokkas.pdf
- 3) <http://www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/teds150/lectures/IP09.pdf>
- 4) Μουσίτσας Χρήστος, «Η μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση», Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης 2008, σελ. 18
- 5) <http://el.wikipedia.org/wiki/MPEG>
- 6) https://en.wikipedia.org/wiki/Data_compression_ratio
- 7) https://en.wikipedia.org/wiki/Single-frequency_network
- 8) <https://en.wikipedia.org/wiki/Fading>
- 9) <https://en.wikipedia.org/wiki/Macrodiversity>
- 10) https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_serial_interface
- 11) <http://www.interfacebus.com/digital-frequency-bands-channels.html>
- 12) http://www.digea.gr/project_images/Files/K.Y.A./KYA%2042800-2012%20Neos%20Xartis%20Syxnotitwn.pdf
- 13) <https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>

```

clc;
clear all;
I = imread('cameraman.tif');
I1=I;
[row coln]= size(I);
I= double(I);
%-----
% Subtracting each image pixel value by 128
%-----
I = I - (128*ones(256));

quality = input('What quality of compression you require - ');

%-----
% Quality Matrix Formulation
%-----
Q50 = [ 16 11 10 16 24 40 51 61;
        12 12 14 19 26 58 60 55;
        14 13 16 24 40 57 69 56;
        14 17 22 29 51 87 80 62;
        18 22 37 56 68 109 103 77;
        24 35 55 64 81 104 113 92;
        49 64 78 87 103 121 120 101;
        72 92 95 98 112 100 103 99];

if quality > 50
    QX = round(Q50.*(ones(8)*((100-quality)/50)));
    QX = uint8(QX);
elseif quality < 50
    QX = round(Q50.*(ones(8)*(50/quality)));
    QX = uint8(QX);
elseif quality == 50
    QX = Q50;
end

%-----
% Formulation of forward DCT Matrix and inverse DCT matrix
%-----
DCT_matrix8 = dct(eye(8));
iDCT_matrix8 = DCT_matrix8';    %inv(DCT_matrix8);

%-----
% Jpeg Compression
%-----
dct_restored = zeros(row,coln);
QX = double(QX);
%-----
% Jpeg Encoding
%-----
% Forward Discrete Cosine Transform

```

```

%-----
for i1=[1:8:row]
    for i2=[1:8:coln]
        zBLOCK=I(i1:i1+7,i2:i2+7);
        win1=DCT_matrix8*zBLOCK*iDCT_matrix8;
        dct_domain(i1:i1+7,i2:i2+7)=win1;
    end
end
%-----
% Quantization of the DCT coefficients
%-----
for i1=[1:8:row]
    for i2=[1:8:coln]
        win1 = dct_domain(i1:i1+7,i2:i2+7);
        win2=round(win1./QX);
        dct_quantized(i1:i1+7,i2:i2+7)=win2;
    end
end

%-----
% Jpeg Decoding
%-----
% Dequantization of DCT Coefficients
%-----
for i1=[1:8:row]
    for i2=[1:8:coln]
        win2 = dct_quantized(i1:i1+7,i2:i2+7);
        win3 = win2.*QX;
        dct_dequantized(i1:i1+7,i2:i2+7) = win3;
    end
end

%-----
% Inverse DISCRETE COSINE TRANSFORM
%-----
for i1=[1:8:row]
    for i2=[1:8:coln]
        win3 = dct_dequantized(i1:i1+7,i2:i2+7);
        win4=iDCT_matrix8*win3*DCT_matrix8;
        dct_restored(i1:i1+7,i2:i2+7)=win4;
    end
end
I2=dct_restored;

%-----
% Conversion of Image Matrix to Intensity image
%-----

K=mat2gray(I2);

%-----
%Display of Results

```



```
%-----  
figure(1);imshow(I1);title('original image');  
figure(2);imshow(K);title('JPEG DECODED IMAGE');
```

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ INTERNET

- 1) <http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεόραση>
- 2) http://birdibirdi.blogspot.gr/2010/12/blog-post_8905.html
- 3) http://epikinoniakoi.blogspot.gr/2008/09/blog-post_30.html
- 4) <http://en.wikipedia.org/wiki/SECAM>
- 5) <http://el.wikipedia.org/wiki/MPEG>
- 6) <http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/DVB.pdf>
- 7) http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT20060114/DT2006-0114.pdf
- 8) http://el.wikipedia.org/wiki/Επίγεια_ψηφιακή_τηλεόραση
- 9) http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1506/3/Nimertis_Louka.pdf
- 10) <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-C>
- 11) <https://www.digitaltvinfo.gr/articles/cover-story/item/2858->
- 12) <https://www.dvb.org/standards/dvb-t2>
- 13) <http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=3dtv:3dtv>
- 14) <http://www.hih.org.gr/el/holography/stereoscopy.html>
- 15) http://3lyk-ampel.thess.sch.gr/files/ergasies_ereyna/2012%2013/proj_12%2013_theodor/sxedio_theodor_12%2013_B.pdf
- 16) <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereopsis>
- 17) <http://www.digea.gr/234/article/183/THesmiko-plaisio/el>
- 18) http://en.wikipedia.org/wiki/Frame_rate
- 19) http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-definition_television
- 20) http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/Polymesa/5.html
- 21) http://en.wikipedia.org/wiki/Lossy_compression
- 22) http://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital
- 23) [http://en.wikipedia.org/wiki/DTS_\(sound_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/DTS_(sound_system))
- 24) http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC
- 25) http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code_modulation
- 26) <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>
- 27) <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/video>
- 28) <http://www.globalspec.com/reference/34034/203279/9-1-video-object-plane-vop>
- 29) <http://en.wikipedia.org/wiki/VRML>
- 30) <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>
- 31) <http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG>
- 32) http://pps.aua.gr/seminars/isv_kokkas.pdf
- 33) <http://www2.cs.ucy.ac.cy/~nicolast/courses/teds150/lectures/IP09.pdf>
- 34) https://en.wikipedia.org/wiki/Data_compression_ratio
- 35) https://en.wikipedia.org/wiki/Single-frequency_network
- 36) <https://en.wikipedia.org/wiki/Fading>
- 37) <https://en.wikipedia.org/wiki/Macrodiversity>
- 38) https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_serial_interface
- 39) <http://www.interfacebus.com/digital-frequency-bands-channels.html>
- 40) http://www.digea.gr/project_images/Files/K.Y.A./KYA%2042800-2012%20Neos%20Xartis%20Syxnotitwn.pdf
- 41) <https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

3D	Three-Dimensional
CRT	Cathode Ray Tube
RCA	Radio Corporation of America
BBC	British Broadcasting Company
IPTV	Internet Protocol Television
VHF	Very High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
FM	Frequency Modulation
E.I.P.	Εθνικό Ίδρυμα Ραδιοφωνίας
Δ.Ε.Η.	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
EPT	Ελληνική Ραδιοφωνία Τηλεόραση
DVB	Digital Video Broadcasting
DTT	Digital Terrestrial Television
MPEG	Moving Pictures Experts Group
SFN	Single Frequency Networks
SDTV	Standard Definition Television
HDTV	High Definition Television
DVB-S	Digital Video Broadcasting-Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial
DVB-C	Digital Video Broadcasting-Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting-Handheld
DTH	Direct-To-Home
FSS	Fixed Satellite Services
BSS	Broadcasting Satellite Services
DVB-S2	Digital Video Broadcasting-Satellite-Second Generation
VCM	Variable Coding and Modulation
CATV	Cable Television
SMATV	Single Master Antenna Television
MUX	Multiplexer
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
DAC	Digital-to-Analog Converter
DVB-TM	Digital Video Broadcasting-Technical Module
VOD	Video On Demand
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
IFFT	Inverse Fast Fourier Transforms
RF	Radio Frequency
PLPs	Physical Layer Pipes
MPE-FEC	Multi Protocol Encapsulation-Forward Error Correction
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
MVC	Multiview Video Coding
VCEG	Video Coding Experts Group

2D	Two-Dimensional
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
DCCP	Datagram Congestion Control Protocol
GOP	Group Of Pictures
LCD	Liquid Crystal Display
LDTV	Low Definition Television
EDTV	Enhanced Definition Television
UHDTV	Ultra High Definition Television
PCM	Pulse Code Modulation
LPCM	Linear Pulse Code Modulation
VBR	Variable Bit Rate
DTS	Digital Theater
VOP	Video Object Plane
SFN	Single Frequency Network
BIT STREAM	Ροή ψηφιακών συμβόλων 0,1
ASI	Asynchronous Serial Interface

