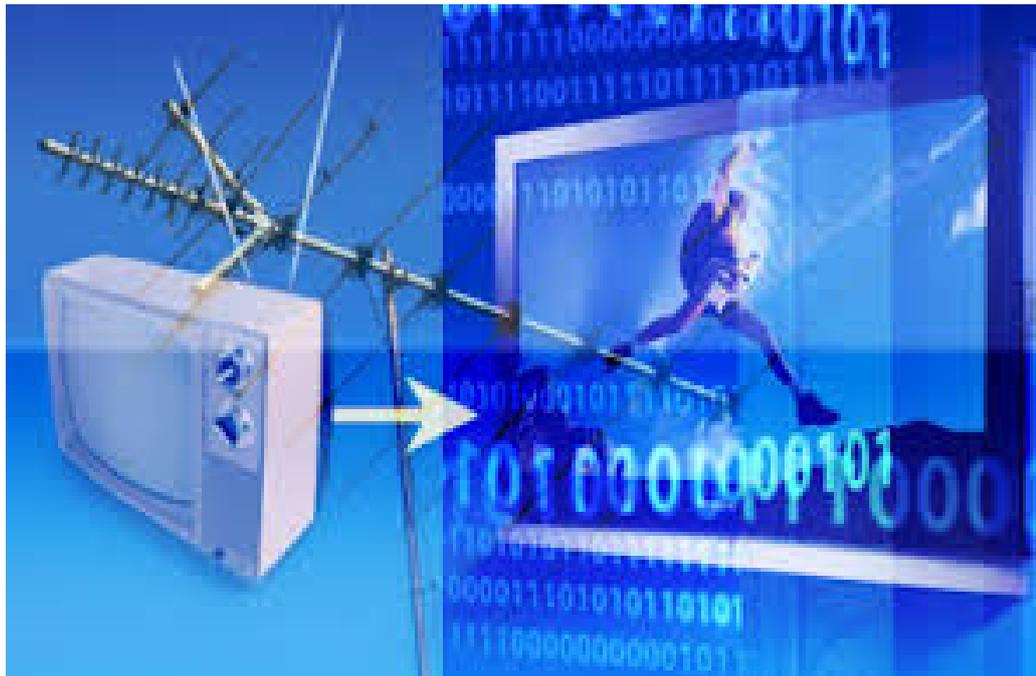


ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΤΟΝ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΟΣΜΟ »



Επιβλέπον καθηγητής: Σακκάς Λάμπρος

Σπουδάστρια: Ντάσσου Παναγιώτα

Αριθμός Μητρώου: 10063

Η παρούσα εργασία αποτελεί προϊόν αποκλειστικά δικής μου προσπάθειας. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνονται στην βιβλιογραφία και γίνεται ρητή αναφορά σε αυτές μέσα στο κείμενο όπου έχει χρησιμοποιηθεί.

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα της πτυχιακής μου εργασίας είναι «Από τον αναλογικό στον ψηφιακό κόσμο».

Κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο Τ.Ε.Ι Ηπείρου μου δόθηκαν πολλές ευκαιρίες για συζητήσεις πάνω σε διάφορα θέματα γύρω από την τεχνολογία είτε με τους καθηγητές μου είτε με τους συμφοιτητές μου.

Η διδασκαλία διαφόρων μαθημάτων στο Τ.Ε.Ι Ηπείρου, όπως οι Ψηφιακές Τηλεπικοινωνίες, η Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος, τα Συστήματα Ψηφιακής Επεξεργασίας Σημάτων σε Πραγματικό Χρόνο και πολλά άλλα μου έδωσαν τις βασικές γνώσεις στον κόσμο των τηλεπικοινωνιών και της τεχνολογίας γενικότερα και επιπλέον το έναυσμα και την επιθυμία να ασχοληθώ και να διευρύνω τις γνώσεις μου πάνω σε αυτό.

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε απολύτως συνειδητά έχοντας ως στόχο να αποκτήσω περισσότερες γνώσεις πάνω στο τομέα του ψηφιακού κόσμου μιας και στις μέρες μας έχει πρωταγωνιστικό ρόλο με πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα την τηλεόραση, με την οποία και ασχολήθηκα, και πιο συγκεκριμένα με την μετάβαση της στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση πράγμα που με ώθησε να ασχοληθώ με αυτήν.

Στη σύγχρονη κοινωνία η τηλεόραση αποτελεί ίσως το βασικότερο μέσο ενημέρωσης και ψυχαγωγίας μιας και υπάρχει στα σπίτια όλων και μπορούν να την χειρίζονται όλες οι ηλικίες, από μικρά παιδιά ως και οι ηλικιωμένοι. Βάσει λοιπόν, όλων των παραπάνω αποφάσισα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα έτσι ώστε να αποκτήσω επιπλέον πληροφορίες και να μπορέσω μέσω της εργασίας αυτής να συμβάλω στην κατανόηση και ενημέρωση όσων το επιθυμούν γύρω από το συγκεκριμένο θέμα.

Εκθέτοντας την παρούσα πτυχιακή θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Λάμπρο Σακκά για την συνεργασία μας και για την βοήθεια και του, καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας, διότι χωρίς αυτήν δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου για όσα μου πρόσφεραν μέσα από τα μαθήματα τους.

## Περιεχόμενα

	Σελ.
<b>Πρόλογος</b>	
<b>Εισαγωγή</b>	
<b>Κεφάλαιο 1:</b> Γενικές πληροφορίες για την τηλεόραση .....	<b>9</b>
1.1 Ιστορική Αναδρομή .....	9
1.2 Η εμφάνιση της τηλεόρασης στην Ελλάδα .....	12
1.3 Τα είδη της τηλεόρασης .....	12
1.3.1 Ασπρόμαυρη τηλεόραση.....	12
1.3.2 Έγχρωμη τηλεόραση .....	13
1.3.3 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση .....	14
1.3.4 Δορυφορική τηλεόραση .....	14
1.3.5 Διαδικτυακή τηλεόραση.....	15
1.3.6 Αμφίδρομη τηλεόραση.....	16
<b>Κεφάλαιο 2:</b> Αρχές ψηφιοποίησης και συμπίεσης σημάτων.....	<b>17</b>
2.1 Αναλογικό σήμα .....	17
2.2 Σήμα διακριτού χρόνου.....	18
2.3 Ψηφιακό σήμα.....	18
2.4 Βασικές αρχές ψηφιοποίησης .....	19
2.5 Συμπίεση σημάτων και τα πρότυπα τους .....	20
2.5.1 Το πρότυπο MPEG-1 .....	22
2.5.2 Το πρότυπο MPEG-2 .....	23
2.5.3 Το πρότυπο MPEG-4 .....	23
2.6 Συστήματα ψηφιακής τηλεόρασης.....	25
2.6.1 Το πρότυπο DVB-S/BVD-S2.....	26
2.6.2 Το πρότυπο DVB-T/BVD-T2 .....	27
2.6.3 Το πρότυπο DVB-C/BVD-C2.....	28
2.6.4 Το πρότυπο DVB-H/BVD-H2 .....	29
<b>Κεφάλαιο 3:</b> Αρχές διαμόρφωσης ψηφιακών σημάτων.....	<b>31</b>
3.1 Εισαγωγή και διαμόρφωση φάσης .....	31
3.2 Διαμόρφωση φάσης BPSK.....	32
3.3 Διαμόρφωση φάσης QPSK.....	33
3.4 Διαμόρφωση QAM.....	34
3.5 Διαμόρφωση OFDM .....	35
3.5.1 Βασικές αρχές – Εφαρμογές της OFDM.....	36
3.5.2 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα της OFDM .....	37
3.6 Διαμόρφωση COFDM .....	38
3.7 Εφαρμογές της COFDM .....	39
<b>Κεφάλαιο 4:</b> Ψηφιακή λήψη .....	<b>40</b>
4.1 Δυνατότητες Λήψης .....	40
4.1.1 Λήψη με οπτική επαφή .....	40
4.1.2 Λήψη χωρίς οπτική επαφή .....	41
4.2 Επίγεια Ψηφιακή λήψη .....	41

4.3	Συσκευές λήψης.....	42
4.4	Κεντρικές εγκαταστάσεις .....	44
4.5	Ποιότητα εικόνας στην ψηφιακή τηλεόραση .....	44
4.6	Επίγεια ψηφιακή λήψη μέσω δορυφόρου .....	45
4.6.1	Αρχές λειτουργίας επίγεια ψηφιακής λήψης μέσω δορυφόρου.....	46
<b>Κεφάλαιο 5: Η μετάβαση από τον αναλογικό στον ψηφιακό κόσμο .....</b>		<b>49</b>
5.1	Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής.....	50
5.1.1	Τα πλεονεκτήματα για τους παρόχους.....	51
5.1.2	Τα πλεονεκτήματα για τους θεατές.....	51
5.2	Μελλοντικές εξελίξεις.....	52
5.2.1	Τηλεοράσεις 3D.....	53
5.2.2	Η «Αόρατη» τηλεόραση.....	55
5.2.3	Η «έξυπνη» τηλεόραση.....	56
<b>Συμπεράσματα- Επίλογος .....</b>		<b>57</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>		<b>59</b>

## Λίστα Εικόνων

	Σελ
Εξώφυλλο: .....	1
Εικόνα 1.1: Δίσκος του Nirkow .....	10
Εικόνα 1.1.1: Εικονοσκόπιο .....	11
Εικόνα 1.3: Η πρώτη εικόνα από τηλεόραση 30-γραμμών.....	13
Εικόνα 1.3.1: Ο δορυφόρος ως αναμεταδότης στην δορυφορική τηλεόραση.....	14
Εικόνα 1.3.2: Σύνθεση της διαδικτυακής τηλεόρασης .....	15
Εικόνα 2.1: Απεικόνιση αναλογικών σημάτων .....	17
Εικόνα 2.2: Απεικόνιση σήματος διακριτού χρόνου .....	18
Εικόνα 2.3: Απεικόνιση ψηφιακού σήματος.....	19
Εικόνα 2.4: Τα τρία στάδια ψηφιοποίησης .....	19
Εικόνα 2.5: Λογότυπο του mpeg.....	20
Εικόνα 2.5.3: Η ενσωμάτωση των πολυμέσων στο πρότυπο MPEG-4.....	24
Εικόνα 2.6.4: Η εκπομπή καναλιών με τεχνολογία time slicing.....	30
Εικόνα 3.1: Διαμόρφωση PSK.....	32
Εικόνα 3.3.2: Απεικόνιση ορθογωνιότητας μεταξύ ενός ημιτονικού σήματος με ένα συνημιτονικό .....	33
Εικόνα 3.4: Διάγραμμα αστερισμού 16-QAM .....	35
Εικόνα 3.6: Στην ψηφιακή τηλεόραση έχουμε χρήση πολλών καναλιών στην ίδια συχνότητα σε αντίθεση με την αναλογική τηλεόραση .....	38
Εικόνα 4.2: Τα είδη των ψηφιακών δεκτών.....	43
Εικόνα 4.6: Transmodulators DVB-S/DVB-S2 -> DVB-T .....	47
Εικόνα 5: Από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση.....	49
Εικόνα 5.2: Ψηφιακή Τηλεόραση.....	51
Εικόνα 5.2.1: Η λειτουργία των 3D γυαλιών .....	54
Εικόνα 5.2.2: Η “αόρατη” τηλεόραση.....	55

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάγκη του ανθρώπου για επικοινωνία υπάρχει από τα πρώτα χρόνια της ύπαρξής του. Μετά την σύνταξη της αλφαβήτας ο οποίος είναι ο βασικός τρόπος επικοινωνίας μεταξύ δύο ανθρώπων και πάνω, ακολούθησε η ανάγκη για επικοινωνία σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Για τον λόγο αυτό ασχολήθηκε και συνεχίζει να ασχολείται, ακόμη, με την εξέλιξη όσων μπορούν να του καλύψουν αυτή την ανάγκη.

Ένας τρόπος τηλεπικοινωνίας είναι και η τηλεόραση. Η τηλεόραση έκανε την εμφάνιση της πριν από αρκετά χρόνια έχοντας ως βασικό σκοπό την ενημέρωση των θεατών για το τι συμβαίνει ανά τον κόσμο. Στις μέρες μας σχεδόν όλα τα σπίτια παγκοσμίως έχουν τουλάχιστον μια τηλεόραση. Βέβαια ο ρόλος της πλέον δεν είναι μόνο ενημερωτικός αλλά και ψυχαγωγικός.

Στα ακόλουθα κεφάλαια της παρούσας πτυχιακής εργασίας συγκεντρώνονται μέσα από την κατάλληλη βιβλιογραφία πληροφορίες σχετικές με την τηλεόραση και με την μετάβαση της στον ψηφιακό κόσμο.

Πιο συγκεκριμένα:

Στο πρώτο κεφάλαιο παραθέτονται πληροφορίες σχετικές με την τηλεόραση. Αρχικά πραγματοποιείται μια ιστορική ανάδρομη, έπειτα γίνεται αναφορά στην εμφάνιση της τηλεόρασης στην Ελλάδα, και τέλος αναφέρονται επιγραμματικά τα διάφορα είδη της τηλεόρασης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα είδη του σήματος, καθώς επίσης και στον τρόπο ψηφιοποίησης ενός σήματος. Έπειτα ακολουθεί ανάλυση των προτύπων συμπίεσης σήματος. Ακολουθεί ανάλυση των συστημάτων ψηφιακής τηλεόρασης για τον προορισμό του κάθε συστήματος αναλόγως την κατηγορία στην οποία ανήκει.

Στο τρίτο κεφάλαιο παραθέτονται μερικές από τις πιο γνωστές διαμορφώσεις. Αρχικά αναλύονται κάποιες βασικές και έπειτα βάσει αυτών κάποιες πιο περίπλοκες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται η ψηφιακή λήψη. Αρχικά, αναφέρονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί ψηφιακή λήψη, έπειτα οι προϋποθέσεις-εγκαταστάσεις που χρειάζονται σε κάθε περίπτωση και τέλος, η δυνατότητα της επιτυχημένης ψηφιακής λήψης μέσω δορυφόρου.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο καταμετρούνται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την αναλογική τηλεόραση στην ψηφιακή, τόσο για τους παρόχους όσο και για τους θεατές και γίνεται αναφορά σε μελλοντικές εξελίξεις της τηλεόρασης.

# 1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ένα από τα πιο γνωστά συστήματα τηλεπικοινωνίας και ίσως το δημοφιλέστερο Μέσο Μαζικής Επικοινωνίας με την μεγαλύτερη απήχηση, επιρροή στη διαμόρφωση και ενημέρωση της κοινής γνώμης, είναι η τηλεόραση. Ετυμολογικά, η λέξη είναι συνθετικό του προθέματος “τηλέ-” όπου δηλώνει την απόσταση και της λέξης “όραση”. [1] Η τηλεόραση είναι μια συσκευή - δέκτης όπου λαμβάνει ακίνητες και κινητές εικόνες. Η αίσθηση της κίνησης δίνεται από την προβολή ακίνητων εικόνων σε πολύ σύντομη χρονική διάρκεια, όπου προκαλείται μια υπέρθεση εικόνων ελάχιστης χρονικής διαφοράς μεταξύ τους. Η ελάχιστη αυτή παραμονή της εικόνας στον αμφιβληστροειδή δημιουργεί την εντύπωση της κινητής εικόνας. [2]

Το (τηλεοπτικό) σήμα, λαμβάνεται από τους τηλεοπτικούς σταθμούς σε συγκεκριμένες συχνότητες με την οθόνη να απεικονίζει το αποτέλεσμα της επιτυχημένης λήψης (μετατροπή του σήματος (αναλογικού/ψηφιακού) σε εικόνα και ήχο). [3]

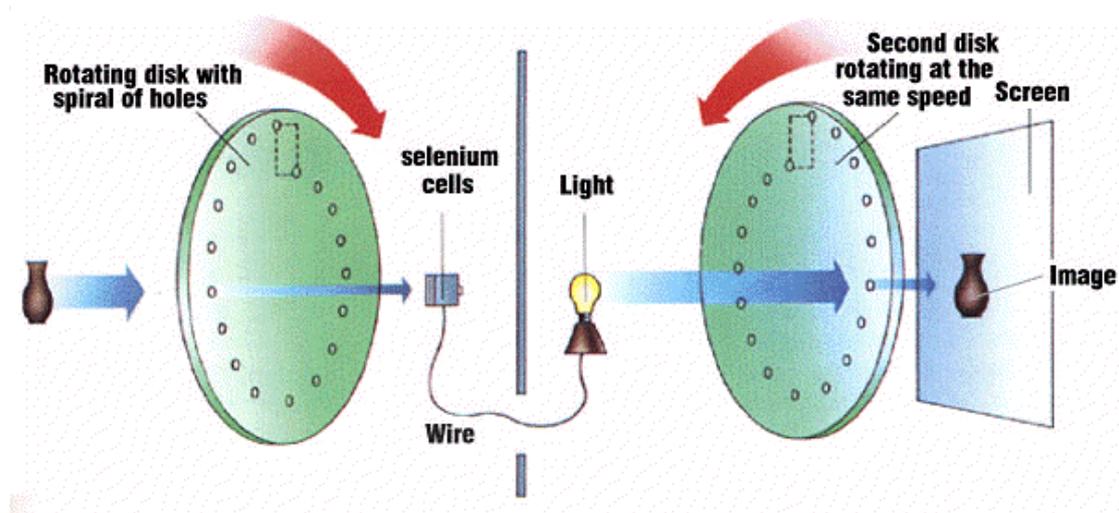
## 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η εφεύρεση της τηλεόρασης δεν οφείλεται σε μεμονωμένο πρόσωπο. Μια σειρά γεγονότων συντέλεσαν στην ολοκλήρωση του «πάζλ» που ονομάζεται τηλεόραση.

Η εφεύρεση του τηλέγραφου (μηχανή που μεταδίδει συνδυασμούς κωδικοποιημένων λέξεων και γραμμάτων δια μέσου των ηλεκτρικών παλμών κατά μήκος καλωδίων) το 1838 από τον Samuel Morse αποτέλεσε την βασική ιδέα για την μετάδοση εικόνων και κατ’ επέκταση τη δημιουργία της τηλεόρασης. [3] Δηλαδή το φώς να μετατρέπεται σε ηλεκτρικούς παλμούς οι οποίοι θα μεταδίδονται σε απόσταση και θα επαναφέρονται σε φως. Τα δεδομένα όμως της εποχής καθιστούσαν αδύνατον την υλοποίηση αυτής της ιδέας.

Λίγο αργότερα το 1884, ο Γερμανός επιστήμονας Paul Julius Cottlieb Nirkow επινόησε μια διάταξη όπου επέτρεπε την εξ αποστάσεως μεταβίβαση των εικόνων. Μια οπτικό – μηχανική συσκευή που αποτελούνταν από ένα διάτρητο δίσκο με μικρές οπές περιφερειακά σε σπειροειδές σχήμα, γνωστό ως «Δίσκος του

Νιρκω». Όταν ο δίσκος περιστρεφόταν με μεγάλη ταχύτητα μπροστά σε μια εικόνα που φωτιζόταν ισχυρά, έδινε τη δυνατότητα στον παρατηρητή να εξερευνά την εικόνα γραμμή προς γραμμή ή κομμάτι προς κομμάτι. Οι φωτεινές ακτίνες που περνούσαν μέσα απ' τις οπές συγκεντρώνονταν από ένα φωτοστοιχείο σεληνίου, τοποθετημένο πίσω απ' το δίσκο και με τη βοήθεια του μετατρέπονταν σε ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αποστελλόταν σε μια συσκευή παρόμοια με την προηγούμενη, μόνο που στη θέση του φωτοστοιχείου είχε μια ηλεκτρική λάμπα που έριχνε φως πάνω στην οθόνη. Ανάμεσα στη λάμπα και στη φωτιζόμενη οθόνη ήταν τοποθετημένος ένας άλλος διάτρητος «Δίσκος του Νιρκω», που περιστρεφόταν με την ίδια συχνότητα με τον προηγούμενο . Οι φωτεινές ακτίνες που άφηναν οι οπές, σχημάτιζαν πάνω στην οθόνη την εικόνα.[5] Δεδομένου όμως της εποχής, τα στοιχεία και οι ενισχυτές δεν ήταν οι κατάλληλοι ούτως ώστε να είναι ικανοποιητικά τα αποτελέσματα. Ειδικά σε μεγάλες αποστάσεις χρειαζόταν μεγαλύτερος δίσκος με αποτέλεσμα το όλο σύστημα να γίνεται πιο δυσκίνητο. Έτσι εξαιτίας απωλειών (λόγω απόστασης) προς το παρόν ο δίσκος δεν επέφερε το επιθυμητό αποτέλεσμα . \*

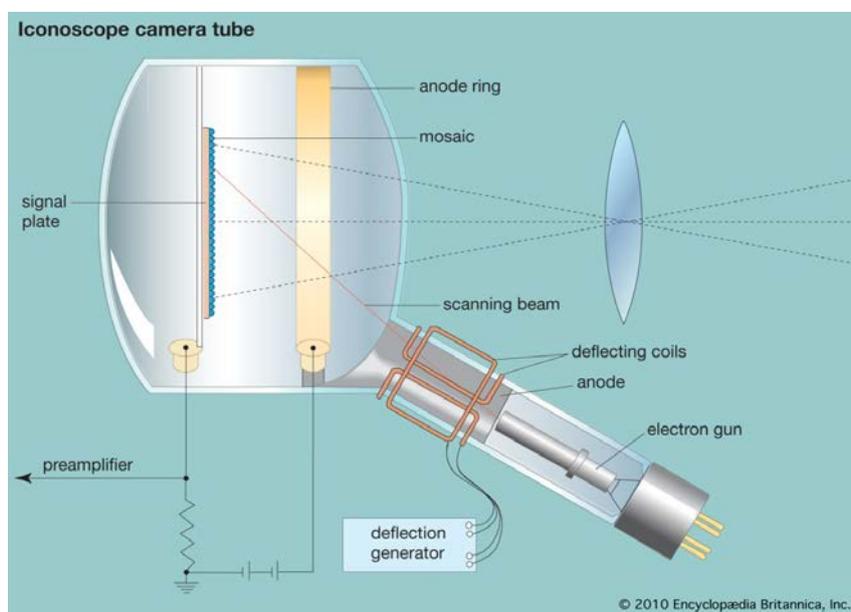


Εικόνα 1.1 «Δίσκος του Νιρκω»

Την τελειοποίηση της συσκευής του Νιρκω ολοκλήρωσε ο John Logie Baird. Την επιτυχημένη λήψη και μεταβίβαση κινούμενων εικόνων κατάφερε αναλύοντας την εικόνα σε 28 γραμμές 12,5 φορές το δευτερόλεπτο. Έτσι ξεκίνησαν οι πρώτες τηλεοπτικές μεταδόσεις με αρκετά ικανοποιητική ποιότητα εικόνας.[1] Λόγω όμως του ότι η ανάλυση εικόνας γινόταν με μηχανικά μέσα η εξέλιξη στην απόδοση της ήταν περιορισμένη.

Έτσι η αναζήτηση για μια νέα μέθοδο ανάλυσης της εικόνας καρποφόρησε με την αλλαγή του αιώνα, το 1907 όταν ο ρώσος φυσικός Boris Rosing πρότεινε μια καθαρά ηλεκτρονική προβολή για την ανάλυση και την λήψη εικόνας, τον καθοδικό σωλήνα Braun. Ο μαθητής του Boris Rosing, ο Vladimir Zworykin, το 1924 ήταν αυτός που κατάφερε να υλοποιήσει (βάση της πρότασης του Rosing) την πρώτη συσκευή ηλεκτρονικής ανάλυσης της εικόνας, το ονομαζόμενο εικονοσκόπιο.

Το εικονοσκόπιο, αποτελείται από ένα σωλήνα κενού μέσα στον οποίο βρίσκεται μία οθόνη που αποτελείται από μονωτική πλάκα. Πάνω στην πλάκα αυτή σχηματίζεται μ' ένα σύστημα φακών η εικόνα που πρόκειται να μεταβιβαστεί. Από την πλευρά της πλάκας όπου σχηματίζεται η εικόνα, σκεπάζεται με σταγονίδια από μεταλλικό καίσιο. Το καθένα από αυτά αποτελεί ένα στοιχειώδες φωτοκύτταρο. Σε αυτήν την οθόνη εμφανίζεται και η εικόνα ανάλογα με την ένταση του φωτός. Αυτό συμβαίνει επειδή τα φωτοκύτταρα του καϊσίου όταν εκτίθενται στο φως εκπέμπουν ηλεκτρόνια<sup>1</sup> με μέτρο ανάλογο προς την φωτεινή ένταση που δέχονται. Τα ηλεκτρόνια αυτά «σαρώνουν» την οθόνη γραμμή προς γραμμή προκαλώντας εκφόρτιση του κυκλώματος και μεταβολή της τάσης στα άκρα του κυκλώματος. Η μεταβολή αυτή είναι ανάλογη προς τη φωτεινότητα κάθε σημείου της εικόνας και με την κατάλληλη ενίσχυση μεταδίδεται στη συσκευή λήψης.



Εικόνα 1.1.1 Εικονοσκόπιο

<sup>1</sup> Τα φωτοκύτταρα του καϊσίου όταν προσβάλλονται από το φως εκπέμπουν ηλεκτρόνια. Δηλαδή συμπεριφέρονται σαν πυκνωτές που εκφορτίζονται αρνητικά και φορτίζονται θετικά.

Αυτού του είδους η τηλεόραση (καθοδική τηλεόραση) έκανε την εμφάνιση της στη Γαλλία λίγα χρόνια πριν το Β' Παγκόσμιο πόλεμο όπου και διεκόπη αναγκαστικά. [6]

## 1.2 Η Εμφάνιση της Τηλεόρασης στην Ελλάδα

Η ιστορία της τηλεόρασης στην Ελλάδα ξεκινάει από το 1951 όπου με το νόμο 1663 προβλεπόταν η ίδρυση και λειτουργία ραδιοτηλεοπτικών σταθμών των Ενόπλων Δυνάμεων. Επιπρόσθετα κρίθηκε αναγκαία και η λειτουργία της (ΥΕΝΕΔ) Υπηρεσίας Ενημέρωσης Ενόπλων Δυνάμεων, υπηρεσία αρμόδια για την εγκατάσταση και λειτουργία ραδιοτηλεοπτικών σταθμών. Έτσι δειλά δειλά μετά από μια δεκαετία (το 1961) λειτούργησε στη Θεσσαλονίκη από τη ΔΕΗ ο πρώτος πειραματικός σταθμός ελληνικής τηλεόρασης. Η επίσημη όμως έναρξη της ελληνικής τηλεόρασης έγινε μία πενταετία αργότερα το 1966. Το 1969 σημειώνεται η πρώτη διεθνής απευθείας σύνδεση με το κύκλωμα Eurovision για τη μετάδοση της προσεδάφισης και του περιπάτου του πληρώματος του Απόλλο 12 στη Σελήνη. [7]

## 1.3 Τα είδη της τηλεόρασης

Το ευρύ κοινό από τα πρώτα κιόλας χρόνια, σχεδόν ένα αιώνα, της εμπορευματοποίησης της τηλεόρασης την αποδέχτηκε με μεγάλη ανταπόκριση αφού αποτελεί πρωταρχική πηγή ψυχαγωγίας και ενημέρωσης. Πολύ χαρακτηρίζουν την τηλεόραση σαν τη συσκευή που πλέον καθορίζει τη θέση του καναπέ στα σαλόνια των θεατών. Απόρροια της εξέλιξης της τηλεόρασης και κατ' επέκταση της τεχνολογίας είναι ότι πλέον στις μέρες μας μπορούμε να έχουμε την τηλεόραση υπό διάφορες μορφές και παρέχοντας η κάθε μία της δικές της δυνατότητες. Κάποια από είδη παραθέτονται παρακάτω.

### 1.3.1 Ασπρόμαυρη τηλεόραση

Κατά την εμφάνιση της η τηλεόραση είχε πολύ περιορισμένες δυνατότητες. Σαν συσκευή ήταν ογκώδης έχοντας περίπου οκτώ κουμπιά από τα οποία για αρκετό χρονικό διάστημα μόνο τα δύο είχαν χρησιμότητα. Επιπλέον ο χρόνος ανταπόκρισης

είτε για να ανοίξει η τηλεόραση είτε για εναλλαγή των καναλιών απαιτούσε κάποια δευτερόλεπτα λόγω των τεχνικών κατασκευαστικών της εποχής. Η τηλεόραση απεικόνιζε σε 30 γραμμές την εικόνα. Η τηλεόραση που έβλεπαν αποτελούνταν ουσιαστικά κινητές εικόνες.



Εικόνα 1.3 Η πρώτη εικόνα από τηλεόραση 30-γραμμών

### 1.3.2 Έγχρωμη τηλεόραση

Η μεγάλη έκπληξη για τα δεδομένα της εποχής και αυτή όπου για αρκετό καιρό θεωρούνταν το πιο καίριο σημείο στην εξέλιξη της τηλεόρασης ήταν όταν το 1951 στις ΗΠΑ έκανε την εμφάνιση της η έγχρωμη εικόνα. Βασική αρχή της έγχρωμης τηλεόρασης είναι η ανάλυση της εικόνας στα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο και μπλε : RGB)<sup>2</sup>. Όπως προαναφέρθηκε αν όχι το πρώτο ένα από τα πρώτα και πιο σημαντικά ιστορικά γεγονότα ήταν και η επιστροφή του πληρώματος του Απόλλο 2000 από τη Σελήνη. Αυτό το γεγονός σήμανε και την αφετηρία της αλλαγής του τρόπου με το οποίο από εδώ και στο εξής θα βιώνει ο κόσμος τα σημαντικά γεγονότα.[3]

---

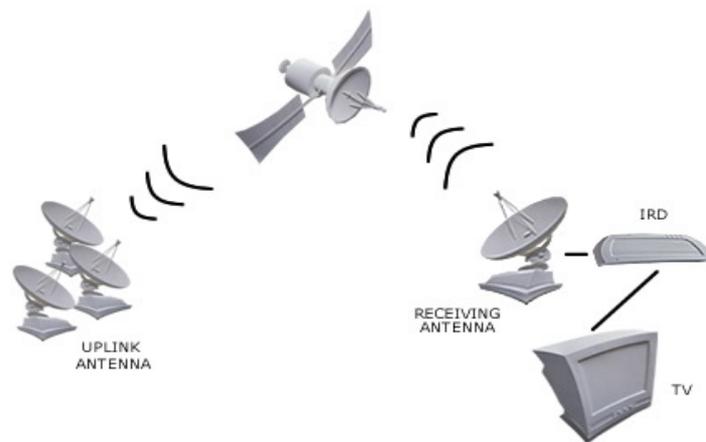
<sup>2</sup> Το πρότυπο χρώματος RGB είναι αυτό που χρησιμοποιείται στις οθόνες της τηλεόρασης και του υπολογιστή. Το όνομα του προέρχεται από τα τρία βασικά χρώματα Red-Green-Blue: RGB. Τα υπόλοιπα χρώματα προκύπτουν από τον συνδυασμό των βασικών χρωμάτων. Ωστόσο, δεν πρέπει να συγχέουμε τα τρία αυτά βασικά χρώματα με αυτά του τομέα των καλών τεχνών (κόκκινο-κίτρινο-μπλε) διότι διαφέρουν. Η εκάστοτε επιλογή των βασικών χρωμάτων προήλθε από τις διαφορετικές ανάγκες που χρειάζεται να καλυφθούν.

### 1.3.3 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση

Σημαντική αλλαγή σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια στην κατ' οίκον ψυχαγωγία και ενημέρωση του κοινού με την είσοδο της ψηφιακής τηλεόρασης στην ελληνική αγορά και κατ' επέκταση στα ελληνικά σπίτια. Οι τηλεθεατές έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν την επικαιρότητα και τα αγαπημένα τους τηλεοπτικά κανάλια απολαμβάνοντας καλύτερη ποιότητα εικόνας και ήχου απ' ότι στο παρελθόν. Επιπλέον ο αριθμός των καναλιών είναι μεγαλύτερος καθώς επίσης και οι πληροφορίες που παρέχονται. Σε γενικές γραμμές, η εξέλιξη της μετάδοσης του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό προμήνυε καταλυτικές εξελίξεις στον τομέα την τεχνολογίας και συγκεκριμένα της τηλεόρασης. Εκτενέστερη αναφορά για τον τρόπο λειτουργίας της ψηφιακής τηλεόρασης θα γίνει σε επόμενο κεφάλαιο.

### 1.3.4 Δορυφορική τηλεόραση

Με τον όρο δορυφορική τηλεόραση εννοούμε την εκπομπή και τη λήψη του τηλεοπτικού σήματος από επίγειους σταθμούς μέσω δορυφόρου. Η λειτουργία του δορυφόρου είναι να λαμβάνει το τηλεοπτικό σήμα από τη γη και να το αναμεταδίδει πίσω. Αρχικά η δορυφορική τηλεόραση ήταν αναλογική αλλά πλέον είναι ψηφιακή. Οι δορυφόροι που χρησιμοποιούνται στη δορυφορική ψηφιακή τηλεόραση υπάγονται στην κατηγορία των γεωστατικών δορυφόρων<sup>3</sup>. [9]



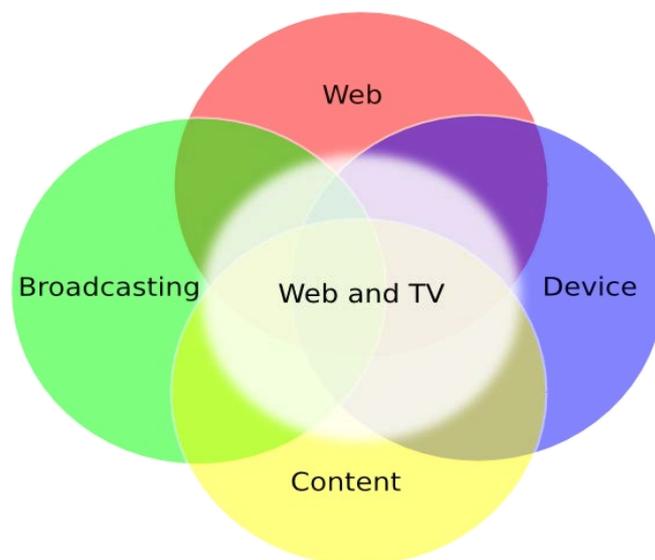
Εικόνα 1.3.1 Ο δορυφόρος ως αναμεταδότης στην δορυφορική τηλεόραση

<sup>3</sup> Γεωστατικοί ονομάζονται οι δορυφόροι που περιστρέφονται σύγχρονα με τη γη, έχοντας σταθερή ταχύτητα, σταθερό ύψος και συγκεκριμένο πεδίο γήινης κάλυψης.

### 1.3.5 Διαδικτυακή τηλεόραση (IPTV)

Αυτό το είδος της τηλεόρασης έκανε την εμφάνιση του τα τελευταία χρόνια. Διαδικτυακή τηλεόραση ή IPTV (Internet Protocol Television) όπως την ονομάζουν πολλοί είναι η τηλεόραση που μπορούν να βλέπουν ζωντανά οι χρήστες, κάτοχοι internet μέσω υπολογιστή. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ένα είδος καλωδιακής – συνδρομητικής τηλεόρασης εφόσον το σήμα μεταδίδεται ψηφιακά και η λήψη του πραγματοποιείται μέσω του καλωδίου του ευρυζωνικού internet. Στην Ελλάδα όλα τα μεγάλα τηλεοπτικά κανάλια (πανελλαδικά και διεθνή) παρέχουν αυτή τη δυνατότητα στο ευρύ κοινό και αναμένεται να ακολουθήσουν και όλα τα υπόλοιπα. Το μόνο που χρειάζεται κάποιος είναι να έχει υπολογιστή και καλή ταχύτητα internet.

Εν κατακλείδι, με τον όρο διαδικτυακή τηλεόραση τεχνικά αναφερόμαστε σε ένα σύστημα όπου το τηλεοπτικό σήμα εκπέμπεται σε χρήστες – συνδρομητές internet με τη βοήθεια του IP και μιας ευρυζωνικής σύνδεσης (broadband). Στην υπηρεσία αυτή μπορεί να περιλαμβάνονται και άλλες δικτυακές υπηρεσίες (π.χ. τηλεφωνία μέσω Internet-VoIP). Το τηλεοπτικό σήμα είναι συνήθως κωδικοποιημένο σε μορφή αναγνωρίσιμη από υπολογιστή ή άλλα ψηφιακά μέσα και διανέμεται μέσω της μεθόδου IP Multicast<sup>4</sup>. [8]



Εικόνα 1.3.2 Σύνθεση της διαδικτυακής τηλεόρασης

<sup>4</sup> Μέσω της μεθόδου IP Multicast η πληροφορία έχει τη δυνατότητα να αποσταλεί ταυτόχρονα σε πολλούς δέκτες –υπολογιστές.

### 1.3.6 Αμφίδρομη τηλεόραση

Η αμφίδρομη τηλεόραση «ξεφεύγει» από τα όρια της τηλεόρασης που έχει συνηθίσει ως τώρα το κοινό. Αυτού του τύπου η τηλεόραση αν και βρίσκεται σε πρώιμο ακόμη στάδιο είναι πολλά υποσχόμενο. Το βασικό πλεονέκτημα της αμφίδρομης τηλεόρασης είναι πως καταλύει την παθητική στάση του κοινού. Αυτό επιτυγχάνεται με το να επιτρέπει στον κάθε θεατή μεμονωμένα να δημιουργεί ένα δικό του πρόγραμμα σύμφωνα με τις προτιμήσεις του. Πρόγραμμα που θα μπορεί να επιλέξει όχι μόνο το τι θέλει να βλέπει αλλά και ποιες ώρες. Επιπλέον, με την χρήση κατάλληλων αποκωδικοποιητών θα παρέχεται η δυνατότητα απευθείας εγγραφής.

Υποστηρίζεται από τους ειδικούς πως η αμφίδρομη τηλεόραση θα αποτελέσει βασική εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών μιας και στο εγγύς μέλλον θα υπάρξει δυνατότητα τραπεζικών συναλλαγών μέσω της τηλεόρασης. Πράγμα που αν τελικά υλοποιηθεί θα διευκολύνει πολύ τις επιχειρήσεις που ψάχνουν τρόπους άμεσης εξυπηρέτησης τους σε θέματα μεταξύ τραπεζών.

## 2. ΑΡΧΕΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δώσουμε τους ορισμούς των σημάτων (αναλογικό/ψηφιακό), θα αναλύσουμε τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ψηφιοποίηση και συμπίεση του σήματος καθώς επίσης και τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα τα οποία είναι απαραίτητα για την υπόσταση της τηλεόρασης σε όλες τις μορφές της π.χ. ψηφιακή, δορυφορική, καλωδιακή τηλεόραση κ.α..

### 2.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΑ

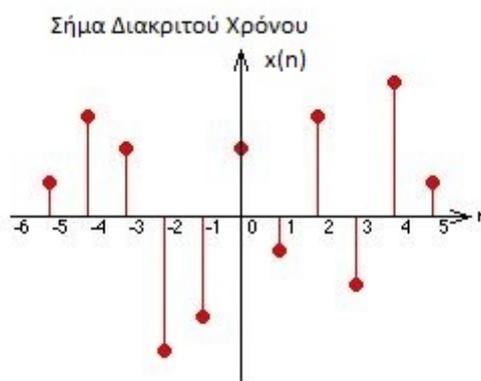
Η μετάδοση της πληροφορίας μπορεί να υλοποιηθεί με δύο βασικούς τρόπους. Για την ακρίβεια τα μηνύματα μεταδίδονται μέσω σημάτων. Τα σήματα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Στα σήματα συνεχούς χρόνου (continuous time) ή αναλογικά σήματα και στα σήματα διακριτού χρόνου (digital time). Αναλογικό σήμα ορίζουμε μια φυσική ποσότητα που μεταβάλλεται ομαλά και συνεχές με το χρόνο. Επομένως, οι τιμές που λαμβάνει το σήμα σε αυτή την περίπτωση είναι συνεχείς μεταξύ τους και επομένως άπειρες. Ένα παράδειγμα μετάδοσης αναλογικού σήματος είναι η ομιλία.



Εικόνα 2.1 Απεικόνιση αναλογικών σημάτων

## 2.2 ΣΗΜΑ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

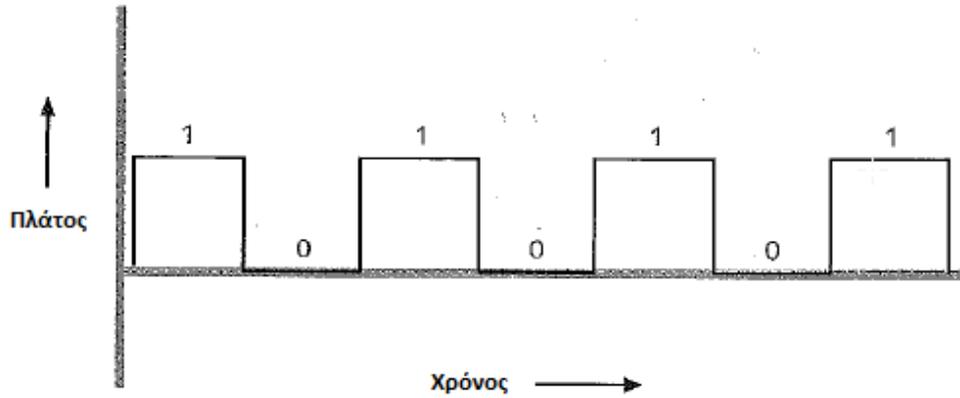
Ως σήμα διακριτού χρόνου(discrete time) ορίζεται το σήμα όπου ο χρόνος (ο χρόνος συνήθως είναι ανεξάρτητη μεταβλητή) παίρνει διακριτές τιμές ενώ το πλάτος(ως εξαρτημένη μεταβλητή) συνεχείς. Γι αυτό και σε ορισμένες περιπτώσεις αναφέρονται και ως σήματα διακριτού χρόνου συνεχούς πλάτους. Το σήμα διακριτού χρόνου προκύπτει από το αναλογικό σήμα επιλέγοντας σημεία ανά τακτά χρονικά διαστήματα και προηγείται του ψηφιακού σήματος κατά την ψηφιοποίηση στις τηλεπικοινωνίες.



Εικόνα 2.2 Απεικόνιση σήματος διακριτού χρόνου

## 2.3 ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ

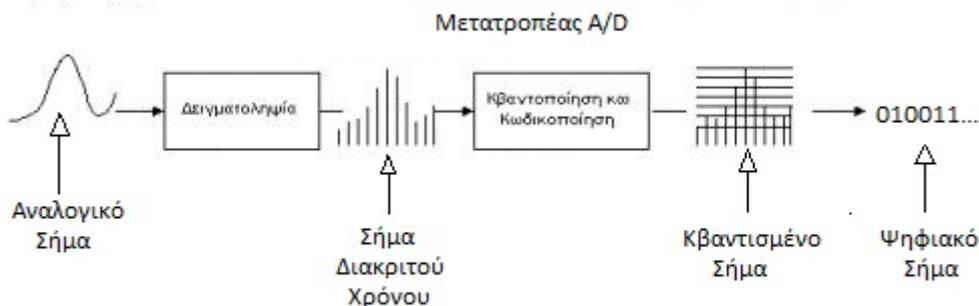
Ψηφιακό σήμα ή σήμα διακριτού χρόνου διακριτού πλάτους ονομάζεται εκείνο το σήμα όπου λαμβάνει διακριτές τιμές οι οποίες δεν μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου. Στις τηλεπικοινωνίες οι τιμές που λαμβάνει το σήμα αντιστοιχούν στο λογικό (0,1). Επειδή συχνά υπάρχει αναφορά σε μια ακολουθία (sequence) αριθμών συνηθίζεται το σήμα να αναφέρεται και ως ακολουθία. Μπορεί να γίνει μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό μέσω μιας διαδικασίας η οποία ονομάζεται ψηφιοποίηση του σήματος.



Εικόνα 2.3 Απεικόνιση ψηφιακού σήματος

## 2.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗΣ

Για την επεξεργασία των αναλογικών σημάτων από ψηφιακά μέσα πρέπει να πραγματοποιηθεί η μετατροπή τους σε μια ακολουθία αριθμών. Η διαδικασία μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακό (analog to digital conversation, A/D) ονομάζεται ψηφιοποίηση του σήματος. Τα στάδια ψηφιοποίησης ενός αναλογικού σήματος είναι τα εξής: δειγματοληψία – κβάντιση - κωδικοποίηση.



Εικόνα 2.4 Τα τρία στάδια ψηφιοποίησης

Κατά την δειγματοληψία (sampling) παίρνουμε το αναλογικό σήμα από το οποίο επιλέγουμε διακριτές τιμές ανά τακτά χρονικά διαστήματα (διακριτές στιγμές το χρόνου) διατηρώντας την συνέχεια του πλάτους. Έτσι προκύπτει το σήμα διακριτού χρόνου.

Έπειτα περνάμε στο στάδιο της κβάντισης (quantization). Δηλαδή σε αυτή τη φάση το σήμα διακριτού χρόνου μετατρέπεται σε ψηφιακό. Σε αυτό το σημείο χωρίζουμε το πλάτος ανά διακριτά ισομερή διαστήματα, τις λεγόμενες στάθμες απόφασης. Εφόσον τοποθετήσουμε τον σήμα διακριτού χρόνου στον πίνακα με τις στάθμες απόφασης ελέγχουμε σε ποια ζώνη είναι πιο κοντά το πλάτος και το προσαρμόζουμε ανάλογα.

Τέλος, είναι το στάδιο της κωδικοποίησης (coding) όπου γίνεται μετατροπή του ψηφιοποιημένου πλέον σήματος σε ακολουθία δυαδικών ψηφίων (λογικά (1,0)).

## 2.5 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΟΥΣ

Τα τελευταία χρόνια είναι εμφανής η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στις τηλεπικοινωνίες. Σε όλο και περισσότερα μέσα παρατηρείται η αντικατάσταση της αναλογικής από την ψηφιακή τεχνολογία. Για παράδειγμα η τηλεόραση, το ραδιόφωνο και η αναπαραγωγή της μουσικής αποτελούν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα της εξέλιξης αυτής. Για την επίτευξη, όμως, όσο το δυνατόν καλύτερων αποτελεσμάτων δημιουργούνται νέες ανάγκες. Στα παραδείγματα που δόθηκαν πρωτίστως, λόγου χάρη, για την απόδοση βέλτιστων αποτελεσμάτων κατά τη μετάδοση κρίνεται απαραίτητη η συμπίεση της ψηφιακής πληροφορίας.



Εικόνα 2.5 Λογότυπο του mpeg

Το κυρίαρχο πρότυπο συμπίεσης είναι το MPEG. Η προέλευση του ονόματος MPEG απορρέει από τις λέξεις Moving Picture Experts Group (Ομάδα Ειδικών στην Κινούμενη Εικόνα). Πρόκειται για μια επιτροπή που δρα σε διεθνές επίπεδο και ιδρύθηκε το 1988 με τον Leonardo Chiariglione να ηγείται της επιτροπής. Αποτελεί

ομάδα εργασίας του ISO/IEC<sup>5</sup> και ειδικεύεται στο να αναπτύσσει πρότυπα για κωδικοποιημένη αναπαράσταση ψηφιακού ήχου και βίντεο.

Σε μια εποχή όπου οι ηλεκτρικές συσκευές που παρέχουν διάφορα ψηφιακά μέσα έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην ψυχαγωγία του καταναλωτικού κοινού τόσο μεγαλώνουν και οι απαιτήσεις για το καλύτερο. Επομένως, απαιτούνται ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας και στη διάθεση όλο και καλύτερων προτύπων συμπίεσης.

Τα τρία πρώτα πρότυπα συμπίεσης που δημιουργήθηκαν είναι τα MPEG-1 η [ISO/IEC 11172], MPEG-2 ή [ISO/IEC 13818] και MPEG-3. Εν συντομία, το πρότυπο MPEG-1 το οποίο τελειοποιήθηκε το 1992 αναπτύχθηκε για την κωδικοποίηση βίντεο και ήχου με συνολικό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 1,5 Mbits/sec. Κύρια χρήση του προτύπου αποτελεί η αποθήκευση βίντεο σε CD-ROM. Μία διετία αργότερα, το 1994, σαν φυσική εξέλιξη του MPEG-1 το πρότυπο MPEG-2 είχε φτάσει σε τελειωτικό στάδιο. Ο ρυθμός μετάδοσης του συγκεκριμένου προτύπου κυμαίνεται από 3 έως 10 Mbits/sec. Το πρότυπο MPEG-2 εφαρμόζεται στα DVD. Το τελευταίο πρότυπο MPEG-3 έκανε την εμφάνιση του για πολύ λίγο. Αυτό οφείλεται στο ότι κρίθηκε πως με κάποιες μικρές αλλαγές στις προδιαγραφές του MPEG-2 μπορούσε να ενσωματωθεί σε αυτό.

Έπειτα, σαν φυσική εξέλιξη προτάθηκε για πρώτη φορά το 1992 μια οπτικοακουστική κωδικοποίηση με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης προσφέροντας πρόσθετες λειτουργίες, όπως η επεκτασιμότητα, με επίσημη ονομασία το [ISO/IEC 14496] ή MPEG-4<sup>6</sup> το οποίο όμως οριστικοποιήθηκε το 1998. Το MPEG-4 χρησιμοποιείται σε διαδικτυακές εφαρμογές, σε ότι έχει να κάνει με πολυμέσα, στις τηλεοράσεις (επίγειες ψηφιακές και δορυφορικές) και πλέον και στα κινητά.

Εν κατακλείδι, τα MPEG-1,2,4 πληρούν προδιαγραφές για κωδικοποιήσεις βίντεο και ήχου καθώς και συγχρονισμού αναλόγως το λογισμικό έκδοσης. Γι' αυτό το λόγο πολλοί θεωρούν πως το MPEG είναι ένα αυτόνομο πρότυπο. Παρόλα αυτά είναι ένα σύνθετο πρότυπο μιας και αποτελείται από τρία βασικά μέρη. Το "πρώτο μέρος" περιγράφει τα στοιχεία του συστήματος (π.χ. οπτικοακουστικό συγχρονισμό),

---

<sup>5</sup> ISO/IEC είναι μια επιτροπή που αποτελείται από τους παράγοντες ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης) και IEC (Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή) με σκοπό ανάπτυξης / προώθησης προτύπων στους τομείς της Τεχνολογίας Πληροφοριών και Τεχνολογίας Πληροφορίας και Επικοινωνιών.

<sup>6</sup> Η ευρεία ονομασία του προτύπου [ISO/IEC MPEG 14496] σε MPEG-4 δεν αποδόθηκε βάση κάποιου χαρακτηριστικού. Ο αριθμός (4) δόθηκε σαν συνέχεια αρίθμησης στα στάδια εξέλιξης του προτύπου MPEG.

το “δεύτερο μέρος” τα στοιχεία κωδικοποίησης βίντεο και το “τρίτο μέρος” τα στοιχεία κωδικοποίησης του ήχου. Ας δούμε παρακάτω το κάθε τύπο προτύπου ξεχωριστά.

### 2.5.1 Το πρότυπο MPEG-1

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το MPEG-1, ή με την επίσημη ονομασία του το [ISO/IEC 11172], είναι ένα πρότυπο το οποίο δημιουργήθηκε για την κωδικοποίηση των κινούμενων εικόνων και ήχου. Στόχος του είναι να υλοποιεί συμπίεση υψηλής ποιότητας ήχου (VHS) και βίντεο CD χωρίς να επηρεάζει κατά πολύ την ποιότητα (δηλαδή, συμπίεση άνευ απωλειών). Καθιστώντας δυνατή την λειτουργία του στα CD βίντεο, ψηφιακή καλωδιακή και δορυφορική τηλεόραση και DAB<sup>7</sup>. Τα μέρη από τα οποία απαρτίζεται το συγκεκριμένο πρότυπο είναι τα εξής:

1. Στοιχεία συστήματος (αποθήκευση και συγχρονισμός των βίντεο, ήχου και άλλων από κοινού στοιχείων)
2. Βίντεο (εδώ περιέχεται το συμπιεσμένο περιεχόμενο του βίντεο)
3. Ήχος (εδώ περιέχεται το συμπιεσμένο περιεχόμενο του ήχου)
4. Δοκιμές συμμόρφωσης (σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται δοκιμή της ορθότητας υλοποιήσεων του προτύπου) και τέλος,
5. Λογισμικό αναφοράς (εδώ παρέχεται ένα παράδειγμα από το λογισμικό όπου υποδεικνύει τον τρόπο κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης βάσει του προτύπου)

Πλέον το MPEG-1 αποτελεί ευρέως το πιο συμβατό πρότυπο που χρησιμοποιείται σε μεγάλο αριθμό προϊόντων και τεχνολογιών με κυρίαρχο το MP3. Μια μορφή ήχου την οποία υποστηρίζει απόλυτα.[11]

Δεν άργησαν όμως να φανούν και τα σημεία στα οποία χωλαίνει αυτό το πρότυπο. Μερικά από τα πιο βασικά σημεία είναι τα εξής:

1. Το σύστημα συμπίεσης ήχου περιορίζεται σε δύο κανάλια (stereo).
2. Το MPEG-1 μπορεί αν υποστηρίξει 4k βίντεο, αλλά τότε δεν υπήρχε εύκολος τρόπος να υποστηρίξει την κωδικοποίηση βίντεο με υψηλή ανάλυση ή το υλικό που χρειαζόταν δεδομένου του ότι τότε δεν είχαν καθοριστεί.

---

<sup>7</sup> DAB (Digital Audio Broadcasting) που στα ελληνικά σημαίνει “Εκπομπή Ψηφιακού Ραδιοφώνου” όπου τα ηχητικά σήματα κωδικοποιούνται σε ψηφιακά καλύπτοντας μεγαλύτερη εμβέλεια απ ότι αναλογικά αποκλείοντας τις παρεμβολές κατά τη λήψη.

Έτσι βάση αυτών των ελλείψεων του MPEG-1 προέκυψε η ανάγκη για την εξέλιξη – δημιουργία ενός νέου προτύπου του MPEG-2.

### 2.5.2 Το πρότυπο MPEG-2

Το πρότυπο MPEG-2 αποτελεί εξελίξιμο μέρος του MPEG-1 και αυτό ορίζεται για κωδικοποίηση κινούμενης εικόνας και ήχου άνευ απωλειών. Η ευρεία χρησιμότητα του MPEG-2 προτύπου έχει να κάνει με τα τηλεοπτικά σήματα (ψηφιακά), τα οποία μεταδίδονται είτε ενσύρματα είτε δορυφορικά. Επιπλέον, έχει την ιδιότητα να καθορίζει την μορφή των ταινιών και άλλων προγραμμάτων που διανέμονται σε DVD ή σε άλλα παρόμοια μέσα αποθήκευσης (σκληροί δίσκοι, οπτικοί δίσκοι, μνήμη usb). Πολλές συσκευές όπως συσκευές αναπαραγωγής DVD, τηλεοπτικοί δέκτες, ακόμη και τηλεοπτικοί σταθμοί έχουν σχεδιαστεί με βάση αυτό το πρότυπο.

Γι αυτό και σε πολλές περιπτώσεις το πρότυπο MPEG-2 θεωρείτε πυρήνας των ψηφιακών τηλεοράσεων και των DVD. Παρόλα αυτά όμως, δεν καθορίζει ακριβώς την εκάστοτε λειτουργία αλλά μέσω περιφερειακών προγραμμάτων προσαρμόζεται ανάλογα τις απαιτήσεις περιορίζοντας ή αυξάνοντας τις δυνατότητες του προτύπου.

Γενικά, το συγκεκριμένο πρότυπο είναι σχεδιασμένο ώστε να βοηθά στην λειτουργία ενός μεγάλου εύρους εφαρμογών και υπηρεσιών με την καθεμία να διακρίνεται από διαφορετικό ρυθμό μετάδοσης. Για την επιτυχημένη κάλυψη όλων των παραπάνω το MPEG-2 διαθέτει τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις (low, main, high 1440 και high) γνωστές σαν profiles ή levels. Κάθε level έχει διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης και μεγέθη εικόνων, τα οποίοι σταδιακά ανεβαίνουν.

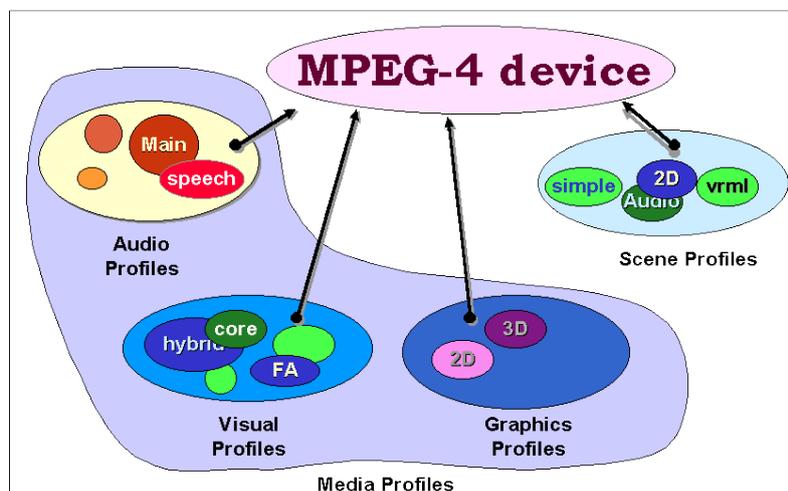
### 2.5.3 Το πρότυπο MPEG-4

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα μετά την εμφάνιση των προτύπων MPEG-1 και MPEG-2, και έπειτα από την συγχώνευση του MPEG-3 στο MPEG-2, βάση των νέων απαιτήσεων της εξέλιξης της τεχνολογίας δεν άργησε να κάνει την εμφάνιση του στο προσκήνιο το πρότυπο MPEG-4 με επίσημη μορφή το 1998. Το MPEG-4 αποτελεί πρότυπο κωδικοποίησης οπτικοακουστικών δεδομένων στις διαδικτυακές εφαρμογές. Βασικές χρήσεις του προτύπου είναι συμπίεση δεδομένων ήχου και

βίντεο, φωνής (π.χ. τηλέφωνο ή τηλεδιάσκεψη) και εφαρμογών απαραίτητων για την μετάδοση τηλεοπτικού ψηφιακού σήματος.

Σκοπός δημιουργίας του προτύπου ήταν η πολύ καλή ποιότητα εικόνας σε πολύ χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Η συμπίεση πολλές φορές έφτανε να είναι τέσσερις ή και περισσότερες φορές μεγαλύτερη από αυτή του MPEG-2. Κάποια από τα χαρακτηριστικά που προστέθηκαν είναι υποστήριξη για 2D και 3D περιεχόμενο, υποστήριξη για διάφορους τύπους διαδραστικότητας (π.χ. διαδραστικοί πίνακες), υποστήριξη VRML<sup>8</sup> για 3D rendering, η δυνατότητα κωδικοποίησης μικτών πολυμέσων (βίντεο, ήχος και ομιλίας) και απομόνωση σφαλμάτων για ισχυρότερη μετάδοση. Αργότερα, κατέληξε να είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης πολυμέσων με εύρος συχνοτήτων από λίγα Kbits/sec(π.χ. 2 Kbits/sec για την ομιλία , Kbits/sec για βίντεο) σε δεκάδες Mbits/sec (π.χ. 5 Mbits/sec για τη διαφανή ποιότητα βίντεο, 64 Mbits/sec ανά κανάλι για την ποιότητα ήχου σε CD ).

Τα levels - profiles που είδαμε στο προηγούμενο πρότυπο δεν λείπουν από το MPEG-4 μιας και σε αυτήν την περίπτωση είναι απαραίτητα εφόσον είναι πάρα πολλές οι δυνατότητες του προτύπου το οποίο κάθε φορά χρειάζεται να «ρυθμιστεί» αναλόγως. [12][13][14]



Εικόνα 2.5.3 Η ενσωμάτωση των πολυμέσων στο πρότυπο MPEG-4

<sup>8</sup> VRML: (Virtual Reality Markup Language) είναι μια τυποποιημένη μορφή αρχείου για αναπαράσταση 3D γραφικών. Πλέον όμως έχει αντικατασταθεί από το X3D.

Το πρότυπο MPEG-4 εξαιτίας του ότι «κληρονόμησε» χαρακτηριστικά από τα MPEG-1 και MPEG-2 (όπως π.χ. δυνατότητα συγχρονισμού μετάδοσης εικόνας και ήχου, ικανότητα δημιουργίας κ.α.) είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να εφαρμόζεται με το καλύτερο δυνατό τρόπο τόσο στην τηλεόραση όσο και στο internet.

## 2.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ



Σκοπός ίδρυσης του DVB (Digital Video Broadcasting Project) ήταν η δημιουργία ενός προτύπου το οποίο να πληρεί όλες τις προδιαγραφές που απαιτούν τα ψηφιακά συστήματα διανομής πολυμέσων (π.χ. μέσα ενημέρωσης, ραδιοτηλεοπτικές εκπομπές). Αρχικά είχε στόχο την ευρωπαϊκή αγορά αλλά πλέον κινείται παγκοσμίως.

Ως τις αρχές του 1991 η διάθεση της ψηφιακής τηλεόρασης στο ευρύ κοινό φάνταζε ανέφικτο και πολυδάπανο όνειρο. Κατά τη διάρκεια του ίδιου έτους οι ραδιοτηλεοπτικοί φορείς και κατασκευαστές εξοπλισμού ευρείας κατανάλωσης άρχισαν να συζητούν τη δημιουργία μιας πλατφόρμας για την ανάπτυξη της ψηφιακής τηλεόρασης. Στα τέλη του ίδιου έτους συντάχθηκε μια ομάδα η οποία περιλάμβανε τους απαραίτητους φορείς και ρυθμιστικές αρχές (π.χ. ομάδες μέσω μαζικής ενημέρωσης δημόσιου/ιδιωτικού τομέα, κατασκευαστές εξοπλισμού ευρείας κατανάλωσης κ.α.) οι οποίοι καθόρισαν τους «κανόνες» για την υλοποίηση αυτής της ιδέας. Έτσι το 1993 ξεκίνησαν οι εργασίες για την ανάπτυξη του DVB και κατ' επέκταση της ψηφιακής τηλεόρασης.

Σήμερα, υπάρχουν πάνω από ένα δισεκατομμύριο δέκτες σε σπίτια παγκοσμίως που φέρουν το λογότυπο DVB. Η εμπειρία της κάθε συμμετέχουσας ομάδας καθώς και η εμπειρία της EBU<sup>9</sup> συντέλεσαν στην επιτυχία του DVB.

---

<sup>9</sup> EBU (European Broadcasting Union): Είναι η μεγαλύτερη Ευρωπαϊκή Ραδιοτηλεοπτική Ένωση παγκοσμίως. Τα μέλη της (μέχρι πρότινος και η Ελλάδα) μεταφέρουν το σήμα της EBU σε κάθε γωνία του πλανήτη.

Σημαντικό ρόλο στην επιτυχία έπαιξε επιπλέον και η σωστή λειτουργία και ιεράρχηση των καθηκόντων. Για παράδειγμα, η εμπορική ενότητα αποφασίζει τα κατάλληλα χαρακτηριστικά και το κατάλληλο κόστος με τα οποία θα έχουν καλύτερη απήχηση στο κοινό. Έπειτα εντοπίζονται οι κατάλληλες τεχνικές προδιαγραφές καλύπτοντας τις απαιτούμενες ανάγκες.

Τέλος, η εμπορική μονάδα ελέγχει αν οι τεχνικοί έκαναν τις απαραίτητες ενέργειες. Το ότι υπάρχει μία μόνο γλώσσα εργασίας τα αγγλικά ,μιας και αποτελεί βασική γλώσσα του διαδικτύου, είναι ακόμη ένα «συν» στην βέλτιστη υλοποίηση της όλης προσπάθειας.

Ένα ακόμη βασικό στοιχείο που ήθελαν να πληρεί το DVB στην αρχή της υλοποίησης του ήταν η δημιουργία προτύπων τα οποία θα μπορούν να μεταφέρουν συνδυασμό πολυμέσων (π.χ. εικόνα, βίντεο, ήχος κ.α.) ούτως ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν την τηλεοπτική μετάδοση σε SDTV (τηλεόραση τυπικής ευκρίνειας), EDTV (τηλεόραση ενισχυμένης ευκρίνειας) και HDTV (τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας).

Για λόγους ευκολίας και για καλύτερη απόδοση του συγκεκριμένου προτύπου υπάρχουν κατηγοριοποιήσεις του DVB αναλόγως τη χρησιμότητα του. Για παράδειγμα στην δορυφορική τηλεόραση έχουμε τα DVB-S, DVB-S2, DVB-SH ενώ στην καλωδιακή τηλεόραση έχουμε τα DVB-C και DVB-C2. Στην επίγεια τηλεόραση τα DVB-T ,DVB-T2 και ενίοτε στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση τα DVB-H ή DVB-SH.[15][16]

### 2.6.1 Το πρότυπο DVB-S / DVB-S2



Το DVB-S σημαίνει Digital Video Broadcasting – Satellite (Εκπομπή Ψηφιακού Βίντεο μέσω Δορυφόρου) και αποτελεί πρότυπο λήψης ψηφιακού σήματος τηλεόρασης μέσω δορυφόρου.

Παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων γι' αυτό είναι και αυτός ίσως είναι ο λόγος που χρησιμοποιείται και πιο συχνά. Ο δορυφόρος που αναμεταδίδει στην Ευρώπη και χρησιμοποιεί το πρότυπο DVB-S είναι ο Astra. Το θετικό με το πρότυπο αυτό είναι πως δεν είναι χρεώσιμο εξαιτίας του ότι ο

δορυφόρος χρηματοδοτείται από τους τηλεοπτικούς σταθμούς. Επιπλέον παράχει μεγάλη εμβέλεια εκπομπής.

Το DVB-S2 χρησιμοποιεί τις τελευταίες τεχνικές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης και αναμένεται να αντικαταστήσει σταδιακά το πρότυπο DVB-S. Η δημιουργία του DVB-S2 προέκυψε από τις απαιτήσεις των νέες υπηρεσιών που παρέχουν HD όπου χρίζουν εξελιγμένων μοντέλων.

Το πρότυπο DVB-S2 διαθέτει τέσσερις τρόπου διαμόρφωσης, QPSK και 8PSK για εφαρμογές broadcast και 16APSK και 32APSK για επαγγελματικές εφαρμογές (π.χ. συλλογή ειδήσεων, διαδραστικές υπηρεσίες κ.α.). Επιπλέον το DVB-S2 προβλέπεται πως θα είναι συμβατό και με όλες τις συσκευές που λειτουργούν με DVB-S παρέχοντας επιπλέον χώρο (μεγαλύτερος αριθμός τηλεοπτικών προγραμμάτων). Τέλος, θα απευθύνεται κυρίως σε διαδραστικές υπηρεσίες και επαγγελματικές εφαρμογές. [17]

## 2.6.2 Τα πρότυπα DVB-T / DVB-T2



TERRESTRIAL Το DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial)

αποτελεί πρότυπο ETSI και χρησιμοποιείται στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Η διαμόρφωση που χρησιμοποιεί είναι η COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Διαθέτει τρεις επιλογές διαμόρφωσης (QPSK, 16QAM, 64QAM), πέντε διαφορετικού ρυθμούς FEC<sup>10</sup>, τέσσερις επιλογές Guard Interval<sup>11</sup> και μπορεί να λειτουργήσει σε κανάλια εύρους 6,7 ή 8 MHz (με βίντεο στα 50Hz ή 60Hz). Αυτά τα χαρακτηριστικά το καθιστούν ένα ευέλικτο σύστημα. Η επιλογή των εκάστοτε ρυθμίσεων γίνεται αναλόγως την αξιοπιστία μετάδοσης.

Το DVB-T είναι το πιο ανεπτυγμένο πρότυπο παγκοσμίως για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση. Στην αγορά υπάρχουν οκ ολίγες συσκευές, δέκτες DVB-T (με χαμηλό κόστος) ή τηλεοράσεις με ενσωματωμένο DVB-T. Σε πολλές χώρες το

<sup>10</sup> FEC (Forward Error Correction): στα ελληνικά σημαίνει αντίχρευση και διόρθωση σφαλμάτων και αποσκοπεί στην αξιόπιστη μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων.

<sup>11</sup> Guard Interval είναι η καθυστέρηση που μεσολαβεί ανάμεσα στα πακέτα ώστε να μπορεί ο δέκτης να τα διαχειρίζεται στη διάρκεια της μετάδοσης.

πρότυπο DVB-T είναι αυτό που χρησιμοποιείται για τις μεταδόσεις τηλεοπτικών καναλιών SD ή HD χρησιμοποιώντας κωδικοποιήσεις MPEG-2 ή MPEG-4.[18][19]

Το DVB-T2 είναι η εξέλιξη του DVB-T και αποτελεί πλέον το πιο διαδεδομένο ψηφιακό σύστημα επίγειας τηλεόρασης παρέχοντας ανθεκτικότητα, ευελιξία και αποτελεσματικότητα σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα DTT. Το DVB-T2 υποστηρίζει επίσης SD, HD, UHD, κινητή τηλεόραση ή οποιοδήποτε συνδυασμό των παραπάνω.[20]

Το DVB-T2 αποτελεί και αυτό ένα ευέλικτο σύστημα μιας και χρησιμοποιεί την ίδια διαμόρφωση (OFDM) με τον «πρόγονο» του DVB-T. Έχει την ίδια κωδικοποίηση διόρθωσης σφάλματος με τα DVB-S2 και DVB-C2, η οποία μπορεί να προσφέρει ένα πολύ ισχυρό σήμα. Επιπλέον παρέχει την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των ήδη υπάρχοντων κεραιών μειώνοντας έτσι το κόστος.

Κάποιες από τις καινοτομίες που παρέχει το DVB-T2 είναι μια νέα μέθοδος κωδικοποίησης (Alamouti) που έχει να κάνει με τον πομπό ώστε να βελτιώνει την κάλυψη στα δίκτυα μικρής συχνότητας. Το πρότυπο DVB-T2 μπορεί να προσφέρει ψηλότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων σε σχέση με το DVB-T ή πολύ ισχυρό σήμα. Τέλος παρέχει δυνατότητα επεκτασιμότητας για το μέλλον.[20][21]

### 2.6.3 Τα πρότυπα DVB-C / DVB-C2



CABLE Το DVB-C σημαίνει (Digital Video Broadcasting - Cable)

που στα ελληνικά σημαίνει (εκπομπή ψηφιακού σήματος μέσω καλωδίου) αποτελεί πρότυπο ETSI και χρησιμοποιείται στην λήψη ψηφιακού σήματος στην καλωδιακή ψηφιακή τηλεόραση. Χρησιμοποιεί διαμόρφωση QAM και η κωδικοποίηση πολυμέσων που διαθέτει είναι από την «οικογένεια» του MPEG (MPEG-2 και MPEG-4). Είναι ανεπτυγμένο σε όλο τον κόσμο σε μεγάλα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης (CATV) και σε μικρότερα δορυφορικά συστήματα μικρής κεντρικής κεραίας τηλεόρασης (SMATV).

Αυτό που γενικά ισχύει για το DVB-C πρότυπο είναι πως όσο μικρότερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης bit ενός προγράμματος τόσο περισσότερα προγράμματα μπορούν να αναμεταδοθούν σε ένα κανάλι. Έτσι η αύξηση των προγραμμάτων σημαίνει την μείωση της ποιότητας τους.

Όπως συνέβη και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις, στην δορυφορική και στην επίγεια μετάδοση με τα πρότυπα DVB-S και DVB-T αντίστοιχα, έτσι και εδώ δεν άργησε να εμφανιστεί το νέο πρότυπο DVB-C2 και για την καλωδιακή τηλεόραση.

Αρχικά τα περισσότερα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης άρχισαν να μην διαθέτουν επιπλέον χώρο, έπειτα έπρεπε τα δίκτυα αυτά να συμβαδίζουν με τα υπόλοιπα, στον τομέα της εξέλιξης (π.χ. στην χρήση των δορυφόρων ως αναμεταδότες), έπρεπε το σύστημα να είναι όσο το δυνατό πιο ευέλικτο για την εύκολη προσαρμογή του αναλόγως τις εκάστοτε απαιτήσεις. Όλα αυτά ήταν οι ανάγκες που οδήγησαν στην δημιουργία του DVB-C2 το οποίο έπρεπε να το κάνει ανταγωνιστικό ούτως ώστε να μπορέσει να «επιβιώσει» στην κόσμο της αγοράς και της ζήτησης. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην αναμετάδοση ραδιοφωνικών προγραμμάτων.[22]

Πλέον το DVB-C2 χρησιμοποιεί τις τελευταίες τεχνικές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης κάνοντας την καλωδιακή τηλεόραση όσο γίνεται πιο αποδοτική. Αρχικά το νέο αυτό πρότυπο θα χρησιμοποιηθεί στην υλοποίηση των νέων υπηρεσιών (VOD (video-on-demand) και της τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας HDTV). Μακροπρόθεσμα προβλέπεται η μετάβαση των σημερινών υπηρεσιών DVB-C σε DVB-C2.

#### 2.6.4 Τα πρότυπα DVB-H / DVB-H2

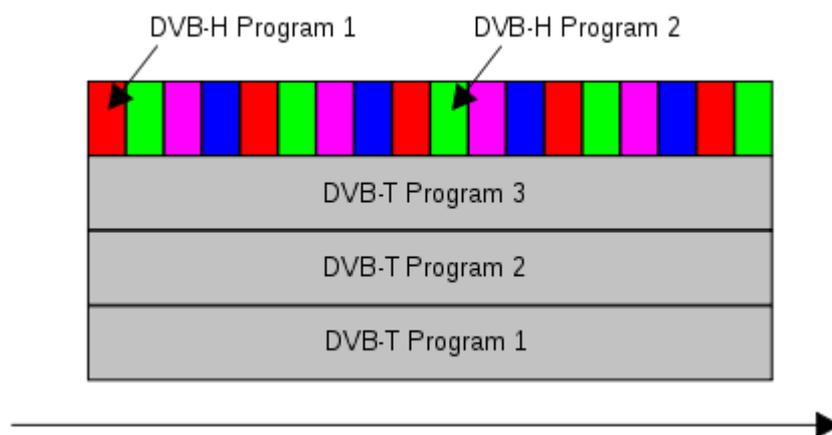


Το DVB-H σημαίνει (Digital Video Broadcasting - Handhelds) που στα ελληνικά σημαίνει (εκπομπή ψηφιακού σήματος τηλεόρασης μέσω φορητών συσκευών) αποτελεί και αυτό πρότυπο ETSI, από το 2004 και έπειτα, και χρησιμοποιείται για την μετάδοση ψηφιακής τηλεόρασης σε φορητούς δέκτες(π.χ. κινητά). Επιπρόσθετα, το 2008 ορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως το πιο κατάλληλο πρότυπο στις επίγειες κινητές τηλεοπτικές εκπομπές.

Η δυνατότητα του προτύπου DVB-H να διαχωρίζει ένα κανάλι το συνδέει στενά με το πρότυπο DVB-T γι' αυτό και είναι δυνατή η συνύπαρξη τους όταν κριθεί απαραίτητο. Αποτελεί ένα μη-ιδιόκτητο ανοικτό πρότυπο και γι' αυτό υποστηρίζεται από τις βιομηχανίες και τις υπηρεσίες.

Μετά την λειτουργία του DVB-T ξεκίνησε και η λειτουργία του DVB-H προτύπου. Βασική προϋπόθεση που έπρεπε να ληφθεί υπόψη για το DVB-H ήταν η περιορισμένη διάρκεια ζωής και οι δύσκολες συνθήκες λήψης τα οποία διαθέτουν οι δέκτες χειρός. Γι αυτό πρέπει να υπάρχει εξοικονόμησης ενέργειας στον δέκτη.[23]

Χαρακτηριστική είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιεί, το συγκεκριμένο πρότυπο μετάδοσης, γνωστή ως time slicing. Η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας αποσκοπεί στην εξοικονόμηση ισχύος των δεκτών στις συσκευές χειρός. Συγκεκριμένα, τα κανάλια ομαδοποιούνται σε ομάδες δεδομένων έως 2Mbits. Οι εκπομπές των προγραμμάτων γίνονται διαδοχικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχόμενη εκπομπή των προγραμμάτων, ανά κανάλι, με μια συγκεκριμένη σειρά. Έτσι ο δέκτης ενεργοποιείται ( ή είναι συντονισμένος) για εκείνο το χρονικό διάστημα που επέλεξε ο χρήστης. Κατά την επιλογή άλλου προγράμματος ο συγκεκριμένος δέκτης απενεργοποιείται. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας. Τέλος, οι ροές προγράμματος που έλαβε ο δέκτης μένουν προσωρινά αποθηκευμένες για την βέλτιστη προβολή (προβολή χωρίς διακοπές) στην οθόνη. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η λειτουργία της τεχνολογίας time slicing.



Εικόνα 2.6.4 Η εκπομπή καναλιών με τεχνολογία time slicing

### 3. ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

Διαμόρφωση ονομάζουμε την διαδικασία κατά την οποία μεταβάλλονται κάποια χαρακτηριστικά (πλάτος, συχνότητα ή φάση του σήματος) ενός περιοδικού σήματος(συνήθως υψίσυχων σημάτων), το επονομαζόμενο φέρον κύμα, εξαιτίας ενός άλλου σήματος, γνωστό ως σήμα πληροφορίας. Το σήμα που προκύπτει ονομάζεται διαμορφωμένο σήμα.

Σκοπός της διαμόρφωσης των σημάτων είναι η δυνατότητα διέλευσης τους μέσα από τα διάφορα τηλεπικοινωνιακά κανάλια των οποίων το εύρος ζώνης διαφέρει από αυτό του σήματος. Μετά τη διέλευση τους από τα κανάλια αυτά χρειάζεται να πραγματοποιηθεί αποδιαμόρφωση έτσι ώστε το σήμα να απομονωθεί και να έρθει στην αρχική του κατάσταση. Η επιλογή της εκάστοτε μεθόδου διαμόρφωσης ενός σήματος εξαρτάται από το τι θέλουμε να υλοποιήσουμε και παίζει καθοριστικό ρόλο στην ευκολία υλοποίησης του συστήματος και την ανοχή του στο θόρυβο. [24][25]

#### 3.1 Εισαγωγή στη Διαμόρφωση Φάσης

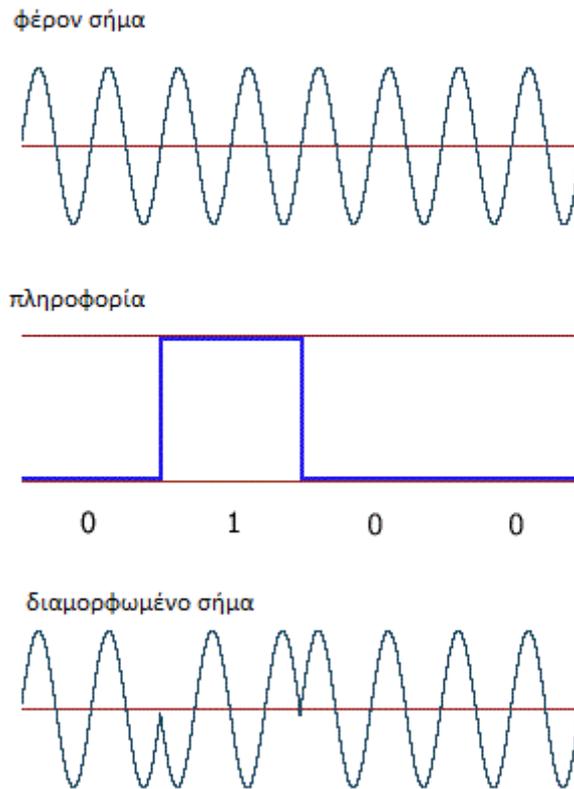
Κατά την ψηφιακή διαμόρφωση στέλνονται bits [0,1] από τον πομπό στο δέκτη μέσω του φέροντος σήματος και αναλόγως τη διαμόρφωση (ASK ,PSK, FSK κ.α.) που έχουμε επιλέξει λειτουργούμε διαφορετικά.

Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον τη ψηφιακή διαμόρφωση φάσης. Με το όρο ψηφιακή διαμόρφωση φάσης (Phase Shift Keying, PSK) αναφερόμαστε στη διαμόρφωση κατά την οποία το σήμα πληροφορίας μεταδίδεται ταυτόχρονα με τη στιγμιαία φάση του φέροντος σήματος.[24]

Στην PSK διαμόρφωση για bit=1 στέλνεται το σήμα  $A_c \cos(\omega_c t + 0^\circ)$  ενώ για bit=0 το σήμα που στέλνεται είναι το  $A_c \cos(\omega_c t + 180^\circ)$ <sup>12</sup>. Για το λόγο αυτό κατά την αποστολή η εικόνα που έχουμε από το διαμορφωμένο σήμα είναι, φυσικά σταθερό πλάτος και σταθερή συχνότητα, αλλά κατά την εναλλαγή bit των παρατηρείται ασυνέχεια του σήματος.[24][25][εικόνα 3]

---

<sup>12</sup>  $A_c$  :είναι το πλάτος του σήματος,  $\omega_c = 2\pi f_c$ , όπου  $f_c$  :είναι η συχνότητα του σήματος  
 $\pi$  :είναι η φάση



Εικόνα 3.1 Διαμόρφωση PSK

### 3.2 Διαμόρφωση Φάσης BPSK

Μια μορφή της ψηφιακής διαμόρφωσης φάσης και ίσως η πιο απλή είναι η δυαδική διαμόρφωση PSK, γνωστή ως BPSK (Binary PSK). Στη συγκεκριμένη διαμόρφωση χρησιμοποιούνται δύο καταστάσεις φάσης ( $0^\circ$  και  $180^\circ$ ). Το εύρος ζώνης της BPSK εκτείνεται από  $+A$  έως  $-A$  σε αντίθεση με την ASK<sup>13</sup>.

Αφού υλοποιηθεί διαμόρφωση BPSK αυτό που συμβαίνει στο ψηφιακά διαμορφωμένο σήμα είναι να χωρίζεται κάθε περίοδος του σήματος σε bit [0,1]. Όταν παρατηρείται συνέχεια στην παραγόμενη κυματομορφή (ίδια φάση σε σχέση με την προηγούμενη κατάσταση) τότε έχουμε το ίδιο bit. Αν όμως παρατηρηθεί ασυνέχεια φάσης (αλλαγή φάση κατά  $180^\circ$ ) τότε έχουμε εναλλαγή της κατάστασης.

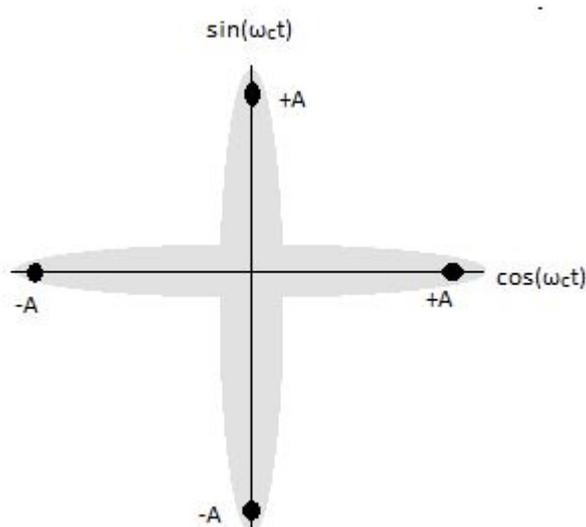
<sup>13</sup> ASK (Amplitude Shift Keying) είναι η ψηφιακή διαμόρφωση πλάτους. Αποτελεί την πιο απλή μορφή διέλευσης ζώνης. Περιέχει δυο καταστάσεις συμβόλων με αποτέλεσμα το φέρον είτε να ενεργοποιείται είτε να μηδενίζεται Γι αυτό ονομάζεται και διαμόρφωση on-off. Το εύρος ζώνης της εκτίνεται από 0 έως  $+A$ .

Για παράδειγμα, αν μέχρι τώρα η κατάσταση του σήματος ήταν 1 γίνεται 0 και το αντίθετο.

### 3.3 Διαμόρφωση Φάσης QPSK

Με τον όρο QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) αναφερόμαστε στη διαμόρφωση μετατόπισης φάσης με ορθογωνισμό. Θα μπορούσαμε να πούμε πως η QPSK μεταδίδει τα διπλάσια δεδομένα από την BPSK στο ίδιο εύρος ζώνης εφόσον μεταδίδει δύο bit πληροφορίας ανά σύμβολο. Η υλοποίηση του συγκεκριμένου συστήματος θα μπορούσε να οριστεί σε τέσσερις φάσεις ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  και  $270^\circ$ ).

Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε τη δυνατότητα της M-αδικής διαμόρφωσης όπου μπορούν να σταλούν 2 ή περισσότερα σύμβολα στο κανάλι χωρίς να επηρεαστεί η αποδοτικότητα στην ανίχνευση των συμβόλων. Από επιτυγχάνεται εξαιτίας της ορθογωνιότητας που υπάρχει ανάμεσα σε ένα ημιτονικό σήμα με ένα συνημιτονικό.



Εικόνα 3.3.2 Απεικόνιση ορθογωνιότητας μεταξύ ενός ημιτονικού σήματος με ένα συνημιτονικό

Έτσι, αν εκπέμψουμε δυαδική πληροφορία PSK στο ημίτονο ενός φέροντος και ταυτόχρονα ένα δεύτερο σήμα δυαδικής πληροφορίας στο συνημίτονο του ίδιου φέροντος θα μπορέσουμε να ανιχνεύσουμε τα δύο αυτά σήματα ανεξάρτητα το ένα

από το άλλο. Το μόνο σημείο στο οποίο θα πρέπει να δώσουμε προσοχή είναι ο υπολογισμός της μέσης τιμής στη διάρκεια μιας περιόδου συμβόλου, όπου πρέπει να διαρκεί έναν ακέραιο αριθμό πλήρων κύκλων του φέροντος.[24]

### 3.4 Διαμόρφωση QAM

Έως τώρα αναφερθήκαμε στη διαμόρφωση ενός μόνο χαρακτηριστικού ενός σήματος, την μετατόπιση φάσης, για την μετάδοση πληροφορίας. Σε αυτή την παράγραφο θα ασχοληθούμε με μια άλλη μορφή διαμόρφωσης, για ακόμη καλύτερη απόδοση, η οποία συνδυάζει τη διαμόρφωση του πλάτους και τη διαμόρφωση της φάσης ταυτόχρονα, την επονομαζόμενη QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

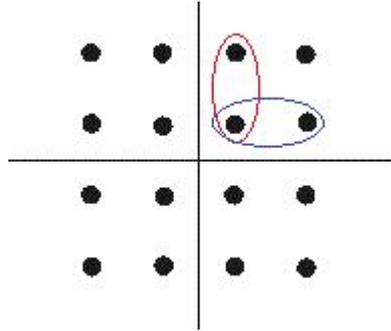
Η QAM έχει να κάνει με τη διαμόρφωση μεταξύ δύο ιδιοτήτων και στην πιο απλή μορφή της αποτελείται από το σύνολο των συμβόλων της QPSK. Έτσι, έχουμε ένα σύστημα από δύο ορθογώνιους φορείς διαμορφωμένοι κατά πλάτος με στάθμες πλάτους  $+A$  και  $-A$ , έχοντας μεταξύ τους διαφορά φάσης  $90^\circ$ . [24]

Αν πειραματιστούμε με διάφορες στάθμες πλάτους μπορούν να προκύψουν συνδυασμοί συμβόλων οι οποίοι απεικονίζονται σε ένα διάγραμμα αστερισμού<sup>14</sup> με τη μορφή κουκίδων και αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένο πλάτος και φάση. Για παράδειγμα αν αυξήσουμε τις στάθμες του πλάτους σε  $+A$ ,  $-A$ ,  $+3A$  και  $-3A$  τότε θα προκύψουν 16 συνδυασμοί συμβόλων<sup>15</sup> οι οποίοι θα είναι συμμετρικοί μεταξύ τους ως προς τη φάση και το πλάτος. Στο διάγραμμα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε πως οι κουκίδες που βρίσκονται στο κόκκινο πλαίσιο έχουν ίδια φάση αλλά διαφορετικό πλάτος. Ενώ οι κουκίδες που περικλείονται στο μπλε χαρακτηρίζονται από το ίδιο πλάτος αλλά διαφορετική φάση. Σε περίπτωση θορύβου θα το αντιλαμβανόμασταν από το ότι οι κουκίδες θα ήταν διάσπαρτες στο διάγραμμα και δεν απείχαν όλες το ίδιο μεταξύ τους.

---

<sup>14</sup> Το διάγραμμα αστερισμού χρησιμοποιείται σε διαμορφώσεις όπου μεταβάλλεται το πλάτος και η φάση. Μας βοηθάει να δούμε τις τιμές των δύο αυτών μεγεθών καθώς επίσης και τυχόν ύπαρξη θορύβου.

<sup>15</sup> Εφόσον αναφερόμαστε σε δυαδικό σύστημα οι συνδυασμοί που προκύπτουν στη Μ-αδική σηματοδότηση QAM είναι αποτέλεσμα της δύναμης του 2 με ποιο διαδομένες τις 16-QAM, 64-QAM και 156-QAM.



Εικόνα 3.4 Διάγραμμα αστερισμού 16-QAM

Όσο μεγαλύτερης τάξης είναι η διαμόρφωση τόσο περισσότερα δυαδικά στοιχεία μπορούν να μεταδοθούν, για παράδειγμα για  $M=8$  θα έχουμε (256-QAM), δηλαδή 256 δυνατούς συνδυασμούς στην έξοδο του πομπού. Αυτό όμως αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης λάθους αφού καθιστά τα σημεία πιο ευαίσθητα στο θόρυβο εξαιτίας του ότι οι αποστάσεις μεταξύ τους μειώνονται (όσο μεγαλύτερη η τάξη διαμόρφωσης τόσο μειώνονται οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων με μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης σφάλματος).

Γενικά, στη ψηφιακή καλωδιακή τηλεόραση η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι 64-QAM και 256-QAM. Ειδικότερα στις Ηνωμένες πολιτείες χρησιμοποιείται 64-QAM και 256-QAM, ενώ το Ηνωμένο Βασίλειο για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση 64-QAM.[26]

### 3.5 Διαμόρφωση OFDM

Μια μορφή σχεδιασμού φασματικά αποδοτικών συστημάτων επικοινωνίας παρουσία παραμόρφωσης καναλιού αποτελεί η διαίρεση του διαθέσιμου εύρους ζώνης σε ισομερή  $K$  υποκανάλια. Σε αυτά τα υποκανάλια μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα διαφορετικά σύμβολα. Η διαδικασία αυτή μετάδοσης των δεδομένων ονομάζεται πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (FDM).

Σε κάθε υποκανάλι χρησιμοποιείται και ένα φέρον (η συχνότητα του εκάστοτε φέροντος αποτελεί την κεντρική συχνότητα του αντίστοιχου υποκαναλιού). Όταν αυτές οι υποφέρουσες είναι ορθογώνιες μεταξύ τους στο διάστημα σηματοδοσίας  $T$  τότε έχουμε ορθογωνική πολύπλεξη με διαίρεση συχνότητας OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing).[25]

### 3.5.1 Βασικές Αρχές – Εφαρμογές της OFDM

Όπως προαναφέρθηκε η ορθογωνική πολύπλεξη με διαίρεση συχνότητας (OFDM) αποτελεί ένα εξειδικευμένο σύστημα FDM. Με το να θέτονται οι υποφέρουσες συχνότητες ορθογώνια παρέχεται η δυνατότητα μετάδοσης περισσότερων συμβόλων (τα οποία μεταδίδονται από τα υποκανάλια με χαμηλότερες συχνότητες απ' ό τι μία ενιαία υψίσυχη μετάδοση) την ίδια στιγμή με ελάχιστη πιθανότητα εμφάνισης σφάλματος(παραμόρφωση). Πράγμα που καθιστά πολύ πιο εύκολο τον σχεδιασμό τόσο του πομπού όσο και του δέκτη. Ακόμη αυτός ο τρόπος μετάδοσης που αντιπροσωπεύει η OFDM εξυπηρετεί στην εξάλειψη της διασυμβολικής παρεμβολής (ISI)<sup>16</sup> δεδομένου ότι η διάρκεια συμβόλου είναι μεγάλη είναι εφικτό η εισαγωγή ενός διαστήματος αναμονής μεταξύ των συμβόλων .

Επιπλέον, η ορθογωνιότητα απαιτεί ακριβέστατο συγχρονισμό μεταξύ πομπού - δέκτη<sup>17</sup> (αν δεν υπάρχει απόλυτη ακρίβεια θα προκληθούν παρεμβολές μεταξύ μεταφορέα) και επιτρέπει υψηλή φασματική απόδοση. Η αποτελεσματική διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση μέσω του αλγορίθμου FFT που παρέχει η ορθογωνιότητα καθιστά την OFDM δημοφιλή στις επικοινωνίες ευρείας ζώνης με χαμηλό κόστος στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος. Ο χρόνος υπολογισμού του FFT καθώς και του αντίστροφου FFT (μετασχηματισμός Fourier) πρέπει να είναι μικρότερος από το χρόνο που χρειάζεται για τη μετάδοση κάθε συμβόλου.

Στις μέρες μας, η OFDM αποτελεί ένα δημοφιλές σύστημα στις ευρυζωνικές ψηφιακές τηλεπικοινωνίες και στο internet είτε ενσύρματα είτε ασύρματα. Παρακάτω ακολουθούν κάποια από τα πρότυπα ή προϊόντα που λειτουργούν με βάση την OFDM.

- Ενσύρματα: συναντάμε την OFDM στο ADSL και VDSL μέσω καλωδίωσης χαλκού, στην ψηφιακή καλωδιακή τηλεόραση μέσω του προτύπου DVB-C2, στην οικιακή δικτύωση (MoCA) κ.α. και
- Ασύρματα: στο ψηφιακό ραδιόφωνο (DAB), στην επίγεια ψηφιακή και κινητή τηλεόραση μέσω των προτύπων DVB-T και DVB-H αντίστοιχα, στις ραδιοεπαφές ασύρματου LAN (WLAN) κ.α..

---

<sup>16</sup> ISI (Intersymbol Interference) Διασυμβολική παρεμβολή είναι μορφή παραμόρφωσης του σήματος η οποία παρατηρείται ιδίως σε διάδοση πολλαπλών διαδρομών και προκαλεί ασάφεια στο σήμα στέλνοντας διαδοχικά σύμβολα ταυτόχρονα.[27]

<sup>17</sup> Η ακρίβεια μεταξύ πομπού και δέκτη είναι απαραίτητη διότι διαφορετικά θα υπάρχει απόκλιση συχνότητας και κατ' επέκταση θα προκληθούν παρεμβολές.

Ένα είδος πολλαπλής πρόσβασης, με βάση την τεχνολογία OFDM είναι η OFDMA (Orthogonal Frequency- Division Multiple Access) η οποία χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε 4G εφαρμογές και 4G δίκτυα επικοινωνίας.[27][29]

### 3.5.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα OFDM

Εφόσον είδαμε την υπόσταση και κάποιες από τις εφαρμογές της OFDM ας δούμε παρακάτω τα υπέρ και τα κατά αυτής της μεθόδου.

Κάποια από τα βασικά πλεονεκτήματα της OFDM είναι τα εξής:

- Η χαμηλή ευαισθησία σε σφάλματα συγχρονισμού του χρόνου.
- Η χρήση FFT(Fast Fourier Transform) καθιστά πιο αποτελεσματική την εφαρμογή.
- Είναι ανθεκτική σε στενή ζώνη.
- Είναι ανθεκτική σε διασυμβολική παρεμβολή(ISI).
- Έχει υψηλή φασματική απόδοση
- Παρέχει εύκολη προσαρμογή σε δύσκολες συνθήκες του καναλιού.
- Δεν απαιτούνται φίλτρα συντονισμού στο δέκτη.
- Διευκολύνει την ανάπτυξη δικτύων ενιαίας συχνότητας (SFNs)<sup>18</sup>[27]

Κάποια από τα μειονεκτήματα της OFDM παραθέτονται παρακάτω.

- Ευαισθησία στη μετατόπιση Doppler.
- Ευαίσθητο σε προβλήματα συγχρονισμού συχνότητας.
- Υψηλή τιμή του λόγου κορυφής-προς-τη-μέση τιμή ισχύος (PARP:Peak to Average Power Ratio) με επακόλουθο να πλήττεται από χαμηλή απόδοση ισχύος.
- Μείωση της αποτελεσματικότητας που προκαλείται από κυκλικό πρόθεμα / διάστημα προστασίας.

---

<sup>18</sup> SFNs είναι ένα δίκτυο εκπομπής όπου ένας αριθμός δεκτών στέλνει ταυτόχρονα το ίδιο σήμα στο ίδιο κανάλι συχνοτήτων.

### 3.6 Διαμόρφωση COFDM

Απ' ότι έχει αποδειχθεί ως τώρα τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα που περιέχουν κάποιο είδος κωδικοποίησης για την μετάδοση συμβόλων επιφέρουν καλύτερα αποτελέσματα. Πράγμα που ισχύει και στην περίπτωση της OFDM. COFDM ή διαφορετικά Coding in OFDM είναι ένα σύστημα ορθογωνικής πολύπλεξης με διαίρεση συχνότητας το οποίο χρησιμοποιεί κάποια μορφή κωδικοποίησης για την βέλτιστη επίτευξη των θεμιτών αποτελεσμάτων. Ένα ολοκληρωμένο σύστημα COFDM συνδυάζει την OFDM με τις διαμορφώσεις QAM και επομένως και QPSK.



Εικόνα 3.6 Στην ψηφιακή τηλεόραση έχουμε χρήση πολλών καναλιών στην ίδια συχνότητα σε αντίθεση με την αναλογική τηλεόραση.

Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος COFDM, θα λέγαμε, πως είναι η δυνατότητα που παρέχεται από τα υποκανάλια, όταν ένα σήμα κατά την μετάδοση συναντήσει ένα εμπόδιο να μπορεί να διαμοιραστεί και να ανασυνταχθεί για την ακέραια λήψη του από το δέκτη. Προϋποθέτεται, και σε αυτήν την περίπτωση, ο πομπός με το δέκτη να χαρακτηρίζονται από απόλυτο συγχρονισμό. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η επιθυμητή απόδοση, εφόσον διατηρείται έτσι η ορθογωνιότητα, στη λειτουργία του συστήματος. Όσον αφορά το σύστημα COFDM

ένα ακόμη στοιχείο το οποίο αξίζει να αναφερθεί είναι ότι παρόλο που επί της ουσίας είναι ένα σύστημα πολλαπλών διαδρομών επιτρέπει δίκτυα μονής συχνότητας.[27][20]

### 3.7 Εφαρμογές της COFDM

Στις μέρες μας, στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών συναντάμε συχνά μπροστά μας διάφορες εφαρμογές του συστήματος COFDM.

Στον τομέα της τηλεόρασης, για παράδειγμα, κατ' εντολή της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για ορισμό ενός τυποποιημένου συστήματος μετάδοσης της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης αποφασίστηκε πως το πρότυπο που θα χρησιμοποιείται θα είναι το DVB-T με αποκλειστικό σύστημα διαμόρφωσης το COFDM. Με αποτέλεσμα, πλέον, στην Ευρώπη και όχι μόνο να χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο πρότυπο.

Το ψηφιακό ραδιόφωνο το οποίο αποτελεί ένα ακόμη μέσον ενημέρωσης και ψυχαγωγίας δεν παύει και αυτό με τη σειρά του να προσπαθεί να ακολουθήσει την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας. Έτσι το σύστημα COFDM σαν ραδιοφωνικό πρότυπο ψηφιακών εκπομπών ήχου σε συνδυασμό με VHF<sup>19</sup> συχνότητες υλοποιεί το DAB(Digital Audio Broadcasting). Ενώ για μικρότερο εύρος συχνοτήτων υπάρχει το DRM (Digital Radio Mondiale) το οποίο συνηθίζεται να χρησιμοποιείται κυρίως για μεταδόσεις πάνω από τις συχνότητες AM παρέχοντας τη δυνατότητα διάθεσης περισσότερων καναλιών.

Εν κατακλείδι, και για την επίτευξη της ραδιοφωνικής δορυφορικής μετάδοσης χρήζεται απαραίτητο το σύστημα COFDM. [27][31]

---

19 VHF(Very High Frequency) Είναι υψηλές συχνότητες εύρους 30 MHz έως 300 MHz και οι συνήθεις χρήσεις τους είναι σε ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές και κινητούς σταθμούς εδάφους (π.χ. στρατιωτικές χρήσεις)

## 4. Ψηφιακή Λήψη

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκαν τα πιο διαδεδομένα είδη τηλεόρασης. Θα μπορούσαμε να πούμε όμως πως αυτό που κατακτά την κορυφή είναι η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση την οποία και θα μελετήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο.

### 4.1 Δυνατότητες Λήψης

Στις ψηφιακές τηλεοράσεις ο δέκτης λαμβάνει το σήμα είτε ασύρματα (απευθείας λήψη με κεραία εκπομπής στραμμένη προς επίγειο σταθμό εκπομπής ή μέσω δορυφόρου) είτε ενσύρματα (καλωδιακή και διαδικτυακή τηλεόραση). Μια βασική προϋπόθεση για την επιλογή του τρόπου λήψης είναι αν υπάρχει η δυνατότητα οπτικής επαφής μεταξύ κεραίας πομπού και κεραίας λήψης. Επιπρόσθετα, στις ψηφιακές τηλεοράσεις ο ψηφιακός δέκτης, ο οποίος λαμβάνει το ψηφιακό σήμα μπορεί να αποτελεί εξωτερική επιτραπέζια συσκευή (αυτό κυρίως το συναντάμε σε παλαιότερες τηλεοράσεις οι οποίες είχαν κατασκευαστεί για λήψη αναλογικού σήματος), σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση ο δέκτης βρίσκεται ενσωματωμένος στην τηλεόραση.

#### 4.1.1 Λήψη με οπτική επαφή

Όταν η κεραία λήψης είναι στραμμένη προς την κεραία εκπομπής έχουμε λήψη με οπτική επαφή. Αυτό ως επί το πλείστον επιτυγχάνεται έχοντας τοποθετηθεί η κεραία εκπομπής σε ένα υψηλό σημείο, συνήθως σε ένα βουνό. Έτσι, είναι εύκολο να επιτευχθεί η απευθείας μετάδοση του σήματος.

Παρόλα αυτά είναι πιθανόν να υπάρχει οπτική επαφή χωρίς όμως να μπορεί να επιτευχθεί λήψη. Ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά αυτή την κατάσταση είναι η παρουσία ενισχυτικής βαθμίδας μεταξύ κεραίας και αποκωδικοποιητή. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται εύκολα με την κατάλληλη ρύθμιση του ενισχυτή. Σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατόν με αντικατάσταση του. Όμως, σε εκείνη την περίπτωση που η κεραία συνδέεται απευθείας με τον

αποκωδικοποιητή μέσω ομοαξονικού καλωδίου θα πρέπει να γίνει σωστή επιλογή κεραίας καθώς επίσης και του προσανατολισμού της.

Τέλος, μία ακόμη μορφή λήψης ψηφιακού σήματος με οπτική επαφή είναι η λήψη του σήματος από δορυφόρο ή δορυφορική ψηφιακή λήψη. Σε αυτή την περίπτωση ο δορυφόρος<sup>20</sup> λειτουργεί ως αναμεταδότης μεταξύ δύο επίγειων σταθμών.

#### 4.1.2 Λήψη χωρίς οπτική επαφή

Ένα από τα βασικά προτερήματα της ψηφιακής μετάδοσης είναι η εξίσου καλή ποιότητα εικόνας ακόμη και όταν η μετάδοση πραγματοποιείται χωρίς να υπάρχει οπτική επαφή. Αυτό συμβαίνει διότι το σήμα κατά την ψηφιακή μετάδοση μπορεί να μεταδίδεται αναλλοίωτο ακόμη και αν η λήψη γίνεται από ανάκλαση. Επιπλέον, οι κεραίες λήψης μπορούν να λαμβάνουν το σήμα σε οποιαδήποτε θέση βρίσκεται η πηγή. Τέλος, η αυξημένη ισχύς που χαρακτηρίζει τους ψηφιακούς αναμεταδότες καθιστά δυνατή τη λήψη ακόμα και από αντίθετη κατεύθυνση. Δεν μπορεί όμως να υπάρχει εγγύηση ότι μακροπρόθεσμα η απόδοση θα είναι εξίσου καλή ακόμη και αν πραγματοποιήσει την εγκατάσταση κάποιος ειδικός με τη βοήθεια του πεδιομέτρου<sup>21</sup>. [32]

### 4.2 Επίγεια Ψηφιακή Λήψη

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση έχει μπει για τα καλά στην καθημερινότητα όλων. Αποτελεί κύριο μέσο ψυχαγωγίας αλλά και ενημέρωσης εφόσον υπάρχει, αν όχι σε όλα, στα περισσότερα σπίτια. Πλέον, είναι πολύ εύκολη η απόκτηση μιας επίγεια ψηφιακής τηλεόρασης αφού πωλείται σε όλα τα αρμόδια καταστήματα. Αλλά και η ‘‘μετατροπή’’ της παλιάς αναλογικής σε ψηφιακή είναι εξίσου εύκολη. Οι κεραίες που χρησιμοποιούνται είναι οι ήδη υπάρχουσες, χωρίς αυτό να σημαίνει πως μια νέα/καλύτερη κεραία δεν μπορεί να προσφέρει καλύτερη εικόνα. Το μόνο που χρειάζεται η παλιά τηλεόραση για να λαμβάνει το ψηφιακό σήμα είναι ένας αποκωδικοποιητής ο οποίος θα μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε αναλογικό. Το

<sup>20</sup> Για την μετάδοση στην Ελλάδα έχει αποφασισθεί ο δορυφόρος HotBird.

<sup>21</sup> Το πεδιομέτρο χρησιμοποιείται τόσο στην εγκατάσταση των ψηφιακών όσο και των δορυφορικών λήψεων. Χρησιμεύει στην επιλογή της κατάλληλης κεραίας και ρύθμιση της διότι εντοπίζει τα παράσιτα, τις ανακλάσεις, τους πομπούς και τις παρεμβολές.

κόστος μια τέτοιας συσκευής κυμαίνεται από τα 40 έως 200 ευρώ αναλόγως τις απαιτήσεις του καταναλωτή. Επιπλέον, αυτή η συσκευή δεν σχετίζεται με άλλες συσκευές οι οποίες συνδέονται με την τηλεόραση π.χ. dvd player οπότε δεν υπάρχει δυσλειτουργία μεταξύ αυτών και των ψηφιακών καναλιών. Αναφορά με περισσότερες πληροφορίες με θέμα τους αποκωδικοποιητές να γίνει στο επόμενο κεφάλαιο. Τα ψηφιακά, πλέον, κανάλια τόσο των ιδιωτικών καναλιών (π.χ. mega, antenna κ.α.) όσο και της δημόσιας τηλεόρασης παρέχονται δωρεάν στο ευρύ κοινό.

Στην Ελλάδα η πρώτη επιτυχημένη ψηφιακή μετάδοση πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Κρήτης το 2001<sup>22</sup>. Μια πενταετία αργότερα, το 2006, ξεκίνησε και επίσημα πλέον στη χώρα μας, με πρώτη την πρωτεύουσα, η ψηφιακή μετάδοση η οποία σταδιακά επεκτείνεται σε ολόκληρη τη χώρα. Πρέπει όμως πρώτα να τοποθετηθούν οι απαραίτητοι αναμεταδότες μιας και το απαιτεί η μορφολογική κατάσταση της χώρας ούτως ώστε να παρέχεται το επιθυμητό αποτέλεσμα στις οθόνες. Πλέον τουλάχιστον τα 2/3 του πληθυσμού της Ελλάδας έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν ψηφιακό σήμα στους τηλεοπτικούς τους δέκτες.

### 4.3 Συσκευές Λήψης

Με την εδραίωση του ψηφιακού σήματος στις τηλεοράσεις έκαναν την εμφάνιση τους και οι εξωτερικές συσκευές λήψης (τηλεοπτικοί δέκτες) ούτως ώστε και οι παλαιότερες τηλεοράσεις να μπορούν να "ακολουθήσουν" της εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των τηλεπικοινωνιών.

Πλέον στην αγορά υπάρχουν πολλά είδη τηλεοπτικών δεκτών οι οποίοι αναλόγως τις ανάγκες παρέχουν διαφορετικές δυνατότητες.

Αρχικά, υπάρχουν οι εξωτερικοί επιτραπέζιοι δέκτες, με καλύτερους τους MPEG-4 HD, οι οποίοι εκτός από την κωδικοποίηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως media player, σε συνδυασμό με ένα σκληρό δίσκο ή ένα USB, η ακόμη και ως εγγραφέας προγράμματος. Το μόνο ίσως μειονέκτημα της συγκεκριμένης συσκευής είναι πως ο χρήστης θα πρέπει να μάθει να είναι ευέλικτος στο χειρισμό δύο τηλεχειριστηρίων μιας και ο δέκτης αποτελεί συσκευή συνδυαστικών υπηρεσιών.

Βέβαια υπάρχουν και οι δέκτες υπό μορφή SCART οι οποίοι είναι κατάλληλοι

---

<sup>22</sup> Στο (ΤΕΙ) Ηράκλειο Κρήτης πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά δοκιμαστική εκπομπή ψηφιακής μετάδοσης από το εργαστήριο Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων.

από θέμα εξοικονόμησης χώρου σε σχέση με τους προηγούμενους οι οποίοι έχουν το σχήμα ενός κουτιού όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4.2 Τα είδη των ψηφιακών δεκτών

Εκτός από τα είδη που αναφέρθηκαν στην εικόνα πιο πάνω παρατηρούνται δύο ακόμη είδη δεκτών. Ο δέκτης δεξιά της εικόνας έχει την υποδοχή usb και χρησιμοποιείται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (σταθερούς ή φορητούς) μετατρέποντας τους σε ψηφιακούς τηλεοπτικούς δέκτες.

Τέλος, για τις τηλεοράσεις που διαθέτουν ενσωματωμένο αποκωδικοποιητή MPEG-2 με υποδοχή CI ενδείκνυται η χρήση των PCMCIA modules για την μετατροπή της πληροφορίας από MPEG-4 σε MPEG-2. Βασική προϋπόθεση να υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των συνεργαζομένων μερών.

Εν κατακλείδι, αυτό που πρέπει κανείς να προσέξει στην επιλογή του δέκτη πέρα από τις ανάγκες που αναφέραμε είναι και η ευαισθησία του εκάστοτε δέκτη. Βασικό προτέρημα το οποίο θα πρέπει να διαθέτει είναι η δυνατότητα επεξεργασίας του ψηφιακού σήματος έτσι ώστε αυτό να το “φέρνει” στη βέλτιστη δυνατή μορφή.

[33]

## 4.4 Κεντρικές Εγκαταστάσεις

Ένα από τα θέματα που προέκυψαν με την εδραίωση του ψηφιακού σήματος ήταν η περίπτωση όπου το σήμα που λάμβανε μια κεραία έπρεπε να διαμοιραστεί σε πολλές τηλεοράσεις (π.χ. ξενοδοχεία, νοσοκομεία κ.α.).

Κατά την λήψη του ψηφιακού σήματος σε μεγάλες εγκαταστάσεις παρατηρήθηκε ότι η απόδοση της εικόνας στις οθόνες ήταν αλλοιωμένο. Ως επί το πλείστον σε παλιά κτήρια όπου και η σχεδίαση του δικτύου αποδόθηκε βάσει της τότε τεχνολογίας καθιστά δύσκολη την ανταπόκριση των στοιχείων (π.χ. αλλοιωμένα καλώδια λόγω παλαιότητας) που απαρτίζουν το εκάστοτε δίκτυο. Επιπλέον, το νέο φάσμα συχνοτήτων που καλούνται να καλύψουν οι ενισχυτές τους αναγκάζει να δουλεύουν σε οριακό γι αυτούς σημείο με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αποδώσουν με το βέλτιστο δυνατό τρόπο.

Σε αυτές τις κεντρικές εγκαταστάσεις λήψης οι τεχνικοί προτείνουν εναλλακτικές λύσεις αναλόγως τις προδιαγραφές που υπάρχουν σε κάθε περίπτωση. Στην περίπτωση όπου υπάρχει κεντρική εγκατάσταση μέσω καλωδίου η λήψη και κατ' επέκταση διανομή του σήματος πραγματοποιείται από το ήδη υπάρχον δίκτυο τοποθετώντας ανάλογο αριθμό ψηφιακών δεκτών με τα σημεία που θέλουμε να γίνει διανομή. Αυτή η λύση είναι η πιο οικονομική και πιο εύκολη εφόσον όλες οι ενέργειες πραγματοποιούνται στο σημείο όπου βρίσκεται η κεντρική εγκατάσταση. Εν αντιθέσει, αν υπάρχει συνδρομητική δορυφορική τηλεόραση η λήψη των ψηφιακών καναλιών μπορεί να πραγματοποιηθεί από εκεί χωρίς να περπατήσω επέκταση στις εγκαταστάσεις του δικτύου. Βέβαια ενδείκνυται η εκ νέου μελέτη για καλύτερα αποτελέσματα. Τέλος, αν δεν υπάρχει καμία από τις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν η συνήθεις προτεινόμενη λύση είναι η τοποθέτηση τηλεοπτικού δέκτη σε κάθε τηλεόραση ξεχωριστά χωρίς να μπορεί να αποφευχθεί η χρήση του δεύτερου τηλεχειριστηρίου. Εκτός αν με μια ακόμη μικρή σχετική οικονομική επιβάρυνση γίνει απόκτηση ειδικών τηλεχειριστηρίων όπου υπακούουν σε πάνω από μια συσκευές.[34]

## 4.5 Ποιότητα εικόνας στην ψηφιακή τηλεόραση

Κανείς δεν μπορεί να αμφισβητήσει πως το μεγαλύτερο ατού της ψηφιακής τηλεόρασης είναι η απόδοση της εικόνας που παρέχει στους τηλεθεατές. Με απλά

λόγια στην ψηφιακή λήψη αν το σήμα είναι επαρκές θα έχει εικόνα αν όμως όχι ο χρήστης θα βρίσκεται μπροστά σε μια μαύρη οθόνη. Στην περίπτωση της ψηφιακής μετάδοσης δεν παρατηρείται το φαινόμενο του χιονιού (σύνηθες φαινόμενο στην αναλογική μετάδοση του σήματος ) εφόσον το σήμα είναι ασθενές. Ακόμη και στην περίπτωση ανάκλασης του σήματος το οποίο συνήθως φτάνει με κάποια καθυστέρηση στον δέκτη μεταφράζεται ως ωφέλιμο σήμα.

Υπάρχει σύγκριση για το αν το MPEG-2 παρέχει καλύτερη απόδοση από το MPEG-4. Η απόδοση της εικόνας εξαρτάται άμεσα και από bitrate (έχει γίνει αναφορά και σε προηγούμενο κεφάλαιο). Έχει παρατηρηθεί πως στην περίπτωση όπου δύο κανάλια χαρακτηρίζονται από το ίδιο bitrate και την ίδια ανάλυση τότε το MPEG-2 θα ανταποκριθεί καλύτερα. Στην περίπτωση όμως που ο δέκτης και η οθόνη χαρακτηρίζονται από υψηλής ανάλυσης τότε το MPEG-4 υπερτερεί του MPEG-2 λόγω της ικανότητας μετάδοσης εικόνας μεγάλου όγκου πληροφορίας με μικρότερες απαιτήσεις σε όγκο.

Αν και η ψηφιακή τηλεόραση αποτελεί κομμάτι της καθημερινότητας των περισσότερων είναι ακόμη σε εξελίξιμη κατάσταση οπότε στο εγγύς μέλλον πιθανόν να βρεθούμε σε ακόμη καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αναφορά το κομμάτι της απόδοσης της εικόνας. [32]

## 4.6 Επίγεια ψηφιακή λήψη μέσω δορυφόρου

Για να πραγματοποιηθεί η ψηφιακή μετάδοση του σήματος τοποθετήθηκαν 156 κεντρικοί πομποί σε διάφορα μέρη της Ελλάδας. Με την τοποθέτησή τους οι περισσότερες περιοχές κατάφεραν επιτυχώς να λαμβάνουν ψηφιακά. Παρόλα αυτά υπάρχουν ακόμη κάποιες περιοχές που δεν κατάφεραν να έχουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Παλαιότερα οι αναμεταδότες έπρεπε να τοποθετούνται σε σημείο που όχι μόνο θα κάλυπταν όσο το δυνατόν περισσότερα σημεία λήψης αλλά παράλληλα έπρεπε να τοποθετούνται σε σημείο το οποίο θα εξασφάλιζε και στον ίδιο το πομπό τη δυνατότητα να λαμβάνει εξίσου καλό σήμα ώστε να μπορεί να επιτευχθεί αναμετάδοση. Με την πάροδο του χρόνου αφού δοκιμάστηκαν διάφοροι τρόποι για την βέλτιστη μετάδοση του σήματος, η εκπομπή του ψηφιακού σήματος μέσω δορυφόρου αποδείχτηκε η μέθοδος με τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Η ανάπτυξη

της τεχνολογίας DVB-S/DVB-S2 ήταν ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που έπαιξε ρόλο στην επιλογή του συγκεκριμένου τρόπου ψηφιακής μετάδοσης εφόσον μείωσε αισθητά το κόστος της δορυφορικής εκπομπής. Ο δορυφόρος που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα είναι ο Eutelsat3E<sup>23</sup> και είναι υπεύθυνος για την τροφοδοσία των επίγειων αναλογικών αναμεταδοτών.

Τα πιο βασικό ίσως πλεονέκτημα από την χρήση του δορυφόρου για την ψηφιακή μετάδοση είναι ότι πλέον οι αναμεταδότες τοποθετούνται με βάση τις περιοχές που πρέπει να μεταδώσουν και όχι συνδυαστικά με το σημείο που λαμβάνουν εφόσον ο ουρανός δεν οριοθετείται αλλά ούτε και παρεμβάλλεται κάτι ενδιάμεσα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κάλυψη μεγαλύτερων εκτάσεων. Επιπλέον η λήψη είναι πάντα σταθερή και καλή εφόσον η ποιότητα λήψης από προηγούμενο αναμεταδότη δεν επηρεάζει καθόλου την ποιότητα του σήματος που εκπέμπεται από το δορυφόρο. Τέλος, η μείωση του κόστους σε σχέση με άλλους τρόπους π.χ. μέσω οπτικών ινών είναι παράγοντας που μέτρησαν θετικά στην εδραίωση της ψηφιακής μετάδοσης μέσω δορυφόρου.[35]

#### 4.6.1 Αρχές Λειτουργίας επίγειας ψηφιακής λήψης μέσω δορυφόρου

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο στη μετάδοση μέσω δορυφόρου ο ουρανός είναι το μέσον από όπου γίνεται η λήψη του σήματος από τον πομπό-δορυφόρο στον αναμεταδότη. Επειδή όμως δεν είναι δυνατή η οριοθέτηση του, έπρεπε να βρεθεί μια λύση έτσι ώστε τα κανάλια να μην εκπέμπονται ελεύθερα με αποτέλεσμα να μπορούν να ληφθούν από οποιοδήποτε δέκτη. Έτσι επιλέχθηκε η κωδικοποίηση των σημάτων μέσω του συστήματος BISS<sup>24</sup>. Κυρίαρχος λόγος για την ενέργεια αυτή είναι τα δικαιώματα που αποκτά κάποιο τηλεοπτικό κανάλι αγοράζοντας π.χ. μια ταινία ή ένα αθλητικό γεγονός κ.α. .

Η κωδικοποίηση του σήματος πραγματοποιείται για την μετάδοση του σήματος από τον δορυφόρο στον επίγειο αναμεταδότη. Ο αναμεταδότης όμως πρέπει

---

<sup>23</sup> Η σημαντικότερη τροχιακή θέση για την Ελλάδα έως τώρα βρίσκεται στις 13 μοίρες ανατολικά. Η πλειοψηφία των σταθερών πιάτων στην Ελλάδα σηματοδούν αυτή την θέση όπου βρίσκονται 3 δορυφόροι (Hot Bird 6, Hot Bird 8 και Hot Bird 9) που ανήκουν στον όμιλο Eutelsat.

<sup>24</sup> Εφόσον το περιεχόμενο της μετάδοσης δεν περιέχει εμπορικά στοιχεία και τα κανάλια στην επίγειο ψηφιακή λήψη είναι ελεύθερα για όλους καθιερώθηκε η κωδικοποίηση BISS η οποία αποτελεί οικονομική και απλή λύση.



μεγαλύτερη εμβέλεια και πιο οικονομικά μέσω του DVB-S/ DVB-S2. Με καλύτερο τρόπο λήψης την λήψη από δορυφόρο δεδομένου ότι λαμβάνεται το σήμα λαμβάνεται κατευθείαν από την πηγή ανεξαρτήτως της γεωλογία του εδάφους.[35]

## 5. Η μετάβαση από τον αναλογικό στον ψηφιακό κόσμο

Παρόλο που η εμφάνιση της ψηφιακής τηλεόρασης και γενικότερα η ψηφιακή μετάδοση του σήματος αποτελεί κομβικό σημείο της τεχνολογίας η μετάβαση αυτή στο ευρύ κοινό πραγματοποιήθηκε με σχετικά ομαλό τρόπο. Η πολλά υποσχόμενη ψηφιακή τηλεόραση έχει μπει για τα καλά στη καθημερινότητα όλων. Παρόλα αυτά κατά το πέρασμα από τον ένα τρόπο μετάδοσης του σήματος στον επόμενο κάποιες φορές προξενούσε διάφορα θέματα τα οποία καθιστούσαν όχι και τόσο εύκολη τη σωστή λειτουργία της ψηφιακής τηλεόρασης.

Βασικό θέμα που τέθηκε κατά την έναρξη της ψηφιακής εκπομπής ήταν η συνύπαρξη των δύο σημάτων, αναλογικού και ψηφιακού. Στα περισσότερα κτήρια ιδιωτικά και μη, οι τηλεοράσεις ήταν παλαιού τύπου με αποτέλεσμα να πρέπει να προμηθευτούν οι υπεύθυνοι τον κατάλληλο εξοπλισμό αναλόγως της ήδη υπάρχουσας εγκατάστασης, ούτως ώστε να μπορούν να λαμβάνουν ψηφιακό σήμα. Επιπρόσθετα αν κάποιος ήθελε να έχει την δυνατότητα λήψης και των δύο σημάτων θα έπρεπε να δώσει ιδιαίτερη προσοχή στα υλικά που θα χρησιμοποιούσε ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ των σημάτων. Για παράδειγμα, αν κάποιος βρίσκεται σε κεντρικό σημείο όπου μπορεί να έχει οπτική επαφή με την κεραία εκπομπής ψηφιακού σήματος με την απόκτηση ενός ψηφιακού δέκτη μπορεί εύκολα να λαμβάνει ψηφιακό σήμα. Αν όμως δεν ισχύει αυτό, κάποιος άλλος για παράδειγμα μπορεί να βρίσκεται σε ένα δύσκολο γεωγραφικά σημείο ως προς την κεραία εκπομπής. Αυτός ίσως χρειαστεί να εξοπλιστεί με διαφορετικό τρόπο.



Εικόνα 5 Από την αναλογική στην ψηφιακή τηλεόραση

Η συνύπαρξη της ψηφιακής μετάδοσης και της αναλογικής μετάδοσης, μπορεί να προκαλέσει σε κάποιες περιπτώσεις παρεμβολές. Λόγου χάρη, στις ίδιες συχνότητες με την ψηφιακή εκπομπή συνήθως υπάρχει και αναλογική με αποτέλεσμα η δεύτερη να επηρεάζει την πρώτη έχοντας ως συνέπεια την μειωμένη απόδοση της εικόνας. Δηλαδή, πάγωμα της εικόνας η απουσία της θέτοντας τον τηλεθεατή αντιμέτωπο με μια μαύρη οθόνη. Στην αντίθετη περίπτωση, εκεί δηλαδή όπου η ψηφιακή μετάδοση επηρεάζει την αναλογική ο τηλεθεατής βλέπει μια εικόνα με χιόνι, άλλοτε πολύ έντονο άλλοτε όχι και τόσο. Και στις δύο περιπτώσεις όμως δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη λύση.

Αρχικά θα πρέπει να εξεταστούν τα αίτια, μερικά από τα οποία έχουν αναφερθεί στην εργασία, έπειτα ένας πειραματισμός στον προσανατολισμό της κεραίας θα μπορούσε να αποβεί σωτήρια λύση. Αν όμως και αυτό δεν αποδώσει τότε η παρέμβαση ενός ειδικού με τη χρήση των κατάλληλων συσκευών είναι καταλυτική. Σε πολλές περιπτώσεις βέβαια, για την όχι και τόσο καλή απόδοση της εικόνας μπορεί να ευθύνονται τα ήδη υπάρχοντα υλικά (π.χ. κάποιο φθαρμένο καλώδιο) τα οποία λόγω πολυκαιρίας αδυνατούν να ανταπεξέλθουν στις νέες απαιτήσεις του συστήματος.

Κλείνοντας, θα μπορούσαμε να πούμε πως κατά την αναλογική λήψη στην παρουσία ενός προβλήματος είναι πιο εύκολο να εντοπιστεί η αιτία και κατ'επέκταση η λύση του προβλήματος απ' ό,τι στην ψηφιακή λήψη όπου όταν κάτι δεν ανταποκρίνεται αποδίδεται με πάγωμα η ακόμη χειρότερα μαύρισμα της οθόνης.[1]

## 5.1 Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης

Τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης είναι πολλά. Γι' αυτό και έχουν επιτρέψει όλοι οι αρμόδιοι φορείς να διεισδύσει στα σπίτια όλων. Βέβαια με τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τηλεόρασης σχετίζονται άμεσα τόσο οι πάροχοι-τηλεοπτικοί σταθμοί- όσο και με τους θεατές. Παρακάτω παραθέτονται τα πλεονεκτήματα για κάθε κατηγορία ξεχωριστά.

### 5.1.1 Τα πλεονεκτήματα για τους παρόχους

Το κύριο χαρακτηριστικό της ψηφιακής τηλεόρασης και αυτό που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα από τα βασικά θετικά της τεχνολογίας αυτής είναι η δυνατότητα μετάδοσης έως τεσσάρων καναλιών μέσω της ίδιας συχνότητας πανελληνίως. Αξιοσημείωτο είναι πως κάθε τηλεοπτικός σταθμός πως με τη αναλογική εκπομπή χρειαζόταν τρεις διαφορετικές συχνότητες από διαφορετικά κέντρα για την εκπομπή. Έτσι δίνεται η δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ των παρόχων με αποτέλεσμα το κόστος να πέφτει σε πολύ χαμηλά επίπεδα, έως και 25% κάτω απ' ότι χρειαζόταν στο παρελθόν. Επιπρόσθετα η ισχύς που απαιτείται, πλέον είναι πολύ μικρότερη από αυτή του παρελθόντος.



Εικόνα 5.2 Ψηφιακή Τηλεόραση

### 5.1.2 Τα πλεονεκτήματα για τους θεατές

Όσον αφορά τους τηλεθεατές το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι η αναβαθμισμένη ποιότητα της εικόνας καθώς επίσης και ο βελτιωμένος ψηφιακός ήχος. Αυτή η αλλαγή της ποιότητας είναι απόλυτα αισθητή κυρίως σε περιοχές όπου γεωλογικά το σήμα μέχρι να φτάσει στον προορισμό του δέχεται πολλές παρεμβολές (π.χ. κάποιο νησί). Οι επιπλέον υπηρεσίες όπως η δυνατότητα παροχής υποτίτλων σε διάφορες γλώσσες, η ενημέρωση του προγράμματος (Ηλεκτρονικός Οδηγός Προγράμματος EPG) για το τι παρακολουθεί τώρα ο θεατής αλλά και για το τι

πρόκειται να παίξει μετά καθώς επίσης και η δυνατότητα που δίνεται στον τηλεθεατή για να προγραμματίσει την εγγραφή ενός προγράμματος που τον ενδιαφέρει σε άλλη χρονική στιγμή. Ακόμη και οι διαδραστικές υπηρεσίες<sup>25</sup> που αναμένεται στο εγγύς μέλλον να διαθέτονται και στη χώρα μας αποτελούν κύρια οφέλη για τους τηλεθεατές. [36] Δεν πρέπει βέβαια να παραλείπεται και το χαμηλό κόστος που χρειάζεται να διαθέσει κάποιος για να μετατρέψει την τηλεόραση του από αναλογική σε ψηφιακή καθώς επίσης και η χρηστικότητα του δέκτη ο οποίος δεν περιορίζεται μόνο στην αποκωδικοποίηση του σήματος. Επιπλέον η διάθεση της ψηφιακής μετάδοσης είναι δωρεάν πανελληνίως.

Ένα επιπλέον πλεονέκτημα και για τις δύο πλευρές είναι το ανακλώμενο σήμα που στην αναλογική μετάδοση προκαλούσε προβλήματα στην ποιότητα της εικόνας τώρα μετατρέπεται σε σήμα που φτάνει με καθυστέρηση αλλά λειτουργεί ενισχυτικά στο ήδη υπάρχων σήμα. Ακόμη, στην ψηφιακή τηλεόραση δεν παρατηρείται το φαινόμενο του θορύβου (χιόνι), ή υπάρχει εικόνα ή όχι.

## 5.2 Μελλοντικές Εξελίξεις

Στην τηλεόραση αυτό που αναμένεται άμεσα είναι να τεθεί σε λειτουργία η διαδραστικές λειτουργίες. Δηλαδή, η αμφίδρομη τηλεόραση (έχει γίνει αναφορά και σε προηγούμενο κεφάλαιο). Σε αυτή την περίπτωση η παθητική στάση του θεατή μετατρέπεται σε ενεργητική. Θα μπορεί πλέον να φτιάξει το πρόγραμμα που επιθυμεί αυτός να παρακολουθεί, να γράψει ένα πρόγραμμα το οποίο δεν θα μπορεί να παρακολουθήσει, να πραγματοποιεί τραπεζικές συναλλαγές, καθώς επίσης και αγορές κ.α.

Στο απώτερο μέλλον όμως η τηλεόραση αναμένεται να τροποποιηθεί τελείως από τα σημερινά δεδομένα. Για παράδειγμα, το τηλεχειριστήριο δεν θα αποτελεί δεδομένο εξάρτημα της τηλεόρασης εφόσον θα μπορεί να δέχεται και κατ' επέκταση να υπακούει σε εντολές με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα μέσω φωνητικών εντολών και ίσως χειρονομιών (π.χ. χτύπο δακτύλων ή παλαμάκια).

---

<sup>25</sup> Οι διαδραστικές υπηρεσίες στον τομέα της ψηφιακής τηλεόρασης έχουν να κάνουν με τη δυνατότητα που θα δίνεται στους χρήστες να χρησιμοποιούν διάφορες υπηρεσίες όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, η άμεση ψήφος σε μια ζωντανή εκπομπή λόγου χάρη ή ακόμη και απευθείας απάντηση σε κάποιο ερώτημα που μπορεί να τεθεί. Υπηρεσίες που προς το παρόν τις συναντάμε μόνο μέσω διαδικτύου.

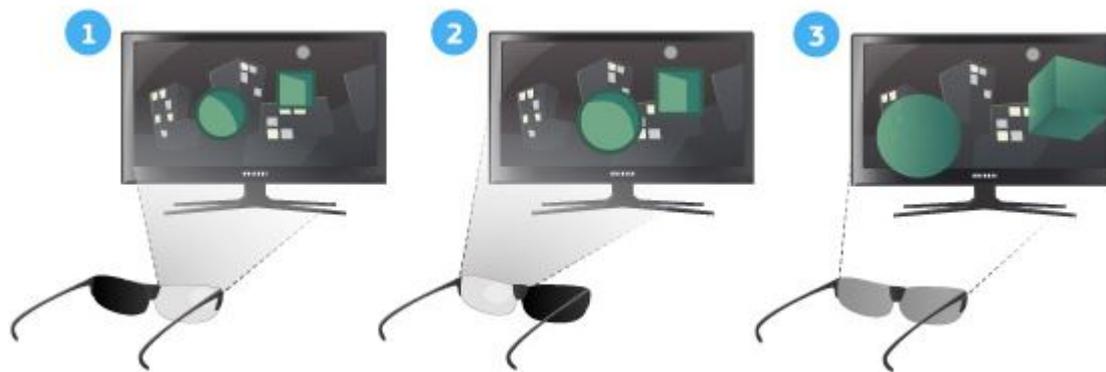
Παρακάτω παραθέτονται κάποια ήδη τηλεόρασης τα οποία ή βρίσκονται σε αρχικό ή ερευνητικό στάδιο.

### 5.2.1 Τηλεοράσεις 3D

Η λειτουργία 3D έγινε γνωστή στο ευρύ κοινό μέσω του κινηματογράφου τα τελευταία χρόνια. Χωρίς όμως από να σημαίνει πως δεν προϋπήρχε. Το 1844 ο David Brewster ήταν ο αυτός που πρώτη φορά κατάφερε να αιχμαλωτίσει τρισδιάστατες εικόνες πραγματοποιώντας λήψη του ίδιου θέματος από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες. Έπειτα τις μετέφερε στα μάτια με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείτε η ψευδαίσθηση του βάθους. Από τότε και έπειτα πολλοί επιστήμονες κατά διαστήματα πειραματίστηκαν στην δημιουργία στατικών τρισδιάστατων εικόνων.

Οι τηλεοράσεις 3D έκαναν την εμφάνιση τους στην ελληνική αγορά πριν από μια τετραετία περίπου όπου και αποτέλεσαν σταθμό στον κλάδο των τηλεοράσεων. Για να μπορεί να υπάρξει τεχνολογία 3D σίγουρα η τηλεόραση πρέπει να πληρεί προδιαγραφές HDTV. Αυτό που ουσιαστικά συμβαίνει κατά την τεχνολογία 3D είναι ο θεατής να έχει την αίσθηση των επιπέδων. Για να μπορεί κάποιος να παρακολουθήσει κάποιο πρόγραμμα σε 3D (ταινία, αθλητικό γεγονός, κ.α.) πρέπει όχι μόνο η τηλεόραση να διαθέτει τη συγκεκριμένη τεχνολογία αλλά να έχει εξοπλιστεί και με τον κατάλληλο εξοπλισμό. Σε αυτόν ανήκουν τα τρισδιάστατα γυαλιά, το περιεχόμενο φυσικά να είναι 3D καθώς επίσης και μια συσκευή αναπαραγωγής ή έναν δορυφορικό δέκτη ή δέκτη καλωδιακής τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας.

Στα τρισδιάστατα γυαλιά συναντάμε δύο τύπους, τα παθητικά και τα ενεργητικά. Η βασική διαφορά αυτών των γυαλιών είναι η ποιότητα της εικόνας. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα γυαλιά, που χρησιμοποιούμε συνήθως στους κινηματογράφους, όπου η ανάλυση μοιράζεται μεταξύ των δύο φακών (δηλαδή 540p έκαστος). Εδώ τα γυαλιά χρησιμοποιούν φακούς οι οποίοι επιτρέπουν διαφορετικές συχνότητες φωτός να περάσουν σε κάθε μάτι. Πολλοί παρομοιάζουν αυτά τα γυαλιά με γυαλιά ηλίου. Η αντίστοιχη τηλεόραση εκπέμπει αυτές τις δύο συχνότητες όπου το κάθε μάτι λαμβάνει από μία, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, και ο συνδυασμός τους δίνει την αίσθηση του βάθους. Αυτή η τεχνολογία είναι πιο οικονομική (μικρότερο κόστος αγοράς τηλεόρασης και γυαλιών) και ξεκούραστο 3D για το μάτι.



Εικόνα 5.2.1 Η λειτουργία των 3D γυαλιών

Από την άλλη, τα ενεργητικά τρισδιάστατα γυαλιά, λειτουργούν με διαφορετικό τρόπο. Καταρχάς σε αυτή την τεχνολογία δεν μοιράζεται η ανάλυση (δηλαδή 1080p σε κάθε φακό). Αυτά τα γυαλιά διαθέτουν φωτοφράχτες οι οποίοι ανοιγοκλείνουν περίπου 60 φορές/sec χρόνος πολύ μικρός για να γίνει αντιληπτικός από τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Εδώ η τηλεόραση παίζει διαφορετική εικόνα σε κάθε μάτι με αποτέλεσμα να δίνεται πάλι η αίσθηση της τρισδιάστατης απεικόνισης στον συνδυασμό των δύο εικόνων. Αυτή η τεχνολογία είναι η πιο εξελιγμένη μέχρι στιγμής γι' αυτό και το κόστος για την απόκτηση μιας τέτοιας τηλεόρασης καθώς επίσης και των αντίστοιχων γυαλιών είναι μεγαλύτερο. Βέβαια η εικόνα είναι ασύγκριτα καλύτερη με μεγαλύτερο βάθος το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και ρεαλιστικό. Το μόνο μειονέκτημα ίσως είναι πως κουράζει εύκολα το μάτι.

Η τηλεόραση με τεχνολογία 3D δεν έχει φτάσει ακόμη στο βέλτιστο σημείο γι' αυτό και αναμένεται πως θα καθυστερήσει λίγο η διάθεση των 3D τηλεοράσεων χωρίς γυαλιά. Προς το παρόν το υλικό 3D είναι περιορισμένο αλλά με την πάροδο του χρόνου θα υπάρχει όλο και περισσότερο διαθέσιμο. Βέβαια αξιοσημείωτο είναι πως πολλές τηλεοράσεις διαθέτουν την δυνατότητα μετατροπής του υλικού από 2D σε 3D.[37]

## 5.2.2 Η «Αόρατη» τηλεόραση

Τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει κατά πολύ η τηλεόραση και στον τομέα της εμφάνισης. Πλέον έχουν εξαφανιστεί από την αγορά εκείνα τα μαύρα μεγάλα κουτιά και την θέση τους έχουν πάρει οι νέες τηλεοράσεις με την χαρακτηριστική πολύ λεπτή οθόνη. Η τάση της εποχής θα λέγαμε είναι η θέση της τηλεόρασης να είναι όσο πιο διακριτική στο χώρο με περισσότερες δυνατότητες από ότι στο παρελθόν.



Εικόνα 5.2.2 Η ‘‘αόρατη’’ τηλεόραση

Το 2011 πραγματοποιήθηκε ένας διαγωνισμός σχεδιασμού στην Γερμανία στον οποίο τις εντυπώσεις κέρδισε ο Μαικλ Φρίμπε με την παρουσίαση της τηλεόρασης Loewe Invisio. Ο λόγος γίνεται για μια τηλεόραση της οποίας η βασική ιδιότητα είναι με την απενεργοποίηση της η, πολύ λεπτή, οθόνη να είναι διάφανη. Η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης ιδέας είναι η τεχνολογία TOLED. Ο δημιουργός εγγυάται μια πολύ καθαρή εικόνα με όσο τον δυνατόν πιο ζωντανά χρώματα από το απόλυτο λευκό ως το κατάμαυρο. Επίσης, διαβεβαίωσε πως κατά την λειτουργία της η αίσθηση της διαφάνειας δεν θα γίνεται καθόλου αισθητή. Η διάθεση της συγκεκριμένης οθόνης δεν διατίθεται ακόμη στην αγορά μιας και προς το παρόν δεν έχει υλοποιηθεί αυτή η τεχνολογία σε μεγάλου μεγέθους οθόνες. [38]

### 5.2.3 Η «έξυπνη» τηλεόραση

Ο ανταγωνισμός στην αγορά και ειδικά στην πώληση τηλεοράσεων είναι μεγάλος. Οι εταιρίες προσπαθούν να εφεύρουν όλο και κάτι καινούριο. Μία από τις μεγαλύτερες εταιρείες στην πώληση τηλεοράσεων εμφάνισε ένα νέο πολλά υποσχόμενο μοντέλο. Το επονομαζόμενο έξυπνη τηλεόραση.

Πρόκειται για ένα μοντέλο που πέρα από την πολύ υψηλή απόδοση της εικόνας, θα παρέχει, μέσω μιας ειδικής θύρας, την ιδιότητα να ανανεώνεται και να βελτιώνει τις επιδόσεις της. Αυτό για το καταναλωτικό κοινό είναι πολύ θετικό γιατί αυτόματα τους καθησυχάζει ως προς το αν η τηλεόραση που πρόκειται να αγοράσουν θα μπορεί να ανταποκριθεί σε κάποια μελλοντική εξέλιξη. Επιπρόσθετα, περιλαμβάνει πολλές δυνατότητες από αυτές τις αμφίδρομης τηλεόρασης. Οι ειδικοί υποστηρίζουν πως ενώ είναι έτοιμο να βγει στην αγορά ένα τέτοιο προϊόν η μη διάθεση των αντίστοιχων προγραμμάτων (δηλαδή ότι οι πάροχοι δεν διαθέτουν προγράμματα σε τόσο υψηλή ανάλυση) καθυστερεί αυτόματα και την διάθεση του συγκεκριμένου προϊόντος. [39]

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Μια σειρά γεγονότων και εφευρέσεων συντέλεσαν στην δημιουργία της τηλεόρασης. Αρχικά, μεμονωμένες εικόνες με γρήγορη εναλλαγή και αργότερα βίντεο σε πολύ χαμηλή ανάλυση ήταν τα πρώτα αποτελέσματα στις οθόνες των θεατών. Βέβαια ο αριθμός των καναλιών ήταν πολύ περιορισμένος και η κατοχή τηλεόρασης αποτελούσε είδος πολυτέλειας αφού σε κάθε γειτονιά το πολύ να υπήρχε μία τηλεόραση.

Με την πάροδο όμως του χρόνου επήλθε και η σταδιακή εξέλιξη της τηλεόρασης. Ο αριθμός των τηλεοπτικών σταθμών αυξήθηκε, η εικόνα από ασπρόμαυρη άρχισε να αποκτά χρώματα και το κόστος της τηλεόρασης ήταν τέτοιο ώστε να μπορεί ο περισσότερος κόσμος να αποκτήσει μία. Επιπλέον, στον καθαρά, έως τότε, ενημερωτικό της χαρακτήρας προστέθηκε και ο ψυχαγωγικός.

Στην συνέχεια ακολούθησαν τα διάφορα είδη της τηλεόρασης τα οποία το καθένα παρέχει διαφορετικές δυνατότητες όπως περισσότερα κανάλια ή μεγαλύτερο εύρος, ακόμη παρακολούθηση ειδήσεων και ψυχαγωγικών εκπομπών μέσω διαδικτύου κ.α.

Εφόσον όμως η τηλεόραση ανήκει στον κλάδο της τεχνολογίας δεν θα μπορούσε να μένει στάσιμη. Με την εξέλιξη λοιπόν της τεχνολογίας σε διάφορους τομείς όπως στην μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό, με την δημιουργία προτύπων για όσο το δυνατόν καλύτερη συμπίεση και κωδικοποίηση του σήματος ακολούθησε και η εξέλιξη της τηλεόρασης σε ψηφιακή.

Στις μέρες μας υπάρχουν στα περισσότερα σπίτια πάνω από μία τηλεόραση. Η ψηφιακή, πλέον, τηλεόραση έχει μπει για τα καλά στην καθημερινότητα όλων μιας και αποτελεί βασικό μέσο ενημέρωσης και ψυχαγωγίας σε όλες της ηλικίες αφού η χρήση του τηλεχειριστηρίου είναι σχετικά απλή τόσο για ένα παιδί όσο και για ένα ηλικιωμένο.

Η πιο σημαντική στιγμή της τηλεόρασης θα λέγαμε πως είναι η αυτή της μετάβασης της στον ψηφιακό κόσμο. Η αλλαγή αυτή στην μετάδοση και επεξεργασία του σήματος επέφερε πολλά θετικά αποτελέσματα τόσο για τους παρόχους όσο κι για τους θεατές.

Η πολύ καλύτερη απόδοση της εικόνας και του ήχου είναι τα πιο εμφανή και ίσως τα πιο σημαντικά στοιχεία της ψηφιακής τηλεόρασης. Επιπρόσθετα, η μείωση

του κόστους tv τηλεοπτικών σταθμών είναι και αυτός ένας ακόμη βασικός συντελεστής που μέτρησε θετικά.

Συμπερασματικά, η τεχνολογία δεν παύει να εξελίσσεται οπότε κατ' επέκταση και η τηλεόραση δεν θα μείνει στο σημείο που την γνωρίζουμε σήμερα. Ήδη άρχισαν να εμφανίζονται νέες δυνατότητες στις τηλεοράσεις και οι επιστήμονες είναι πολλά υποσχόμενοι για το εγγύς μέλλον στο οποίο αναμένεται πως θα καταργηθεί η παθητική στάση του θεατή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### **Βιβλία :**

- [1] «Νέα Μεγάλη Σχολική Εγκυκλοπαίδεια», Εκδόσεις Γιοβάνης Χρ., Τόμος 15
- [5] STEVEN OTFINOSKI 2007, «Television» Tarrytown
- [24] Andy Bateman, 2000. *Ψηφιακές Επικοινωνίες*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα
- [25] Καρούμπalos, Κ., Ζέρβας, Ε., Καραμπογιάς, Σ., Σαγκριώτης, Ε., 2002. *Συστήματα Τηλεπικοινωνιών*. Έκδοση Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- [29] Ahman, R.S. Bahai, Burton R. Saltzberg, Mustafa Ergen, 2004. *Multi-Carrier Digital Communications- Theory and Applications of OFDM. B' Edition. New York*
- [30] Κουτσόπουλος, Ι., Τασιούλας, Λ., 2009. *Βασικές Αρχές Ασύρματης Επικοινωνίας*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος

### **Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις :**

- [2] <http://grizosgatos.blogspot.gr/2011/10/60-photo-gallery.html>
- [3] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7>
- [4] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%82>
- [6] <http://www.livepedia.gr/index.php/%CE%A4%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CF%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7>
- [7] [http://portal.kathimerini.gr/4dcgi/w\\_articles\\_kathfiles\\_100030\\_04/04/2006\\_149723](http://portal.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_kathfiles_100030_04/04/2006_149723)
- [8] <http://www.tovima.gr/relatedarticles/article/?aid=24438>
- [9] <http://www.satspot.gr/satellite/doriforika-themata>
- [10] <http://books.google.gr/books?id=oHWIRmHpi8YC&pg=PA266&dq=mpeg+history&hl=el&sa=X&ei=85WpUvjRCOLA0QXwkIH4CA#v=onepage&q&f=false>
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-1>
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>
- [13] <http://www.w3.org/Architecture/1998/06/Workshop/paper26/>
- [14] <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-4/mpeg-4.htm>
- [15] [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Video\\_Broadcasting](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Video_Broadcasting)

- [16] <http://www.dvb.org/about/history>
- [17] [http://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-S2\\_Factsheet.pdf](http://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-S2_Factsheet.pdf)
- [18] [http://www.digitaltvinfo.gr/index.php?option=com\\_magazine&task=viewArticle&id=6233&Itemid=98](http://www.digitaltvinfo.gr/index.php?option=com_magazine&task=viewArticle&id=6233&Itemid=98)
- [19] <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>
- [20] [http://www.dvb.org/resources/public/factsheets/dvb-t2\\_factsheet.pdf](http://www.dvb.org/resources/public/factsheets/dvb-t2_factsheet.pdf)
- [21] <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>
- [22] [http://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-C2\\_Factsheet.pdf](http://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-C2_Factsheet.pdf)
- [23] <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-H>
- [26] <http://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>
- [27] [http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal\\_frequency-division\\_multiplexing](http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing)
- [28] [http://en.wikipedia.org/wiki/Intersymbol\\_interference](http://en.wikipedia.org/wiki/Intersymbol_interference)
- [31] [http://en.wikipedia.org/wiki/Very\\_high\\_frequency](http://en.wikipedia.org/wiki/Very_high_frequency)
- [32] <http://digitalnet.gr/content/%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%BB%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%BB%CF%8D%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%AC-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%AC%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B5%CF%80%CE%AF%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE-tv>
- [33] <http://www.satspot.gr/television/tileorasi-digital-dtv/283-psifiaki-lipsi-osa-prepei-na-kserete>
- [34] <http://www.digea.gr/digea/gr/%CE%95%CF%80%CE%B1%CE%B3%CE%B3%CE%B5%CE%BB%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%AF%CE%B5%CF%82/%CE%BC-%CE%9E%CE%B5%CE%BD%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%B1-%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%8D%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1>
- [35] [http://www.ikusi.gr/tech\\_pdf/GapFillers-part5-DN.pdf](http://www.ikusi.gr/tech_pdf/GapFillers-part5-DN.pdf)
- [36] <http://www.tovima.gr/relatedarticles/article/?aid=188699>
- [37] <http://www.samsung.com/gr/article/everything-3d-guide-explore-the-wonder>
- [38] <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=458360>

[39] <http://www.e-magazino.gr/tecnologia/i-tileorasi-tou-mellontos-tha-mas-blepei-kai-tha-mas-akouei.html>

### **Εικόνες:**

Εικόνα εξωφύλλου :

<http://laklapeto.blogspot.gr/2012/10/digital-tv.html>

Εικόνα 1.1:

<http://www2.hesston.edu/Physics/TelevisionDisplays/HISTORY1.HTM>

Εικόνα 1.1.1:

<http://sansimeracomputers.wordpress.com/2012/12/20/dec20-1938/>

Εικόνα 1.3:

[http://portal.kathimerini.gr/4dcgi/w\\_articles\\_kathfiles\\_100030\\_04/04/2006\\_149723](http://portal.kathimerini.gr/4dcgi/w_articles_kathfiles_100030_04/04/2006_149723)

Εικόνα 1.3.1:

[http://www.digitaltvinfo.gr/index.php?option=com\\_magazine&task=viewArticle&id=2918&Itemid=102](http://www.digitaltvinfo.gr/index.php?option=com_magazine&task=viewArticle&id=2918&Itemid=102)

Εικόνα 1.3.2:

<http://www.w3.org/2011/09/webtv/>

Εικόνα 2.1:

<http://3sek-a-athin.att.sch.gr/tomplir/analdigit.htm>

Εικόνα 2.2:

[www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/electivas/csound/materiales/book\\_chapters/20spjut/20spjutdsp1.html](http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza/electivas/csound/materiales/book_chapters/20spjut/20spjutdsp1.html)

Εικόνα 2.3:

<http://luishernandezengineeringportfoli.weebly.com/digital-game-counter.html>

Εικόνα 2.5:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mpeg.gif>

Εικόνα 2.5.3:

<http://www.w3.org/Architecture/1998/06/Workshop/paper26/>

Εικόνα 2.6 :

<http://eandt.theiet.org/news/2011/apr/dvbc2-stblaunch.cfm>

Εικόνα 2.6.1:

<http://tlcsat.uniroma2.it/index.php/archives/category/didattica/corso-telecomunicazioni-satellitari>

Εικόνα 2.6.2 :

<http://iransat26.blogfa.com/>

Εικόνα 2.6.3:

<http://www.bestebeeld.nl/producten/ziggo-cam-ci-module-neotion-insteekmodule.html>

Εικόνα 2.6.4:

<http://www.mediamarkt.gr/mp/article/%CE%94%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%82-DVB-H,995019.html>

Εικόνα 2.6.4.1:

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

Εικόνα 3.1:

<http://www.ustudy.in/node/2658>

Εικόνα 3.2 :

<http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/8qam-16qam-32qam-64qam-128qam-256qam.php>

Εικόνα 3.6:

[http://www.ofono.gr/article.php?id=40554&category\\_id=8](http://www.ofono.gr/article.php?id=40554&category_id=8)

Εικόνα 4.2:

<http://www.satspot.gr/television/tileorasi-digital-dtv/283-psifiaki-lipsi-osa-prepei-na-kserete>

Εικόνα 4.6 :

[http://www.doriforikanea.gr/newsite/review\\_article.php?id=650](http://www.doriforikanea.gr/newsite/review_article.php?id=650)

Εικόνα 5:

<http://laklapeto.blogspot.gr/2012/10/digital-tv.html>

Εικόνα 5.1:

<http://www.tovima.gr/relatedarticles/article/?aid=188699>

Εικόνα 5.2:

<http://www.samsung.com/gr/article/everything-3d-guide-explore-the-wonder>

Εικόνα 5.2.2 :

[http://www.doriforikanea.gr/newsite/news\\_article.php?id=4707&catid=4](http://www.doriforikanea.gr/newsite/news_article.php?id=4707&catid=4)