

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΜΕ  
(ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΥΡΓΟΥ)**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**3DTV – ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΓΚΡΙΖΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΤΡΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

**Πύργος, Μάρτιος 2015**

## Περιεχόμενα

Πύργος, Μάρτιος 2015 .....	1
Περιεχόμενα .....	2
Λίστα εικόνων .....	5
Ευχαριστίες .....	7
Πρόλογος .....	8
Περίληψη .....	9
Abstract .....	9
<b>1 Εισαγωγή .....</b>	<b>10</b>
1.1 Ιστορική Αναδρομή της Τεχνολογίας 3D .....	10
1.2 Ιστορία της Τρισδιάστατης Τηλεόρασης (3DTV) – Από την ασπρόμαυρη TV στην τρισδιάστατη.....	10
<b>2 Η 3D Τηλεόραση .....</b>	<b>13</b>
2.1 Εισαγωγή.....	13
2.2 Ανθρώπινο οπτικό σύστημα .....	13
2.3 Η αίσθηση του βάθους .....	16
2.4 Τρισδιάστατη τηλεόραση (3DTV) .....	16
2.5 Η Αρχιτεκτονική ενός 3DTV συστήματος.....	18
2.6 Παραγωγή .....	19
2.7 Λήψη σήματος – κάμερες.....	22
<b>2.7.1 Λήψη 3D βίντεο με μία κάμερα.....</b>	<b>22</b>
<b>2.7.2 Λήψη 3D βίντεο με πολλαπλά συστήματα κάμερας (multiview).....</b>	<b>23</b>
2.8 Σκηνές .....	24

<b>2.8.1</b>	<b>Εκπροσώπηση της 3D σκηνής.....</b>	<b>24</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Λήψη στατικών σκηνών .....</b>	<b>26</b>
<b>2.8.3</b>	<b>Λήψη δυναμικών σκηνών.....</b>	<b>27</b>
<b>2.8.4</b>	<b>Γεωμετρία της σκηνής.....</b>	<b>28</b>
2.9	Χάρτες Βάθους.....	29
2.10	Ανίχνευση βάθους για την 3DTV .....	29
<b>2.10.1</b>	<b>Τεχνικές Ανίχνευση βάθους για την 3DTV.....</b>	<b>31</b>
2.11	Formats για 3D-TV Broadcasting .....	37
2.12	Αποθήκευση και επεξεργασία σήματος.....	39
<b>3</b>	<b>Κωδικοποίηση σήματος 3D-TV .....</b>	<b>42</b>
3.1	Εισαγωγή.....	42
3.2	3D Mastering Methods .....	42
3.3	Κωδικοποίηση 3D video– παραδοχές και απαιτήσεις .....	46
3.4	Συμπύεση συμβατικών στερεοφωνικών video – Conventional Stereo Video (CSV).....	47
3.5	Πιο προηγμένοι μέθοδοι κωδικοποίησης .....	49
3.6	Προσέγγιση Video Plus Depth (V+D) .....	50
3.7	Προσέγγιση Multi-view Video Plus Depth (MV+D).....	52
3.8	Προσέγγιση Layered Depth Video (LDV) .....	54
3.9	Κωδικοποίηση χρώματος (Color Encoding) .....	56
<b>4</b>	<b>Διανομή περιεχομένου 3D-TV .....</b>	<b>57</b>
4.1	Εισαγωγή.....	57
4.2	Δικτύωση – Βασικές προσεγγίσεις μεταφοράς .....	57
4.3	Μετάδοση μέσω δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης .....	58

<b>4.3.1</b>	<b>Εγκαταστάσεις DTV.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.2</b>	<b>DVB (Digital Video Broadcasting) προσεγγίσεις.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.3</b>	<b>DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld) προσεγγίσεις .....</b>	<b>60</b>
4.4	Μετάδοση μέσω over IP .....	62
<b>4.4.1</b>	<b>Δομή server – client .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Μετάδοση μέσω δικτύου P2P.....</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b>Τερματικές συσκευές 3D-TV .....</b>	<b>71</b>
5.1	Εισαγωγή.....	71
5.2	Στερεοσκοπικές και αυτό-στερεοσκοπικές προσεγγίσεις .....	71
5.3	3D οθόνες.....	74
5.4	3D γυαλιά.....	77
5.5	Μέθοδος DIBR σε 3D-TV συστήματα.....	80
5.6	3D Cinema και τηλεόραση .....	82
5.7	3D κανάλια.....	82
5.8	3D επεισόδια.....	82
5.9	Η εφαρμογή της 3D τεχνολογίας στην καθημερινότητά μας.....	83
<b>6</b>	<b>Συμπεράσματα – Προοπτικές .....</b>	<b>85</b>
6.1	Συμπεράσματα.....	85
6.2	3DTV: Ποιο προβλέπεται να είναι το μέλλον της;.....	85
	<b>Αναφορές .....</b>	<b>87</b>

## Λίστα εικόνων

Εικόνα 1.1 Ασπρόμαυρη TV.....	10
Εικόνα 1.2 Ψηφιακή TV.....	10
Εικόνα 1.3 Στερεοσκόπιο.....	10
Εικόνα 1.4 Απεικονίζει τρισδιάστατης εικόνας.....	10
Εικόνα 1.5 Οι πρώτες 3D ταινίες.....	11
Εικόνα 1.6 History of 3D in film and television.....	11
Εικόνα 2.1 Λειτουργία της ανθρώπινης όρασης.....	12
Εικόνα 2.2 Fusion of left-eye–right-eye images.....	13
Εικόνα 2.3 παράλλαξη: (a) Θετική παράλλαξη, (b) Μηδενική παράλλαξη, και (c) Αρνητική παράλλαξη.....	14
Εικόνα 2.4 Η αλυσίδα της 3DTV.....	16
Εικόνα 2.5 Γενική αρχιτεκτονική του συστήματος μετάδοσης 3DTV.....	18
Εικόνα 2.6 λήψη 3DV με δύο κάμερες.....	18
Εικόνα 2.7 λήψη 3DV με την χρήση καθρεπτών.....	19
Εικόνα 2.8 Φαινόμενο Keystone κατά την λήψη και επεξεργασία Keystone correction .....	20
Εικόνα 2.9 Τρισδιάστατος προσαρμογέας (3d lens adapter), τριγωνικά γυάλινα πρίσματα.....	21
Εικόνα 2.10 Η ψευδαίσθηση των διαφορετικών θέσεων των χρωμάτων σύμφωνα με τα γυαλιά chromadepth.....	21
Εικόνα 2.11 Ένα σύστημα σύλληψης και η δημιουργία πολλαπλών απόψεων σε ένα FTV περιβάλλον .....	23
Εικόνα 2.12 Βασικά συστατικά ενός 3DTV / FTV συστήματος.....	23
Εικόνα 2.13 Επισκόπηση βαθμονόμησης της κάμερας.....	26
Εικόνα 2.14 Ο χάρτης βάθους μιας 2D εικόνας.....	28
Εικόνα 2.15 Multiview-video plus depth (MVD) μορφή.....	29
Εικόνα 2.16 Η σχέση του βάθους και οι διαφορές μεταξύ των δύο απόψεων.....	30
Εικόνα 2.17 Τα ποιο κοντινά αντικείμενα έχουν περισσότερες διαφορές από αντικείμενα φόντου.....	31
Εικόνα 2.18 Σκιές βάθους που προκύπτουν από την απόφραξη του background.....	32
Εικόνα 2.19 Microsoft Kinect αισθητήρας.....	34
Εικόνα 2.20 Αποκλειστική σειρά αισθητήρων runtime παλμού.....	34
Εικόνα 2.21 σειρά αισθητήρων συνεχούς κύματος.....	35
Εικόνα 2.22 Συνεχής κύμα βάθους από τον χρόνο πτήσης (ToF).....	35
Εικόνα 2.23 Ενεργά σήματα φωτεινότητας.....	36
Εικόνα 2.24 Τεχνικές πολυπλεξίας για την αναπαράσταση των πλαισίων εισόδου.....	37
Εικόνα 2.25 Λειτουργικές μονάδες σε μια πιθανή end-to-end 3DTV αλυσίδα.....	39
Εικόνα 3.1 Ένα στερεοφωνικό ζεύγος εικόνων.....	42
Εικόνα 3.2 Stereo interleaving formats.....	42
Εικόνα 3.3 Επιλογή των pixels σε side-by-side.....	43
Εικόνα 3.4 Επιλογή των Pixels σε over/under.....	44
Εικόνα 3.5 Επιλογή rixel με την προσέγγιση χιαστί φίλτράρισμα.....	44
Εικόνα 3.6 3-D σύστημα κωδικοποίησης video.....	46
Εικόνα 3.7 Στερεοφωνική κωδικοποίηση βίντεο σύμφωνα με το πρότυπο MPEG-2/MPEG-4.....	47
Εικόνα 3.8 Κωδικοποίηση με MPEG-2 Multi-view προφίλ & SEI συμπληρωματικό μήνυμα.....	47
Εικόνα 3.9 Multi-view κωδικοποίηση βίντεο με χρονικό συνδυασμένο/πρόβλεψης της ενδιάμεσης προβολής.....	48

Εικόνα 3.10 2D σε συνδυασμό με Metadata.....	49
Εικόνα 3.11 Video plus depth (V+D) εκπροσώπηση για 3DV.....	50
Εικόνα 3.12 Αναγέννηση του στερεοφωνικού βίντεο από το σήμα V+D.....	51
Εικόνα 3.13 Multi-view video plus depth (MV+D) προσέγγιση.....	52
Εικόνα 3.14 Multi-view αυτό-στερεοσκοπική οθόνη βασισμένη στην μέθοδο MV+D.....	53
Εικόνα 3.15 Layered depth video (LDV) προσέγγιση.....	54
Εικόνα 3.16 παράδειγμα LDV μορφής.....	54
Εικόνα 3.17 Ανάγλυφη τεχνική.....	55
Εικόνα 4.1 διάγραμμα ενός συστήματος 3DTV από άκρο σε άκρο.....	56
Εικόνα 4.2 Μετάδοση σήματος με την μέθοδο 2D+depth.....	59
Εικόνα 4.3 Δομή μιας DVB-H μετάδοσης.....	60
Εικόνα 4.4 Διάγραμμα του πλαισίου και του συστήματος μεταφοράς για 3DTV μέσω over IP.....	61
Εικόνα 4.5 Κατηγοριοποίηση των GOP με βάση την χρονική και χωρική πολυπλοκότητα.....	63
Εικόνα 4.6 διάγραμμα της διάταξης client-driven rate adaptation.....	64
Εικόνα 4.7 δομή δικτύου P2P και η διαφορά του με το Server-based δίκτυο.....	67
Εικόνα 5.1 Στερεοσκοπική προβολή με Ανάγλυφο 3D.....	70
Εικόνα 5.2 Στερεοσκοπική προβολή με πολωμένους φακούς.....	71
Εικόνα 5.3 Στερεοσκοπική Προβολή με χρήση Ενεργών Κλείστρων.....	71
Εικόνα 5.4 Αυτό-στερεοσκοπική προβολή με την μέθοδο "φράγμα παράλλαξης"...	72
Εικόνα 5.5 Αυτό-στερεοσκοπική προβολή με την μέθοδο "φακοειδών φακών".....	73
Εικόνα 5.6 3-D απεικόνιση.....	74
Εικόνα 5.7 Ογκομετρικές Οθόνες.....	75
Εικόνα 5.8 CRT οθόνη.....	75
Εικόνα 5.9 Οθόνη υγρών κρυστάλλων.....	76
Εικόνα 5.10 Οθόνη Plasma.....	76
Εικόνα 5.11 LCD γυαλιά.....	77
Εικόνα 5.12 γυαλιά Head-mounted.....	77
Εικόνα 5.13 Γραμμικά πολωμένα γυαλιά.....	78
Εικόνα 5.14 Infitec glasses.....	78

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Κούτρα Αθανάσιο, για την καθοδήγηση και οργάνωση της διπλωματικής εργασίας, αλλά και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Η βοήθεια στην επίβλεψη και διόρθωση της διπλωματικής ήταν πολύτιμη. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη και την κατανόηση τους, και ιδιαίτερα τον γιό μου για τον λιγιστό χρόνο που του αφιέρωσα, όντας εργαζόμενη, και φοιτήτρια.

## Πρόλογος

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής μου άσκησης, (Γκρίζη Κωνσταντίνα- προπτυχιακή φοιτήτρια του ΑΤΕΙ Πατρών -παράρτημα Πύργου-, στο τμήμα Πληροφορική και Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης). Η διάρκεια για την περάτωση της εργασίας διήρκεσε από τον Φεβρουάριο του 2014 έως τον Μάρτιο του 2015.Επιβλέπων καθηγητής μου ήταν οΕπίκουρος Καθηγητής, Δρ. Κούτρας Αθανάσιος, όπου η υποστήριξή του ήταν σημαντική για να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.



## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την τεχνολογία της 3DTV αλλά και τις εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και ενσωματωθεί σε αυτή. Η τρισδιάστατη απεικόνιση δίνει τη δυνατότητα στο θεατή να απολαύσει μία εικόνα παρουσιάζοντας και τις τρεις διαστάσεις του αντικειμένου με αποτέλεσμα να το κάνει πιο αληθινό. Αρχικά, γίνεται μια ιστορική αναδρομή της 3DTV αλλά και γενικά της 3D τεχνολογίας. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται πως λειτουργεί το ανθρώπινο οπτικό σύστημα και πώς ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το βάθος, παράλληλα κάνουμε αναφορά στην 3DTV και στην αρχιτεκτονική της. Η δομή ενός συστήματος 3DTV έχει ως εξής: παραγωγή, αποθήκευση-επεξεργασία, κωδικοποίηση, δικτύωση, υποδοχή-κατανάλωση. Έτσι στην συνέχεια των κεφαλαίων αναλύεται το κάθε στάδιο της δομής του συστήματος 3DTV ξεχωριστά. Όσον αφορά την παραγωγή, αναλύουμε τους τρόπους και τις τεχνικές που υπάρχουν για την σωστή λήψη ενός 3D video, αλλά και για τις μορφές(formats) που πρέπει να έχει ώστε να γίνει σωστά η μετάδοση, ενώ στην συνέχεια μιλάμε για την αποθήκευση και την επεξεργασία του σήματος που λαμβάνεται. Στο στάδιο της κωδικοποίησης, αναφερόμαστε στις παραδοχές, στις απαιτήσεις αλλά και στις μεθόδους που υπάρχουν για την συμπίεση ενός 3DV. Στην συνέχεια στο στάδιο της δικτύωσης εξετάζουμε τις τεχνικές που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς για την μετάδοση ενός σήματος. Ενώ κατά την λήψη-κατανάλωση του υλικού παρουσιάζουμε την τεχνολογία των 3D οθονών και 3D γυαλιών, καθώς επίσης αναλύουμε και την μέθοδο DIBR, δηλαδή η τεχνική που χρησιμοποιείται για την ανασυγκρότηση των παραγόμενων 3D απόψεων. Και η μελέτη μας ολοκληρώνεται αναφέροντας τους τομείς της καθημερινότητας μας που έχει εφαρμοστεί η 3D τεχνολογία.

## Abstract

This thesis deals with the 3DTV technology and applications that have been developed and incorporated into it. 3D visualization enables the Viewer to enjoy a picture showing all three dimensions of the object causing it to make it more real. Initially, becomes a throwback 3DTV and general 3D technology. In the first chapter explains how the human visual system works and how man perceives the depth, alongside make reference to 3DTV and in architecture. The structure of a system of 3DTV is as follows: production, storage, processing, coding, networking, socket-consumption. So then the capital breaks down each stage of system structure 3DTV separately. As regards production, we analyze the ways and techniques exist for the right taking a 3D video, but also for the formats (formats) that must have in order to become properly transmit, while afterwards talking about storing and processing of the signal obtained. In the encoding stage, referring to the assumptions, the requirements and methods exist to compress a 3DV. Then at the stage of considering the networking techniques that anyone can use to transmit a signal. While at download-hardware present consumption technology of 3D displays and 3D glasses, as well as analyze and DIBR method, i.e. the technique used for the reconstruction of the 3D views. And our study is completed indicating areas of our everyday life that has implemented the 3D technology.

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Ιστορική Αναδρομή της Τεχνολογίας 3D

Το πιο βασικό υλικό απεικόνισης είναι η οθόνη. Η συντριπτική πλειοψηφία των οθονών που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι γνωστές ως οθόνες σχεδίασης σημείων ή οθόνες ράστερ [Θ. Θεοχάρης, Α. Μπέμ- γραφικά και αλγόριθμοι, 1999]. Μια τέτοια οθόνη μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα δισδιάστατο πλέγμα από τετραγωνίδια, τα pixels. Στην απλή περίπτωση μιας μαυρόασπρης εικόνας, κάθε pixel μπορεί να είναι φωτεινό ή σκοτεινό. Με αυτόν τον τρόπο η εικόνα μιας μαυρόασπρης οθόνης υπολογιστή αποτελείται από ένα σύνολο φωτεινών και σκοτεινών σημείων. Η κατάσταση κάθε pixel της οθόνης μπορεί να περιγραφεί με ένα bit πληροφορίας: 1, αν το pixel είναι φωτεινό, 0 αν είναι σκοτεινό.

Το πρώτο τρισδιάστατο γραφικό σχεδιάστηκε το 1964 από τον William Fetter και αναπαρίστανε με τη χρήση διανυσματικών γραφικών μια ανθρώπινη φιγούρα. Δυστυχώς, τα πρώτα τρισδιάστατα γραφικά δεν ήταν καθόλου ρεαλιστικά, γιατί δεν απέδιδαν χαρακτηριστικά υφής και σκίασης. Οι πρώτοι αλγόριθμοι σκίασης τρισδιάστατων αντικειμένων σχεδιάστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Ο Henry Gouraud ήταν πρωτοπόρος στην ανάπτυξη αλγορίθμων σκίασης και ο αλγόριθμος Gouraud Shading χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα. Ένας άλλος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι ο Phong Shading. Μαζί με τους αλγορίθμους σκίασης εμφανίστηκαν και τα πρώτα ρεαλιστικά τρισδιάστατα γραφικά.

Την ίδια εποχή ανακαλύφθηκε η μέθοδος της χαρτογράφησης υφής (texture mapping) από τον Ed Catmull, η οποία χρησιμοποιείται για την απόδοση της υφής στα τρισδιάστατα αντικείμενα. Το 1978 ο James Blinn δημιούργησε τη μέθοδο της ανάγλυφης απεικόνισης (bump mapping) στηριζόμενος στις βασικές αρχές της χαρτογράφησης της υφής. Τα επόμενα χρόνια και μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90, οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνταν μόνο για την απόδοση τρισδιάστατων στατικών εικόνων. Το πρώτο τρισδιάστατο παιχνίδι που έκανε χρήση αυτών των τεχνικών με στόχο την απόδοση ενός τρισδιάστατου κόσμου ήταν το Wolfenstein 3D της εταιρείας ID Software.

## 1.2 Ιστορία της Τρισδιάστατης Τηλεόρασης (3DTV) – Από την ασπρόμαυρη TV στην τρισδιάστατη

Πριν αρκετά χρόνια ήρθε στη ζωή του ανθρώπου η τηλεόραση. Αρχικά ασπρόμαυρη. Έτσι τη γνώρισαν το 1930 [Daniel Minoli 3DTV, 2010]. Όμως ο άνθρωπος ήθελε κάτι παραπάνω από την ασπρόμαυρη "βαρετή" εικόνα, και το απέκτησε. Έτσι πωλούνται οι πρώτες έγχρωμες τηλεοράσεις το 1960. Γενιές και γενιές μεγάλωσαν με αυτές, όμως και πάλι ο θεατής δεν είναι ικανοποιημένος. Ζητάει περισσότερα. Θέλει πιο ζωντανή εικόνα και γι' αυτό έρχεται η εποχή της ψηφιακής τηλεόρασης που ξεκινά το 2006. Παρ' όλα αυτά οι απαιτήσεις γίνονται περισσότερες και ο θεατής θέλει να μπορεί να δει στην τηλεόραση αυτά που βλέπει και στον πραγματικό κόσμο. Δεν του αρκούν οι δύο διαστάσεις, θέλει να μπορεί να έχει την αίσθηση του βάθους. Έτσι ξεκινά μια νέα εποχή για την τηλεόραση, αυτή της τρισδιάστατης εικόνας, στις αρχές του 2010.



Εικόνα 1.1 Ασπρόμαυρη TV



Εικόνα 1.2 Ψηφιακή TV

Η τρισδιάστατη εικόνα χρονολογείται από την αρχή της φωτογραφίας. Το 1844, ο Σκωτσέζος εφευρέτης και συγγραφέας David Brewster εισήγαγε το Στερεοσκόπιο, μια συσκευή που μπορούσε να απεικονίσει τρισδιάστατες εικόνες ενώ βελτιώθηκε από τον Louis Jules το 1851. Μέχρι το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο στερεοσκοπικές "3D" κάμερες για προσωπική χρήση ήταν αρκετά συνηθισμένες.



Εικόνα 1.3 Στερεοσκόπιο



Εικόνα 1.4 Απεικόνιση τρισδιάστατης εικόνας

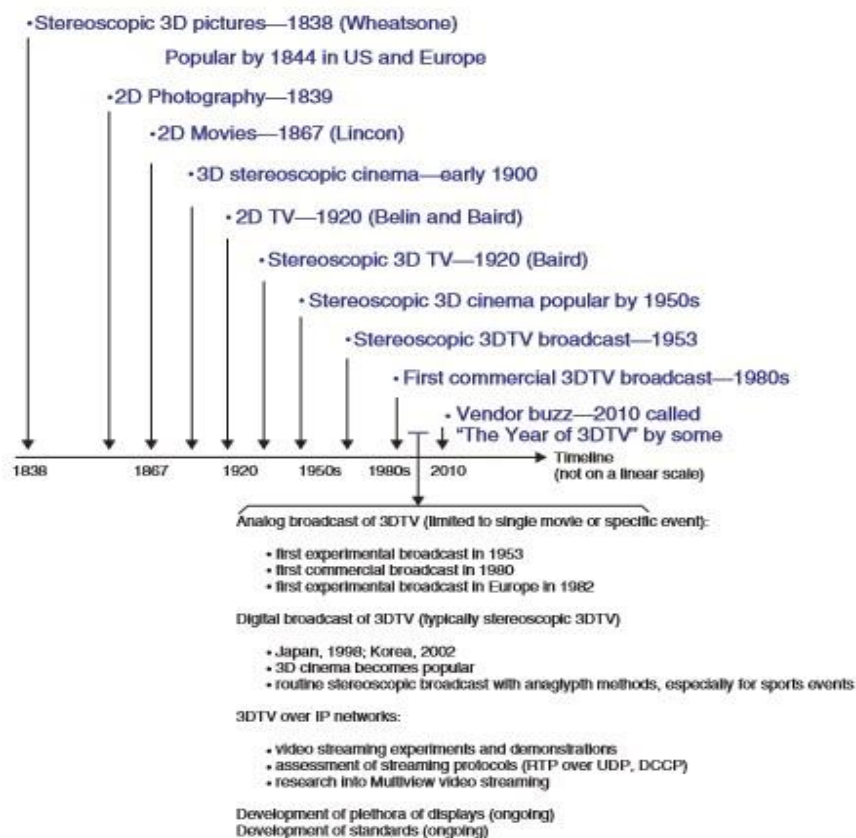
Η μετάδοση και απεικόνιση 3D εικόνων έχει ήδη παρουσιαστεί πολλές φορές σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας. Η εμφάνιση της 3D απεικόνισης στον κινηματογράφο έγινε στην αρχή του 20ού αιώνα με ταινίες μικρού μήκους σε ανάγλυφη μορφή. Η διάταξη της κάμερας χρησιμοποιούσε διπλή λωρίδα στο κόκκινο / πράσινο ανάγλυφο σχήμα, γεγονός που καθιστά την ταινία αυτή τόσο σαν την παλαιότερη γνωστή ταινία που χρησιμοποιεί διπλή προβολή όσο και σαν την πρώτη γνωστή ταινία στην οποία χρησιμοποιήθηκαν τα ανάγλυφα γυαλιά. Το 1935 έχουμε την πρώτη έγχρωμη τρισδιάστατη ταινία. Από το 1939 έκανε την είσοδο της η τρισδιάστατη απεικόνιση με τη βοήθεια του πολωμένου φωτός. Τη δεκαετία του 50, όταν η τηλεόραση έγινε δημοφιλής στις ΗΠΑ, παράχθηκαν πολλές τρισδιάστατες ταινίες. Η πρώτη τέτοιου είδους ταινία που προβλήθηκε σε όλες τις ΗΠΑ το 1952 ήταν η *Bwana Devil* (εικόνα 1.5). Αργότερα, το 53, έχουμε την 3D ταινία *House of Wax* που είχε 2D (στερεοφωνικό) ήχο. Τις δεκαετίες 60' και 70' χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της στερεοσκοπίας (stereovision). Στις επόμενες δεκαετίες η χρήση των 3D γραφικών αυξήθηκε ραγδαία.



Εικόνα 1.5 οι πρώτες 3D ταινίες

Οι εικόνες της 3DTV θα υπάρχουν στο χώρο μέσα από ένα σύστημα απεικόνισης, το οποίο θα δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να βλέπουν τη σκηνή από όποια γωνία θέλουν. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και το γεγονός ότι η 3D όραση έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για πάνω από έναν αιώνα. Το κοινό είχε ενθουσιαστεί από τα 3D στερεογράμματα του 19ου αιώνα, από τις 3D ταινίες της δεκαετίας του 1950, από την ολογραφία στη δεκαετία του 1960 και από τα 3D γραφικά υπολογιστών και την εικονική πραγματικότητα σήμερα.

Στο σχήμα της παρακάτω εικόνας (εικόνα 1.6) φαίνεται η μακρόχρονη ιστορία της 3D ταινίας και 3DTV. Ωστόσο, η τεχνολογία έχει προχωρήσει αρκετά μέχρι σήμερα με την ανάπτυξη της ψηφιακής τηλεόρασης (DTV) και της τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV).



Εικόνα 1.6 Ιστορικό των 3Dταινιών και της 3DTV. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley &amp; Sons, Inc.)

## 2 Η 3D Τηλεόραση

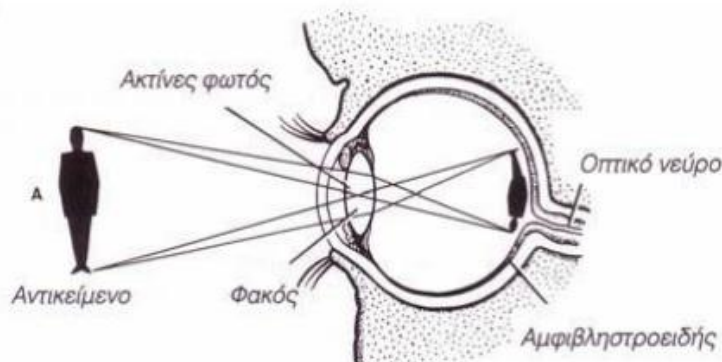
### 2.1 Εισαγωγή

Αν μπορούσαμε να δώσουμε έναν ορισμό για την 3DTV θα την χαρακτηρίζαμε ως ένα υψηλής ποιότητας τρισδιάστατο (3D)οπτικό αντίγραφο, με διαφορές που οπτικά είναι δυσδιάκριτες από το πρωτότυπο. Ουσιαστικά αυτό που προσφέρει η 3DTV είναι μια ψευδαίσθηση του πραγματικού κόσμου, πράγμα που μας κάνει να νιώθουμε ότι συμμετέχουμε ταυτόχρονα σ' αυτό που βλέπουμε. Βάση αυτού του ορισμού αμέσως γίνεται κατανοητή η διαφορά της 3DTV με την απλή στερεοσκοπική 3D όραση και τον κινηματογράφο.

Μια τηλεόραση, είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που απαιτεί τη δέσμευση μιας σκηνής, την μετατροπή της σε σήμα, τη μεταφορά του σήματος και τέλος την έκθεσή του σε ένα υποσύστημα απεικόνισης – αυτό ακριβώς ισχύει και στα 3DTV συστήματα.

### 2.2 Ανθρώπινο οπτικό σύστημα

Έχουμε την ικανότητα να κινούμαστε και να ανταποκρινόμαστε με συνέπεια μέσα σε ένα χώρο επειδή μπορούμε να αντιληφθούμε τον τρισδιάστατο κόσμο μας. Στην ουσία αυτό που καταλαβαίνουμε είναι η σχετική απόσταση των αντικειμένων γύρω μας, δηλαδή έχουμε την αίσθηση του βάθους. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι έχουμε διοφθαλμική όραση, ή πιο απλά βλέπουμε με τα δύο μας μάτια. Ποιο συγκεκριμένα ο οφθαλμός και κυρίως ο αμφιβληστροειδής αποτελεί το δέκτη των οπτικών μας ερεθισμάτων. Τα ερεθίσματα αυτά με τα οπτικά νεύρα (δεξιό και αριστερό, ένα σε κάθε μάτι) και γενικότερα με τις οπτικές οδούς μεταφέρονται σε μια περιοχή πίσω στον εγκέφαλο, στον ινιακό λοβό, όπου γίνεται η επεξεργασία των ερεθισμάτων και η όραση. Η περιοχή αυτή του εγκεφάλου, ο ινιακός λοβός, αποτελεί και το κέντρο της όρασης ενώ το μάτι μας είναι το δεκτικό όργανο. Τα δύο οπτικά κέντρα στον εγκέφαλο συνδέονται μεταξύ τους με ίνες αλλά και λειτουργικά, οπότε κατορθώνεται με τα δυο μας μάτια να βλέπουμε ένα αντικείμενο, δηλαδή να έχουμε τη διόφθαλμη όραση (εικόνα 2.1).

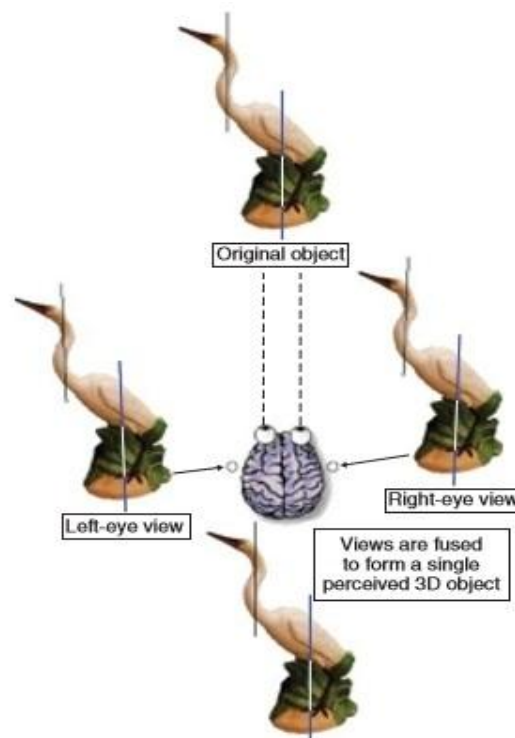


Εικόνα 2.1 Λειτουργία της ανθρώπινης όρασης

Κάθε μάτι βλέπει μια διαφορετική εικόνα, ή καλύτερα μια διαφορετική προοπτική της ίδιας εικόνας αυτό το καταλαβαίνουμε αν κοιτάζοντας ένα σημείο αρχίσουμε να

ανοιγοκλείνουμε τα μάτια μας εναλλάξ και έτσι εξηγείται το ότι βλέπουμε τρισδιάστατα. Όταν επεξεργαστεί τις δύο αυτές εικόνες ο εγκέφαλος μας, τότε έχουμε την αίσθηση του βάθους. Βέβαια, και όταν έχουμε μονοφθαλμική όραση μπορούμε να δούμε τρισδιάστατα, αλλά αυτό οφείλεται κυρίως στη σχετική θέση των αντικειμένων. Δηλαδή ένα αντικείμενο που απέχει μεγαλύτερη απόσταση από ένα άλλο, το βλέπουμε πιο μικρό.

Όπως είπαμε επειδή έχουμε δυο μάτια που συνεργάζονται μεταξύ τους για ν' αποκτήσουμε τη διόφθαλμη όραση (για να βλέπουμε δηλαδή και με τα δυο μάτια κάθε αντικείμενο σαν ένα) έχουμε ταυτόχρονα και την αντίληψη του βάθους και του όγκου των αντικειμένων, δηλαδή τη στερεοσκοπική όραση(εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2 Η σύνθεση μιας εικόνας από τις προβολές του αριστερού & δεξιού ματιού. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley & Sons, Inc.)

Αναφέραμε ότι η στερεοσκοπική όραση πραγματοποιείται διότι κάθε μάτι βλέπει το ίδιο αντικείμενο από σχετικά μικρή, αλλά διαφορετική οπτική γωνία, με αποτέλεσμα την ίδια στιγμή ο εγκέφαλος να παραλαμβάνει δύο ελαφρά διαφοροποιημένες εικόνες του ίδιου αντικειμένου. Η διαφοροποίηση αυτή ονομάζεται παράλλαξη [Daniel Minoli 3DTV, 2010]. Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί αυτές τις οπτικές πληροφορίες από τις διάφορες παραλλάξεις, για να προσδιορίσει τη σχετική θέση των αντικειμένων μεταξύ τους και τις αποστάσεις των αντικειμένων από τον παρατηρητή.

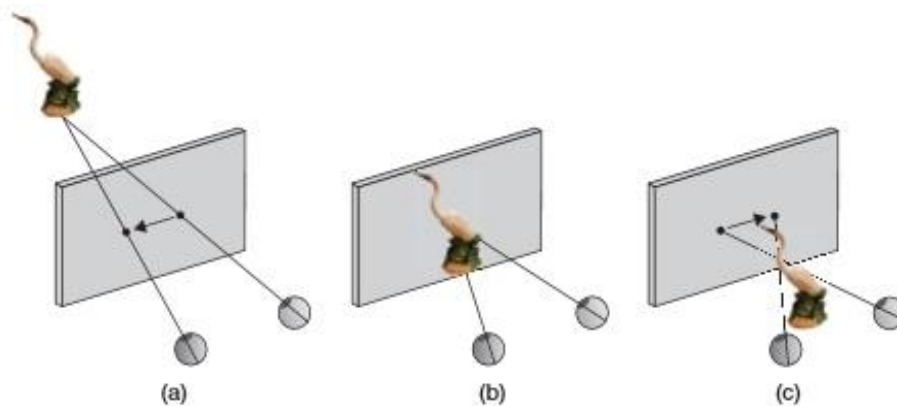
Έχουμε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις παράλλαξης (εικόνα 2.3)

- Αρνητική παράλλαξη (Negative Parallax) στην στερεοσκοπική παρουσίαση συμβαίνει όταν οι οπτικές ακτίνες διασταυρώνονται μπροστά από την οθόνη στο χώρο των θεατών (Εικ. 2.3c) αφού το σημείο προβολής της εικόνας για το δεξί μάτι βρίσκεται πιο αριστερά από το αντίστοιχο σημείο προβολής για το αριστερό μάτι.



- Θετική παράλλαξη (Positive Parallax) στην στερεοσκοπική παρουσίαση συμβαίνει όταν οι οπτικές ακτίνες τέμνονται πίσω από την οθόνη - στο χώρο της οθόνης- (Εικ. 2.3a) αφού το σημείο προβολής για το δεξί μάτι βρίσκεται πιο δεξιά από το αντίστοιχο σημείο προβολής για το αριστερό μάτι.
- Μηδενική παράλλαξη (Zero Parallax) έχουμε όταν τα αντίστοιχα σημεία της εικόνας βρίσκονται στην ίδια θέση για το αριστερό αλλά και το δεξί μάτι του θεατή (Εικ. 2.3b).

Χώρος οθόνης είναι η περιοχή πίσω από την επιφάνεια της οθόνης. Τα αντικείμενα θα γίνουν αντιληπτά σε αυτήν την περιοχή εάν έχουμε θετική παράλλαξη. Ενώ ο χώρος προβολής είναι η περιοχή μεταξύ του θεατή και της επιφάνειας της οθόνης. Τα αντικείμενα θα γίνουν αντιληπτά από τον θεατή στην περιοχή αυτή, εφόσον έχουν αρνητικές παράλλαξη.



Εικόνα 2.3 παράλλαξη: (a) Θετική παράλλαξη, (b) Μηδενική παράλλαξη, και (c) Αρνητική παράλλαξη. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley & Sons, Inc.)

Πέρα όμως απ' αυτή την αντίληψη των αντικειμένων συνειδητοποιούμε την παρουσία διαφόρων αποχρώσεων δηλαδή αποκτούμε και την αντίληψη των χρωμάτων. Για την αντίληψη των χρωμάτων φαίνεται ότι μετέχουν κυρίως τα κονία του αμφιβληστροειδούς που είναι περισσότερα στην ωχρά κηλίδα. Η αντίληψη των χρωμάτων αποτελεί πιο εξελιγμένη και ανώτερη αισθητηριακή αντίληψη. Παρά την πληθώρα των χρωμάτων που βλέπουμε, φαίνεται ότι υπάρχουν στα κονία τρεις κύριοι υποδοχείς γι' αυτά. Οι υποδοχείς του κόκκινου, του πράσινου και του κυανού (μπλε).

Η όραση αποτελεί σύνθετη επεξεργασία που συνίσταται από πολλά ανεξάρτητα τμήματα (υποδοχείς στον αμφ/δή, μηχανισμούς διαμόρφωσης και μετάδοσης, οδούς και κέντρα στον εγκέφαλο και τελικά προβάλλει ως ενιαία αντίληψη). Οι πιο πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι λειτουργούν τρία συστήματα για την όραση:

1. Αντίληψη της μορφής (σχήματος)
2. Αντίληψη του χρώματος

3. Αντίληψη της κίνησης και της οργάνωσης στο χώρο (δηλ. της αμοιβαίας σχέσης των αντικειμένων στο χώρο).

### 2.3 Η αίσθηση του βάθους

Η ανθρώπινη όραση χρησιμοποιεί δύο μηχανισμούς για να υπολογίζει τη σχετική απόσταση των αντικειμένων στο χώρο. Ο πρώτος μηχανισμός βασίζεται στη σύγκλιση μεταξύ των ευθειών παρατήρησης για το καθένα από τα δύο μάτια. Πιο συγκεκριμένα όταν παρατηρούμε το αντικείμενο από κοντά οι ευθείες παρατήρησης του αντικειμένου για το κάθε μάτι μας δεν είναι παράλληλες αλλά συγκλίνουν πάνω στο αντικείμενο. Όσο πιο κοντά βρίσκεται το αντικείμενο τόσο μεγαλύτερος βαθμός σύγκλισης είναι απαραίτητος για την παρατήρηση του. Όσο μεγαλύτερος όμως είναι και ο βαθμός σύγκλισης τόσο μεγαλύτερη είναι και η πίεση που εξασκούν οι μύες του ματιού για να το υποχρεώσουν να κινηθεί προς την επιθυμητή κατεύθυνση. Ο εγκέφαλος μετρά την πίεση των μυών του ματιού και έτσι λαμβάνει μια ένδειξη της απόστασης του αντικειμένου από το μάτι μας.

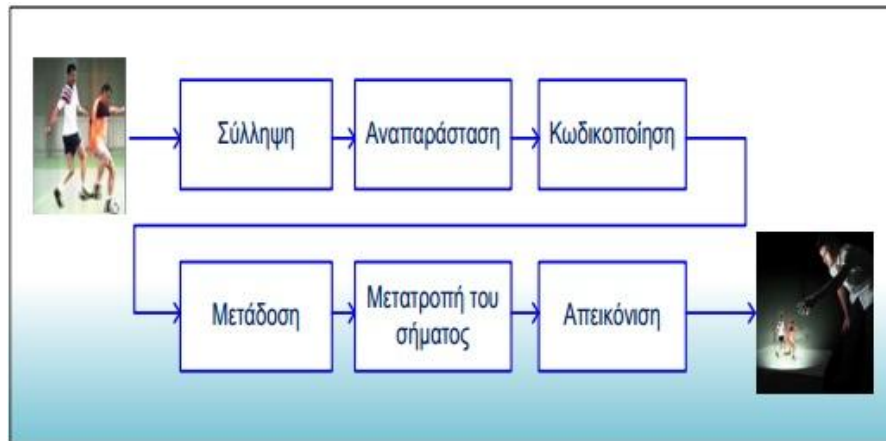
Η δεύτερη ένδειξη που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλος μας προέρχεται από την απόκλιση μεταξύ της εικόνας του κόσμου που προέρχεται από το αριστερό και το δεξιό μάτι. Πιο συγκεκριμένα όταν τα μάτια μας εστιάζουν στο ίδιο σημείο του χώρου η εικόνα που μεταδίδουν στον εγκέφαλο διαφέρει καθώς η εικόνα του δεξιού ματιού είναι μετατοπισμένη προς τα δεξιά και η εικόνα του αριστερού ματιού προς τα αριστερά. Όταν εστιάζουμε σε ένα μακρινό αντικείμενο η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών εικόνων είναι αμελητέα ενώ όσο το αντικείμενο πλησιάζει προς το μάτι μας η διαφορά αυτή αυξάνεται. Ο εγκέφαλος συνδυάζει τη πληροφορία αυτή με την πίεση των μυών του ματιού για να δημιουργήσει την αίσθηση του βάθους.

### 2.4 Τρισδιάστατη τηλεόραση (3DTV)

Οι 3D ταινίες προβλήθηκαν αρχικά στον κινηματογράφο και τώρα σειρά παίρνουν οι τηλεοράσεις με την 3D τεχνολογία. Η 3D τηλεόραση [Daniel Minoli 3DTV, 2010] είναι μια τεχνολογία απεικόνισης που επιτρέπει στους τηλεθεατές στο σπίτι να παρακολουθήσουν τηλεοπτικά προγράμματα, ταινίες και video games. Αυτή η δυνατότητα στηρίζεται σε μία βασική αρχή, η οποία εκθέτει μια διαφορετική εικόνα (αναπαράσταση) στο κάθε μάτι και, με αυτό τον τρόπο, δημιουργείται η οφθαλμαπάτη ενός τρισδιάστατου αντικειμένου. Η τεχνική αυτή καλείται στερεοσκοπία (stereoscopy) και προσπαθεί να προσθέσει την ψευδαίσθηση της τρίτης διάστασης σε μια δισδιάστατη εικόνα, στην πραγματικότητα. Για να φτάσουμε από τη σύλληψη της εικόνας στην απεικόνισή της στο θεατή, παρεμβάλλονται και άλλα βήματα, τα οποία φαίνονται στην εικόνα 2.4.

Αυτή η ψευδαίσθηση δημιουργείται με την ταυτόχρονη εμφάνιση δύο εικόνων της ίδιας σκηνής, πλήρους μεγέθους αλλά λίγο διαφορετικών (μία για το αριστερό μάτι και άλλη μία για το δεξί). Ο λόγος ύπαρξης της διαφορετικότητας των εικόνων είναι η προσπάθεια απομίμησης του τρόπου, με τον οποίο το ανθρώπινο μάτι βλέπει ένα αντικείμενο. Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τις διαφορές αυτές ως πληροφορίες για τις τρεις διαστάσεις του αντικειμένου που κοιτάζει και δημιουργεί την αντίληψη του βάθους που λείπει από τις δισδιάστατες εικόνες που απεικονίζονται στο χαρτί ή στην απλή οθόνη.





Εικόνα 2.4 η αλυσίδα της 3DTV

Η τεχνολογία 3D παρουσιάζει δύο διαστάσεις εικόνες σε μια επίπεδη οθόνη και αυτό αποτελεί μία εντελώς άγνωστη διεργασία για τον εγκέφαλο.

Όταν κοιτάει κανείς ένα αντικείμενο στο χώρο, αναλαμβάνουν δράση δύο ειδών μυς των ματιών - οι μυς της σύγκλισης που διευθύνουν το αριστερό και το δεξί μάτι προς το ίδιο σημείο του χώρου και οι μυς της εστίασης που κάνουν τον βολβό του ματιού να εστιάσει στην εικόνα του αντικειμένου. Ο εγκέφαλος κατευθύνει αυτούς τους μυς στο ίδιο σημείο του χώρου, γιατί έτσι λειτουργεί η ανθρώπινη όραση.

Γεγονός είναι ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ της 3D τεχνολογίας και της ανθρώπινης όρασης. Από τη μία πλευρά, η 3D τηλεόραση βασίζεται στη χρήση δύο ελαφρώς διαφορετικών εικόνων με παρόμοιο τρόπο με το μοντέλο της ανθρώπινης όρασης για τη δημιουργία μιας τρισδιάστατης αναπαράστασης. Από την άλλη, υπάρχουν κάποιες σημαντικές διαφορές στον τρόπο που βλέπει κανείς ένα τρισδιάστατο αντικείμενο στην πραγματικότητα από μια 3D ταινία στην τηλεόραση.

Η παρούσα 3D τεχνολογία όμως ασχολείται μόνο με το θέμα της σύγκλισης, με αποτέλεσμα η λειτουργία της σύγκλισης και η λειτουργία της εστίασης να αναφέρονται τελικά σε δύο διαφορετικά σημεία στο χώρο. Το σημείο εστίασης είναι σταθερά η οθόνη της τηλεόρασης, ενώ το σημείο σύγκλισης αλλάζει διαρκώς, ανάλογα με τη διαφορά μεταξύ των δύο εικόνων 2D που συγκλίνουν τεχνητά. Αυτή η διαφορά μεταξύ της σύγκλισης και της εστίασης οδηγεί σε διάφορες ανεπιθύμητες παρενέργειες. Αυτός είναι και ο λόγος, για τον οποίο οι ταινίες 3D δημιουργούνται με διαφορετικές τεχνικές κατά το γύρισμα, απ' ό,τι οι συνηθισμένες 2D ταινίες.

Να σημειώσουμε ότι υπάρχουν δύο προσεγγίσεις για την 3DTV:

- Στερεοσκοπική τηλεόραση: η οποία απαιτεί ειδικά γυαλιά για να παρακολουθήσουν οι χρήστες 3D ταινίες.
- Αυτό-στερεοσκοπική τηλεόραση: η οποία εμφανίζει 3D εικόνες με τέτοιο τρόπο ώστε οι χρήστες να μπορούν να απολαύσουν την τρισδιάστατη εμπειρία χωρίς ειδικά γυαλιά.

Η τεχνική που χρησιμοποιεί η στερεοσκοπική τηλεόραση ακολουθεί το κινηματογραφικό μοντέλο, ενώ μπορεί να παράγει τα καλύτερα αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, περιορισμό αποτελεί η απαιτούμενη χρήση αξεσουάρ ( ειδικά γυαλιά ), καθώς είναι κουραστική - χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία (ειδικά για μια μεγάλη οικογένεια ) αφού χωρίς τα ειδικά γυαλιά δεν μπορεί να επιτευχθεί η τρισδιάστατη απεικόνιση.

Στην αυτό-στερεοσκοπική 3DTV καταργείτε η χρήση κάθε ειδικού αξεσουάρ πράγμα που σημαίνει ότι η αντίληψη του 3D γίνεται κατά κάποιο τρόπο αυτόματα. Οι αυτό-στερεοσκοπικές οθόνες κάνουν χρήση πρόσθετων οπτικών στοιχείων ευθυγραμμισμένα στην επιφάνεια της οθόνης, για να εξασφαλιστεί ότι ο παρατηρητής βλέπει διαφορετικές εικόνες από το κάθε μάτι. Εδώ απαιτείται να αναπτυχθούν σχετικά ποιο περίπλοκες οθόνες. Ωστόσο, η αυτό-στερεοσκοπική 3DTV μπορεί να παράγει καλύτερα αποτελέσματα έγχρωμης τρισδιάστατης απεικόνισης σε σχέση με την στερεοσκοπική.

Το 2010 ξεκίνησε με τους καλύτερους οιωνούς για τις 3D τηλεοράσεις δεδομένης της μεγάλης επιτυχίας του Avatar στους κινηματογράφους και της «πλημμύρας» της τρισδιάστατης τεχνολογίας που εισάγεται στις εμπορικές εκθέσεις. Όλες οι εταιρίες έχουν επενδύσει πολλά στην τεχνολογία αυτή και τα αποτελέσματα της προσπάθειας αυτής είναι προϊόντα πρωτόγνωρα και μοναδικά τουλάχιστον σε αυτά που έχουμε μάθει έως τώρα. Πρόκειται για μια αληθινή επανάσταση καθώς η τηλεόραση τείνει να γίνει οικιακός κινηματογράφος με όλη την σημασία της λέξεως.

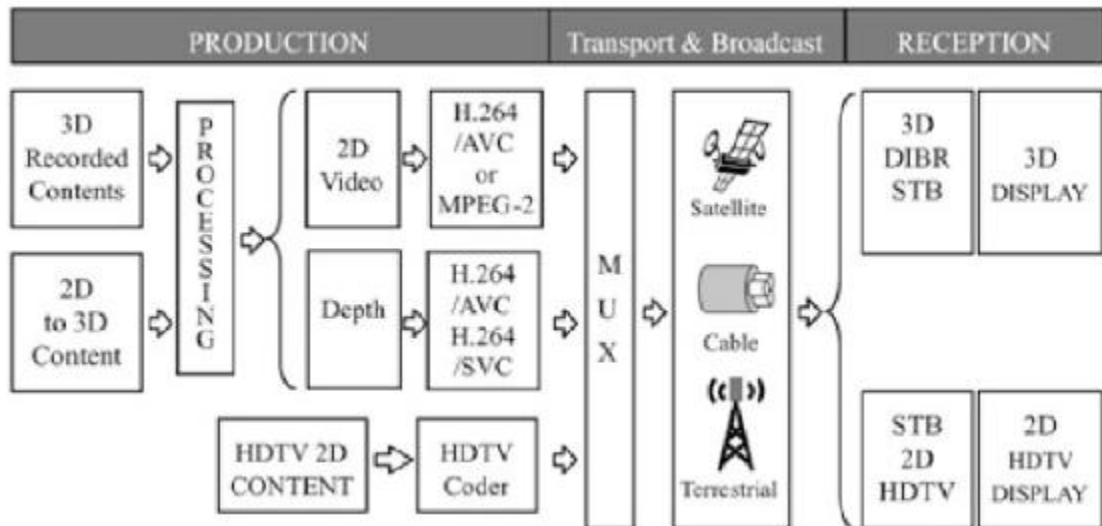
Τι ακριβώς σημαίνει η τρισδιάστατη εμπειρία για τους θεατές όμως ;

Απλά ας φανταστούμε πως είμαστε μέσα στο γήπεδο και έρχεται η μπάλα προς το μέρος μας αλλά δεν μας χτυπάει ποτέ, ή ότι ένα αμάξι από την ταινία που παρακολουθούμε μας ακολουθεί και μας προσπερνάει χωρίς να πάθουμε τίποτα. Πρόκειται ουσιαστικά για μια ψευδαίσθηση που μας δημιουργείται σαν να είναι ρεαλιστική και να συμμετέχουμε ταυτόχρονα σ' αυτό που βλέπουμε, ότι δηλαδή είμαστε ένα με την σκηνή που παίζεται. Αυτή την αίσθηση αποκομίζει ο θεατής.

## 2.5 Η Αρχιτεκτονική ενός 3DTV συστήματος

Κάθε σύστημα 3D-TV βασίζεται σε ψηφιακά δίκτυα εκπομπής και μπορεί να μελετηθεί σύμφωνα με την δομή ενός γενικού παραδοσιακού συστήματος 2D εκπομπής: παραγωγή-επεξεργασία, μεταφορά, μετάδοση και υποδοχή-κατανάλωση. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.5.

Το σύστημα που περιγράφεται στο σχήμα 2.5 θεωρεί ότι η τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας HDTV και 3D TV (όποιο από τα δύο format) θα συνυπάρχουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τελικός στόχος ενός συστήματος τηλεόρασης είναι να παρέχει ελεύθερη προβολή μιας 3D εικόνας με πλήρη χρωματική ανάλυση με τρόπο παρόμοιο με τη σημερινή ολογραφία, υπάρχει ακόμα πολύς δρόμος για την επίτευξη αυτού του στόχου, και έτσι, η συμβατότητα μεταξύ των διαφορετικών γενεών τεχνολογία 3D και 2D υποδομών HDTV είναι ζωτικής σημασίας.



Εικόνα 2.5 Γενική αρχιτεκτονική του συστήματος μετάδοσης 3DTV. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley & Sons, Inc.)

## 2.6 Παραγωγή

Το πρώτο βήμα σε μια αλυσίδα μετάδοσης 3D TV είναι η δημιουργία κατάλληλου περιεχομένου. Οι 3D παραγωγές θα πρέπει να διαφέρουν από 2D παραγωγές για μια καλή εμπειρία 3D θέασης. Η σύλληψη 3D βίντεο είναι μια από τις πιο σύνθετες πτυχές όλης της αλυσίδας της 3D απεικόνισης.

Η λήψη τρισδιάστατου βίντεο γίνεται συνήθως με τουλάχιστον δύο κάμερες οι οποίες πρέπει να είναι συγχρονισμένες και τοποθετημένες οριζόντια (εικόνα 2.6). Οι εικόνες που λαμβάνονται με αυτόν τον τρόπο αντιπροσωπεύουν δύο προοπτικές του ίδιου αντικειμένου (με τον ίδιο τρόπο που τα μάτια μας βλέπουν τον κόσμο). Το αποτέλεσμα είναι μια 2D εικόνα η οποία είναι η βάση για τις διάφορες τεχνικές επεξεργασίας που παράγουν πρόσθετες προβολές ή τα στρώματα που απαιτούνται από κάθε ειδική μορφή 3D. Επίσης μπορεί να γίνει λήψη και με την χρήση μιας κάμερας όπου παράγει μια στερεοσκοπική εικόνα, η οποία υπόκειται σε μεγάλη επεξεργασία για την απόκτηση της ψευδαίσθησης του βάθους.



Εικόνα 2.6 λήψη 3DV με δύο κάμερες

Στην περίπτωση που η λήψη γίνει με δύο ή περισσότερες κάμερες (multiview video) τότε υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις για να γίνει σωστά η λήψη του 3DV:

- Οι κάμερες πρέπει να είναι πανομοιότυπες. Αυτό είναι απόλυτα λογικό αφού σκοπός είναι τελικά να παράγουμε μία και μόνο εικόνα. Δεν μπορούν να υπάρχουν διαφορές ούτε στην ανάλυση ούτε σε άλλα χαρακτηριστικά γιατί θα δημιουργηθεί πρόβλημα στην τελική ψευδαίσθηση.
- Σημαντική είναι η κατάλληλη απόσταση μεταξύ των φακών των καμερών (interaxial). Αυτή εξαρτάται από το περιεχόμενο της σκηνής καθώς και την επιθυμητή αίσθηση βάθους. Συνήθως, όμως, η απόσταση είναι 65 χιλιοστά (όση είναι και η απόσταση των ματιών). Αν η απόσταση είναι μικρότερη, τότε θα προκύψει μια πιο επίπεδη εικόνα, ενώ αν είναι μεγαλύτερη το αποτέλεσμα θα είναι μια εικόνα μικρότερη από την κανονική (έτσι δημιουργούνται και οι μινιατούρες σε διάφορες σκηνές) (hyper-stereoscopy).
- Στην περίπτωση που οι κάμερες είναι μεγάλες (ογκώδεις) δεν μπορούμε να επιτύχουμε την απόσταση που θέλουμε. Τότε καταφεύγουμε στη χρήση καθρεπτών(εικόνα 2.7). Οι δύο κάμερες τοποθετούνται αντικριστά και μαγνητοσκοπούν τους καθρέφτες, που είναι τοποθετημένοι σε γωνία 45 μοιρών, και όχι το ίδιο το αντικείμενο. Φυσικά υπάρχουν και άλλες διατάξεις με καθρέφτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με το αντικείμενο την σκηνή ή ακόμα και ποιο αποτέλεσμα θέλουμε στην τελική εικόνα μας.



Εικόνα 2.7 λήψη 3DV με την χρήση καθρεπτών

- Όπως αναφέρθηκε οι κάμερες είναι οριζόντια και μπορεί να είναι τοποθετημένες παράλληλα, να συγκλίνουν ή να περιστρέφονται, ανάλογα πάντα με το αποτέλεσμα που θέλουμε.

Με παράλληλες κάμερες, έχουμε πιο ήρεμα τρισδιάστατα πλάνα, χρειάζεται όμως επεξεργασία η εικόνα ώστε να δοθεί το κατάλληλο βάθος. Η επεξεργασία, όμως, που απαιτείται, χρησιμοποιεί για τις διορθώσεις stereo base shifting που οδηγεί σε περικοπή των εικόνων. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί αν κατά τη λήψη φροντίσουμε να έχουμε περισσότερο χώρο στα πλαϊνά.

Με κάμερες που συγκλίνουν (converge shots) θα χρειαστεί ακόμα μεγαλύτερη επεξεργασία διότι εδώ υπάρχει το φαινόμενο που ονομάζεται keystone- διαστρέβλωση διαστάσεων αντικειμένων ή αλλιώς φαινόμενο Tombstone.

Το φαινόμενο Keystone ή αλλιώς φαινόμενο Tombstone δημιουργείται στην προσπάθεια να απεικονίσεις μια εικόνα πάνω σε μια επιφάνεια υπό γωνία, όπως όταν έχουμε έναν προβολέα που δεν έχει ευθυγραμμιστεί σωστά με την οθόνη όπου προβάλλει. Είναι μια παραμόρφωση των διαστάσεων της εικόνας, κάνοντάς τη να μοιάζει με τραπεζοειδές. Στην τρισδιάστατη απεικόνιση χρησιμοποιούνται δύο φακοί για τη λήψη της εικόνας (με διαφορετική προοπτική). Αν οι δύο εικόνες δεν είναι ακριβώς παράλληλες προκαλείται το φαινόμενο Keystone (εικόνα 2.8). Αυτό διορθώνεται με μια διαδικασία που λέγεται Keystone correction (εικόνα 2.8), και συνίσταται στην παραμόρφωση του τραπεζοειδούς σχήματος έτσι ώστε εν τέλει το προβαλλόμενο σχήμα να γίνει ορθογώνιο.

With Keystone Correction



Without Keystone Correction



Εικόνα 2.8 φαινόμενο Keystone κατά την λήψη (δεξιά), επεξεργασία Keystone correction (αριστερά). (Πηγή brain.ee.auth.gr)

Επίσης να αναφέρουμε ότι σε μια κάμερα μπορούμε να εφαρμόσουμε έναν Τρισδιάστατο προσαρμογέα φακών (3d lens adapter)(εικόνα 2.9) ώστε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα κατά την λήψη 3DV.

Ο τρισδιάστατος προσαρμογέας (3d lens adapter) είναι μια κυβική διάταξη που διαχωρίζει μια δέσμη φωτός στα δύο και αποτελείται από δύο τριγωνικά γυάλινα πρίσματα κολλημένα στη βάση. Ρυθμίζεται λοιπόν κατάλληλα η κάμερα έτσι ώστε (για ένα ορισμένο μήκος κύματος) η μισή οπτική ισχύς να ανακλαστεί λόγω της ολικής εσωτερικής ανάκλασης και η άλλη μισή να μεταδοθεί, δημιουργώντας έτσι δύο ακτίνες φωτός. Η αρχή λειτουργίας τους είναι να κατευθυνθεί το φως από δύο χωριστά σημεία (αριστερό μάτι και δεξί μάτι) μέσω των καθρεφτών σε δύο χωριστά μέρη του ίδιου πλαισίου της ταινίας. Αυτό μπορεί να γίνει για να παράγουμε δύο μισού πλάτους εικόνες σε ένα πλαίσιο, και είναι σαφώς μια καλή ιδέα να περιληφθεί ένας διπλός αναμορφικός φακός σε αυτόν τον προσαρμογέα έτσι ώστε η προβαλλόμενη τρισδιάστατη εικόνα θα είναι πάλι πλήρης στο πλάτος. Τα δημοφιλέστερα τρισδιάστατα συστήματα προσαρμοσμένων φακών για το video υιοθετούν τη διαδοχική τρισδιάστατη κωδικοποίηση πεδίων. Αυτό σημαίνει ότι η εικόνα του αριστερού ματιού θα καταγραφεί επάνω στα άρτια πεδία και η εικόνα του δεξιού στα περιττά πεδία (αυτό μπορεί να αναστραφεί).



Εικόνα 2.9 τρισδιάστατος προσαμογέας (3d lens adapter), τριγωνικά γυάλινα πρίσματα

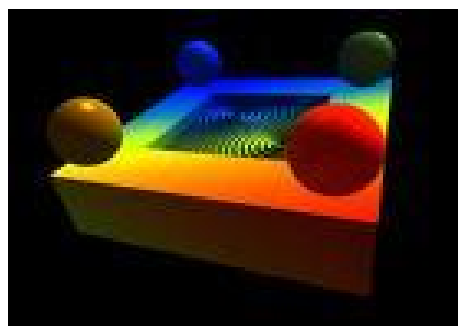
## 2.7 Λήψη σήματος – κάμερες

### 2.7.1 Λήψη 3D βίντεο με μία κάμερα

Μπορεί όπως προαναφέραμε να γίνει λήψη 3DV και με μία κάμερα. Στην περίπτωση αυτή η τεχνική βασίζεται στο φαινόμενο Pulfrich. Κατά το οποίο η πλευρική κίνηση ενός αντικειμένου στο πεδίο οράσεως ερμηνεύεται από τον οπτικό φλοιό σαν ένα στοιχείο βάθους, εξαιτίας της σχετικής διαφοράς του χρόνου άφιξης του “οπτικού” σήματος στα δύο μάτια.

Η κάμερα πρέπει να περιστρέφεται στο οριζόντιο επίπεδο (εναλλακτικά μπορούν να κινηθούν και τα αντικείμενα), ενώ πρέπει να φοράμε ειδικά γυαλιά (σκουρόχρωμος φακός στο δεξί μάτι, ανοιχτόχρωμος στο αριστερό) για να μπορέσουμε τελικά να δούμε την τρισδιάστατη εικόνα. Μπροστά θα εμφανιστούν τα αντικείμενα που κινούνται από αριστερά προς τα δεξιά, ενώ πιο πίσω εκείνα που κινούνται αντίθετα. Το μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι πως δεν μπορούμε να δούμε τρισδιάστατα αντικείμενα που κινούνται διαγώνια ή πάνω κάτω.

Όπως είπαμε εδώ για να έχουμε τρισδιάστατη θέαση χρησιμοποιούμε γυαλιά. Η εταιρία Chromatek διαθέτει ένα πατενταρισμένο σύστημα που παράγει στερεοσκοπικά φαινόμενα τα οποία βασίζονται στη διάθλαση του χρώματος μέσα από ένα ειδικό πρισμαειδές ολογραφικό φιλμ τοποθετημένο σε γυαλιά. Τα γυαλιά αυτά είναι τύπου chromadepth δίνουν την ψευδαίσθηση ότι τα χρώματα καταλαμβάνουν διαφορετικές θέσεις στο χώρο, με το κόκκινο να είναι μπροστά και το μπλε πιο πίσω (εικόνα 2.10). Αυτό λειτουργεί αρκετά καλά με τον ουρανό, τη θάλασσα ή τα γρασίδια ως φόντο και τα πιο κόκκινα αντικείμενα στο προσκήνιο.



Εικόνα 2.10 η ψευδαίσθηση των διαφορετικών θέσεων των χρωμάτων σύμφωνα με τα γυαλιά chromadepth. (Πηγή: brain.ee.auth.gr)

### 2.7.2 Λήψη 3D βίντεο με πολλαπλά συστήματα κάμερας (multiview)

Για να έχουμε καλύτερα αποτέλεσμα τρισδιάστατης λήψης και κατά συνέπεια ποιο αποτελεσματική 3D προβολή χρησιμοποιείται η τεχνική που βασίζεται σε πολλαπλά συστήματα κάμερας (multiview Imaging), η οποία παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία, με την έννοια ότι επιτρέπει την καταγραφή του περιεχομένου από όλες τις επιθυμητές οπτικές γωνίες ώστε να παραχθεί το τρισδιάστατο αποτέλεσμα. Οι multiview λήψεις συνήθως γίνονται σε ειδικά διαμορφωμένα studios λόγω της πολυπλοκότητας των πολλαπλών ρυθμίσεων των καμερών.

Η τεχνική MVI λόγω του ότι προσφέρει την απόδοση μιας εικόνας με πολύ καλή ανάλυση αυξάνει την αποδοτικότητα αλλά και την εμπειρία του χρήστη και έτσι έχουμε την εφαρμογή της σε διάφορους τομείς. Οι πιο σημαντικές εφαρμογές των Multiview λήψεων είναι στην 3DTV και στην FTV (Free View point TV), αλλά και στα νέα μέσα ενημέρωσης που ξεφεύγουν από αυτό που πρόσφεραν τα παραδοσιακά μέσα.

Η 3DTV αναφέρεται και ως στερεοφωνική τηλεόραση και ως στόχο έχει την 3D απεικόνιση, ενώ η FTV προσφέρει την διαδραστικότητα μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος λειτουργίας. Η 3DTV & FTV δεν αλληλοαναιρούνται, αντίθετα μπορούν να είναι πολύ καλά συνδυασμένες σε ένα ενιαίο σύστημα.

Σε αυτά τα συστήματα δεν χρειάζονται επιπλέον τεχνικές όπως σύγκληση των νέων τεχνολογιών από γραφικά υπολογιστή και πολυμέσων για την δημιουργία μιας εικονικής σκηνής αφού περιορίζεται στις προκαθορισμένες αρχικές θέσεις της κάμερας καθώς προσφέρουν πολλές προοπτικές της ίδιας σκηνής λόγω του μεγάλου αριθμού καμερών.

Σε γενικές γραμμές η πυκνότερη σύλληψη του Multiview σκηνών με μεγαλύτερο αριθμό καμερών παρέχει μια πιο ακριβή τρισδιάστατη απεικόνιση και περισσότερες ποιοτικές απόψεις. Η ποσότητα των δεδομένων της λήψης MVI είναι τεράστιες άρα λοιπόν κάνει ποίο δύσκολη τη διαδικασία της συμπίεσης λόγω της υποβάθμισης της εικόνας αλλά και της διαδικασίας του streaming λόγω καθυστέρησης πάνω από ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης.

Από την άλλη δεν μπορούμε εύκολα να συνειδητοποιήσουμε τη 3D σκηνή όταν έχουμε μικρό αριθμό καμερών και αραιά τοποθετημένες μεταξύ τους σε ένα μεγάλο χώρο π.χ. σε ένα γήπεδο για την καταγραφή ενός αγώνα. Δεν είναι εύκολο να οικοδομήσουμε ένα σύστημα που μπορεί να συλλάβει και να αποθηκεύσει μεγάλο αριθμό videos σε πραγματικό χρόνο.

Στην εικόνα 2.11 (α) βλέπουμε ένα παράδειγμα ενός συστήματος FTV [M. Tanimoto, 2006] που αναπτύχθηκε η Multiview σύλληψη, όπου επιτρέπει στον χρήστη να ελέγχει οποιαδήποτε άποψη της πραγματικής δυναμικής 3D σκηνής.

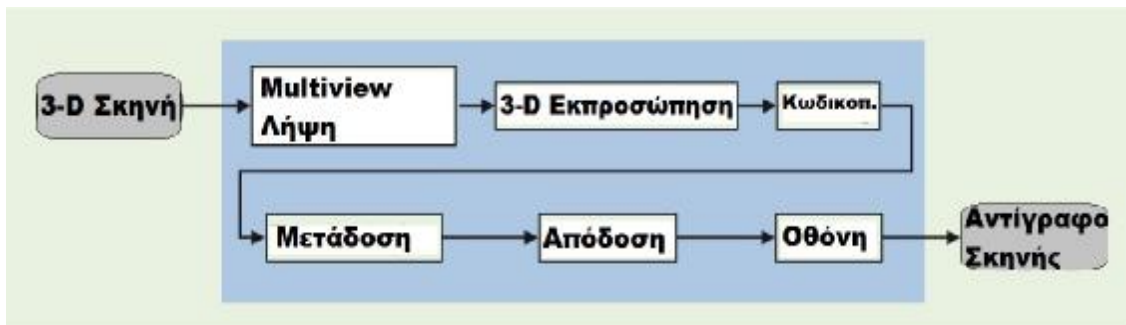




Εικόνα 2.11 Ένα σύστημα σύλληψης και η δημιουργία πολλαπλών απόψεων σε ένα FTV περιβάλλον. (Πηγή: IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZIN, NOVEMBER 2007)

Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα κεντρικό διακομιστή PC και 100 προσωπικούς υπολογιστές όπου ο καθένας είναι εξοπλισμένος με κάμερα υψηλής ευκρίνειας. Η διασύνδεση μεταξύ της κάμερας και του υπολογιστή γίνεται μέσω του Link. Ο server παράγει ένα σήμα συγχρονισμού και διανέμει σε όλους του προσωπικούς υπολογιστές, αυτό το σύστημα είναι ικανό να συλλάβει 100 συγχρονισμένα σήματα βίντεο υψηλής ανάλυσης. Η εικόνα 2.11(b) παρουσιάζει παραδείγματα παραγόμενων σκηνών σε διάφορους χρόνους και σε διαφορετικά σημεία.

Ενώ στην εικόνα 2.12 βλέπουμε το σύνολο της αλυσίδας μιας 3DTV/FTV κατά την multiview imaging σύλληψη, η οποία περιλαμβάνει την multiview λήψη της εικόνας, την εκπροσώπηση της 3-D σκηνής, κωδικοποίηση, μετάδοση και την απόδοση της εικόνας στην οθόνη.



Εικόνα 2.12 Βασικά συστατικά ενός 3DTV / FTV συστήματος

## 2.8 Σκηνές

### 2.8.1 Εκπροσώπηση της 3D σκηνής

Η μορφή που θα εκπροσωπεί η 3D σκηνή, πώς δηλαδή θα είναι διαμορφωμένη, είναι κεντρικής σημασίας για τον σχεδιασμό οποιουδήποτε συστήματος 3DTV. Η αναπαράσταση της σκηνής θέτει τις απαιτήσεις για την multiview καταγραφή και κατ' επέκταση την επεξεργασία της εικόνας. Δηλαδή των αριθμό των καμερών, αφού όσο περισσότερες κάμερες έχουμε τόσο πιο πυκνή θα είναι η σύλληψη MVI άρα θα έχουμε καλύτερη 3D



απεικόνιση. Ενώ μια σχετικά αραρή ρύθμιση της κάμερας θα δώσει πενιχρά αποτελέσματα κατά την απόδοση των εικονικών απόψεων.

Η αναπαράσταση που θα έχει η 3D σκηνή καθορίζει επίσης και τις τεχνικές μεθόδους (π.χ. αλγορίθμους) που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για υψηλότερη ποιότητα απεικόνισης της 3D εικόνας αλλά και την μορφή συμπίεσης και μετάδοσης του υλικού.

Στον υπολογιστή τα γραφικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την 3D αναπαράσταση της σκηνής ταξινομούνται σαν μια συνέχεια δύο άκρων. Το ένα άκρο εκπροσωπείται από τα κλασικά 3D γραφικά ενός PC, όπου η προσέγγιση αυτή μπορεί να αποκαλείται ως μοντελοποίηση γεωμετρίας. Η μοντελοποίηση γεωμετρίας χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπως παιχνίδια, internet, στις τηλεοράσεις και στις ταινίες.

Όταν οι σκηνές έχουν δημιουργηθεί αμιγώς από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή η χρήση αυτού του μοντέλου μπορεί να δώσει εξαιρετικά αποτελέσματα. Η διαθέσιμη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή και την απόδοση σκηνών έχει βελτιστοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στην περίπτωση της αναπαράστασης των 3D σκηνών. Από την άλλη, η τεχνική κατάσταση των καρτών γραφικών του υπολογιστή είναι σε θέση να καταστήσει εξαιρετικά πολύπλοκες σκηνές με εντυπωσιακή ποιότητα, όσον αφορά το ποσοστό ανανέωσης, τα επίπεδα λεπτομέρειας, την χωρική ανάλυση και την ακρίβεια των υφών.

Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι συνήθως το υψηλό κόστος αλλά και η ανθρώπινη παρέμβαση που απαιτείται για την δημιουργία του περιεχομένου. Επίσης συχνά αποτελεί περίπλοκη αλλά και χρονοβόρα διαδικασία η αναπαράσταση της τρισδιάστατης σκηνής καθώς και η μοντελοποίηση των αντικειμένων, και γίνεται ακόμη πιο περίπλοκη αν έχουμε δυναμικά μεταβαλλόμενες σκηνές. Όταν έχουμε την δημιουργία ενός αυτόματου 3D αντικειμένου αλλά και την ανασυγκρότηση της σκηνής προϋποθέτει να γίνει μια αρχική εκτίμηση της γεωμετρίας της κάμερας, το βάθος των δομών αλλά και ο σχηματισμός των 3D αντικειμένων.

Με όλες αυτές τις διαδικασίες εκτίμησης υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας σφαλμάτων στο γεωμετρικό μοντέλο και αυτά τα λάθη στην συνέχεια να έχουν αντίκτυπο τις παρεχόμενες εικόνες.

Το άλλο άκρο στην αναπαράσταση της 3D σκηνής μέσω του υπολογιστή εκπροσωπείται από την εικονική μοντελοποίηση (image – based modeling) και δεν χρησιμοποιεί 3D γεωμετρία.

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται όταν οι ενδιαμέσες εικονικές απόψεις που προκύπτουν από την φυσική λήψη των καμερών είναι με παρεμβολή. Βασικό πλεονέκτημα είναι μια δυνητικά υψηλή ποιότητα από μια εικονική σύνθεση αποφεύγοντας κάθε ανασυγκρότηση της 3D σκηνής. Ωστόσο όμως πρέπει να υπάρξει ένας μεγάλος αριθμός καμερών ώστε να έχουμε πυκνή δειγματοληψία από τις διάφορες φυσικές εικόνες του πραγματικού κόσμου.

Σε γενικές γραμμές η ποιότητα της σύνθεσης αυξάνεται από τον αριθμό των διαθέσιμων προβολών. Ως εκ' τούτου συνήθως ένας μεγάλος αριθμός καμερών πρέπει να συσταθεί για

την επίτευξη ενός αποτελέσματος υψηλής απόδοσης, έτσι θα έχουμε και μια τεράστια ποσότητα δεδομένων εικόνας που πρέπει να υποστούν κάποια επεξεργασία. Ενώ αν ο αριθμός των καμερών που χρησιμοποιούνται είναι πολύ χαμηλός τότε παρεμβολές και αποφράξεις αντικειμένων θα είναι εμφανής στις εικόνες που συντίθενται και έτσι θα επηρεάζουν και την ποιότητα.

Μεταξύ των δύο άκρων υπάρχει μια σειρά από μεθόδους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν λιγότερο ή περισσότερο για να έχουμε ποιο ποιοτικά αποτελέσματα. Υπάρχουν όμως και άλλες αναπαραστάσεις που δεν χρησιμοποιούμε τις τεχνικές των 3D μοντέλων αλλά τους χάρτες βάθους. Με τους εν λόγω χάρτες εκχωρούμε μια τιμή βάθους σε κάθε δείγμα μιας εικόνας. Σε δύο αρχικές 2D εικόνες ο χάρτης βάθους χτίζει μια τρισδιάστατη απεικόνιση και αυτό αποκαλείται 2.5 D [C. Fehn, P. Kauff, M. Op de Beeck, F. Ernst, W. Ijsselstein, M. Pollefeys, L. Vangool, E. Ofek, and I. Sexton, 2002].

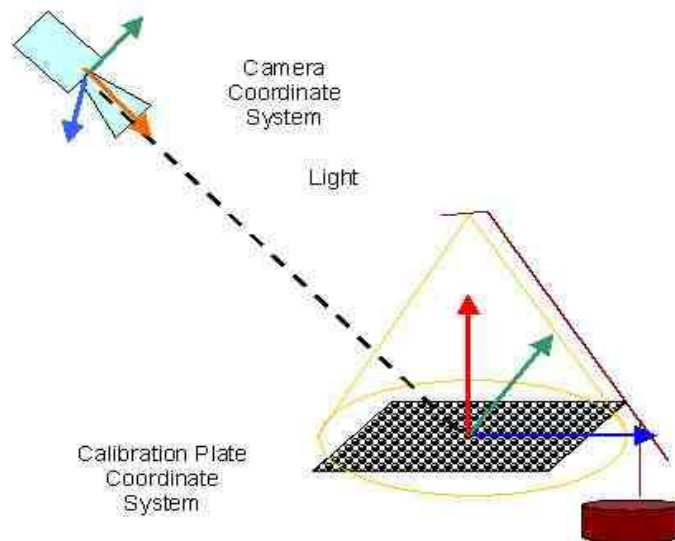
### 2.8.2 Λήψη στατικών σκηνών

Η σύλληψη πολλαπλών απόψεων μιας στατικής σκηνής είναι απλή διότι μόνο μια κάμερα είναι απαραίτητη. Κάποιος μπορεί να μετακινήσει την κάμερα προς μια προκαθορισμένη διαδρομή για να λάβει πολλαπλές εικόνες της σκηνής. Νέες προβολές στην συνέχεια μπορούν να συντεθούν από τις εικόνες που έχουν ληφθεί με ή χωρίς την γεωμετρία της σκηνής. Η γεωμετρική θέση της κάμερας υποτίθεται ότι είναι γνωστή και μπορεί να δημιουργηθεί με δύο τρόπους.

Καταρχάς μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ένα ρομποτικό βραχίονα ή έναν παρόμοιο μηχανισμό για να ελέγχει την κίνηση της κάμερας. Για παράδειγμα ένας ατσάλινος σκελετός κάμερας χρησιμοποιείται για να συλλάβει ένα πεδίο φωτός [M. Levoy and P. Hanrahan, 1996], όπου υποτίθεται ότι οι θέσεις της κάμερας είναι έτσι προσαρμοσμένες ώστε να σχηματίζουν ένα ομοιόμορφο πλέγμα σε ένα 2D πλάνο. Επίσης μια κάμερα μπορεί να είναι τοποθετημένη στην άκρη ενός περιστρεφόμενου βραχίονα όπου συλλαμβάνει μια σειρά από εικόνες των οποίων τα κέντρα της προεσοχής είναι κατά μήκος ενός κύκλου. Ενώ ένα Turntable «περιστρεφόμενο τραπέζι» με την σειρά του έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την εσωτερική σύλληψη εικόνων.

Η δεύτερη προσέγγιση για την απόκτηση της γεωμετρίας της κάμερας μπορεί να γίνει με την βαθμονόμηση. Οι κάμερες που χρησιμοποιούμε δεν είναι ιδανικές. Εισάγουν παραμορφώσεις στις εικόνες με αποτέλεσμα οι συντεταγμένες ενός σημείου στο χώρο να μη συμπίπτουν με τις συντεταγμένες της προβολής του στην εικόνα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη γνώση των παραμέτρων της κάμερας.

Με αυτή η διαδικασία κατά την οποία βρίσκουμε τους εσωγενείς και εξωγενείς παραμέτρους της κάμερας με σκοπό την ελαχιστοποίηση αυτών των παραμορφώσεων ονομάζεται βαθμονόμηση της κάμερας (camera calibration). Εσωγενείς ονομάζονται οι παράμετροι που εξαρτώνται μόνο από την ίδια την κάμερα, και δεν αλλάζουν μεταξύ διαφορετικών λήψεων, ενώ εκείνες που εξαρτώνται από την θέση και τον προσανατολισμό της κάμερας σε κάθε λήψη, ονομάζονται εξωγενείς. Έτσι μια κάμερα που συνδέεται με έναν σφαιρικό βραχίονα χρησιμοποιείται για να συλλάβει τις εικόνες σχεδόν ομοιόμορφα πάνω από την περιοχή της σάρωσης (εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13 Επισκόπηση βαθμονόμησης της κάμερας. (Πηγή: <http://www.inos.gr/>)

### 2.8.3 Λήψη δυναμικών σκηνών

Όταν η σκηνή είναι δυναμική μια σειρά από κάμερες είναι απαραίτητη. Οι περισσότερες υπάρχουσες συστοιχίες αποτελούνται από μια σειρά στατικών καμερών, εξ' ου και η γεωμετρία της κάμερας μπορεί να διαβαθμιστεί πριν από την λήψη της σκηνής.

Εξαιρεση αποτελεί η ανάπτυξη ενός μηχανισμού από αποτελείται από μια διάταξη 48 αυτό-επαναπροσδιοριζόμενων καμερών [C. Zhang and T. Chen, 2004], οι οποίες έχουν τοποθετηθεί σε ρομποτικούς βραχίονες και είναι δυνατόν να κινηθούν κατά την καταγραφή και να αποκτήσουν καλύτερες εικόνες για την απόδοση. Η σύλληψη μιας δυναμικής σκηνής με πολλαπλές κάμερες έχει μια σειρά από προκλήσεις.

Αρχικά οι κάμερες πρέπει να συγχρονιστούν και οι ρυθμίσεις τους να είναι πανομοιότυπες μεταξύ τους. Η ποσότητα των δεδομένων που συλλαμβάνεται από την συστοιχία των καμερών είναι συχνά τεράστια και είναι απαραίτητο να αποθηκευτούν άμεσα σε συσκευές. Η βαθμονόμηση των χρωμάτων είναι ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί ώστε να καταστεί απρόσκοπτη η συνθετική θέα.

Όταν ο αριθμός των καμερών είναι μικρός τότε ο συγχρονισμός μεταξύ τους είναι συνήθως απλός. Μια σειρά από 1394 Firewire κάμερες μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους αλυσιδωτά και να συλλαμβάνουν πολλαπλά βίντεο και ο συγχρονισμός της έναρξης της καταγραφής να καθορίζεται από την κεντρική 1394 Firewire κάμερα. Διαφορετικά η έναρξη της λήψης μπορεί να συγχρονιστεί και με την χρήση μιας κοινής εξωτερικής « σκανδάλης ». Αυτός είναι ένας πολύ ευρέως χρησιμοποιημένος τρόπος διαμόρφωσης των καμερών και μπορεί να εφαρμοστεί σε πολύ μεγάλες συστοιχίες [6]–[10].

Στην χειρότερη περίπτωση που οι κάμερες δεν μπορούν να συγχρονιστούν [C. Zhang and T. Chen, 2004], [J.C. Yang, M. Everett, C. Buehler, and L. McMillan, 2002] με τους δύο παραπάνω τρόπους, μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση ενός κεντρικού υπολογιστή ώστε να υπάρχει κοινός ρυθμός μεταξύ των καμερών κατά την λήψη. Οι ελαφρώς ασυγχρόνιστες εικόνες

ενδέχεται να προκαλέσουν παράσιτα στην σκηνική γεωμετρία ειδικά εάν έχουμε ταχεία κινούμενα αντικείμενα. Αλλά το αποτέλεσμα της απόδοσης μπορεί να γίνει αποδεκτό από τον παρατηρητή δεδομένου ότι το ανθρώπινο μάτι δεν είναι πολύ ευαίσθητο στις λεπτομέρειες των κινούμενων αντικειμένων.

Όπως είπαμε όταν πολλαπλά βίντεο καταγράφονται ταυτόχρονα η ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να αποθηκευτούν και στην συνέχεια να επεξεργαστούν είναι τεράστια. Τα περισσότερα υπάρχοντα συστήματα χρησιμοποιούν πολλούς υπολογιστές για να γίνει η καταγραφή και η επεξεργασία των δεδομένων. Υπάρχει ένα σύστημα όπου μπορεί να συμπιέζει το βίντεο *on the fly* δηλαδή παράλληλα με την σύλληψή του από την κάμερα. Το σύστημα αυτό είναι ικανό να καταγράφει συγχρονισμένα οπτικά δεδομένα από περισσότερες των 100 καμερών σε ένα σκληρό δίσκο με αποτέλεσμα να αποθηκεύονται όσο το δυνατόν λιγότερα δεδομένα.

Επίσης μια άλλη ενδιαφέρουσα ιδέα [J.C.Yang, M.Everett, C.Buehler, and L.McMillan, 2002] που υιοθετήθηκε είναι η διανομή του πεδίου φωτός της κάμερας, όπως αποκαλείται. Εδώ πολλαπλοί υπολογιστές χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν τα δεδομένα που καθίστανται κατόπιν αιτήματος. Αυτοί οι υπολογιστές μπορούν να ενσωματώνονται με τις κάμερες έτσι ώστε κάθε κάμερα να μπορεί να εξυπηρετήσει μερικές τυχαίες ακτίνες φωτός (pixels) όταν αυτό είναι απαραίτητο για την απόδοση. Αυτός ο σχεδιασμός ελαχιστοποιεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης μεταξύ των καμερών το οποίο είναι κρίσιμο όταν χρησιμοποιούνται εκατοντάδες κάμερες. Είναι δύσκολο να διασφαλιστεί ότι όλες οι κάμερες έχουν το ίδιο χρώμα κατά την λήψη του ίδιου αντικειμένου. Η χρωματική αυτή ασυνέπεια θα προκαλέσει την διακύμανση των χρωμάτων κατά την απόδοση με αποτέλεσμα να προκαλέσει λανθασμένη άποψη.

#### 2.8.4 Γεωμετρία της σκηνής

Η γεωμετρία της σκηνής είναι συνήθως πολύ χρήσιμη κατά την διάρκεια παροχής της 3DTV ή FTV. Υπάρχουν μερικοί μηχανισμοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόκτηση της γεωμετρίας της σκηνής άμεσα χωρίς να αντληθεί από τις εικόνες. Μια γνωστή τεχνική ανακάλυψης βάθους βασίζεται στον τριγωνισμό.

Μια λωρίδα Laser σαρώνεται σε όλη την σκηνή η οποία συλλαμβάνεται από μια κάμερα τοποθετημένη σε μια απόσταση από τον δέκτη του Laser.

Το εύρος της σκηνής από την εστιακή απόσταση της κάμερας στην συνέχεια προσδιορίζεται από την απόσταση μεταξύ της κάμερας και του δείκτη του Laser και της θέσης της παρατηρούμενης λωρίδας Laser από την καταγεγραμμένη εικόνα. Λόγω της περιορισμένης ταχύτητας της σάρωσης της λωρίδας του Laser στην σκηνή, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά για να συλλάβει την γεωμετρία των στατικών εικόνων.

Ωστόσο η εφαρμογή της μεθόδου στην 3DTV/FTV είναι περιορισμένη διότι η ακτίνα του Laser μπορεί να αλλάξει το χρώμα και την υφή του σκηνικού όταν οι εικόνες συλλαμβάνονται ταυτόχρονα για την απόδοση. Για τις δυναμικές σκηνές, οι περισσότερες 3D κάμερες που υπάρχουν στο εμπόριο βασίζονται στον σχετικό χρόνο έναρξης της καταγραφής, έτσι οι ακτίνες Laser που εκπέμπονται στην σκηνή και οι ανακλάσεις που συλλέγονται από την συσκευή χρησιμοποιούνται για την μέτρηση του χρόνου.

## 2.9 Χάρτες Βάθους

Υπάρχουν συστήματα που για την απόκτηση 3D εικόνας βασίζονται σε πληροφορίες σχετικά με το βάθος της σκηνής, έτσι έχουμε διαφορετικές προσεγγίσεις για την απόκτηση των στοιχείων του βάθους ανάλογα βέβαια και με την περίπτωση. Στην περίπτωση της 3D παραγωγής νέου υλικού, ορισμένα συστήματα κάμερας έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης καταγραφής βίντεο και συνδέονται με ένα σύστημα που βασίζεται στην υπέρυθρη ανίχνευση του βάθους σκηνής. Εάν το σύστημα της κάμερας δεν είναι εφοδιασμένο με τις ενότητες που λαμβάνουν άμεσα τις πληροφορίες βάθους, τότε μπορεί να επιτευχθεί με τους χάρτες βάθους και την επεξεργασία των διαφόρων συνιστωσών της εικόνας 3D (στερεοσκοπική ή multi-view).

Ο χάρτης βάθους(depth maps) είναι μια δισδιάστατη εικόνα βεληνεκούς, όπου κάθε εικονοστοιχείο της παίρνει μια χρωματική τιμή από τις διαβαθμίσεις του γκρι. Η χρωματική τιμή υποδηλώνει την απόσταση του σημείου από τον οπτικό αισθητήρα στον τρισδιάστατο χώρο. Είναι ο απλούστερος τρόπος αναπαράστασης και αποθήκευσης τρισδιάστατων συντεταγμένων επιφάνειας. Αναφορικά δύο είναι οι πιο γνωστές μεθοδολογίες δημιουργίας χαρτών βάθους: με την εκπομπή σήματος (Radar) και με την τριγωνοποίηση. Παρακάτω (εικόνα 2.14) φαίνεται μια 2D εικόνα και ο αντίστοιχος χάρτης βάθους της.

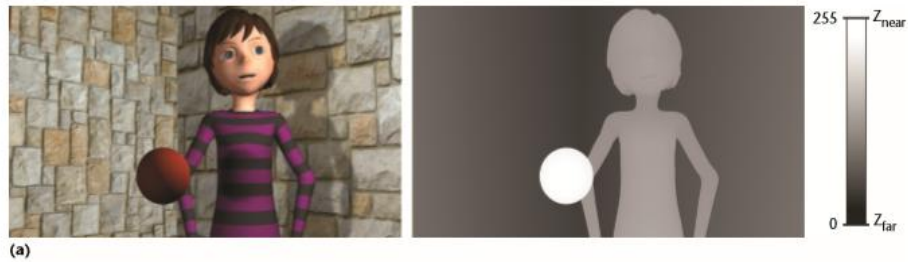


Εικόνα 2.14Ο χάρτης βάθους μιας 2D εικόνας

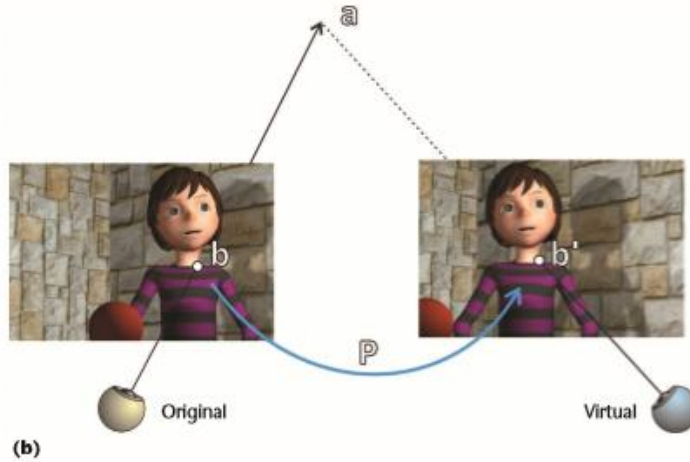
## 2.10 Ανίχνευση βάθους για την 3DTV

Η 3DTVείναι ένα καυτό θέμα για τους ερευνητές πολυμέσων, τους παραγωγούς και τους καταναλωτές[R. Bajcsy et al., 2013], ειδικά με την χρήση των αυτό-στερεοσκοπικών οθονών multiview που έχουν την δυνατότητα να παρουσιάσουν μια πιο καθολική εμπειρία θέασης 3DTV. Οι οθόνες αυτές παρέχουν μέχρι και 128 ξεχωριστές εμφανίσεις που επιτρέπουν μια ρεαλιστική αίσθηση χωρίς την ανάγκη χρήσης 3D γυαλιών[H. Urey et al., 2011]. Επειδή δεν είναι πρακτικό να μεταδοθεί ένας μεγάλος αριθμός απόψεων, έχουν εισαχθεί νέες μορφές εκπροσώπησης video, ειδικότερα η μορφή Multiview –Video plus Depth- (MVD) όπου μπορεί να προσφέρει ένα σύνολο απόψεων μαζί με τις αντίστοιχες πληροφορίες βάθους της σκηνής. Στην εικόνα 2.15αδείχνει μια τυπική άποψη με τον αντίστοιχο χάρτη βάθους της.

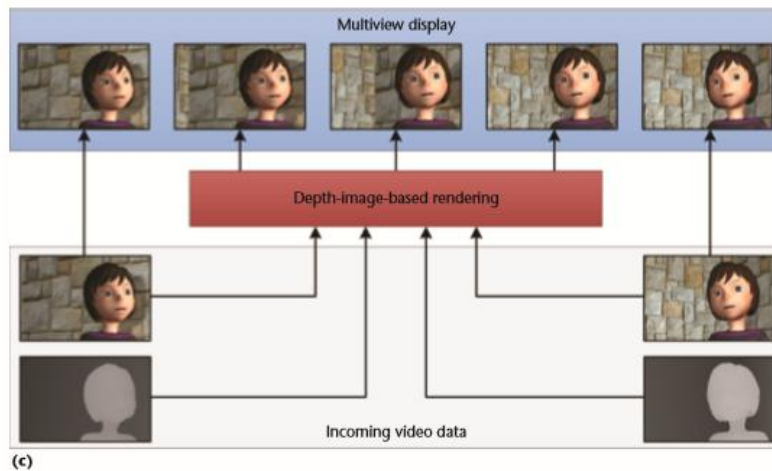
Ο χάρτης βάθους παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία για να δημιουργηθούν αυθαίρετες προβολές χρησιμοποιώντας το βάθος της εικόνας με βάση την απόδοση (DIBR) Depth-Image-Based-Rendering[C.Fehn, 2004]όπως φαίνεται στην εικόνα 2.15b.



(a)



(b)



(c)

Εικόνα 2.15 Multiview-video plus depth (MVD) μορφή. (a) παράδειγμα ενός βίντεοκαρέ με τον σχετικό χάρτη βάθους, (b) σημείο προς σημείο η προβολή μεταξύ των αρχικών και των εικονικών απόψεων, (c) μέσω της τεχνικής DIBR γίνεται η απόδοση της παραγόμενης άποψης από τις δύο πηγές εισόδου. (Πηγή: ASurveyfromAnthonyVetro, 2013.)

Με τις πληροφορίες βάθους και έναν πίνακα  $P$  που παρέχει την προβολική σχέση μεταξύ της αρχικής και της εικονικής κάμερας, μπορούμε να προβάσουμε κάθε ρικελ  $b$  από το αρχικό βίντεο σε θέση  $b_0$  για μια νέα εικονική προβολή βίντεο, η εκτέλεση αυτής της προβολής για κάθε ρικελ δημιουργεί μια εικονική άποψη. Θεωρητικά μπορούμε να δημιουργήσουμε μια οποιαδήποτε αυθαίρετη άποψη από ένα καρέ (frame) και από τον χάρτη βάθους.

Οι εικονικές προβολές συντίθενται από ένα συνδυασμό εισόδων καρέ. Στην εικόνα 2.15c φαίνεται πως το βάθος της εικόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει μια οθόνη multiview από δύο εισόδους με την χρήση της τεχνικής DIBR.

Η ποιότητα των εικονικών απόψεων και ως εκ' τούτου η ποιότητα της εμπειρίας 3DTV βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ακρίβεια του χάρτη βάθους. Ωστόσο οι πληροφορίες βάθους είναι διαθέσιμες άμεσα από το λογισμικό του υπολογιστή και μπορούν να δημιουργηθούν εικόνες (CGI) Computer-Generate-Imagery, ενώ η απόκτηση χάρτη βάθους για τις φυσικές σκηνές είναι πιο δύσκολο.

### 2.10.1 Τεχνικές Ανίχνευση βάθους για την 3DTV

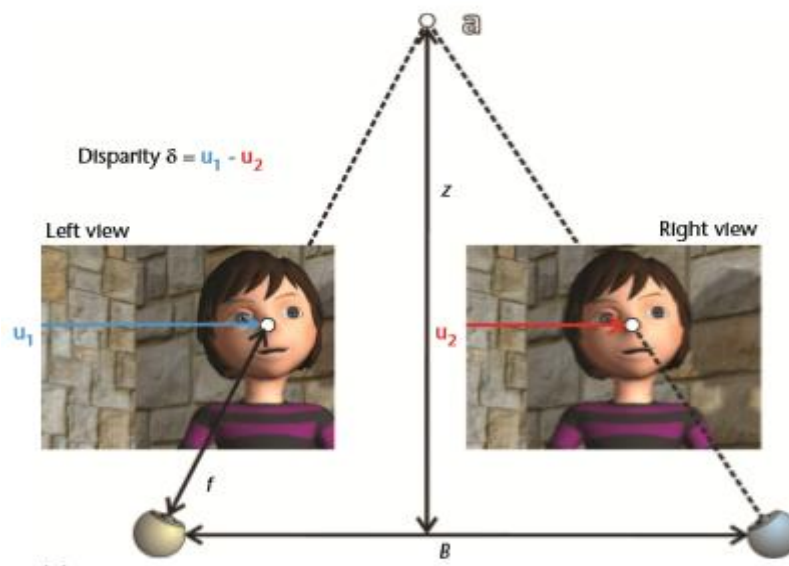
#### Παθητική στερεοσκοπική ανάλυση

Η πιο συνηθισμένη ιδέα που δημιουργήθηκε για την ανίχνευση του βάθους για την 3DTV είναι η παθητική στερεοσκοπική ανάλυση [D. Scharstein, R. Szeliski, and R. Zabih, 2002]. Αλγόριθμοι υπολογιστικής όρασης αναζητούν αντίστοιχα χαρακτηριστικά της εικόνας σε δύο ή περισσότερες προβολές κάμερας.

Λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από κάμερες σε διαφορετικές θέσεις, μια σκηνή 3D προβάλλεται ελαφρώς διαφορετικά σε κάθε επίπεδο της εικόνας. Η διαφορά μεταξύ των δύο αντίστοιχων σημείων ονομάζεται ανισότητα και δίνει ένα μέτρο βάθους.

Αυτό απεικονίζεται στην εικόνα 2.16, όπου  $u_1$  και  $u_2$  είναι η μετατόπιση του αντίστοιχου χαρακτηριστικού στις δύο εικόνες και θα δώσει την διαφορά  $\delta = u_1 - u_2$ . Με μια γραμμή βάσης  $B$  (η απόσταση μεταξύ των καμερών) και  $f$  εστιακή απόσταση (η απόσταση από το αντικείμενο εστίασης), έχουμε αποκτήσει βάθος  $z$ , σύμφωνα με το βασικό θεώρημα τομής:

$$z(\delta) = B * f / \delta$$



Εικόνα 2.16 Η σχέση του βάθους και οι διαφορές μεταξύ των δύο απόψεων. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)



Η εικόνα 2.17 δείχνει ότι τα κοντινά αντικείμενα έχουν μεγαλύτερη διαφορά απ' ό,τι τα αντικείμενα που βρίσκονται σε πιο απομακρυσμένη θέση.



Εικόνα 2.17 Τα πιο κοντινά αντικείμενα έχουν περισσότερες διαφορές από αντικείμενα φόντου. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

Η προσέγγιση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι έχουμε δημιουργήσει το βάθος χάρτη απευθείας από το multiview video, δεν απαιτείται περαιτέρω εξοπλισμός για την σύλληψη του βάθους.

Αναφορικά όλες οι μεγάλες 3D κυκλοφορίες ταινιών της τελευταίας δεκαετίας είναι διαθέσιμες σε stereo3D. Οι πληροφορίες βάθους που προκύπτουν από την παθητική στερεοσκοπική ανάλυση δίνει την δυνατότητα σε αυτό το περιεχόμενο να ταιριάζει στις αυτό-στερεοσκοπικές 3DTV ενώ υποστηρίζεται ακόμη και από τα συμβατικά stereo3D.

Υπάρχουν μερικά πράγματα που μπορεί να εξετάσει κανείς πριν από την δημιουργία MVD με παθητική στερεοσκοπία.

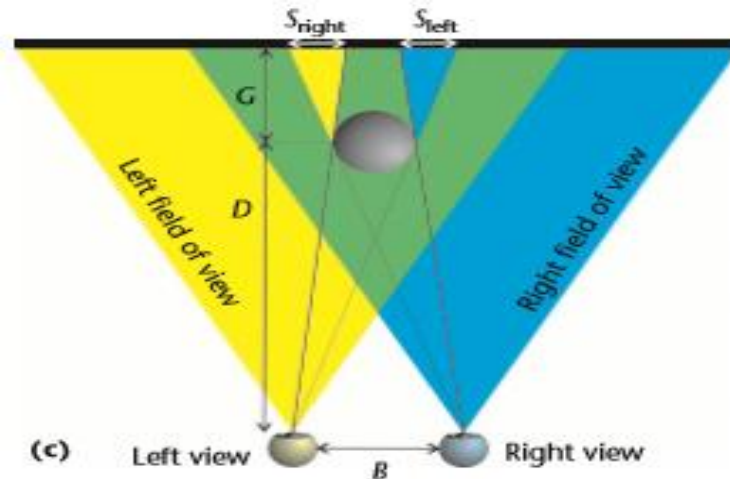
Πρώτον η παθητική στερεοσκοπική ανάλυση είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και μπορεί να καταστεί δύσκολο να τρέξει σε πραγματικό χρόνο, σχετικά με τις πλατφόρμες με περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας.

Δεύτερον οι αλγόριθμοι παθητικής στερεοσκοπικής ανάλυσης επιτρέπει να δημιουργήσει το βάθος μόνο σε ορατά σημεία και στις δύο προβολές. Αν αυτά τα μέρη αυτού του τοπίου φράσσονται σε μια προβολή τότε είναι αδύνατο να διαπιστωθεί οποιαδήποτε αντιστοιχία. Αυτό οδηγεί σε «σκιές βάθους» στο προσκήνιο γύρω από τα αντικείμενα.

Στην εικόνα 2.18 φαίνεται ένα παράδειγμα των περιοχών χωρίς πληροφορίες βάθους. Το μέγεθος  $S$  της σκιάς σε κάθε άποψη βασίζεται σε μια στερεοσκοπική βάση  $B$ , Απόσταση από το προσκήνιο (foreground) και  $G$  απόσταση μεταξύ του πρώτου πλάνου (foreground) και του background.

$$S = G / D * B$$





Εικόνα 2.18 Σκιές βάθους που προκύπτουν από την απόφραξη του background. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

Τρίτον οι κάμερες που καταγράφουν έχουν περιορισμένη ανάλυση Pixel. Αν τα 3D σημεία προβάλλονται στις ίδιες συντεταγμένες Pixel τότε παίρνουμε ένα σφάλμα κβαντισμού σε βάθος.

Τέλος η στερεοσκοπική παθητική ανάλυση βασίζεται στον εντοπισμό των κοινών σημείων και στις δύο προβολές. Αυτό γίνεται με την χρήση σε συνδυασμό ανιχνευτών χαρακτηριστικών και ανιχνευτών περιοχής. Οι ανιχνευτές χαρακτηριστικών ψάχνουν χαρακτηριστικές γωνίες, ακμές ή χαρακτηριστικές γραμμές για ισχυρή αλλά αραιά πληροφορία βάθους. Οι ανιχνευτές περιοχής εξετάζουν γύρω από κάθε Pixel την περιοχή ώστε να καθορίσουν την ομοιότητα μεταξύ των απόψεων, αν δεν μπορέσουν να ανιχνευθούν τα χαρακτηριστικά. Ως εκ' τούτου είναι ιδιαίτερα σημαντικό όλες οι κάμερες να ταιριάζουν μεταξύ τους.

Ωστόσο η παθητική στερεοσκοπική ανάλυση εξακολουθεί να αποτυγχάνει αν δεν υπάρχουν αρκετές ή αν δεν είναι αρκετά διακριτικές οι διαθέσιμες πληροφορίες στην πραγματική σκηνή. Η χαμηλή υφή π.χ. ένας λευκός τοίχος ή επαναλαμβανόμενες δομές π.χ. πλακάκια, οδηγούν σε διφορούμενες αντιστοιχίες πράγμα που θα δώσει εσφαλμένες εκτιμήσεις βάθους.

Τα προβλήματα της πολυπλοκότητας και οι σκιές βάθους αντιμετωπίζονται καλύτερα στην μετά-παραγωγή post-production, όπου δεν υπάρχει χρονικός περιορισμός. Οι εξελιγμένες επεξεργασίες εικόνας και οι αλγόριθμοι στερεοσκοπικής ανάλυσης [D. Scharstein, R. Szeliski, and R. Zabih, 2002] δημιουργούν χάρτες βάθους υψηλής ποιότητας συμπεριλαμβανομένων των λύσεων για τις σκιές βάθους. Το σφάλμα κβαντισμού βάθους μπορεί να αντιμετωπιστεί με τις κατάλληλες ρυθμίσεις της κάμερας ανάλογα με τις απαιτήσεις της σκηνής. Δυστυχώς χαμηλές υφές ή επαναλαμβανόμενες δομές δεν είναι τόσο εύκολα αντιμετωπίσιμες. Ωστόσο όμως η δραστική στερεοσκοπική ανάλυση μπορεί να παρέχει λύση σε αυτό το πρόβλημα.

### Δραστική στερεοσκοπική ανάλυση

Η δραστική στερεοσκοπική ανάλυση θα αντικαταστήσει μια «παθητική» κάμερα με μια «ενεργή» πηγή φωτός προβάλλοντας μια προκαθορισμένη δομή (όπως ένα πλέγμα) πάνω στην σκηνή. Αυτή η προβολή γίνεται συνήθως σε ένα μέρος φωτεινού φάσματος και δεν είναι ορατή με το ανθρώπινο οπτικό σύστημα (HVS) Human Visual System, για παράδειγμα με υπέρυθρες (IR), έτσι ώστε το πραγματικό περιεχόμενο να μην διαταράσσεται. Γενικά η γεωμετρία της σκηνής διαστρεβλώνει την δομή του φωτός.

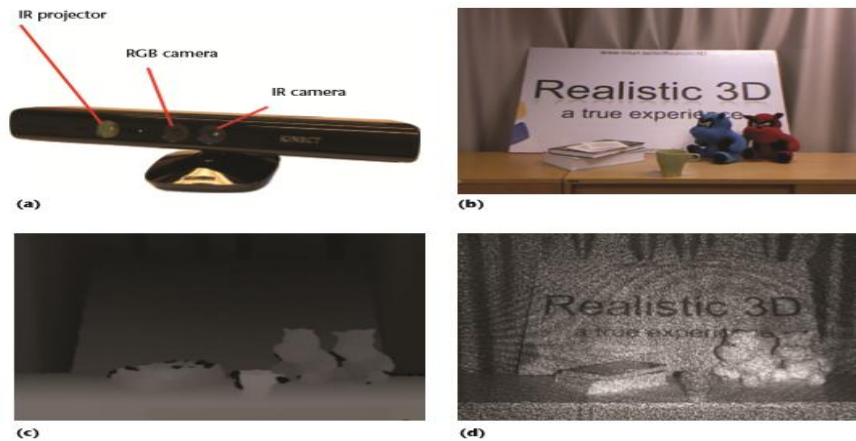
Μπορούμε να συγκρίνουμε την παραμόρφωση στο αρχικό σχήμα με την χρήση μιας κάμερας IR και να πάρουμε τις πληροφορίες βάθους με βάση την αντιστοιχία των χαρακτηριστικών των εικόνων, όπως γίνεται με την παθητική στερεοσκοπική ανάλυση. Παρά το γεγονός ότι το προβλεπόμενο πρότυπο φωτός απλοποιεί την αντιστοιχία των χαρακτηριστικών που ταιριάζουν, για χαμηλές ή επαναλαμβανόμενες υφές έχει εισαχθεί ένας νέος περιορισμός «η βιωσιμότητα του προβλεπόμενου μοτίβου φωτός».

Πρώτον, η προβολή πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή. Αν ο προβολέας είναι πολύ αδύναμος, ή η περιοχή είναι πολύ μακριά ή υπάρχει ισχυρός φωτισμός στο φόντο (π.χ. το άμεσο ηλιακό φως) τότε αυτό το πρότυπο θα είναι πάρα πολύ ασθενές για να ανιχνευθεί.

Δεύτερον, ο στόχος πρέπει να είναι εντός της περιοχής ώστε να είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί το μοτίβο φωτός. Εάν ο στόχος είναι πολύ κοντά τότε μπορεί να έχουμε επικαλύψεις, εάν ο στόχος είναι πολύ μακριά τότε η απόσταση μεταξύ του διακριτού σημείου και του φωτός μπορεί να είναι μεγάλη για την συνεκτική εκτίμηση βάθους. Ωστόσο η δυναμική στερεοσκοπική ανάλυση περιορίζεται σε εσωτερική εφαρμογή μέσα σε ένα προκαθορισμένο εύρος βάθους. Ένα άλλο σημαντικό σημείο σε αυτή την προσέγγιση είναι η λήψη Multiview video.

Σε αντίθεση με την παθητική στερεοσκοπική ανάλυση η δυναμική στερεοσκοπική ανάλυση παρέχει μόνο το βάθος και οι πρόσθετες κάμερες απαιτούνται για την δημιουργία MVD περιεχομένου. Μια λύση για την σύλληψη περιεχομένου MVD αλλά και πληροφοριών βάθους είναι να συνδυαστεί ένας προβολέας IR, μια κάμερα IR και μια video camera, όλα σε μία συσκευή. Τα τελευταία χρόνια η προσέγγιση αυτή έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον με την εισαγωγή του αισθητήρα *Microsoft Kinect* (εικόνα 2.19a) με πολλές συναρπαστικές εφαρμογές για την 3DTV [Z. Zhang, 2012].

Ωστόσο επειδή έχουμε δύο διαφορετικές απόψεις το πρόβλημα της σκίασης του βάθους εξακολουθεί να υπάρχει. Το βάθος του χάρτη *Kinect* στις εικόνες 2.19.b,c,d το δείχνουν καθαρά. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να μειωθεί με την χρήση ειδικών αισθητήρων.

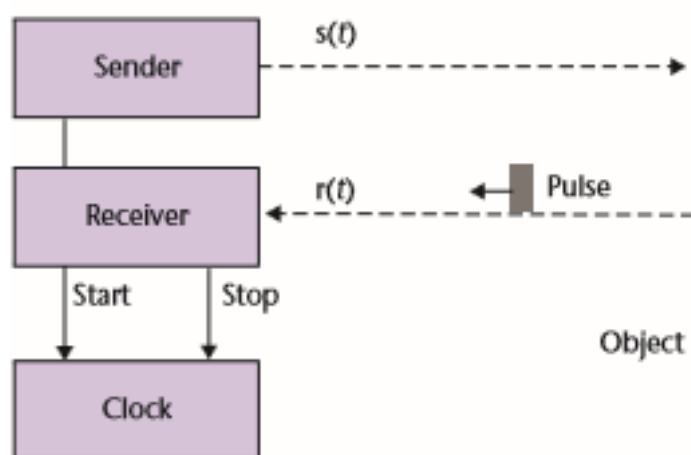


Εικόνα 2.19 Microsoft Kinect αισθητήρας. (a) δομική λύση φωτισμού με τον αισθητήρα Microsoft Kinect, (b) καταγραφή έγχρωμου video, (c) το βάθος, (d) το υπέρυθρου μοτίβο. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

### Ανίχνευση βάθους από ειδικούς αισθητήρες

Μια άλλη προσέγγιση για την ανίχνευση βάθους χρησιμοποιεί μια σειρά από ειδικούς αισθητήρες. Τέτοιοι αισθητήρες μετρούν τον «χρόνο πτήσης» *time-of-flight (ToF)* από μια δέσμη φωτός. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι αισθητήρων ToF.

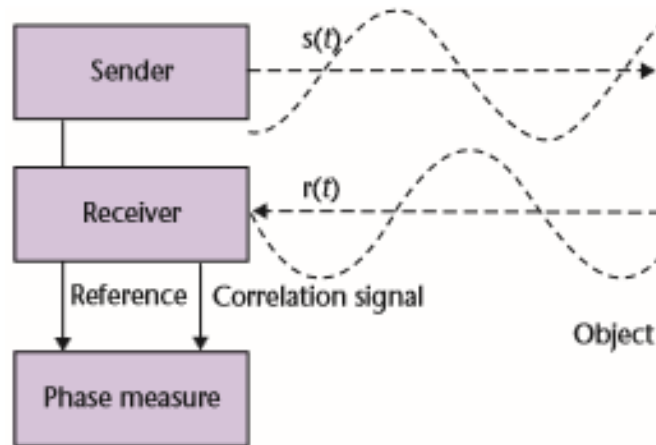
Ο πρώτος τύπος είναι οι αισθητήρες runtimeπαλμού (εικόνα 2.20) όπου ένα παλμικό κύμα στέλνεται και ένα ρολόι μετρά τον χρόνο που περνά μέχρι να ληφθεί το ανακλώμενο σήμα. Οι εν λόγω αισθητήρες παρέχουν ακρίβεια βάθους 10 έως 20mm, ωστόσο έχουν χαμηλή χρονική ανάλυση λόγω του συστήματος που πάλλεται γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο για δημιουργία περιεχομένου 3DTV.



Εικόνα 2.20 Αποκλειστική σειρά αισθητήρωνruntime παλμού. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

Το άλλο είδος είναι αισθητήρες συνεχούς κύματος, όπου μετρά την μετατόπιση φάσης ανάμεσα σε ένα διαμορφωμένο σήμα κύματος και της ανάκλασης (εικόνα 2.21). Οι αισθητήρες στέλνουν ένα συνημίτονο του διαμορφωμένου σήματος  $S(t)$ . Με τις τυποποιημένες εξισώσεις διάδοσης του φωτός μπορούμε να καθορίσουμε το βάθος Zenός

αντικειμένου με βάση την μετατόπιση της φάσης  $\Phi$  του λαμβανόμενου σήματος που ανακλάται  $r(t)$ , [R. Lange and P. Seitz, 2001].



Εικόνα 2.21 σειρά αισθητήρων συνεχούς κύματος. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

Για αξιόπιστες μετρήσεις ToF θα πρέπει η ένταση του λαμβανόμενου σήματος να είναι αρκετά ισχυρή. Αυτή η ένταση ονομάζεται δραστική φωτεινότητα(εικόνα 2.22). Οι περιοχές με χαμηλή ενεργή φωτεινότητα είναι ίση με το μεγαλύτερο σφάλμα βάθους διότι ο αισθητήρας δεν παίρνει αρκετές πληροφορίες για τον προσδιορισμό της μετατόπισης της φάσης[M. Frank et al., 2009]. Η δραστική φωτεινότητα εξαρτάται από την οπτική ισχύ και από την απόσταση που στέλνεται στο σήμα καθώς και τον χρόνο έκθεσης του αισθητήρα. Οι αισθητήρες ToF συνεχούς κύματος προορίζεται για την σύλληψη περιεχομένου 3DTV σε πραγματικό χρόνο και έχουν ακρίβεια βάθους περίπου 10mm. Επίσης μπορεί να συλλάβει μέχρι και 60 χάρτες βάθους ανά δευτερόλεπτο.



Εικόνα 2.22 Συνεχής κύμα βάθους από τον χρόνο πτήσης (ToF).(Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

Σε αντίθεση με την παθητική στερεοσκοπική ανάλυση παρέχουν αξιόπιστες και ακριβείς πληροφορίες βάθους και σε περιοχές με συνθήκες χαμηλών ή επαναλαμβανόμενων υφών αλλά και σε περιοχές που υπάρχει λιγότερη σκίαση (εικόνα 2.23). Παρόμοια με την δραστική στερεοσκοπική ανάλυση, οι αισθητήρες ToF εξακολουθούν να απαιτούν

πρόσθετες κάμερες για την σύλληψη περιεχομένου MVD. Πρόσφατες εξελίξεις δείχνουν ότι με τον ίδιο αισθητήρα είναι δυνατή η σύλληψη του βίντεο και του βάθους.



Εικόνα 2.23 Ενεργά σήματα φωτεινότητας. (Πηγή: A Survey from Anthony Vetro, 2013.)

Έτσι το 2012 η Samsung παρουσίασε ένα ToF chip ικανό να συλλάβει 1.920 x 1.080 (Full HD) βίντεο και 480 x 270 τιμές βάθους. Μειονέκτημα αυτού του chip των αισθητήρων ToF είναι ότι έχει περιορισμένη χωρική ανάλυση σε σύγκριση με τις σύγχρονες βιντεοκάμερες. Λόγω της αρχιτεκτονικής της σύλληψης και της ανάγκης για υψηλή δραστική φωτεινότητα το μέγεθος κάθε λαμβανόμενου εικονοστοιχείου θα είναι μάλλον μεγάλο [R. Lange and P. Seitz, 2001].

### 2.11 Formats για 3D-TV Broadcasting

Η μορφή αναπαράστασης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός 3D βίντεο θα επηρεάσει την μέθοδο κωδικοποίησης την οποία θα επιλέξουμε και κατά συνέπεια θα έχει προφανείς επιπτώσεις στα δίκτυα μεταφοράς και εκπομπής προς τον χρήστη όπου εδώ θα υπάρχει μια στενή εξάρτηση και με την οθόνη των καταναλωτών.

Έτσι λοιπόν υπάρχουν διάφορα είδη Format (μορφών) που μπορούν να αντιπροσωπεύουν μια ακολουθία από 3DV.

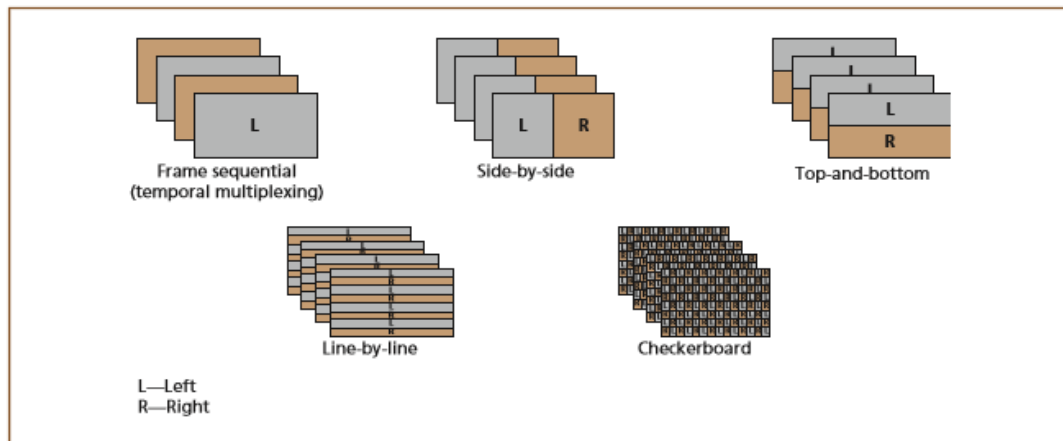
- Full Resolution Stereo or Multi-view
- Frame compatible Stereo
- 2D plus difference
- Depth-based Representation

*Full Resolution Stereo or Multi-view:* αντιπροσωπεύει διαφορετικές απόψεις video από την ίδια ακολουθία σκηνών. Αυτές οι απόψεις καταγράφονται με την χρήση ενός ισοδύναμου 2D συστήματος. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του Format είναι η έλλειψη οποιοδήποτε περιορισμού στην επιλογή αλγορίθμου κωδικοποίησης ενώ δίνει την δυνατότητα δημιουργίας ενός περιβάλλοντος παραγωγής Video με πλήρη ανάλυση εικόνας. Αντιθέτως το μειονέκτημα αυτού είναι ότι το bitrate (ο ρυθμός) αποθήκευσης ή παράδοσης υπονοείται.

*Frame compatible Stereo:* στην περίπτωση αυτή οι αρχικές πληροφορίες προέρχονται από δύο ακολουθίες Video πλήρους ανάλυσης. Συνήθως μια ακολουθία για το δεξί και μια για

το αριστερό μάτι, όπου αυτές οι ακολουθίες πολυπλέκονται σε μια ενιαία ροή εικόνας. Έτσι έχουμε την χρονική πολυπλεξία (Temporal multiplexing) όπου εδώ η έξοδος αποτελείται από μια ακολουθία εναλλασσόμενων καρτέ από κάθε κάμερα. Και η χωρική πολυπλεξία (Spatial multiplexing) όπου τα δύο ρεύματα αναμειγνύονται σε ένα ενιαίο Video που συνεπάγεται τον αποδεκατισμό της κάθε αλληλουχίας Video με το μισό του αρχικού που ήταν πλήρους ανάλυσης.

Στην παρακάτω εικόνα 2.24 φαίνονται οι τεχνικές πολυπλεξίας.



Εικόνα 2.24 Τεχνικές πολυπλεξίας για την αναπαράσταση των πλαισίων εισόδου. (Πηγή: Bell Labs Technical Journal, 2012 Alcatel-Lucent.)

Στην περίπτωση Side-by-Side (SBS) και τα δύο πλαίσια εισόδου έχουν συρρικνωθεί στο μισό πλάτος τους.

Στην περίπτωση Line-by-line στο πλαίσιο εξόδου η πολυπλεξία είναι χτισμένη γραμμή προς γραμμή και από τα δύο πλαίσια εισόδου. Δεδομένου ότι το πλαίσιο εξόδου διατηρεί το μέγεθος του πλαισίου εισόδου το ήμισυ των γραμμών του κάθε πλαισίου εισόδου απορρίπτονται.

Στην περίπτωση του Top-and-bottom (TaB) η οριζόντια πολυπλεξία των δύο πλαισίων εισόδου γίνεται κατά το ήμισυ.

Και τέλος η τεχνική Checkerboard όπου στην περίπτωση αυτή, τα πλαίσια εξόδου παρουσιάζονται κατά κάποιο τρόπο σε μια μορφή σκακιέρας, τα μισά από τα εικονοστοιχεία εισόδου σε κάθε γραμμή με αυτό το μοτίβο (σκακιέρας) απορρίπτονται.

Το προφανές μειονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι η εγγενής απώλεια της ανάλυσης κατά την 3D προβολή στον καταναλωτή. Αυτό το μειονέκτημα δεν θεωρείται σοβαρό εμπόδιο για την χρήση αυτής της μορφής τουλάχιστον στα πρώτα στάδια εγκατάστασης της 3DTV και είναι η προτεινόμενη επιλογή στα περισσότερα πειράματα που έχουν γίνει για να προβάλλει τις δραστηριότητες της 3DTV έως σήμερα. Αυτή η μορφή έχει πολύ μικρή επίπτωση στα υπάρχοντα συστήματα μεταφοράς εκπομπής και λήψης.

*2D plus difference:* είναι μια διαφορετική επιλογή που βασίζεται στην εκχώρηση διαφορετικών αναλύσεων για τις δύο απόψεις αριστερού και δεξιού ματιού, υποθέτοντας

ότι η αντιληπτή ποιότητα θα είναι κοντά στην ποιότητα της άποψης που διατυπώθηκε σε πλήρης ανάλυση. Αυτή η προσέγγιση καλείται "2D Plus Delta", μια από αυτές τις προβολές λαμβάνονται ως την βασική γραμμή ρεύματος και κωδικοποιείται συμβατικά. Με την κατάλληλη σηματοδότηση και με τον κατάλληλο 2D δέκτη ένας θεατής θα είναι σε θέση να έχει πρόσβαση σε αυτή την υπηρεσία. Ενώ οι ιδιοκτήτες 3D αποκωδικοποιητή θα είναι σε θέση να εξάγουν το σήμα της διαφοράς που θα χρησιμοποιηθεί για να τροποποιήσει το 2D βίντεο και να δημιουργήσει την συμπληρωματική θέα. Η έξοδος της ροής βίντεο από το set-top-box στην οθόνη θα πρέπει κανονικά να είναι ένα L και R στερεοσκοπικό ζεύγος με διαφορετικές αναλύσεις, ανάλογα με την κάθε περίπτωση. Το σήμα διαφοράς μπορεί να συμπιεστεί χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο κωδικοποιητή βίντεο π.χ. με την χρήση MPEG-4 Stereo High Profile [International Organization for Standardization, 2009].

*Depth-based Representation:* αυτή η μορφή εκπροσώπησης προσθέτει μια ή περισσότερες βοηθητικές προβολές πληροφοριών βάθους μέσω των DIBR (Depth-Image-Based Rendering) τεχνικών. Το βάθος χάρτη σχετίζεται με μια συγκεκριμένη σκηνή που θα περιέχει γεωμετρικές πληροφορίες για κάθε pixel της εικόνας. Με αυτές τις πληροφορίες γεωμετρικών δεδομένων η ανακατασκευή της 3D εικόνας μπορεί να προσαρμοστεί στον τύπο και το μέγεθος της οθόνης, αλλά και τις συνθήκες των θεατών [Fehn C, 2004], [Zhang L, Tam WJ, 2005]. Γενικά η τεχνική για την σύλληψη και την παραγωγή πληροφοριών βάθους μπορεί να σχεδιαστεί με ειδικά διαμορφωμένες κάμερες ή την επεξεργασία ενός ρεύματος multiview.

## 2.12 Αποθήκευση και επεξεργασία σήματος

Για την αποθήκευση μιας τρισδιάστατης εικόνας χρειαζόμαστε διπλάσια χωρητικότητα απ' ότι για μια κανονική. Αυτό είναι λογικό αφού για τη λήψη χρειαζόμαστε δύο ή περισσότερες κάμερες. Το κάθε ένα από τα αρχεία μπορεί να συμπιεστεί και να επεξεργαστεί ξεχωριστά από το άλλο, συνήθως όμως επιλέγεται η ίδια κωδικοποίηση και συμπίεση για όλα τα αρχεία, διότι σε διαφορετική περίπτωση είναι πολύ πιθανό να εμφανιστεί αλλοιωμένο το τρισδιάστατο βίντεο κατά την αναπαραγωγή.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της αλυσίδας 3DTV όπως παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα 2.25 συνεπάγεται ότι η επεξεργασία σήματος είναι απαραίτητη σε όλα τα στάδια. Ξεκινάει από την επεξεργασία του σήματος στις κάμερες έως και στις συσκευές απεικόνισης. Ωστόσο τα δύο στάδια όπου τα θέματα της επεξεργασίας κυριαρχούν είναι αμέσως μετά την σύλληψη στην κάμερα και ακριβώς πριν από την εμφάνιση στην πλευρά της λήψης, με την μορφή των διεπαφών. Επίσης η συμπίεση των συλληφθέντων δεδομένων είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος που θα επηρεάσει την επεξεργασία.

Τα θέματα επεξεργασίας σήματος στην πλευρά της σύλληψης εξαρτώνται από τους διάφορους τρόπους που χρησιμοποιήθηκαν για την σύλληψη των δεδομένων. Στην απλούστερη περίπτωση τα δεδομένα που συλλαμβάνονται από δύο κάμερες, σε στερεοσκοπική τηλεόραση πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία για να διορθωθούν τα προβλήματα ευθυγράμμισης αλλά και οι χρωματικές αντιστοιχίες.



Εικόνα 2.25 Λειτουργικές μονάδες σε μια πιθανή end-to-end 3DTVαλυσίδα

Στην πιο περίπλοκη περίπτωση στερεοσκοπικής επεξεργασίας βίντεο περιλαμβάνει διάφορες τροποποιήσεις για να έχουμε σωστή παράλλαξη ώστε να γίνεται αντιληπτό το βάθος της σκηνής. Στις πιο εξελιγμένες μονάδες σύλληψης που παρέχουν βίντεο multiview οι ανάγκες επεξεργασίας σήματος είναι πιο περίπλοκες, για παράδειγμα οι διορθώσεις χρωμάτων και η γεωμετρία της σκηνής μεταξύ των διαφόρων πηγών βίντεο 2D, ενώ μπορούν να συμπληρωθούν στοιχεία τα οποία λείπουν από αποφράξεις αντικειμένων από τις διάφορες οπτικές γωνίες που έχουν ληφθεί.

Αλλά η τελική επεξεργασία σήματος που φροντίζει για πιο εξελιγμένες μελλοντικές ενέργειες της 3DTV, είναι η κατασκευή ενός πλήρους χρονικά μεταβαλλόμενου 3Dμοντέλου υπό την μορφή ενός πλέγματος που θα επεξεργάζεται δεδομένα από ένα πλήθος συσκευών εισόδου συμπεριλαμβανομένων καμερών και αισθητήρων. Εάν τα συλλαμβανόμενα δεδομένα είναι σε ολογραφική μορφή η επακόλουθη επεξεργασία σήματος θα είναι αρκετά πολύπλοκη. Ανάλογα με την μορφή των δεδομένων που αναδύονται μετά την επεξεργασία χρησιμοποιούνται και οι ανάλογες τεχνικές συμπίεσης.

Οι απλούστερες τεχνικές συμπίεσης απασχολούν τα 2D video με την ανάμιξη των καρτέ από τις διαφορετικές ροές βίντεο καταγράφονται ώστε να αποκτήσουν μια μοναδική ακολουθία. Οι πιο περίπλοκες τεχνικές χρησιμοποιούνται στην συσχέτιση μεταξύ πολλαπλών βίντεοσταν δηλαδή έχουμε multiview λήψη. Επιπλέον οι τεχνικές συμπίεσης των 3Dμοντέλων για τις περιπλοκές χρονικός μεταβαλλόμενες σκηνές έχουν διευρυνθεί.

Όπως ήταν αναμενόμενο η φύση των ολογραφικών στοιχείων είναι εντελώς διαφορετική από τις κλασικές μορφές video και ως εκ' τούτου δικαιολογείται μια ειδική τεχνική κωδικοποίησης. Σε κάθε περίπτωση δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η αρχική 3Dσκηνή είναι σε μεγάλο βαθμό περιττή και κατά συνέπεια κάθε επιτυχημένη 3Dδιαδικασία συμπίεσης βίντεο θα πρέπει να δημιουργήσει ένα εύλογο εύρος ζώνης το οποίο θα είναι περισσότερο από ένα ενιαίο 2D video.

Η επεξεργασία σήματος από την πλευρά της οθόνης είναι πιο απαραίτητη στην 3DTVσε σχέση με την κλασική 2DTV. Ο κύριος λόγος είναι ότι οι 3D οθόνες έχουν εντελώς διαφορετικές φυσικές δομές, όπως η αυτό-στερεοσκοπική οθόνη που αποτελείται από



πολυπρισματικούς φακούς όπου στοχεύει να δημιουργήσει πεδία φωτός και στην συνέχεια να δώσει 3D έξοδο χωρίς την χρήση 3Dγυαλιών.

Σε μια κλασική 2DTV γίνεται φρεσκάρισμα (Refresh) ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά γραμμές σάρωσης από πάνω προς τα κάτω. Σε μια φακοειδή αυτό-στερεοσκοπική οθόνη μπορεί να δημιουργηθεί από την ανάμιξη πολλαπλών καρέ video από διαφορετικές κάμερες ένα ενιαίο video χρησιμοποιώντας την τεχνική "interzigging". Ακόμη και στις πιο απλές στερεοσκοπικές οθόνες όρασης με γυαλιά τα ποσοστά ανανέωσης είναι αρκετά διαφορετικά και πιο απαιτητικά από ότι σε μια 2D οθόνη. Ως εκ' τούτου το περιβάλλον εργασίας για να μετατραπούν τα ληφθέντα δεδομένα για το συγκεκριμένο τύπο οθόνης κάθε φορά δεν είναι εύκολο. Και μια επιτυχής εφαρμογή επεξεργασίας σήματος θα δημιουργήσει σίγουρα μια μεγάλη διαφορά όσον αφορά την ταχύτητα, την αποτελεσματικότητα και την αντιληπτή ποιότητα 3D.

Τις πιο απαιτητικές ανάγκες επεξεργασίας σήματος προκύπτουν στην περίπτωση της ολογραφικής οθόνης. Για παράδειγμα η μετατροπή ενός δεδομένου 3D μοντέλου σε ολογραφικά σχέδια στο πλαίσιο που απαιτεί μια ολογραφική οθόνη έχει την δυνατότητα να ωθήσει στα όρια τις υφιστάμενες τεχνικές επεξεργασίας σήματος, και έτσι να δημιουργήσει μια εντελώς νέα γραμμή τρόπων επεξεργασίας με την χρήση θεμελιωδών μαθηματικών [L. Onural and H. Ozaktas, 2007].

Οι τεχνικές επεξεργασίας σήματος για την ολογραφική 3DTV βασίζονται σε βασικές αρχές της διάδοσης του οπτικού κύματος και συνδέονται στενά με την έννοια της επεξεργασίας σήματος όπως, αποσυνθέσεις Fourier, εξελιγμένες τεχνικές δειγματοληψίας και ανάκτησης χρησιμοποιώντας ασυνήθιστες βάσεις λειτουργίας.

Ένα δύσκολο πρόβλημα είναι η αυτοματοποιημένη μετατροπή του σήματος του υπάρχοντος περιεχομένου 2D σε 3D. Είναι μάλλον απίθανο να αυτοματοποιηθεί πλήρως μια τέτοια διαδικασία, ωστόσο αρκετά επιτυχής ημιαυτόματες κάπως εποπτευόμενες τεχνικές έχουν ήδη αποδειχθεί. Τέλος η επεξεργασία σήματος μπορεί να αφαιρέσει θεμελιώδεις πηγές προβλημάτων όπως για παράδειγμα, ευθυγραμμίσεις και είναι το κλειδί στα επιτυχημένα τελικά αποτελέσματα.

### 3 Κωδικοποίηση σήματος 3D-TV

#### 3.1 Εισαγωγή

Ένα ζήτημα που αφορά την τρισδιάστατη τηλεόραση είναι η κωδικοποίηση και η συμπίεση των δεδομένων. Η συμπίεση είναι πολύ σημαντική και αναγκαία, αφού λαμβάνουμε δεδομένα από δύο τουλάχιστον κάμερες (συνήθως), δηλαδή το διπλάσιο όγκο πληροφορίας από αυτόν που λαμβάνουμε στη συμβατική διδιάστατη τηλεόραση.

Όσον αφορά την τηλεόραση και το βίντεο γενικότερα, η συμπίεση είναι μία διαδικασία η οποία επιχειρεί να περιορίσει τον όγκο των δεδομένων που χρειάζεται να μεταδοθούν, καθώς και το ρυθμό bandwidth που απαιτεί η μετάδοση αυτών των δεδομένων.

Με τον όρο κωδικοποίηση αναφερόμαστε γενικά στις διαδικασίες οι οποίες παίρνουν πληροφορία υπό μορφή bits και εφαρμόζουν πάνω της μια διαδικασία κωδικοποίησης, έτσι ώστε αυτή η πληροφορία να μπορεί να αποθηκευθεί με τη χρήση λιγότερων bits. Σημειώνεται ότι τόσο ο αποστολέας, όσο και ο παραλήπτης, πρέπει να γνωρίζουν την τεχνική encoding που χρησιμοποιήθηκε. Εννοείται ότι αυτό ισχύει και για την 3D TV, την οποία εξετάζουμε.

#### 3.2 3D Mastering Methods

Η μέθοδος Mastering είναι ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση μιας 3D σκηνής ενός ρεύματος videopου θα συμπιεστεί, θα αποθηκευτεί και θα μεταδοθεί. Mastering πρότυπα χρησιμοποιούνται συνήθως σε αυτή τη διαδικασία, ένα πρότυπο 3D Mastering ονομάζεται "3D Master". Το Master 3D αρχείο υψηλής ανάλυσης είναι αυτό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή κι' άλλων αρχείων κατάλληλα για διάφορα κανάλια π.χ. στα μέσα μαζικής ενημέρωσης (DVD, Blu Ray Disc), στην μετάδοση (δορυφορική, επίγεια, καλωδιακή μετάδοση, IPTV, ITV). Το 3D Master αποτελείται από δύο ασυμπίεστα αρχεία ( ένα για το δεξί και ένα για το αριστερό μάτι) καθένα από τα οποία έχει το ίδιο μέγεθος αρχείου ως μια 2D ροή βίντεο.

Οι διαδικασίες μορφοποίησης και κωδικοποίησης έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τις ήδη καθιερωμένες τεχνικές, ώστε να παραδοθεί ένα 3D πρόγραμμα σε περισσότερα από 1 κανάλια διανομής. Εκτός από την κανονική κωδικοποίηση videopου 3D Mastering/μετάδοση απαιτεί πρόσθετη κωδικοποίηση/συμπίεση.

Πρόσθετα συστήματα κωδικοποίησης για συμβατικό στερεοσκοπικό βίντεο CSV (Conventional Stereo Video) περιλαμβάνουν: την i) *Χωρική Συμπίεση (spatial compression)* και ii) *Χρονική Πολυπλεξία (temporal multiplexing)*.

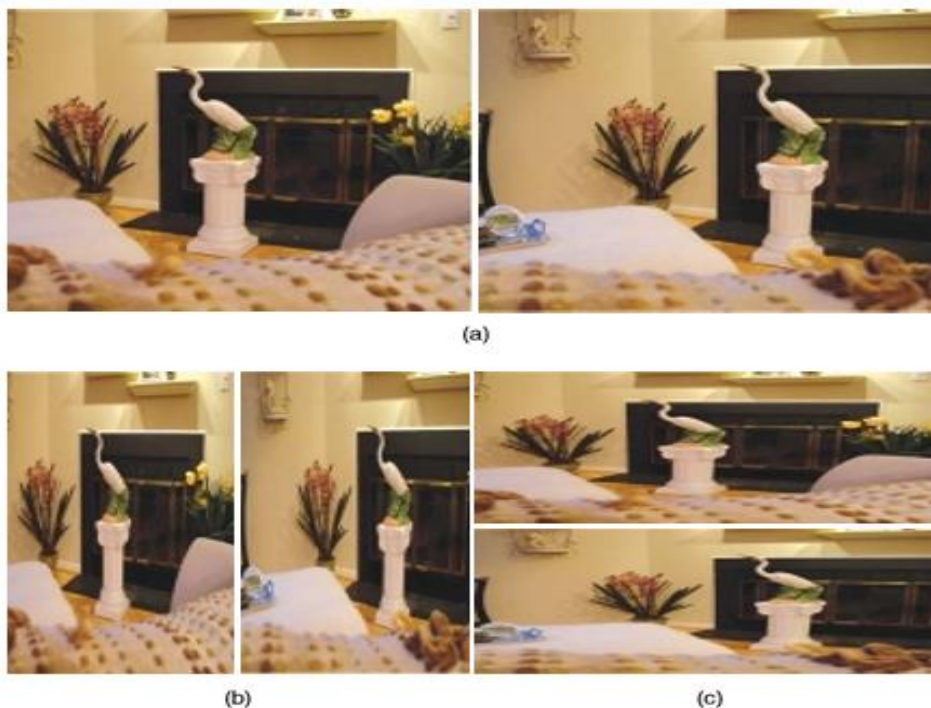
CSV είναι η πλέον αναπτυγμένη και η απλούστερη 3D αναπαράσταση βίντεο. Η προσέγγιση αυτή ασχολείται μόνο με τα χρωματισμένα pixel των καρέ του βίντεο που έχουν συλληφθεί από δύο κάμερες. Τα σήματα βίντεο που πρόκειται να εμφανιστούν χρησιμοποιούν ένα 3D σύστημα απεικόνισης. Στην παρακάτω εικόνα 3.1 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός στερεοφωνικού ζεύγους εικόνας, δηλαδή, η ίδια σκηνή που είναι ορατή από ελαφρώς διαφορετικές οπτικές γωνίες.



Εικόνα 3.1 Ένα στερεοφωνικό ζεύγος εικόνων. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Το σύστημα μιας 3Dοθόνης εξασφαλίζει ότι ένας θεατής βλέπει μόνο την αριστερή όψη με το αριστερό μάτι και την δεξιά όψη με το δεξί μάτι ώστε να δημιουργηθεί η 3Dεντύπωση βάθους. Σε σύγκριση με άλλες μορφές 3Dβίντεο οι αλγόριθμοι που συνδέονται με την CSVείναι λιγότερο πολύπλοκοι.

Ένας βασικός τρόπος για να αξιοποιηθούν οι υπάρχοντες κωδικοποιητές βίντεο ( και οι υποδομές) για στερεοφωνική μετάδοση βίντεο είναι να εφαρμοστεί μια από τις προσεγγίσεις: i) Χρονική πολυπλεξία, ii) Χωρική πολυπλεξία ως *side-by-side*, iii) Χωρική πολυπλεξία ως *over/under*, όπως δείχνει και η εικόνα 3.2. Μια πρακτική πρόκληση είναι ότι δεν υπάρχει εκ' των πραγμάτων διαθέσιμο βιομηχανικό πρότυπο έτσι ώστε να γνωρίζει το είδος της κωδικοποίησης που έχει χρησιμοποιήσει ο κωδικοποιητής.



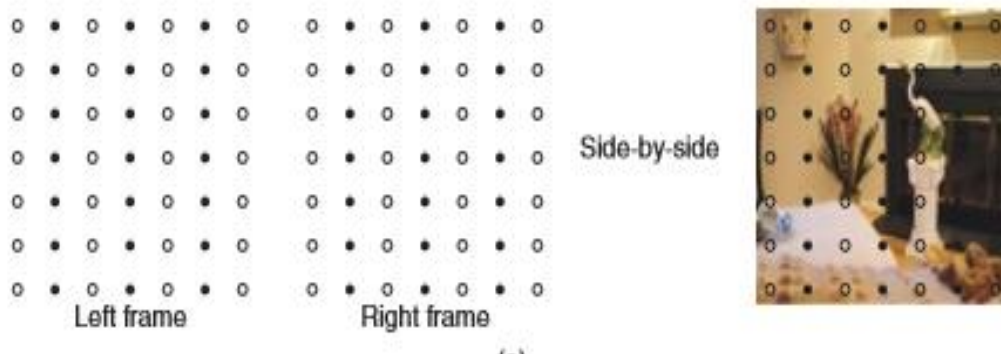
Εικόνα 3.2 Stereo interleaving formats: a) Χρονική πολυπλεξία, b) Χωρική πολυπλεξία ως *side-by-side*, c) Χωρική πολυπλεξία ως *over/under*. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

**Χωρική συμπίεση (Spatial Compression):** Όταν κάποιος προσπαθεί να παραδώσει 3Dπεριεχόμενο σε μια τυπική υποδομή διανομής Video η χωρική συμπίεση είναι μια κοινή λύση. Στην χωρική συμπίεση επιτρέπεται ο χειριστής να παραδώσει ένα στερεοφωνικό 3Dσήμα κάνοντας χρήση της ίδιας ποσότητας του εύρους ζώνης του καναλιού όπως σε ένα 2DHDβίντεο. Προφανώς κάτι τέτοιο συνεπάγεται την απώλεια του αποτελέσματος τόσο για το αριστερό όσο και για το δεξί μάτι.

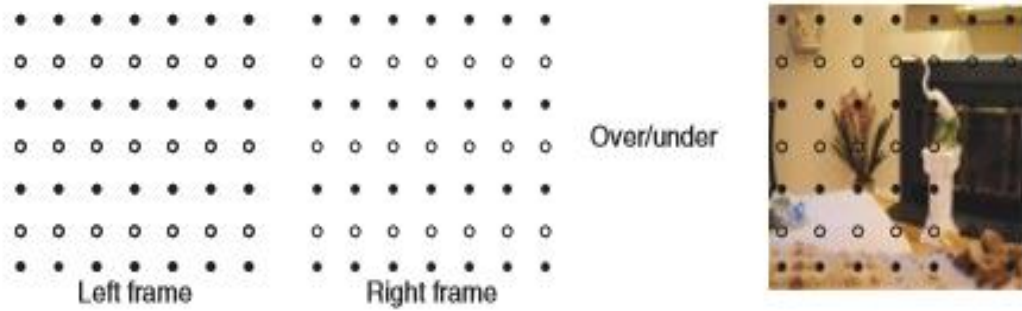
Η προσέγγιση αυτή λοιπόν μας δίνει ένα σκεύασμα δύο εικόνων σε ένα καρέ βίντεο, και με την σειρά του μια συσκευή λήψης π.χ. set-top-box, εμφανίζει το περιεχόμενο με τέτοιο τρόπο ώστε ένα 3Dαποτέλεσμα να γίνεται αντιληπτό. Αυτές οι εικόνες δεν μπορούν να προβληθούν από μια τυπική 2Dοθόνη τηλεόρασης. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει ο συνδυασμός των δύο απόψεων, τα δύο πιο κοινά είναι ο συνδυασμός side-by-side και ο over/under.

Να πούμε ότι η μορφοποίηση των δύο εικόνων γίνεται στο σημείο της συμπίεσης/Masteringκαι κατόπιν ο συνδυασμός των δύο απόψεων συμπιέζονται από τυποποιημένες μεθόδους και παραδίδεται σε 3Dσυμβατή TVόπου εκεί αναδιαμορφώνονται και παρέχονται για 3Dπροβολή. Για να μπορέσουμε από τις διαφορετικές απόψεις (μία για το αριστερό μάτι και μία για το δεξί) να πάρουμε μια ενιαία ροή Videoείτε διαμορφωθεί μεside-by-sideείτε με over/under, θα πάρει μέρος η διαδικασία της δειγματοληψίας η οποία θα δώσει αποτέλεσμα με απώλειες. Με την μέθοδο της δειγματοληψίας ένας αριθμός δειγμάτων επιλέγεται από τις συνεχόμενες τιμές του σήματος.

Ένας τρόπος είναι να λάβουμε εναλλακτικές στήλες των εικονοστοιχείων από κάθε εικόνα και στην συνέχεια το πακέτο των υπόλοιπων στηλών σε μορφή side-by-side όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3. Ένας άλλος τρόπος είναι να ληφθούν εναλλακτικές σειρές των Pixelsαπό κάθε εικόνα και στην συνέχεια το πακέτο των υπόλοιπων γραμμών σε μορφή over/under όπως δείχνει η εικόνα 3.4.



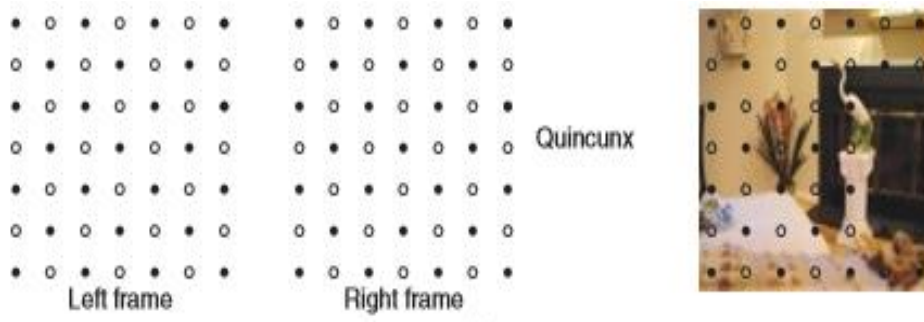
Εικόνα 3.3 Επιλογή των pixels σε side-by-side. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 JohnWiley&Sons, Inc.)



Εικόνα 3.4 Επιλογή των Pixels σε over/under. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Μελέτες έχουν δείξει ότι το μάτι είναι λιγότερο ευαίσθητο σε απώλειες της ανάλυσης κατά μήκος μια διαγώνιας κατεύθυνσης σε μια εικόνα απ' ότι στην οριζόντια ή κάθετη κατεύθυνση. Έτσι λοιπόν αναπτύχθηκε ένας νέος τρόπος που επιτρέπει την δειγματοληψία της κάθε εικόνας σε μια διαγώνια κατεύθυνση. Άλλα συστήματα κωδικοποίησης έχουν αναπτυχθεί που προσπαθούν να διατηρήσουν όσο το δυνατόν καλύτερα τη πραγματική ανάλυση της εικόνας.

Μια προσέγγιση που έχει μελετηθεί για 3D είναι το χιαστί φιλτράρισμα (εικόνα 3.5) δηλαδή είναι ένα γεωμετρικό πρότυπο που αποτελείται από πέντε συνεπίπεδα σημεία, όπου τα τέσσερα από αυτά σχηματίζουν ένα τετράγωνο ή ορθογώνιο και ένα πέμπτο σημείο βρίσκεται στο κέντρο, σαν μια σκακιέρα. Αυτή η τεχνική έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για εφαρμογές κωδικοποίησης της εικόνας. Επίσης σε όλες τις συσκευές υλικού hardware για την ψηφιακή απόκτηση και παραγωγή εικόνας χρησιμοποιούν τετραγωνικά πλέγματα Pixel. Για τον λόγο αυτό και για την ευκολία των υπολογιστών όλοι οι τρέχοντες αλγόριθμοι συμπίεσης της εικόνας λειτουργούν με τετραγωνικά πλέγματα Pixel.



Εικόνα 3.5 Επιλογή pixel με την προσέγγιση χιαστί φιλτράρισμα. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

**Χρονική πολυπλεξία:** Η χρονική πολυπλεξία διπλασιάζει τον αριθμό των καρτέ εως 120Hz ώστε να καταστεί δυνατή η διαδοχική επαναλαμβανόμενη παρουσίαση εικόνων για το δεξί και το αριστερό μάτι σε ένα συνηθισμένο χρονικό πλαίσιο των 60Hz. Αυτή η τεχνική διατηρεί την πλήρη ανάλυση για κάθε μάτι αλλά απαιτεί την διπλάσια χωρητικότητα εύρους ζώνης και αποθήκευσης.

### 3.3 Κωδικοποίηση 3D video– παραδοχές και απαιτήσεις

Με την εισαγωγή των Multi-viewοθονών που παρέχουν ένα διαφορετικό αριθμό και διαφορετικές θέσεις προβολής απόψεων, οι μέθοδοι κωδικοποίησης που απαιτούνται γι' αυτές τις οθόνες υποστηρίζουν συγκεκριμένες μορφές. Η μόνη λύση, είναι η χρήση μεθόδων που βασίζονται στην MVC(Multi-View-Coding) όπου εδώ κωδικοποιείται μια πυκνή σειρά με υψηλό αριθμό απόψεων. Στον αποκωδικοποιητή μετά μια ειδική οθόνη θα επιλέξει ένα υποσύνολο αυτών των απόψεων ανάλογα με τον αριθμό και το εύρος της προβολής. Αυτή η προσέγγιση απαιτεί υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων λόγω της γραμμικής εξάρτησης της MVCμεθόδου σχετικά με τον αριθμό των απόψεων.

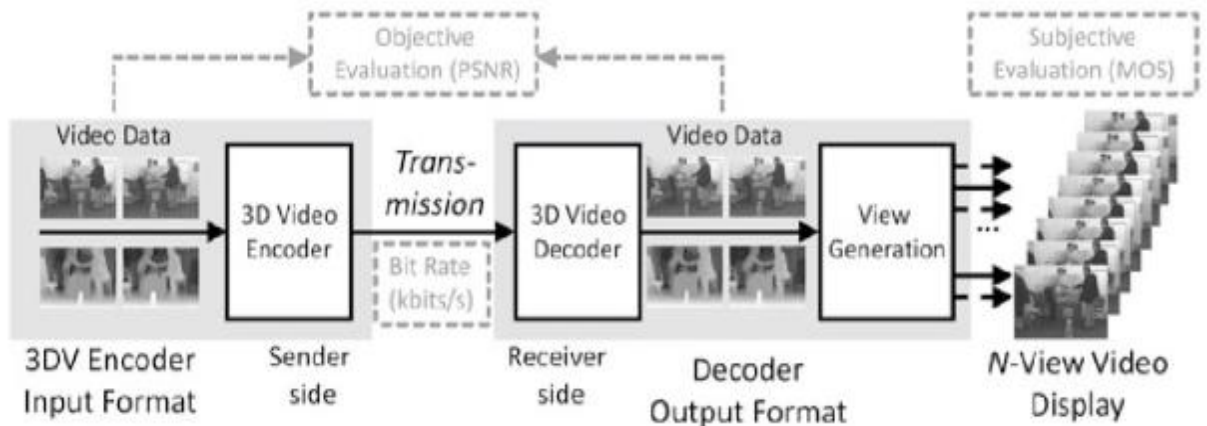
Αρκετά είναι τα 3DVπεριεχόμενα που καταγράφονται με στερεοφωνικό σύστημα κάμερας, έχοντας μόνο δύο προβολές διαθέσιμες, για να γεφυρωθεί το χάσμα ανάμεσα σε μια μορφή παραγωγής από λίγες κάμερες και τις απαιτήσεις των οθονών Multi-viewλόγω του υψηλού αριθμού των πυκνών απόψεων εξόδου, μέθοδοι κωδικοποίησης για 3DVέχουν εισαχθεί (3DVC). Σε 3DVC ορισμένες από τις βασικές αρχές κωδικοποίησης έχουν σημαντικά αλλάξει σε σύγκριση με προηγούμενες μεθόδους κωδικοποίησης video.

Πρώτον, η έξοδος της οθόνης είναι πολύ διαφορετική από τα δεδομένα εισόδου σε 3DVC. Επιπλέον η μορφή εξόδου είναι εξαρτώμενη από την οθόνη, όμως ο αριθμός και οι θέσεις των απόψεων της οθόνης είναι συνήθως άγνωστο στην πλευρά του κωδικοποιητή 3DV. Ως εκ' τούτου δεν έχουν νόημα οι αντικειμενικές μέθοδοι αξιολόγησης μεταξύ των δεδομένων εισόδου και εξόδου.

Ωστόσο όμως η ποιότητα των απόψεων εξόδου προσδιορίζεται από την μέθοδο συμπίεσης του κωδικοποιητή καθώς και την παραγωγή των απόψεων από την πλευρά του αποκωδικοποιητή. Κατά συνέπεια αλληλεξαρτήσεις υπάρχουν μεταξύ των τεχνολογιών συμπίεσης και των μεθόδων προβολής. Επιπλέον το είδος και η ποιότητα των συμπληρωματικών στοιχείων είναι επίσης σημαντική για την ποιότητα της εικόνας εξόδου προς προβολή. Στην εικόνα 3.6 φαίνεται το σύστημα 3DV που αντιμετωπίζει αυτές τις συγκεκριμένες συνθήκες 3DVC. Προϋποθέτει μια μορφή εισόδου που περιέχει στερεοφωνικά ή Multi-viewδεδομένα. Επιπλέον οι πληροφορίες βάθους παρέχονται ως συμπληρωματικά στοιχεία στον αποκωδικοποιητή για το 3DVεισόδου. Μέσα από το συγκεκριμένο video και τα δεδομένα βάθους θα καθοριστεί η κατάλληλη μορφή 3DVπροκειμένου να εξασφαλιστούν παρόμοιες συνθήκες θέασης αλλά και η αντίληψη του βάθους για διάφορες αυτό-στερεοσκοπικές οθόνες.

Η μορφή 3DV με τα δεδομένα του video και του βάθους κωδικοποιούνται σε ένα συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης bit. Στην πλευρά του δέκτη το συμπιεσμένο ρεύμα των δυαδικών ψηφίων αποκωδικοποιούνται και η μορφή 3DV ανακατασκευάζεται όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.6. Στην περίπτωση αυτή τα κωδικοποιημένα δεδομένα video ανακατασκευάζονται στις αρχικές θέσεις θέασης έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν με αρχικά δεδομένα video.





Εικόνα 3.6 3-Δσύστημα κωδικοποίησης video. (Πηγή: K. Müller, P. Merkle and G. Tech, Springer Science+Business Media New York 2013.)

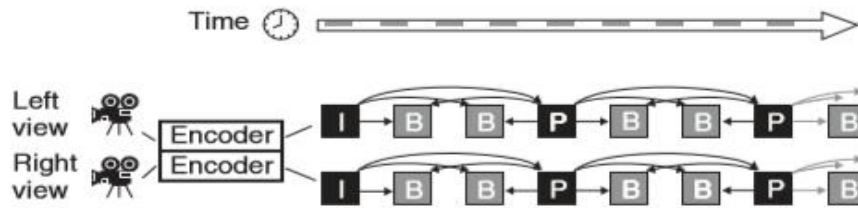
Σε αντίθεση με τους προηγούμενους μεθόδους κωδικοποίησης μια επιπλέον μονάδα προβολής παράγεται και χρησιμοποιείται για να συνθέσει τον απαιτούμενο αριθμό των απόψεων εξόδου στην απαιτούμενη χωρική θέση από την ανακατασκευασμένη μορφή 3DV. Δεδομένου ότι αυτό πρέπει να προσαρμοστεί σε συγκεκριμένη οθόνη η παραγόμενη μονάδα προβολής είναι μέρος της οθόνης σε πρακτική εφαρμογή. Για την συνολική αξιολόγηση, ο πυκνός αριθμός των προβολών εξόδου αξιολογείται υποκειμενικά, π.χ. από την αξιολόγηση MOS. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την προβολή όλων των απόψεων σε μια οθόνη multi-view ή μια επιλογή των στερεοσκοπικών ζευγών από τις απόψεις σε μια στερεοσκοπική οθόνη.

Στο 3DV σύστημα ο κωδικοποιητής πρέπει να σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η υψηλή ποιότητα της πυκνής σειράς των απόψεων εξόδου. Ωστόσο ο 3DV κωδικοποιητής μπορεί να δημιουργήσει ασυμπίεστες ενδιάμεσες προβολές από τα αρχικά δεδομένα video και βάθους.

### 3.4 Συμπύεση συμβατικών στερεοφωνικών video – Conventional Stereo Video (CSV)

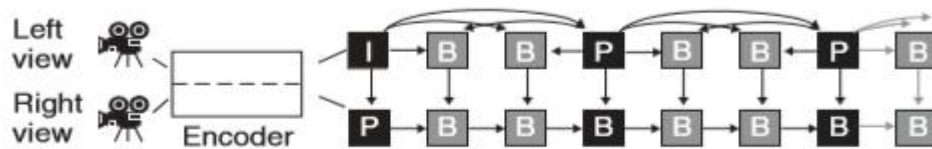
Τυπικά οι αλγόριθμοι συμπύεσης θα πράξουν ξεχωριστά την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση σε πολλαπλά σήματα video όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.7 και αυτό καλείται Simulcast. Δηλαδή το σήμα από την κάθε κάμερα κωδικοποιείται ξεχωριστά, και ανεξάρτητα από όλα τα υπόλοιπα. Αυτός ο τρόπος έχει χαμηλή πολυπλοκότητα, καθώς δεν αξιοποιείται η αλληλεξάρτηση μεταξύ των εικόνων που λαμβάνονται από κάθε κάμερα.

Το προφανές μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι κωδικοποιείται περιττή πληροφορία η οποία θα μπορούσε να είχε εξαλειφθεί αν λαμβάναμε υπ' όψη την αλληλεξάρτηση μεταξύ των εικόνων από τις διάφορες κάμερες, πράγμα που σημαίνει αύξηση του όγκου πληροφορίας που πρέπει να στείλουμε σε σύγκριση με το 2D video. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μείωση της ανάλυσης όπως απαιτείται.



Εικόνα 3.7 Στερεοφωνική κωδικοποίηση βίντεο - με το παραδοσιακό πρότυπο MPEG-2/MPEG-4 εφαρμόζεται σε 3DTV. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Αποδεικνύεται ότι το πρότυπο MPEG-2 περιλαμβάνει ένα προφίλ MVP (Multi-View-Profile) κωδικοποίησης που επιτρέπει να αυξηθεί η απόδοση. Το H.264/AVC είναι ένα πρότυπο κωδικοποίησης βίντεο, το οποίο αναπτύχθηκε από την MPEG και επιτυγχάνει καλή ποιότητα βίντεο με ικανοποιητικό bitrate, πριν από λίγα χρόνια ενισχύθηκε με ένα στερεοφωνικό συμπληρωματικό μήνυμα πληροφοριών SEI που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εφαρμόσει μια πρόβλεψη όπως δείχνει η εικόνα 3.8.



Εικόνα 3.8 Κωδικοποίηση με MPEG-2 Multi-view προφίλ και H.264/AVC SEI συμπληρωματικό μήνυμα. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

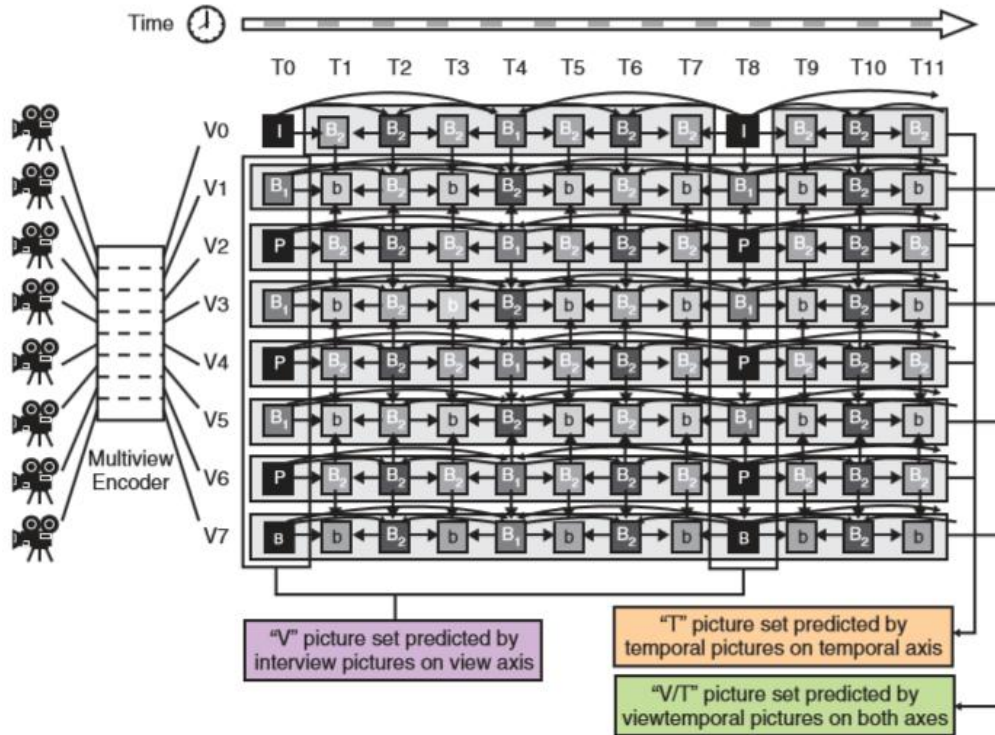
Αν και δεν έχει σχεδιαστεί κωδικοποίηση για stereo-view προβολή video, τα εργαλεία κωδικοποίησης H.264 μπορούν να οργανωθούν για να επωφεληθούν από τις συσχετίσεις μεταξύ του ζεύγους των απόψεων του stereo-view video και να παρέχουν πολύ αξιόπιστη και αποτελεσματική απόδοση συμπίεσης.

Για περισσότερες από δύο απόψεις η προσέγγιση αυτή (H.264/MPEG-4 AVC) μπορεί να επεκταθεί και σε Multi-View video Coding (MVC) [HurJ-H, ChoS, LeeY-L., 2007] όπου αναπτύχθηκε σε συνεργασία των MPEG και VCEG και επιτρέπει την κωδικοποίηση δεδομένων που προέρχονται από περισσότερες από μία κάμερες, χρησιμοποιώντας ένα κανάλι βίντεο. Όπως είναι προφανές, αυτό μπορεί να βρει εφαρμογή στην τρισδιάστατη τηλεόραση.

Η καινοτομία που εισάγει το MVC είναι η εξής: για να προβλέψουμε την εικόνα που θα δώσει μία κάμερα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την πληροφορία που προέρχεται από τις άλλες κάμερες που χρησιμοποιούμε για τη λήψη όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα (3.9). MVC έχει τυποποιηθεί στην Joint Video Team (JVT) της ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) και του ISO/IEC MPEG.

Ορισμένες νέες προσεγγίσεις είναι αναδυόμενες και έχουν προταθεί για την βελτίωση της απόδοσης, ειδικά για τον περιορισμό του εύρους ζώνης.





Εικόνα 3.9 Multi-view κωδικοποίηση βίντεο με χρονικό συνδυασμένο/πρόβλεψης της ενδιάμεσης προβολής. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

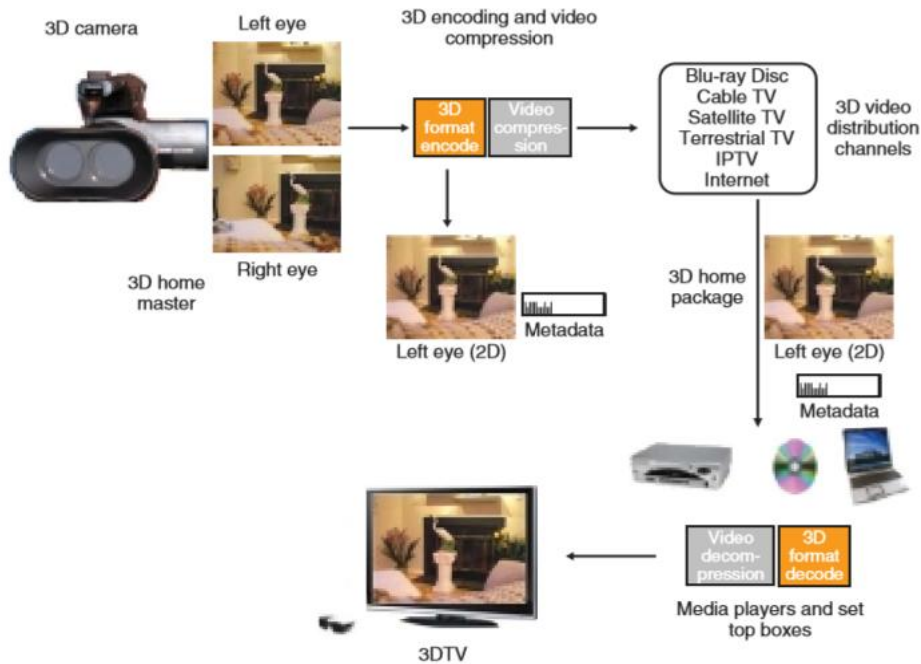
Δοκιμές σε παρατηρητές έχουν δείξει ότι εάν μια από τις εικόνες ενός στερεοφωνικού ζεύγους υποβαθμίζεται, στην προβολή η ποιότητα του στερεοφωνικού video θα κυριαρχείται από την εικόνα υψηλότερης ποιότητας [3DPHONE. 2008, Stelmach L, Tam WJ. 1998, Stelmach L, Tam WJ, Meegan D, et al 2000]. Εφαρμόζοντας αυτή την έννοια θα μπορούσε κανείς να κωδικοποιήσει την εικόνα για το δεξί μάτι με λιγότερο από την πλήρη ανάλυση του αριστερού ματιού.

Ορισμένοι ζητούν αυτή την ασύμμετρη ποιότητα καθώς μελέτες έχουν δείξει ότι η ασύμμετρη κωδικοποίηση είναι μια βιώσιμη μέθοδος για την εξοικονόμηση του εύρους ζώνης.

### 3.5 Πιο προηγμένοι μέθοδοι κωδικοποίησης

Άλλοι μέθοδοι έχουν μελετηθεί στον κλάδο κωδικοποίησης, ένας από τους πιο γνωστούς είναι 2D + M (2D εικόνα σε συνδυασμό με Metadata), βασική ιδέα είναι η μετάδοση μιας εικόνας 2D σε συνδυασμό με τα στερεοσκοπικά δεδομένα της εικόνας με την μορφή ενός πρόσθετου πακέτου μεταδεδομένων (Metadata) αρχείων τα οποία θα μεταδίδονται ως μέρος της ροής του video όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα 3.10.

Αυτή η προσέγγιση είναι συνεπής με την MPEG πολυπλεξία, ωστόσο όμως σε ένα βαθμό είναι συμβατή και με τα ενσωματωμένα συστήματα. Η απαίτηση για την μετάδοση των μεταδεδομένων αυξάνει το εύρος ζώνης που απαιτείται στο κανάλι. Το προστιθέμενο εύρος κυμαίνεται από 60% έως 80% ανάλογα με την ποιότητα, τους στόχους και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 3.10 2D σε συνδυασμό με Metadata. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Όπως υπονοείται ένα set-top box που χρησιμοποιεί ένα παραδοσιακό περιβάλλον 2D θα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει 2D περιεχόμενο, αγνοώντας τα μεταδεδομένα (Metadata), και προβάλλεται σωστά η 2D εικόνα. Ενώ σε ένα 3D περιβάλλον το set-top box θα είναι σε θέση να καταστεί το 3D σήμα.

Μερικές παραλλαγές αυτού του καθεστώτος έχουν ήδη εμφανιστεί. Μια από αυτές είναι να συλληφθεί ένα αρχείο Δ που αντιπροσωπεύει την διαφορά μεταξύ της αριστερής και δεξιάς εικόνας, το αρχείο αυτό συνήθως είναι μικρότερο από το αρχικό αρχείο λόγω των εγγενών απωλειών και το οποίο στην συνέχεια μεταδίδεται ως μεταδεδομένο.

Μια άλλη προηγμένη προσέγγιση συνεπάγεται την μετάδοση εικόνας 2D σε συνδυασμό με έναν χάρτη βάθους για κάθε σκηνή – Video Plus Depth (V+D).

### 3.6 Προσέγγιση Video Plus Depth (V+D)

Πολλές προτάσεις για την 3DTV συχνά στηρίζονται στην βασική ιδέα του στερεοσκοπικού video δηλαδή την σύλληψη, την μετάδοση και την εμφάνιση των δύο ξεχωριστών ρευμάτων (για το δεξί και αριστερό μάτι). Πρόσφατα συγκεκριμένες προτάσεις έχουν γίνει για μια ευέλικτη κοινή μετάδοση μονοσκοπικού έγχρωμου video και του σχετικού βάθους πληροφοριών ανά pixel [FehnC, KauffP, etal. 2002, FehnC. 2003], δηλαδή αυτή η έννοια έχει να κάνει με την αναπαράσταση V+D (Video Plus Depth) η οποία αποκαλείται και ως 2D + depth.

Από αυτή την αναπαράσταση των δεδομένων μια ή περισσότερες προβολές της 3D σκηνής μπορούν να παράγονται σε πραγματικό χρόνο στην πλευρά του δέκτη με την βοήθεια της μεθόδου DIBR (Depth-Image-Based-Rendering) [FehnC. 2006] που θα αναλυθεί σε παρακάτω ενότητα. Κατά την μέθοδο 2D + depth εικόνα δίνεται σε μια σειρά από 2D καρέ, το καθένα από τα οποία συνοδεύεται από ένα χάρτη βάθους (depthmap) σε κλίμακα

αποχρώσεων του γκρι. Αυτός ο χάρτης δείχνει σε τι θέση πρέπει να βρίσκεται το κάθε pixel ως προς τον κάθετο προς την εικόνα άξονα.

Όπως μπορεί να δει κανείς στην παρακάτω εικόνα 3.11 ένα σήμα video και ο χάρτης βάθους κάθε εικονοστοιχείου συλλαμβάνεται και τελικά μεταδίδεται στον θεατή. Εικονοστοιχείο με πληροφορίες βάθους μπορεί να θεωρηθεί ένα φωτεινό μονοχρωματικό σήμα βίντεο (εξάλλου ο χάρτης βάθους δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα μονοδιάστατο βίντεο, που μπορεί να αναπαρασταθεί με μια απλή κλίμακα φωτεινότητας) με περιορισμένο εύρος που καλύπτει το διάστημα  $[Z_{near}, Z_{far}]$  που αντιπροσωπεύουν, αναφέρεται δηλαδή στην ελάχιστη και στη μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση ενός 3D σημείου από την κάμερα. Έπειτα, το διάστημα μεταξύ αυτών των δύο τιμών κβαντίζεται με 8bit, με το πιο κοντινό σημείο με την τιμή 255 και το πιο μακρινό σημείο με την τιμή 0.

Ουσιαστικά ο χάρτης βάθους ορίζεται από μια ασπρόμαυρη εικόνα, αυτές οι τιμές μπορούν να παρέχονται μέσα από το κανάλι φωτεινότητας ενός σήματος video και έτσι μπορεί να ρυθμιστεί μια σταθερή χρωματική τιμή. Το κωδικοποιημένο μονοδιάστατο βίντεο βάθους δεν απαιτεί καμία άλλη πληροφορία εκτός από αυτήν, και μπορεί να κωδικοποιηθεί από ένα οποιοδήποτε video codec. Εν' ολίγοις, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μια τακτική ροή video εμπλουτισμένο με τους λεγόμενους χάρτες βάθους παρέχοντας μια τιμή  $Z$  για κάθε pixel.



Εικόνα 3.11 Video plus depth (V+D) εκπροσώπηση για 3DV. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Λόγω του ότι η μορφή αυτή κωδικοποίησης V+D διαθέτει συμβατότητα προς τα πίσω, ένας δέκτης 2D θα εμφανίσει μόνο το τμήμα  $V$  από το σήμα του V+D, δεν εμφανίζει δηλαδή το βάθος.

Μελέτες του ευρωπαϊκού ATTEST (Advanced Three Dimensional Television System Technologies) για την μέθοδο αυτή, έδειξαν ότι τα δεδομένα βάθους μπορούν να συμπιεστούν αποτελεσματικά και με πολύ καλή ποιότητα, πράγμα που σημαίνει ότι χρειάζεται μόνο το 20% περίπου του bitrate, που θα απαιτείτο για να κωδικοποιηθεί το ένα έγχρωμο video. Αυτή η προσέγγιση κωδικοποίησης μπορεί να τοποθετηθεί στην κατηγορία του Depth-Enhanced Stereo (DES).

Ένα στερεοφωνικό ζεύγος μπορεί να αποδώσει πληροφορίες από το V+D από την 3D στρέβλωση στον αποκωδικοποιητή. Ένας αλγόριθμος στρέβλωσης παίρνει ένα στρώμα pixel και το παραμορφώνει με πολλούς τρόπους π.χ. στρίβει κατά μήκος οποιουδήποτε άξονα, λυγίζει το στρώμα pixel γύρω από τον εαυτό του ή ακόμα και να προσθέτει

αυθαίρετη διάσταση με έναν χάρτη μετατόπισης. Ένα παραγόμενο στερεοφωνικό ζεύγος από ένα σήμα V+D στον αποκωδικοποιητή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 3.12.



Εικόνα 3.12 Αναγέννηση του στερεοφωνικού βίντεο από το σήμα V+D. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 JohnWiley&Sons, Inc.)

Αυτή η ανακατασκευή προσφέρει εκτεταμένη λειτουργικότητα σε σύγκριση με την CSV επειδή η στερεοφωνική εικόνα μπορεί να ρυθμιστεί και να προσαρμοστεί μετά την μετάδοση. Επίσης να σημειωθεί ότι περισσότερες από δύο απόψεις μπορούν να παραχθούν στον αποκωδικοποιητή επιτρέποντας έτσι την υποστήριξη των Multiview οθονών.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου V+D είναι η μικρή αύξηση του bandwidth που απαιτείται (της τάξης του 5-20%), πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτό οι υπάρχουσα υποδομή. Επίσης, αυτός ο τρόπος κωδικοποίησης είναι συμβατός με τον υπάρχοντα εξοπλισμό και τα εργαλεία συμπίεσης, και επιτρέπει στην τρισδιάστατη τηλεόραση διάφορους τύπους προβολής, όπως για παράδειγμα διάφορα μεγέθη εικόνας ενώ επίσης διαθέτει την προς τα πίσω συμβατότητα με τη διδιάστατη τηλεόραση, χαμηλές απαιτήσεις σε bandwidth όπως είπαμε και ευκολία στην κωδικοποίηση, όλα όσα δηλαδή χρειαζόμαστε σε μια τρισδιάστατη προβολή. Απαραίτητο για να καθοριστεί η σύνταξη ενός αποτελέσματος υψηλού επιπέδου είναι να επιτρέπεται σε έναν αποκωδικοποιητή να ερμηνεύσει σωστά και από τις δύο εισερχόμενες ροές video το χρώμα και το βάθος.

Πρέπει να σημειωθεί ωστόσο ότι η μέθοδος V+D σε αντίθεση με την CSV συνεπάγεται την αυξημένη πολυπλοκότητα και στις δύο πλευρές και στον αποστολέα και στον παραλήπτη. Στην πλευρά του δέκτη η σύνθεση της προβολής πρέπει να πραγματοποιείται μετά την αποκωδικοποίηση για να δημιουργηθεί η δεύτερη άποψη του στερεοφωνικού ζεύγος. Ενώ στην πλευρά του αποστολέα τα δεδομένα βάθους πρέπει να παραχθούν πριν πραγματοποιηθεί η κωδικοποίηση. Αυτό γίνεται συνήθως με την εκτίμηση του βάθους από το ληφθέν στερεοφωνικό ζεύγος.

### 3.7 Προσέγγιση Multi-view Video Plus Depth (MV+D)

Υπάρχουν κάποιες προηγμένες εφαρμογές 3D video που δεν υποστηρίζονται σωστά από τα τυχόν υφιστάμενα πρότυπα κωδικοποίησης, όπου απαιτείται εργασία από την ITU-R ή ISO/MPEG. Δύο τέτοιες εφαρμογές είναι:

- Το ευρύ φάσμα στις Multi-view αυτοστερεοσκοπικές οθόνες (προβολή μίας ή περισσοτέρων απόψεων).
- FVV – περιβάλλον όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την δική του άποψη.

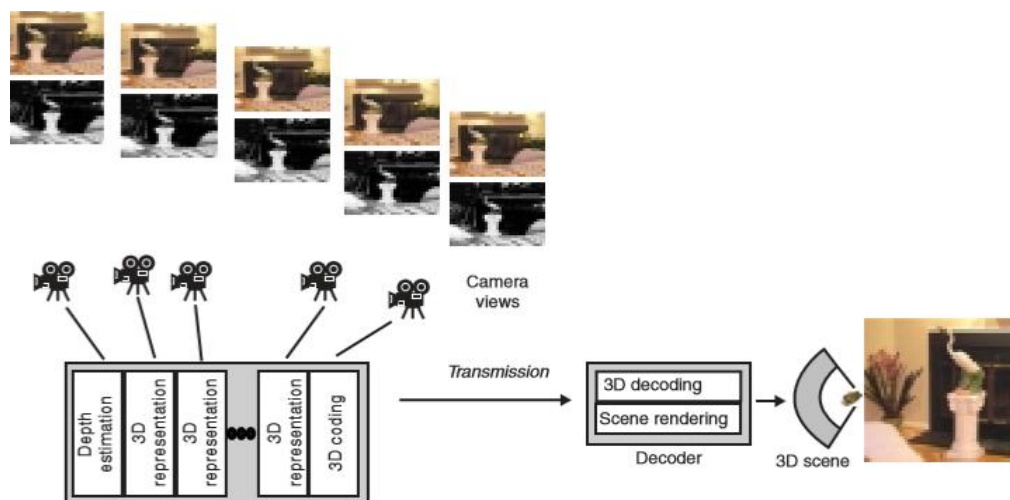
Αυτές οι 3Dεφαρμογές απαιτούν μια 3Dμορφή βίντεο που καθιστά ένα συνεχές ή και μεγάλο αριθμό απόψεων εξόδου στον αποκωδικοποιητή.

Η MVC δεν υποστηρίζει ένα συνεχές μεγάλο αριθμό απόψεων και αυτό την καθιστά αναποτελεσματική και διαπιστώνουμε ότι η V+D κωδικοποίηση θα μπορούσε αρχικά να δημιουργήσει περισσότερες από δύο εμφανίσεις στον αποκωδικοποιητή αλλά στην πράξη υποστηρίζει περιορισμένο συνεχές αριθμό απόψεων γύρω από την αρχική άποψη.

Έτσι η MPEGξεκίνησε μια δραστηριότητα για την ανάπτυξη ενός νέου πρότυπου κωδικοποίησης 3DV που θα υποστηρίζει αυτές τις απαιτήσεις, την έννοια MV+D. Όπου περιλαμβάνει μια σειρά από πολύπλοκα στάδια επεξεργασίας, όπου αρχικά το βάθος πρέπει να υπολογίζεται για τις  $N$  απόψεις στο σημείο λήψης και στην συνέχεια ροές βίντεο με  $N$  χρώμα και  $N$  βάθος κωδικοποιούνται και μεταδίδονται, όπως δείχνει και η εικόνα 3.13.

Στον δέκτη τα δεδομένα πρέπει να αποκωδικοποιούνται και να αποδίδονται οι εικονικές απόψεις. Άρα λοιπόν η μέθοδος MV+D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει Multiview αυτό-στερεοσκοπικών οθονών με έναν σχετικά αποτελεσματικό τρόπο.

Για παράδειγμα μια οθόνη να υποστηρίζει εννέα εμφανίσεις ταυτόχρονα (V1-V9) όπως δείχνει η εικόνα 3.14. Από μια συγκεκριμένη θέση ένας θεατής μπορεί να δει μόνο ένα στερεοσκοπικό ζεύγος των απόψεων, ανάλογα με την θέση που έχει.

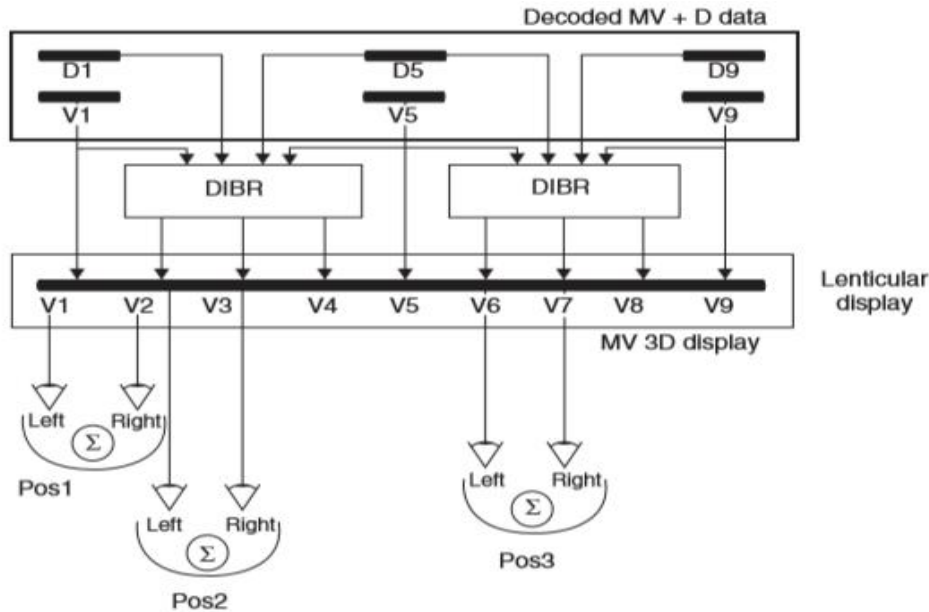


Εικόνα 3.13 Multi-view video plus depth (MV+D) προσέγγιση. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Κατά την μετάδοση των 9 εμφανίσεων στην οθόνη άμεσα θα απαιτηθεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Σε αυτό το επεξηγηματικό παράδειγμα (εικόνα 3.14) μόνο οι τρεις αρχικές προβολές V1, V5 και V9 μαζί με τους αντίστοιχους χάρτες βάθους D1, D5 και D9 είναι στο ρεύμα



αποκωδικοποίησης, ενώ οι υπόλοιπες απόψεις μπορούν να συντεθούν από αυτά τα αποκωδικοποιημένα δεδομένα με την χρήση της τεχνικής DIBR.

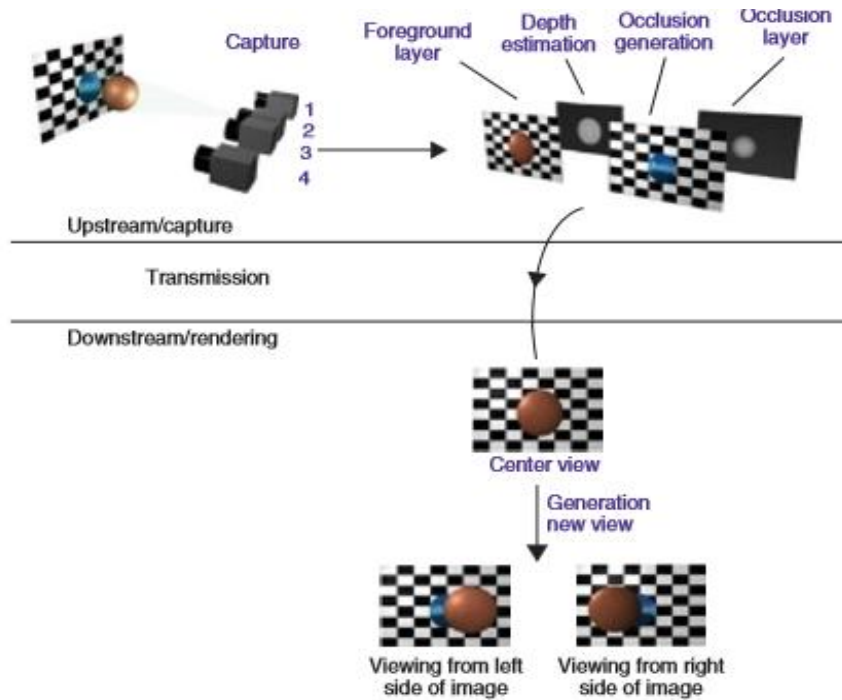


Εικόνα 3.14 Multi-view αυτό-στερεοσκοπική οθόνη βασισμένη στην μέθοδο MV+D. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

### 3.8 Προσέγγιση Layered Depth Video (LDV)

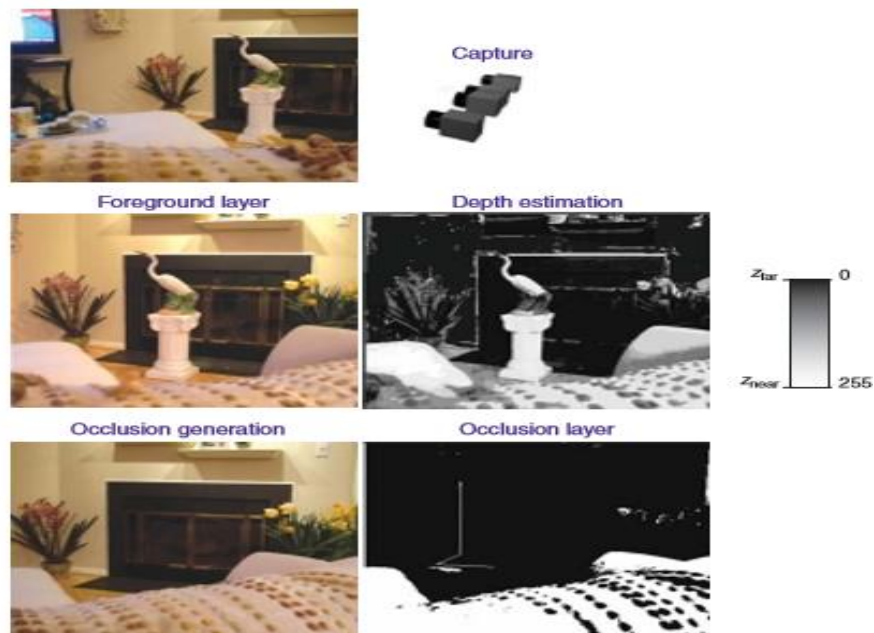
Η μορφή LDV είναι ένα παράγωγο αλλά και μια εναλλακτική λύση για την MV+D. Η LDV πιστεύεται ότι είναι πιο αποτελεσματική απ' ότι η MV+D επειδή είναι λιγότερες οι πληροφορίες που διαβιβάζονται. Ωστόσο οι πρόσθετες εργασίες επεξεργασίας προβολής που απαιτούνται μπορεί να είναι επιρρεπείς σε λάθη όταν λειτουργούν σε μερικώς αναξιόπιστα στοιχεία βάθους.

Στις παρακάτω εικόνες 3.15, 3.16 απεικονίζεται η χρήση της LDV προσέγγισης όπου υπάρχει ένα έγχρωμο video με τον σχετικό χάρτη βάθους και ένα επίπεδο background με το σχετικό χάρτη βάθους του. Το επίπεδο του background περιλαμβάνει το περιεχόμενο της εικόνας που καλύπτεται από τα αντικείμενα που υπάρχουν στο προσκήνιο, στο κύριο μέρος της εικόνας. Οι πληροφορίες οι οποίες αποφράσσονται κατασκευάζονται με στρέβλωση δύο ή περισσότερων γειτονικών V+D προβολών από την εκπροσώπηση MV+D σε μια προκαθορισμένη κεντρική προβολή. Έτσι λοιπόν γίνεται στρέβλωση του κυρίου στρώματος της εικόνας πάνω σε άλλες εικόνες εισόδου, και αποφασίζεται ποια μέρη των άλλων εικόνων εισόδου καλύπτονται στο κεντρικό στρώμα της εικόνας και στην συνέχεια αποδίδεται μια υπολειμματική εικόνα και μεταδίδεται, ενώ το υπόλοιπο παραλείπεται [3DPHONE. 2008].



Εικόνα 3.15 Layered depth video (LDV) προσέγγιση. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

Τα LDVρεύματα και υπορρεύματα που προκύπτουν μπορούν να κωδικοποιηθούν στην συνέχεια με το κατάλληλο LDVπροφίλ κωδικοποίησης. Η LDV παρέχει μια ενιαία εικόνα με βάθος και πληροφορίες απόφραξης και στόχος της είναι να επιτευχθεί η αυτόματη απόκτηση του περιεχομένου 3DTV, ιδιαίτερα για την απόκτηση βάθους και πληροφοριών απόφραξης από το video, ώστε να προκύψει μια νέα άποψη χωρίς σφάλματα.



Εικόνα 3.16 παράδειγμα LDV μορφής. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)

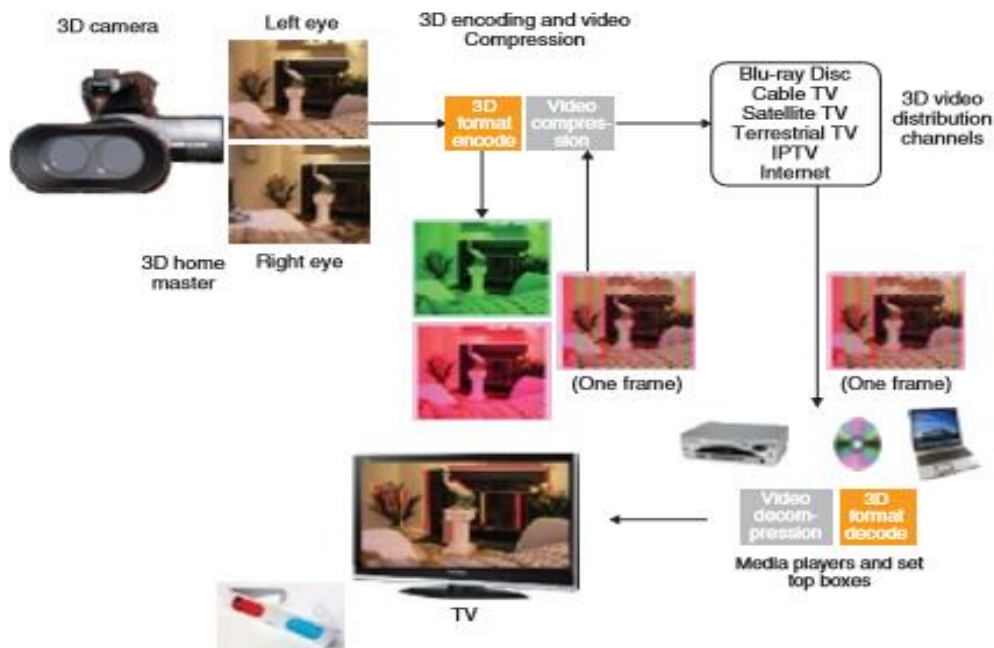
### 3.9 Κωδικοποίηση χρώματος (Color Encoding)

Η κωδικοποίηση χρώματος (ανάγλυφη τεχνική) είναι αυτή η μέθοδος που χρησιμοποιείται όλα αυτά τα χρόνια για τα 3D. Γίνεται η κωδικοποίηση του χρώματος της εικόνας του αριστερού ματιού με την εικόνα του δεξιού ματιού και δημιουργείται ένα ενιαίο συγχωνευμένο πλαίσιο όπου στο άκρο λήψης διαχωρίζονται, και για να γίνουν αντιληπτά και τα δύο πλαίσια χρησιμοποιούνται χρωματικά γυαλιά.

Η προσέγγιση αυτή καθιστά την χρήση ενός αριθμού τεχνικών επεξεργασίας για την βελτιστοποίηση του σήματος, προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλύτερη αντίθεση χρωμάτων, το βάθος της εικόνας και την συνολική απόδοση (εικόνα 3.17).

Κόκκινο/ μπλε, κόκκινο/ κυανό, πράσινο/ ματζέντα ή μπλε/ κίτρινο, είναι τα χρώματα κωδικοποίησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Τα δύο πρώτα χρώματα είναι τα πιο κοινά στην χρήση. Ανάγλυφες τεχνικές με την χρήση χρωμάτων πορτοκαλί/ μπλε θεωρείται ότι παρέχει μια καλή ποιότητα εικόνας αλλά υπάρχει μια συνέχεια των συνδυασμών.

Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι το γεγονός ότι το σήμα είναι συμβατό με τα υφιστάμενα συστήματα, μπορεί να παραδώσει σε οποιοδήποτε 2D σύστημα, παρέχει πλήρη ανάλυση και χρησιμοποιεί φθηνά γυαλιά. Ωστόσο παράγει χαμηλότερης ποιότητας 3D εικόνας σύμφωνα με τις παραπάνω προσεγγίσεις που αναφέρθηκαν.



Εικόνα 3.17 Ανάγλυφη τεχνική. (Πηγή: Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.)



## 4 Διανομή περιεχομένου 3D-TV

### 4.1 Εισαγωγή

Όπως φάνηκε και από όλα τα παραπάνω, οι διαφορές σε θέματα κωδικοποίησης της πληροφορίας, της επεξεργασίας σήματος και, όπως θα εξετάσουμε τώρα, της δικτύωσης, σε σχέση με την διδιάστατη τηλεόραση, κάνουν την 3D TV ένα πολύ ενδιαφέρον αντικείμενο έρευνας από τηλεπικοινωνιακή σκοπιά. Αρχικά, όπως προαναφέραμε, η οικιακή χρήση της 3DTV διείσδυσε μέσω των αποθηκευτικών μέσων ενημέρωσης, π.χ. Blu-RayDisc. Υπάρχουν μια σειρά από εναλλακτικές αρχιτεκτονικές μεταφορές για σήματα 3DTV, ανάλογα με τα υποκείμενα μέσα ενημέρωσης.

### 4.2 Δικτύωση – Βασικές προσεγγίσεις μεταφοράς

Η υπηρεσία αυτή μπορεί να υποστηριχθεί από τις παραδοσιακές δομές μεταφοράς, δηλαδή την υπάρχουσα υποδομή που χρησιμοποιείται για την ψηφιακή τηλεόραση, συμπεριλαμβανομένης της αρχιτεκτονικής DVB, ασύρματη μετάδοση 3G/4G όπως DVB-H προσεγγίσεις και η αρχιτεκτονική IP για την παράδοση που βασίζεται στο Internet(για μη πραγματικό χρόνο και για συνεχής ροή προγράμματος).

Το κυριότερο πρόβλημα κατά τη μετάδοση ενός σήματος που προορίζεται για τρισδιάστατη τηλεόραση είναι οι μεγάλες απαιτήσεις στο bandwidth που έχει η μετάδοση πολλών video streams. Υπάρχουν λοιπόν δύο πιθανοί τρόποι (είδη τηλεπικοινωνιακών συστημάτων) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση ενός σήματος για 3D TV:

- Η υπάρχουσα υποδομή που χρησιμοποιείται για την ψηφιακή τηλεόραση
- Μετάδοση over IP

Σημειώνεται ότι γενικά, σε οποιαδήποτε περίπτωση, η δομή ενός δικτύου τρισδιάστατης τηλεόρασης αποτελείται από τα βασικά σημεία που φαίνονται στο σχήμα της παρακάτω εικόνας 4.1. Ο πομπός κάνει κωδικοποίηση του τρισδιάστατου βίντεο με κάποιον από τους τρόπους που αναφέρθηκαν παραπάνω, μεταδίδει το κωδικοποιημένο σήμα μέσω του καναλιού επικοινωνίας, και γίνεται η αποκωδικοποίηση στο δέκτη, και έπειτα η προβολή του βίντεο.



Εικόνα 4.1 διάγραμμα ενός συστήματος 3DTV από άκρο σε άκρο

### 4.3 Μετάδοση μέσω δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης

#### 4.3.1 Εγκαταστάσεις DTV

Όπως σε κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα, έχουμε τον πομπό, το κανάλι και το δέκτη. Από την πλευρά του πομπού, αυτό που πρέπει να κάνει κάθε τηλεοπτικός σταθμός είναι να εκπέμπει ψηφιακό σήμα, κωδικοποιημένο σύμφωνα με τα πρότυπα MPEG-2 και H.264/MPEG-4 AVC. Όπως προαναφέρθηκε, αυτά τα πρότυπα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο βαθμό, με τις κατάλληλες προσθήκες, και στην τρισδιάστατη τηλεόραση.

Εκτός από τους τηλεοπτικούς σταθμούς υψηλής ισχύος υπάρχουν και τα εξής είδη τηλεοπτικών σταθμών:

- Σταθμοί χαμηλής ισχύος (Low-power stations): Σταθμοί που μεταδίδουν με μικρή ισχύ και μικρό κόστος σε μια περιορισμένη έκταση, όπως για παράδειγμα μικρές πόλεις.
- Τηλεοπτικοί αναμεταδότες (Broadcast relay stations): Σταθμοί που αναμεταδίδουν το σήμα από κάποιον άλλο τηλεοπτικό σταθμό, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η λήψη του σε περιοχές που δεν καλύπτονται από τον αρχικό σταθμό.

Όσον αφορά τους δέκτες, οι τηλεθεατές έχουν δύο επιλογές. Η πρώτη είναι να προμηθευθούν έναν μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό (Digital Television Adapter, DTA). Στη Βόρεια Αμερική, αυτοί αναλαμβάνουν τη μετατροπή από ATSC σε NTSC (τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακού και αναλογικού τηλεοπτικού συστήματος αντίστοιχα), και στην Ευρώπη και σε άλλες περιοχές από DVB σε PAL. Η άλλη επιλογή είναι να προμηθευθούν μια νέα συσκευή τηλεόρασης, η οποία έχει τη δυνατότητα να αποκωδικοποιήσει το ψηφιακό σήμα.

#### 4.3.2 DVB (Digital Video Broadcasting) προσεγγίσεις

Το DVB είναι μια κοινοπραξία πάνω των 300 επιχειρήσεων στους τομείς των ραδιοτηλεοπτικών εκπομπών και η κατασκευή αυτού του έργου έχει γίνει για την καθιέρωση κοινών διεθνών προτύπων για ψηφιακή μετάδοση, είναι δηλαδή ένας οργανισμός προτυποποίησης [Daniel\_Minoli\_3DTV, 2010 John Wiley&Sons, Inc.]. Έχουν δημιουργηθεί διεθνή κορυφαία πρότυπα που αναφέρονται ως "DVB", και η αποδοτική επιλογή για τεχνολογίες που θα επιτρέπουν μια αποτελεσματική, οικονομική, αποδοτική, υψηλής ποιότητας μετάδοση, καθώς και διαλειτουργικές ψηφιακές ραδιοτηλεοπτικές εκπομπές.

DVB πρότυπα χρησιμοποιούνται για δορυφορική μετάδοση καθώς και για επίγεια αλλά και για καλωδιακή μεταφορά. Τα πρότυπα DVB δημοσιεύτηκαν από μια κοινή τεχνική επιτροπή (Joint Technical Committee - JTC), του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Τηλεπικοινωνιακών προτύπων (ETSI), την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτρονικής Τυποποίησης (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique—CENELEC) και του Ευρωπαϊκού Broadcasting Union (EBU).

Τα πρότυπα που έχουν προκύψει από τον οργανισμό DVB είναι:

- Δορυφορική διανομή video (DVB-S και DVB-S2)
- Καλωδιακή διανομή video (DVB-C)
- Διανομή video επίγειας τηλεόρασης (DVB-T)
- Επίγεια τηλεόραση για φορητές συσκευές (DVB-H)

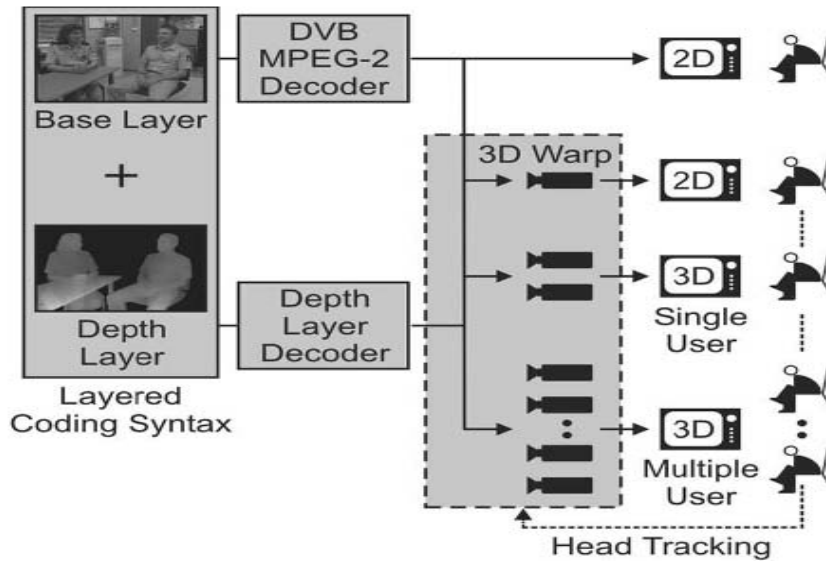
Όπως υπονοείται σύμφωνα με τα παραπάνω, η μετάδοση είναι ένας βασικός τομέας δραστηριότητας για την DVB.

Ένα συμβατικό στερεοφωνικό video ( με χρονική πολυπλεξία ή χωρική συμπίεση) θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί από όλους τους ιδιωτικούς φορείς παροχής υπηρεσιών 3DTV. Η V+D αναπαράσταση δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή 3DTV μεταφοράς εξελικτικά στην παρούσα υποδομή DVB. Οι κατ' οίκον 3D εικόνες ανακατασκευάζονται από την πλευρά του δέκτη με την χρήση της μεθόδου DIBR.

Επίσης, η MPEG έχει κάνει μια προσπάθεια για την προτυποποίηση της τρισδιάστατης τηλεόρασης. Αυτή βασίζεται στο 2D + depth format που αναλύθηκε προηγουμένως. Η κωδικοποίηση 2D + depth επιλέχθηκε για διάφορους λόγους. Οι κυριότεροι είναι η προς τα πίσω συμβατότητα με ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες ψηφιακής τηλεόρασης, αποδοτική συμπίεση, και εύκολη προσαρμογή σε διάφορα συστήματα προβολής 3D. Επίσης, αυτή η μέθοδος δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε bandwidth, όπως αναφέραμε και στην ενότητα της κωδικοποίησης. Άρα βλέπουμε ότι δίνει μια πολύ καλή λύση για το θέμα της μετάδοσης μέσω δικτύου ψηφιακής τηλεόρασης.

Η προτυποποίηση της MPEG βασίζεται σε επέκταση του ήδη υπάρχοντος προτύπου MPEG-2. Η ιδέα πίσω από αυτήν είναι η προτυποποίηση της κωδικοποίησης 2D + depth με τη βοήθεια metadata (δηλαδή επιπρόσθετα δεδομένα τα οποία χαρακτηρίζουν τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα) που χρησιμεύουν στην αναγνώριση της σημασίας των διαφόρων αποχρώσεων του γκρι στο depthmap, καθώς και metadata που σηματοδοτούν στο δέκτη την ύπαρξη ενός επί πλέον stream δεδομένων που σχετίζονται με το βάθος. Το νέο πρότυπο έχει δημοσιευθεί σε δύο τμήματα. Το πρώτο σχετίζεται με τη μορφή της ίδιας της κωδικοποίησης 2D + depth, και το δεύτερο δίνει μια μέθοδο για τη μετάδοση κωδικοποιημένου κατά 2D + depth βίντεο μέσα σε ένα συμβατικό MPEG-2 stream.

Στην παρακάτω εικόνα 4.2 βλέπουμε μια μετάδοση με τη μέθοδο 2D + depth. Παρατηρούμε ότι υπάρχει ένας αποκωδικοποιητής για καθένα από τα δύο στρώματα, και βλέπουμε και τη συμβατότητα με κάποιον θεατή που διαθέτει μια απλή διδιάστατη συσκευή.



Εικόνα 4.2 Μετάδοση σήματος με την μέθοδο 2D+depth. (Πηγή: brain.ee.auth.gr)

#### 4.3.3 DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld) προσεγγίσεις

DVB-H είναι μια προδιαγραφή του DVB που ασχολείται με προσεγγίσεις και τεχνολογίες για να προσφέρουν μέσης ποιότητας σε πραγματικό χρόνο γραμμικά και on-demand, περιεχόμενο video, σε συσκευές χειρός, που τροφοδοτούνται από συσκευές μπαταρίας, όπως κινητά τηλέφωνα, φορητές τηλεοράσεις και PDA(Personal, Digital Assistant). Είναι δηλαδή ένα πρότυπο ψηφιακής τηλεόρασης, το οποίο αποτελεί επέκταση του DVB-T, δηλαδή του προτύπου της επίγειας τηλεόρασης. Για την περίπτωση της 3D TV, έχουν γίνει προσπάθειες για μετάδοση μέσω δικτύου DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld).

Στο DVB-H, το μεταδιδόμενο stream (η διαδοχή δηλαδή των δεδομένων που στέλνονται) αποτελείται από MPE (Multi-Protocol Encapsulation) streams, τα οποία περιέχουν IP streams, και αυτά με την σειρά τους περιέχουν τις πληροφορίες audio και video. Επίσης, οι πληροφορίες προγράμματος και υπηρεσιών (PSI/SI) που κληρονομούνται απ' το πρότυπο DVB, χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση σήματος χαμηλού επιπέδου. Επίσης, μια καινοτομία του DVB-H είναι ότι εισήγαγε τον ηλεκτρονικό οδηγό υπηρεσιών (ESG, Electronic Service Guide), που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του περιεχομένου και τη λήψη υπηρεσιών. Αυτά τα δύο πρέπει να ληφθούν υπ' όψη κατά τη σχεδίαση μεθόδων μετάδοσης 3D video μέσω DVB-H. Κατά τη σχεδίαση πρέπει να λάβουμε υπ' όψη και τη φύση του καναλιού μετάδοσης.

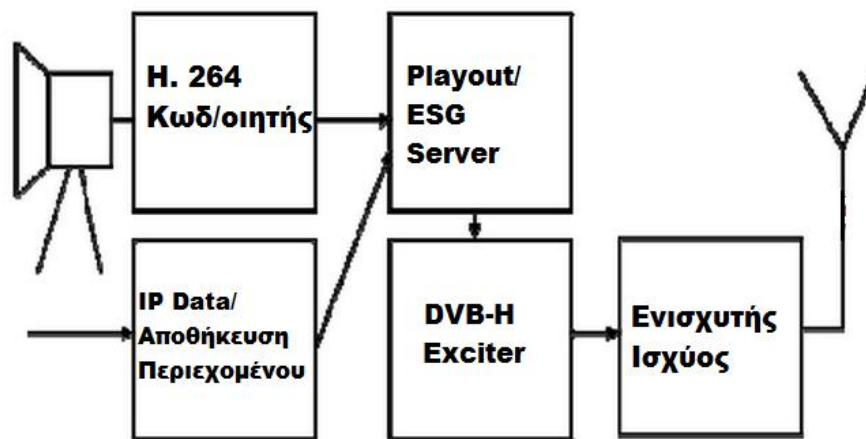
Όσον αφορά την δομή, το DVB-H χρησιμοποιεί το πρότυπο MPEG Transport Stream για να μεταδίδει πακέτα IP ήχου και εικόνας. Επίσης, το DVB-H χρησιμοποιεί έναν επί πλέον μηχανισμό θωράκισης από σφάλματα, που λέγεται MPE-FEC (Forward Error Correction, απ' ευθείας διόρθωση σφαλμάτων). Αυτός βασίζεται στους κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων Reed-Solomon. Αυτός δουλεύει ως εξής: Κατ' αρχάς, δημιουργείται ένα MPE-FEC frame. Αυτός αποτελείται αρχικά από έναν πίνακα δεδομένων, στον οποίο οι στήλες αποτελούν πακέτα IP. Ένας κώδικας RS(191, 64) εφαρμόζεται στις γραμμές αυτού του πίνακα. Τα δεδομένα ισοτιμίας (τα επί πλέον bits δηλαδή που χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση σφαλμάτων) διαβάζονται κατά στήλες και ενσωματώνονται στις ενότητες του MPE-FEC

frame που μεταδίδονται μετά τα δεδομένα. Το MPE-FEC χρησιμοποιεί επίσης τη μέθοδο του time-slicing, δηλαδή όλες οι ενότητες του frame μεταδίδονται “μονοκόμματα”.

Το ESG που προαναφέρθηκε χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό XML και SDP αρχείων για να επιτύχει την ανακάλυψη και αποκωδικοποίηση υπηρεσιών που είναι διαθέσιμες σε ένα DVB-H broadcast.

Τώρα μπορούμε να πούμε πώς εφαρμόζονται αυτά για το τρισδιάστατο βίντεο. Οι τρόποι κωδικοποίησης που εφαρμόζονται εδώ είναι το MVC, το simulcast δύο ανεξάρτητων εκδοχών, και το 2D + depth. Όλες αυτές οι μορφές κωδικοποίησης μπορούν να μεταδοθούν σαν δύο ανεξάρτητα σήματα RTP (Real-Time Transfer Protocol). Το ένα από αυτά μπορεί να αποκωδικοποιηθεί από έναν απλό μονοδιάστατο αποκωδικοποιητή, ενώ το άλλο περιέχει τις πληροφορίες που απαιτούνται για να αναπαραχθεί στερεοσκοπικό βίντεο από συμβατούς με το 3D δέκτες. Αυτά τα δύο σήματα μεταδίδονται ως δύο ξεχωριστά MPE streams. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι υπάρχει προς τα πίσω συμβατότητα, αφού ένας απλός 2D δέκτης μπορεί να κρατήσει μόνο το πρώτο σήμα και να αγνοήσει το δεύτερο. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης επιτρέπει επίσης τη χρήση και στα δύο streams του μηχανισμού διόρθωσης σφαλμάτων MPE-FEC, που περιγράφηκε παραπάνω.

Κάτι άλλο που αξίζει να σημειώσουμε σχετικά με το θέμα της μετάδοσης 3D video μέσω DVB-H είναι ότι αυτό το πρότυπο είναι τόσο ευέλικτο, που δεν απαιτούνται αλλαγές σ' αυτό για να χρησιμοποιηθεί σε μια 3D μετάδοση. Η μόνη επέκταση που μπορεί να χρειαστεί αφορά τις τεχνολογίες και υπηρεσίες ESG. Αυτό γίνεται επειδή πρέπει ένα ESG bit stream να αναγνωρίζει υπηρεσίες και για 2D και για 3D τηλεόραση, και μπορεί να χρειαστεί μια επέκταση του προτύπου για να γίνεται διάκριση μεταξύ αυτών των δύο. Στο σχήμα της παρακάτω εικόνας 4.3 βλέπουμε μια πιθανή δομή πομπού για μια DVB-H μετάδοση:



Εικόνα 4.3 Δομή μιας DVB-H μετάδοσης

Υποστηρικτές έχουν προτείνει την χρήση του DVB-H για την παράδοση της 3DTV σε κινητές συσκευές. Μερικοί κάνουν τους ισχυρισμούς ότι η ασύρματη 3DTV μπορεί να εισαχθεί σε ένα πρώιμο σημείο λόγω της τάσης της κινητής τηλεφωνίας να διαθέτουν νέες εφαρμογές νωρίτερα από ότι οι παραδοσιακοί φορείς.

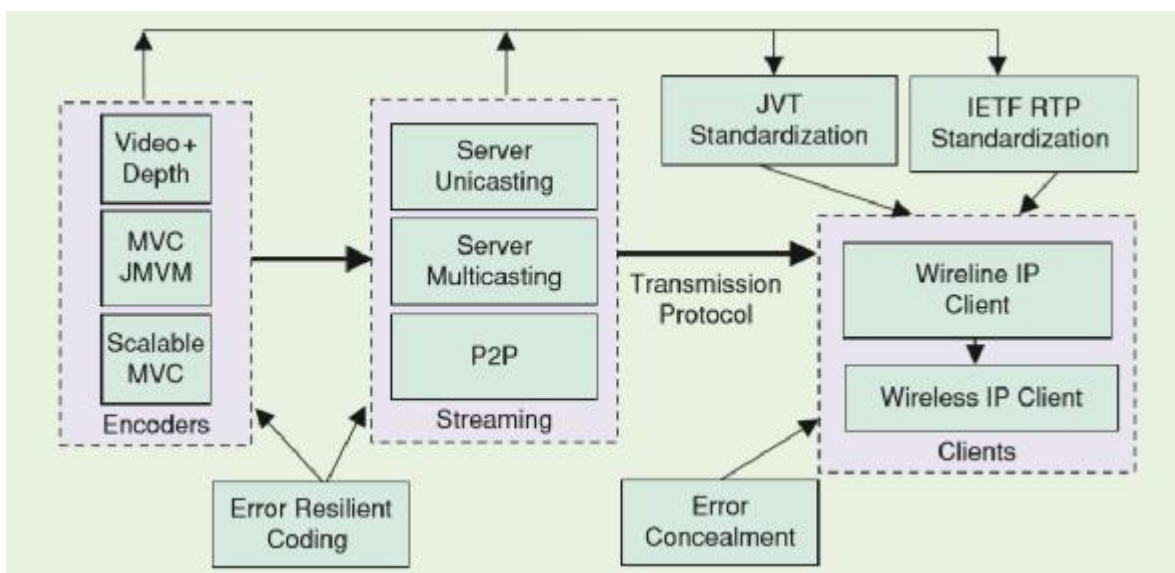
#### 4.4 Μετάδοση μέσω over IP

Η αρχιτεκτονική του Internet Protocol (IP) είναι πολύ ευέλικτη στην αποδοχή ενός ευρύ πεδίου εφαρμογών επικοινωνίας που κυμαίνονται από e-mail έως και video μέσω IP υπηρεσιών. Υπάρχουν ήδη πολλές υπηρεσίες video-on-demand (VOD) που προσφέρονται μέσω διαδικτύου [W.B. Norton, version 1.3].

Επίσης φορείς κινητών δικτύων 2,5G και 3G χρησιμοποιούν IP με επιτυχία και τους προσφέρει ασύρματες υπηρεσίες video. Ενώ υπάρχουν πολλές εναλλακτικές τεχνολογίες για την αναπαράσταση 3D video, συμπεριλαμβανομένων ολογραφικών, ογκομετρικών, γεωμετρικών (3D μοντέλων) και stereoscopic/multi-view 3D video, η over IP φαίνεται να είναι η πιο ώριμη τεχνολογία αυτή την στιγμή.

Οι αρχιτεκτονικές για μετάδοση over IP μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Ένας server σε έναν client ή σε πολλούς clients (multicast)
- Peer-to-peer μετάδοση, σε έναν ή περισσότερους peer



Εικόνα 4.4 Διάγραμμα του πλαισίου και του συστήματος μεταφοράς για 3DTV μέσω overIP. (Πηγή: A. M. Tekalp, E. Kurutepe, and M. R. Civanlar, IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE NOVEMBER 2007.)

##### 4.4.1 Δομή server – client

Αυτός ο τρόπος βασίζεται στη γνωστή δομή server-client, όπου ο server μεταδίδει το τρισδιάστατο βίντεο είτε σε έναν client (unicast) είτε σε περισσότερους (multicast).

Τα δίκτυα με δομή server-client χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: αυτά που ελέγχονται από την πλευρά του server, και αυτά που ελέγχονται από την πλευρά του client. Αυτός ο έλεγχος περιλαμβάνει τη διαδικασία της αξιολόγησης της κατάστασης της γραμμής, της εύρεσης του μέγιστου bitrate που ένας συνδρομητής μπορεί να λάβει, και έπειτα της προσαρμογής της μετάδοσης για να επιτευχθεί αυτό το μέγιστο bitrate. Όλες αυτές οι αρμοδιότητες αναφέρονται με τον όρο rate adaptation.

Για να γίνει αυτό πιο σαφές, υπενθυμίζουμε ότι στην τρισδιάστατη τηλεόραση, απαιτείται αποστολή μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών σε σχέση με τη διδιάστατη. Το *rate adaptation* που αναφέραμε παραπάνω είναι, ουσιαστικά, ο όρος με τον οποίο αναφερόμαστε στις ενέργειες που κάνουμε για να μειώσουμε τον όγκο της πληροφορίας, και έτσι να προσαρμοστούμε στο μέγιστο *bitrate* που μπορεί να υποστηρίξει η μετάδοσή μας.

- ***Unicast, Rate adaptation από την πλευρά του server***

Σε ένα τέτοιο δίκτυο, το *rate adaptation* γίνεται αποκλειστικά στην πλευρά του *server*, χωρίς κάποιου είδους ανάδραση (*feedback*) από τον *client*.

Έχουν αναπτυχθεί κάποιες τεχνικές για μετάδοση βίντεο *multi-view* για τρισδιάστατη προβολή με τα πρωτόκολλα *UDP* και *DCCP*. Και τα δύο είναι πρότυπα δικτύωσης για δίκτυα μέσω *internet*. Με το *UDP*, ένας υπολογιστής μπορεί να στείλει μηνύματα, που καλούνται *datagrams*, σε άλλους κόμβους ενός δικτύου *IP*, χωρίς να απαιτείται επικοινωνία εκ των προτέρων για να ρυθμιστεί το κανάλι μετάδοσης ή η διαδρομή των δεδομένων. Λόγω αυτής της απουσίας ελέγχου, το *UDP* παρέχει αναξιόπιστες υπηρεσίες, αφού τα *datagrams* ενδέχεται να φτάσουν στο δέκτη σε λάθος σειρά, να φτάσουν “διπλά” ή να μη φτάσουν καθόλου. Παρ’ όλα αυτά, είναι πολύ χρήσιμο σε εφαρμογές με μεγάλες χρονικές απαιτήσεις, στις οποίες η απώλεια πακέτων δεν είναι τόσο μεγάλο πρόβλημα όσο η καθυστέρηση στην άφιξη πακέτων. Ως παράδειγμα αναφέρουμε τα συστήματα *real-time*. Επίσης, είναι χρήσιμο για *servers* που απαντούν σε μικρά *queries* από μεγάλο αριθμό *clients*. Εδώ αξίζει να σημειώσουμε ότι το *UDP* είναι συμβατό τόσο με *unicast* (αποστολή σε έναν συνδρομητή), όσο και με *multicast* (αποστολή σε όλους τους συνδρομητές).

Για ένα τέτοιο δίκτυο, συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε κωδικοποίηση *MVC*. Στην αντίστοιχη ενότητα αναφέραμε τη χρήση της χωρικής και χρονικής πρόβλεψης στην κωδικοποίηση *MVC*. Τώρα θα δούμε πώς εφαρμόζεται αυτό και τι πρέπει να λάβουμε υπ’ όψη σε μια οδηγούμενη από τον *server* δομή δικτύου τρισδιάστατης τηλεόρασης.

Στη θεωρία της στερεοσκοπικής αντίληψης, όπου η τρισδιάστατη αντίληψη των εικόνων γίνεται με , το οπτικό σύστημα του ανθρώπου μπορεί να αντιληφθεί 3D πληροφορίες υψηλής συχνότητας από μία εκδοχή, ακόμα και αν η άλλη έχει φιλτραριστεί από χαμηλοπερατό φίλτρο. Άρα, μπορεί να γίνει χρονική ή/και χωρική υποδειγματοληψία σε μία από τις εκδοχές μας για να μειώσουμε το απαιτούμενο *bitrate* της μετάδοσης. Φυσικά και η υποδειγματοληπτημένη εικόνα θα προσαρμοστεί σε πλήρη ανάλυση κατά την προβολή στο συνδρομητή. Το *rate adaptation* από την πλευρά του *server* μπορεί να γίνει με δύο τρόπους:

- On-line, χρησιμοποιώντας έναν *real-time* κωδικοποιητή *MVC*
- Off-line, Με αφαίρεση *layers* από ένα *SMVC* *bitstream*

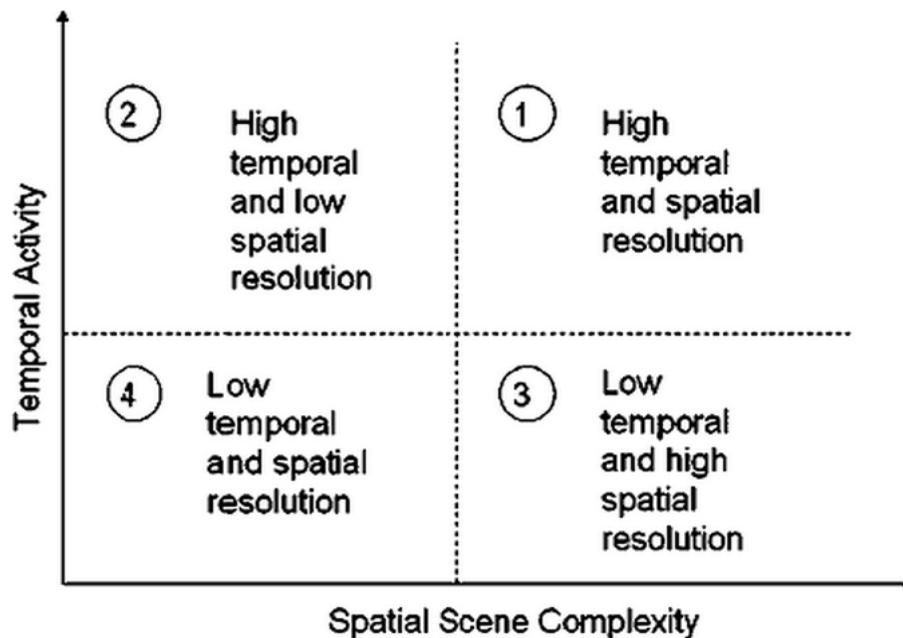
Μ’ αυτούς τους τρόπους, επιτυγχάνουμε ικανοποιητικό *bitrate* σε σχέση με το μονοσκοπικό βίντεο, με μικρή υποβάθμιση ποιότητας.

On-line, χρησιμοποιώντας έναν real-time κωδικοποιητή MVC: Το rate adaptation μπορεί να γίνει εκτελώντας μία από τις εξής ενέργειες σε μία από τις εκδοχές που μεταδίδουμε:

- Χωρική υποδειγματοληψία
- Χρονική υποδειγματοληψία
- Μεταβολή του βήματος κβάντισης
- Με έναν κωδικοποιητή real-time συμβατό με το MVC, εφαρμόζοντας όλες τις παραπάνω τεχνικές σε κάθε GOP

Όσον αφορά το τελευταίο, το Group of Pictures (GOP) είναι μια ομάδα από διαδοχικές εικόνες σε ένα κωδικοποιημένο stream βίντεο (δηλαδή τη ροή δεδομένων που αντιστοιχούν σε ένα σήμα βίντεο). Κάθε stream βίντεο αποτελείται από διαδοχικά GOP. Από τις εικόνες που περιέχονται σ' αυτό, αναπαράγονται τα καρέ που βλέπουμε στην τηλεόραση.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα της παρακάτω εικόνας 4.5, κατηγοριοποιούμε τα GOP σε τέσσερις κατηγορίες, με βάση τη χρονική και τη χωρική πολυπλοκότητα του κάθε GOP. Τα GOP με υψηλή χρονική πολυπλοκότητα χαρακτηρίζονται από έντονη κίνηση, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να κωδικοποιηθούν σε πλήρη χρονική ανάλυση για να εξασφαλίσουμε μια ομαλή προβολή. Παρόμοια, ένα GOP με υψηλή χωρική πολυπλοκότητα, δηλαδή με μεγάλη λεπτομέρεια, δεν πρέπει να μειωθούν σε χαμηλότερη χωρική ανάλυση, αφού θα χαθεί μεγάλο ποσό πληροφορίας. Αυτή η διαδικασία γίνεται on-line, ταυτόχρονα με τη μετάδοση του σήματος.



Εικόνα 4.5 Κατηγοριοποίηση των GOP με βάση την χρονική και χωρική πολυπλοκότητα. (Πηγή: brain.ee.auth.gr)



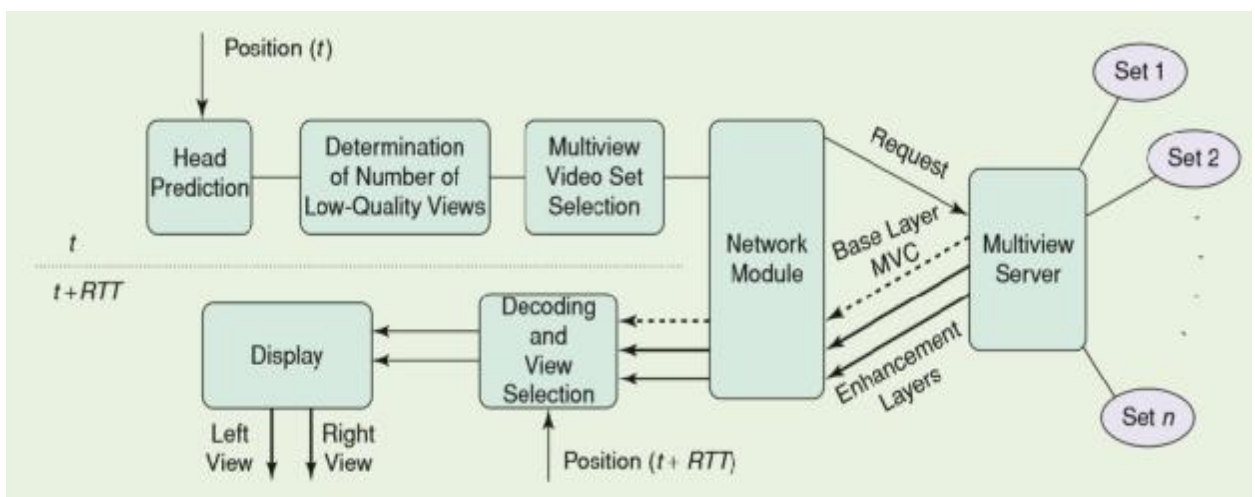
Off-line, με αφαίρεση layers από ένα SMVC bitstream: Αντίθετα με την προηγούμενη περίπτωση, το βίντεο κωδικοποιείται από πριν, και καθορίζονται από πριν διάφορα επίπεδα χρονικής και χωρικής πολυπλοκότητας. Έπειτα εξετάζεται το κάθε GOP και εξετάζεται ποια από αυτά τα επίπεδα πρέπει να εφαρμοστούν σε κάθε GOP. Έχει δειχτεί ότι ένα σήμα κωδικοποιημένο κατά MVC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση βίντεο μέσω internet για διαδραστική τρισδιάστατη τηλεόραση.

- **Unicast, Rate adaptation από την πλευρά του Client**

Υπάρχουν επίσης μέθοδοι streaming όπου το rate adaptation από την πλευρά του server πρέπει να συνοδεύεται από ανάδραση (feedback) από την πλευρά του client.

Για παράδειγμα, μια τέτοια τεχνική που απαιτεί feedback είναι αυτή που βασίζεται στην παρακολούθηση της θέσης του κεφαλιού του θεατή. Είναι προφανές ότι σ' αυτή την περίπτωση είναι αναγκαίο να παίρνει ο server πληροφορίες απ' τον client που θέλει να εξυπηρετήσει. Σ' αυτή την τεχνική, δεν έχουμε μόνο παρακολούθηση της τωρινής θέσης του κεφαλιού του θεατή, αλλά και πρόβλεψη της μελλοντικής θέσης του κεφαλιού. Ο server πρέπει να ζητήσει εκ των προτέρων αυτές τις προβλεπόμενες θέσεις από τον client για να αποφευχθούν προβλήματα που σχετίζονται με καθυστερήσεις στο δίκτυο. Επίσης, πρέπει να στέλνονται και άλλες εκδοχές εκτός απ' τις προβλεπόμενες, για να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που η πρόβλεψη είναι λάθος.

Είναι προφανής η σημασία του feedback και του client-driven [Engin Kurutepe, 2007] rate adaptation σ' αυτή την εφαρμογή. Μια προτεινόμενη κωδικοποίηση γι' αυτή την περίπτωση θα μπορούσε να χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό MVC και SVC (Scalable Video Coding). Το MVC χρησιμοποιείται για καλύτερη αποτελεσματικότητα στην κωδικοποίηση και το SVC για καλύτερη κατανομή του bandwidth στις επιλεγμένες εκδοχές. Στο σχήμα της παρακάτω εικόνας 4.6, φαίνεται ένα μπλοκ διάγραμμα μιας διάταξης client-driven rate adaptation:



Εικόνα 4.6 διάγραμμα της διάταξης client-driven rate adaptation. (Πηγή: A. M. Tekalp, E. Kurutepe, and M. R. Civanlar, IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE NOVEMBER 2007.)

Υποθέτουμε ότι έχουμε ένα βίντεο MVC με  $N$  εκδοχές. Αρχικά, από την πλευρά του client προσδιορίζεται η τρέχουσα θέση του κεφαλιού, και ένα φίλτρο Kalman χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη μέχρι και  $d$  καρέ. Προσδιορίζεται επίσης ο αριθμός των εκδοχών που πρέπει να σταλούν στον server με βάση τη θέση του κεφαλιού. Η κωδικοποίηση γίνεται ως εξής: πρώτα, κωδικοποιούνται οι  $M$  εκδοχές με το MVC codec με χαμηλή ποιότητα (βασικό layer κωδικοποίησης). Έπειτα, προστίθεται ένα ή και περισσότερα enhancement layer (layer βελτίωσης) κωδικοποίησης έτσι ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα των επιλεγμένων εκδοχών.

Όσο μεγαλώνει το  $M$ , τόσο αυξάνεται και το bandwidth που πρέπει να κατανεμηθεί στο βασικό layer κωδικοποίησης. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για καλή κατανομή μεταξύ του base και των enhanced layers, πράγμα που είναι αρμοδιότητα του server. Αυτός μπορεί να αποθηκεύσει πολλές εκδόσεις του βίντεο, κωδικοποιημένο για διάφορες τιμές του  $M$ . Ο client επιλέγει την κατάλληλη έκδοση με βάση το bandwidth, την προβλεπόμενη θέση του κεφαλιού και την τρέχουσα τιμή του  $M$ . Αν δεν υπάρχουν σφάλματα πρόβλεψης, γίνεται προβολή του βίντεο. Αν υπάρχουν, προβάλλεται το layer χαμηλότερης ποιότητας μέχρι να έρθουν τα σωστά streams από τον server. Πάντως έρευνες έχουν δείξει ότι εάν το ένα μάτι βλέπει μια εκδοχή υψηλής ποιότητας, τότε ο θεατής δεν αντιλαμβάνεται την απώλεια ποιότητας. Αυτό μας διευκολύνει, αφού αρκεί η μία εκδοχή να φθάνει σε μετάδοση υψηλής ποιότητας.

#### - **Multicast**

Το multicasting είναι η μετάδοση της πληροφορίας από έναν ή και περισσότερους αποστολείς σε πολλούς clients ταυτόχρονα. Στόχος μιας τέτοιας μετάδοσης είναι η αποφυγή της αποστολής των ίδιων πακέτων πάνω από μία φορά σε έναν client, έτσι ώστε να γίνεται η πιο αποτελεσματική διαχείριση των πόρων μας. Μια λύση γι' αυτό είναι το network-layer multicast, όπου ο server στέλνει κάθε πακέτο μόνο μία φορά. Έπειτα, αυτά αντιγράφονται σε διάφορα multicast routers, τα οποία στέλνουν τα δεδομένα στα μέλη του δικτύου στο οποίο γίνεται το multicast. Αυτό όμως δεν εφαρμόζεται συχνά στην πράξη, επειδή συντρέχουν διάφοροι κίνδυνοι ασφάλειας και λειτουργικότητας. Επίσης, απαιτούνται routers που είναι συμβατοί με το multicast, κάτι που δεν ισχύει για όλα τα router.

Μια άλλη τεχνική είναι το application layer multicast. Σ' αυτό, είναι δυνατόν κάποια πακέτα να διανύουν μεγαλύτερη διαδρομή σε σχέση με το network layer multicast, και υπάρχει η πιθανότητα για μετάδοση ίδιων πακέτων πάνω από μία φορά σε έναν client.

Και οι δύο αυτές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση σήματος 3D TV. Μία ερευνητική προσπάθεια που σχετίζεται με μετάδοση 3D σήματος μέσω network-layer multicast κάνει λόγο για μετάδοση κάθε εκδοχής σε διαφορετική διεύθυνση IP-multicast. Έτσι, ο κάθε client μπορεί να επιλέγει σε ποια multicast groups θα συνδεθεί. Σημειώνεται ότι το κάθε multicast group χαρακτηρίζεται από μία IP-multicast. Έτσι έχουμε ένα σύστημα που παρουσιάζει μορφολογικές ομοιότητες με το σύστημα του client-driven unicast που παρουσιάσαμε παραπάνω. Ο client, με βάση τη θέση του κεφαλιού του θεατή, έχει τη δυνατότητα να λάβει μόνο τις εκδοχές που χρειάζεται, αν συνδεθεί στις κατάλληλες διευθύνσεις. Εννοείται ότι μπορεί να αλλάξει δυναμικά τις διευθύνσεις στις οποίες

συνδέεται, αν αλλάξει η θέση του κεφαλιού του θεατή και, κατ' επέκταση, οι εκδοχές που απαιτούνται για την προβολή.

Ένα σύστημα που βασίζεται σε ένα πρωτόκολλο *application layer multicast* και που έχει αναπτυχθεί και για τρισδιάστατο βίντεο εισάγει την έννοια του *awareness-driven video*. Αυτό είναι μια παραλλαγή του *multicast*. Μεταδίδουμε βίντεο μόνο για μερικούς από τους χρήστες, κάνουμε δηλαδή ένα είδος επιλεκτικής μετάδοσης. Αυτή η τεχνική έχει μελετηθεί για την περίπτωση του *3D video conferencing*. Μ' αυτήν, επιτυγχάνουμε να παρακάμψουμε τους περιορισμούς *bandwidth* που έχουν τέτοιου είδους εφαρμογές. Οι ερευνητές που μελέτησαν το θέμα, πέτυχαν μετάδοση των δεδομένων σε διάφορα επίπεδα (*layers*), δίνοντας τη δυνατότητα στους *clients* να επιλέξουν ποια *layers* θέλουν να λάβουν. Είναι προφανής η χρησιμότητα αυτού για την *3D TV*, αφού μπορεί να εφαρμοστεί και πάλι η τεχνική της μετάδοσης της κάθε εκδοχής ενός κατά *MVC* κωδικοποιημένου βίντεο σαν διαφορετικό *layer*, και της επιλογής των απαιτούμενων *layers* από τον κάθε *client*.

*Multicast* επιλογές περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, μετάδοση δεδομένων, όπως η διανομή σε πραγματικό χρόνο χρηματοπιστωτικών δεδομένων, ψηφιακή τηλεόραση μέσω ενός δικτύου *IP*, ραδιόφωνο μέσω *internet*, μάθηση εξ' αποστάσεως, *streaming media* εφαρμογές και εταιρική επικοινωνία. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν διαδραστική διανομή, όπως διανομή *video* παιχνιδιών όπου οι περισσότεροι δέκτες είναι επίσης και αποστολείς. Πρωτόκολλα *IP Multicast* και υποκείμενες τεχνολογίες επιτρέπουν τη αποτελεσματική κατανομή δεδομένων, φωνής και *video* συνεχούς ροής, σε ένα μεγάλο πληθυσμό χρηστών που κυμαίνονται από εκατοντάδες έως και χιλιάδες εκατομμύρια χρήστες.

*IP Multicast* θεωρείται ως μια τεχνολογία που διατηρεί το εύρος ζώνης και βελτιστοποιεί την διαχείριση της κυκλοφορίας με την ταυτόχρονη παράδοση ενός ρεύματος πληροφοριών σε ένα μεγάλο πληθυσμό αποδεκτών, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών ιδιωτικών επιχειρήσεων και τους οικιακούς πελάτες. Το θέμα της ασφάλειας σε *multicast* περιβάλλοντα απευθύνεται μέσω *Conditional Access Systems (CAS)*-σύστημα πρόσβασης υπό όρους- που παρέχει κρυπτογράφηση ανά πρόγραμμα ή σε συγκεντρωτικά *IP* επίπεδα.

*Multicast* επικοινωνία βασίζεται στην κατασκευή μιας ομάδας δεκτών (*Hosts*) που ενδιαφέρονται για την λήψη μιας συγκεκριμένης ροής πληροφοριών είτε πρόκειται για φωνή, *video* ή και δεδομένα. Δεν υπάρχουν φυσικοί ή γεωγραφικοί περιορισμοί ή όρια για να ανήκουν σε μια ομάδα εφ' όσον οι δέκτες έχουν σύνδεση με το δίκτυο. Οι συνδεδεμένοι *Hosts* μπορεί να έχουν ετερογενή χαρακτηριστικά από την άποψη του εύρους ζώνης και την υποδομή της σύνδεσης, ή να έχουν ομογενή χαρακτηριστικά.

Οι δέκτες που επιθυμούν την λήψη δεδομένων που προορίζονται για μια συγκεκριμένη ομάδα, εντάσσονται στην ομάδα χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο διαχείρισης της ομάδας. Οι δέκτες πρέπει να γίνουν σαφή μέλη της ομάδας για να λάβουν την ροή των δεδομένων αλλά και η εν' λόγω συμμετοχή μπορεί να είναι εφήμερη ή δυναμική.

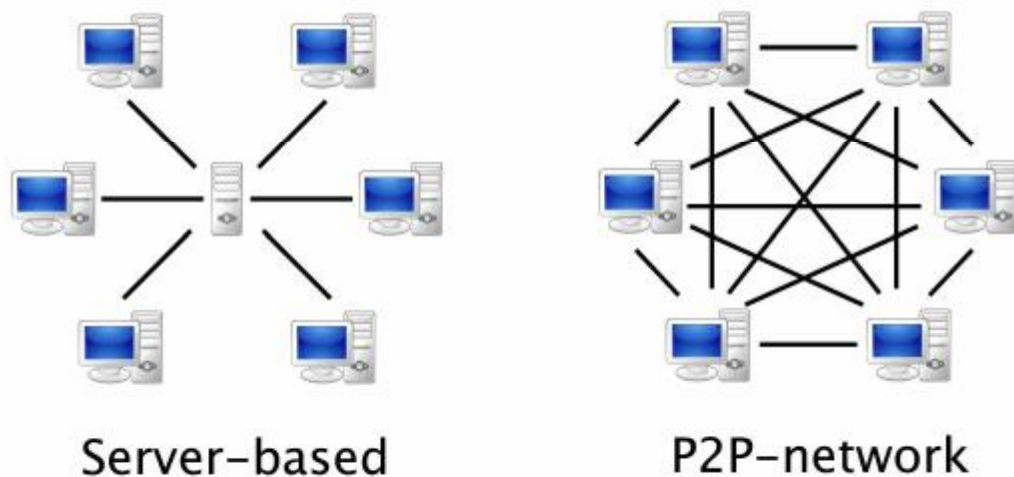
#### **4.4.2 Μετάδοση μέσω δικτύου P2P**

Ο όρος *Peer-to-Peer (P2P)* γενικά αναφέρεται σε μία αρχιτεκτονική διανεμημένου δικτύου, το οποίο αποτελείται από συμμετέχοντες που κάνουν κάποιους από τους πόρους τους

(όπως για παράδειγμα επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικό χώρο, bandwidth, δεδομένα) διαθέσιμους στους άλλους συμμετέχοντες, χωρίς την ανάγκη για συντονισμό (όπως για παράδειγμα κάποιος κεντρικό server).

Οι χρήστες ενός τέτοιου δικτύου ονομάζονται peers, και διαφέρουν από το παραδοσιακό μοντέλο client-server με την έννοια ότι ένας χρήστης μπορεί να είναι και παροχέας και καταναλωτής, όλοι οι χρήστες είναι ισοδύναμοι μεταξύ τους. Αντίθετα, στο παραδοσιακό μοντέλο ο server παρέχει και ο client καταναλώνει. Τα συστήματα peer-to-peer χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα διανομής αρχείων, όπως για παράδειγμα Napster και Kazaa.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η δομή ενός δικτύου P2P και η διαφορά με το δίκτυο που βασίζεται σε έναν κεντρικό Server (εικόνα 4.7).



Εικόνα 4.7 δομή δικτύου P2P και η διαφορά του με το Server-based δίκτυο. (Πηγή: brain.ee.auth.gr)

Ένα P2P δίκτυο μπορεί να αναπαρασταθεί ως διάγραμμα κόμβων, όπου κάθε χρήστης αντιπροσωπεύεται από έναν κόμβο. Συνήθως, ένα P2P σύστημα διαμορφώνεται δυναμικά, με προσθήκη νέων κόμβων. Η αφαίρεση κόμβων δεν έχει κάποια σημαντική επίδραση στο δίκτυο. Οι πόροι μεταδίδονται συνήθως μέσω IP. Τα δίκτυα P2P διακρίνονται σε δομημένα και αδόμητα.

- **Δομημένα δίκτυα P2P:** Αυτά χρησιμοποιούν κάποιο διεθνώς αναγνωρισμένο πρωτόκολλο για τη δρομολόγηση σε κάποιον peer που διαθέτει κάτι που ζητήθηκε από έναν άλλο κόμβο. Μια πολύ κοινή υλοποίηση είναι με τη χρήση ενός DHT (Distributed Hash Table, διανεμημένος πίνακας κατακερματισμού). Η ιδιοκτησία ενός αρχείου σε κάποιον peer ορίζεται με τη βοήθεια μιας συνάρτησης κατακερματισμού.

Ένας DHT έχει δομή παρόμοια μ' αυτή ενός απλού πίνακα κατακερματισμού. Συγκεκριμένα, στον πίνακα αποθηκεύονται ζεύγη (κλειδί, τιμή). Κάθε κόμβος μπορεί εύκολα να βρει την τιμή που αντιστοιχεί σε ένα κλειδί. Η χαρτογράφηση από τα κλειδιά στις αντίστοιχες τιμές

είναι ευθύνη των κόμβων του δικτύου. Ένα κλειδί παράγεται από την εφαρμογή της συνάρτησης κατακερματισμού πάνω στα δεδομένα, και έπειτα με βάση αυτό το κλειδί γίνεται η αναζήτηση στο δίκτυο.

- Αδόμητα δίκτυα P2P: Σ' αυτά τα δίκτυα, αν ένας peer επιθυμεί να βρει κάποιο δεδομένο, το query θα πρέπει να διανεμηθεί σε ολόκληρο το δίκτυο και να βρεθούν πολλοί peers που διαθέτουν αυτό το δεδομένο. Το μειονέκτημα είναι ότι κάποιο query μπορεί να μην επιλυθεί, αν το δεδομένο που αναζητείται διατίθεται μόνο από λίγους peers.

Τα δίκτυα P2P χωρίζονται επίσης σε αμιγή και υβριδικά. Τα αμιγή αποτελούνται μόνο από ισάξιους peers που τελούν τους ρόλους και του client και του server. Στα υβριδικά, υπάρχουν ένας ή περισσότεροι κεντρικοί servers, αλλά κατά τα άλλα λειτουργούν με τις ίδιες αρχές με τα κλασικά δίκτυα P2P.

Όσον αφορά τώρα για την μετάδοση του σήματος για την 3D TV μέσω δικτύου P2P, μια μέθοδος που προτείνεται περιλαμβάνει τη παράδοση 3D video κωδικοποιημένου κατά MVC (το οποίο έχει περιγραφεί παραπάνω) χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο NUPMuT (NUE P2P Multi-Tree, όπου τα αρχικά NUE αναφέρονται στο Communication Systems Group). Επίσης, στα πλαίσια αυτής της μεθόδου, προτείνεται μια διαδικασία γρήγορης ένταξης στο δίκτυο, έτσι ώστε να μειωθεί η καθυστέρηση στην αποστολή του πρώτου πακέτου δεδομένων μετά την αίτηση κάποιου για σύνδεση στο δίκτυο.

Γενικά όσον αφορά τη μετάδοση βίντεο μέσω δικτύου P2P [Engin Kurutepe, Thomas Sikora, 'Feasibility of Multi-view Video Streaming over P2P Networks' 2008], έχει δειχθεί ότι οι αρχιτεκτονικές P2P μπορούν να αυξήσουν κατά πολύ τον αριθμό των θεατών που μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα. Η βασική ιδέα πίσω από τη μετάδοση βίντεο μέσω P2P είναι ότι οι peers μοιράζονται το δίσκο τους και το bandwidth τους, προωθώντας τα πακέτα δεδομένων που λαμβάνουν σε άλλους peers. Αυτό μειώνει το φόρτο του server, αφού τώρα πλέον και οι peers έχουν την αρμοδιότητα της μετάδοσης. Αυτή η προσέγγιση είναι και πραγματοποιήσιμη και αποδοτική από πλευράς κόστους.

Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν κάποια προβλήματα. Ένα από αυτά είναι η ασυμμετρία μεταξύ του upload/download bandwidth [Engin Kurutepe, Thomas Sikora, 'Multi-view Video Streaming over P2P Networks with Low Start-up Delay' 2008] μεταξύ των peers. Επίσης, όταν ένας κόμβος φεύγει απ' το δίκτυο, όλα τα παιδιά του δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν μέχρι να βρεθεί νέος γονικός κόμβος. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι οι περισσότερες οικιακές συνδέσεις DSL προσφέρουν μεγαλύτερο download παρά upload bandwidth. Αυτό σημαίνει ότι πολλοί peers μπορεί να μην διαθέτουν το απαιτούμενο upload bandwidth για να συνεισφέρουν στο δίκτυο, έστω κι αν έχουν το απαιτούμενο download bandwidth. Έχει δειχτεί ότι η κωδικοποίηση MDC (Multiple Description Coding) μπορεί να βοηθήσει να επιλυθούν αυτά τα προβλήματα. Μ' αυτή τη μέθοδο, ένα βίντεο μεταδίδεται από πολλές διαφορετικές διαδρομές, πράγμα που αυξάνει την πιθανότητα να φτάσει τελικά στον προορισμό του. Επίσης, αν ένας peer δεν έχει τον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης της πληροφορίας, μπορούν μ' αυτή τη μέθοδο να συνεισφέρουν κι άλλοι peers για να καλύψουν τις απαιτήσεις.

Τώρα γίνονται εμφανείς οι παραλληλισμοί μεταξύ της μεθόδου με την κωδικοποίηση MDC και της χρήσης κωδικοποίησης MVC για μετάδοση τρισδιάστατου βίντεο μέσω ενός δικτύου P2P. Μπορούμε να μεταδώσουμε κάθε εκδοχή ενός κατά MVC κωδικοποιημένου βίντεο μέσω μίας διαφορετικής διαδρομής, ενός διαφορετικού δηλαδή streaming tree, και έτσι να λάβουμε πλεονεκτήματα παρόμοια μ' αυτά της συμβατικής μετάδοσης βίντεο μέσω P2P.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να κατατάξουμε τα θέματα του σχεδιασμού του συστήματος P2P σε δύο ευρείες κατηγορίες:

- Τοπολογική ανακάλυψη (Topology Discovery): αυτό αναφέρεται στον καθορισμό των Peers που συνδέονται με άλλους Peer(s) μέσω ενός είδους σύνδεσης, όπου θα πρέπει να επιτευχθεί με τον ελάχιστο αριθμό ανταλλαγής μηνυμάτων, και αρκετά συχνά να λογοδοτούν για τους Peers που αποχωρούν ή συμμετέχουν καθώς και τις μεταβαλλόμενες συνθήκες του καναλιού.
- Προώθηση (Forwarding): αυτό αναφέρεται στο να καθοριστούν ποιοι από τους peers πρόκειται να στείλουν δεδομένα αλλά και τι block δεδομένων θα μεταδοθούν στους άλλους peers που είναι συνδεδεμένοι.

Τέλος να πούμε ότι για να συνδεθεί ένας peer στο δίκτυο, πρέπει να ακολουθήσει την εξής διαδικασία (six-way handshake):

1. Στέλνει στον κεντρικό κόμβο (κεντρικό server για παράδειγμα) ένα πακέτο JOIN που περιέχει τη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα (χώρος δίσκου και bandwidth) που μπορεί να συνεισφέρει ένας peer στο δίκτυο.
2. Ο κεντρικός κόμβος ελέγχει για κάθε δέντρο πόσο χωρητικότητα χρειάζεται.
3. Ο κεντρικός κόμβος παραχωρεί τη συνολική χωρητικότητα του νέου peer στο δέντρο (δηλαδή μια διαδρομή κόμβων, όπως αυτές που προαναφέραμε), το οποίο έχει την ελάχιστη συνολική διαθέσιμη χωρητικότητα. Ένας κόμβος δηλαδή είναι δραστήριος μόνο σε ένα δέντρο.
4. Ο νέος peer στέλνει πακέτα PING σε κάθε peer του δικτύου, οι οποίοι απαντούν δηλώνοντας το βάθος τους στο δέντρο και τη διαθέσιμη χωρητικότητά τους.
5. Ο νέος peer στέλνει request στον κόμβο με το μικρότερο βάθος ώστε να συνδεθεί σ' αυτόν.
6. Αν το request απορριφθεί, ο νέος peer στέλνει request στον αμέσως επόμενο κόμβο, μέχρι να βρεθεί κάποιος κατάλληλος κόμβος.

## 5 Τερματικές συσκευές 3D-TV

### 5.1 Εισαγωγή

Η οθόνη είναι το τελευταίο βήμα στην αλυσίδα 3DTV που συνδέεται στην υποδοχή, και σε μεγάλο βαθμό είναι το βασικό μέρος για την αποδοχή που είναι ευρέως διαδεδομένη στους καταναλωτές. Υπάρχουν μια ποικιλία τεχνικών και προτάσεων όπως και στην παραγωγή και στην κωδικοποίηση.

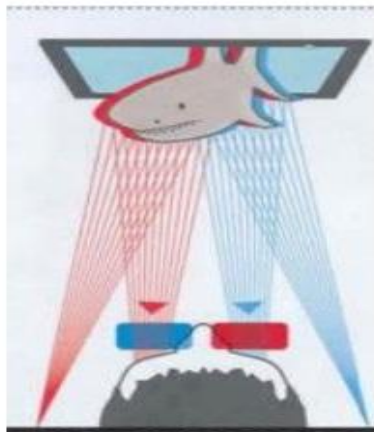
### 5.2 Στερεοσκοπικές και αυτό-στερεοσκοπικές προσεγγίσεις

Το σημαντικότερο ζήτημα στην αναπαραγωγή/προβολή ενός τρισδιάστατου video είναι η γωνία θέασης. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή η τρισδιάστατη εικόνα δεν είναι τίποτε άλλο από μία ψευδαίσθηση, η οποία μπορεί να δημιουργηθεί μόνο αν κοιτάμε από συγκεκριμένη γωνία, είτε με τη βοήθεια εξωτερικών βοηθημάτων είτε χωρίς. Επομένως στην περίπτωση της τηλεόρασης, που παρακολουθούν αρκετά άτομα, δημιουργείται σημαντικό πρόβλημα, καθώς όσοι κάθονται σε μεγάλη γωνία σε σχέση με την κάθετο της οθόνης δεν πρόκειται να δουν τη τρισδιάστατη εικόνα.

Το πρώτο στάδιο των συστημάτων αυτών βασίζεται στην χρήση γυαλιών (στερεοσκοπικές οθόνες) και έχει ως τελικό στόχο την πλήρη οπτική γωνία ενός περιεχομένου χωρίς γυαλιά και με ανάλυση υψηλής ευκρίνειας 3D περιεχομένου (αυτό-στερεοσκοπικές οθόνες).

Σήμερα η πλειοψηφία των εμπορικώς διαθέσιμων οθονών είναι οι στερεοσκοπικές οθόνες, όπου η στερεοσκοπική προβολή επιτυγχάνεται με τεχνολογίες που κάνουν χρήση ειδικών γυαλιών, όπως ανάγλυφο 3D, πολωτικό 3D, ενεργά κλείστρα 3D.

- *Ανάγλυφο 3D*: το ανάγλυφο 3D σύστημα παρουσιάζει δύο διαφορετικές έγχρωμες εικόνες (συνήθως κόκκινο για την εικόνα του δεξιού ματιού και κυανό για τη εικόνα του αριστερού ματιού) που προβάλλονται μέσω αντίστοιχων χρωματιστών γυαλιών (εικόνα 5.1). Η τεχνική αυτή παρέχει μια προς τα πίσω συμβατότητα με υλικό παλαιού τύπου, αλλά έχει μια σχετικά φτωχή απόδοση των χρωμάτων.

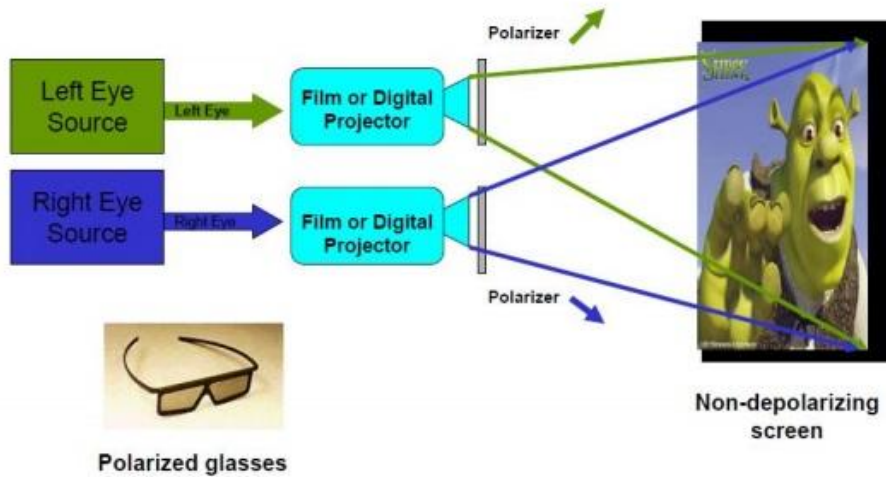


Εικόνα 5.1 Στερεοσκοπική προβολή με Ανάγλυφο 3D. (Πηγή: [www.techne.gr](http://www.techne.gr))

- *Πολωτικό 3D*: με αυτή τη στερεοσκοπική μέθοδο, οι δύο όψεις προβάλλονται ταυτόχρονα μέσα από πολωτικά φίλτρα που πολώνουν το φως, καθένα προς τη

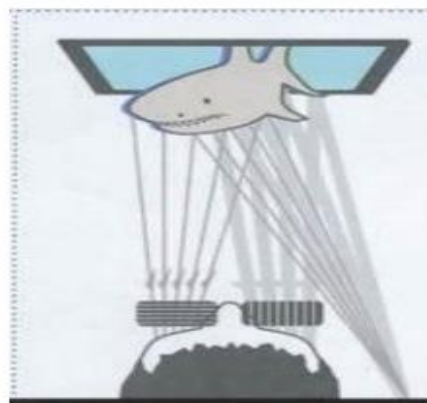


δική του διεύθυνση. Για αυτό το λόγο, απαιτούνται γυαλιά με πολωτικούς φακούς για να σχηματισθεί η εντύπωση της τρισδιάστατης εικόνας(εικόνα 5.2). Κάθε φακός επιτρέπει στο μάτι να δει μόνο την όψη που του αντιστοιχεί. Η παρουσίαση της στερεοσκοπικής εικόνας σε ανάλυση υψηλής ευκρίνειας απαιτεί με αυτό το σύστημα μια πιο ακριβή οθόνη που θα παρέχει τουλάχιστον την διπλάσια ανάλυση HDTV.



Εικόνα 5.2 Στερεοσκοπική προβολή με πολωμένους φακούς.(Πηγή: [www.techne.gr](http://www.techne.gr))

- *Ενεργά κλείστρα 3D:* Η τεχνολογία των ενεργών κλείστρων 3D βοηθάει το κάθε μάτι να καταγράφει διαφορετικές εικόνες σε ποιότητα πλήρους ανάλυσης 1080p και να προβάλλονται σε αυτά, εναλλάξ, με υψηλή ταχύτητα. Για να γίνει αυτό, χρειάζονται ειδικά γυαλιά με μπαταρίες που τροφοδοτούν ενεργά κλείστρα LCD. Αυτά επιτρέπουν την εναλλασσόμενη προβολή της δεξιάς και της αριστερής εικόνας σε συγχρονισμό με την υπάρχουσα εγγραφή, έτσι ώστε κάθε μάτι να λαμβάνει την σωστή εικόνα που του αντιστοιχεί και με τη σωστή σειρά (εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Στερεοσκοπική Προβολή με χρήση Ενεργών Κλείστρων. (Πηγή: [www.techne.gr](http://www.techne.gr))

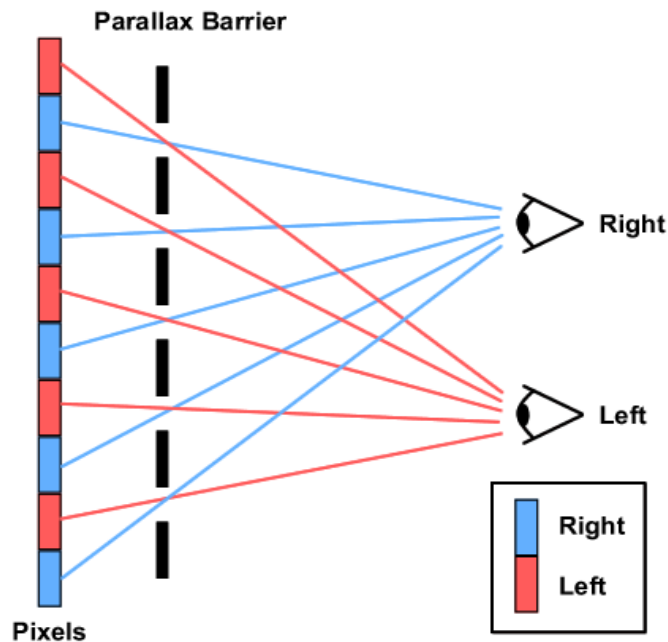
Από την άλλη οι αυτό-στερεοσκοπικές τεχνικές περιλαμβάνουν ειδικές οπτικές διατάξεις οι οποίες ενσωματώνονται στη διάταξη απεικόνισης και μ' αυτό τον τρόπο εφοδιάζουν τον



παρατηρητή με στερεοσκοπικά είδωλα τα οποία του προσφέρουν από μόνα τους αντίληψη βάθους.

Η αυτό-στερεοσκοπική τεχνική βασίζεται στο σύστημα των πολυπρισματικών φακών και γι' αυτό δεν απαιτεί τη χρήση βοηθητικών γυαλιών. Μακροπρόθεσμα, θεωρείται από πολλούς ως η πλέον ενδεδειγμένη τεχνολογία τρισδιάστατης προβολής και χρησιμοποιείται ήδη σε ορισμένα μοντέλα. Ένα λεπτό διαφανές πλαστικό φύλλο με πολυπρισματικούς φακούς ακριβείας τοποθετείται κατάλληλα πάνω από μια οθόνη LCD. Με αυτό τον τρόπο, οι φακοί επιτρέπουν την προβολή της εικόνας μόνον σε αυστηρά προκαθορισμένη κατεύθυνση έτσι, ώστε να δημιουργούν διαφορετικές υπό γωνία όψεις για το κάθε μάτι. Αυτές οι οθόνες λοιπόν προσπαθούν με κάποιο τρόπο να προβάλλουν την εικόνα έτσι ώστε το ένα μάτι να βλέπει διαφορετική εικόνα από το άλλο. Οι δύο βασικές μέθοδοι που το επιτυγχάνουν αυτό είναι το φράγμα παράλλαξης και οι φακοειδείς φακοί.

- *Με φράγμα παράλλαξης (parallax barrier):* Όπως βλέπουμε στην εικόνα 5.4, στην οθόνη γίνεται προβολή εναλλάξ των στηλών ρίχει από τις οποίες αποτελούνται η δεξιά και η αριστερή εκδοχή. Για παράδειγμα, πρώτα τοποθετείται μια στήλη ρίχει από τη δεξιά εκδοχή, μετά από την αριστερή, μετά από τη δεξιά κ.ο.κ.. Έπειτα τοποθετείται μπροστά από την οθόνη ένα φράγμα παράλλαξης, το οποίο φροντίζει ώστε τα ρίχει της αριστερής όψης να φτάνουν στο αριστερό μάτι, και τα ρίχει της δεξιάς να φτάνουν στο δεξί μάτι.



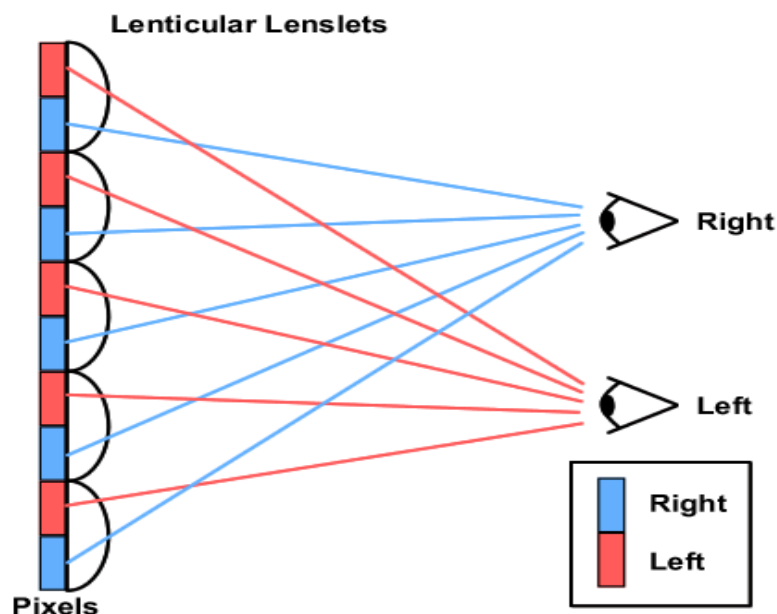
Εικόνα 5.4 Αυτό-στερεοσκοπική προβολή με την μέθοδο "φράγμα παράλλαξης". (Πηγή: brain.ee.auth.gr)

- *Με φακοειδείς φακούς (Lenticularlens):* με αυτή την μέθοδο η προβολή της εικόνας από την οθόνη είναι πανομοιότυπη με την προηγούμενη περίπτωση. Αυτό που αλλάζει είναι ότι φεύγει το φράγμα παράλλαξης και τοποθετείται ένα σύστημα φακοειδών φακών, οι οποίοι χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες της διάθλασης του φωτός κατευθύνουν τις ακτίνες στο κατάλληλο μάτι. Αυτό φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 5.5.

Να αναφέρουμε επίσης ότι υπάρχουν τρεις υποκατηγορίες των αυτό-στερεοσκοπικών συστημάτων: 1) Binocular(Διοφθαλμική) , 2)Multi-view, 3) Holoforms.

Binocular είναι η πιο απλούστερη προσέγγιση και δημιουργεί 3D εικόνες σε μια σταθερή ζώνη προβολής.

Συστήματα Multi-view έχουν ένα διακριτό αριθμό απόψεων εντός ενός οπτικού πεδίου, δημιουργώντας διαφορετικές περιοχές όπου μπορούν να εκτιμηθούν οι διάφορες οπτικές γωνίες της σκηνής. Σε αυτή την περίπτωση, παρέχεται κάποια παράλλαξη της κίνησης αλλά περιορίζεται από έναν περιορισμένο αριθμό των διαθέσιμων απόψεων. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν γειτονικές απόψεις σύνταξης που προσπαθούν να εξομαλύνουν την μετάβαση από μια θέση προβολής για την επόμενη[Onural L et al (2006)].



Εικόνα 5.5 Αυτό-στερεοσκοπική προβολή με την μέθοδο "φακοειδών φακών".(Πηγή: brain.ee.auth.gr)

Οι Holoforms τεχνικές προσπαθούν να παρέχουν μια ομαλή παράλλαξη της κίνησης για έναν θεατή που κινείται κατά μήκος του οπτικού πεδίου.

### 5.3 3D οθόνες

Τρισδιάστατη οθόνη είναι οποιαδήποτε οθόνη μπορεί να μεταφέρει τρισδιάστατες εικόνες στο θεατή[Phil Surman,Stereoscopic and Autostereoscopic Displays, 2013]. Πλέον, τέτοιες οθόνες υψηλής ευκρίνειας είναι διαθέσιμες σε αρκετά χαμηλότερες τιμές, ενώ χρηματοδοτείται αρκετά η έρευνα πάνω σε αυτές, κυρίως εξαιτίας του ψυχαγωγικού χαρακτήρα τους.

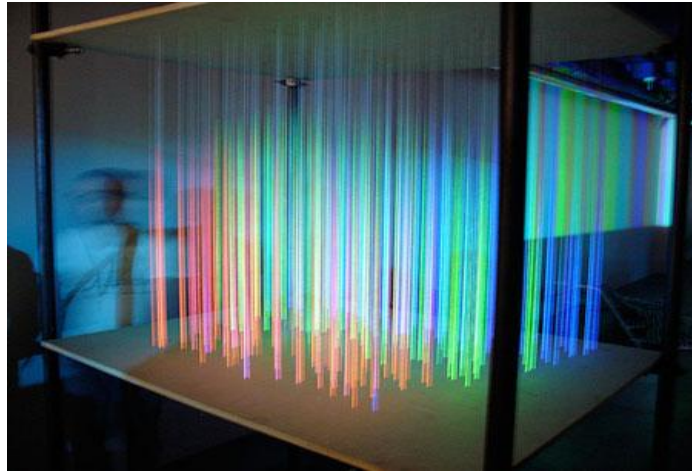
- Στερεοσκοπική: όπως είπαμε και παραπάνω η στερεοσκοπική οθόνη βασίζεται στην αρχή της στερεοσκοπίας. Η στερεοσκοπική τεχνολογία χρησιμοποιεί διαφορετική συσκευή για κάθε άτομο που βλέπει τη σκηνή η οποία δημιουργεί μια διαφορετική εικόνα σε κάθε μάτι του θεατή. Παραδείγματα αυτής της τεχνολογίας όπως

αναφέραμε είναι οι ανάγλυφες εικόνες και τα πολωτικά γυαλιά. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται συνήθως ειδικά γυαλιά(εικόνα 5.6).



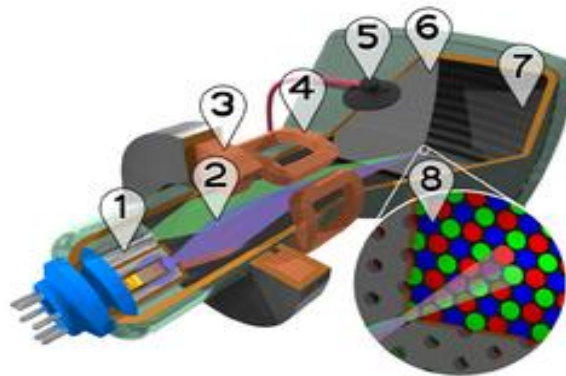
Εικόνα 5.6 3-D απεικόνιση

- Αυτό-στερεοσκοπική: Είναι ένα επαναστατικό προϊόν της στερεοσκοπίας. Προαναφέραμε ότι οι οθόνες αυτού του είδους χρησιμοποιούν οπτικά τρικ (σε αντίθεση με τις στερεοσκοπικές που σημαντικό ρόλο παίζουν τα γυαλιά), ώστε το κάθε μάτι να βλέπει την επιθυμητή εικόνα. Έτσι ο θεατής έχει τη δυνατότητα να κινεί το κεφάλι του χωρίς να καταστρέφεται η ψευδαίσθηση του βάθους. Περιλαμβάνουν pixels που εξαρτώνται από τη γωνία θέασης, έχουν δηλαδή διαφορετική ένταση και χρώμα ανάλογα με τη γωνία θέασης. Αυτό σημαίνει πως μπορείς να δεις μία σκηνή υπό διαφορετική γωνία, αν κινηθείς οριζόντια γύρω από την οθόνη. Στις περισσότερες οθόνες, χάνεται η αίσθηση του βάθους αν μετακινηθείς, παρόλα αυτά υπάρχουν οθόνες που διατηρούν την τρισδιάστατη αίσθηση, αλλάζοντας γωνία θέασης.
- Ολογραφία(παράγεται από υπολογιστή) (computer-generated holography-CGH): Υπάρχουν συσκευές που δημιουργούν πεδία φωτός πανομοιότυπα με εκείνα που θα εκπέμπονταν από τη σκηνή. Αν και είναι η πιο πειστική από τις τρισδιάστατες οθόνες, χρειάζονται αρκετοί υπολογισμοί για να παραχθεί μια τέτοια εικόνα, γι' αυτό και δεν χρησιμοποιούνται. Παρ' όλα αυτά κάποιες εταιρίες χρησιμοποιούν τη τεχνολογία αυτή κυρίως για διαφημιστικούς σκοπούς.
- Ογκομετρικές οθόνες-Volumetric displays: Κάποιοι φυσικοί μηχανισμοί χρησιμοποιούνται για να εμφανίσουν σημεία φωτός μέσα σε έναν όγκο. Τέτοιες οθόνες χρησιμοποιούν voxels αντί για pixels. Οι ογκομετρικές οθόνες περιλαμβάνουν πολλές επίπεδες οθόνες κολλημένες η μία πάνω στην άλλη, και περιστρεφόμενες οθόνες στις οποίες ένα περιστρεφόμενο επίπεδο σαρώνει ολόκληρο το χώρο(εικόνα 5.7).



Εικόνα 5.7 Ογκομετρικές Οθόνες

- CRT: Αποτελείται από κανόνια ηλεκτρονίων - electron guns (ένα για κάθε χρώμα-κόκκινο, πράσινο, μπλε) και μία φθορίζουσα οθόνη. Δέσμες ηλεκτρονίων μεγάλης ταχύτητας παράγονται από τα guns και προσκρούουν στην οθόνη. Η εικόνα δημιουργείται από το φως που εκπέμπει η φθορίζουσα οθόνη(εικόνα 5.8).



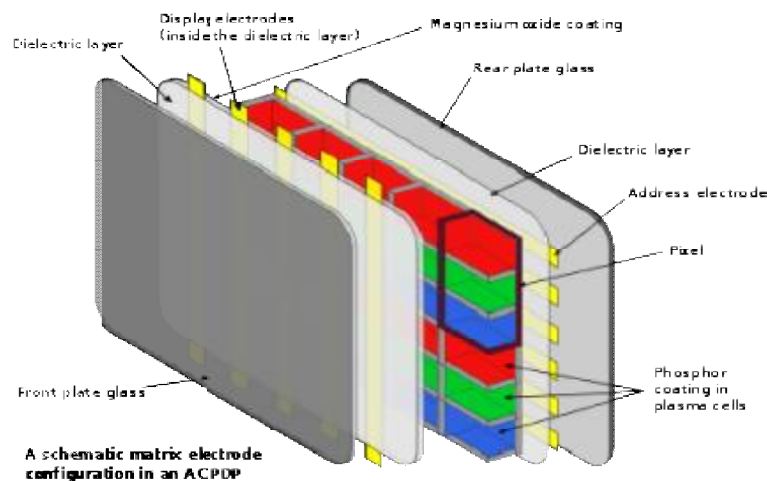
Εικόνα 5.8 CRTοθόνη. (Πηγή: brain.ee.auth.gr)

- Υγρών κρυστάλλων : Οι οθόνες αυτές αποτελούνται από ένα στρώμα υγρών κρυστάλλων ανάμεσα σε πολωτικά φίλτρα που ελέγχουν τη διέλευση του φωτός. Οι υγροί κρύσταλλοι δεν εκπέμπουν φως κι έτσι φωτίζονται από μια εξωτερική πηγή που βρίσκεται πίσω από τη συστοιχία των πολωτικών φίλτρων και των υγρών κρυστάλλων και ανάλογα με το ηλεκτρικό φορτίο που ασκείται στους κρυστάλλους δημιουργείται η εικόνα(εικόνα 5.9).



Εικόνα 5.9 Οθόνη υγρών κρυστάλλων

- Plasma: Αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες ανάμεσα στις οποίες υπάρχουν χιλιάδες μικροσκοπικά κελιά που περιέχουν ευγενή αέρια. Το αέριο στα κελιά μετατρέπεται ηλεκτρικά σε πλάσμα που εκπέμπει υπεριώδες φως που μετά διεγείρει τη φωτίζουσα ύλη (phosphors) για να εκπέμψει το ορατό φως(εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10 Οθόνη Plasma. (Πηγή: brain.ee.auth.gr)

## 5.4 3D γυαλιά

### Ενεργά

- LCD: Τα γυαλιά περιέχουν υγρούς κρυστάλλους και είναι συγχρονισμένα με τις εικόνες που προβάλλονται στην οθόνη, ώστε να επιτρέπουν ή να μπλοκάρουν το φως να περάσει, και τελικά να σχηματιστεί η τρισδιάστατη εικόνα(εικόνα 5.11).



Εικόνα 5.11 LCD γυαλιά

- Head-mounted display: Οι δύο φακοί των γυαλιών είναι στην πραγματικότητα 2 οθόνες (μία για κάθε μάτι) που παράγουν μία διαφορετική προοπτική για το ίδιο αντικείμενο. Στην ουσία δε χρειάζεται κάποια άλλη εξωτερική οθόνη, ενώ μπορούν πολλοί άνθρωποι να φορέσουν αυτά τα γυαλιά και να παρακολουθήσουν το ίδιο πράγμα(εικόνα 5.12).



Εικόνα 5.12 γυαλιά Head-mounted

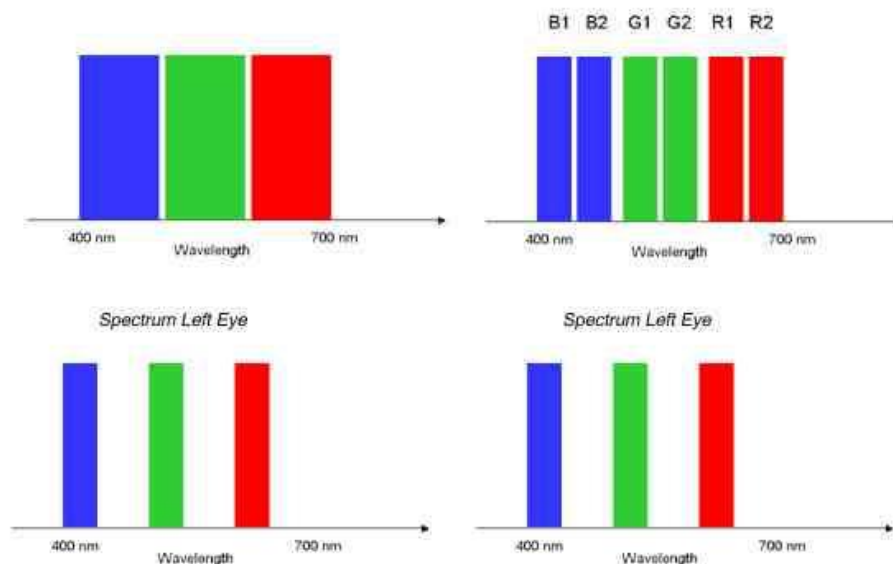
#### Παθητικά

- Γραμμικά πολωμένα γυαλιά (linear polarized glasses): Οι δύο εικόνες είναι υπερτιθέμενες σε μία οθόνη μέσω ορθογώνιων πολωτικών φίλτρων (Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί μια ασημένια οθόνη-silver screen- για να διατηρηθεί η πολικότητα). Τα γυαλιά περιέχουν επίσης ένα ζευγάρι πολωτικών φίλτρων. Επειδή κάθε φίλτρο επιτρέπει να περάσει φως που είναι παρόμοια πολωμένο με αυτά και μπλοκάρει αυτό που έχει πολωθεί ορθογώνια, κάθε μάτι βλέπει μόνο μία εικόνα. Ο θεατής όμως πρέπει να έχει το κεφάλι του όρθιο, γιατί αλλιώς θα δει την εικόνα που προοριζόταν στο δεξί μάτι από το αριστερό και αντίστροφα(εικόνα 5.13).



Εικόνα 5.13 Γραμμικά πολωμένα γυαλιά. (Πηγή: 53<sup>rd</sup> International Symposium ELMAR-2011, Croatia.)

- Κυκλικά πολωμένα γυαλιά: Λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως και τα γραμμικά, απλά εδώ η πόλωση είναι κυκλική. Το δεξί μάτι βλέπει τη δεξιόστροφη πόλωση του φωτός, ενώ το αριστερό την αριστερή. Ο θεατής εδώ μπορεί να κουνήσει το κεφάλι του, η πόλωση θα παραμείνει ίδια και θα βλέπει κανονικά.
- Infitec glasses: Τα γυαλιά όπως και το σύστημα προβολής περιέχουν φίλτρα υποδιαιρούν το ορατό φάσμα του φωτός σε 6 στενές ζώνες. Δύο για την κόκκινη περιοχή, δύο για την πράσινη και δύο για την μπλε, οι οποίες ονομάζονται R1, R2, G1, G2, B1, B2 αντίστοιχα. Τα R1, G1, B1 τα βλέπει το ένα μάτι, ενώ τα υπόλοιπα το άλλο. Με αυτή την τεχνική μπορούν να δημιουργηθούν δύο τρισδιάστατες έγχρωμες εικόνες που διαφέρουν ελάχιστα χρωματικά (εικόνα 5.14).



Εικόνα 5.14 Infitec glasses. (Πηγή: <http://total3d.ru/diy/92703/>)

- Συμπληρωματικά χρωματικά ανάγλυφα (complementary color anaglyphs): Λειτουργούν με ένα ζεύγος συμπληρωματικών χρωματικών φίλτρων για κάθε μάτι. Τα πιο συνηθισμένα χρωματικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται είναι το κόκκινο και το κυανό. Το κόκκινο φίλτρο επιτρέπει να περάσει μόνο το κόκκινο



- χρώμα, ενώ το κυανό μπλοκάρει το κόκκινο και επιτρέπει στο μπλε και πράσινο να περάσουν.
- Color Code 3D: Είναι ένα καινούριο οπτικό σύστημα που ξεκίνησε το 2000 που χρησιμοποιεί κεχριμπαρένια (amber) και μπλε φίλτρα. Σκοπός του είναι να μπορούμε να δούμε τρισδιάστατα και έγχρωμα με τις ήδη υπάρχουσες τηλεοράσεις. Το αριστερό μάτι (με το κεχριμπαρένιο φίλτρο) δέχεται την διαφασματική (cross-spectrum) χρωματική πληροφορία, ενώ το άλλο (με το μπλε φίλτρο) βλέπει μια μονόχρωμη εικόνα σχεδιασμένη έτσι ώστε να δίνει την αίσθηση του βάθους. Ο εγκέφαλός μας ενώνει τις δύο εικόνες και έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι εικόνες που βλέπουμε χωρίς τα γυαλιά έχουν μια γαλάζιο και κίτρινο οριζόντια τρεμούλιασμα. Τόσο στην Αμερική όσο και στην Αγγλία η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται ήδη σε εκπομπές και διαφημίσεις.
- Anachrome "compatible" color anaglyph method: Είναι μια προσπάθεια ώστε οι εικόνες να είναι συμβατές και με τα διδιάστατα μέσα που ήδη υπάρχουν. Το τρισδιάστατο φαινόμενο είναι αποτέλεσμα λήψης της εικόνας με δύο κάμερες, των οποίων οι φακοί είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους. Οι εικόνες τελικά τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη και μόνο μερικά pixels είναι υπεύθυνα για το την αίσθηση του βάθους.

## 5.5 Μέθοδος DIBR σε 3D-TV συστήματα

Συστήματα στέλνουν 2D ροές videoμαζί με τα δεδομένα βάθους που επιτρέπει στον δέκτη να χτίσει την στερεοσκοπική 3D εικόνα με την χρήση των τεχνικών DIBR. Η προσέγγιση DIBR έχει κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες τεχνικές. Το πρώτο πλεονέκτημα είναι η προς τα πίσω συμβατότητα με συστήματα 2D. Ένα άλλο γενικό πλεονέκτημα είναι η ανεξαρτησία των τεχνολογιών των οθονών και της σύλληψης. Συστήματα που βασίζονται σε DIBRθα παρέχουν επίσης άμεση συμβατότητα με τους περισσότερους 2D 3D αλγόριθμους μετατόπισης video.

Συστήματα τα οποία βασίζονται στο βάθος για την παραγωγή της εικόνας γίνεται με το pixelπρος pixel ταίριασμα των διαφόρων στρωμάτων της εικόνας. Μια τέτοια δομή διευκολύνει στην 3D μετεπεξεργασία (post-processing). Έτσι με την τεχνική αυτή επιτρέπεται η εύκολη ενσωμάτωση των συνθετικών αντικειμένων 3D σε πραγματικές ακολουθίες, για παράδειγμα, real time 3Dειδικών εφέ[Gvili R et al (2003)]. Μια άλλη πτυχή είναι η καταστολή της φωτομετρικής ασυμμετρίας για την διανομή της στερεοσκοπικής προβολής που συνδέεται με το αριστερό και το δεξί μάτι, και δημιουργεί διαταραχές στην όραση αλλά μπορεί και να υποβαθμίσει την στερεοσκοπική αίσθηση[Pastoor S (1991)].

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος για 2D 3Dμετατροπή βασίζεται στην εξαγωγή πληροφοριών βάθους: βάθος από παράλλαξη[Sung Fang Tsai et al (2011), Zhang Liang (2011)], εκμηδένιση σημείου με βάση την εκτίμηση του βάθους, βάθος από θαμπάδα. Πρόκειται για ένα σημαντικό πλεονέκτημα των συστημάτων DIBR, καθώς η επιτυχία οποιουδήποτε συστήματος μετάδοσης 3D-TV θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την διαθεσιμότητα του «ελκυστικού» 3D τηλεοπτικού υλικού.

Παρά τα πλεονεκτήματα, υπάρχουν και κάποιες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν για εμπορική εφαρμογή. Η πρώτη σχετίζεται με τις περιοχές που φράσσονται στην αρχική εικόνα όπου εδώ κατάλληλοι αλγόριθμοι απαιτούνται για την απόφραξη στα στάδια μετά-παραγωγής (postproduction). Επίσης στις απλούστερες εκδόσεις των συστημάτων που βασίζονται σε τεχνικές DIBR, οι επιδράσεις που σχετίζονται με διαφάνειες (ατμοσφαιρικές επιδράσεις, όπως ομίχλη ή καπνός, σκιές, διαθλάσεις, ανακλάσεις) δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν επαρκώς με ένα μόνο στρώμα βάθους και τα πρόσθετα επίπεδα διαφάνειας είναι υποχρεωτικά (ή τεχνικές επεξεργασίας πολλαπλών προβολών ε το σχετικό βάθος). Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι η δημιουργία χαρτών βάθους με μεγάλη ακρίβεια εξακολουθεί να είναι μια πρόκληση, ιδίως για γεγονότα σε πραγματικό χρόνο.

Το πλεονέκτημα από την σκοπιά της κωδικοποίησης και μεταφοράς είναι η μειωμένη απαίτηση σε εύρος ζώνης σε σύγκριση με άλλες μορφές 3D. Υπάρχει επίσης ένα εγγενές πλεονέκτημα στο γεγονός ότι η δομή των πληροφοριών βάθους είναι συνήθως η ίδια με την αρχική εικόνα 2D. Με αυτόν τον τρόπο, τα στρώματα βάθους μπορούν να κωδικοποιούνται με την χρήση του ίδιου κωδικοποιητή γενικής χρήσης ως 2D συστατικό (H.264/AVC). Σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω των τοπικών ομαλοτήτων των επιφανειών των περισσοτέρων αντικειμένων -στον πραγματικό κόσμο- οι ανά ριχελπληροφορίες βάθους μπορούν να συμπιεστούν πολύ πιο αποτελεσματικά.

Τέλος το γεγονός ότι ορισμένοι από τους μηχανισμούς έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να μεταφέρουν διάφορα στρώματα πληροφοριών βάθους καθιστά αυτή την επιλογή ιδιαίτερα ελκυστική για τους ραδιοτηλεοπτικούς φορείς, με περισσότερο αντίκτυπο στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής.

Από την άποψη της μετάδοσης το πλεονέκτημα του συστήματος είναι οι μικρές επιπτώσεις από τα απαιτούμενα πρόσθετα στρώματα βάθους που έχουν στο δίκτυο εκπομπής. Σε ένα σύστημα 3D-TVDIBR, ένα νέο set-top-box (ή ενσωματωμένο δέκτη/οθόνη) θα μπορούσε να αναγνωρίσει τις πρόσθετες πληροφορίες προκειμένου να αποκωδικοποιήσει μια δεύτερη άποψη και να παρέχουν δύο σήματα εξόδου, αριστερή και δεξιά θέα στην οθόνη. Η πτυχή στην οποία θα πρέπει να δοθεί προσοχή στο τμήμα μετάδοσης της αλυσίδας διανομής, είναι η ποιότητα της υπηρεσίας (QOS-Quality Of Service). Οι οπτικές ίνες θα μπορούσαν να παράγουν λάθη στα στοιχεία βάθους και να οδηγήσουν σε σοβαρά εκθέματα βάθους της εικόνας, μετά την διαδικασία απόδοσης DIBR.

Σε ένα σύστημα DIBR οι απόψεις για το αριστερό και το δεξί μάτι παράγονται μόνο στον δέκτη της 3D-TV. Η εμφάνισή των απόψεων από την πλευρά της παράλλαξης (έτσι θα γίνει αντιληπτή η εντύπωση του βάθους) μπορούν να προσαρμοστούν στις ιδιαίτερες συνθήκες θέασης του καταναλωτή. Επιπλέον η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στον θεατή να ρυθμίσει την αναπαραγωγή του βάθους ώστε να ταιριάζει στις προσωπικές του προτιμήσεις, με παρόμοιο τρόπο με τον έλεγχο για τον κορεσμό των χρωμάτων, την φωτεινότητα, και άλλα χαρακτηριστικά της εικόνας. Κατά συνέπεια θα ήταν δυνατόν να παρέχει στον θεατή μια προσαρμοσμένη 3D εμπειρία ανεξάρτητα από το είδος της στερεοσκοπικής και αυτό-στερεοσκοπικής οθόνης 3D-TV. Ένας έλεγχος όσον αφορά την ένταση του βάθους είναι επίσης ένα σχετικό πλεονέκτημα των συστημάτων DIBR.

## 5.6 3D Cinema και τηλεόραση

Όλο και περισσότεροι είναι οι σκηνοθέτες και οι παραγωγοί που εκμεταλλεύονται την τεχνολογία 3D για παρουσιάσουν καινοτόμες ταινίες και να εντυπωσιάσουν με τα πλούσια ζωντανά γραφικά τους, τα έντονα χρώματα και τις λεπτομέρειες που στις 2D ταινίες δεν διακρίνονται. Οι κινηματογραφικές αίθουσες σπεύδουν να εξοπλιστούν με τον κατάλληλο εξοπλισμό, όπως είναι τα ειδικά 3D γυαλιά.

Οι 3D ταινίες προβλήθηκαν αρχικά στον κινηματογράφο και τώρα σειρά παίρνουν οι τηλεοράσεις για την 3D τεχνολογία. Το 2010 ξεκίνησε με τους καλύτερους οιωνούς για τις 3D τηλεοράσεις δεδομένης της μεγάλης επιτυχίας του *Avatar* στους κινηματογράφους και της πλημμύρας της τρισδιάστατης τεχνολογίας που εισάγεται στις εμπορικές εκθέσεις όπως CES το 2010.

Όλες οι εταιρίες έχουν επενδύσει πολλά στην τεχνολογία αυτή και τα αποτελέσματα της προσπάθειας αυτής είναι προϊόντα πρωτόγνωρα και μοναδικά τουλάχιστον σε αυτά που έχουμε μάθει έως τώρα. Πρόκειται για μια αληθινή επανάσταση στον κόσμο που βλέπουμε και η τηλεόραση τείνει να γίνει οικιακός κινηματογράφος με όλη την σημασία της λέξεως.

## 5.7 3D κανάλια

Από το 2008 στην Ιαπωνία τρισδιάστατα προγράμματα μεταδίδονται στο καλωδιακό κανάλι BS 11 τέσσερις φορές τη μέρα. Το Sky έκανε ένα κανάλι το Sky Sports 3D, που ξεκίνησε στις αρχές του 2010, ενώ αργότερα δημιουργήθηκε και το Sky Movies 3D.

Το πρώτο Αυστραλιανό πρόγραμμα που εξέπεμψε σε υψηλής ευκρίνειας 3D ήταν το Fox Sports που κάλυπτε τον ποδοσφαιρικό αγώνα Αυστραλία- Νέα Ζηλανδία στις 24 Μαΐου του 2010. Στη Βραζιλία το Rede TV έγινε το πρώτο κανάλι επίγειας μετάδοσης που εξέπεμψε τρισδιάστατο σήμα ελεύθερα για όλους τους δέκτες που μπορούσαν να το υποστηρίξουν στις 21 Μαΐου.

Ενώ το πρώτο 3D κανάλι, το SKY 3D, άρχισε να εκπέμπει εθνικά στη Νότιο Κορέα από την Korea Digital Satellite Broadcasting. Στην Ευρώπη, το Sky 3D channel της British Sky Broadcasting (Sky) ήταν το πρώτο τακτικό κανάλι που εξέπεμψε τρισδιάστατα.

## 5.8 3D επεισόδια

Κατά καιρούς διάφορες σειρές έχουν εκπέμψει τρισδιάστατα ορισμένα επεισόδιά τους ή κομμάτια αυτών. Ένα παράδειγμα ήταν το 3rd Rock From The Sun όπου τα όνειρα των πρωταγωνιστών προβάλλονταν τρισδιάστατα. Το επεισόδιο ενημέρωνε τους τηλεθεατές να βάλουν τα τρισδιάστατα γυαλιά τους με εικόνια "3D on" ή "3D off" στη γωνία της οθόνης. Το επεισόδιο χρησιμοποίησε την 3D Pulfrich τεχνική.

Πιο πρόσφατες χρήσεις της 3D στην τηλεόραση έγιναν στη δραματική σειρά *Medium* και στην κωμωδία *Chuck*. Το 2010 στην 52η Απονομή των Grammy έγινε προβολή ενός video-φόρου τιμής στον Michael Jackson σε 3D, χρησιμοποιώντας ανάγλυφη διάταξη.



### 5.9 Η εφαρμογή της 3D τεχνολογίας στην καθημερινότητά μας

Η τεχνολογία 3D είναι μια αναπτυσσόμενη και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που ολοένα και περισσότερο μπαίνει στη καθημερινότητά μας. Τα επόμενα χρόνια όπως όλα δείχνουν η 3D τεχνολογία θα αποτελεί για μας αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας και θα είναι παντού γύρω μας. Τα οφέλη των τρισδιάστατης τεχνολογίας και των τρισδιάστατων μοντέλων είναι πολλά και τα συναντάμε σε διάφορους τομείς της καθημερινότητας μας προκειμένου να μας διευκολύνουν.

Η απλή τρισδιάστατη φωτογραφική απεικόνιση δεν είναι ικανοποιητική σε περιπτώσεις όπου ακόμα και η παραμικρή λεπτομέρεια έχουν σημασία για παράδειγμα στην ιατρική απεικόνιση, στην αρχιτεκτονική μελέτη ακόμα και σε αρχαιολογικές έρευνες. Για αυτόν το λόγο ένα τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο αντικειμένων είναι το πλέον κατάλληλο εργαλείο για την μελέτη τους από ένα έμπειρο επιστήμονα.

- Η δημιουργία βάσεων δεδομένων με αποκλειστικά 3D φωτογραφίες και μοντέλα με σκοπό την εκπαιδευτική διαδικασία δίνει την δυνατότητα στον φοιτητή-μαθητή να έχει μια πιο άμεση, απτή και κατανοητή εικόνα για το αντικείμενο εκμάθησης. Πιο συγκεκριμένα η τρισδιάστατη απεικόνιση του εσωτερικού ενός υπολογιστή, η τρισδιάστατη εικόνα του εσωτερικού του ανθρωπίνου σώματος ή ακόμα και η αναπαράσταση σημαντικών ιστορικών γεγονότων σε 3D κάνει την εκπαιδευτική διαδικασία πιο συναρπαστική και πιο κατανοητή παράλληλα.
- Η εφαρμογή της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D printing) στην ιατρική αφορούν την κατασκευή τρισδιάστατου μοντέλου περιοχής με κύριο στόχο την επισκόπηση για επιλογή της κατάλληλης θεραπευτικής προσέγγισης (χειρουργικός εμβολισμός, χειρουργική επέμβαση, ακτινοχειρουργική), εκτίμηση ρίσκου σε χειρουργικές επεμβάσεις, εκπαίδευση του επεμβαίνοντος σε λεπτές κινήσεις στο τρισδιάστατο ρεαλιστικό μοντέλο της συγκεκριμένης περιοχής προ-χειρουργικά, ενώ επίσης μπορεί να γίνει τρισδιάστατη εκτύπωση της μορφής του εμβρύου για διαγνωστικούς λόγους.
- Η 3D απεικόνιση έχει πολύ σημαντικά οφέλη στην ψυχαγωγία. Ταινίες με περισσότερη δράση, υψηλής τεχνολογίας γραφικά σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη τεχνολογία μας δίνουν ένα πραγματικά εντυπωσιακό και ρεαλιστικό αποτέλεσμα που κόβει την ανάσα. Η είσοδος της 3D τηλεόρασης και των 3D ταινιών

με την χρήση γυαλιών στο σπίτι κάνουν ακόμα πιο άμεση και καθημερινή αυτού του είδους την ψυχαγωγία.

- Τα τρισδιάστατα γραφικά σε κονσόλες και ηλεκτρονικά παιχνίδια δίνουν στον χρήστη τους την εντύπωση ότι βιώνει άμεσα τη δράση του παιχνιδιού και βρίσκεται μέσα στο γραφικό του περιβάλλον. Σε συνδυασμό και με ηχητικά εφέ το αποτέλεσμα είναι άκρως διασκεδαστικό και ρεαλιστικό.
- Τα μηχανολογικά και αρχιτεκτονικά σχέδια μέσω της τρισδιάστατης απεικόνισης μπορούν να έχουν ευκολότερη και καλύτερη μελέτη από του επιστήμονες. Με την βοήθεια της 3D απεικόνισης είναι ευκολότερη η προεπισκόπηση και η άμεση πρόγνωση προβλημάτων που στο παρελθόν για να τα κατανοήσουμε θα έπρεπε να έχουμε φτάσει πολλές φορές στην τελική μορφή του αντικειμένου που σχεδιάζαμε. Για παράδειγμα μια κακή προσέγγιση σε ένα αρχιτεκτονικό σχέδιο ή μια μη εργονομική τοποθέτηση μπορούν εύκολα να διαγνωστούν και να εξαλειφθούν απλά και μόνο με την μελέτη του τρισδιάστατου μοντέλου χωρίς να έχουμε ξεκινήσει να υλοποιούμε καν το project.
- Φυσικά δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τις 3D εφαρμογές και απεικονίσεις στο διαδίκτυο. Οι διαδικτυακές σελίδες και οι ιστότοποι με την βοήθεια τέτοιων γραφικών και video κάνουν την χρήση του διαδικτύου πιο συναρπαστική και πιο προσιτή στον χρήστη. Οι διαδραστικές εφαρμογές που εμπεριέχονται δίνουν την δυνατότητα εκμάθησης και εύκολης περιήγησης σε όποιον επιθυμεί πρόσβαση στο διαδίκτυο ακόμα και σε αυτόν που ελάχιστα κατέχει μέχρι εκείνη την στιγμή για την χρήση και πλοήγηση ιστοσελίδων.
- Πολύ σπουδαία και χρήσιμη εφαρμογή στην 3D τεχνολογία είναι οι εικονικές εκθέσεις και μουσεία στα οποία μπορούμε να περιηγηθούμε μέσω του υπολογιστή μας, της τηλεόρασης μας ή ακόμα και σε information kiosks που υπάρχουν κυρίως στο εξωτερικό. Η δυνατότητα του να μπορεί να δει κάποιος έστω ένα μέρος εκθεμάτων και αρχαιολογικών χώρων χωρίς την άμεση επίσκεψη του είναι ένα πολύ σημαντικό άλμα της σύγχρονης τεχνολογίας, Ειδικά στην χώρα μας που υπάρχουν πληθώρα μουσείων και αρχαιολογικών ευρημάτων θα ήταν μια πολύ καλή τουριστική καμπάνια και μια ακόμα καλύτερη προβολή της πολιτιστικής μας κληρονομιάς σε άλλες χώρες. Για παράδειγμα μια μικρού μήκους προβολή ταινίας από διάφορα αρχαιολογικά μέρη της Ελλάδας σε τρισδιάστατη απεικόνιση θα μπορούσε να αποτελέσει ίσως την καλύτερη, ρεαλιστική και εντυπωσιακή διαφήμιση παγκοσμίως.
- Επίσης με την χρήση της 3D τεχνολογίας μπορούμε να έχουμε την τρισδιάστατη εκτύπωση χαρτών. Έγχρωμοι 3D χάρτες με δυνατότητα απεικόνισης υπόγειου και υπέργειου ανάγλυφου καθώς επίσης και χάρτες ολόκληρων πόλεων πλέον εκτυπώνονται με ευκολία και απίστευτη ακρίβεια.

## 6 Συμπεράσματα – Προοπτικές

### 6.1 Συμπεράσματα

Παρ' όλο που τα συστήματα 3DTV αναφέρονται και χρησιμοποιούνται από το 1920, δεν υπάρχουν ακόμη αρκετά εμπορικά αποδεκτά συστήματα. Υπάρχουν τόσο τεχνικοί λόγοι όσο και ανθρωπίνοι παράγοντες που καθυστερούν τη χρήση των 3DTV. Ενώ είναι εύκολο να καταγραφεί και να αναπαραχθεί, υπάρχουν πολλές εναλλαγές συστημάτων 3DTV που βασίζονται στο στερεοσκοπικό βίντεο. Το κύριο ανασταλτικό στοιχείο της εξάπλωσης των 3DTV συστημάτων είναι η δυσφορία που προκαλεί στο θεατή κατά την παρακολούθηση.

Πρόσφατες εξελίξεις αποτελούν τα αυτό-στερεοσκοπικά συστήματα και τα βίντεο ελεύθερου σημείου θέασης. Όλα τα σημερινά 3DTV συστήματα βασίζονται σε αυτές τις τεχνολογίες. Οι πραγματικές 3D αναπαραστάσεις βασίζονται στα ολογράμματα ή, σε ένα βαθμό, σε ολόκληρες τεχνικές αναπαραστάσης που δίνουν περισσότερο ικανοποιητικές εμπειρίες στους θεατές. Αυτό που θα κάνει τους θεατές να προχωρήσουν σε αγορά και χρήση των 3DTV συστημάτων είναι η θέαση χωρίς καταβολή ιδιαίτερης προσπάθειας, να υπάρχει διαθέσιμο περιεχόμενο για θέαση και να υπάρχει συμβατότητα με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα.

Για αυτούς τους λόγους, πλέον, αυξάνεται η ζήτηση των 3DTV συστημάτων. Τα νέα συστήματα 3DTV έχουν την αίσθηση του βάθους και δεν κουράζουν τους θεατές κατά την παρακολούθηση. Βέβαια, κατά τη διάρκεια αναπαραστάσης 3D, δεν μπορεί κάποιος να ασχολείται ταυτόχρονα με κάτι άλλο, γιατί είναι αναγκασμένος να φοράει τα εξειδικευμένα γυαλιά. Προς αυτή την κατεύθυνση πρέπει να βαδίσει η τεχνολογία και να κάνει πιο βολική τη θέαση των 3D. Μία τεχνολογία 3D που δε θα χρειάζεται γυαλιά και θα χρησιμοποιεί τη μέθοδο της αυτό-στερεοσκοπίας.

Οι αλγόριθμοι που παράγουν 3D απεικόνιση από μία μόνο αρχική εικόνα δεν έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα ή δεν είναι πλήρως αυτοματοποιημένοι. Η διαδικασία παραγωγής 3D περιεχομένου συνεχίζει να είναι δύσκολη, εφόσον περιλαμβάνει ακριβό εξοπλισμό, π.χ. πολλαπλές κάμερες λήψης, εξειδικευμένοι υψηλής επεξεργαστικής ισχύος υπολογιστές και άλλα περιφερειακά συστήματα για την τελική παραγωγή. Επίσης, χωρίς την παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού δεν μπορεί να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Όλα αυτά λοιπόν αναγκάζουν τη 3D απεικόνιση να εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς.

### 6.2 3DTV: Ποιο προβλέπεται να είναι το μέλλον της;

Είναι λογικό να αναρωτιόμαστε κατά πόσο θα έχει απήχηση η 3D TV στην κοινωνία, και κατά πόσο θα αντικαταστήσει τη δισδιάστατη τηλεόραση. Ένας παράγοντας που δεν μας επιτρέπει να κάνουμε μια ασφαλή πρόβλεψη σχετικά με το μέλλον της τρισδιάστατης τηλεόρασης είναι η αμφίδρομη σχέση μεταξύ τεχνολογίας και κοινωνίας. Με άλλα λόγια, όχι μόνο η κοινωνία καθοδηγεί την τεχνολογία, αλλά και το αντίστροφο.

Ειδικότερα για την περίπτωση της 3D TV, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπ' όψη. Ένας από αυτούς είναι η ποιότητα της τρισδιάστατης προβολής που

μπορεί να προσφερθεί. Αν η ποιότητα είναι κακή ή έστω μέτρια, τότε οι καταναλωτές πιθανόν να χάσουν το ενδιαφέρον τους σ' αυτή. Ένας άλλος παράγοντας είναι το κόστος των προσφερόμενων υπηρεσιών και συσκευών. Το υψηλό κόστος ενδεχομένως να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα για τη διάδοση της 3D TV. Βέβαια το υψηλό κόστος δεν αφορά μόνο το θεατή, είναι πρόβλημα και των υπεύθυνων για μετάδοση τρισδιάστατων εκπομπών. Απαιτούνται, όπως αναλύσαμε, αλλαγές στις εγκαταστάσεις που διαθέτουμε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ανάγκη για περισσότερες από μία κάμερες για μια τρισδιάστατη λήψη.

Από την άλλη πλευρά, η ίδια η ιδέα της τρισδιάστατης προβολής είναι κάτι το καινούριο και εντυπωσιακό, που εξάπτει τη φαντασία των ανθρώπων. Η προσωπική μου εκτίμηση είναι ότι μπορεί να γίνει ευρέως διαδεδομένη η τρισδιάστατη τηλεόραση, αλλά θα πρέπει να παρέλθει αρκετό χρονικό διάστημα. Αυτό όχι μόνο επειδή θα πρέπει να γίνουν περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες για τη βελτίωση της ποιότητας και τη μείωση του κόστους, αλλά κυρίως επειδή είναι δύσκολο να αλλάξει το κατεστημένο σε οποιαδήποτε έκφανση της ανθρώπινης κοινωνίας. Γι' αυτό και η αλλαγή θα αρχίσει να γίνεται σταδιακά και με μικρό ίσως αριθμό τρισδιάστατων συσκευών και εκπομπών.

Συμπερασματικά, η τρισδιάστατη τηλεόραση είναι μία πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, και μπορούμε να διατηρούμε την αισιοδοξία μας σχετικά με τη μελλοντική της χρήση.



## Αναφορές

- [1] Shilov A. Blu-Ray Disc Association Finalizes Stereoscopic 3D Specification: BluRay 3D Spec Finalized: New Players Incoming. xbitlabs On line Magazine. Dec 18, 2009. <http://www.xbitlabs.com>.
- [2] M. Tanimoto, "Overview of free viewpoint Television," Signal Process. Image Commun., vol. 21, no. 6, pp. 454–461, July 2006.
- [3] C. Fehn, P. Kauff, M. Op de Beeck, F. Ernst, W. Ijsselstein, M. Pollefeys, L. Vangool, E. Ofek, and I. Sexton, "An evolutionary and optimised approach on 3D-TV," IBC 2002, Int. Broadcast Convention, Amsterdam, Netherlands, Sept. 2002.
- [4] M. Levoy and P. Hanrahan, "Light field rendering," in Proc. ACM SIGGRAPH, Aug. 1996, pp. 31–42.
- [5] C. Zhang and T. Chen, "A self-reconfigurable camera array," Eurograph. Symp. Rendering 2004, Norrkoping, Sweden, Jun. 2004.
- [6] C.L. Zitnick, S.B. Kang, M. Uyttendaele, S. Winder, and R. Szeliski, "High-quality video view interpolation using a layered representation," in Proc. ACM SIGGRAPH and ACM Trans. Graphics, Los Angeles, CA, Aug. 2004.
- [7] J. Carranza, C. Theobalt, M. Magnor, and H.-P. Seidel, "Free-viewpoint video of human actors," in Proc. ACM Conf. Comput. Graph. (SIGGRAPH'03), 2003, pp. 569–577.
- [8] B. Wilburn, M. Smulski, H.-H. K. Lee, M. Horowitz, "The light field video camera," in Proc. Media Processors 2002, SPIE Electronic Imaging, 2002.
- [9] T. Kanade, H. Saito, S. Vedula, "The 3D room: Digitizing time-varying 3D events by synchronized multiple video streams," Tech. Rep. CMU-RITR-98-34, 1998.
- [10] T. Fujii, K. Mori, K. Takeda, K. Mase, M. Tanimoto, and Y. Suenaga, "Multipoint measuring system for video and sound: 100-camera and microphone system," IEEE 2006 Int. Conf. Multimedia & Expo, July 2006, pp. 437–440.
- [11] C. Zhang and T. Chen, "A self-reconfigurable camera array," Eurograph. Symp. Rendering 2004, Norrkoping, Sweden, Jun. 2004.
- [12] J.C. Yang, M. Everett, C. Buehler, and L. McMillan, "A real-time distributed light field camera," in Proc. Eurograph. Workshop Rendering 2002, (2002), pp. 1–10.
- [13] R. Bajcsy et al., "3D Imaging Techniques and Multimedia Applications," IEEE MultiMedia, vol. 20, no. 1, 2013, pp. 14–16.
- [14] H. Urey et al., "State of the Art in Stereoscopic and Autostereoscopic Displays," Proc. IEEE, vol. 99, no. 4, 2011, pp. 540–555.
- [15] C. Fehn, "Depth-Image-Based Rendering (DIBR), Compression, and Transmission for a Flexible Approach on 3D TV," Proc. SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XI, SPIE, 2004, pp. 93–104.
- [16] D. Scharstein, R. Szeliski, and R. Zabih, "A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-frame Stereo Correspondence Algorithms," Int'l J. Computer Vision, vol. 47, no. 1–3, 2002, pp. 7–42.
- [17] Z. Zhang, "Microsoft Kinect Sensor and its Effect," IEEE MultiMedia, vol. 19, no. 2, 2012, pp. 4–10.
- [18] R. Lange and P. Seitz, "Solid-State Time-of-Flight Range Camera," IEEE J. Quantum Electronics, vol. 37, no. 5, 2001, pp. 390–397.
- [19] M. Frank et al., "Theoretical and Experimental Error Analysis of Continuous-Wave Time-of-Flight Range Cameras," SPIE Optical Eng., vol. 48, no. 1, 2009, p. 013602.
- [20] International Organization for Standardization (2009) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N10540: Text of ISO/IEC 14496 10:2009 FDAM 1 (including stereo high profile)

- [21] Fehn C (2004) 3D TV using depth image based rendering (DIBR). In: Proceedings of picture coding symposium .
- [22] Zhang L, Tam WJ (2005) Stereoscopic image generation based on depth images for 3DTV/3D TV. IEEE Trans Broadcast 51(2):191-199.
- [23] L. Onural and H. Ozaktas, "Signal processing issues in diffraction and holographic 3DTV," Signal Processing: Image Commun., vol. 22, no. 2, pp. 169–177, Feb. 2007.
- [24] Zhang X, Wu X, Wu F. Image coding on quincunx lattice with adaptive lifting and interpolation. Data Compression Conference (DCC '07). IEEE Computer Society: Piscataway, NJ, USA; 2007.
- [25] Hur J-H, Cho S, Lee Y-L. Illumination change compensation method for H.264/AVC- based multi-view video coding. IEEE Trans Circuit Syst Video Technol 2007; 17(11).
- [26] 3DPHONE. Project no. FP7-213349, Project title: ALL 3D IMAGING PHONE, 7th FRAMEWORK PROGRAMME, Specific Programme "Cooperation", FP7-ICT-2007.1.5—Networked Media, D5.1- Requirements and specifications for 3D video. Aug 19 2008.
- [27] Stelmach L, Tam WJ. Stereoscopic image coding: effect of disparate image-quality in left- and right-eye views. Signal Process Image Commun 1998; 14: 111–117.
- [28] Stelmach L, Tam WJ, Meegan D, et al. Stereo image quality: effects of mixed spatio- temporal resolution. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol 2000; 10(2): 188–193.
- [29] Fehn C, Kauff P, et al. An evolutionary and optimized approach on 3DTV. Proceedings of International Broadcast Conference '02; 2002; Amsterdam, The Netherlands. pp. 357–365.
- [30] Fehn C. A 3DTV Approach Using Depth-Image-Based Rendering (DIBR). Proceedings of Visualization, Imaging, and Image Processing '03; 2003; Benalmadena, Spain. pp. 482–487.
- [31] Fehn C. Depth-Image-Based Rendering (DIBR), compression, and transmission for a flexible approach on 3DTV [PhD thesis]. Germany: Technical University Berlin; 2006.
- [32] W.B. Norton, "Video Internet: The next wave of massive disruption to the U.S. peering ecosystem," white paper, version 1.3 [Online]. Available: <http://forum.stanford.edu/events/2007/cleanslate/slides/Internet%20Video%20Next%20Wave%20of%20Disruption%20v1.3.pdf>
- [33] 'Client-driven streaming of multi-view videos for interactive 3DTV', Engin Kurutepe. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions, 2007.
- [34] 'Multi-view Video Streaming over P2P Networks with Low Start-up Delay', Engin Kurutepe, Thomas Sikora. Image Processing, 2008. ICIP 2008. 15th IEEE International Conference.
- [35] 'Feasibility of Multi-view Video Streaming over P2P Networks', Engin Kurutepe, Thomas Sikora. 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video, IEEE 2008.
- [36] Onural L et al (2006) An assessment of 3DTV technologies. NAB BEC proceedings, pp 456-467
- [37] Gvili R et al (2003) Depth keying. Proc SPIE IS&T Electron Imaging 50(6):564-574
- [38] Pastoor S (1991) 3D Television: a survey of recent research results on subjective requirements. Signal Process, Image Commun 4(1):21-32
- [39] Sung Fang Tsai et al (2011) A real time 1080p 2D to 3D video conversion system. In: IEEE International conference on consumer electronics (ICCE) Proceedings 803-804

- [40] Zhang Liang (2011) 3D TV content creation: automatic 2D to 3D video conversion. IEEE Trans Broadcast 57(2):372 383
- [41] Daniel Minoli 3DTV: Content capture, encoding and transmission. IEEE 2010 by John Wiley & Sons, Inc.
- [42] Θ. Θεοχάρης, Α.Μπέμ, Γραφικά αρχές και αλγόριθμοι. Αθήνα 1999
- [43] Phil Surman Stereoscopic and Autostereoscopic Displays, Springer Science+Business Media New York 2013.