

**Τμήμα  
Μηχανικών  
Πληροφορικής τ.ε.**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα  
Δυτικής Ελλάδας

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

«Digital Video Broadcasting & 3-Dimensional  
Television»



ΚΑΚΑΡΑ ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ  
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΑΚΑΝΙΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΝΤΙΠΡΙΟ 2016

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Αντίρριο, ..../..../2016

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

- 1.
- 2.
- 3.

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 3D ΙΣΤΟΡΙΚΑ .....	5
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ 3D ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ .....	5
2.2 ΕΙΔΗ ΓΥΑΛΙΩΝ.....	7
2.2.1 Προσαρτημένες επί της κεφαλής οθόνες .....	8
2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ 3D ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	11
2.3.1 Ιστορικά σημεία του 3D από το 1894 .....	12
2.3.2 Η τεχνολογία 3D στο σήμερα.....	12
2.4 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ 3D ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ .....	13
2.4.1 Οι πρώτες προσπάθειες για τρισδιάστατη απεικόνιση .....	13
2.4.2 Τα πρώιμα χρόνια της 3D κινηματογράφησης (πριν το 1952) .....	14
2.4.3 Εισαγωγή της Polaroid .....	15
2.4.4 Η Αναγέννηση του 3D (1985 - 2003).....	17
2.4.5 Η νέα εποχή 2003 έως σήμερα .....	19
3. ΟΛΟΓΡΑΦΙΑ.....	20
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ.....	20
3.2 ΛΗΨΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΚΗΝΗΣ ΓΙΑ ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗ 3DTV .....	24
3.3 ΟΘΟΝΕΣ ΣΤΗΝ 3DTV .....	26
3.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗΣ 3DTV .....	27
3.5 ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D .....	27
3.5.1 Άλλες τεχνικές .....	29
3.5.2 Μέσω IP.....	29
3.5.3 Δομή server-client.....	29
3.6 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΔΙΚΤΥΟ 3DTV EXCELLENCE .....	30
4. MULTIVIEW, 3DTV ΚΑΙ FTV.....	30
4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ.....	34
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ .....	34
4.3 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΚΗΝΗΣ .....	36
4.4 ΠΡΟΒΟΛΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ .....	36
4.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	38
4.6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	40
4.7 ΤΕΛΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ .....	41
5. ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ .....	43
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47

7. ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	48
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	49

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών μας στο τμήμα μηχανικών πληροφορικής. Στο πρώτο κεφαλαίο παρουσιάζεται μια γενική περιγραφή των χαρακτηριστικών της 3D τηλεόρασης μέσα από την παρουσίαση της ιστορικής της εξέλιξης. Αναλύεται η λογική που στηρίζεται στο ανθρώπινο οφθαλμολογικό σύστημα. Εν συνεχεία γίνεται αναφορά στα ήδη των γυαλιών για την 3D όραση και των τεχνικών που χρησιμοποιούνται, ακολουθεί η αναφορά στους κυριότερους ιστορικούς σταθμούς των 3D τεχνολογιών από το 1984 με εκτενή αναφορά στην πρόοδο των τελευταίων ετών, το επόμενο κεφάλαιο, αναφέρεται στον 3D κινηματογράφο και τα φιλμ που έχουν δημιουργηθεί πάνω σε αυτή στην τεχνική των 3D τεχνολογιών.

Έπειτα αναφερόμαστε στην ολογραφία και τις τεχνικές και έρευνες που έχουν γίνει πάνω σε αυτήν. Ακολούθως παρουσιάζεται ένα εισαγωγικό ιστορικό των τεχνικών όπως η στερεοσκοπική 3D system HDTV κλπ. Στην συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται οι τεχνικές των 3DTV και ακολουθεί η παρουσίαση των οθονών που χρησιμοποιούνται για 3D προβολές και αναπαραστάσεις με αναφορά στις κυριότερες τεχνολογίες απεικονίσεις και το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την επεξεργασία του σήματος και της διαδικασίες μετάδοσης του μέσα από την ασύρματη τεχνολογία.

Το τελευταίο κεφαλαίο υπάρχει παρουσίαση των τεχνικών multiview, 3DTV, FTV, προσδιορίζονται οι τεχνικές καταγραφείς των στατικών σκηνών και των δυναμικών, η γεωμετρική αναπαράσταση της κάθε σκηνής και η προσβάλλει με βάση στατικές εικόνες και το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την μοντελοποίηση των εικόνων και τα τελικά βήματα που ακολουθούνται για την δημιουργία των 3D εικόνων.

## **2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ 3D ΙΣΤΟΡΙΚΑ**

### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ 3D ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ**

Η ιστορία της τρισδιάστατης τηλεόρασης αρχίζει από πολύ παλιά. Δεν είχε όμως, όπως και ο τρισδιάστατος κινηματογράφος, την αντίστοιχη εξέλιξη. Τεχνολογικές δυσκολίες και η πτώση ενδιαφέροντος για το 3D ανά εποχές καθιστούσαν δύσκολη τη χρήση της, αλλά αυτό είναι κάτι που έχει αλλάξει εντελώς στις μέρες μας.

Τι είναι όμως πραγματικά το 3D; Κινηματογραφικά έχουν παρουσιαστεί ιδέες για την προβολή τρισδιάστατων εικόνων, αλλά στην πραγματικότητα είναι ένα υψηλής ποιότητας τρισδιάστατο οπτικό αντίγραφο, με διαφορές οπτικά δυσδιάκριτες από το πρωτότυπο αλλά με διαφορά στο μέγεθος της εκάστοτε εικόνας. Μέχρι σήμερα η 3D τεχνολογία βασιζόταν σε δισδιάστατες εικόνες σε διαφορετικά επίπεδα ή στην δημιουργία ανάγλυφου μεταξύ δύο χρωμάτων, αλλά στην σύγχρονη εκδοχή της 3DTV το άτομο μπορεί να αλλάζει γωνίες θέασης ή να περπατάει μέσα στη σκηνή. Βάση αυτού του ορισμού αμέσως γίνεται κατανοητή η διαφορά της 3DTV με την απλή στερεοσκοπική 3D όραση και τον κινηματογράφο.

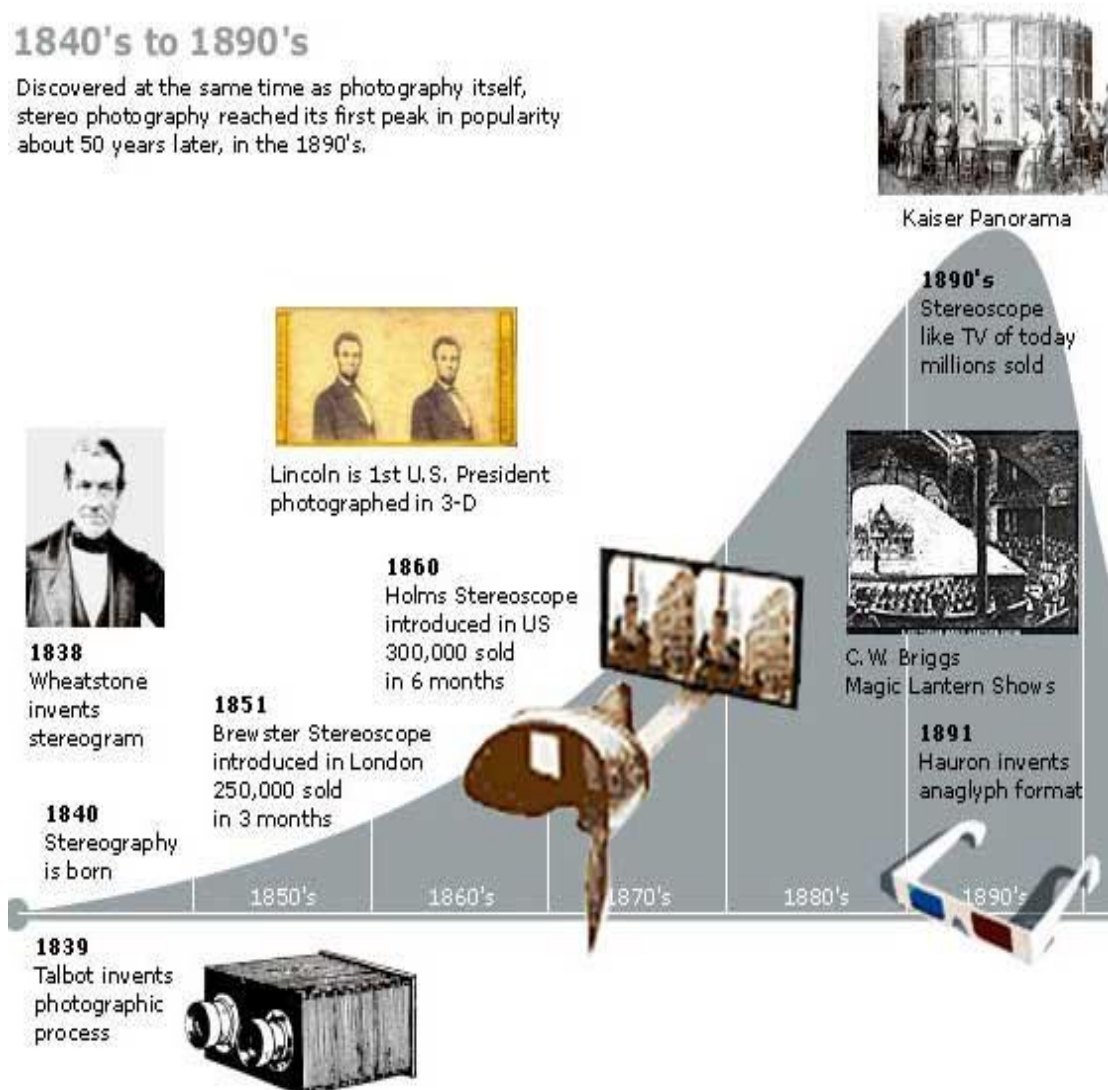
Τι κάνει όμως πραγματικά μια τηλεόραση; Είναι ένα σύστημα που δεσμεύει μια σκηνή, την μετατρέπει σε σήμα, μεταφέρει το σήμα σε ένα σύστημα απεικόνισης που αποκωδικοποιεί το σήμα και το μετατρέπει σε εικόνα. Ακριβώς η ίδια λογική

ακολουθείται και στην 3DTV με τη διαφορά ότι υπάρχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις στην ποιότητα και την κωδικοποίηση της εικόνας. Πρόσφατα πολλές τεχνολογικές ανακαλύψεις έχουν αναβιώσει το ενδιαφέρον για την τεχνολογία της 3DTV. Από τεχνολογική άποψη αυτό το ενδιαφέρον περιλαμβάνει βελτιώσεις στις τεχνολογίες που συμμετέχουν στην αλυσίδα της 3DTV όπως σύλληψη της 3D σκηνής, αναπαράσταση, κωδικοποίηση και μετάδοση, μετατροπή του σήματος και απεικόνιση.

Στον πραγματικό κόσμο δεν υπάρχουν δισδιάστατα αντικείμενα, έτσι και η ανθρώπινη όραση έχει φτιαχτεί για να λειτουργεί και στις τρεις διαστάσεις, δηλαδή να έχει και την αντίληψη του βάθους. Από επιστημονικής απόψεως όλα τα υπό μελέτη αντικείμενα γίνεται προσπάθεια να παρουσιάζονται σε στερεοσκοπικά ή τρισδιάστατα μοντέλα. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντική και κρίσιμη η μετάβαση στην 3D αναπαράσταση του οπτικού μας κόσμου που θα δώσει μια νέα δυναμική και εφαρμογές.

## 1840's to 1890's

Discovered at the same time as photography itself, stereo photography reached its first peak in popularity about 50 years later, in the 1890's.



### 2.1 Ιστορικοί σταθμοί της ιστορίας της στερεοσκοπίας.

Η ιστορία της τρισδιάστατης όρασης ξεκίνησε εδώ και πολλά χρόνια, ήδη από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα η επιστημονική κοινότητα παρουσίαζε στερεοράματα στο κοινό και ο κινηματογράφος από τη δεκαετία του 1920 έκανε τις πρώτες προσπάθειες για 3D προβολή. Αργότερα τη δεκαετία του 1960 παρουσιάστηκαν ολογράμματα και στο σήμερα υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την εικονική πραγματικότητα και τα τρισδιάστατα γραφικά. Μόλις εφευρέθηκαν η φωτογραφία και το video, η στερεοσκοπική 3D όραση ακολούθησε αμέσως. Μια συσκευή από καθρέφτες χρησιμοποιούταν το 1838 για να δώσει στερεοσκοπικές εικόνες. Το 1844 η στερεοσκοπική θέαση ήταν πολύ δημοφιλής στην Ευρώπη και την Αμερική. Ομοίως το 3D video αναπτύχθηκε αμέσως μετά την εφεύρεση του 2D video, η ιδέα του στερεοσκοπικού σινεμά εμφανίστηκε στις αρχές του 1900 και η στερεοσκοπική τηλεόραση προτάθηκε στα 1920. Από το 1952 ως το 1954 οι τρισδιάστατες ταινίες ήταν πολύ δημοφιλείς. Στις μέρες μας οι κινηματογράφοι με την τεχνολογία IMAX, οι πρώτες πιλοτικές εκπομπές στερεοσκοπικής τηλεόρασης και άλλες παρόμοιες εφαρμογές αποδεικνύουν το συνεχιζόμενο ενδιαφέρον για την 3D όραση.

Η λογική της αναπαράστασης τρισδιάστατων εικόνων βασίζεται σε μία αναπαράσταση του ανθρώπινου οπτικού συστήματος. Στην πραγματικότητα το κάθε μάτι βλέπει μια δισδιάστατη εικόνα διαφορετική από το άλλο οι οποίες συνδυάζονται στον εγκέφαλο παράγοντας την αίσθηση του βάθους. Ανάλογα με το πόσο κοντά ή πόσο μακριά είναι μια εικόνα η δύο προσλαμβάνουσες εικόνες των δύο ματιών μοιάζουν ή διαφέρουν. Αν είναι κοντά οι εικόνες είναι διαφορετικές ενώ αν είναι μακριά τείνουν να μοιάζουν. Ως εκ τούτου δημιουργείται η εντύπωση μικρού ή μεγάλου βάθους. Όσο πιο κοντά μας βρίσκεται ένα αντικείμενο, τόσο περισσότερο μεγαλώνει η διαφορά στην οπτική γωνία παρατήρησης του από το κάθε μάτι και συνεπώς, τόσο πιο μεγάλες είναι οι διαφορές μεταξύ της εικόνας του αντικειμένου όπως αυτή σχηματίζεται στο δεξί και αριστερό οφθαλμό αντίστοιχα. Αντιθέτως, όταν το αντικείμενο απομακρύνεται από εμάς, οι διαφορές αυτές γίνονται ολοένα και πιο μικρές.

Αυτήν ακριβώς τη λειτουργία προσπαθεί να μιμηθεί ένα σύστημα στερεοσκοπικής όρασης με την προβολή διαφορετικών εικόνων για κάθε μάτι που προσομοιώνουν τη θέση των ματιών και κοιτούν τη σκηνή με διαφορετική γωνία.

## 2.2 ΕΙΔΗ ΓΥΑΛΙΩΝ

Για την παραγωγή τρισδιάστατης εικόνας χρησιμοποιούνται ειδικά γυαλιά. Τα είδη γυαλιών είναι τα παρακάτω:

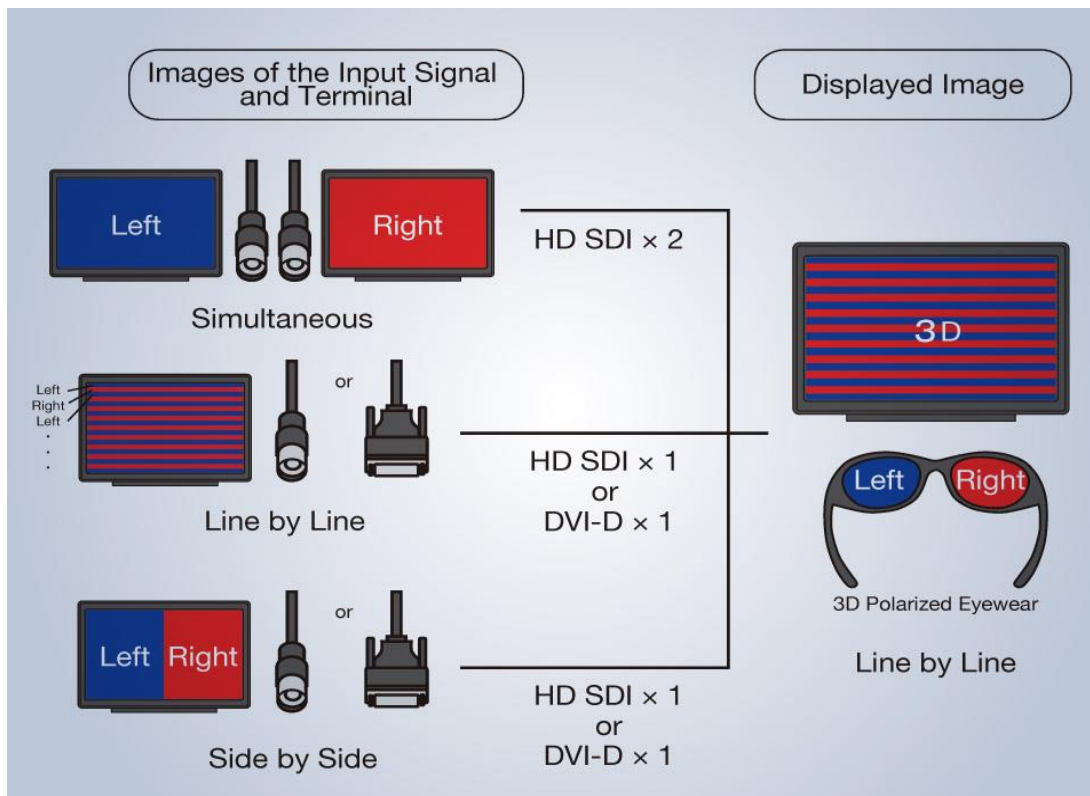
- Γυαλιά μπλε-κόκκινων φακών ή γυαλιά πράσινων κόκκινων φακών: Τα συγκεκριμένα γυαλιά έχουν διαφορετικά χρώματα στον κάθε φακό. Στην οθόνη προβάλλεται η εικόνα και με τα δύο χρώματα με αποτέλεσμα το κάθε μάτι να βλέπει το αντίθετο χρώμα από αυτό που προβάλλεται και έτσι δημιουργείται η αίσθηση ανάγλυφου. Είναι η παλαιότερη τεχνολογία στον κινηματογράφο για την παραγωγή τρισδιάστατων εικόνων.

- Γυαλιά με αντίθετα πολωμένους φακούς: Το φως που εκπέμπεται από μια πηγή φωτός, όπως τον ήλιο ή ένα λαμπτήρα, ταλαντεύεται προς όλες τις κάθετες προς τη διάδοσή του διευθύνσεις. Όταν το φως περάσει από ένα πολωμένο φακό, η ταλάντωσή του αποκτά διεύθυνση παράλληλη προς τον προσανατολισμό της πόλωσης του φακού και έτσι λέμε το φως αυτό πολωμένο. Όταν το πολωμένο φως συναντήσει ένα πολωμένο φακό, του οποίου η πόλωση είναι κάθετα προσανατολισμένη αντίθετα σε σχέση με αυτή του πολωμένου φωτός, τότε το φως δε μπορεί να διέλθει μέσα από τον φακό αυτό. Βάση αυτής της ιδιότητας του φωτός, όταν πολωθεί το φως που εκπέμπεται από δυο συσκευές προβολής, οριζόντια και κάθετα αντίστοιχα και στη συνέχεια προβληθεί στο ίδιο σημείο, τότε φορώντας ένα ζευγάρι γυαλιών με φακούς οριζόντιας και κάθετης πόλωσης, θα είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε από το κάθε μάτι την εικόνα με την αντίστοιχη πόλωση. Συνεπώς, προβάλλοντας τις κατάλληλες εικόνες, είναι εφικτό να αποδοθεί η επιθυμητή τρίτη διάσταση τουλάχιστον 50 φορές το δευτερόλεπτο οι εικόνες που αναλογούν στο δεξί και αριστερό μάτι αντίστοιχα, τότε είναι εφικτό να επιτευχθεί έγχρωμη στερεοσκοπική απεικόνιση σε μια δισδιάστατη προβολή
- Γυαλιά ηλεκτρονικού διαφράγματος υγρών κρυστάλλων (LCD shutter glasses): Είναι ειδικά γυαλιά τα οποία χρησιμοποιούν για φακούς ένα ζεύγος ηλεκτρονικά ελεγχόμενων διαφραγμάτων φωτός τύπου LCD. Τα διαφράγματα αυτά είναι μεταξύ τους συγχρονισμένα ώστε όταν το ένα είναι ανοιχτό και επιτρέπει τη διέλευση του φωτός, το άλλο να είναι κλειστό και να την εμποδίζει. Όταν αυτά τα γυαλιά λειτουργούν σε συγχρονισμό με μια οθόνη, στην οποία απεικονίζονται εναλλάξ και με ρυθμό τουλάχιστον 50 φορές το δευτερόλεπτο οι εικόνες που αναλογούν στο δεξί και αριστερό μάτι αντίστοιχα, τότε είναι εφικτό να επιτευχθεί έγχρωμη στερεοσκοπική απεικόνιση.

### 2.2.1 Προσαρτημένες επί της κεφαλής οθόνες

- (HMD – Head Mounted Display): Είναι συσκευές που φοριούνται στο κεφάλι, όπως διόπτρες και κράνη, οι οποίες φέρουν μια μικρή οθόνη για κάθε μάτι. Η κάθε μια από τις οθόνες αυτές είναι εφικτό να τροφοδοτηθεί με ανεξάρτητη εικόνα και έτσι να επέλθει το απαιτούμενο αίσθημα του βάθους. Αν και η τεχνολογία της στερεοσκοπίας είναι αρκετά απλή, η ανάγκη να φοράς ειδικά γυαλιά για να δεις το στερεοσκοπικό σήμα είναι ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα στην επικράτηση της 3DTV. Και αυτό γιατί σε πολλές περιπτώσεις, ακόμη και λίγα λεπτά τεχνητής στερεοσκοπικής όρασης κουράζουν το μάτι και δημιουργούν ένα πολύ ενοχλητικό αίσθημα ζαλάδας που οφείλεται στην προσπάθεια του εγκεφάλου να αναλύσει τις διαφορετικές εικόνες που τεχνητά λαμβάνει στο κάθε μάτι.





## 2.2 Σχηματικά ο τρόπος λειτουργίας των γυαλιών πολωμένου φωτός

Τα τελευταία χρόνια όμως γίνεται προσπάθεια με ανάπτυξη νέων τεχνολογιών να εξαλειφτούν οι ανεπιθύμητες παρενέργειες και να αντικατασταθούν με πιο βολικά εξαρτήματα τα παλιά και δύσχρηστα γυαλιά.

Στην πραγματικότητα όμως η στερεοσκοπία απλά δημιουργεί την ψευδαίσθηση του βάθους και δεν παρέχει αληθινή τρισδιάστατη εμπειρία. Το πραγματικό 3D είναι τα ολογράμματα. Προβολές στον χώρο που ο θεατής μπορεί να δει από όλες τις οπτικές γωνίες ακριβώς όπως στον πραγματικό κόσμο. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία της οπτικής και της διάθλασης του φωτός από τα 1600, οι αρχές της ολογραφίας ανακαλύφθηκαν από τον Ουγγρικής καταγωγής Dennis Gabor το 1948 που τιμήθηκε για την ανακάλυψη αυτή με βραβείο Nobel. Λόγω έλλειψης όμως της κατάλληλης πηγής μονοχρωματικού φωτός η ανακάλυψη αυτή δεν είχε την αντίστοιχη εξέλιξη. Το 1962, μετά την ανακάλυψη των laser, προτάθηκε μια παραλλαγή της μεθόδου του Gabor και με τη χρήση laser έγινε εφικτή η δημιουργία τρισδιάστατων ειδώλων πολύπλοκων αντικειμένων. Μετά την ανακάλυψη της ψηφιακής κάμερας ακολούθησαν και τα αντίστοιχα ολογράμματα. Το 1989 για πρώτη φορά παρουσιάστηκαν πειραματικές εκπομπές ολογραφικής τηλεόρασης. Οι τελευταίες εξελίξεις σε αυτό το χώρο οδηγούν σε αποτελεσματικά ολογραφικά συστήματα 3DTV τηλεόρασης.

Κατά την ολογραφία ένα αντικείμενο παράγει φωτεινά κύματα. Όταν τα κύματα αυτά φωτιστούν και προβληθούν κατάλληλα αναπαράγεται τρισδιάστατο αντικείμενο σχεδόν όμοιο του αυθεντικού. Ο θεατής ενός ολογράμματος, έχοντας τη δυνατότητα παρατήρησης του ολογραφικού ειδώλου από διαφορετικές οπτικές γωνίες, δύσκολα διακρίνει το ολόγραμμα από το πραγματικό αντικείμενο. Προφανώς όσο πιο αναλυτικά προβάλλεται ένα ολόγραμμα τόσο καλύτερα και πειστικότερα αναπαρίσταται η επιφάνεια του που δίνει την εντύπωση αληθινού. Με τις κατάλληλες

φωτοσκιάσεις μπορεί να αναπαρασταθούν πλέον εκπληκτικές λεπτομέρειες κάνοντας το είδωλο όμοιο του αυθεντικού.

Η Τρίτη κατά σειρά τεχνολογία παραγωγής τρισδιάστατων προβολών είναι η ενσωματωμένη όραση (integral imaging) η οποία ανακαλύφθηκε το 1908. Έχει εντελώς διαφορετική λογική από τη στερεοσκοπία αλλά σαν λογική μοιάζει με την παραγωγή ολογραμμάτων. Στην πραγματικότητα εδώ έχουμε μόνο μια μικρή προβολή βάθους. Κατά την ενσωματωμένη όραση πολλές δισδιάστατες εικόνες προβάλλονται σε διαφορετικά επίπεδα με τον κατάλληλο φωτισμό και ενσωματωμένους φακούς στην οθόνη. Η τεχνολογία της ενσωματωμένης όρασης είναι παρόμοια με αυτή της ολογραφίας, αφού και αυτή στοχεύει στη σύλληψη και αναπαραγωγή της κατανομής του φωτός.

Η ενσωματωμένη όραση και η ολογραφία λειτουργούν επομένως εντελώς διαφορετικά από την στερεοσκοπία. Η στερεοσκοπία απαιτεί την ύπαρξη του αντικειμένου ενώ η ολογραφία και η ενσωματωμένη όραση λειτουργούν με προβαλλόμενα είδωλα. Επίσης στην στερεοσκοπία στην πραγματικότητα κοροϊδεύεις την ανθρώπινη όραση ενώ στις άλλες δύο τεχνικές λειτουργείς με προβολές του φωτός σε διαφορετικά οπτικά επίπεδα.

Τα τελευταία χρόνια οι επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο της αποθήκευσης και αναπαραγωγής της κατανομής του φωτός είναι σημαντικές και βελτιώνουν συνεχώς την ποιότητας της 3D απεικόνισης. Το πρόβλημα της χρήσης γυαλιών λύνεται με την αυτοστερεοσκοπία μια νέα μέθοδο που εφαρμόζεται σε ειδικές οθόνες.

Όπως βλέπουμε η τρισδιάστατη και η δισδιάστατη τεχνολογία αναπτύχθηκαν σχεδόν παράλληλα σε όλους τους τομείς, αλλά τα οπτικά αποτελέσματα της δισδιάστατης τεχνολογίας είναι προς το παρόν πολύ καλύτερα των τρισδιάστατων. Οι λόγοι για αυτή την αποτυχία (μέχρι στιγμής τουλάχιστον) της 3D τεχνολογίας πρέπει να αναζητηθούν στη συμπεριφορά των καταναλωτών και στην ωρίμανση της 3D τεχνολογίας που είναι πολύ πιο απαιτητική και δύσκολη από την 2D τεχνολογία όρασης.

Θα έπρεπε λοιπόν σε αυτό το σημείο να αναζητηθούν οι λόγοι για τους οποίους η 3D τεχνολογία δεν είχε την αναμενόμενη εξέλιξη και γιατί οι καταναλωτές δεν ανταποκρίνονται όσο θα αναμενόταν σε αυτή την νέα εμπειρία. Γίνονται συνέδρια και συνεχείς έρευνες για την βελτίωση των όρων θέασης τρισδιάστατων προβολών.

Σύμφωνα με έρευνες λοιπόν οι κυριότεροι λόγοι εμπορικής αποτυχίας, και ως εκ τούτου επιβράδυνσης την τεχνολογικής εξέλιξης της τρισδιάστατης τηλεόρασης, είναι η ποιότητα της εικόνας, η υψηλή τιμή και το μέγεθος των προβαλλόμενων εικόνων. Μια άλλη χρήσιμη διαπίστωση είναι ότι στην πραγματικότητα ο κόσμος δεν γνωρίζει τι είναι πραγματικά μια τρισδιάστατη τηλεόραση. Οι περισσότεροι άνθρωποι φαντάζονται μία παραδοσιακή τηλεόραση με ικανότητα αναπαραγωγής 3D ταινιών και προγραμμάτων. Μικρότερα ποσοστά θεωρούν ότι έχει συστήματα στερεοσκοπικής απεικόνισης χρησιμοποιώντας ειδικά γυαλιά ή με ολογραφικά συστήματα απεικόνισης. Αυτές οι απαντήσεις ήταν αναμενόμενες, από τη στιγμή που δεν υπάρχει μια ξεκάθαρη τεχνολογία για την 3DTV, οπότε και οι απαντήσεις επηρεάζονται από τις υπάρχουσες τεχνολογίες 3D απεικόνισης όπως στον 3D κινηματογράφο. Η τεχνολογία 3D πάντως μπορεί να προσφέρει πολλά σε πολλές επιστημονικές εφαρμογές. Στην αρχιτεκτονική θα μπορούσε να δίνει μια ολοκληρωμένη άποψη του τελικού αποτελέσματος και στην ιατρική τα ολογράμματα

θα μπορούσαν να φανούν πολύ χρήσιμα. Πολλοί σκέφτονται εφαρμογές στην μηχανική ή ακόμα και στη βιομηχανία.

## 2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΤΗΣ 3D ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Πολλοί ίσως πιστεύουν ότι η τεχνολογία τρισδιάστατων ταινιών είναι πρόσφατη με αποκορύφωμα το Avatar του James Cameron. Γνωστή επίσης ήταν και το Jaws του 1983. Και οι δύο σχετικά πρόσφατες ταινίες είχαν τεράστια επιτυχία αλλά η ιστορία του 3D κινηματογράφου είναι πολλές δεκαετίες παλαιότερη. Η πρώτη 3D ταινία ήταν το The Power of Love παραγωγής του 1922, σε σκηνοθεσία Nat G. Deverich και Harry K. Fairall. Η συγκεκριμένη ταινία αποτελούσε ένα τεχνολογικό θαύμα για την τότε εποχή. Για την παρακολούθηση της ταινίας αρκούσε ένα κλασικό ζευγάρι γυαλιά με κόκκινο φακό από τη μία και μπλε φακό από την άλλη. Δυστυχώς όμως, δεν έχουμε άλλες πληροφορίες αφού η αυθεντική κόπια έχει χαθεί.

Πολλές ταινίες στη συνέχεια προσπάθησαν να συνεχίσουν την τεχνολογία 3D αλλά η ποιότητα ήταν εξαιρετικά χαμηλά με αποτέλεσμα οι θεατές να κάνουν παράπονα. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '50 υπήρξε άνθιση στις ΗΠΑ κυρίως αλλά η πραγματική επάνοδος για το ενδιαφέρον ήρθε τη δεκαετία του 1980 με την ανακάλυψη της τεχνολογίας IMAX από την αντίστοιχη канаδική εταιρία όπου έκανε πολύ πιο ευχάριστη τη θέαση.

Το IMAX δεν προκαλούσε στους θεατές πονοκεφάλους ή ζάλη (όπως συχνά παραπονιόντουσαν) και ήταν το πρώτο που εφάρμοσε σε 3D ταινίες τα πολωμένα γυαλιά, τα οποία πλέον έχουν καθιερωθεί. Το IMAX κυριάρχησε στην αγορά τις δεκαετίες του '80 και '90, με αποκορύφωμα τις ταινίες Honey I Shrank the Audience και το Muppet-Vision 3D του Jim Henson.

Αλλά η μεγαλύτερη εμπορική επιτυχία 3D ταινίας ήταν αναμφίβολα το Avatar του James Cameron όπου προσωπικά υποστήριξε την εξέλιξη των τηλεοράσεων σε 3D με FPR που χρησιμοποιούν οικονομικά πολωμένα 3D γυαλιά. Μετά την τεράστια εμπορική επιτυχία της ταινίας (πάνω από 2.8 δις. δολάρια σε εισπράξεις από εισιτήρια και πωλήσεις DVD), ξεκίνησε μία κούρσα για την επόμενη μεγάλη 3D ταινία και άνοιξε ο δρόμος και σε άλλα προϊόντα όπως το 3D gaming και φυσικά τις 3D τηλεοράσεις.

Αλλά το ενδιαφέρον για την τεχνολογία 3D υπήρξε μόνο στις ΗΠΑ. Η LG στην Νότια Κορέα δημιούργησε το πρώτο αποκλειστικό 3D τηλεοπτικό κανάλι σε Full-HD ανάλυση. Εξέλιξη υπήρξε και στις ταινίες στη Νότια Κορέα. Μια νέα 3D ταινία, η Sector 7, παραγωγή του Kim Nam-soo, αποτελεί την πρώτη κορεατική 3D υπερπαραγωγή, αφού πάνω από το 80% της ταινίας είναι γυρισμένο σε 3D. Ο Kim χρησιμοποίησε το 3D Monitor της LG τύπου FPR.

Έκτοτε υπάρχει μία προσπάθεια προσαρμογής της συγκεκριμένης τεχνολογίας και σε gadgets, smartphones ακόμα και σε οικιακές κάμερες. Όμως η ανάπτυξη και η επέκταση της τρισδιάστατης προβολής έκανε τις απαιτήσεις μεγαλύτερες στο θέμα της ποιότητας της εικόνας και των χρωμάτων, πεδίο που δεν έχει τελειοποιηθεί ακόμα.

Πολλά χρόνια και πολλές ταινίες έχουν περάσει από την εποχή του The Power of Love, η 3D βιομηχανία έχει εξελιχθεί ραγδαία και η LG με την FPR τεχνολογία έχει γίνει πρωτοπόρος. Έχει μάλιστα καταργήσει τα βαριά και ακριβά γυαλιά active shutter και υπόσχεται πια ευρεία γωνία θέασης και άνετη προβολή χωρίς ζαλάδα με τις 3D TV και τα 3D Monitors.

### **2.3.1 Ιστορικά σημεία του 3D από το 1894**

- 1894: Ο Γουίλιαμ Φριζ Γκριν καταθέτει την πρώτη 3D πατέντα, με δύο παράλληλες οθόνες που βλέπεις μέσα από ειδικό κράνος.
- 1920: Η χαμένη πια «The Power of Love» του Ρόμπερτ Φ. Ελντερ είναι η πρώτη 3D ταινία που προβάλλεται σε κοινό στο Λ.Α.
- 1922: Με δύο συγχρονισμένους προτζέκτορες οι Λόρενς Χάμοντ και Γουίλιαμ Κάσιντι παρουσιάζουν το «The Man From Mars».
- 1923: Ο Φρέντερικ Γιουτζίν Ιβς πατεντάρει το σύστημα Parallax Sterogram και ο Τζόζεφ Λίβανθαλ παρουσιάζει 3D στερεοσκοπικά φιλμάκια για την Pathe Films.
- 1936: Το σύστημα Audioscopes της MGM βραβεύεται από την Ακαδημία Κινηματογράφου των ΗΠΑ.
- 1952-55: Τα μεγάλα στούντιο παράγουν 3D ταινίες για να ανταγωνιστούν την τηλεόραση, μαζί με τα Technicolor, Vistavision, Cinemascope, Cinerama και Vistavision.
- 1973: Οι Αντι Γουόρχολ και Πολ Μόρισεϊ αναβιώνουν το είδος με το θρίλερ «Flesh for Frankenstein» χώνοντας μια σφαγμένη καρδιά στα μούτρα του κοινού.
- 1979-85: Καθώς οι υπολογιστές βγαίνουν στην παραγωγή το σινεμά ξαναζωντανεύει πεθαμένες ταινίες σε σιλι Παρασκευή και 13σε 3D έκδοση.
- 2003: Στο ντοκιμαντέρ του Ghost of the Abyss ο Τζέιμς Κάμερον περιγράφει την τεχνολογία του Avatar.
- 2004: Γυρίζεται το πρώτο 3D σε high definition και η 3D εκδοχή του Πολικού Εξπρές για IMAX ανοίγει τη σύγχρονη εποχή του 3D.

### **2.3.2 Η τεχνολογία 3D στο σήμερα**

Το Nintendo 3DS είναι μια φορητή συσκευή όπου μπορείς να παίζεις παιχνίδια σε 3D χωρίς γυαλιά. Στην πραγματικότητα υπάρχουν δύο οθόνες και έτσι δημιουργείται η ψευδαίσθηση του βάθους. Επίσης χρησιμοποιεί εναλλάξ κροσσούς φωτεινούς και σκοτεινούς. Δύο εικόνες που αντιπροσωπεύουν τις διαφορετικές οπτικές γωνίες του θεατή περιπλέκονται στην κορυφή της οθόνης. Σε άλλα σημεία μπλοκάρεται το φως ή υπερφωτίζεται ώστε ο θεατής να εστιάζει αλλού «κοροϊδεύοντας» τα μάτια.

Αυτή η τεχνική είναι στην πραγματικότητα περισσότερο από έναν αιώνα παλιά και παράγει μια περίπου στερεοσκοπική εικόνα. Ονομάζεται προοπτική ψευδαίσθηση και είναι γνωστή από τις 3D ταινίες. Η οθόνη εμφανίζει διαφορετικά μοτίβα φωτός και σκοτεινές ζώνες έτσι ώστε ο θεατής να δίνει διαφορετικά προσοχή στα φωτεινότερα μοτίβα. Μία ομάδα Αμερικάνων ερευνητών πρόσφατα εξέλιξε τη συγκεκριμένη τεχνοτροπία με την προσαρμογή των προτύπων που εμφανίζονται στην άνω και κάτω οθόνη μεταξύ τους, που θα μπορούσαν να φιλτράρουν το φως που εκπέμπεται από την οθόνη σε πιο περίπλοκους τρόπους, δημιουργώντας μια εικόνα με διαφορετικές προοπτικές. Σε ένα έργο που ονομάστηκε HR3D, ανέπτυξαν

αλγόριθμους για την παραγωγή των άνω και κάτω μοτίβων, καθώς και μια οθόνη πρωτότυπο, που παρουσιάστηκε σε συνέδριο το 2010.

Το πρόβλημα στην τεχνοτροπία αυτή είναι ότι το κλασικό 3D είχε φυσιολογικό ρυθμό ανανέωσης της οθόνης αφού απαιτούσε μόνο δύο διαφορετικές οπτικές, μία για κάθε μάτι. Αλλά σε μία οθόνη με άπειρους διαφορετικούς φωτισμούς και επίπεδα θα πρέπει να υπάρχει ανανέωση της οθόνης με τουλάχιστον τετραπλάσιο ρυθμό. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί με τις υπάρχουσες συσκευές και προβολείς αλλά θα πρέπει να αναπτυχθούν συσκευές μεγαλύτερων απαιτήσεων.

Η λογική πάντως της αλγοριθμικής εναλλαγής του φωτός εξετάζεται ακόμα και έχει πολύ μέλλον αλλά η συχνότητα μετάδοσης των εικόνων απαιτούν τεχνολογία γεωμετρικά ισχυρότερη με τις απαιτήσεις ανάλυσης και αναπαραγωγής. Για την βελτίωση αυτής της τεχνικής ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραπάνω από μια LCD οθόνες ώστε να μοιραστεί η προβολή των εικόνων και να δημιουργούνται περισσότερα επίπεδα.

## 2.4 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ 3D ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗ

Ένα 3D φιλμ ή μία S3D (στερεοσκοπική 3D) ταινία είναι μια κινηματογραφική ταινία που ενισχύει την ψευδαίσθηση της αντίληψης του βάθους. Προέρχεται από στερεοσκοπική φωτογραφία, ένα κανονικό σύστημα κινηματογραφικής κάμερας που χρησιμοποιείται για την καταγραφή των εικόνων όπως φαίνεται από δύο οπτικές γωνίες, και γυαλιά που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν η ψευδαίσθηση του βάθους κατά την προβολή της ταινίας. Η 3D τεχνολογία δεν περιορίζεται σε μεγάλου μήκους κινηματογραφικές ταινίες. Τηλεοπτικές εκπομπές και direct-to -video ταινίες έχουν επίσης ενσωματωθεί παρόμοιες μέθοδοι, ιδίως μετά την έλευση της 3D τηλεόρασης και Bluray 3D. Οι 3D ταινίες έχουν υπάρξει σε κάποια μορφή από το 1915, αλλά είχε σε μεγάλο βαθμό υποβαθμιστεί σε μια θέση στο χώρο της κινηματογραφικής βιομηχανίας λόγω των δαπανηρών υλικών και των διαδικασιών που απαιτούνται για την παραγωγή και την εμφάνιση μιας 3D ταινίας. Παρ'όλα αυτά, οι 3D ταινίες γνώρισαν άνθιση κυρίως στη δεκαετία του 1950 στον αμερικανικό κινηματογράφο, και αργότερα γνώρισε μια αναβίωση σε όλο τον κόσμο στη δεκαετία του 1980 και του 1990. Οι 3D ταινίες γίνονταν όλο και πιο επιτυχημένες σε όλη τη δεκαετία του 2000, με αποκορύφωμα την πρωτοφανή επιτυχία της 3D εκδοχής του Avatar τον Δεκέμβριο του 2009 και τον Ιανουάριο του 2010. (3D Movies decline at Box Office. Studio Briefing. Retrieved August 28, 2012.)

### 2.4.1 Οι πρώτες προσπάθειες για τρισδιάστατη απεικόνιση

Η στερεοσκοπική εποχή των κινηματογραφικών ταινιών ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1890, όταν ο Βρετανός πρωτοπόρος William Friese Green κατέθεσε αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας για τη διαδικασία παραγωγής μιας 3D ταινίας. Στο



δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του παρουσίασε δύο ταινίες που προβαλλόντουσαν πλάι-πλάι στην οθόνη. Ο θεατής κοίταζε μέσα από στερεοσκόπιο για τη σύγκλιση των δύο εικόνων, υπήρχαν όμως μεγάλα πρακτικά προβλήματα και μηχανήματα που ενοχλούσαν τον θεατή. Αργότερα το 1900 ο Frederic Eugene Ives κατοχύρωσε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την πρώτη στερεοσκοπική κάμερα. Η κάμερα είχε δύο φακούς συνδέονται μεταξύ τους και είχαν απόσταση 4,45 εκατοστά.

Στις 10 Ιουνίου του 1915, οι Edwin S. Porter και William E. Waddell παρουσίασαν δοκιμές σε ένα ακροατήριο στο θέατρο Astor στη Νέα Υόρκη. Σε αντίθεση κόκκινο-πράσινο να δημιουργούν ανάγλυφο, το κοινό υποβλήθηκε τρεις δοκιμές, η οποία περιελάμβανε αγροτικές σκηνές, πλάνα του Νιαγάρα και άλλες σκηνές, ωστόσο σύμφωνα με πολλούς τίποτα το σημαντικό δεν παρήχθη από αυτές τις δοκιμές.

#### **2.4.2 Τα πρώιμα χρόνια της 3D κινηματογράφησης (πριν το 1952)**

Η πρώτη 3D ταινία που παρουσιάστηκε σε κοινό ήταν το Power of Love, η οποία έκανε πρεμιέρα στο Ambassador Hotel Theater στο Λος Άντζελες στις 27 Σεπτεμβρίου του 1922. Παραγωγός της ταινίας ήταν ο Harry K. Fairall. Η ταινία προβλήθηκε σε κόκκινο πράσινο δημιουργώντας την εντύπωση ανάγλυφου. Επίσης οι θεατές έπρεπε να φορούν τα αντίστοιχα γυαλιά, καθιστώντας την έτσι την πρώτη ταινία που συμβαίνει κάτι αντίστοιχο. Η συγκεκριμένη ταινία πάντως δεν είχε την αναμενόμενη επιτυχία, δεν έμεινε πολύ στη δημοσιότητα και πλέον θεωρείται χαμένη.

Νωρίς το Δεκέμβριο του 1922, ο William Van Doren Kelley, εφευρέτης του συστήματος χρωμάτων Prizma, ανταποκρίθηκε στο αυξανόμενο ενδιαφέρον για 3D ταινίες που ξεκίνησε ο Fairall και γύρισε βίντεο με ένα σύστημα κάμερας του δικού του σχεδίου. Ο Kelley στη συνέχεια κατάφερε μια συμφωνία με τον Samuel "Roxy" Rothafel να κάνει πρεμιέρα το Movies of the future στο θέατρο Rivoli στη Νέα Υόρκη.

Επίσης, τον Δεκέμβριο του 1922, ο Laurens Hammond (μετέπειτα εφευρέτης του οργάνου Hammond), έκανε πρεμιέρα το σύστημα TELEVIEW, το οποίο είχε παρουσιαστεί λίγο νωρίτερα το TELEVIEW ήταν το πρώτο 3D σύστημα εναλλασσόμενου πλαισίων που είχε δει το κοινό. Χρησιμοποιούσε έναν σύστημα που προβολείς έδιναν εναλλάξ εικόνες για τον δεξί και το αριστερό μάτι και συσκευές που συνδέονταν με τα μπράτσα των καθισμάτων του θεάτρου με περιστροφικά παραθυρόφυλλα που λειτουργούσαν συγχρονισμένα με τους προβολείς με αποτέλεσμα να παράγεται ένα καθαρό και σαφές στερεοσκοπικό αποτέλεσμα. Το μόνο θέατρο που είναι γνωστό ότι έχουν εγκατασταθεί TELEVIEW ήταν το θέατρο Selwyn στη Νέα Υόρκη, και μόνο ένα show παρουσιάστηκε ποτέ με αυτό: μια ομάδα ταινιών μικρού μήκους και η ταινία MARS. Η επίδειξη υπήρξε για αρκετές εβδομάδες, το MARS πήρε κακές κριτικές αλλά το όλο εγχείρημα είχε αρκετά μεγάλη εμπορική επιτυχία. Έκτοτε το σύστημα TELEVIEW δεν χρησιμοποιήθηκε ξανά.

Το 1922, ο Frederic Eugene Ives και Jacob Leventhal άρχισαν την παραγωγή μιας σειράς ταινιών μικρού μήκους σε μπλε και κόκκινο ανάγλυφο που είχαν την τύχη να προβληθούν σε ολόκληρη την Αμερική, δηλαδή πρώτη φορά σε κρατικό επίπεδο. Οι Ives και Leventhal στη συνέχεια παρήγαγαν τις ταινίες μικρού μήκους με όνομα "Stereoscopic Series". Το 1925: Zowie (10 Απριλίου), το Luna-cy (18 Μαΐου), The Run Away – taxi (17 Δεκεμβρίου) και Ouch (17 Δεκεμβρίου).

Τη δεκαετία του 1920 έως τις αρχές του 1930 αναβίωσε το ενδιαφέρον για στερεοσκοπικές ταινίες. Στο Παρίσι, ο Louis Lumiere γύρισε ένα βίντεο με τη στερεοσκοπική κάμερα του το Σεπτέμβριο του 1933. Το ακόλουθο Μάρτιο παρουσίασε μια νέα έκδοση της μικρού μήκους ταινίας L' Arrivée du Train του 1895,

αυτή τη φορά με 3D ανάγλυφα, σε μια συνεδρίαση της Γαλλικής Ακαδημίας Επιστημών.

Το 1936, οι Leventhal και John Norling προσλήφθηκαν με βάση την προηγούμενη εργασία τους για την κινηματογραφική σειρά της MGM Audioscopes. Η εκτύπωση του φιλμ έγινε σε μορφή κόκκινο και πράσινο ανάγλυφο. Η πρώτη ταινία, Audioscopes, έκανε πρεμιέρα στις 11 Ιανουαρίου του 1936 και η επόμενη The New Audioscopes πρεμιέρα στις 15 Γενάρη του 1938. Η ταινία Audioscopes ήταν υποψήφια για το Όσκαρ στην κατηγορία καλύτερη ταινία μικρού μήκους το 1936. Ακολούθησε άλλη μία ταινία μικρού μήκους με όνομα Third Dimensional Murder (1941) αλλά με παλαιότερη τεχνολογία.

Ενώ πολλές από αυτές τις ταινίες τυπώθηκαν από συστήματα χρώματος, καμία από αυτές δεν ήταν στην πραγματικότητα έγχρωμη, και η χρήση της έγχρωμης εκτύπωσης ήταν μόνο για να επιτευχθεί ένα ανάγλυφο αποτέλεσμα.

### **2.4.3 Εισαγωγή της Polaroid**

Ενώ ήταν στο Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ ο Edwin H. Land συνέλαβε την ιδέα της χρήσης του πολωμένου φωτός. Πήρε μια άδεια απουσίας από το Χάρβαρντ για να στήσει ένα εργαστήριο και από το 1929 είχε εφεύρει και κατοχυρώσει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ένα πολωτικό φύλλο. Το 1932, εισήγαγε το Polaroid J Sheet ως εμπορικό προϊόν. Ενώ η αρχική πρόθεσή του ήταν να δημιουργήσει ένα φίλτρο για τη μείωση της αντανάκλασης από τους προβολείς του αυτοκινήτου, ο Land είδε τη χρήση των Polaroid σε στερεοσκοπικές παρουσιάσεις.

Τον Ιανουάριο του 1936, ο Land έδωσε την πρώτη επίδειξη των φίλτρων Polaroid, σε συνδυασμό με 3D φωτογραφία στο Waldorf - Astoria Hotel. Η αντίδραση ήταν ενθουσιώδης, και ακολούθησε μια προβολή στο Μουσείο Επιστημών της Νέας Υόρκης. Είναι άγνωστο ποια είναι η ταινία που είχε προβάλλει για το κοινό σε αυτή την έκθεση.

Η χρήση των φίλτρων Polaroid σήμαινε μια εντελώς νέα μορφή προβολής. Με δύο εκτυπώσεις, η καθεμία να μεταφέρει είτε προς τα δεξιά ή αριστερά το μάτι, έπρεπε να συγχρονιστούν στην προβολή χρησιμοποιώντας έναν εξωτερικό κινητήρα. Επιπλέον το πολωμένο φως θα γινόταν αποπολωμένο σε μεγάλο βαθμό από μια λευκή οθόνη ματ, και μόνο μια ασημένια οθόνη ή οθόνη από άλλο ανακλαστικό υλικό θα αντανάκλασε σωστά τις ξεχωριστές εικόνες.

Αργότερα εκείνο το έτος, υπήρξαν εξελίξεις στην Ιταλία και τη Γερμανία. Γυρίστηκαν ταινίες 3D με χρήση φίλτρων Polaroid και γυρίστηκαν με κάμερα Zeiss η οποία ομώνυμη εταιρία έβγαζε και τα αντίστοιχα γυαλιά. Συνολικά γυρίστηκαν τρεις ταινίες, μία στην Ιταλία και δύο στη Γερμανία. Οι δύο γερμανικές παραγωγές γυρίστηκαν με την κάμερα Zeiss και το σύστημα λήψης Vierling.

Το 1939, ο John Norling γύρισε το πρώτο διαφημιστικό σε 3D χρησιμοποιώντας Polaroid στις ΗΠΑ. Έκανε πρεμιέρα στο 1939 Έκθεση της Νέας Υόρκης και δημιουργήθηκε ειδικά για την Chrysler Motors Pavilion. Αρχικά ήταν σε μαύρο και άσπρο, αλλά η ταινία ήταν τόσο δημοφιλής που ξαναγυρίστηκε με χρώμα για το επόμενο έτος, υπό τον τίτλο Νέες Διαστάσεις. Το 1953, επανεκδόθηκε από την εταιρία RKO ως Motor Rhythm.

Μια άλλη πρόωρη μικρού μήκους που χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία Polaroid 3D ήταν το 1940 η ταινία Magic Movies: Thrills For You που γυρίστηκε από την Pennsylvania Railroad Co. Η παραγωγή της ταινίας έγινε από τον John Norling, γυρίστηκε όμως από τον Jacob Leventhal χρησιμοποιώντας τη δική του τεχνολογία.

#### 2.4.5 Η «χρυσή εποχή» (1952-1954)

Πολλοί θεωρούν ότι η χρυσή εποχή του 3D ξεκίνησε στα τέλη του 1952 με την κυκλοφορία της πρώτης στερεοσκοπικής ταινίας με χρώμα, με όνομα *Bwana Devil*, που παράγεται σε σενάριο και σκηνοθεσία από τον Arch Oboler. Η ταινία γυρίστηκε υπό την επίβλεψη του ML Gunzberg ο οποίος είχε φτιάξει με τον αδερφό του μια άλλη τεχνοτροπία λήψης. Την τεχνοτροπία αυτή την είχε χρησιμοποιήσει και νωρίτερα παράγοντας την ταινία *The lions of gulu*. Στην ταινία έπαιξαν οι Robert Stack, Barbara Britton και Nigel Bruce.

Όπως και με σχεδόν όλα τα εγχειρήματα που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της άνθησης, η ταινία *Bwana Devil* πραγματοποιήθηκε με διπλό φιλμ, με φίλτρα Polaroid. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, τα γνωστά γυαλιά μιας χρήσης από χαρτόνι χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τα κόμικς, δύο μικρού μήκους ταινίες από τον ειδικό Dan Sonney, και τρεις ταινίες μικρού μήκους από την Lippert Productions.

Επειδή στη συγκεκριμένη λειτουργία χρησιμοποιούνται δύο προβολείς, υπάρχει ένα όριο χωρητικότητας της ταινίας που μπορεί να φορτωθεί σε κάθε προβολέα (περίπου 1.800 μ. ή σε χρόνο μία ώρα ταινίας), εννοείται ότι ένα διάλειμμα ήταν απαραίτητο για κάθε ταινία μεγάλου μήκους. Αρκετά συχνά, τα σημεία του διαλείμματος ήταν γραμμένα πάνω στο σενάριο για συγχρονισμό των προβολέων.

Κατά τη διάρκεια των Χριστουγέννων του 1952, ο παραγωγός Sol Lesser έκανε παρουσίαση με διπλό φιλμ την επίδειξη *Stereo Techniques*. Μετά από λίγο του δόθηκε η ευκαιρία να παράγει άλλες πέντε ταινίες διπλής προβολής. Δύο από αυτές με σκηνοθέτη τον Norman McLaren το 1951 ήταν υποψήφιος στο National Film Board of Canada. Οι άλλες τρεις ταινίες που παρήχθησαν στη Βρετανία ήταν για το φεστιβάλ της Βρετανίας το 1951 από τον Raymond Spottiswoode. Αυτές ήταν οι *Solid Explanation*, *Royal River*, και *The Black Swan*.

Ο James Mage ήταν επίσης ένας πρώιμος πρωτοπόρος στην τρέλα του 3D. Χρησιμοποιώντας σύστημα 3D Bolex 16 χιλιοστών, συμμετείχε στην πρεμιέρα του προγράμματος του Triorama στις 10 Φεβρουαρίου 1953 με τέσσερις μικρού μήκους του : *Sunday In Stereo*, *Indian Summer*, *American Life*, and *This is Bolex Stereo*. Αυτές οι ταινίες θεωρούνται χαμένες.

Μια άλλη πρόωρη 3D ταινία κατά τη διάρκεια της άνθησης ήταν από την Lippert Productions με αφηγητή τον Joe Besser. Σε αντίθεση με όλα τα άλλα μικρά φιλμ της Lippert αυτό που ήταν διαθέσιμα σε διπλής προβολής και ανάγλυφο, η παραγωγή αυτή κυκλοφόρησε μόνο σε ανάγλυφο.

Ο Απρίλιος του 1953 είδε δύο πρωτοποριακές ταινίες σε 3D : *To Man in the Dark* της Columbia και το *House of Wax* της Warner Bros, η πρώτη μεγάλου μήκους ταινία 3D με στερεοφωνικό ήχο. Το *House of Wax* ήταν η πρώτη φορά που το κοινό άκουσε ηχογραφημένο στερεοφωνικό ήχο.

Η Walt Disney Studios μπήκε και αυτή στην τρέλα της 3D τεχνολογίας με δύο ταινίες, το *Melody* το 1953 και το *Working for Peanuts*. Η Universal κυκλοφόρησε το πρώτο 3D στις 27 Μάη του 1953 με όνομα *It Came from Outer Space*, με στερεοφωνικό ήχο. Μετά από αυτό ακολούθησε και η Paramount με την ταινία *Sungaree*.

Η Columbia κυκλοφόρησε αρκετά 3D γουέστερν με παραγωγή από τον Sam Katzman και σκηνοθεσία του William Castle. Ο Castle θα βελτιώσει στη συνέχεια



διάφορες τεχνικές για τις ταινίες που εφαρμόστηκαν στις ταινίες 13 Ghosts, House on Haunted Hill, και Tingle. Τέλος μεγάλη είσοδο στον χώρο της 3D προβολής έκανε και η Dimencional Pictures με την ταινία Robot Monster. Έκτοτε ακολούθησαν και άλλες παραγωγές από μεγάλες εταιρίες της εποχής αλλά με την είσοδο της τεχνικής cinemascope άρχισε και η πτώση ενδιαφέροντος για τις στερεοσκοπικές ταινίες. Η πρώτη πτώση ξεκίνησε τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1953. Οι κύριοι λόγοι ήταν ότι δύο προβολές έπρεπε να γίνονται ταυτόχρονα και μετά την προβολή τα φιλμ έπρεπε να είναι σε τέλεια κατάσταση αλλιώς ο συγχρονισμός χανόταν.

Απαιτούσε μερικές φορές δύο ανθρώπους για προβολή ώστε να λειτουργεί σωστά. Όταν τα φιλμ ήταν εκτός συγχρονισμού, ακόμη και για ένα frame, η εικόνα ήταν ανυπόφορη και προκαλούσε πονοκεφάλους και κούραση των ματιών.

Η αναγκαία οθόνη από ασήμι ήταν δύσχρηστη και έκανε μόνο για προβολές 3D και όχι για συμβατικές ταινίες λόγω του σκούρου σχετικά χρώματος. Τα λίγα κινούμενα σχέδια που γίνονταν σε 3D είχαν σπές από χαρτόνι, όπου επίπεδα αντικείμενα εμφανίζονται σε διαφορετικά επίπεδα. Ένα υποχρεωτικό διάλειμμα ήταν απαραίτητο για να προετοιμαστούν κατάλληλα οι προβολείς του θεάτρου για την προβολή του δεύτερου μισού της ταινίας.

Η επόμενη μεγάλη άνθιση του 3D ήρθε στη δεκαετία του 1980. Μεταξύ του 1981 και του 1983 ξεκίνησε μια νέα τρέλα για την τρισδιάστατη προβολή με την αρχή να κάνει το γουέστερν *Comin to ya*. Η ταινία *Parasite* ήταν η πρώτη ταινία τρόμου σε 3D μετά από πάνω από 20 χρόνια. Ξαναβγήκαν ταινίες τρόμου και επανεκδόσεις κλασικών ταινιών του 1950 σε 3D όπως το *M* και ταινίες του Χίτσκοκ και είχαν αρκετή εμπορική επιτυχία. Θρίλερ όπως η δεύτερη συνέχεια του *Παρασκευή και 13*, την *Παρασκευή και 13 Μέρος III*, κυκλοφόρησαν με μεγάλη επιτυχία. Ακόμα όμως οι θεατές έκαναν παράπονα για την ποιότητα της εικόνας και για πονοκεφάλους.

Η επιστημονικής φαντασίας ταινία *Spacehunter - Περιπέτειες στην Απαγορευμένη Ζώνη* -ήταν η πιο ακριβή ταινία 3D που είχε βγει μέχρι εκείνο το σημείο με κόστος παραγωγής ίσο με το *Star Wars*, αλλά όχι σχεδόν την ίδια επιτυχία στο box office. Άλλες επιστημονικής φαντασίας ταινίες κυκλοφόρησαν όπως το *Metalstorm*, το *Disaster of Jared - Syn* και το *Treasure of Four Crowns*, η οποία επικρίθηκε ευρέως για την κακή επεξεργασία και εικόνα, και μέχρι αυτό το σημείο δεν υπήρξε κάποια τεράστια επιτυχία σε 3D.

#### **2.4.4 Η Αναγέννηση του 3D (1985 - 2003)**

Στα μέσα της δεκαετίας του 1980, η IMAX άρχισε την παραγωγή ταινιών νοτοκιμαντέρ προάγγελων για τις επερχόμενες 3D δραστηριότητές της, ξεκινώντας με το *We Are Born of Stars (Roman Kroitor, 1985)*. Ένα βασικό σημείο ήταν ότι αυτή η παραγωγή, όπως και με όλες τις επόμενες παραγωγές της IMAX, είχε αισθητά βελτιωμένη εικόνα και τεχνολογικά άρτια τρισδιάστατη προβολή χωρίς να υπάρξει κανένα παράπονο για την ποιότητα. Επιπλέον, και σε αντίθεση με τα προηγούμενα φιλμ 35 χιλιοστών που είχαν οι 3D παρουσιάσεις, υπήρχε πολύ μεγαλύτερο οπτικό πεδίο και η οθόνη ήταν όσο μεγάλη όσο και ενός σύγχρονου κινηματογράφου. Το 1986 άρχισε να ενδιαφέρεται και η Disney για την τεχνολογία του 3D με τον Φράνσις Φόρντ Κόπολα να κάνει ένα μάλλον αποτυχημένο φιλμ με πρωταγωνιστή τον Michael Jackson. Σε εκείνο το σημείο έγινε και η επανεμφάνιση των δίχρωμων

γυαλιών μιας και εισήχθη η οθόνη θόλος όπου δεν μπορούσε να λειτουργήσει με γυαλιά πολωμένου φωτός.

Από το 1990 και μετά, πολλές ταινίες παρήχθησαν σε 3D για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των φίλων των ταινιών επιστημονικής φαντασίας κυρίως. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν πολλοί κινηματογράφοι με το σύστημα IMAX . Ταινίες που κυκλοφόρησαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ήταν το εξαιρετικά επιτυχημένο Into the Deep (Graeme Ferguson, 1995) και την ταινία μυθοπλασίας Courage (1996), από τον σκηνοθέτη Jean - Jacques Annaud.

Άλλες ταινίες 3D που παράγονται σε αυτήν την περίοδο:

- TheLastBuffalo (StephenLow, 1990)
- Jim Henson's Muppet\*Vision 3D (Jim Henson, 1991)
- Imagine (John Weiley, 1993)
- Honey, I Shrank the Audience (Daniel Rustuccio, 1994)
- Into the Deep (Graeme Ferguson, 1995)
- Across the Sea of Time (Stephen Low, 1995)
- Wings of Courage (Jean-Jacques Annaud, 1996)
- L5, First City in Space (Graeme Ferguson, 1996)
- T2 3-D: Battle Across Time (James Cameron, 1996)
- Paint Misbehavin (Roman Kroitor and Peter Stephenson, 1997)
- IMAX Nutcracker (1997)
- The Hidden Dimension (1997)
- T-Rex: Back to the Cretaceous (Brett Leonard, 1998)
- Mark Twain's America (Stephen Low, 1998)
- Siegfried & Roy: The Magic Box (Brett Leonard, 1999)
- Galapagos (Al Giddings and David Clark, 1999)
- Encounter in the Third Dimension (Ben Stassen, 1999)
- Alien Adventure (Ben Stassen, 1999)
- Ultimate G's (2000)
- Cyberworld (Hugh Murray, 2000)
- Cirque du Soleil: Journey of Man (Keith Melton, 2000)
- Haunted Castle (Ben Stassen, 2001)
- Space Station 3D (Toni Myers, 2002)
- SOS Planet (Ben Stassen, 2002)
- Ocean Wonderland (2003)
- Falling in Love Again (Munro Ferguson, 2003)
- Misadventures in 3D (Ben Stassen, 2003)  
(World Premiere of IMAX® 3D Film Hidden Universe.  
ESOPressRelease,2013.)

Λίγο αργότερα, η υψηλότερη ποιότητα animation, ο ανταγωνισμός από τα DVD η βελτίωση της ψηφιακής προβολής, η ψηφιακή καταγραφή βίντεο, καθώς και η χρήση των εξελιγμένων προβολέων ταινιών IMAX 70 χιλιοστών, δημιούργησε μια ευκαιρία για νέο ενδιαφέρον για 3D ταινίες.



2.3 Μία από τις πρώτες ταινίες τρόμου που προβλήθηκαν σε 3D ήταν το EyesofHell

#### 2.4.5 Η νέα εποχή 2003 έως σήμερα

Το 2003, το Ghosts of the Abyss του James Cameron ήταν το πρώτο full-length 3D IMAX που γυρίστηκε με το αντίστοιχο σύστημα κάμερας. Αυτό το σύστημα κάμερας που χρησιμοποιείται τις τελευταίες βιντεοκάμερες HD, δημιουργήθηκε για Cameron από τον Vince Pace, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του. Το ίδιο σύστημα κάμερας χρησιμοποιήθηκε για τις ταινίες Spy Kids 3D : Game Over (2003), Aliens of the Deep IMAX (2005), την The adventures of Sharkboy and Lavagirl (2005).

Τον Νοέμβριο του 2004, η ταινία The Polar Express ήταν η πρώτη ταινία κινουμένων σχεδίων που κυκλοφόρησε full-length 3D με το σύστημα IMAX . Είχε κυκλοφορήσει και σε 3D και σε κανονική προβολή. Η 3D έκδοση κέρδισε περίπου 14 φορές περισσότερο ανά οθόνη με την έκδοση 2D. Αυτή η ταινία αναζωογόνησε το ενδιαφέρον για προβολές κινουμένων σχεδίων σε 3D.

Στα τέλη του 2005, ο Steven Spielberg, δήλωσε στον Τύπο ο ίδιος είχε εμπλακεί στην κατοχύρωση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ενός συστήματος 3D κινηματογράφησης που δεν χρειάζεται γυαλιά, και η οποία βασίζεται σε οθόνες πλάσματος. Ένας υπολογιστής χωρίζει κάθε ταινία - πλαίσιο, και στη συνέχεια προβάλλει τις δύο εικόνες στην οθόνη σε διαφορετικές γωνίες, για να ενωθούν από μικροσκοπικές γωνιακές αυλακώσεις στην οθόνη.

Ακολούθως πολλές ταινίες είχαν εμπορική επιτυχία μέχρι σήμερα. Από επανεκδόσεις κλασικών ταινιών σε 3D σαν το StarWars ως την γιγάντια εμπορική επιτυχία του Came, που άνοιξε ξανά την αγορά για μία νέα εποχή τρισδιάστατης προβολής.

(IMAX Corporation Annual Report.,, page 7, 2004.)

### 3. ΟΛΟΓΡΑΦΙΑ

Οι στερεοσκοπικές 3D τεχνικές θέασης είναι σχεδόν παλιές όσο και οι 2D ομόλογοι τους: η πειραματική στερεοσκοπική 3DTV αμέσως ακολούθησε την εφεύρεση της τηλεόρασης. Η ολογραφία είναι μια νεότερη τεχνολογία, σε σύγκριση με την στερεοσκοπία, και υπάρχουν δείκτες ότι μια ικανοποιητική ολογραφική 3DTV μπορεί να είναι εφικτή. Οι άλλες υποψήφιες τεχνολογίες για 3DTV είναι εφικτές αλλά κατώτερης ποιότητας και λογικής. Η ολογραφία παρέχει αληθείς πλήρεις προβολές σε 3D οθόνες ως μια ιδανική περίπτωση. Όλες αυτές οι τεχνολογίες έχουν τα δικά τους ξεχωριστά χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και τα προβλήματα.

Όλες οι μορφές της 3DTV έχουν αναπτυχθεί αυξάνοντας τα αποτελέσματα σημαντικά τόσο στην έρευνα όσο και στις εμπορικές δραστηριότητες. Ένα ολοκληρωμένο 3DTV σύστημα έχει φυσικά διαφορετικές συνιστώσες: λήψη σε 3D σκηνές, την αναπαραγωγή, τη συμπίεση και μεταφορά, και το συνολικό τελικό αποτέλεσμα. Φυσικά, η στάση των καταναλωτών και η εκάστοτε οικονομική κατάσταση δημιουργούν αυξομειώσεις του ενδιαφέροντος για το 3D που μπορεί να παγώσουν την έρευνα πάνω στη βελτίωση της ποιότητας του 3D. Οι 3D σκηνές μπορούν να ληφθούν με διάφορα μέσα, για παράδειγμα, με τη χρήση πολλών καμερών ταυτόχρονα.

Επιπλέον, είναι επιθυμητό να εξυπηρετήσει όλους τους τύπους 3D οθόνων με διαφορετικές δυνατότητες. Ως εκ τούτου, προβλέπεται ότι η λήψη και η οθόνη λειτουργίας σκηνή θα είναι αποσυνδεδεμένη στα μελλοντικά συστήματα 3DTV : η κάθε σκηνή θα γίνεται σύνολο πληροφοριών και θα μετατραπεί σε αφηρημένες αναπαραστάσεις (και ίσως προϋπάρχουσες), χρησιμοποιώντας τον υπολογιστή και τεχνικές γραφικών και η οθόνη θα αλληλεπιδράσει με αυτό το πλαίσιο δεδομένων. Είναι φυσικό να επεκτείνει τις συμβατικές τεχνικές συμπίεσης βίντεο σε σήμα για 3D βίντεο, αξιοποιώντας τις εγγενείς ιδιαιτερότητες. Η κωδικοποίηση των σημάτων βίντεο 3D είναι σημαντικός ερευνητικός στόχος και οι δραστηριότητες τυποποίησης είναι σε εξέλιξη σε μορφές όπως ISO και MPEG.

Η ψηφιακή μετάδοση, χρησιμοποιώντας προσαρμοσμένες τεχνικές συνεχούς ροής είναι ένας άλλος τομέας έρευνας. Οι οθόνες έχουν αποδειχθεί και να χρησιμοποιηθεί. Οι τεχνικές επεξεργασίας που χρησιμοποιούνται για να αποδοθούν επί της οθόνης οι ψηφιακές πληροφορίες είναι εξαρτώμενες από την τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε στις καταγεγραμμένες 3D σκηνές.

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Ο απώτερος στόχος του 3D ως εμπειρία θέασης είναι να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση ενός πραγματικού περιβάλλοντος. Εάν ο στόχος αυτός επιτευχθεί



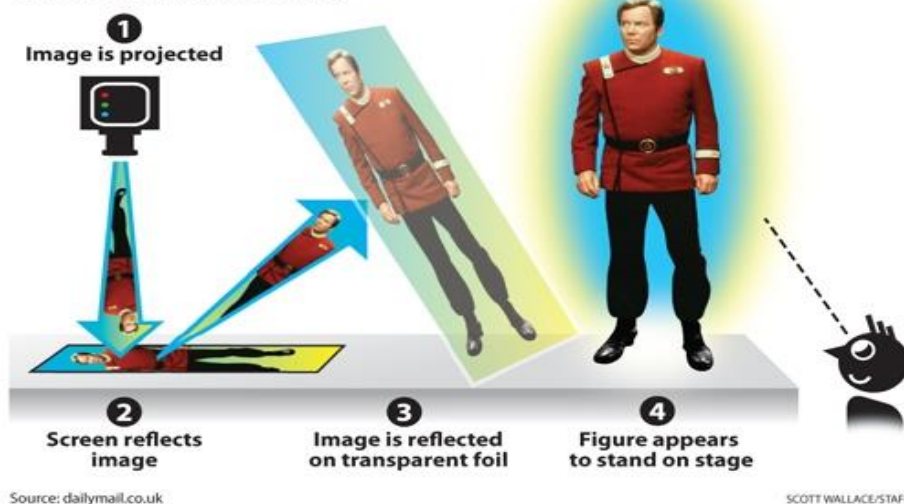
πλήρως, δεν υπάρχει τρόπος για έναν παρατηρητή να διακρίνει αν αυτό που βλέπει είναι πραγματικότητα ή μια οπτική ψευδαίσθηση.

Λόγω της ευκολίας και την τεχνολογικής δυσκολίας σε παλαιότερες εποχές, οι 2D αναπαραστάσεις των εικόνων ήταν μαζί μας από την αρχή της ιστορίας με τη μορφή της ζωγραφικής και σχεδίων. Η σύλληψη της αίσθησης του βάθους σε απλά 2D σχέδια υπήρξε πρόκληση. Οι ιστορικοί της τέχνης γνωρίζουν καλά ότι οι εξελίξεις στην τέχνη οδήγησε από πολύ παλιά σε τεχνικές που χρησιμοποιούν προοπτική. Στη φωτογραφία δημοσίως εισήχθη το 1839 από τον Sir John Herschel. Ωστόσο, η υποκείμενη οπτική διαδικασία ήταν γνωστή περίπου τρεις αιώνες πριν την ημερομηνία αυτή. Από τότε, ακόμα και η 2D απεικόνιση βελτιώθηκε κοντά στα όρια της δίνοντας μας τις εικόνες που βλέπουμε γύρω μας. Για τις animation 2D ταινίες δόθηκε το 1867 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στις ΗΠΑ για μια συσκευή που ονομάζεται "zoopraxiscope" και εφευρέθηκε από τον William Lincoln.

Η παρατήρηση εικόνων από απομακρυσμένες περιοχές επετεύχθη με την εφεύρεση της τηλεόρασης από το 1920 (Edouard Belin και John Logie Baird). Η υψηλής ποιότητας εμπειρία θέασης σε ψηφιακές τηλεοράσεις του σήμερα και η δυνατότητα να βλέπεις ταινίες σπίτι σου είναι μια φυσική συνέπεια της συνεχιζόμενης επιστημονικής και τεχνολογικής εξέλιξης, βελτιώσεων και εφευρέσεων στον τομέα αυτόν. Φυσικά, η κινητήρια δύναμη πίσω από όλη αυτή την εξέλιξη είναι η ατέρμονη ζήτηση των καταναλωτών για μια καλύτερη εμπειρία θέασης, η περιέργεια και τα talέντα των ατόμων που παρέρχου την τεχνολογική βάση, και τις επιχειρηματικές δεξιότητες που προσπαθούν να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις.

### How 'holograms' work

While not truly 3-D, stage holograms use a high-tech spin on a 19th-century trick to make projections of celebrities look like the real thing.



#### 3.1 Απλουστευμένη αναπαράσταση της λειτουργίας ενός ολογράμματος

Τα πρώτα ολογράμματα εκτός άξονα δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960, όταν έγιναν τα λέιζερ διαθέσιμα. Εμφανίστηκαν ιδέες για ψηφιακές τεχνικές ολογραφίας που θα μπορούσαν να γίνουν κάμερες και επομένως ταινίες.

Η πρώτη πειραματική ολογραφική ταινία εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1989. Πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα αυτό δείχνουν έντονα ότι επιτυχής ολογραφικές οθόνες 3DTV είναι πιθανόν να παραχθούν στο εγγύς μέλλον.

Μια άλλη τεχνολογία για 3D απεικονίσεις είναι συνήθως αναφέρονται ως "integral imaging" και γνωστή από 1908. Τα βασικά της integral imaging είναι ότι μπορεί να συλλαμβάνει πολλές 2D εικόνες από διαφορετικές γωνίες, και στη συνέχεια οπτικά προβάλλοντας τις εικόνες πίσω στην γεωμετρική θέση του αντικειμένου, σε περίπτωση απουσίας του, για να δημιουργήσει εικόνα 3D.

Συστοιχίες μικροφακών χρησιμοποιούνται γενικά στη σύλληψη και την ανασυγκρότηση του αντικειμένου. Επίσης είναι εφικτή η επέκταση της τεχνικής για κινηματογραφικές ταινίες και τηλεοπτικές προβολές. Η τεχνική αυτή είναι ένας ισχυρός υποψήφιος για την επόμενη γενιά 3DTV.

Ολογραφία και integral imaging παρέχουν πλήρη απεικόνιση 3D σε αντίθεση με τη στερεοσκοπία, οι αρχές τους δεν βασίζονται κυρίως στην ανθρώπινη οπτική αντίληψη, αλλά στην αρχή της αναπαραγωγής του ειδώλου σε φυσική κατανομή του φωτός στο χώρο προβολής απουσία των αρχικών αντικειμένων. Η ποιότητα των παραγόμενων 3D εικόνων είναι βασισμένη στην επιτυχή αναπαραγωγή των φυσικών ιδιοτήτων του φωτός που λαμβάνεται από το αντικείμενο. Οι επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις και στους δύο τομείς έχουν σημαντική ανάπτυξη και η ποιότητα των οθονών έχει βελτιωθεί.

Παρομοίως, τα προβλήματα στην στερεοσκοπία μπορούν να επιλυθούν με τις εξελίξεις στην αυτοστερεοσκοπία. Ο απώτερος στόχος είναι να παρέχει στο θεατή την ελευθερία να κινείται και να αλλάζει η κατεύθυνση της προβολής, ενώ να αλληλεπιδρά με το 3D εικονικό περιβάλλον, σε συνδυασμό με μια αντίληψη των ζωηρών χρωμάτων και την ευκρίνεια που βιώνουμε στην πραγματική ζωή. Η ένωση ακόμα στις 3D εικόνες με τις 3D ταινίες και την 3DTV είναι παρόμοια με την περίπτωση του 2D: εάν η οπτική πληροφορία μπορεί να ενημερώνεται αρκετά γρήγορα, η κίνηση που παρατηρείται θα είναι φυσική, και αν τα ηλεκτρονικά δεδομένα μπορούν να διαβιβάζονται γρήγορα, έχουμε 3DTV. Η διαφορά είναι στη λεπτομερή τεχνολογία που χρησιμοποιείται για να συλλάβει, επεξεργαστεί, και να εμφανίσει αυτές τις εικόνες. Όπως φαίνεται από τη σύντομη ιστορική αναδρομή παραπάνω, οι τεχνολογίες απεικόνισης 3D γνωστό ότι έχουν χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πράγματι, δεν θα είναι κατάφωρα λάθος να δηλώσει ότι η 2D και 3D τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί παράλληλα. Ωστόσο, είναι μια απλή παρατήρηση ότι η δημοτικότητα των 2D προϊόντων σε οποιαδήποτε μορφή ξεπερνά τους 3D ομολόγους μακράν. Οι λόγοι για αυτή την ανισορροπία, είναι η βασική υποκείμενη στάση του καταναλωτή και οι προτιμήσεις που πρέπει να είναι καλά κατανοητές για να ξεπεραστεί αυτή η δυσμενής κατάσταση για το 3D. Η ιστορία είναι γεμάτη από αποτυχημένες επιχειρηματικές προσπάθειες 3D απεικόνισης.

Δεδομένου ότι οι λόγοι αυτών των αποτυχιών γίνονται κατανοητοί από την ανάλυση της συμπεριφοράς των καταναλωτών, και καθώς η τεχνολογία προσφέρει τις λύσεις για τα προβλήματα, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι το 3D θα είναι η επιλογή του μέλλοντος. Οποιοσδήποτε σχετικές ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις παραμένουν άγνωστες προς το παρόν. Ωστόσο, είναι βέβαιο ότι το πρόσφατο ενδιαφέρον για 3D απεικόνιση, τόσο στην κοινωνία όσο και στον τομέα της έρευνας αυξάνεται σημαντικά. Ένας δείκτης είναι ο όγκος των επιστημονικών εργασιών, άρθρα ειδήσεων, και διπλώματα ευρεσιτεχνίας σε αυτά τα πεδία.

Η στερεοσκοπική 3D System HDTV αναφέρθηκε το 1999 στην ετήσια έκθεση NHK - STRL. Η έκθεση αναφέρει τα τακτικά προβλήματα που συνδέονται με την στερεοσκοπία, και περιγράφει την υποκειμενική αξιολόγηση με στόχο την

αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων. Εξήχθη από αυτές τις δοκιμές ο ισχυρισμός ότι δύο παράγοντες, η αίσθηση της πραγματικότητας και η ευκολία προβολής είναι τα φλέγοντα ζητήματα. Με βελτιώσεις σε αυτούς τους παράγοντες, η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι 3D εικόνες ήταν καλύτερες από τις 2D στην αίσθηση της πραγματικότητας, αλλά οι βαθμολογίες για ευκολία προβολής ποικίλλουν ανάλογα με το περιεχόμενο της εικόνας. Μερικά από τα αποτελέσματα στην οπτική και στις ψυχολογικές συνέπειες που συνδέονται με την ευρεία οθόνη παρουσιάζονται παρακάτω.

Ένα άλλο πείραμα που έγινε στην Κορέα για 3DHDTV ήταν η εκπομπή του 2002 FIFA World Cup με τεχνικές 3DTV. Η έρευνα εκτάθηκε σε μελέτες για την ανθρώπινη οπτική κόπωση, τις στερεοσκοπικές κάμερες, οπτικούς δέκτες, την κωδικοποίηση που σχετίζεται με τεχνικές επεξεργασίας εικόνας σε MPEG-2 και MPEG-4, κλπ. Διαφορετικές στερεοσκοπικές κάμερες είχαν δοκιμαστεί. Οι δραστηριότητες αυτές έλαβαν χώρα σε 10 δωμάτια με 50 καθίσματα και οθόνες 300 ιντσών. Υπάρχει ο ισχυρισμός ότι τα δωμάτια demo επισκέφθηκαν περίπου 571.000 επισκέπτες κατά τη διάρκεια των εκδηλώσεων. Η στερεοσκοπική προβολή έγινε μέσω γυαλιών πολώσεως.

Η αντιληπτική αξιολόγηση των οθονών και των 3DTV απαιτήσεων του συστήματος είναι σημαντικές για την εξέλιξη του αντικειμένου. Η εστίαση της έρευνας ήταν μόνο για στερεοσκοπικές οθόνες και τα συστήματα αυτοστερεοσκοπίας με πολλαπλούς χρήστες. Μάλλον ανώριμα η ολογραφική και η τεχνική integral imaging παραλήφθηκαν. Από την πλευρά της σύλληψης, η διπλή κάμερα (στερεοσκοπική), η κάμερα που γράφει με εκτίμηση του βάθους, και η κάμερα που κάνει αυτόματα 2D σε 3D μετατροπή ελήφθησαν υπόψη.

Η λογική είναι να συλλαμβάνονται δεδομένα συμπιεσμένα και να παραδίδονται στην οθόνη. Τα παραδείγματα αξιολόγησης που συζητήθηκαν, και ιδίως η εφαρμοσιμότητα των μετατροπών 2D βίντεο είναι υπό αμφισβήτηση. Συνάγεται το συμπέρασμα ότι η 3D εμπειρία είναι αρκετά διαφορετική, και, κατά συνέπεια, πρέπει να αξιολογείται με βάση τα κριτήρια που ταιριάζουν καλύτερα στην 3D εμπειρία.

Όμως πρέπει σε κάθε περίπτωση να προσαρμοστούν τα 3D δεδομένα σε συσκευές χωρίς τεράστιο κόστος. Το αποτέλεσμα είναι ένα συμβατό με την κλασική DVB προσέγγιση για 3DTV. Σε αυτό το πλαίσιο η συμπίεση των δεδομένων του βάθους έχει επίσης διερευνηθεί. Έχει βρεθεί ότι τα δεδομένα βάθους μπορεί να συμπιεστούν πολύ αποτελεσματικά με τη χρήση τυποποιημένων codecs, όπως H.264/AVC. Από αυτή την άποψη η υλοποίηση της 3DTV απαιτεί μόνο μικρές προσθήκες στο επίπεδο συστημάτων MPEG-4. Αυτά είναι επί του παρόντος υπό διερεύνηση και μπορεί να παρέχουν μια διαλειτουργική λύση για 3DTV στο πολύ εγγύς μέλλον. Αυτή η φιλοσοφία βάθους 3D επεκτείνεται εύκολα σε πολλές εφαρμογές. Αυτό επεκτείνει το εύρος πλοήγησης μπροστά από την οθόνη με τον αριθμό των καμερών που χρησιμοποιούνται. Για κάποια εφαρμογή που μεταδίδει 3DTV αυτό συνεπάγεται συμπίεση και μετάδοση σε multiview βίντεο, η οποία είναι μια συνεχής εργασία σε MPEG δραστηριότητες τυποποίησης. Η νεότερη γενιά των τεχνικών 3DTV σκοπεύει να αποσυνδεθεί η οθόνη καταγραφής εικόνας. Σε τέτοια συστήματα, το συλληφθέν σκηνικό με κάποια μέσα μετατρέπεται πρώτα σε αφηρημένη 3D κινούμενη σκηνή χρησιμοποιώντας αυτές τις ενισχύσεις, όπως μοντέλα συρμάτινου πλέγματος και άλλες τεχνικές. Με βάση την ανθρώπινη αντίληψη και φυσικές ιδιότητες και η τεχνολογία της οθόνης, υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι να συλληφθούν 3D πληροφορίες. Ένα τέτοιο σύστημα, με βάση τη σάρωση διαφορετικών επιπέδων βάθους ενός 3D σκηνικού από ολογραφικό μέσο

αναπαραγωγής κάθε επιπέδου θα μπορεί να παρουσιάζει σε διαφορετικό χρόνο το κάθε επίπεδο σάρωσης, σαν αξονικός τομογράφος.

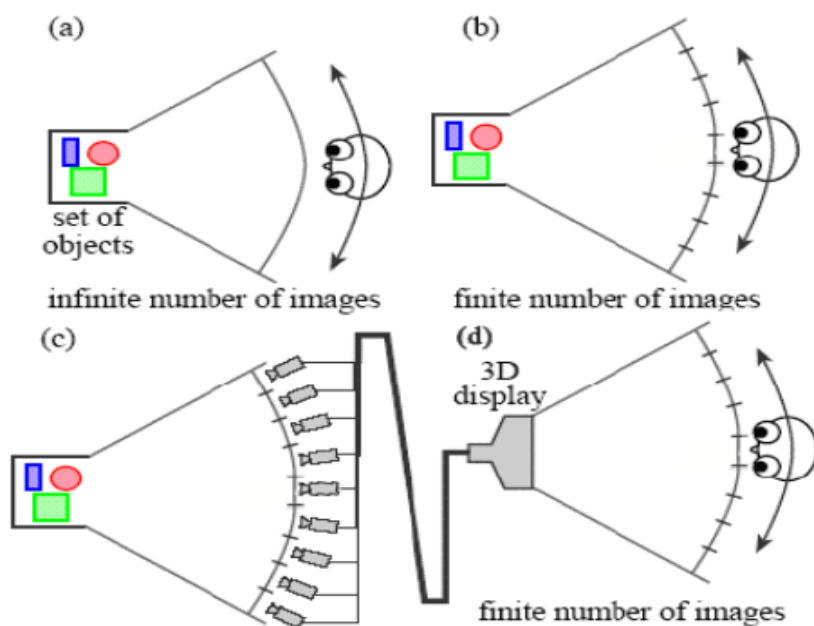
Μια νέα τεχνολογία επιτρέπει την 3Dτηλεδιάσκεψη. Η 3D εικόνα συλλαμβάνεται από μια σειρά από βιντεοκάμερες και μεταδίδονται ψηφιοποιημένα δεδομένα βίντεο υπολογιστή σε επεξεργασία και τα προκύπτοντα δεδομένα. Στην πιλοτική τηλεδιάσκεψη οι συμμετέχοντες συγκεντρώθηκαν για να σχηματίσουν ένα ενιαίο χωροπληρωτικό μοντέλο, το οποίο στη συνέχεια διαβιβάζεται σε όλες τις θέσεις. Η λήψη δεδομένων 3D βίντεο εμφανίζεται χρησιμοποιώντας ένα 3D σύστημα προβολής.

### 3.2 ΛΗΨΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΚΗΝΗΣ ΓΙΑ ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗ 3DTV

Η τρισδιάστατη τηλεόραση ξεκινά με την απόκτηση δυναμικής σκηνής σε πραγματικό κόσμο σε κάποια κατάλληλη ψηφιακή αναπαράσταση. Σε αντίθεση με τα συμβατικά μέσα, ωστόσο, όχι μόνο η οπτική εμφάνιση της σκηνής πρέπει να καταγράφεται, αλλά η 3DTV απαιτεί επιπλέον την απόκτηση στην πλήρη μορφή των πληροφοριών, ώστε να μπορέσει να κοιτάζει κάποιος την σκηνή από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η επιστημονική πρόκληση είναι διπλή: η 3D γεωμετρία των σκηνών κίνησης πρέπει να αναπαραχθεί, ενώ η αρχική οπτική εμφάνιση της σκηνής δεν πρέπει να τροποποιηθεί. Ένας αριθμός διαφορετικών τεχνολογιών υπάρχει ώστε να δοθεί η δυνατότητα να ανταποκριθεί η 3DTV σε αυτές τις απαιτήσεις. Η ακραία πιθανότητα είναι να βρούμε προσεγγίσεις καθαρά με βάση την εικόνα χρησιμοποιώντας διάφορες συμβατικές κάμερες. Ακολούθως ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής με κατάλληλα γραφικά τότε χρησιμοποιείται για να αναδομήσει την πραγματική σκηνή, έτσι ώστε ένας χρήστης μπορεί να δει κανείς από διαφορετικές γωνίες. Από την άλλη μεριά βρίσκουμε τις τεχνικές της ολογραφίας. Οι πρόσφατες εξελίξεις στα CCD και CMOS ως τεχνολογίες απεικόνισης υπόσχονται πολλά για άμεση ψηφιακή προβολή ολογράμματος στο μέλλον.

Το εννοιολογικά απλούστερη λύση για τη λήψη της σκηνής είναι να τοποθετηθεί μια κάμερα σε κάθε θέση από την οποία η σκηνή θα πρέπει να επεξεργαστεί και να εμφανιστεί κατάλληλα στον ανθρώπινο παρατηρητή. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση μπορεί να απαιτήσει έναν απροσδιόριστο αριθμό από κάμερες. Τυπικά ένα σύνολο από 2 έως 20 κάμερες χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα καταγραφής πολλαπλών καμερών με βαθμονομημένη ρύθμιση καταγραφής.





### 3.2 3D display

Για τη βαθμονόμηση, μία σημειακή πηγή φωτός κινείται σε ολόκληρο το χώρο που βρίσκονται οι κάμερες. Μετά λαμβάνονται οι πληροφορίες βαθμονόμησης, όπως οι εσωτερικοί και εξωτερικοί παράμετροι (θέση, ο προσανατολισμός, πληροφορίες φωτός) από τις κάμερες και υπολογίζεται το βάθος χρησιμοποιώντας τα εγγεγραμμένα βίντεο. Το να βρεθούν οι αλγόριθμοι για την αυτόματη βαθμονόμηση καμερών που καταγράφουν μια αυθαίρετη σκηνή είναι ακόμα ένας ενεργός τομέας της έρευνας. Λόγω της βαθμονόμησης, η θέση της κάμερας και ενός σημείου της σκηνής μπορεί να υπολογιστούν για όλες τις εικόνες της κάμερας. Χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες της εικόνας ενός σημείου από τουλάχιστον δύο εικόνες κάμερας, τα προβλήματα μπορούν να λυθούν.

Αλλά το δύσκολο ερώτημα είναι αυτό. Πως βρίσκουμε τις συντεταγμένες του σημείου αυτού; Σε ένα πρώτο στάδιο, τα χαρακτηριστικά σημεία οι όπως γωνίες που βρίσκονται με μία πρώτη εικόνα. Σε ένα δεύτερο στάδιο η θέση κάθε χαρακτηριστικού σημείου βρίσκεται χρησιμοποιώντας την υφή του σημείου σε σχέση με τις άλλες εικόνες μέσω σύγκρισης. Αυτή η διαδικασία απλοποιείται από τις πληροφορίες βαθμονόμησης που καθορίζουν για κάθε μία από τις άλλες εικόνες μόνο μία γραμμή σε κάθε εικόνα, όπου το σημείο θα πρέπει να βρίσκεται. Αυτά τα χαρακτηριστικά σημεία μπορεί επίσης να παρακολουθούνται διαδοχικά ώστε να αυξηθεί η αξιοπιστία των εκτιμώμενων συντεταγμένων.

Μόλις οι 3D συντεταγμένες των σημείων της σκηνής αναγνωρίζονται, ένα 3D μοντέλο της επιφάνειας της σκηνής δημιουργείται. Η επιφάνεια ενός αντικειμένου παρίσταται χρησιμοποιώντας ένα πλέγμα των πολυγώνων, όπου η οι κορυφές του πλέγματος που βρίσκονται στις εκτιμώμενες 3D συντεταγμένες. Σημαντικές εναλλακτικές αναπαραστάσεις γίνονται και σε υποδιαιρέσεις της κύριας επιφάνειας. Οι επιφάνειες υποδιαίρεσης προσφέρουν μια καλή συμβιβαστική λύση μεταξύ ενός εγγενώς μη ομαλού πολυγώνου που υπόκειται σε τοπολογικούς περιορισμούς. Οι επιφάνειες υποδιαίρεσης επιτρέπουν την αναπαράσταση μίας αυθαίρετης

τοπολογίας και οποιασδήποτε ιδιαίτερης λεπτομέρειας με μία ελεγχόμενη ομαλότητα. Σε ένα τελικό στάδιο, η εικόνα προβάλλεται πάνω στο 3D μοντέλο που εμφανίζεται για κάθε επιφάνεια ώστε να επιδιορθώσει την εμφάνιση ή την υφή. Σε προηγμένα συστήματα, η υφή αρκετών τελικών προϊόντων προσεγγίζει ικανοποιητικά το αρχικό αντικείμενο. Ως εκ τούτου, κάθε επιφάνεια έχει πολλές υφές που επιτρέπουν μια πιο ρεαλιστική απόδοση της οπτικής για τις διαφορετικές γωνίες. Καθώς ο αριθμός των διαθέσιμων εικόνων αυξάνεται, η 3D γεωμετρία μπορεί να παρασταθεί με μικρότερη ακρίβεια. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις του πως προβάλλεται ένα αντικείμενο ξεκινώντας από ακριβή 3D σχήματα με μόνο μία υφή έως πολλές εικόνες του αντικειμένου χωρίς σαφές 3D σχήμα.

### 3.3 ΟΘΟΝΕΣ ΣΤΗΝ 3DTV

Η οθόνη είναι η τελευταία, αλλά σίγουρα όχι η λιγότερο σημαντική παράμετρος, ανάπτυξη του 3D οράματος. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, υπάρχει μια μακρά αλυσίδα δραστηριότητας από την απόκτηση της εικόνας, τη συμπίεση, τη μετάδοση και ανακατασκευή των εικόνων 3D πριν φτάσουμε στην ίδια οθόνη. Ωστόσο, η οθόνη είναι η πιο ορατή πτυχή της 3DTV και είναι ίσως η μία με την οποία το ευρύ κοινό θα κρίνει την επιτυχία της.

Η έννοια της τρισδιάστατης οθόνης έχει μια μακρά και ποικίλη ιστορία αρχής γενομένης από τις στερεοσκοπικές φωτογραφίες 3D που στα τέλη του 19ου αιώνα, μέσα από τις ταινίες 3D στο 1950, την ολογραφία στη δεκαετία του 1960 και 70, τα 3D γραφικά υπολογιστών και η εικονική πραγματικότητα του σήμερα. Η ανάγκη για 3D οθόνες για καλύτερη απόδοση μεγαλώνει σε σημασία μέρα με τη μέρα, όπως και ο αριθμός των εφαρμογών επιστημονικής απεικόνισης και μέτρησης, της ιατρικής απεικόνισης, το TelePresence, τυχερών παιχνιδιών, ταινίες καθώς και την ίδια την τηλεόραση.

Πολλές διαφορετικές μέθοδοι 3D οθόνης έχουν παρουσιαστεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, αλλά καμία δεν ήταν σε θέση να πείσει ότι μπορεί να σταθεί στην μαζική αγορά. Μεγάλο μέρος της ανάπτυξης 3D απεικόνισης είναι και οι οθόνες καθώς τελευταίο μέρος του 20ου αιώνα υπό την ώθηση από την εφεύρεση της ολογραφίας, και αυτό ήταν σίγουρα ο καταλύτης που οδήγησε σε μερικά από τα σημαντικά επιτεύγματα στην αυτοστερεοσκοπία και στην παρουσίαση με ογκομετρικές μεθόδους, ενώ η πρόοδος στις τεχνικές της εικονικής πραγματικότητας έχουν βοηθήσει τον υπολογιστή και την βιομηχανική οπτική για να παράγουν καλύτερες πολλών διαφορετικών τεχνικών.

Η κύρια απαίτηση μιας 3D οθόνης είναι να δημιουργηθεί η ψευδαίσθηση του βάθους ή απόστασης με τη χρήση μιας σειράς ενδείξεων βάθους, όπως η ανισότητα, παράλλαξη της κίνησης, και οφθαλμική διαμονή. Πρόσθετα κόλπα επίσης χρησιμοποιούνται για την σωστή παρουσίαση της εικόνας. Η διαφορετική θέαση από τα δύο μάτια είναι μία από τις κύριες αιτίες για την ταλαιπωρία και κόπωση κατά την προβολή σε 3D οθόνες.

Η μορφή που θα έχει μία οθόνη ώστε να σταματήσουν αυτά τα προβλήματα είναι μια πτυχή που χρειάζεται αρκετή σκέψη και είναι μια σημαντική ανησυχία για την αποδοχή από τους καταναλωτές. Ο καταναλωτής θα θέλει να δει το "Star Wars" μόνο σε μία επίπεδη οθόνη ενός δωματίου ; Μπορεί κάλλιστα να ειπωθεί ότι η απαίτηση των καταναλωτών θα οδηγήσει την τεχνολογία. Σημαντικές

πτυχές που πρέπει να εξεταστούν περιλαμβάνουν ανάλυση εικόνας, οπτικό πεδίο, φωτεινότητα, είτε είναι μονά ή multi-user, η απόσταση θέασης και το κόστος. Οι τεχνολογίες που ακολουθούνται για την 3D απεικόνιση μπορούν γενικά να χωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες, όπως :

- Οι ολογραφικές οθόνες
- ογκομετρική οθόνες
- Αυτοστερεοσκοπικές οθόνες
- HMD οθόνες
- Στερεοσκοπικές οθόνες

Ο όρος " autostereoscopic ", για να κυριολεκτήσουμε, περιγράφει όλες εκείνες τις οθόνες που δημιουργούν μία στερεοσκοπική εικόνα χωρίς ειδικά γυαλιά ή άλλες συσκευές των χρηστών και στο πλαίσιο αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι περιλαμβάνει ολογραφική, ογκομετρική και πολλαπλή εικόνα. Ωστόσο περιορίζεται η χρήση του όρου για να καλύψει οθόνες, όπως διοπτρικά, multiview και holoforn συστήματα όπου μόνο πολλαπλές δισδιάστατες εικόνες σε όλο την οπτικό πεδίο παρουσιάζονται.

Η εμφανιζόμενη εικόνα σχηματίζεται από μέτωπα κύματος ανασυγκρότησης, και περιλαμβάνει τόσο πραγματικά και εικονικά προϊόντα ανακατασκευής της εικόνας. Η ολογραφία σήμερα παρεμποδίζεται από το τεράστιο ποσό των πληροφοριών τα οποία πρέπει να καταγράφονται, να αποθηκεύονται, να διαβιβαστούν και εμφανίζονται, θέτοντας αυστηρούς περιορισμούς στην οθόνη χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας.

### 3.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗΣ 3DTV

Η λήψη εικόνας με την απεικόνιση της εικόνας είναι πολύ πιθανό να να αποσυνδεθεί σε μελλοντικά συστήματα 3DTV. Εκεί θα είναι ανάγκη ένας υπολογιστής να μετατρέψει αφηρημένες αναπαραστάσεις σκηνής σε ολοκληρωμένο 3D μοντέλο. Για ολογραφικές οθόνες, πρέπει να λαμβάνονται εικόνες περίθλασης και να υπολογίζεται η παραμόρφωση κατά τον πολλαπλασιασμό τους. Ως εκ τούτου, αναμένεται ότι τα θέματα επεξεργασίας θα διαδραματίσουν θεμελιώδη ρόλο στην την επίτευξη της λειτουργίας 3DTV. Υπάρχουν κάποια θεμελιώδη προβλήματα υπάρχουν στους ψηφιακούς υπολογισμούς της οπτικής αναπαραστάσης ενός αντικειμένου 3D, η εύρεση του προγράμματος επεξεργασίας σημάτων για μια δεδομένη οπτική συσκευή έτσι ώστε να δημιουργήσει το επιθυμητό οπτικό πεδίο. Η διακριτοποίηση των οπτικών σημάτων οδηγεί σε πολλά ενδιαφέροντα θέματα, για παράδειγμα, είναι δυνατό να παραβιαστεί ο ρυθμός Nyquist, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται πλήρης ανακατασκευή. Οι μετασχηματισμοί Fourier είναι ένα άλλο εργαλείο επεξεργασίας σήματος η οποία βρίσκει εφαρμογή στον τομέα των οπτικών κυμάτων διάδοσης.

### 3.5 ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D

Για την ασύρματη μετάδοσης του 3D σήματος, έχουν γίνει προσπάθειες για μετάδοση μέσω δικτύου DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld). Το οποίο είναι ένα πρότυπο ψηφιακής τηλεόρασης, το οποίο ουσιαστικά είναι επέκταση του

DVB-T της επίγειας τηλεόρασης. Ο αρχικός σχεδιασμός του προοριζόταν για μετάδοση σήματος ψηφιακού βίντεο σε φορητές συσκευές, για παράδειγμα κινητά τηλέφωνα και φορητές τηλεοράσεις, με ικανοποιητική ποιότητα. Στην συνέχεια παραθέτουμε κάποιες προσπάθειες να αντιμετωπιστούν τα θέματα που αφορούν τη μετάδοση σήματος 3D TV μέσω ενός καναλιού DVB-H.

Στο DVB-H, το μεταδιδόμενο stream αποτελείται από MPE (Multi-Protocol Encapsulation) streams, τα οποία περιέχουν IP streams, τα οποία 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 ποιότητας. 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 που θα γίνει η μετάδοσης.

**Δομή σήματος DVB-H:** 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 πιθανά σφάλματα 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 κατ' αρχάς 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 αναφέρθηκε και παραπάνω 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.

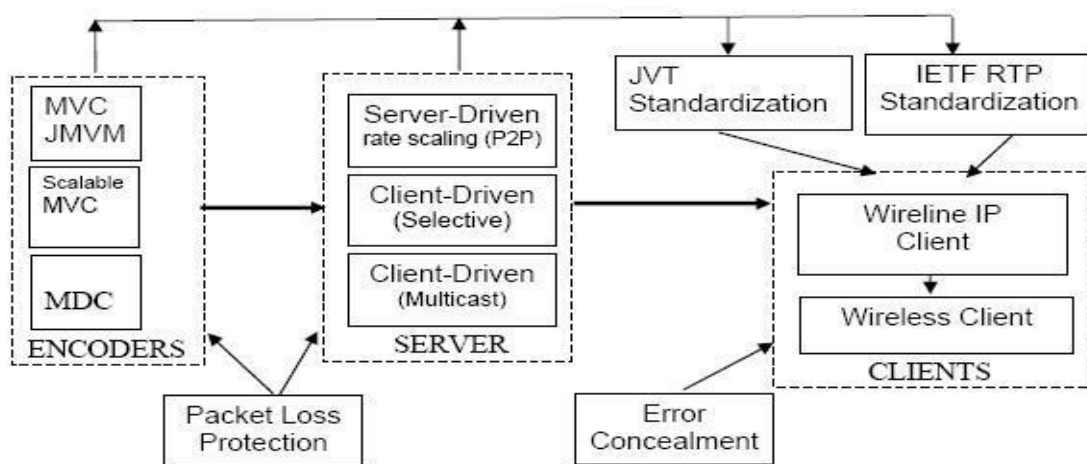
Κάτι άλλο που θα πρέπει να επισημανθεί είναι να σημειώσουμε σχετικά με το θέμα της μετάδοσης 3D video μέσω DVB-H είναι ότι αυτό το πρότυπο είναι τόσο ευέλικτο, που δεν απαιτούνται αλλαγές σ' αυτό για να χρησιμοποιηθεί σε μια 3D μετάδοση. Η μόνη επέκταση που μπορεί να χρειαστεί αφορά τις τεχνολογίες και 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.

### 3.5.1 Άλλες τεχνικές

Η μέθοδος της μετάδοσης μέσω των εγκαταστάσεων της ψηφιακής τηλεόρασης βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο, και δεν έχει γίνει ακόμα η προτυποποίησή της. Γι' αυτό, μπορούμε να εξετάσουμε και κάποιες ακόμα ερευνητικές λύσεις που έχουν προταθεί. Μία από αυτές τις προσπάθειες μελετάει τη μετάδοση 3D TV σημάτων μέσω packet networks με απώλειες. Για τον περιορισμό του αριθμού των σφαλμάτων, χρησιμοποιούνται διάφορες δυνατότητες του codec H.264/AVC, καθώς και κώδικες Reed-Solomon για θωράκιση από σφάλματα. Αυτή η προσπάθεια έχει ως σκοπό την εξάλειψη του προβλήματος της απώλειας πακέτων, η οποία μπορεί να γίνεται σε συστήματα με μετάδοση over IP.

### 3.5.2 Μέσω IP

Οι αρχιτεκτονικές για μετάδοση over IP είναι οι εξής: Ένας server σε έναν client ή σε πολλούς clients (multicast) \* Peer-to-peer μετάδοση σε έναν ή περισσότερους peers. Η μετάδοση σήματος βίντεο μέσω IP είναι ένα ενεργό πεδίο έρευνας, στο οποίο έχουν επιτευχθεί πολλά πράγματα. Υπάρχουν ήδη υπηρεσίες video-on-demand για προγράμματα ενημέρωσης και ψυχαγωγίας μέσω IP. Επίσης, στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 2.5G και 3G γίνεται ασύρματη μετάδοση βίντεο μέσω IP. Είναι λογικό να αναμένουμε ότι αυτά θα επεκταθούν και στην τρισδιάστατη τηλεόραση.



3.3 Block diagram of the framework and system for 3DTV transport over IP

### 3.5.3 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 περιέχει 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.

### 3.6 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΔΙΚΤΥΟ 3DTV EXCELLENCE

Ένα ευρωπαϊκό δίκτυο 3DTV έχει δραστηριοποιηθεί από το Σεπτέμβριο του 2004. Το έργο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και διενεργείται κάτω από κοινοπραξία 19 οργανισμών από επτά χώρες, και συντονίζεται από το Πανεπιστήμιο Bilkent. Υπάρχουν περίπου 200 ερευνητές που συμβάλλουν. Η κοινοπραξία έχει πολύ κλαδικού χαρακτήρα, καθώς ερευνώνται όλες οι πτυχές της 3DTV που περιγράφονται παραπάνω, και άλλα θέματα, όπως η συμπεριφορά των καταναλωτών και οι κοινωνικές επιπτώσεις. Η κοινοπραξία διεξάγει κοινή έρευνα για όλες τις τεχνικές πτυχές της 3DTV, και τους στόχους για μια μακροπρόθεσμη διαρκή ενσωμάτωση ερευνητών μέσω ποικίλων δραστηριοτήτων.

## **4. MULTIVIEW, 3DTV ΚΑΙ FTV**

Η τεχνολογία multiview απεικόνισης (MVI) έχει προσελκύσει ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον, χάρη στη ραγδαία πτώση του κόστους των ψηφιακών μηχανών. Αυτό ανοίγει μια μεγάλη ποικιλία από ενδιαφέροντα νέα θέματα έρευνας και εφαρμογών, όπως η εικονική σύνθεση, απεικόνιση υψηλής απόδοσης, κατάτμηση εικόνας βίντεο, εξ αποστάσεως εκπαίδευση, βιομηχανική επιθεώρηση, 3DTV, και freeviewpoint TV (FTV). Ενώ ορισμένες από αυτές τις εφαρμογές μπορούν να υλοποιηθούν με συμβατικά όργανα καταγραφής βίντεο, η διαθεσιμότητα των πολλαπλών όψεων της σκηνής διευρύνει σημαντικά το πεδίο των εφαρμογών, αυξάνει την απόδοση και κάνει εντονότερη την εμπειρία του χρήστη.

Η 3DTV και η FTV είναι μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές του MVI και νέες μορφές των μέσων μαζικής ενημέρωσης που επεκτείνει την εμπειρία του χρήστη πέρα από αυτό που προσφέρεται από τα παραδοσιακά μέσα ενημέρωσης. Οι τεχνικές αυτές έχουν αναπτυχθεί από τη σύγκλιση των νέων τεχνολογιών από γραφικά υπολογιστή, όραση υπολογιστών, πολυμέσων, καθώς και συναφείς τομείς. Η 3DTV, που αναφέρεται επίσης ως στερεοσκοπική τηλεόραση, προσφέρει τρισδιάστατη εντύπωση βάθους της παρατηρούμενης σκηνής, ενώ η FTV επιτρέπει μια διαδραστική επιλογή της οπτικής και της κατεύθυνσης που θα κοιτάξεις μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος λειτουργιών. Η 3DTV και η FTV δεν αλληλοαναιρούνται. Στην πραγματικότητα, μπορούν να συνυπάρξουν σε συνδυασμό με ένα ενιαίο σύστημα, δεδομένου ότι και οι δύο βασίζονται σε μια κατάλληλη τρισδιάστατη απεικόνιση. Με άλλα λόγια, όταν θες μία τρισδιάστατη απεικόνιση που να λειτουργεί ως ένα στερεοσκοπικό ζεύγος εικόνων που αντιστοιχεί στα ανθρώπινα μάτια και να δώσουν αίσθηση βάθους, η λειτουργικότητα της 3DTV ταιριάζει περισσότερο. Εάν

θες μία περίπου τρισδιάστατη απεικόνιση που να μπορείς να διαλέξεις τη γωνία που θα δεις τότε υπερिशύει η λογική της FTV.

Όπως φαίνεται στην ταινία *The Matrix*, η διαδοχική εναλλαγή πολλαπλών πραγματικών εικόνων που έχουν ληφθεί από διαφορετικές γωνίες μπορεί να δώσει την αίσθηση ενός ιπτάμενου αντικειμένου. Κατά παρόμοιο τρόπο, η EyeVisionτο πραγματοποίησε τοποθετώντας μία ιπτάμενες κάμερες στο παιχνίδι *Super Bowl*. Χρησιμοποίησαν συνολικά 33 κάμερες που τοποθετήθηκαν σε όλο το γήπεδο και ελέγχονταν μηχανικά ώστε να ακολουθούν το αντικείμενο στόχο. Σε αυτά τα συστήματα, ωστόσο, δεν χρειάζεται να δημιουργήσει κάποιος εικονικές συνθήκες, και η δυνατότητα λήψης περιορίζεται στις προκαθορισμένες αρχικές θέσεις της κάμερας. Ως εκ τούτου, αυτά που μπορούν να προσφέρουν οι 3DTV και FTV δεν παρέχονται. Είναι πράγματι εξαιρετικά δύσκολο να συνειδητοποιήσουμε αυτές τις λειτουργίες χρησιμοποιώντας ένα μικρό αριθμό από αραιά τοποθετημένες κάμερες σε ένα μεγάλο χώρο, όπως ένα γήπεδο.

Για να καταστεί δυνατή η χρήση των 3DTV και FTV στον πραγματικό κόσμο, στο σύνολο της η αλυσίδα μεταποίησης, συμπεριλαμβανομένης της multiview λήψης εικόνας, την λήψη 3 - D σκηνής, την κωδικοποίηση, την μετάδοση θα πρέπει να αλλάξουν. Υπάρχουν πολλές προκλήσεις σε αυτόν τον τρόπο. Δεν είναι εύκολο να οικοδομήσουμε ένα σύστημα που μπορεί να συλλάβει και να αποθηκεύει ένα μεγάλο αριθμό βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Η ακριβής βαθμονόμηση της θέσης της κάμερας και ο έλεγχος των χρωμάτων είναι απαραίτητα. Επίσης δεν μπορούν όλα τα αντικείμενα να προβληθούν σε 3D, υπάρχουν συγκεκριμένες προϋποθέσεις ώστε να γίνει μια λήψη για 3DTV και FTV. Η απόδοση του βάθους είναι ένα κεντρικό σημείο στη 3D απεικόνιση, αλλά ακόμα ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα για την απόδοση των εικόνων με ακρίβεια. Η ποσότητα των δεδομένων της εικόνας multiview είναι συνήθως τεράστια, άρα η συμπίεση των δεδομένων και το livestreaming με λιγότερη υποβάθμιση της εικόνας και καθυστέρηση πάνω από το περιορισμένο εύρος ζώνης είναι επίσης ενδιαφέρουσες εργασίες.

Επιπλέον, υπάρχουν επίσης ισχυρή αλληλεξάρτηση μεταξύ όλων των σχετικών διαδικασιών. Η διαμόρφωση της κάμερας (array ή θόλου) και ο αριθμός των απαιτούμενων καμερών επιβάλλει την πρακτικούς περιορισμούς για την τηλεόραση και το streamingως προς την ποιότητα των παρεχόμενων σε μια συγκεκριμένη εικονική θέση. Ως εκ τούτου, υπάρχει ένα κλασικό πρόβλημα στην σύγκριση μεταξύ του κόστους (για τον εξοπλισμό, κάμερες, επεξεργαστές) και την ποιότητα του προϊόντος (εύρος πλοήγησης, την ποιότητα των εικόνων). Σε γενικές γραμμές, η multiviewλήψη με έναν μεγάλο αριθμό καμερών παρέχει μια πιο ακριβή 3 D απεικόνιση, με αποτέλεσμα υψηλότερες ποιοτικές αποδόσεις μέσω των διαδικασιών αξιοποίησης και προβολής, αλλά απαιτεί υψηλότερο ποσοστό συμπίεσης στη διαδικασία κωδικοποίησης. Μια διαδραστική οθόνη που απαιτεί την επεξεργασία και μετάδοση 3D δεδομένων επηρεάζει την απόδοση ενός συστήματος κωδικοποίησης, το οποίο βασίζεται σε πρόβλεψη των δεδομένων. Διάφοροι τύποι από αρκετά διαφορετικές αναπαραστάσεις 3D μιας σκηνής μπορούν να χρησιμοποιηθούν, πράγμα που συνεπάγεται μία σειρά από διαφορετικούς τύπους δεδομένων.

Εδώ, ας εισάγουμε εν συντομία ένα παράδειγμα ενός συστήματος FTV. Αυτό το σύστημα FTV, που υλοποιήθηκε σε πραγματικό χρόνο ολόκληρη η αλυσίδα επεξεργασίας, επιτρέπει στο χρήστη να ελέγχει ελεύθερα την οπτική της δυναμικής 3D σκηνής. Το σύστημα που αναπτύχθηκε για multiview λήψη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, το οποίο αποτελείται από έναν server και 100 προσωπικούς υπολογιστές, ο καθένας εξοπλισμένος με κάμερα υψηλής ευκρίνειας (JAI PULNiX TM-1400CL). Μεταξύ των καμερών και του κεντρικού υπολογιστή serverυπάρχει

σύνδεση και μεταφέρονται οι εικόνες. Ο κεντρικός υπολογιστής παράγει ένα σήμα συγχρονισμού και το διανέμει σε όλους τους προσωπικούς υπολογιστές των πελατών. Αυτό το σύστημα είναι ικανό να συλλάβει 100 συγχρονισμένα σήματα βίντεο υψηλής ανάλυσης στα 30 fps. Επιπλέον οι θέσεις των καμερών μπορούν εύκολα να αλλάζουν. Έτσι με αυτόν τον τρόπο αντικείμενα και σκηνές μπορούν να αναπαράγονται με μεγάλη ακρίβεια από διαφορετικές γωνίες λήψης και να μοιράζονται στους υπολογιστές των χρηστών.



*4.1 Ένα σύστημα λήψης FTV που γίνονται ταυτόχρονα λήψεις από 100 κάμερες*

Αυτή η εργασία στοχεύει να παρέχει μια εκτενή επισκόπηση και εκμάθηση των βασικών εννοιών και των πρόσφατων εξελίξεων της 3DTV/FTV. Αμφότερες οι 3DTV/FTV είναι συστήματα απεικόνισης τελείως διαφορετικά από άλλα συστήματα εικόνας, όπως τη φωτογραφία, τον κινηματογράφο και την τηλεόραση. Προς το παρόν, σκοπός είναι να ψηφιοποιηθεί όλο και περισσότερο, επιτρέποντάς τους να αναπαράγονται στην ίδια πλατφόρμα με τα υπάρχοντα συστήματα που βασίζονται στα pixels. Τα συστήματα με βάση τα pixels υφίσταται ταχεία ανάπτυξη προς την αύξηση του αριθμού των pixels. Αν και τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας έχει περίπου 100 φορές τον αριθμό των pixels μιας τηλεόρασης τυπικής ευκρίνειας, ακόμα μόνο μία οπτική χρησιμοποιείται. Στο μέλλον, η ζήτηση για περισσότερα pixel θα σταθεροποιηθεί και θα πρέπει να αντικατασταθεί με τη ζήτηση για περισσότερες προβολές (δηλαδή, περισσότερες φωτεινές ακτίνες σε 3D). Αυτή είναι μια εξέλιξη από τα συστήματα με βάση το pixel σε ένα επίπεδο σε συστήματα που βασίζονται σε ακτίνες με MultiView εικόνες. Η ανάπτυξη τεχνολογιών προβολής με ακτίνες έχουν δημιουργήσει μια τεράστια ευκαιρία για τις 3DTV/FTV να εισέλθουν δυναμικά στην καταναλωτική αγορά στο εγγύς μέλλον. Η 3Dτεχνολογία έχει ανοίξει το δρόμο για τεχνολογία ακτινών εικόνας που είναι πραγματικά επαναστατική τεχνολογία σε σχέση με τις ακτίνες μία προς μία.

Η επιλογή της μορφής αναπαραγωγής μίας σκηνής 3D είναι κεντρικής σημασίας για το σχεδιασμό οποιουδήποτε συστήματος 3DTV. Για να γίνει αναπαράσταση μίας σκηνής σε 3Dπροαπαιτείται η καταγραφή multiview και η αντίστοιχη επεξεργασία εικόνας. Για παράδειγμα η αναπαράσταση μίας εικόνας συνεπάγεται τη χρησιμοποίηση μίας πυκνής ρύθμισης της κάμερας. Μια σχετικά αραιή ρύθμιση της κάμερας θα δώσει μόνο πενιχρά αποτελέσματα στην απόδοση των εικονικών απόψεων. Κάνοντας αναπαράσταση της γεωμετρίας 3Dσυνεπάγεται την ανάγκη για ένα υπερσύγχρονο και όχι επιρρεπές σε λάθη αλγόριθμο επεξεργασίας εικόνας.



Στον κόσμο των γραφικών του υπολογιστή, υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσέγγισης του ζητήματος. Ο ένας τρόπος εκπροσωπείται από την κλασική 3D τεχνολογία γραφικών των υπολογιστών. Η προσέγγιση αυτή αναπαράσταση της φυσικής γεωμετρίας βασίζεται σε μοντελοποίηση. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αναπαράσταση της γεωμετρίας της σκηνής γίνεται με το ίδιο σύστημα των ματιών. Τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου αναπαράγονται χρησιμοποιώντας γεωμετρικές επιφάνειες 3D με μία ανάγλυφη υφή να χαρτογραφείται επάνω τους.

Πιο εξελιγμένα χαρακτηριστικά μπορεί να προστεθούν στην εικόνα. Για παράδειγμα οπτικές ιδιότητες (αδιαφάνεια, η ανάκλαση, κατοπτρική ανάκλαση, κ.λπ.) μπορεί να ενισχύσουν σημαντικά το ρεαλισμό των μοντέλων.

Τα τρισδιάστατα γεωμετρικά μοντέλα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως παιχνίδια, Internet, τηλεόραση και ταινίες. Η απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί με αυτά τα μοντέλα μπορεί να είναι εξαιρετική, συνήθως όταν οι σκηνές είναι αμιγώς από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η διαθέσιμη τεχνολογία για την παραγωγή και την απόδοση είναι ιδιαίτερα βελτιστοποιημένη τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στην περίπτωση των κοινών αναπαραστάσεων 3D. Επιπλέον, οι σύγχρονες εξελίξεις στα γραφικά των υπολογιστών είναι σε θέση να προβάλλουν εξαιρετικά πολύπλοκες σκηνές με μια εντυπωσιακή ποιότητα όσον αφορά το ποσοστό ανανέωσης εικόνων, τα επίπεδα λεπτομέρειας, χωρική ανάλυση, αναπαραγωγή της κίνησης, και την ακρίβεια των υφών.

Ένα μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι είναι συνήθως το υψηλό κόστος και ανθρώπινη βοήθεια που απαιτείται για τη δημιουργία του προϊόντος. Δημιουργώντας αίσθηση βάθους με φωτορεαλισμό, η 3D σκηνή και η μοντελοποίηση αντικειμένων είναι συχνά περίπλοκη και χρονοβόρα και γίνεται ακόμη πιο περίπλοκη, αν μιλάμε για συνεχώς μεταβαλλόμενες σκηνές. Επιπλέον, ένα παραγόμενο 3D αντικείμενο για την ανασυγκρότηση της σκηνής προϋποθέτει μια εκτίμηση της γεωμετρίας της κάμερας, το βάθος των δομών και σχημάτων. Με κάποια πιθανότητα, όλες αυτές οι διαδικασίες εκτίμησης δημιουργούν σφάλματα στο γεωμετρικό μοντέλο. Αυτά τα λάθη στη συνέχεια, έχουν αντίκτυπο στις παρεχόμενες εικόνες. Ως εκ τούτου, η υψηλή ποιότητα παραγωγής της γεωμετρίας του μοντέλου, π.χ., για ταινίες, γίνεται συνήθως δύσκολη.

Η άλλη περίπτωση σε 3D αναπαραστάσεις ονομάζεται μοντέλο των εικόνων και δεν χρησιμοποιεί οποιαδήποτε αναπαράσταση της γεωμετρίας. Στην περίπτωση αυτή, εικόνες που έχουν παρθεί από κάμερα παρεμβάλλονται με συγκεκριμένο τρόπο δημιουργώντας αίσθηση τρισδιάστατου. Το κύριο πλεονέκτημα είναι μια δυνητικά υψηλή ποιότητα σύνθεσης αποφεύγοντας κάθε τρισδιάστατη ανακατασκευή σκηνής. Ωστόσο, το πλεονέκτημα αυτό θα πρέπει να εξαργηθεί από πυκνή δειγματοληψία του πραγματικού κόσμου με έναν επαρκώς μεγάλο αριθμό φυσικών εικόνων κάμερας. Σε γενικές γραμμές, η ποιότητα της σύνθεσης αυξάνεται με τον αριθμό των διαθέσιμων εικόνων. Ως εκ τούτου, συνήθως ένας μεγάλος αριθμός των καμερών πρέπει να υπάρχει για την επίτευξη υψηλής απόδοσης, και μια τεράστια ποσότητα δεδομένων εικόνας πρέπει να μεταποιηθεί σε ταινία. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν ο αριθμός των μηχανών είναι πολύ χαμηλός, μη ευκρινή αντικείμενα θα εμφανίζονται στις εικόνες που συντίθενται, τα οποία ενδεχομένως επηρεάζουν την ποιότητα.

Μεταξύ των δύο άκρων υπάρχει μια σειρά από προσπάθειες που κάνουν περισσότερο ή λιγότερο χρήση και των δύο προσεγγίσεων και συνδυάζουν τα πλεονεκτήματά τους με κάποιο τρόπο. Για παράδειγμα, η μηχανή Lumigraph χρησιμοποιεί μια παρόμοια αναπαράσταση με προβολή εικόνων, αλλά προσθέτει ένα τραχύ μοντέλο 3D. Αυτό παρέχει πληροφορίες σχετικά με το βάθος τη δομή της

σκηνής και, συνεπώς, επιτρέπει τη μείωση του αριθμού των απαιτούμενων φυσικών λήψεων κάμερας. Άλλες παραστάσεις δεν χρησιμοποιούμε 3D μοντέλα, αλλά ανάγλυφο βάθους ή ανισότητα έντασης φωτός. Οι εν λόγω προβολές δίνουν την εντύπωση διαφορετικού βάθους σε κάθε δείγμα μιας εικόνας. Μαζί με το πρωτότυπο δύο διαστάσεων (2D) η εικόνα με αίσθηση βάθους χτίζει ένα 3D, που συχνά αποκαλείται 2.5 D. Αυτό μπορεί να επεκταθεί σε πολλές στρώσεις εικόνων να δίνουν βάθος, όπου οι πολλαπλές τιμές χρώματος και τα διάφορα επίπεδα διαδοχικά προσεγγίζουν το τρισδιάστατο προϊόν. Μια διαφορετική εφαρμογή είναι η χρήση multiview βίντεο όπου η αίσθηση βάθους οφείλεται στον διαφορετικό φωτισμό των εικόνων και την καθαρότητα τους. Πιο κοντά στα γεωμετρικά μοντέλα πάντως είναι η σύγχρονη λογική γιατί προσεγγίζει πολύ καλύτερα το αληθινό σε σχέση με την δισδιάστατη προβολή εικόνων σε διαφορετικά επίπεδα.

#### 4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ

Να καταγράψεις πολλαπλές απόψεις ενός στατικού αντικειμένου είναι σχετικά απλό, διότι μόνο μία κάμερα είναι απαραίτητη. Κάποιος μπορεί να κινηθεί σε μία προκαθορισμένη διαδρομή και να λάβει πολλαπλές λήψεις της σκηνής. Ακολουθώντας μπορούν να συντεθούν και να δημιουργήσουμε την περιμετρική οπτική της σκηνής με χρήση ή όχι γεωμετρικών μοντέλων. Και εφόσον έχουμε η γεωμετρία υποτίθεται ότι είναι γνωστή, ως εκ τούτου, καθίσταται εύκολη η απεικόνιση multiview.

Η γεωμετρία που θα ακολουθήσει η κάμερα μπορεί να δημιουργηθεί με δύο τρόπους. Κατ' αρχάς, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ένα ρομποτικό βραχίονα, ή έναν παρόμοιο μηχανισμό για να ελέγχει την κίνηση της κάμερας. Για παράδειγμα, ένας ασφάλινος σκελετός με κάμερα χρησιμοποιείται για να συλλάβει περιμετρικά τη σκηνή, ο οποίος δημιουργεί ένα δισδιάστατο ενιαίο πλέγμα σε ένα επίπεδο 2D. Στα ομόκεντρα ψηφιδωτά, μια φωτογραφική μηχανή είναι τοποθετημένη στην άκρη ενός περιστρεφόμενου βραχίονα ο οποίος παρέχει μια σειρά από εικόνες των οποίων τα κέντρα της προεξοχής είναι κατά μήκος ενός κύκλου. Τα περιστρεφόμενα τραπέζια έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την εμφάνιση εικόνων για το σκοπό της ανοικοδόμησης της γεωμετρίας, η οποία βεβαίως εμπίπτει στην γενική έννοια του multiview. Η δεύτερη προσέγγιση για την αναδόμηση γεωμετρίας με κάμερα είναι μέσω της βαθμονόμησης. Στο Lumigraph, οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν μια κάμερα στο χέρι για να συλλάβουν μια επίμαχη σκηνή. Η σκηνή περιλαμβάνει τρία επίπεδα μοτίβα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση της κάμερας. Μια φωτογραφική μηχανή που συνδέεται με ένα σφαιρικό βραχίονα χρησιμοποιήθηκε για να συλλάβει τις εικόνες σχεδόν ομοιόμορφα πάνω από την σφαίρα. Η βαθμονόμηση χρησιμοποιείται ακόμα για να χαρακτηρίσει τις θέσεις της κάμερας στη γεωμετρία της σκηνής που λαμβάνεται μέσω σάρωσης φάσματος. Όταν η ίδια η σκηνή περιέχει πολλά σημεία που πρέπει να δοθεί έμφαση, είναι δυνατό να εξαχθούν από τη βαθμονόμηση της κάμερας.

#### 4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ

Όταν η σκηνή είναι δυναμική, μια σειρά από κάμερες είναι απαραίτητη. Οι περισσότερες υπάρχουσες συστοιχίες καμερών περιλαμβάνουν μια σειρά από στατικές κάμερες, εξ ου και γιατί η γεωμετρία τοποθέτησης της κάμερας πρέπει να βαθμονομείται πριν από τη λήψη της σκηνής. Μια εξαίρεση είναι μια

αυτοματοποιημένη σειρά καμερών που έχει 48 κάμερες που έχουν τοποθετηθεί σε ρομποτικές ράγες. Αυτές οι κάμερες κινούνται κατά την καταγραφή για να αποκτήσουν εικόνες για καλύτερη απόδοση. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να βαθμονομηθούν χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο βαθμονόμησης έτοιμο και προσαρμοσμένο στην κάθε σκηνή.

Η σύλληψη δυναμικών σκηνών με πολλαπλές κάμερες έχει μια σειρά από προκλήσεις. Για παράδειγμα, οι κάμερες θα πρέπει να συγχρονιστούν, εάν θα πρέπει να διερευνηθεί η επαλληλία μεταξύ των εικόνων στο στάδιο. Η ποσότητα των δεδομένων που συλλαμβάνονται από τη συστοιχία καμερών είναι συχνά τεράστια, και είναι απαραίτητο να γράψει τα δεδομένα αυτά σε συσκευές αποθήκευσης όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Το χρώμα και ο φωτισμός είναι ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί, ώστε να καταστεί δυνατή η σύνθεση των εικόνων.

Όταν ο αριθμός των καμερών στην συστοιχία είναι μικρός, ο συγχρονισμός ανάμεσα στις κάμερες είναι συχνά απλός. Μια σειρά από άπειρες κάμερες μπορούν να συνδένονται αλυσιδωτά να ληφθούν πολλά βίντεο όταν ο συγχρονισμός στην έναρξη της λήψης καθορίζεται από τον ίδιο δίαυλο. Εναλλακτικά, η έναρξη των καμερών μπορεί να συγχρονιστεί με τη χρήση ενός κοινού εξωτερικού σήματος. Αυτή είναι η ευρέως χρησιμοποιούμενη διάταξη και μπορεί να εφαρμοστεί και σε μεγάλες συστοιχίες καμερών. Στη χειρότερη περίπτωση, όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί κανέναν προσχεδιασμένος συγχρονισμός λήψεων, ο συγχρονισμός μπορεί ακόμα να επιτευχθεί σχεδόν τραβώντας εικόνες από τις κάμερες σε έναν κοινό ρυθμό από τον υπολογιστή. Ελαφρώς ασυγχρόνιστες εικόνες ενδέχεται να προκαλέσουν παράσιτα σε σκηνή κατά την ανασυγκρότηση της γεωμετρίας για ταχέως κινούμενα αντικείμενα, αλλά η παραγόμενη εικόνα μπορεί ακόμα να γίνει αποδεκτή δεδομένου ότι τα ανθρώπινα μάτια δεν είναι πολύ ευαίσθητα για τις λεπτομέρειες σε κινούμενα αντικείμενα.

Όταν πολλαπλά βίντεο καταγράφονται ταυτόχρονα, η ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να αποθηκευτούν και μεταγενέστερα να επεξεργαστεί είναι τεράστια. Τα περισσότερα υπάρχοντα συστήματα χρησιμοποιούν σε πολλούς υπολογιστές να καταγράψει και να επεξεργαστούν τα δεδομένα από τις κάμερες. Οι εφευρέτες της Multicamera Stanford Array χρησιμοποίησαν μια σπονδυλωτή ενσωματωμένη μέθοδο αποθήκευσης με βάση την υψηλή ταχύτητα σειριακού διαύλου IEEE1394, με έναν αισθητήρα εικόνας και συμπίεση MPEG2 σε κάθε κόμβο. Η συμπίεση των βίντεο γίνεται κατά τη διάρκεια της καταγραφής και το σύστημα είναι ικανό να καταγράψει συγχρονισμένα οπτικά δεδομένα από περισσότερες από 100 κάμερες σε μια συστοιχία σκληρών δίσκων σε τόσο λίγα όπως σε ένα PC. Εσχάτως εισήχθη μια ενδιαφέρουσα ιδέα που ονομάζεται κατανομή φωτός ανά τομέα. Πολλαπλοί υπολογιστές χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν τα δεδομένα στον επεξεργαστή κατόπιν αιτήματος. Στην ιδανική περίπτωση, οι υπολογιστές αυτοί σε επικοινωνία με τις κάμερες, έτσι ώστε κάθε κάμερα μπορεί να καταγράψει μερικές τυχαίες ακτίνες φωτός (pixels), όταν αυτό είναι απαραίτητο για την απόδοση. Αυτός ο σχεδιασμός ελαχιστοποιεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης μεταξύ των καμερών και επεξεργαστών, η οποία είναι κρίσιμη όταν χρησιμοποιούνται εκατοντάδες κάμερες.

Για χαμηλού κόστους συστοιχίες καμερών, είναι δύσκολο να διασφαλιστεί ότι όλες οι φωτογραφικές μηχανές έχουν το ίδιο χρώμα κατά τη λήψη του ίδιου αντικείμενου. Η χρωματική ασυμφωνία στις διάφορες φωτογραφικές μηχανές μπορεί να προκαλέσει λανθασμένη άποψη και διακύμανση στο χρώμα κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής. Προτάθηκε ένα σχήμα επανάληψης για τη βαθμονόμηση των αισθητήρων ώστε να ταιριάζουν μεταξύ τους παράγοντας ένα κοινό πρότυπο. Αυτό

αποδίδει καλύτερη χρωματική συμφωνία ανάμεσα στις κάμερες, το οποίο είναι πιο κατάλληλο για εφαρμογές απεικόνισης multiview.

### 4.3 ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΚΗΝΗΣ

Η γεωμετρία της σκηνής είναι συνήθως πολύ χρήσιμη κατά τη διάρκεια της ανασυγκρότησης εικόνας της 3DTV ή της FTV. Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε εν συντομία μερικούς μηχανισμούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόκτηση της γεωμετρίας σκηνής άμεσα, αντί να πηγάζει από αναπαραγωγή και επεξεργασία εικόνων. Μία γνωστή τεχνική βασίζεται σάρωση χώρου. Μια λωρίδα λέιζερ σαρώνει όλη τη σκηνή, η οποία λαμβάνεται από μία κάμερα τοποθετημένη σε μία απόσταση από το δείκτη λέιζερ. Το εύρος της σκηνής στη συνέχεια προσδιορίζεται από την εστιακή απόσταση της κάμερας, η απόσταση μεταξύ της κάμερας και του σημείου του λέιζερ, και η παρατηρηθείσα λωρίδα δείχνει τη θέση της εικόνας. Λόγω της περιορισμένη ταχύτητας σάρωσης της λωρίδας φωτός, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά για να συλλάβει τη γεωμετρία των στατικές σκηνές. Πρόσφατα μια γεωμετρική μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλαπλά μοτίβα που λαμβάνονται από το λέιζερ για να ανακτήσει βάθος μια σκηνή με μία μόνο εικόνα. Ωστόσο, η εφαρμογή της σε 3DTV ή FTV εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, διότι η λήψη από το λέιζερ μπορεί να αλλάξει στο σκηνικό χρώμα και υφή όταν οι εικόνες λαμβάνονται ταυτόχρονα.

Για δυναμικές σκηνές, η περισσότερο εμπορικός εφαρμοζόμενη τεχνική για 3D βασίζεται στην λογική του "χρόνου πτήσης". Οι ακτίνες λέιζερ (συχνά στο υπέρυθρο φάσμα) εκπέμπονται στη σκηνή, και συλλέγονται οι ανακλάσεις από τη συσκευή για τη μέτρηση του χρόνου πτήσης. Σε γενικές γραμμές, ο χρόνος πτήσης αισθητήρων μπορεί να διαιρεθεί σε δύο κύριες κατηγορίες φάσματος : παλμικού κύματος και συνεχούς. Αισθητήρες παλμικού κύματος μετρούν το χρόνο καθυστέρησης άμεσα, ενώ η αισθητήρες συνεχούς κύματος μετρούν την μετατόπιση φάσης μεταξύ του εκπεμπόμενου κύματος που έλαβε από τις ακτίνες λέιζερ για τον προσδιορισμό του βάθους της σκηνής. Ένα παράδειγμα παλμικού κύματος είναι η 3D επίγεια σαρωτή λέιζερ από συστήματα που κατασκευάζονται από την Riegl. Αισθητήρες συνεχούς κύματος κατασκευάζονται από την SwissRanger και την ZCam.

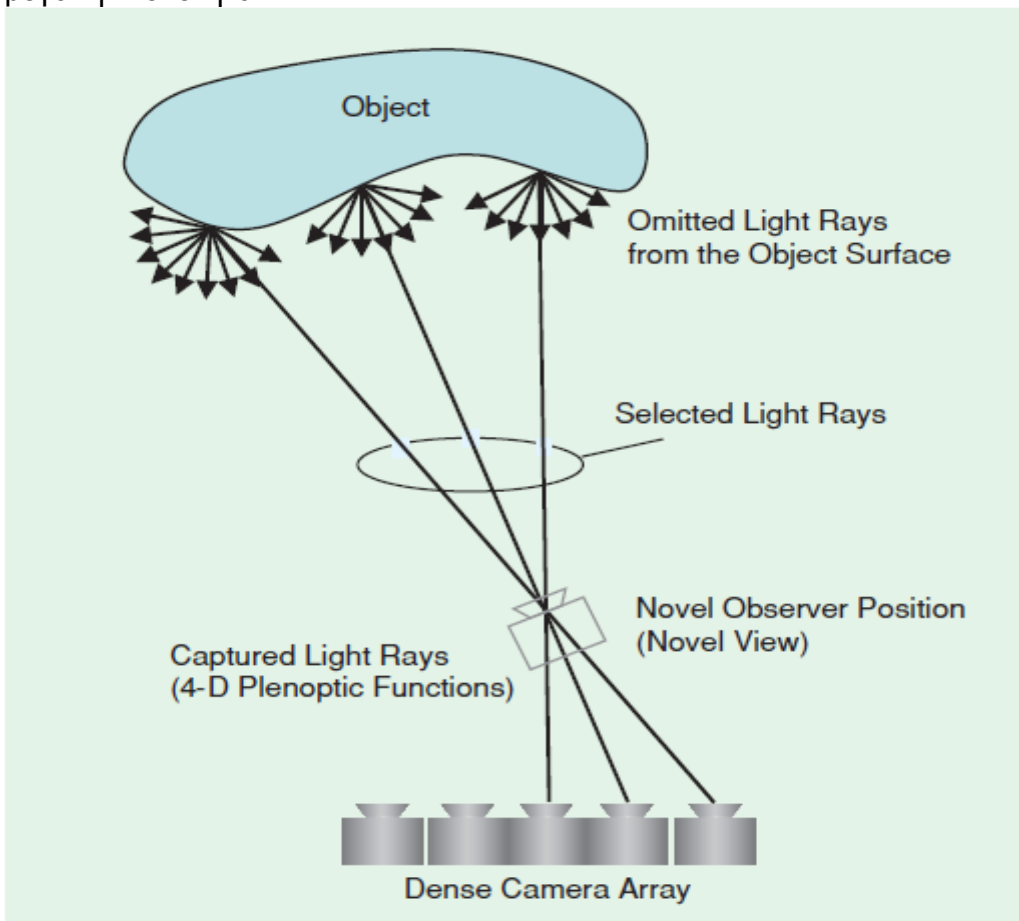
### 4.4 ΠΡΟΒΟΛΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΣΤΑΤΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Φανταστείτε ότι είναι δυνατό να καταγράψετε όλες τις ακτίνες του φωτός που ταξιδεύουν από την επιφάνεια ενός αντικειμένου σε αυθαίρετες θέσεις παρατηρητή. Σε αυτή την περίπτωση, θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε σωστή νέα οπτική από διάφορες οπτικές γωνίες απλά επιλέγοντας τις απαραίτητες ακτίνες φωτός από τις καταγεγραμμένες ακτίνες. Αυτό είναι προφανές, ωστόσο, η έννοια αυτή μας έφερε ένα νέο παράδειγμα, που ονομάζεται προβολή με βάση την εικόνα (IBR), και η έρευνα πάνω στην τεχνική IBR είχε προσελκύσει πολλή προσοχή από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Ο κύριος λόγος είναι ότι επιτρέπει φωτορεαλιστική απόδοση με ένα πολύ ελαφρύτερο φορτίο δεδομένων, ανεξάρτητα της πολυπλοκότητας της σκηνής. Η ιστορία αυτής της τεχνικής περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω. Για τη συγκεκριμένη λειτουργία είναι απαραίτητη η κάμερα plenoptic.

Η λειτουργία της κάμερας plenoptic εισήχθη για να περιγράψει αυτές τις ακτίνες φωτός σε επτά διαστάσεις (7D), χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους της 3D

θέσης, κατεύθυνσης 2D, μήκος κύματος (χρώμα) και το χρόνο. Σκεφτείτε την περίπτωση του σταθερού χρώματος και του χρόνου, τότε μειώνεται σε πέντε διαστάσεων λειτουργία. Επιπλέον, δεδομένου ότι μπορεί να υποθεθεί ότι η ένταση του φωτός παραμένει σταθερή κατά μήκος της τροχιάς του, μια αυθαίρετη ακτίνα φωτός μπορεί να περιγραφεί με μία 4D plenoptic λειτουργία. Αυτού του τύπου παρουσίαση των φωτεινών ακτινών ονομάζεται χώρος ακτινών ή πεδίο φωτός, η οποία είναι η πιο χρήσιμη και πρακτική αναπαράσταση. Το πεδίο φωτός συνήθως αποκτάται με συστοιχία από 2D κάμερες. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε ακτίνα φωτός μπορεί να παραμετροποιηθεί με τη θέση της κάμερας 2D και τη θέση ενός pixel. Αν εισάγουμε τα δεδομένα πεδίου φωτός με πυκνή δειγματοληψία σε ένα πλάνο αναπαράστασης, μπορούμε να δημιουργήσουμε μια νέα οπτική επιλέγοντας σωστά (resampling) τις απαραίτητες ακτίνες φωτός.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το κυρίως πρόβλημα λήψης σε IBR είναι πρόβλημα δειγματοληψίας της plenoptic κάμερας. Δηλαδή ότι υπάρχει έλλειψη ποιότητας εικόνας λόγω δειγματοληψίας. Ο στόχος είναι να δοκιμαστεί η plenoptic λειτουργία αρκετά πυκνές λήψεις ώστε να ανακατασκευάσει το αρχικό αντικείμενο με μεγάλη πιστότητα.



4.2 Σχηματική αναπαράσταση της IBR τεχνικής

Η θεωρία δειγματοληψίας μας παρέχει μια απάντηση ως προς το πόσο πυκνά θα πρέπει να είναι η λήψη ακτινών. Η θεωρία εφαρμόστηκε στο πεδίο φωτός και



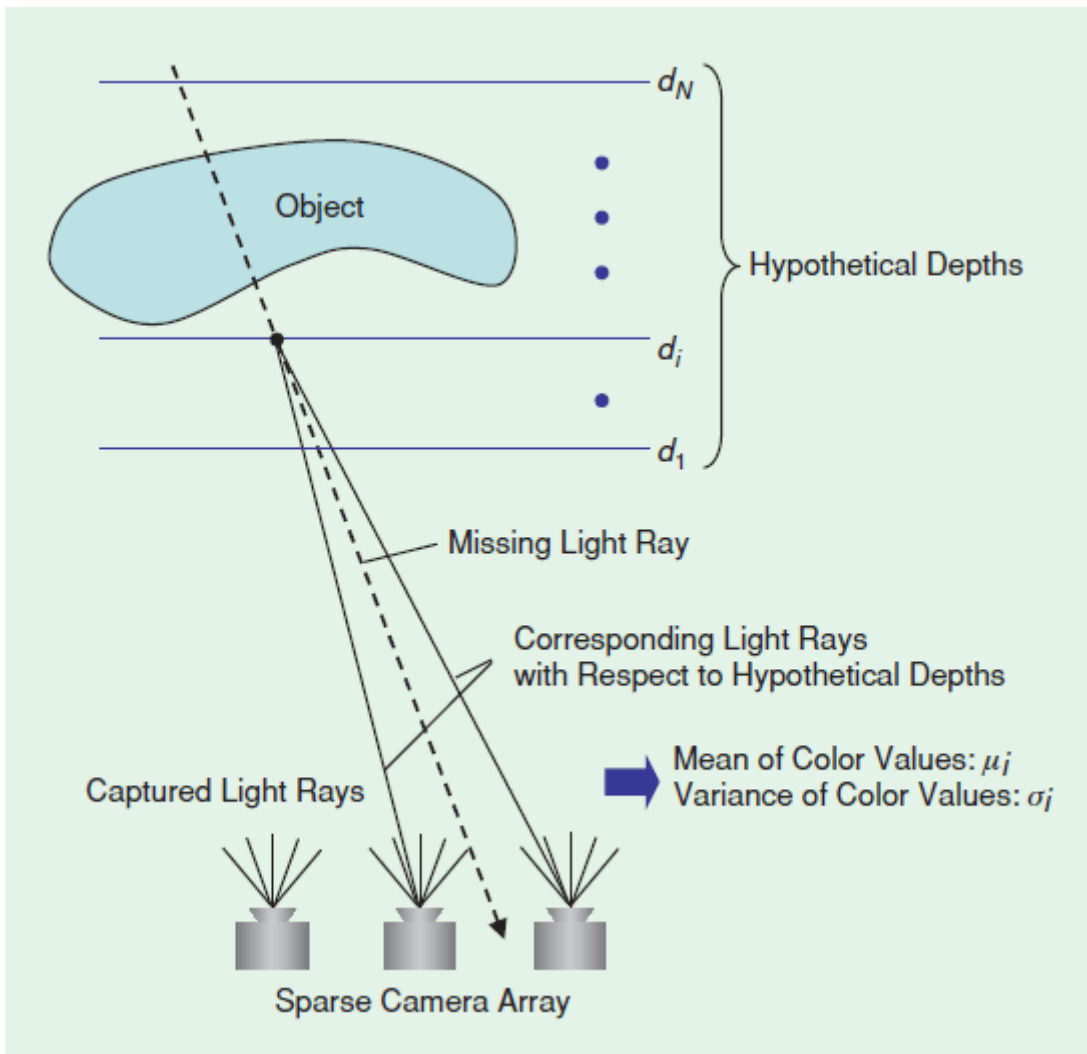
θεωρητικά βρέθηκε η ελάχιστη ανάλυση και ροή εικόνων που πρέπει να υπάρχει. Παρά το γεγονός ότι κατέστη δυνατό να οικοδομήσουμε ένα τέτοιο σύστημα καμερών με περισσότερες από 100 κάμερες, είναι δυστυχώς αδύνατο να εφαρμόσουμε τόσο πυκνές λήψεις για τις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές, λόγω του μεγέθους της κάμερας. Αντί να χρησιμοποιούμε πολλαπλές κάμερες, είναι επίσης δυνατό να δημιουργηθεί ένα πυκνότερο πεδίο φωτός μέσω της χρήσης μίας συστοιχίας μικρών φακών και μίας κάμερας. Ωστόσο, το φάσμα των θέσεων θέασης και της κατεύθυνσης είναι πολύ πιο περιορισμένο. Είναι δυνατόν να αποκτηθεί πεδίο φωτός επαρκώς πυκνό και σωστό για στατικές σκηνές μετακινώντας μια βιντεοκάμερα χειρός, ωστόσο, η θέση της κάμερας πρέπει να ληφθεί με ακρίβεια.

#### 4.5 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο εξοπλισμός δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί για εφαρμογές που να μπορεί η rleporitic λειτουργία να υπάρξει με την απαιτούμενη πυκνότητα. Στο μέλλον για να υπάρξει η συγκεκριμένη τεχνολογία με δειγματοληψία με επαρκή πυκνότητα, θα πρέπει να προστεθούν οι ακτίνες φωτός που χάθηκαν. Η ευαισθησία της κάμερας που δεν μπορεί να ληφθεί καλύπτεται με προσθήκη από ηλεκτρονικό υπολογιστή των ακτινών που χάθηκαν. Σε αυτή την περίπτωση παίρνουμε το μέσο όρο (δηλαδή, η μέση τιμή) των αποκτηθέντων ακτινών κατά τη διαδικασία της ανάμειξης. Το πρόβλημα είναι το ποιές ακτίνες πρέπει να χρησιμοποιούνται για αυτόν τον μέσο όρο. Αν το βάθος των ακτινών είναι γνωστό, τότε μπορούμε εύκολα να επιλέγουν και να χρησιμοποιούν τις ακτίνες που αντιστοιχούν σε αυτό το βάθος. Ως εκ τούτου, πρέπει να εκτιμηθεί το βάθος εκ των προτέρων.

Μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες και αποτελεσματικές διαδικασίες εκτίμησης βάθους σε μια προσέγγιση με βάση την εικόνα που βλέπεις είναι η ανάλυση χρώματος μεταξύ των ακτινών. Αυτή η ανάλυση χρώματος για το ποιές ακτίνες θα χρησιμοποιήσουμε κατά την δειγματοληψία γίνεται μέσω αλγορίθμων. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη βασική διαδικασία εκτίμησης του βάθους χρησιμοποιώντας τη ανάλυση των χρωμάτων. Για πολλαπλά υποθετικά βάθη που έχουν διαφορά  $d_i$  μεταξύ τους και συνολικό αριθμό  $N$  ακτινών, υπάρχουν ανιχνευτές χρωμάτων που δέχονται τις προσπίπτουσες ακτίνες και αναλύουν τα χρώματα τους. Κατόπιν μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή βρίσκεται η μέση τιμή ( $\mu_i$ ) και η διασπορά ( $\sigma_i$ ) των χρωμάτων των ακτινών, πιθανώς με ανάλυση του μήκους κύματος. Το χρώμα λοιπόν της χαμένης ακτίνας ( $L$ ) βρίσκεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$L = \mu_{arg \min\{s_i\}}.$$



#### 4.3 Σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου εύρεσης και ανάκτησης της χαμένης ακτίνας

Ο πιο απλός ορισμός της χρωματικής σταθερότητας είναι το αντίστροφο της διακύμανσης. Το εκτιμώμενο βάθος που θα επιλεγεί είναι το βάθος που δίνει την υψηλότερη σταθερότητα χρωμάτων (δηλαδή, η ελάχιστη διακύμανση). Με βάση αυτό εκτιμάται το βάθος, η ένταση του χρώματος της ακτίνας που λείπει και το  $L$ .

Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι είναι πολύ απλή και δεν χρειάζεται να λύσει υπολογιστικά δύσκολα προβλήματα. Προβλήματα προκύπτουν όμως κατά την εκτίμηση του βάθους και την ακριβή ανάλυση των χρωμάτων, και μια λανθασμένη αντίληψη βάθους δημιουργεί ορατά αντικείμενα, όπως ο οπτικός θόρυβος.

Στόχος μας δεν είναι απαραίτητα για να εκτιμηθεί το βάθος, αλλά να αναδημιουργηθεί η ακτίνα που χάθηκε. Η λογική που προτάθηκε πριν προτείνει αντί για τον προσδιορισμό του βάθους, να γίνει εκτίμηση της πιθανότητας για κάθε υποθετικό βάθος. Η απλούστερη προσέγγιση για να γίνει αυτό είναι να υποθέσουμε ότι η πιθανότητα  $P_i$  του υποθετικού βάθους  $d_i$  είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την  $\sigma_i$  διασπορά χρώματος (δηλαδή ανάλογη προς την συνεκτικότητα χρώματος, τα οποία εμείς ορίζουμε ως:

$$P_i = \frac{1/\sigma_i}{\sum_{i=1}^N (1/\sigma_i)}$$

Αυτή η εξίσωση λειτουργεί καλύτερα, ακόμη και για τις περιοχές με μειωμένα και θορυβώδη δεδομένα πεδίου φωτός από τη συμβατική μέθοδο εκτίμησης του βάθους.

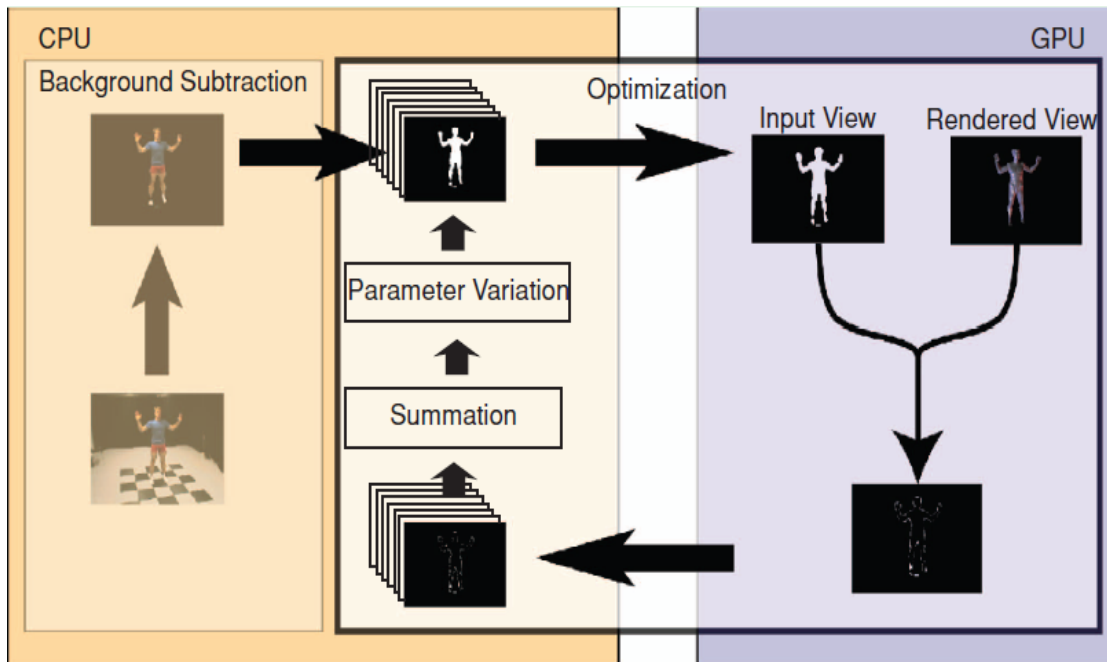
#### 4.6 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Σε πολλά σενάρια δημιουργίας FTV, το αντικείμενο που καταγράφεται είναι γνωστό εκ των προτέρων. Εφόσον το αντικείμενο είναι κατάλληλο για την εφαρμογή, μια τέτοια εκ των προτέρων γνώση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανασυγκρότηση της σκηνής. Φυσικά, ένα κατάλληλο καταγεγραμμένο μοντέλο του αντικειμένου πρέπει να είναι διαθέσιμο. Ένα μοντέλο όμως δημιουργεί όμως περιορισμούς ως προς την κίνηση του αντικειμένου. Ένα άλλο πλεονέκτημα του μοντέλου με βάση το FTV είναι ότι ένα a priori γεωμετρικό μοντέλο μπορεί να είναι εξαιρετικά λεπτομερές, το οποίο μπορεί να δώσει αποτελέσματα υψηλής ποιότητας και παρακάμπτει σε μεγάλο βαθμό τις ανακρίβειες που οφείλονται στην κακή γεωμετρία. Ένα σωστό γεωμετρικό μοντέλο με βάση τις μεθόδους FTV είναι σε θέση να επιτύχουν πιο ισχυρή και αυθεντική απόδοση με καλύτερα αποτελέσματα από τις μεθόδους που αγνοούν το πως καταγράφεται το περιεχόμενο της εικόνας.

Ενώ για τη σύλληψη της κίνησης είναι αρκετό να υπάρχει το μοντέλο που ελέγχει τις παραμέτρους κίνησης, η FTV επιβάλλει πρόσθετες απαιτήσεις που το μοντέλο που προκύπτει πρέπει να είναι σε θέση να παράγει πειστικά αποτελέσματα. Κατά συνέπεια, η πρόκληση στο μοντέλο του βασίζεται σε FTV είναι πως αυτόματα θα πρέπει να αναπαράγει τη γεωμετρία 3D και να καταγράφεται το περιεχόμενο της εικόνας.

Ένα μοντέλο που βασίζεται στις μεθόδους FTV είναι κατάλληλο για multiview βίντεο και μπορεί να αναπαράγει πειστικά τη σιλουέτα του καταγεγραμμένου αντικειμένου. Σιλουέτες του αντικειμένου, όπως φαίνεται από διαφορετικές οπτικές γωνίες της κάμερας, χρησιμοποιούνται για να ταιριάζει με το μοντέλο με τις εγγεγραμμένες εικόνες: το πρώτο επίπεδο σε όλες τις εικόνες είναι κατακερματισμένο και δισδιάστατο. Την ίδια στιγμή, το μοντέλο αντικειμένου 3 D αποδίδεται από όλες τις οπτικές γωνίες της κάμερας με τη χρήση λογισμικών παραγωγής γραφικών και ενσωματώνοντας όλες τις καταγεγραμμένες εικόνες. Στη συνέχεια, οι παραγόμενες σιλουέτες του αντικειμένου μπαίνουν σε σύγκριση με τις αντίστοιχες σιλουέτες των εικόνων ως μέτρο σύγκρισης του πόσο ταιριάζουν, χρησιμοποιείται ο αριθμός των pixels που δεν επικαλύπτονται κατά την τοποθέτηση της παραγόμενης σιλουέτας πάνω από την πραγματική σιλουέτα.





4.4 Αναπαράσταση της μεθόδου παραγωγής μιας τρισδιάστατης σιλουέτας μέσω επεξεργασίας εικόνων

Ακολούθως γίνεται συνεργασία μεταξύ εικόνων και υπολογιστή καταγράφεται ώστε η εικόνα να αποδίδει αυτά τα pixels της σιλουέτας που δεν επικαλύπτονται. Αθροίζοντας λοιπόν τα pixels για όλες τις εικόνες, λαμβάνεται το τελικό αποτέλεσμα. Αυτή η προβολή για να γίνει χρειάζεται βέβαια μία αρκετά καλή κάρτα γραφικών. Για την προσαρμογή των παραμέτρων στο μοντέλο ώστε το ποσοστό μη αντιστοίχισης να γίνεται ελάχιστο, χρησιμοποιείται ένας αριθμητικός αλγόριθμος μη γραμμικής βελτιστοποίησης, π.χ. η μέθοδος βελτιστοποίησης Powell, που ταυτόχρονα τρέχει στη CPU. Για κάθε νέο σύνολο τιμών των παραμέτρων του μοντέλου, ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης θυμίζει τον έλεγχο της κάρτας γραφικών που μπορεί να ελέγξει την παραγόμενη εικόνα πολλές εκατοντάδες φορές ανά δευτερόλεπτο.

#### 4.7 ΤΕΛΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Μετά το μοντέλο που βασίζεται καταγραφή της κίνησης, ένα υψηλής ποιότητας 3D μοντέλο γεωμετρίας πρέπει να δημιουργηθεί ώστε να ταιριάζει με το δυναμικό αντικείμενο στη σκηνή. Για φωτορεαλιστικά αποτελέσματα, το αρχικό βίντεο πρέπει να εφαρμόζει τέλεια σε υφή και χρώμα. Κάνοντας αποδοτική χρήση σε multivideo πλάνα, ανάγλυφα πλούσια αντικείμενα όπως πτυχώσεις υφασμάτων, σκιές ή οι εκφράσεις του προσώπου μπορούν να αναπαραχθούν πιστά ώστε να μοιάζει φυσικό και με δυναμική εμφάνιση το παρεχόμενο αντικείμενο.

Για την εκ των προτέρων χαρτογράφηση της υφής υπάρχει μια πολύ γνωστή τεχνική που μπορεί να εφαρμοστεί και λειτουργεί επίσης με μαθηματικό μοντέλο. Για επιτευχθεί η βέλτιστη ποιότητα εικόνας σε 3DTV, ωστόσο, είναι απαραίτητο να εισαχθούν οι υφές χωρίς να είναι προπαρασκευασμένα αλλά σε πραγματικό χρόνο, ένα μάλλον πολύ δύσκολο έργο. Επίσης, οι εικόνες βίντεο, τα οποία λαμβάνονται

από διαφορετικές οπτικές γωνίες, πρέπει να αναμειγνύονται κατάλληλα για να επιτευχθεί η εντύπωση μιας συνεκτικής υφής.

Επειδή το γεωμετρικό μοντέλο δεν είναι ακριβές, οι σιλουέτες ως εικόνα αναφοράς δεν ανταποκρίνονται ακριβώς στις παρεχόμενες σιλουέτες. Κατά την προβολή των εικόνων αναφοράς πάνω στο μοντέλο, η υφή που ανήκει σε κάποιο τμήμα του σώματος μετατοπίζονται δυνητικά σε άλλα τμήματα κοντινής θέσης.

Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους λάθη, κάθε περιοχή που είναι σκιερή και με κακό φωτισμό πρέπει να αποκλείεται κατά τη αναδόμηση της υφής. Για τον προσδιορισμό του βάθους σε σχέση με τη θέση της κάμερας, οι σκηνές με μηδενική ορατότητα καθορίζονται όχι μόνο από την πραγματική θέση της κάμερας, αλλά και από τις ελαφρά μετατοπισμένες εικονικές θέσεις της κάμερας.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η 3D γεωμετρία μπορεί επίσης να δημιουργηθεί με δεδομένα βάθους ανά pixel που σχετίζονται με το χρώμα.

Έρευνες έχουν δείξει ότι τα εν λόγω δεδομένα μπορούν να κωδικοποιηθούν πολύ αποτελεσματικά, π.χ. στους 5-10% του ρυθμού δυαδικών ψηφίων που απαιτείται για την κωδικοποίηση των δεδομένων παράγουν έγχρωμη εικόνα σε πολύ καλή ποιότητα.



*4.5 Μια σύγχρονη 3D τηλεόραση. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη αύξηση κυκλοφορίας στο εμπόριο τρισδιάστατων τηλεοράσεων*

## 5. ΜΕΤΑΔΟΣΗ 3D ΣΗΜΑΤΟΣ

Το 3D σήμα απαιτεί, περισσότερο εύρος ζώνης και bitrate από το απλό σήμα της τηλεόρασης, το οποίο είναι αντίστοιχο των τιμών του Blu-ray. Δηλαδή, πρέπει σε ένα λεπτό να στέλνονται περισσότερα δεδομένα, Για παράδειγμα, όπως αναφέραμε, η 3D εικόνα δεν είναι μία απλή εικόνα, αλλά δύο «ζευγαρωμένες» έτσι ώστε να μπορεί να αποδοθεί σαν τρισδιάστατη. Εφόσον όμως μιλάμε για βίντεο, πρέπει να ληφθεί υπόψη το μέγεθος του 3D βίντεο, το οποίο πιο απλά, μπορούμε να το θεωρήσουμε τουλάχιστον διπλάσιο από το απλό βίντεο, στο οποίο πρέπει να προστεθεί το μέγεθος του ήχου, του συγχρονισμού, η ανάλυση της εικόνας (Megapixels) καθώς και τα hertz με τα οποία θα προβάλλεται κάθε εικόνα. Έτσι καταλήγουμε στο ότι οι απαιτήσεις του 3D σήματος είναι όντως πολλές, καθώς και οι απαιτήσεις του τηλεθεατή αυξάνονται.

Εν συνεχεία θα δούμε το απαραίτητο bitrate που χρειάζεται το 3D σήμα αναλόγως με τα hertz του συστήματος καθώς και ο τύπος της διαμόρφωσης, με διάφορα χαρακτηριστικά όπως το code rate και το interval guard. Κάθε μεμονωμένο σύστημα έχει διαφορετική απόδοση, κάποια από τα οποία είναι εντελώς ακατάλληλα, κάποια είναι στο όριο και κάποια είναι άκρως αποδοτικά.

Ενδεικτικά, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε πως το bit rate, για 1080p (1920×1080p: 2,073,600 pixels, ~2.07 megapixels, ανά πλαίσιο) είναι στα 22Mbps και για τα 720p (280×720p: 921,600 pixels, ~0.92 megapixels, ανά πλαίσιο) είναι στα 12Mbps στο 3D σήμα βίντεο.

Modulation	Code rate	Guard interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	3,732	4,147	4,391	4,524
	2/3	4,976	5,529	5,855	6,032
	3/4	5,599	6,221	6,587	6,786
	5/6	6,221	6,912	7,318	7,540
	7/8	6,532	7,257	7,684	7,917
16-QAM	1/2	7,465	8,294	8,782	9,048
	2/3	9,953	11,059	11,709	12,064
	3/4	11,197	12,441	13,173	13,572
	5/6	12,441	13,824	14,637	15,080
	7/8	13,063	14,515	15,369	15,834
64-QAM	1/2	11,197	12,441	13,173	13,572
	2/3	14,929	16,588	17,564	18,096
	3/4	16,796	18,662	19,760	20,358
	5/6	18,662	20,735	21,955	22,620
	7/8	19,595	21,772	23,053	23,751

5.1 Σύστημα των 6 Mhz για DVB, ανά κανάλι, ανά διαμόρφωση, ανά guard interval και ανά code rate

Modulation	Code rate	Guard interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,354	4,838	5,123	5,278
	2/3	5,806	6,451	6,830	7,037
	3/4	6,532	7,257	7,684	7,917
	5/6	7,257	8,064	8,538	8,797
	7/8	7,620	8,467	8,965	9,237
16-QAM	1/2	8,709	9,676	10,246	10,556
	2/3	11,612	12,902	13,661	14,075
	3/4	13,063	14,515	15,369	15,834
	5/6	14,515	16,127	17,076	17,594
	7/8	15,240	16,934	17,930	18,473
64-QAM	1/2	13,063	14,515	15,369	15,834
	2/3	17,418	19,353	20,491	21,112
	3/4	19,595	21,772	23,053	23,751
	5/6	21,772	24,191	25,614	26,390
	7/8	22,861	25,401	26,895	27,710

5.2 Σύστημα των 7 Mhz για DVB, ανά κανάλι, ανά διαμόρφωση, ανά guard interval και ανά code rate

Modulation	Code rate	Guard interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

5.3 Σύστημα των 8 Mhz για DVB, ανά κανάλι, ανά διαμόρφωση, ανά guard interval και ανά code rate

Παρατηρούμε, όπως είναι λογικό, ότι κάθε σύστημα έχει διαφορετικές αποδόσεις, και ότι τα κοντινά συστήματα έχουν μικρές αποκλίσεις.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το 3D σήμα βίντεο, κατάλληλα συστήματα, δηλαδή οι παράμετροι οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, είναι τα εξής:

- **Σύστημα των 6 Mhz**

Για μετάδοση με ανάλυση τα 720p, που όπως αναφέραμε χρειάζεται τουλάχιστον 12 Mbps bit rate, το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με 16QAM διαμόρφωση, με code rate 2/3 και guard interval 1/32, όπως φαίνεται στο πινακάκι. Καλό είναι όμως, να μην είναι πολύ κοντά στο χρήσιμο bit rate, για να μην μπουκώσει το κανάλι, αλλά ούτε να δώσουμε παραπάνω bit rate, καθώς το κανάλι μένει άδειο άσκοπα. Οπότε, καλό είναι να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα που βρίσκονται κοντά στις τιμές των 13 και 14 Mbps. Για παράδειγμα, με διαμόρφωση 16QAM, χρησιμοποιούμε code rate 3/4 και guard interval 1/8 ή 1/16 ή 1/32, code rate 5/6 και guard interval 1/4 ή 1/8 ή 1/16 και code rate 7/8 και guard interval 1/4 ή 1/8. Με διαμόρφωση 64QAM, χρησιμοποιούμε code rate 1/2 και guard interval 1/8 ή 1/16 ή 1/32 και code rate 2/3 και guard interval 1/4. Βέβαια, αναλόγως τη μορφολογία της περιοχής και τις καιρικές συνθήκες θα χρησιμοποιηθεί και η ανάλογη διαμόρφωση.

Όσον αφορά τα 1080p που χρειάζονται 22Mbps bit rate, σκεφτόμαστε αναλόγως όπως παραπάνω και διαλέγουμε συστήματα λίγο παραπάνω από το bit rate που χρειαζόμαστε, δηλαδή, κοντά στα 23 με 24 Mbps. Σύμφωνα με το πινακάκι, τα συστήματα είναι αυτά με διαμόρφωση 64QAM και χρησιμοποιούμε code rate 5/6 και guard interval 1/32 και code rate 7/8 και guard interval 1/16 ή 1/32.

- **Σύστημα των 7 Mhz**

Για τη μετάδοση των 720p, κατάλληλα είναι τα συστήματα με διαμόρφωση 16QAM και χρησιμοποιούμε code rate 2/3 και guard interval 1/8 ή 1/16 ή 1/32, code rate 3/4 και guard interval 1/4 ή 1/8 και code rate 5/6 και guard interval 1/4. Με διαμόρφωση 64QAM χρησιμοποιούμε code rate 1/2 και guard interval 1/4 ή 1/8.

Για τα 1080p, οι επιλογές αυξάνονται σε σχέση με το προηγούμενο σύστημα, αλλά παραμένουν μόνο στη διαμόρφωση 64QAM. Οι επιλογές είναι με code rate 3/4 και guard interval 1/16 ή 1/32, code rate 5/6 και guard interval 1/8 και με code rate 7/8 και guard interval 1/4.

- **Σύστημα των 8 Mhz**

Εδώ, για τη μετάδοση των 720p, κατάλληλα είναι τα συστήματα με διαμόρφωση 16QAM χρησιμοποιούμε code rate 2/3 και guard interval 1/4 ή 1/8, code rate 3/4 και guard interval 1/4 και στη διαμόρφωση των 64QAM, χρησιμοποιούμε code rate 1/2 και guard interval 1/4.

Για τα 1080p, κατάλληλη είναι ξανά μόνο η διαμόρφωση των 64QAM και χρησιμοποιούμε code rate 2/3 και guard interval 1/16 ή 1/32 και code rate 3/4 και guard interval 1/4.



Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνονται τα Mhz στα συστήματα, αυξάνεται και το code rate (τα διορθωτικά bytes) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αποδεικνύεται η χρήση του κιάλας από το bit rate που δίνεται, ανά code rate, που είναι καλύτερο όσο μειώνονται τα διορθωτικά bytes.

Επίσης παρατηρείται ότι στην αύξηση των Mhz στα συστημάτων, αυξάνεται και το guard interval, καθώς οι πιθανότητες να σταλθεί το σήμα σωστά είναι περισσότερες.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την πάροδο των χρόνων, η τεχνολογία εξελίσσεται σταδιακά και αυτό αποδεικνύεται συνεχώς στην ψηφιακή τηλεόραση. Υπάρχει μια συνεχής προσπάθεια προσαρμογής στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση όσο αφορά την τρισδιάστατη προβολή καθώς οι απαιτήσεις είναι πάρα πολύ μεγάλες και λεπτομερείς στο θέμα της ποιότητας της εικόνας, όπως επίσης και των χρωμάτων.

Αν και οι τεχνικές του 3D και της 3DTV έχουν βαθιές ρίζες στην ιστορία η επιτυχή κατασκευή των 3DTV συστημάτων έχουν αποδείξει ότι απαιτούν μια πάρα πολύ λεπτή σύζευξη των διαφόρων τεχνικών και ως εκ τούτου έχουν διεπιστημονικό χαρακτήρα. Είναι αρκετά πιθανό ότι μελλοντικά συστήματα 3DTV θα έχουν αποσυνδεδεμένη τη λήψη και την απεικόνιση αλλά όμως θα υπάρχει η δυνατότητα λειτουργίας τους με την αφηρημένη αναπαράσταση 3D με σκηνές βάσης και κάνοντας χρήση των γραφικών εργαλείων του υπολογιστή.

Μια πραγματικά ολογραφική τηλεόραση προς το παρόν βρίσκεται πολύ μακριά από την πραγματικότητα, αλλά παρόλα αυτά η σύζευξη τεχνικών μπορεί να δώσει ικανοποιητικότερα αποτελέσματα ως προς την αντίληψη του βάθους. Η τρέχουσα έρευνα στο τομέα είναι ζωντανή και υπάρχει μια μεγάλη αύξηση του ενδιαφέροντος.

Πολλές μεγάλες 3D βιομηχανικές εταιρίες πρόσφατα κυκλοφόρησαν τηλεοράσεις με την δυνατότητα αναπαραγωγής 3D, όμως πίσω από αυτό υπάρχουν πάρα πολλά μειονεκτήματα. όπως οι διαφορές μεταξύ ενεργητικού και παθητικού 3D, η υποχρεωτική χρήση γυαλιών με αρνητικό αντίκτυπο (ζαλάδες, κόπωση στην όραση) καθώς και οι συμπίεσεις και οι κωδικοποιήσεις που πρέπει να είναι πιο αξιόπιστες. Μπορεί η ψηφιακή τηλεόραση να έχει επιφέρει θετικά αποτελέσματα τόσο στους παρόχους όσο και στους καταναλωτές οι οποίοι εξοικειώνονται με την ιδέα αυτή κυρίως στην προβολή ταινιών και στην ζωντανή αναμετάδοση. Δυστυχώς η ζωντανή αναμετάδοση σε τρισδιάστατη προβολή είναι μια διαδικασία που απαιτεί λεπτομερή επεξεργασία και αποθήκευση αφού υπάρχει γιγαντιαίος αριθμός πληροφοριών στον ελάχιστο δυνατό χρόνο καθώς και απαιτεί πάρα πολλές κάμερες για την κάλυψη όλων δυνατών περισσώτερων γωνιών λήψης με αποτέλεσμα αυτό να παρουσιάζει πρόβλημα.

Αυτό το πρόβλημα μπορεί να παρακαμφθεί μόνο με την αναδημιουργία ενός μη πραγματικού συμπληρωματικού αντικειμένου με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η μόνη διέξοδος για το 3D όπως αποδεικνύεται είναι ο κινηματογράφος και όχι η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση αν και ο ενθουσιασμός πια δεν είναι ο ίδιος όπως παλιότερα. Ίσως με την σωστή χρήση συνδυασμών των κατάλληλων τεχνικών και μιας αντίστοιχης οθόνης μπορεί να παρουσιαστεί πλέον μια αρκετά καλή αναπαράσταση μιας ζωντανής σκηνής.

Η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση και η 3DTV, ανήκουν στον κλάδο της τεχνολογίας κάτι το οποίο εξελίσσεται ραγδαία και δεν μπορεί να μείνει στάσιμο, άρα κάποια στιγμή ίσως η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση να καταφέρει να υποστηρίξει 3DTV εξολοκλήρου.

## 7. ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- 2.1 Ιστορικοί σταθμοί της ιστορίας της στερεοσκοπίας.
- 2.2 Σχηματικά ο τρόπος λειτουργίας των γυαλιών πολωμένου φωτός
- 2.3 Μία από τις πρώτες ταινίες τρόμου που προβλήθηκαν σε 3D ήταν το EyesofHell
  
- 3.1 Απλουστευμένη αναπαράσταση της λειτουργίας ενός ολογράμματος
- 3.2.2 3D display
- 3.3 Block diagram of the framework and system for 3DTV transport over IP
  
- 4.1 Ένα σύστημα λήψης FTV που γίνονται ταυτόχρονα λήψεις από 100 κάμερες
- 4.2 Σχηματική αναπαράσταση της IBR τεχνικής
- 4.3 Σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου εύρεσης και ανάκτησης της χαμένης ακτίνας
- 4.4 Αναπαράσταση της μεθόδου παραγωγής μιας τρισδιάστατης σιλουέτας μέσω επεξεργασίας εικόνων
- 4.5 Μια σύγχρονη 3D τηλεόραση. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη αύξηση κυκλοφορίας στο εμπόριο τρισδιάστατων τηλεοράσεων
  
- 5.1 Σύστημα των 6 Mhz για DVB, ανά κανάλι, ανά διαμόρφωση, ανά guard interval και ανά code rate
- 5.2 Σύστημα των 7 Mhz για DVB, ανά κανάλι, ανά διαμόρφωση, ανά guard interval και ανά code rate
- 5.3 Σύστημα των 8 Mhz για DVB, ανά κανάλι, ανά διαμόρφωση, ανά guard interval και ανά code rate

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] S.C. Chan, H.Y. Shum, and K.T. Ng, "Image-based rendering and synthesis," IEEE Signal Processing Mag. vol. 24, no. 7, pp. 22–33, Nov. 2007
- [2] J. Berent and P. Luigi Dragotti, "Plenoptic manifolds," IEEE Signal Processing Mag., vol. 24, no. 7, pp. 34–44, Nov. 2007
- [3] C. Theobalt, N. Ahmed, G. Ziegler, and H.-P. Seidel, "High-quality reconstruction from multiview video streams," IEEE Signal Processing Mag., vol. 24, no. 7, pp. 45–57, Nov. 2007
- [4] K. Müller, P. Merkle, and T. Wiegand, "Compressing time-varying visual content," IEEE Signal Processing Mag., vol. 24, no. 7, pp. 58–67, Nov. 2007.
- [5] M. Flierl and B. Girod, "Multiview video compression," IEEE Signal Processing Mag., vol. 24, no. 7, pp. 66–76, Nov. 2007
- [6] A. Murat Tekalp, E. Kurutepe, and M. Reha Civanlar, "3DTV over IP," IEEE Signal Processing Mag., vol. 24, no. 7, pp. 77–87, Nov. 2007
- [7] <http://superuser.com/questions/434532/what-data-transfer-rates-are-needed-or-streaming-hd-1080p-or-720p-video-or-stan>
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/High-definition\\_television](https://en.wikipedia.org/wiki/High-definition_television)
- [9] [https://www.dvb.org/resources/public/standards/a012\\_dvb-t\\_june\\_2015.pdf](https://www.dvb.org/resources/public/standards/a012_dvb-t_june_2015.pdf)