

Τεχνολογία Τρισδιάστατης Εικόνας, Μεταβίβαση και Προκλήσεις¹

Ν. Σγούρος, Δ. Χαϊκάλης, Δ. Μαρούλης, Π. Παπαγέωργας, Μ. Σαγκριώτης, Ν.

Θεοφάνους

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Πληροφορικής και
Τηλεπικοινωνιών
Πανεπιστημιούπολη, 15784 Ιλίσια, τηλ: 2107275307
rtsimage@di.uoa.gr

Περίληψη – Η ρεαλιστική αναπαράσταση εικόνων και σκηνών αποτελεί τον απόλυτο στόχο της τεχνολογίας απεικόνισης, που θα ωφελήσει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών πληροφορικής, εκπαίδευσης, ιατρικής και ψυχαγωγίας. Η αναπαράσταση σε δύο διαστάσεις έχει αναπτυχθεί οριακά, και το επόμενο λογικό βήμα είναι η χρήση τριών διαστάσεων, προσφέροντας φυσική αίσθηση του βάθους που είναι αναπόσπαστο συστατικό της ανθρώπινης όρασης. Χάρη στην ταχεία αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και την πρόοδο των οπτικών συστημάτων, το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας στράφηκε τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη εφαρμογών τρισδιάστατης εικόνας. Στην εργασία αυτή, εμβαθύνουμε στις τεχνολογίες τρισδιάστατης απεικόνισης, σκιαγραφώντας τα βασικά τους χαρακτηριστικά και προδιαγράφοντας ένα πρότυπο σύστημα. Επίσης, αναφερόμαστε στις προκλήσεις που προκύπτουν, λόγω του τεράστιου όγκου δεδομένων, κατά τη δημιουργία, την αποθήκευση και τη μετάδοση τρισδιάστατων σκηνών, καθώς και στους τρόπους αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών.

1. Εισαγωγή

Στις ημέρες μας η μετάδοση και χρήση πληροφοριών εικόνας είναι από τους σημαντικότερους τομείς των επιστημονικών πεδίων των επικοινωνιών και της πληροφορικής. Η εξέλιξη και η γρήγορη εξάπλωση των κινητών επικοινωνιών σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των αισθητήρων ψηφιακής λήψης εικόνων και την παράλληλη αύξηση των υπολογιστικής ισχύος των φορητών συσκευών αποτελούν τον κύριο μοχλό ανάπτυξης και βελτίωσης νέων υπηρεσιών βασισμένων σε εικόνες όπως εικονοτηλέφωνα υψηλής ανάλυσης, τηλεδιάσκεψη και εξ' αποστάσεως εκπαίδευση, εικονικές επισκέψεις (μουσείων, σπιτιών, τουριστικών περιοχών), τηλεϊατρική (Konrad J., 2001). Στην πλειονότητα τους αυτές οι εφαρμογές απαιτούν αυξημένο βαθμό ρεαλισμού (η αίσθηση να βρίσκεται ο θεατής στον χώρο που παρατηρεί) που δεν μπορεί να επιτευχθεί με τις υπάρχουσες τεχνολογίες απεικόνισης που βασίζονται σε οθόνες δύο διαστάσεων. Η μοναδική λύση σ' αυτή την κατεύθυνση είναι η χρήση τρισδιάστατων (3D) διατάξεων απεικόνισης υψηλής ανάλυσης με δυνατότητα ταυτόχρονης θέασης από πολλούς θεατές με φυσικό τρόπο, δηλαδή χωρίς την χρήση ειδικών διατάξεων παρατήρησης όπως στερεοσκοπικά γυαλιά.

2. Διατάξεις τρισδιάστατης απεικόνισης και στερεοσκοπία

Οι γνωστότερες διατάξεις «πραγματικής» τρισδιάστατης απεικόνισης, οι οποίες σχηματίζουν ένα αντικείμενο τριών διαστάσεων στο χώρο, είναι οι ολογραφικές και οι ογκομετρικές. Οι ολογραφικές και οι ογκομετρικές τρισδιάστατες οθόνες μπορεί ενδεχόμενα στο μέλλον να προσφέρουν την απόλυτη τρισδιάστατη εμπειρία, αλλά δεν είναι σαφές με ποιο τρόπο μπορεί να μεταδοθεί ο τεράστιος όγκος οπτικής πληροφορίας που αυτές χρειάζονται. Επιπλέον, εφόσον οι καλύτερες ολογραφικές οθόνες μπορούν να παρουσιάσουν μόνο ακίνητες εικόνες ενώ οι ογκομετρικές

¹ Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Ενίσχυσης Ερευνητικού Δυναμικού (ΠΕΝΕΔ) 2003 (κωδικός έργου 03ΕΔ656), το οποίο συγχρηματοδοτείται από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) και το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο.

είναι περίπλοκες με μηχανικά μέρη, και οι δύο είναι ασύμβατες με την αντίληψη των επικοινωνιών με γραφικά (visual communications) του 21ου αιώνα που θέλει την τεχνολογία αυτή να είναι προσβάσιμη «παντού και πάντα» (Konrad J., 2001).

Μια εναλλακτική τεχνολογία στα ολογραφικά και ογκομετρικά συστήματα αποτελούν οι τρισδιάστατες στερεοσκοπικές οθόνες που βασίζονται στην πολυπλεξία κατάλληλων όψεων μιας σκηνής για να δημιουργήσουν την τρισδιάστατη αναπαράσταση. Η λέξη στερεοσκοπία υποδηλώνει τρισδιάστατη αντίληψη των αντικειμένων, δηλαδή αναγνώριση της πληροφορίας βάθους που υπάρχει στα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου (Θεοφάνους Ν. και άλλοι, 2004). Αντίθετα με τις προαναφερθείσες τεχνικές οι οποίες απεικονίζουν ένα αντικείμενο και στις τρεις διαστάσεις του, οι στερεοσκοπικές οθόνες παρουσιάζουν δύο όψεις της ίδιας σκηνής, οι οποίες έχουν ληφθεί από ελαφρά διαφορετικές γωνίες, και βασίζονται στον ανθρώπινο εγκέφαλο για να τις ενώσει σε μια τρισδιάστατη αναπαράσταση. Η στερεοσκοπία σαν ιδέα υπάρχει για περισσότερο από έναν αιώνα, αλλά μόνο τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει αναθερμανθεί το ενδιαφέρον για την αξιοποίησή της. Αυτό έγινε δυνατό με την ανάπτυξη τεχνικών πολυπλεξίας/αποπολυπλεξίας εικόνας, οι οποίες χρειάζονται για να διαχωρίζονται οι όψεις που προορίζονται για κάθε μάτι, αλλά και στην ολοένα μεγαλύτερη αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των σύγχρονων υπολογιστών.

2.1. Στερεοσκοπικές και αυτοστερεοσκοπικές τεχνικές

Οι τρέχουσες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τρισδιάστατη παρατήρηση μπορούν να διαιρεθούν σε δύο (2) κατηγορίες, οι οποίες καλύπτουν τις στερεοσκοπικές και τις αυτοστερεοσκοπικές μεθόδους. Οι στερεοσκοπικές τεχνικές περιλαμβάνουν ορισμένες διατάξεις όπως τα γυαλιά συγχρονισμένων κλείστρων, ή τα πολωτικά γυαλιά ή – πιο πρόσφατα – διατάξεις απεικόνισης με LCD σε κράνος που φοριέται στο κεφάλι (Head Mounted Display, HMD). Από την άλλη πλευρά, οι αυτοστερεοσκοπικές τεχνικές περιλαμβάνουν ειδικές οπτικές διατάξεις οι οποίες ενσωματώνονται στη διάταξη απεικόνισης και μ' αυτό τον τρόπο εφοδιάζουν τον παρατηρητή με στερεοσκοπικά είδωλα τα οποία του προσφέρουν από μόνα τους αντίληψη βάθους. Το κυριότερο πλεονέκτημα των αυτοστερεοσκοπικών τεχνικών είναι το ότι παρέχουν στον εγκέφαλο αντίληψη πραγματικά στερεοσκοπικών ειδώλων χωρίς τους περιορισμούς που δημιουργούνται από τα γυαλιά ή από άλλα σύνεργα, πράγμα που είναι καίριας σημασίας για ορισμένες εφαρμογές.

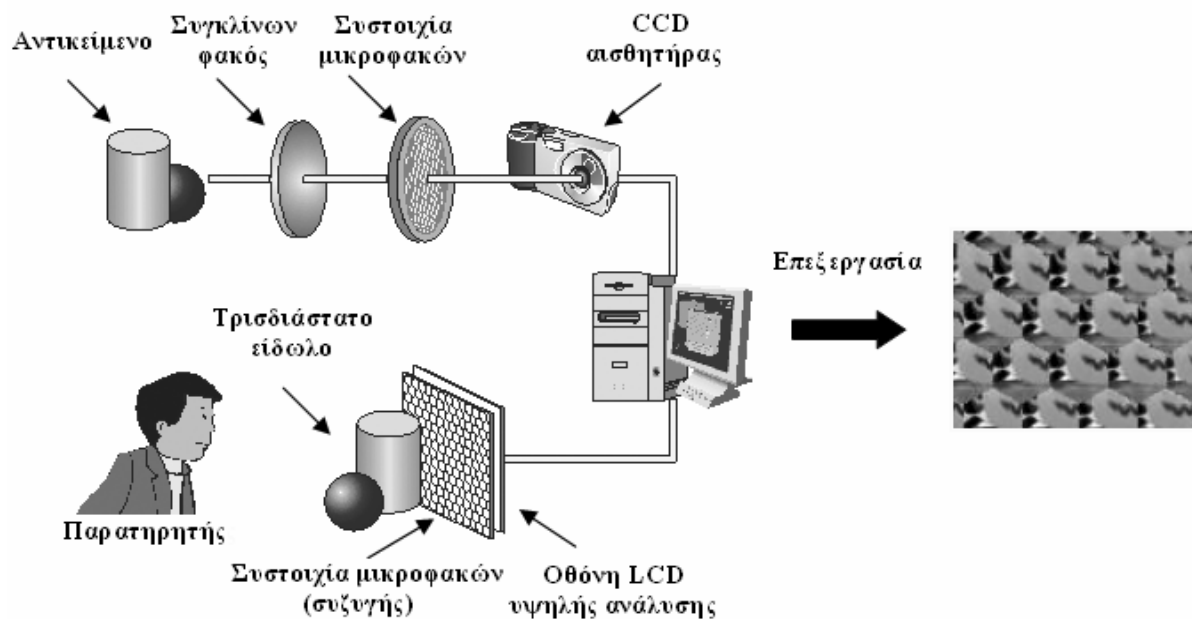
Οι γνωστές τεχνικές κατασκευής αυτοστερεοσκοπικών διατάξεων απεικόνισης βασίζονται στις κυλινδροειδείς συστοιχίες (lenticular arrays), τις συστοιχίες φακών (lens arrays) ή σε λωρίδες επιλογής εικονοστοιχείων (lightning stripes ή barriers) και τις συστοιχίες κατευθυντικών χρωματικών φίλτρων. Η κοινή πρακτική που ακολουθείται προς το παρόν για την εκμετάλλευση αυτών των τεχνολογιών είναι η ανάπτυξη εξειδικευμένου λογισμικού και υλικού από κάθε κατασκευαστή η οποία οδηγεί σε αύξηση του κόστους, μείωση των τρισδιάστατων (3D) θεμάτων προς απεικόνιση και έλλειψη υποστήριξης από τις υπάρχουσες εφαρμογές.

2.2 Ολοκληρωτική φωτογραφία

Η ολοκληρωτική φωτογραφία (Integral Photography - IP) αποτελεί μια ειδική κατηγορία διάταξης αυτοστερεοσκοπικής απεικόνισης η οποία προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Lippman το 1908. Οι τυπικές διατάξεις απεικόνισης αυτού του είδους σήμερα, έχουν ως βασικό μέρος τους ένα σύστημα που αποτελείται από TFT οθόνη υψηλής ανάλυσης εφοδιασμένη με συστοιχία μικροφακών. Μια τυπική διάταξη λήψης και απεικόνισης IP παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Με την ολοκληρωτική φωτογραφία επιτυγχάνεται η δημιουργία πολλαπλών όψεων ενός τρισδιάστατου σκηνικού στο χώρο και η παρατήρηση γίνεται με φυσικό τρόπο όπως στις αυτοστερεοσκοπικές οθόνες πολλαπλής θέασης αλλά με ελευθερία στην κίνηση του παρατηρητή τόσο οριζόντια όσο και κάθετα (παράλλαξη). Ένα από τα κυριότερα σημεία τα οποία χαρακτηρίζουν αυτήν την τεχνική είναι η εγγενής παραλληλία την οποία ενσωματώνει κατά τη δημιουργία των πολλαπλών όψεων ενός αντικειμένου. Παρόμοια παραλληλία χαρακτηρίζει και τις αυτοστερεοσκοπικές διατάξεις που χρησιμοποιούν παθητικά στοιχεία και έγκειται στο γεγονός ότι ο κάθε φακός “βλέπει” ένα τμήμα της όλης εικόνας ανεξάρτητα από κάθε άλλο φακό με αποτέλεσμα η όλη διαδικασία λήψης εικόνων να μπορεί να παραλληλισθεί σε σημαντικό βαθμό. Δεδομένου ότι ακόμη και η απλούστερη αυτοστερεοσκοπική διάταξη πολλαπλών όψεων χρησιμοποιεί 16 τουλάχιστον διαφορετικές όψεις (8

διαφορετικές όψεις και 2 για κάθε μάτι), η χρησιμότητα της παραλληλίας στις διαδικασίες δημιουργίας ψηφιακού περιεχομένου με υπολογιστή κατάλληλου για αυτοστερεοσκοπικές διατάξεις τρισδιάστατης απεικόνισης πολλαπλής θέασης είναι μεγάλη.



Σχήμα 1: Μια τυπική διάταξη αυτοστερεοσκοπικής λήψης και απεικόνισης IP

3. Τρισδιάστατη απεικόνιση σε δισδιάστατη οθόνη

Η παραγωγή ψηφιακής εικόνας με τη χρήση υπολογιστή αποτελεί σήμερα μια κοινή πρακτική τόσο σε εφαρμογές όπως παιχνίδια με υπολογιστή, στην παραγωγή ταινιών καθώς και σε εφαρμογές όπως εικονική περιήγηση σε εκθεσιακούς χώρους, παρουσίαση επιστημονικού υλικού, απεικόνιση ιατρικών τρισδιάστατων δεδομένων κ.τ.λ. Μία μηχανή παράστασης στην οθόνη (rendering machine) παίρνει μία τρισδιάστατη σκηνή ή μοντέλο, υπολογίζει με μαθηματικές τεχνικές πώς θα πρέπει η σκηνή αυτή να φαίνεται και τελικά σχεδιάζει τη σκηνή στην οθόνη.

Η αναπαράσταση τρισδιάστατων αντικειμένων σε οθόνες δύο διαστάσεων επιτυγχάνεται με μηχανές παράστασης σάρωσης γραμμών (scanline rendering machines), με μηχανές παρακολούθησης ακτίνας (ray-tracing machines) ή με τον συνδυασμό τους. Η χρήση της τεχνικής παράστασης σάρωσης γραμμών γνωρίζει στις μέρες μας τη μεγαλύτερη αποδοχή και υποστηρίζεται από όλες τις γνωστές κάρτες γραφικών με υλοποιήσεις που βασίζονται σε βελτιστοποιημένες υλοποιήσεις GPUs (Graphics Processing Units).

3.1. Παράσταση σάρωσης γραμμών

Η παράσταση με σάρωση γραμμών, η οποία συναντάται στη βιβλιογραφία και ως μετατροπή σάρωσης (scan-converting) είναι η προτιμώμενη μέθοδος για τη σχεδίαση γραφικών σε κινηματογραφικές ταινίες. Επειδή στις περιπτώσεις αυτές, η εφαρμογή αφορά τη σχεδίαση κινούμενων εικόνων, κάθε πλαίσιο εικόνας παραμένει στην οθόνη μόνο για ένα κλάσμα του δευτερολέπτου και συνεπώς η φωτορεαλιστική απόδοση της σκηνής δεν έχει ιδιαίτερη σημασία.

Αλγόριθμοι σάρωσης γραμμών έχουν υλοποιηθεί ευρύτατα και με χαμηλό κόστος με υλικό, και η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται στις σύγχρονες κάρτες γραφικών και είναι προσπελάσιμη από τον χρήστη μέσω τρισδιάστατων αρχιτεκτονικών (3D API's) όπως είναι η OpenGL και το Direct3D.

Πλεονεκτήματα :

- μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με αλγορίθμους παρακολούθηση ακτίνας (μέχρι και μία τάξη μεγέθους πάνω).
- Δεν απαιτούνται υπολογισμοί για εικονοστοιχεία που δεν έχουν σχέση με την γεωμετρία της σκηνής.
- Εφαρμογή σε μηχανές σχεδίασης πραγματικού χρόνου.

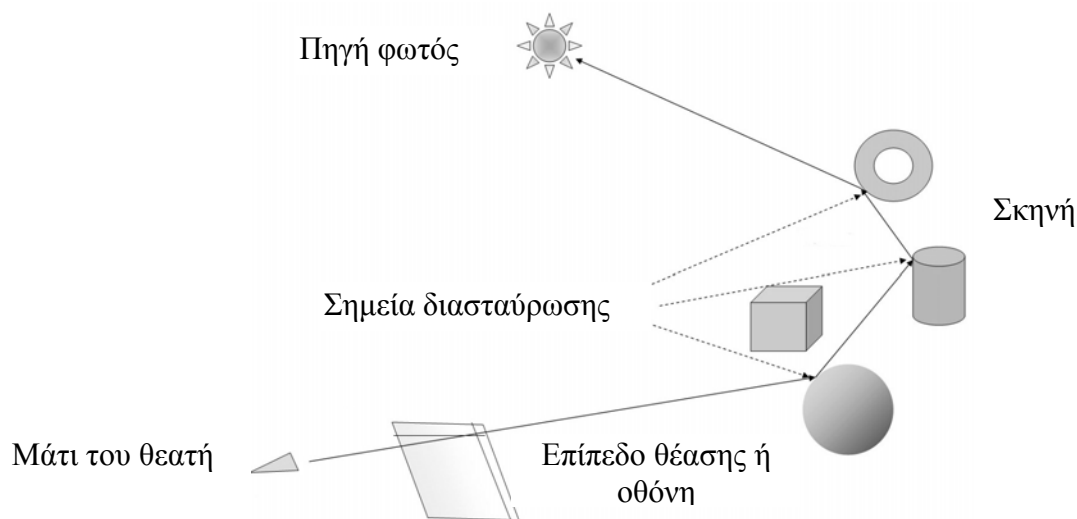
Μειονεκτήματα :

- χαμηλή ποιότητα παράστασης στην οθόνη σε σχέση με αλγορίθμους παρακολούθησης ακτίνας.

3.2 Παρακολούθηση ακτίνας

Η παρακολούθηση ακτίνας είναι η κυρίαρχη μέθοδος για παράσταση στην οθόνη φωτορεαλιστικών σκηνών, δηλ. συνθετικών εικόνων που δε διαφέρουν από φωτογραφίες πραγματικών σκηνών. Για κάθε εικονοστοιχείο της οθόνης, εκπέμπεται μια φανταστική ακτίνα από το σημείο παρατήρησης προς τη σκηνή και αφού εντοπιστούν τα αντικείμενα της σκηνής τα οποία είναι στη διαδρομή της ακτίνας, χρησιμοποιείται το κοντινότερο από αυτά προς το σημείο παρατήρησης για τον χρωματισμό του εικονοστοιχείου. Η αρχή λειτουργίας της τεχνικής παρακολούθησης ακτίνας απεικονίζεται στο Σχήμα 2.

Η κυριότερη εργασία ενός παρακολουθητή ακτίνας είναι ο υπολογισμός συνάντησης της ακτίνας και του αντικειμένου. Το βασικό έργο είναι να βρεθεί το πρώτο αντικείμενο το οποίο συναντά κάθε ακτίνα από το σημείο θέασης. Περισσότερες συναντήσεις υπολογίζονται για να δημιουργηθεί ανάκλαση, διάθλαση, σκιά και άλλα εφέ στην εικόνα. Πάνω από το 95% του χρόνου υπολογισμού ενός παρακολουθητή ακτίνας αφιερώνεται στον υπολογισμό συναντήσεων ακτίνας-αρχετύπου (Glassner A., 1989), (Whitted T., 1980), επομένως είναι η εργασία που πρέπει να παραλληλοποιηθεί πρώτη.



Σχήμα 2: Αρχή λειτουργίας της τεχνικής παρακολούθησης ακτίνας

3.3. Πλεονεκτήματα μηχανής παρακολούθησης ακτίνας για την σχεδίαση τρισδιάστατων σκηνών

Τα προγράμματα παραγωγής εικόνας με μετατροπή σάρωσης, αν και χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία ταινιών με CAD (Computer Aided Design), δε μπορούν να παράγουν σκηνές τόσο οπτικά αρεστές όσο μπορεί ο παρακολουθητής ακτίνας (Jumphreys G. et al, 1996).

Ειδικότερα, τα συστήματα μετατροπής σάρωσης δεν έχουν την ικανότητα να αναπαριστούν αντανακλάσεις και διαθλάσεις. Η πρόσθεση τέτοιων χαρακτηριστικών γενικά οδηγεί στην ενσωμάτωση ενός συστήματος παρακολούθησης ακτίνας στον μετατροπέα σάρωσης. Αυτό το μειονέκτημα γίνεται περισσότερο φανερό στην προσπάθεια δημιουργίας λεπτομερών σκιών, οι οποίες κρίνονται ζωτικής σημασίας για ρεαλιστική αναπαράσταση. Τέτοια απλά εφέ αναδύονται φυσικά από τον αλγόριθμο παρακολούθησης ακτίνας, αλλά είναι πολύ δύσκολο να συντεθούν σε έναν αλγόριθμο παράστασης στην οθόνη με μετατροπή σάρωσης.

Μέχρι στιγμής, τα γραφικά πλέγματος (raster graphics) κυριαρχούν των προσεγγίσεων παρακολούθησης ακτίνας, επειδή η παρακολούθηση ακτίνας απαιτεί μεγαλύτερο πλήθος υπολογισμών. Παρ' όλ' αυτά, η αλγοριθμική πολυπλοκότητα της παρακολούθησης ακτίνας είναι λογαριθμική, ενώ η πολυπλοκότητα της τεχνικής πλέγματος είναι τυπικά γραμμική. Η τεχνική παρακολούθησης ακτίνας σήμερα εμφανίζεται σαν υπολογιστικά πολυπλοκότερη γιατί στην μαθηματική σχέση η οποία υπολογίζει τον αριθμό των μαθηματικών υπολογισμών οι σταθερές μπροστά από το λογάριθμο είναι μεγάλες, τελικά όμως η λογαριθμική πολυπλοκότητά της θα επικρατήσει για πολύπλοκες σκηνές. Το συμπέρασμα το οποίο εξάγεται είναι ότι όσο ο βαθμός ρεαλισμού αυξάνει (πολυπλοκότητα σκηνής) τόσο οι μηχανές παρακολούθησης ακτίνας θα αποτελούν την ελκυστική λύση του μέλλοντος ιδίως για διατάξεις τρισδιάστατης απεικόνισης (Fender J. et al, 2003).

4. Το παρόν και οι τάσεις στην τρισδιάστατη απεικόνιση

Στο χώρο των τρισδιάστατων απεικονίσεων σε οθόνες δύο διαστάσεων με υπολογιστή, όλες οι μεγάλες εταιρείες επιτάχυνσης γραφικών υλοποιούν τεχνικές παράστασης στην οθόνη με σάρωση γραμμών. Κάποιες πρώτες υλοποιήσεις μηχανών παρακολούθησης ακτίνας έχουν αναφερθεί πρόσφατα στη διεθνή βιβλιογραφία με στόχο την απεικόνιση τρισδιάστατων σκηνών σε συνηθισμένες οθόνες υπολογιστών. Επιπρόσθετα οι τάσεις στην τεχνολογία των επιταχυντών γραφικών είναι στην κατεύθυνση των πολλαπλών τμηματικών επεξεργασιών (fragment processors) με λογική επεξεργασίας σε ροή δεδομένων (streaming computing) (Purcell T. 2004).

Η έντονη δραστηριότητα η οποία αναπτύσσεται στο χώρο της τρισδιάστατης απεικόνισης διεθνώς εκφράζεται εμπορικά με την πρόσφατη (Νοέμβριος 2003) εισαγωγή φορητού υπολογιστή με αυτοστερεοσκοπική οθόνη (Σχήμα 3) καθώς και κινητού τηλεφώνου από την Sharp για το ευρύ κοινό, ενώ τα εμπόδια διείσδυσης των τεχνολογιών αυτοστερεοσκοπικής απεικόνισης λόγω ασυμβατοτήτων μεταξύ των υπάρχοντων τεχνολογιών επιχειρείται να ξεπεραστούν με την πρόσφατη ίδρυση στην Άπω Ανατολή οργανισμού καθιέρωσης προτύπων από 5 ιαπωνικές εταιρείες (3D consortium).



Σχήμα 3: Τρισδιάστατα συστήματα της Sharp στο χώρο του 3D Consortium (SPIE 2004)

4.1 Υλοποίηση σε FPGAs

Η υλοποίηση χρονοβόρων αλγορίθμων σε διατάξεις υλικού στοχεύει στη γρηγορότερη εκτέλεσή τους συγκριτικά με την υλοποίησή τους σε λογισμικό και την εκτέλεσή τους στον επεξεργαστή του υπολογιστή. Το ψηφιακό κύκλωμα που θα υλοποιηθεί, αφιερώνεται αποκλειστικά αφιερώνεται στην εκτέλεσή του, αντίθετα με την υλοποίηση σε λογισμικό, όπου ο επεξεργαστής διαχειρίζεται ταυτόχρονα άλλες διεργασίες άσχετες με τον αλγόριθμο. Δύο βασικές διατάξεις υλοποίησης και ενσωμάτωσης ενός κυκλώματος είναι τα ASICs (Application Specific Integrated Circuit) και τα FPGAs (Field Programmable Gate Array). Τα ASICs προσφέρουν μεγάλη ταχύτητα

και επιφάνεια αλλά μειονεκτούν στο ότι το κύκλωμα εντυπώνεται μόνιμα σε αυτά και δε μπορεί να μεταβληθεί. Αντίθετα, τα FPGAs, προσφέρουν το πλεονέκτημα του επαναπρογραμματισμού, ο οποίος μειώνει το κόστος σχεδιασμού και αυξάνει τις δυνατότητες βελτιστοποίησης του κυκλώματος. Ουσιαστικά, ένα κύκλωμα μπορεί να ενσωματωθεί άπειρες φορές σε ένα FPGA και να δοκιμαστεί η επιτυχία και οι χρόνοι εκτέλεσής του, δίνοντας την ευκαιρία για μεγάλο εύρος βελτιστοποιήσεων, το οποίο περιορίζεται μόνο από τα χαρακτηριστικά του FPGA και το χρόνο που έχει στη διάθεσή του ο σχεδιαστής. Οι επιδόσεις των FPGAs σήμερα πλησιάζουν αυτές των ASICs τόσο αναφορικά με την πολυπλοκότητα όσο και με την ταχύτητά τους.

4.2 Συμπίεση στα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης

Ο μεγάλος όγκος δεδομένων που ένα σύστημα τρισδιάστατης απεικόνισης διαχειρίζεται, καθιστά αναγκαία την εφαρμογή αλγορίθμων συμπίεσης στα δεδομένα αυτά. Σε διεθνές επίπεδο, υπάρχει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον γύρω από γνωστούς και προτυποποιημένους αλγόριθμους συμπίεσης (MPEG, JPEG 2000) εικόνας και video.

Αν και ο MPEG είναι ένας πολύ αποδοτικός αλγόριθμος συμπίεσης και υποστηρίζει συμπίεση για πολλές όψεις (Multimedia Video Processor, MVP), μπορούν να αναπτυχθούν ακόμα καλύτερες μέθοδοι συμπίεσης για δεδομένα πολλαπλής θέασης (Konrad J., 2001). Η διαδραστικότητα στη μεταχείριση αντικειμένων στον τρισδιάστατο χώρο είναι ένα πρόβλημα με πολλές προκλήσεις που αναζητά περαιτέρω έρευνα στους τομείς της περιγραφής και συμπίεσης κινούμενης εικόνας (Special issue, 1999). Η ερευνητική μας ομάδα έχει προτείνει την ανάπτυξη αλγορίθμου συμπίεσης (Sgouros N. et al, 2003) ο οποίος εκμεταλλεύεται τα χωρικά χαρακτηριστικά των αυτοστερεοσκοπικών εικόνων.

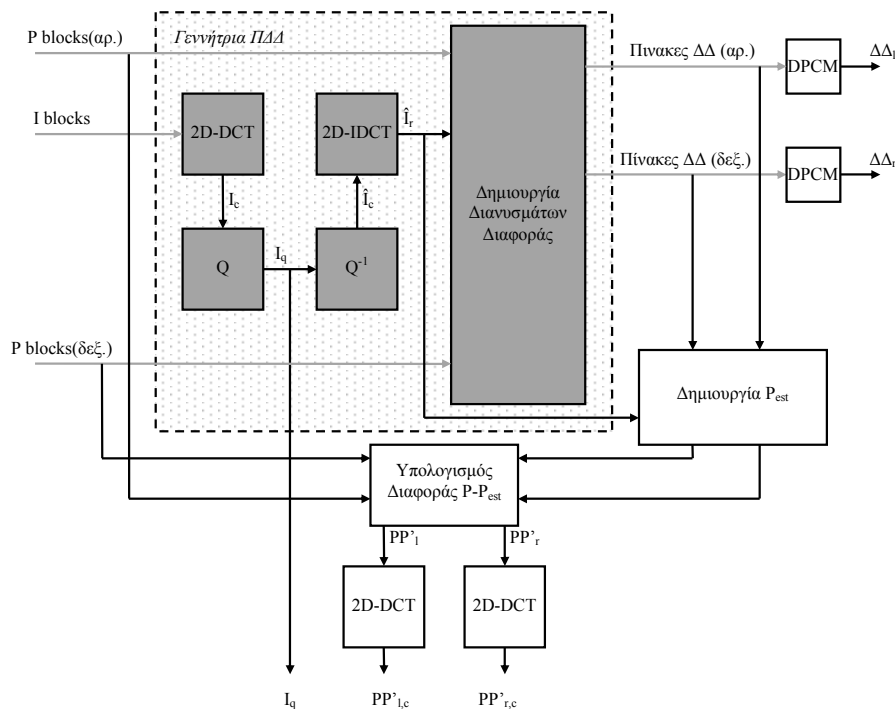
Τα τελευταία χρόνια, η χρήση των FPGAs έχει επεκταθεί σε αλγόριθμους συμπίεσης εικόνας. Έχουν προταθεί διάφορες αρχιτεκτονικές για το πρότυπο MPEG, καθώς και για τα επιμέρους τμήματα που το αποτελούν (Wong S. et al, 2002). Κατά καιρούς, προτείνονται ολοκληρωμένα συστήματα Πρόβλεψης Κίνησης (Motion Estimation – ME) (Roma N. et al, 2003) τα οποία βασίζονται σε προτυποποιημένους αλγόριθμους συμπίεσης κινούμενης εικόνας όπως ο MPEG-4 και ο H.263. Ο Διακριτός Μετασχηματισμός Συνημιτόνου (Discrete Cosine Transform – DCT) είναι μέρος του συστήματος συμπίεσης MPEG, και η υλοποίησή του έχει εξεταστεί σε ικανοποιητικό βαθμό (Martina M. et al, 2002) ώστε να ενσωματωθεί σε FPGA. Η ερευνητική μας ομάδα έχει υλοποιήσει το πιο χρονοβόρο τμήμα ενός συστήματος συμπίεσης εικόνων IP σε FPGA, το οποίο επιτυγχάνει να επεξεργάζεται ακολουθίες εικόνων σε πραγματικό χρόνο (Χαϊκάλης Δ. και άλλοι, 2005). Το σύστημα αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 4.

4.3 Επιταχυντής μηχανής παρακολούθησης ακτίνας

Υπάρχουν αρκετές τεχνικές για επιτάχυνση της μηχανής παρακολούθησης ακτίνας σε λογισμικό, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν παράλληλες αρχιτεκτονικές, κυρίως διάφορες μέθοδοι κατακερματισμού (partitioning). (Lin T. et al, 1991). Με αυτούς τους τρόπους, λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς μόνο τα αντικείμενα που βρίσκονται εντός των χώρων από όπου περνάει η ακτίνα.

Η καινοτομία η οποία χρησιμοποιείται σήμερα στο υλικό των καρτών γραφικών αντικαθιστά τις σωληνώσεις (pipelines) σταθερής λειτουργίας με προγραμματιζόμενους επεξεργαστές κατακερματισμού (fragment processors) και επεξεργαστές κορυφών τριγώνων (vertex) (Purcell T., 2004). Στο εγγύς μέλλον, η τεχνολογία στις κάρτες γραφικών θα εξελιχθεί σε γενικής χρήσης προγραμματιζόμενους επεξεργαστές ροής δεδομένων (stream processor) οι οποίοι θα μπορούν να υλοποιήσουν πολυπλοκότερους αλγορίθμους από την παράσταση στην οθόνη απλών τριγώνων (triangle rendering).

Διάφορες προσεγγίσεις έχουν δοκιμαστεί στο παρελθόν για την επιτάχυνση των μηχανών παρακολούθησης ακτίνας στο σημείο όπου αυτές θα είναι ανταγωνιστικές με τα γραφικά πλέγματος (raster graphics). Αυτές περιλαμβάνουν διάφορα προγράμματα παραγωγής εικόνας (renderers) γενικού σκοπού (Schmittler J. et al, 2002), καθώς και μερικά εξειδικευμένα προγράμματα παραγωγής εικόνας (Pester H. et al, 1999).



Σχήμα 4: Σύστημα συμπίεσης εικόνων IP

Συμπεράσματα – επίλογος

Η ρεαλιστική αναπαράσταση εικόνων και σκηνών στις τρεις διαστάσεις αποτελεί τον απόλυτο στόχο της τεχνολογίας απεικόνισης, που θα ωφελήσει ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών πληροφορικής, εκπαίδευσης, ιατρικής και ψυχαγωγίας. Η αναπαράσταση σε δύο διαστάσεις έχει αναπτυχθεί οριακά, και το επόμενο λογικό βήμα είναι η χρήση τριών διαστάσεων, προσφέροντας φυσική αίσθηση του βάθους που είναι αναπόσπαστο συστατικό της ανθρώπινης όρασης. Χάρη στην ταχεία αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και την πρόοδο των οπτικών συστημάτων, το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας στράφηκε τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη εφαρμογών τρισδιάστατης εικόνας. Οι τεχνικές αναπαράστασης τρισδιάστατου περιεχομένου σε οθόνες δύο διαστάσεων βελτιώνονται συνεχώς, πλησιάζοντας τον επιθυμητό βαθμό ρεαλισμού, ο οποίος θα προσφέρει νέες προοπτικές στις εφαρμογές που αναφέρονται ανωτέρω. Παράλληλα, αναπτύσσονται νέοι και πιο αποδοτικοί αλγόριθμοι συμπίεσης ώστε να τιθασεύσουν τον όγκο πληροφορίας που ένα τέτοιο σύστημα διαχειρίζεται. Σε συνδυασμό με την ολοένα και πιο προσιτή τεχνολογία του επαναπρογραμματιζόμενου υλικού, τα συστήματα συμπίεσης θα φέρουν ακόμα πιο κοντά την τρισδιάστατη απεικόνιση στο ευρύ κοινό.

Βιβλιογραφία

1. Θεοφάνους Ν., Σγούρος Ν., Αθηναίος Σπ., Παπαγέωργας Π., Σαγκριώτης Εμ., Μαρούλης Δ., Αντωνίου Ι., Δημάκης Α. (2004), Στερεοσκοπικές Διατάξεις-Ολοκληρωτική Φωτογραφία, 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής.
2. Χαϊκάλης Δ., Μαρούλης Δ., Σγούρος Ν., Παπαγέωργας Π. (2005), Επιταχυντής Υλικού για Συμπίεση Τρισδιάστατων Εικόνων σε Πραγματικό Χρόνο, 9ο Κοινό Συνέδριο Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών, Πανεπιστήμιο Κύπρου.
3. Fender J., Rose J. (2003), A High-Speed Ray Tracing Engine Built on a Field-Programmable System, IEEE International Conference on Field-Programmable Technology, pp. 188-195.
4. Glassner A. (1989), An Introduction to Ray Tracing, Academic Press.
5. Jumhpreys G., Ananian C. S. (1996), TigerSHARK: A Hardware Accelerated Ray-Tracing Engine, Proceedings of IEEE Region I Conference.
6. Konrad J. (2001), Visual Communications of Tomorrow: Natural, Efficient and Flexible, IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 1, pp. 126-133.

7. Lin T. T. Y., Slater M. (1991), Stochastic ray tracing using SIMD processor arrays, *The Visual Computer*, 7:187-199.
8. Martina M., Molino A., Vacca F. (2002), Reconfigurable and Low Power 2D-DCT IP for Ubiquitous Multimedia Streaming, *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2002)*, Losanna, Switzerland.
9. Pester H., Hardenbergh J., Knittel J., Lauer H. and Seiler L. (1999), The Volumpero Real-Time Ray-Casting System, *Proc. Of the 26th annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, ACM Press, pp. 251-260.
10. Purcell T. J. (2004), *Ray Tracing on a Stream Processor*, Dissertation, Stanford University.
11. Roma N., Dias T., Sousa L. (2003), Customisable Core-Based Architectures for Real-Time Motion Estimation on FPGAs, *13th International Conference on FP Logic and Applications*, Lisbon.
12. Schmittler J., Wald I., Slusallek P. (2002), SaarCOR – A Hardware Architecture for Ray Tracing, *Proc. Of the Conference on Graphics Hardware*, pp. 27-36.
13. Sgouros N., Andreou A., Sangriotis M., Papageorgas P., Theofanous N., Maroulis D. (2003), Compression of IP Images for Autostereoscopic 3D Imaging Applications, *3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, Rome.
14. Special issue on object-based video coding and description (1999), *IEEE Trans. On Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9.
15. Whitted T. (1980), An Improved Illumination Model for Shaded Display, *CACM*, 23(6):343-349.
16. Wong S., Stougie B., Cotofana S. (2002), Alternatives in FPGA-based SAD Implementations, *IEEE International Conference on Field Programmable Technology*, Hong Kong.