

ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

VIRTUAL REALITY



**ΔΗΜΑ ΚΥΡΙΑΚΗ  
ΗΓΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΦΕΛΗ**

**Υπ.Καθηγητής : ΓΛΑΒΑΣ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2004**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βρισκόμαστε πλέον στην εποχή της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας, όπου οι ανάγκες του ανθρώπου για τελειότερα συστήματα πληροφορικής και επικοινωνίας γενικότερα είναι αυξημένες. Δεν θα ήταν λοιπόν ικανοποιητικό να ζητήσει κανείς από ένα υπολογιστικό σύστημα τίποτε λιγότερο από εφαρμογές τρισδιάστατων γραφικών που θα τον καλύπτουν όχι μόνο στις ανάγκες για διερεύνηση του γνωστικού του πεδίου και άλλων, αλλά ακόμα και στις καθημερινές του ανάγκες.

Αυτή ακριβώς η ανάγκη ώθησε και εμάς στην υλοποίηση της εργασίας αυτής, με απώτερο σκοπό την εισαγωγή του κάθε αναγνώστη στον υπέροχο και προσεχώς ευρέως διαθέσιμο σε όλους κόσμο της εικονικής πραγματικότητας.

Ευχόμαστε να γίνει σύντομα κατανοητή η ανάγκη εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας και της πληροφορικής στην εκπαιδευτική διαδικασία όλων των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων σαν μέσο όχι μόνο επιστημονικής έρευνας αλλά και αν μέσο συνεχούς μάθησης και ανάπτυξης της τεχνολογίας γενικότερα.

Ολοκληρώνοντας αυτή μας τη προσπάθεια , δεν θα μπορούσαμε να μην ευχαριστήσουμε θερμά πρώτον από όλους τον καθηγητή και επιβλέποντα όλης μας της δουλειάς κο Γλαβά Ευριπίδη , για την υπομονή και επιμονή του όλων αυτό τον καιρό. Ευχαριστούμε επίσης το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και συγκεκριμένα τον κο Αναστάσιο Μικρόπουλο, αναπληρωτή καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος και τους συνεργάτες του, για την φιλοξενία και πρόθεση τους να μας βοηθήσουν κατά την περιήγησή μας στο εργαστήρι εικονικής πραγματικότητας. Τέλος ένα ακόμη μεγάλο ευχαριστώ αξίζει στις στενές μας φίλες Αγγελική, Έφη, Γεωργία και Μαρία για την συμπαράσταση και την βοήθεια που μας προσέφεραν ειδικά στο τελευταίο στάδιο της εργασίας αυτής, μιας και ήταν οι πρώτοι αναγνώστες , ακροατές και κριτές της.

Ελπίζουμε η εργασία αυτή να αποτελέσει όχι μόνο ένα ανάγνωσμα αλλά και κίνητρο για τους σπουδαστές του ΤΕΙ μας και άλλων ιδρυμάτων ,να ασχοληθούν με περισσότερη προσοχή και ενδιαφέρον για τα θέματα που αφορούν τα τρισδιάστατα περιβάλλοντα και τις εικονικές εφαρμογές γενικότερα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	
Εισαγωγή .....	σελ1
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup>	
1.1 Συστήματα επικοινωνίας ανθρώπου –μηχανής.....	σελ5
1.2 Η εξέλιξη του τρόπου επικοινωνίας ανθρώπου –μηχανής.....	σελ5
1.3 Εικονική πραγματικότητα.....	σελ7
1.4 Τα τρία «I» της εικονικής πραγματικότητας.....	σελ8
1.5 Εικονική πραγματικότητα και δισδιάστατα συστήματα διεπαφής .....	σελ9
1.6 Η προσομοίωση της πραγματικότητας.....	σελ11
1.7 Ιστορική αναδρομή.....	σελ11
1.8 Εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας .....	σελ13
1.9 Συμπεράσματα.....	σελ16
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup>	
2.1 Εισαγωγή.....	σελ17
2.2 Εργαλεία πλοήγησης σε τρισδιάστατους χώρους .....	σελ18
2.2.1 Γενικά.....	σελ18
2.3 Τεχνολογίες γαντιών δεδομένων .....	σελ18
2.3.1 Data Glove.....	σελ19
2.3.2 Power Glove.....	σελ21
2.3.3 Daxterous handmaster .....	σελ22
2.3.4 Το cyber Glove .....	σελ23
2.4 Περιληπτική παρουσίαση εργαλείων πλοήγησης σε 3D χώρους .....	σελ27
2.4.1 Προσαρμοσμένες 2D συσκευές διεπαφής (πληκτρολόγιο - ποντίκι- trackball) .....	σελ27
2.4.2 Position Trackers (Ανιχνευτές Θέσεων) .....	σελ28
2.4.3 Κινητήριες συσκευές.....	σελ30
2.4.4 Εντοπισμός ματιών .....	σελ31
2.4.5 Απτικές συσκευές .....	σελ31
2.4.6 Αναγνώριση νευμάτων.....	σελ32
2.4.7 Αναγνώριση.....	σελ32
2.5 Περίληψη 3D συσκευών εισόδου και πλοήγησης.....	σελ33
2.6 Fakespace Pinch Glove System .....	σελ33
2.6.1 Περιγραφή του συστήματος.....	σελ34
2.6.2 Διαφορές συστήματος Pinch Glove μα άλλα γάντια δεδομένων.....	σελ34
2.6.3 Πλεονεκτήματα των Pinch Glove .....	σελ36
2.7 Εφαρμογή : Η εφαρμογή Virtual Walk. ....	σελ37
2.7.1 Εισαγωγή .....	σελ37
2.7.2 Τεχνική περιγραφή εφαρμογής .....	σελ38
2.7.3 Αντιμετώπιση συγκρούσεων.....	σελ39
2.7.4 Εκτέλεση του προγράμματος.....	σελ41
2.7.5 Συμπεράσματα.....	σελ42

2.8 Αποτελέσματα και συμπεράσματα .....	σελ43
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup>	
OPEN GL	
3.1 Τι είναι το Open Gl .....	σελ45
3.2. Βασικές αρχές του Open GL .....	σελ47
3.3. Υπολογισμοί αριθμών κινητής υποδιαστολής .....	σελ50
3.4. Κατάσταση του Open GL .....	σελ51
3.5 Σύνταξη εντολών του Open GL .....	σελ51
3.6 Συμπεράσματα.....	σελ52
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup>	
4.1 Ιστορικά .....	σελ53
4.2 Τι είναι VRML .....	σελ54
4.3 Πως λειτουργεί η γλώσσα .....	σελ55
4.4. Βασικά στοιχεία γλώσσας .....	σελ57
4.4.1 Σύστημα συντεταγμένων.....	σελ57
4.4.2 Πεδία .....	σελ60
4.4.3 Κόμβοι .....	σελ61
4.4.4 Τεκμήρια .....	σελ65
4.4.5 Επεκτασιμότητα .....	σελ65
4.5. Εφαρμογές.....	σελ66
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup>	
5.1. Περιγραφή του εργαστηρίου.....	σελ67
5.2. Αποστολή εργαστηρίου.....	σελ67
5.2.1 Εκπαιδευτική διαδικασία.....	σελ67
5.2.2 Συνεργασία .....	σελ68
5.2.3. Συνεχής ανάπτυξη και συζήτηση .....	σελ68
5.3 Μέλη του εργαστηρίου .....	σελ69
5.4 Έργα .....	σελ70
5.4.1 ΕΙΚΟΝ.....	σελ70
5.4.2 ΕΛΛΟΠΠΑ .....	σελ71
5.4.3 ΠΑΜΒΩΤΙΣ .....	σελ71
5.4.4 ΗΡΙΑΝΟΣ .....	σελ72
5.4.5 Η ζωή και η ιστορία μας.....	σελ72
5.4.6 Κλεισθένης.....	σελ72
5.4.7 ADAPT- SILVERNET .....	σελ73
5.4.8 Καρκινικοί δείκτες.....	σελ73
5.4.9 Λίθος .....	σελ74
5.5 Δημοσιεύσεις .....	σελ74
5.5.1 Βιβλία .....	σελ74
5.5.2 Εφαρμογές νέων τεχνολογιών .....	σελ75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	
A1	
A.2. P5: Περιφερειακή συσκευή για αλληλεπίδραση με 3d περιβάλλοντα παιχνιδιών.	
A.3 Golf simulator cmp-2100gf	
A.4. Human lab	
A5. Interactor Vest	

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

B.1.2 Ιεραρχία και κληρονομικότητα στη vrml

B1.3 Μετασχηματισμοί

B1.4 Κείμενο

B1.5.2 Γραμμές

B2.1 φωτογραφικές μηχανές και φωτισμός

B2.2 υλικά

B3 βελτιώνοντας την vrml

B3.1 μειώνοντας τα μεγέθη των αρχείων

B3.2 βελτιώνοντας την πραγματικότητα

B3.3 φωτισμός

B2

Στην πτυχιακή αυτή εργασία θα περιγράψουμε διαδοχικά τα βασικά σημεία σχεδιασμού και υλοποίησης περιβάλλοντος Εικονικής Πραγματικότητας.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύουμε την βασική φιλοσοφία και την ιδέα της εικονικής πραγματικότητας. Πως ακριβώς αυτή ξεκίνησε και που βασίστηκε για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας τόσο μεγάλης ιδέας.

Ξεκινώντας με την λογική της επικοινωνίας ανθρώπου -μηχανής συνεχίζουμε με την ιδέα της Εικονικής πραγματικότητας πως ξεκίνησε και πως θα μπορούσε να υλοποιηθεί. Αναλύουμε την επικοινωνία τρισδιάστατων ενδιαμέσων και πως στηριζόμαστε εκεί για την επαφή μας με τρισδιάστατα ενδιαμέσα.

Συνεχίζοντας στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφουμε τα συστήματα πλοήγησης και αλληλεπίδρασης με τα τρισδιάστατα αντικείμενα σ' ένα εικονικό περιβάλλον.

Τα γάντια δεδομένων είναι η βασική συσκευή πλοήγησης που αναλύουμε καθώς τα χέρια είναι το πιο σημαντικό μέσο αλληλεπίδρασης του ανθρώπου, όχι μόνο με το φυσικό του περιβάλλον αλλά και με το εικονικό, το οποίο ο ίδιος δημιούργησε για τη διευκόλυνσή αλλά και την ψυχαγωγία του. Αναλύουμε λοιπόν και επιλύουμε βασικά προβλήματα, όπως την επικοινωνία του ηλεκτρονικού υπολογιστή με το σύστημα των γαντιών, το πλήθος των νευμάτων που μπορεί να αναγνωρίσει καθώς και την κατασκευή ενός τρισδιάστατου εικονικού κόσμου μέσα στον οποίο ο χρήστης θα περιηγηθεί.

Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο που ακολουθεί θα αναπτύξουμε τις επιστήμες που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό ενός εικονικού περιβάλλοντος.

Η Open GL, μια επιστήμη, μια γλώσσα η οποία με την βοήθεια ενός interface μας επιτρέπει να υλοποιούμε, να σχεδιάζουμε τρισδιάστατα αντικείμενα άριστης ανάλυσης. Περιγράφουμε τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής αυτής, τις βασικές τις αρχές έτσι ώστε να βασιστούμε σε αυτές και να υλοποιήσουμε τους στόχους μας.

Στη συνέχεια περιγράφουμε την βασική γλώσσα σχεδιασμού εικονικού περιβάλλοντος, VRML. Πως ξεκίνησε η δημιουργία της γλώσσας, που βασίζεται και σε τι στάδιο βρίσκεται τώρα. Η γλώσσα είναι σχετικά απλή και αναλύουμε κάθε βασικό της χαρακτηριστικό το οποίο μας βοηθάει να αντιλαμβανόμαστε την φιλοσοφία της.

Ακολουθεί η περιγραφή του εργαστηρίου εικονικής πραγματικότητας, που ουσιαστικά ήταν εκείνο το οποίο παρακολουθήσαμε από κοντά και αποτέλεσε το κίνητρο για την δημιουργία αυτής της εργασίας.

Εργαστήρι:

Αναγκαία υπήρξε για την ολοκλήρωση της εργασίας μας η εξεύρεση ποικίλων πηγών πληροφοριών. Χρησιμοποιήσαμε υλικό μέσα από το διαδίκτυο, το οποίο πραγματικά κατέστη μια ανεξάντλητη πηγή πληροφοριών και βιβλία τα οποία ήταν στη διάθεσή μας μέσα από τις βιβλιοθήκες των φυσικού και πληροφορικής τμημάτων του πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Τη πιο σημαντική όμως βοήθεια μας προσέφερε το εργαστήριο εικονικής πραγματικότητας του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων υπό την επίβλεψη του κυρίου Μικρόπουλου Αναστάσιου, αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος.

Με τη βοήθειά του καταφέραμε να εγκλιματιστούμε στο μέχρι τότε άγνωστο, για εμάς, κομμάτι της τεχνολογίας της πληροφορικής που ονομάζεται εικονική πραγματικότητα. Μπορέσαμε όχι μόνο να κατανοήσουμε την έννοιά της, αλλά και να δούμε σε πράξη μερικά από τα έργα τα οποία μπορούν να επιτευχθούν με τη χρησιμοποίησή της. Είδαμε από κοντά τα μέσα αλληλεπίδρασης με ένα εικονικό περιβάλλον είτε αυτά ήταν τα γάντια δεδομένων είτε τα κράνη είτε τα γυαλιά δεδομένων και είχαμε την ευκαιρία να εισαχθούμε στον τρισδιάστατο κόσμο της εικονικής πραγματικότητας παρακολουθώντας εφαρμογές όπως το μορφολογικό και γεωλογικό χάρτη του νομού Ιωαννίνων ανάμεσα στους αιώνες.

Μπορέσαμε έτσι να κατανοήσουμε την ανάγκη εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας και της πληροφορικής στην εκπαιδευτική διαδικασία όλων των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων σαν μέσο επιστημονικής έρευνας, παροχής υπηρεσιών ως προς τρίτους από απόσταση, σαν μέσο συνεχούς μάθησης και ανάπτυξης της τεχνολογίας γενικότερα.

Η εικονική πραγματικότητα έχει πολλά να προσφέρει ακόμα λαμβάνοντας υπ' όψιν αυτά που ήδη έχει δώσει στις επιστήμες ευρισκόμενη ούσα στην αυγή της ανάπτυξής της. Είναι ένα μέσο με το οποίο μπορούμε να βλέπουμε τα αποτελέσματα των προπαθειών μας πριν ακόμα αυτές υλοποιηθούν και γι' αυτό και μόνο η προσπάθεια συνεχούς έρευνας προς την τελειότερη αξιοποίησή της, αξίζει πραγματικά τον κόπο.

Στα παραρτήματα που ακολουθούν στο τέλος έχουμε ένα πρόγραμμα VRML με το οποίο περιγράφουμε ένα αντικείμενο και την κίνηση του στο χώρο. Την πτυχιακή αυτή εργασία συνοδεύει και μια απλή εφαρμογή την οποία δημιουργήσαμε βασισμένη σ'ένα πρότυπο, η οποία αναπαριστά ένα εικονικό λούνα παρκ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

Η εικονική πραγματικότητα αποτελεί τη «μεγάλη ιδέα» της δεκαετίας του 90. Έχει αλλάξει τον τρόπο σκέψης των επιστημόνων που ασχολούνται με την επικοινωνία ανθρώπου μηχανής και όχι μόνο.

Η ανάπτυξη και τελειοποίηση της ίδιας της τεχνολογίας είναι μια πιο δύσκολη υπόθεση. Απαιτεί την εξέλιξη των εργαλείων τρισδιάστατων αλληλεπιδραστικών γραφικών, που μόνο τα τελευταία χρόνια έγιναν αντικείμενο ευρείας κλίμακας έρευνας. Σε αυτό συνετέλεσαν πολλοί παράγοντες όπως η αύξηση της διαθεσιμότητας των προϊόντων, λόγω της προστιής στον μέσο χρήστη υπολογιστικής ισχύος που ανέκαθεν απαιτούνταν από τη τεχνολογία, αλλά και η ραγδαία πρόοδος της τεχνολογίας των πολυμέσων. Έτσι μετά από 15 χρόνια από την επίσημη ανακάλυψη της τεχνολογίας VR στα εργαστήρια της NASA ένα μεγάλο μέρος της έρευνας επικεντρώνεται στην ανεύρεση τεχνικών λογισμικού που θα επιτρέψουν την πρακτική χρήση της τεχνολογίας.

Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας είναι κάτι περισσότερο από ένα άθροισμα των επιμέρους τεχνολογιών: είναι μια τεχνολογία συστήματος. Απαιτεί την σύνθεση πολλών ερευνητικών προσεγγίσεων που εάν αναπτυχθούν απομονωμένα θα παραληφθεί ένας σημαντικός παράγοντας της τεχνολογίας, ο χρόνος. Εάν ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας δεν αντιδρά στην οποιαδήποτε είσοδο στην αμέσως επόμενη στιγμή, τότε έχει αποτύχει. Ο παράγοντας χρόνος λείπει από τα συμβατικά συστήματα επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής ή αποτελεί δευτερεύον ζήτημα.

Τελικά μπορούμε να πούμε ότι η εικονική πραγματικότητα δημιουργεί συστήματα που «καταλαβαίνουν» αλλά και «εξαπατούν» τις ανθρώπινες αισθήσεις. Ο χρήστης σε ένα σύστημα VR παρατηρεί και συμμετέχει στο τεχνητό περιβάλλον του υπολογιστή, χρησιμοποιώντας όχι μόνο την όραση του αλλά και την αφή και την ακοή.

## 1.1 Συστήματα επικοινωνίας ανθρώπου – μηχανής

Δεν έχει σημασία στην σημερινή εποχή πόσο εξελιγμένη, πολύπλοκη ή κομψή είναι η τεχνολογία πίσω από μία εφαρμογή πολυμέσων, αλλά τελικά είναι το ενδιαμέσο αυτό που κάνει τη διαφορά μεταξύ των εφαρμογών και της απήχησης που έχουν.

Ενώ τα συμβατικά ενδιαμέσα παρέχουν πρόσβαση σε δισδιάστατα γραφικά, βίντεο και ήχο μέσω του ποντικιού και των παραθύρων, τα εικονικά ενδιαμέσα δεν παρέχουν πρόσβαση μόνο σε τρισδιάστατα γραφικά πραγματικού χρόνου, αλλά αγγίζουν όλες τις αισθήσεις μας με τον τρισδιάστατο ήχο, την απτική ανάδραση και άλλες λειτουργίες τους.

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφερόμαστε στο μέλλον των συστημάτων επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής, στα εικονικά περιβάλλοντα. Αναφέρουμε το τι ακριβώς ορίζουμε ως τέτοια συστήματα καθώς και την σχέση τους με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα πολυμέσων.

## 1.2 Η εξέλιξη του τρόπου επικοινωνίας ανθρώπου – μηχανής

Στους υπολογιστές η έννοια του ενδιαμέσου πήρε πολλές μορφές και υπάρχουν αρκετά παραδείγματα. Το πληκτρολόγιο είναι το πιο κλασικό παράδειγμα. Χρησιμοποιώντας το μπορούμε να εισάγουμε στον υπολογιστή δεδομένα και εντολές σε μορφή κειμένου. Το κείμενο είναι από τους πιο δημοφιλείς και διαδεδομένους τρόπους επικοινωνίας ανθρώπου – μηχανής. Με το πληκτρολόγιο και τη χρήση του κειμένου γίνεται η εισαγωγή της πρώτης διάστασης.

Με την ανάπτυξη των πρώτων δισδιάστατων γραφικών ένα νέο ενδιαμέσο άρχισε να προσελκύει την προσοχή των επιστημόνων : η οθόνη του υπολογιστή. Η επιφάνεια της οθόνης αποτελούσε τώρα το ενδιαμέσο ανάμεσα στο κόσμο της πληροφορίας και του χρήστη. Τα πρώτα γραφικά και γενικά η χρήση της εικόνας δημιούργησαν νέους ορίζοντες στην

υπολογιστική ικανότητα έκφρασης. Ο σχεδιασμός του interface ασχολήθηκε αρκετά με τον τρόπο που η οθόνη του υπολογιστή θα έδειχνε πιο αποτελεσματικές και επαρκείς ενδείξεις για τη λειτουργία των προγραμμάτων. Το αποτέλεσμα αυτής της έρευνας ήταν τα δισδιάστατα παράθυρα, τα αυτόνομα κινούμενα γραφικά, το δισδιάστατο animation και τέλος από πλευράς υλικού το γνωστό ποντίκι.

Η παράλληλη πρόοδος του υλικού όσον αφορά την ταχύτητα και το κόστος, έκανε τα συστήματα αυτά δημοφιλή και απέδειξε στους επιστήμονες ότι τα ενδιαμέσα που δημιουργούν την πιστότερη και φυσικότερη αναπαράσταση του τρόπου που χειριζόμαστε το φυσικό μας περιβάλλον είναι και τα πιο αποτελεσματικά μέσα επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή.

Τα τρισδιάστατα γραφικά και μάλιστα τα 3D γραφικά σε πραγματικό χρόνο, εισήγαγαν και τη διάσταση του χρόνου στην έννοια του interface. Η χρήση επίσης ηλεκτρονικό-μηχανικών κατασκευών στις διάφορες τεχνικές προσομοίωσης πτήσης έδειξε πόσο χρήσιμη μπορεί να είναι μια ολοένα πιστότερη αναπαράσταση της πραγματικότητας στους τομείς της εκμάθησης και εκπαίδευσης γενικότερα<sup>1</sup>.

Παρατηρούμε ότι μέχρι σήμερα η συνήθης επικοινωνία του χρήστη με τον υπολογιστή γίνεται με έναν τρόπο ο οποίος δεν ανταποκρίνεται στις συνήθειες του πραγματικού κόσμου. Οι χρήστες προσαρμόζονται στις απαιτήσεις του συστήματος λογισμικού και όχι ο υπολογιστής στον πραγματικό κόσμο.

Αυτήν την πιστότερη αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου με όλες τις παραμέτρους της έχει ως σκοπό η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας.

### 1.3 Εικονική πραγματικότητα

Πριν προσπαθήσουμε να δώσουμε έναν ορισμό για την τεχνολογία VR θα επισημάνουμε το τι αυτή δεν είναι. Οι περισσότεροι συνδέουν τις εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας με το κράνος και το γάντι δεδομένων, μόνο και μόνο γιατί αυτά ήταν τα πρώτα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στη προσομοίωση. Ο προσδιορισμός αυτός δεν αντιπροσωπεύει την πραγματικότητα. Μπορεί να υπάρξει εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας χωρίς το κράνος και το γάντι, αντικαθιστώντας τα με συμβατικές συσκευές εισόδου. Επίσης το κράνος και το γάντι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες εφαρμογές που δεν ανήκουν στη κλάση των εφαρμογών VR , όπως τηλερομποτική κ.α.

Πώς όμως μπορούμε να ορίσουμε την εικονική πραγματικότητα; Αρχικά ας την περιγράψουμε με βάση τις λειτουργίες της. Είναι μία προσομοίωση στην οποία τα τρισδιάστατα γραφικά χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν έναν αληθοφανή κόσμο στον υπολογιστή. Ακόμη περισσότερο ο κόσμος αυτός δεν είναι στατικός αλλά αποκρίνεται στην είσοδο του χρήστη. Αυτό καθορίζει το βασικό χαρακτηριστικό της εικονικής πραγματικότητας: την αλληλεπιδραστικότητα. Το πιο σημαντικό όμως είναι η πραγματικού χρόνου σημασία της αλληλεπιδραστικότητας (δηλ. το ότι ο υπολογιστής μπορεί να ανιχνεύσει την είσοδο του χρήστη και να αλλάξει τον εικονικό κόσμο στιγμιαία).

Η έννοια της αλληλεπιδραστικότητας συνεισφέρει στην αίσθηση της εμβύθησης (immersion) δηλαδή της αίσθησης που έχει ο χρήστης ότι συμμετέχει στην όλη δράση στο χώρο ενεργά και αποτελεί ένα μέρος αυτής. Όμως η εικονική πραγματικότητα προχωράει παραπέρα στην έννοια αυτή χρησιμοποιώντας όλες τις ανθρώπινες αισθήσεις. Έτσι ο χρήστης δεν βλέπει απλώς αντικείμενα στην οθόνη, αλλά μπορεί να τα αγγίζει και να τα νιώθει. Οι ερευνητές προσπαθούν να ενσωματώσουν στο σύστημα εικονικής πραγματικότητας και τις άλλες αισθήσεις όπως οσμή και γεύση.

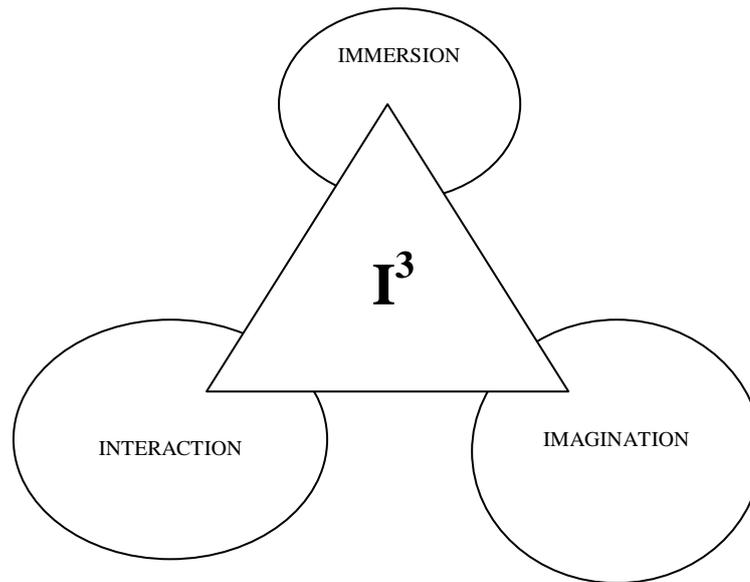
Ανακεφαλαιώνοντας τις παραπάνω ιδέες μπορούμε να δώσουμε έναν ορισμό της εικονικής πραγματικότητας:

«Εικονική πραγματικότητα είναι ένα σύστημα ενδιάμεσου με τον χρήστη που περιλαμβάνει προσομοιώσεις και αλληλεπιδράσεις πραγματικού χρόνου μέσω πολλαπλών καναλιών αισθήσεων. Αυτά μπορεί να είναι οπτικά, ηχητικά, ανάδρασης, αφής, οσμής κ.α.»

#### 1.4 Τα τρία «I» της εικονικής πραγματικότητας

Είναι προφανές από τον παραπάνω ορισμό ότι η VR είναι συγχρόνως *interactive* και *immersive*. Οι δύο αυτές ιδιότητες είναι τα δύο «I» της τεχνολογίας VR με τα οποία οι πλειοψηφία των χρηστών είναι οικεία. Όμως η τεχνολογία VR δεν είναι μόνο ένα υψηλού επιπέδου ενδιάμεσο με τον χρήστη αλλά έχει και εφαρμογές που δίνουν πολλές λύσεις σε πραγματικά προβλήματα στην ιατρική, στη βιομηχανία, σε τομείς της εφαρμοσμένης έρευνας και αλλού. Όλες αυτές οι εφαρμογές σχεδιάστηκαν βασιζόμενες στις ανάγκες, χρησιμοποιώντας την φαντασία των σχεδιαστών. Δεν είναι εύκολο να σχεδιάσεις εικονικούς κόσμους που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες τέτοιων συνήθως πολύπλοκων εφαρμογών. Η φαντασία στην σχεδίαση είναι ένας παράγοντας που σε κανένα από τα συμβατικά συστήματα ενδιάμεσου δεν εισέρχεται σε τόσο καθοριστικό βαθμό.

Το τρίγωνο αυτό «*immersion – interaction – imagination*» είναι ο κορμός της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας<sup>2</sup>.



### 1.5 Εικονική πραγματικότητα και διδιάστατα συστήματα διεπαφής

Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας εμπεριέχει την έννοια του διδιάστατου ενδιαμέσου και των λειτουργιών που επιτελούνται σε αυτό. Έχει όμως και μερικά βασικά χαρακτηριστικά που τη διαχωρίζουν από τα WIMP (windows-icons-mouse-pen) ενδιάμεσα και από τα πολυμέσα. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- Υψηλό εύρος εισόδου και εξόδου: Τα VR ενδιάμεσα υποστηρίζουν συνήθως περισσότερες από μία συσκευές εισόδου και εξόδου ταυτόχρονα. Η αναπαράσταση στην οθόνη δεν είναι στατική, αλλά αλλάζει δυναμικά καθώς ο χρήστης μετακινείται εντός του περιβάλλοντος.
- Πολλοί βαθμοί ελευθερίας: Οι συσκευές και οι εφαρμογές VR έχουν πάρα πολλούς βαθμούς ελευθερίας κίνησης στο σύστημα των τρισδιάστατων συντεταγμένων. Για παράδειγμα το γάντι δεδομένων DATA GLOVE, έχει 16 βαθμούς ελευθερίας (3 για απόλυτη θέση, 3 για την κατεύθυνση στον χώρο και 10 για τα δάχτυλα). Επίσης

πολλές εφαρμογές επιτρέπουν στον χρήστη να ελέγχει πολλές παραμέτρους και σε πολλές περιπτώσεις να τις ελέγχει ταυτόχρονα.

- Συνεχής και πραγματικού χρόνου απόκριση και ανάδραση: Αυτό όπως τονίσαμε και παραπάνω είναι το βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας. Μια εφαρμογή VR πρέπει συνεχώς να παρακολουθεί τις κινήσεις του χρήστη και να αποκρίνεται σε αυτές σε πραγματικό χρόνο και συνεχώς. Επίσης σε συστήματα δυναμικής ή οπτικής ανάδρασης πρέπει να προσδίδει συνεχή ανάδραση σε κάθε αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον.
- Ασάθεια εισόδου: Στην σχεδίαση των κλασικών WIMP ενδιαμέσων δεν ανησυχούμε για τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης θα δώσει την είσοδο στο σύστημα. Υπάρχει ένα πλήρως καθορισμένο σύνολο από εντολές και αλληλεπιδράσεις που καλύπτει όλες τις πιθανές περιπτώσεις αλληλεπίδρασης. Στα VR ενδιαμέσα οι πολλοί βαθμοί ελευθερίας καθιστούν αδύνατη μία παρόμοια παρακολούθηση. Έτσι ένα VR σύστημα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να προβλέπει πιθανά λάθη εισόδου. Το πιο κλασικό παράδειγμα η αναγνώριση χειρονομιών με το γάντι δεδομένων. Λόγω της ανάλυσης 8-bit σε κάθε δάχτυλο δεν ήμαστε ποτέ σίγουροι για την ανίχνευσή τους.

Αν και τα δισδιάστατα συστήματα διεπαφής με τον χρήστη χρησιμοποιούν δισδιάστατα γραφικά (παράθυρα, εικόνες κ.α), όπως και δισδιάστατες συσκευές εισόδου (ποντίκι) και εξόδου, υπερτερούν της σημερινής VR τεχνολογίας σε αρκετά σημεία ακόμη. Το σημαντικότερο από αυτά είναι η δυνατότητα πλήρους συνεργασίας με το λειτουργικό σύστημα και όλες τις συμβατικές εφαρμογές και τεχνολογίες, όπως ψηφιοποίησης στοιχείων, βάσεων δεδομένων. Οι μέχρι σήμερα προσπάθειες για κατασκευή εικονικών ενδιαμέσων, εάν εξαιρέσουμε τις προσομοιώσεις που έχουν υπερβολικά μεγάλο κόστος, έχουν περιοριστεί στην απλή περιήγηση του χρήστη στον χώρο και στην αλληλεπίδραση αυτού με τα αντικείμενα <sup>3</sup>.

## 1.6 Η προσομοίωση της πραγματικότητας

Η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας αποτελεί όπως τονίσαμε, την σύγκλιση και τον συγκερασμό διαφορετικών τεχνολογιών που αν και σε μεγάλο βαθμό αναπτύχθηκαν ταυτόχρονα, βρήκαν σε αυτή πρόσφορο έδαφος εξέλιξης και εφαρμογής. Οι τεχνικές προσομοίωσης πτήσης, τα τρισδιάστατα γραφικά, αλλά και η πολύπλοκη τεχνολογία των βιομηχανικών βραχιόνων που χρησιμοποιείται στη ρομποτική εντάχθηκαν μέσα σε ένα ευρύτερο σχεδιασμό που χρησιμοποιούσε την ηλεκτρομηχανική ανάδραση. Τα τεχνολογικά θέματα που έπρεπε να λυθούν για να είναι δυνατή η δημιουργία ενός εικονικού κόσμου, αλλά και η παρουσία και συμμετοχή του χρήστη μέσα σε αυτόν είναι:

- Η εξομοίωση της όρασης
- Η εξομοίωση της ακοής
- Η εξομοίωση των μηχανικών ικανοτήτων του χεριού
- Η εξομοίωση της αφής
- Η εξομοίωση των υπόλοιπων αισθήσεων
- Η θέση και ο προσανατολισμός στον εικονικό χώρο
- Η αλληλεπίδραση και η συμπεριφορά των εικονικών οντοτήτων
- Ο έλεγχος και ο συντονισμός (με χρήση υλικού και λογισμικού) όλων των παραπάνω συστημάτων

Αυτά τα θέματα καθώς και τις λύσεις που έχουν βρεθεί μέχρι σήμερα θα εξετάσουμε σταδιακά.

## 1.7 Ιστορική αναδρομή

Είναι ενδιαφέρον το ότι τα πρώτα παραδείγματα εικονικής πραγματικότητας δεν χρησιμοποιούσαν υπολογιστές. Ο Morton Heiling το 1962 δημιούργησε μία μηχανή που ονομάστηκε Sensorama και ο χρήστης της έκανε μία «εικονική» βόλτα με μοτοσικλέτα στους δρόμους της Νέας Υόρκης χρησιμοποιώντας πολλές από τις αισθήσεις ταυτόχρονα,

όπως: όραση(κινούμενες εικόνες), ακοή(στερεοφωνικός ήχος), αφή και αίσθηση της δύναμης(κραδασμοί και αέρας) και οσμή. Επίσης κατασκεύασε ένα σύστημα στερεοσκοπικής οθόνης HMD(Head Mounted Display). Τα πρώτα συστήματα εξομοίωσης πτήσης δημιούργησαν εικονικούς κόσμους χωρίς την χρήση υπολογιστών, αλλά συνδυάζοντας πραγματικό βίντεο από κάμερες κινούμενες από τους μοχλούς των αεροπλάνων με το ανάλογο φόντο.

Το 1960 ο Ivan Sutherland εκφώνησε μία ομιλία στο παγκόσμιο συνέδριο του IFIP στη οποία ανέπτυξε την θεωρία του για το «ultimate display», ένα δωμάτιο όπου σύνθετα αντικείμενα θα έπρεπε να διεγείρουν τις ανθρώπινες αισθήσεις ως πραγματικά. Τα επόμενα χρόνια κατασκεύασε το πρώτο εικονικό περιβάλλον με χρήση head tracked HMD. Το σύστημα αυτό θα παρουσίαζε τρισδιάστατα διανυσματικά γραφικά σε μικρές οθόνες CRT, τοποθετημένες στο πλάι. Μετά την κατασκευή του ανάλογου λογισμικού, ο Sutherland στράφηκε προς το υλικό. Εκτός από τις στερεοσκοπικές οθόνες πειραματίστηκε και με υπερηχητικούς και μαγνητικούς αισθητήρες. Μετά από αρκετά χρόνια έρευνας παρουσιάστηκε το πρώτο σύστημα εικονικής πραγματικότητας με την ονομασία: «Incredible Helmet» το 1970 <sup>4</sup>.

Στην αρχή της δεκαετίας του 70 παρουσιάστηκε από τον Michael Noll ένα πρωτότυπο σύστημα δυναμικής ανάδρασης. Χρησιμοποιούσε ποτενσιόμετρα για να ανιχνεύει την θέση μιας μικρής λαβής και ηλεκτροκινητήρες που ελέγχονταν από τον υπολογιστή μετέφεραν την ανάλογη ανάδραση στην λαβή και επομένως στον χρήστη που την έλεγχε.

Στα επόμενα χρόνια όλο και πιο πολλοί επιστήμονες ασχολούνταν με την νέα τεχνολογία και ειδικά στο MIT, UNC και στα εργαστήρια της Αμερικάνικης Αεροπορίας

Όμως ένας σημαντικός χώρος που ήταν υπεύθυνος για την ανάπτυξη και την ευρεία αποδοχή της VR τεχνολογίας, ήταν στην δεκαετία του 80' το Human Factor Research Division στο ερευνητικό κέντρο της Ames της NASA στην Καλιφόρνια. Ο Scott Fisher με τους συνεργάτες του έχοντας την δυνατότητα να γνωρίζουν για τις έρευνες στο MIT, UNC και την USAF, συνέθεσαν τα κομμάτια που έλειπαν από το παζλ της τεχνολογίας.

Στα μέσα της δεκαετίας του 80 η VPL Research δημιούργησε το Data Glove και έκανε δημοφιλείς τις οθόνες HMD.

Στα χρόνια που ακολούθησαν η εξάπλωση της εικονικής πραγματικότητας ήταν ραγδαία, δημιουργήθηκαν πολλές εταιρείες υλικού και λογισμικού και πολλά ερευνητικά κέντρα άρχισαν να ασχολούνται με αυτή. Μόλις τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ευρεία εξάπλωση της τεχνολογίας λόγω της επέκτασής της στους προσωπικούς υπολογιστές και στο διαδίκτυο <sup>4</sup>.

## 1.8 Εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας

Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε μερικές από τις εφαρμογές της VR τεχνολογίας με έμφαση αυτές που ήδη έχουν υλοποιηθεί ή είναι στην φάση κατασκευής πρωτοτύπου. Ο σκοπός μας είναι να δείξουμε τις χρήσεις της VR σε πραγματικές εφαρμογές του μέλλοντος.

Μία από τις εφαρμογές είναι η **επιστημονική οπτικοποίηση**. Πολλά επιστημονικά δεδομένα είναι σε τουλάχιστον τρισδιάστατη μορφή και η δυνατότητα να αλληλεπιδρούμε με τα δεδομένα ή το φαινόμενο που ερευνούμε μας φέρνει κοντά στην επίλυση του προβλήματος. Για τον λόγο αυτό τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται σε διάφορα ερευνητικά κέντρα για την μοντελοποίηση των εξισώσεων της κβαντικής μηχανικής, αλλά και για την μοντελοποίηση γεωλογικών και οικονομικών βάσεων δεδομένων.

Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι οι μοριακές έρευνες που γίνονται στον τομέα της βιοχημείας. Οι επιστήμονες φορώντας το στερεοσκοπικό κράνος μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το μοριακό μοντέλο, να μεταβάλλουν κατά βούληση την δομή του και να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα αυτής της αλλαγής. Οι αλλαγές αυτές ακολουθούν τους φυσικούς νόμους, όμως τα συστήματα αυτά βρίσκονται στο στάδιο πρωτότυπου και δεν είναι ακόμη αξιόπιστα.

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία VR έχει βρει πρόσφορο έδαφος εφαρμογής στον τομέα της **Ιατρικής**. Πολλοί γιατροί ανά τον κόσμο έχουν

εκφράσει μεγάλο ενδιαφέρον για τις υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει η εικονική πραγματικότητα, τόσο στην εκπαίδευση των νέων επιστημόνων, όσο και στην εφαρμοσμένη έρευνα. Επίσης ευρεία είναι η χρήση της στην εκπαίδευση των φοιτητών Ιατρικής, στην ανάρρωση των ασθενών με ειδικές ανάγκες, αλλά και στην βιοτεχνολογία.

Δύο άλλοι σημαντικοί τομείς εφαρμογής της VR είναι η **προσομοίωση συστημάτων** με σκοπό την εκπαίδευση σε αυτά. Τα συστήματα που προσομοιώνονται είναι συνήθως αρκετά επικίνδυνα, πολύπλοκα και ακριβά (π.χ. οι αεροπορικές εταιρείες και οι εταιρείες αεροναυπηγικής ήταν από τις πρώτες που υιοθέτησαν την τεχνολογία VR). Η κυρίως χρήση είναι η εκπαίδευση των πιλότων σε διάφορες καταστάσεις που δεν απέχουν όμως πολύ από τις πραγματικές. Η εκπαίδευση γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένα συστήματα (Flight Simulator).

Παρόμοιες χρήσεις έχει η εικονική πραγματικότητα και σε κλάδους της βιομηχανίας, της ρομποτικής, της αρχιτεκτονικής.

Η ανάπτυξη που γνωρίζουν τα τελευταία χρόνια τα δίκτυα επικοινωνίας και κυρίως το internet σηματοδότησαν μεταξύ άλλων και την επέκταση των VR εφαρμογών στο διαδίκτυο. Το 1993 αναπτύχθηκε μία τρισδιάστατη διεπαφή για το www που ήταν αποτέλεσμα μακροχρόνιας έρευνας πάνω στις τεχνολογίες VR των δικτύων. Ο σκοπός ήταν η δημιουργία μιας κοινής γλώσσας, η οποία θα περιέγραφε ικανοποιητικά έναν τρισδιάστατο κόσμο και θα παρείχε τη δυνατότητα συνδέσεων με άλλους τρισδιάστατους κόσμους, αλλά και με υπάρχοντα δισδιάστατα περιβάλλοντα υπερκειμένου (HTML). Η γλώσσα αυτή ονομάστηκε Virtual Reality Modeling Language (VRML).

Η χρήση της τεχνολογίας δικτύων επικοινωνίας δημιούργησε επίσης τη δυνατότητα μοιράσματος ενός εικονικού χώρου από πολλούς χρήστες έστω και εάν αυτοί δεν βρίσκονται στον ίδιο φυσικό χώρο. Το τρισδιάστατο μοντέλο αντιγράφεται σε κάθε έναν κόμβο του δικτύου και μόνο οι λειτουργίες των χρηστών μεταφέρονται μέσω δικτύου.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών της VR το οποίο συνέχεια διευρύνεται και σε άλλους τομείς της έρευνας.

Μπορούμε όμως να κάνουμε έναν διαχωρισμό των παραπάνω εφαρμογών σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Σχεδιασμού:** Οι εφαρμογές σε αυτήν την κατηγορία αναφέρονται στον σχεδιασμό νέων αντικειμένων χρησιμοποιώντας γνωστές τεχνικές σχεδιασμού. Η βασική χρήση τέτοιων εφαρμογών είναι στην αρχιτεκτονική, όπου π.χ. κάποιος μπορεί να χτίσει το σπίτι του επιλέγοντας κάθε αντικείμενο από μία βιβλιοθήκη έτοιμων αντικειμένων και συγχρόνως να «εξερευνεί» αυτό που κατασκεύασε. Οι εφαρμογές αυτές αναφέρονται ως interactive CAD(computer aided design).
- **Προσομοίωσης:** Αναφέρονται σε μία συλλογή αντικειμένων που αλληλεπιδρούν με τον χρήστη και μεταξύ τους. Τα αντικείμενα αυτά έχουν τη δυνατότητα να ανταποκρίνονται σε ενέργειες που λαμβάνουν χώρα στο εικονικό περιβάλλον. Μερικοί τομείς χρήσης τέτοιων εφαρμογών είναι η εξομοίωση συστημάτων, η εκπαίδευση, τα παιχνίδια και η τέχνη.
- **Οπτικοποίησης :** Ο βασικός σκοπός των εφαρμογών αυτής της κατηγορίας είναι η δυνατότητα εξερεύνησης του χώρου και των αντικειμένων αυτού. Στις εφαρμογές αυτές συνήθως ο χρήστης αλληλεπιδρά ελάχιστα με τα αντικείμενα του χώρου διότι ο βασικός σκοπός είναι η πλοήγησή του εντός του εικονικού χώρου. Τυπικά παραδείγματα είναι οι εφαρμογές οπτικοποίησης επιστημονικών πληροφοριών και οι εικονικοί περίπατοι. Οι παραπάνω εφαρμογές κατά έναν τρόπο είναι οι πιο εύκολες στην υλοποίηση, διότι τα αντικείμενα δεν χρειάζεται να αλληλεπιδρούν με τον χρήστη, αλλά από την άλλη πλευρά είναι πολύπλοκες, διότι απαιτείται αρκετά υψηλός βαθμός λεπτομέρειας στην σχεδίαση των αντικειμένων και των λειτουργιών τους που να περιέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία.(π.χ. η αναπαράσταση της δομής του μορίου και των δυνάμεων μεταξύ αυτών απαιτεί την προσομοίωση πολλών παραμέτρων <sup>5</sup>.

## 1.9 Συμπέρασμα

Ορίσαμε την έννοια της «εικονικής πραγματικότητας» ως την εξέλιξη του τρόπου διεπαφής (αλληλεπίδρασης) ανθρώπου-μηχανής. Είδαμε ότι ένα εικονικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη **αποτελείται** από μια τρισδιάστατη εφαρμογή (προσομοίωση πραγματικού κόσμου), **χρησιμοποιεί** συσκευές τρισδιάστατης εισόδου και εξόδου, **προβάλλει** πληροφορίες σε τρισδιάστατη μορφή και **αλληλεπιδρά** με τον χρήστη με τρισδιάστατες κινήσεις. Επίσης αναφέραμε τις χρήσεις της τεχνολογίας σε πραγματικά προβλήματα.

Τελικά μπορούμε να πούμε ότι **η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας παρέχει στον χρήστη ένα ολοκληρωμένο τρισδιάστατο σύστημα.**

## Κεφάλαιο 2

### 2.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να περιηγηθούμε μέσα σε ένα εικονικό περιβάλλον. Ξεκινάμε με την γενικότερη περιγραφή των εργαλείων πλοήγησης σε τρισδιάστατους χώρους και σταματώντας στα γάντια δεδομένων, αναλύουμε αναλυτικά κάθε ένα τύπο ξεχωριστά, χωρίς όμως να αφηφούμε και τα άλλα εργαλεία πλοήγησης στους 3D χώρους, όπως το ποντίκι το πληκτρολόγιο και το Trackball. Η ανάλυση όμως δεν σταματά εδώ, αφού θα πρέπει να αναλύσουμε και το σύστημα μέσω των οποίων γίνεται δυνατή η επικοινωνία των εργαλείων πλοήγησης με το υπολογιστικό μας σύστημα.

Ένα από τα πιο σημαντικά σημεία του κεφαλαίου αυτού είναι η περιγραφή της διαδικασίας κατά την οποία ο υπολογιστής θα αναγνωρίσει τις επαφές των δακτύλων του χρήστη ο οποίος θα χρησιμοποιήσει το γάντι δεδομένων ως σύστημα πλοήγησης σε τρισδιάστατους χώρους, θα συλλέξει τις απαραίτητες πληροφορίες και θα τις διαχειριστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερη αναπαράσταση της περιήγησής μας στο εκάστοτε εικονικό περιβάλλον.

Η συσκευή με την οποία ασχοληθήκαμε εκτενέστερα είναι το σύστημα Pinch Glove της εταιρείας FaceSpace. Η συσκευή αυτή είναι ουσιαστικά ένα γάντι δεδομένων, αν και παρουσιάζει αρκετές διαφορές από το παραδοσιακό γάντι δεδομένων. Οι διαφορές της έγκεινται κυρίως στο γεγονός ότι το σύστημά μας δεν μεταφέρει στον υπολογιστή πληροφορίες για την κίνηση των δακτύλων και την θέση των χεριών, αλλά μόνο πληροφορίες για τις επαφές ανάμεσα στα δάχτυλα των δυο χεριών.

Στην πορεία, προσπαθήσαμε να περιγράψουμε μια εφαρμογή, οι οποία μελετά :

- A) την πλοήγηση σε ένα εικονικό περιβάλλον και
- B) την διαχείριση αντικειμένων σε ένα τέτοιο περιβάλλον.

Μελετώντας τα δύο αυτά ζητήματα ξεχωριστά απλοποιούμε ουσιαστικά το πρόβλημα, αφού σε έναν ολοκληρωμένο εικονικό κόσμο πρέπει φυσικά να μπορούμε να μετακινούμαστε σε αυτό καθώς και να αλληλεπιδρούμε με τα αντικείμενα τα οποία βρίσκονται μέσα σ' αυτόν. Άλλωστε, η εφαρμογή δεν έχει σκοπό την σύνθεση ενός ολοκληρωμένου εικονικού κόσμου, αλλά την παρουσίαση ενδεικτικών τρόπων χρήσης του συγκεκριμένου συστήματος γαντιών δεδομένων ως εναλλακτική συσκευή εισόδου δεδομένων σε ένα εικονικό περιβάλλον. Τα προβλήματα τα οποία προκύπτουν κατά την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος και τα οποία καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε είναι η επικοινωνία του υπολογιστή με το σύστημα των γαντιών, η κατασκευή ενός τρισδιάστατου εικονικού κόσμου και το πλήθος των νευμάτων το οποίο μπορούμε να αναγνωρίσουμε.

## **2.2 Εργαλεία Πλοήγησης σε 3D χώρους**

### **2.2.1 Γενικά**

Στην ενότητα αυτή θα αποκτήσουμε μια γενική εικόνα των συσκευών εισόδου δεδομένων, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως εργαλεία πλοήγησης σε τρισδιάστατους χώρους, θα περιγράψουμε σε γενικές γραμμές θεωρητικά μοντέλα τεχνικών διεπαφής και τελικά θα μελετήσουμε την αποτελεσματικότητα διάφορων εργαλείων πλοήγησης σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα. Σκοπός αυτής την ενότητας είναι να αποκτήσει ο αναγνώστης μια ευρεία άποψη των εργαλείων πλοήγησης και να κατανοήσει για ποιο λόγο είναι κρίσιμη η ύπαρξη εναλλακτικών εργαλείων πλοήγησης στον τρισδιάστατο χώρο.

### **2.2.2 Τεχνολογίες Γαντιών Δεδομένων**

Από την εποχή της δημιουργίας του πρώτου υπολογιστή μέχρι σήμερα, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες συσκευές για την επικοινωνία του χρήστη με το υπολογιστικό σύστημα. Από διακόπτες και διάτρητες καρτέλες στην αρχή καταλήξαμε στο πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Παρόλα αυτά είναι φανερό πως οι συσκευές αυτές δεν αρκούν για όλες τις

εργασίες, και ειδικά για εφαρμογές οι οποίες έχουν να κάνουν με την εικονική πραγματικότητα. Για παράδειγμα, πώς θα μπορούσε κάποιος μέσα σε έναν εικονικό κόσμο να σηκώσει ένα κουτί και να το ανοίξει; Μια λύση θα ήταν το πληκτρολόγιο, κάτι τέτοιο όμως είναι αρκετά δύσχρηστο, αφού θα έπρεπε να δώσει στο σύστημα πληροφορίες όπως ποιο κουτί να σηκώσει και με ποιόν τρόπο να το ανοίξει. Επίσης, ο χρήστης θα έπρεπε να μάθει την σύνταξη των εντολών οι οποίες απαιτούνται για την αλληλεπίδραση του με τον εικονικό κόσμο, κάτι αρκετά κουραστικό και δύσκολο στην πράξη. Για τον λόγο αυτό αναζητήθηκαν άλλες εναλλακτικές συσκευές εισόδου δεδομένων για την διαχείριση τέτοιων καταστάσεων. Μια από τις πρώτες συσκευές οι οποίες δημιουργήθηκαν για το σκοπό αυτό ήταν τα γάντια δεδομένων. Τα χέρια είναι άλλωστε από τα βασικότερα όργανα για την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει. Είναι φυσικό λοιπόν μέσα σε ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας ο χρήστης να νιώθει μεγαλύτερη άνεση αν του δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιεί και τα χέρια του για την αλληλεπίδραση του με τον εικονικό κόσμο. Ο βαθμός ρεαλισμού ανεβαίνει πολύ ψηλά σε ένα τέτοιο σύστημα, και ενέργειες οι οποίες φαινόταν πολύπλοκες γίνονται πλέον ενέργειες «ρουτίνας» για τον χρήστη, αφού μικρή διαφορά έχουν με τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης θα εκτελούσε την ίδια εργασία έξω από το εικονικό περιβάλλον. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικές τεχνολογίες γαντιών δεδομένων οι οποίες κυριαρχούν στην αγορά της εικονικής πραγματικότητας. Το σύστημα Pinch Glove δεν παρουσιάζεται στο σημείο αυτό, αφού θα παρουσιαστεί ξεχωριστά και αναλυτικά στην ενότητα 2.6 του κεφαλαίου.

### **2.3.1 Data Glove**

Το Data Glove, της εταιρίας VPL Research Inc., είναι κατασκευασμένο από ελαφριά λύκρα και αποτελείται από δύο συσκευές μετρήσεων. Η πρώτη συσκευή αναγνωρίζει την γεωμετρία του χεριού, μετρώντας τους βαθμούς κάμψης ή προέκτασης κάθε δακτύλου. Η συσκευή λειτουργεί με την χρήση οπτικών ινών, οι οποίες περνούν από

κάθε δάκτυλο. Στο ένα άκρο υπάρχει ένας αισθητήρας φωτός ενώ στο άλλο ένα LED (Light- Emitting - Diode) το οποίο λειτουργεί ως πηγή φωτός. Όταν αυτός ο οποίος φορά τα γάντια λυγίσει ένα δάκτυλο, το φως από το LED ελευθερώνεται μέσα από μικρές τρύπες οι οποίες υπάρχουν στο περίβλημα του καλωδίου. Έτσι φτάνει στον αισθητήρα λιγότερο φως, και αυτός παράγει ασθενέστερο ηλεκτρικό σήμα. Με τον τρόπο αυτό ο υπολογιστής λαμβάνει πληροφορίες για τον βαθμό που είναι λυγισμένα τα δάκτυλα του χρήστη.

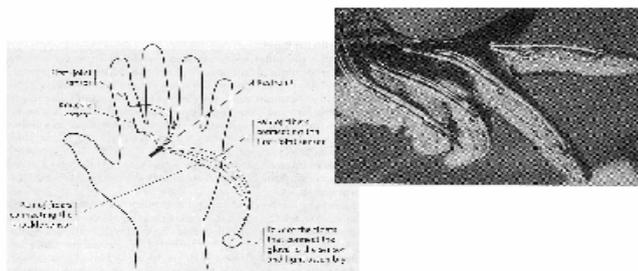


Η δεύτερη συσκευή μετρά την ακριβή θέση και τον προσανατολισμό του χεριού στο χώρο. Η συσκευή αυτή αποτελείται από δύο βασικά μέρη: έναν σταθερό πομπό και έναν δέκτη ο οποίος είναι τοποθετημένος στο γάντι. Τόσο ο πομπός όσο και ο

δέκτης είναι κατασκευασμένοι από τρία σπειροειδή καλώδια, τοποθετημένα υπό τις κατάλληλες γωνίες. Μέσα από τον πομπό περνά ηλεκτρικό ρεύμα, και σε συνδυασμό με τα πηνία δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο. Όταν μετακινούνται τα γάντια, ο δέκτης ο οποίος είναι

τοποθετημένος πάνω τους παράγει τρία ξεχωριστά ηλεκτρικά φορτία. Μετρώντας τα τρία αυτά φορτία είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την θέση και τον προσανατολισμό των γαντιών. Το σύστημα αυτό

Το πρώτο γάντι δεξιόχέρι που κατασκευάστηκε από την εταιρεία VPL του Jason Latimer - DataGlove



είναι γνωστό και ως Magnetic Positioning System<sup>6</sup>.

Στην κατηγορία του Data Glove ανήκουν διάφορα είδη γαντιών, τα οποία ακολουθούν την ίδια ιδέα κατασκευής, έχουν όμως διαφορές. Τέτοια γάντια δεδομένων είναι το 5DT DataGlove και Flexor Kit της εταιρίας 5<sup>th</sup> Dimention Technologies, το SuperGlove της Nissso Electronic Corp. καθώς και το CyberGlove της εταιρίας VTRTEX. Οι διαφορές ανάμεσα στα συστήματα αυτά αφορούν κυρίως τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται. Ειδικά το CyberGlove, λόγω των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο καθώς και των 18 αισθητήρων οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε κάθε γάντι, έχει τεράστια ακρίβεια και μπορεί να ξεχωρίσει ένα μεγάλο πλήθος νευμάτων.

Το βασικό μειονέκτημα των DataGloves είναι ότι απαιτείται καθορισμός ή διόρθωση των διαβαθμίσεων του συστήματος για κάθε χρήστη, αφού είναι πολύ ευαίσθητο στις θέσεις των κλειδώσεων του κάθε χεριού.

Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι και η τιμή τους, μιας και είναι περίπου 100 φορές ακριβότερο από αντίστοιχα συστήματα, όπως το PowerGlove, το οποίο θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

### **2.3.2 Power Glove**

Το PowerGlove είναι ουσιαστικά μια φθηνότερη εκδοχή του DataGlove, η οποία έχει τις ίδιες δυνατότητες, χρησιμοποιώντας όμως διαφορετικές μεθόδους. Αρχικά, αποτελούσε συσκευή εισόδου δεδομένων για το Nitendo Home Entertainment System, αλλά ακριβώς λόγω του μικρού του κόστους το PowerGlove άρχισε να χρησιμοποιείται σε αρκετές ερευνητικές εγκαταστάσεις εικονικής πραγματικότητας σε ολόκληρο τον κόσμο. Σήμερα υπάρχουν και άλλες εφαρμογές παιχνιδιών που χρησιμοποιούν το Power Glove ως μέσο αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον του παιχνιδιού. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α)



Για την μέτρηση της κλίσης το PowerGlove είναι περασμένο με μία στρώση ενός ειδικού πλαστικού, το οποίο είναι επικαλυμμένο με ένα ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό. Η στρώση αυτή τοποθετείται κατά μήκος όλων των δακτύλων και όταν ένα δάκτυλο είναι λυγισμένο αλλάζει η ηλεκτρική αντίσταση. Η αλλαγή αυτή αντιστοιχεί στο βαθμό κατά τον οποίο λύγισε το δάκτυλο. Επίσης το PowerGlove χρησιμοποιεί ειδικά μικρόφωνα για τον εντοπισμό της θέσης του γαντιού στο χώρο, κάτι το οποίο δεν υποστηρίζουν άλλα γάντια, παρά μόνο με την χρησιμοποίηση ξεχωριστών συσκευών ανίχνευσης. Βέβαια, αυτό δεν αποτελεί σημαντικό προτέρημα του PowerGlove, αφού ο τρόπος ο οποίος χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό του γαντιού στο χώρο δεν έχει καθόλου καλή ακρίβεια. Σε σύγκριση με το DataGlove, έχει μικρότερη ακρίβεια και απαιτεί επαναβαθμονόμηση για κάθε χρήση<sup>7</sup>.

### **2.3.3 Dexterous Handmaster**

Το Dexterous Handmaster (DHM) αρχικά αναπτύχθηκε ως συσκευή ελέγχου. Το DHM δεν είναι ακριβώς ένα σύστημα γαντιών, αλλά ένας εξωσκελετός, ο οποίος τοποθετείται στο χέρι και τα δάκτυλα του χρήστη.

Χρησιμοποιώντας ειδικούς αισθητήρες ως ποντεσιόμετρα στις κλειδώσεις, είναι σε θέση να μετρά με ακρίβεια το βαθμό λύγισης των τριών κλειδώσεων κάθε δακτύλου, καθώς και τις πολύπλοκες κινήσεις του αντίχειρα. Το DHM είναι σε θέση να μετρά 20 βαθμούς ελευθερίας του χεριού, τέσσερις για κάθε δάκτυλο. Τα αναλογικά σήματα από κάθε αισθητήρα συλλέγονται από μια πλακέτα, η οποία δέχεται μέχρι και 200 δείγματα ανά δευτερόλεπτο. Το DHM δεν μετρά την θέση και τον προσανατολισμό της παλάμης, αλλά ένας τρισδιάστατος Ανιχνευτής Θέσης μπορεί να τοποθετηθεί για το σκοπό αυτό. Αν και αρχικά κατασκευάστηκε για εφαρμογές ρομποτικής, το DHM χρησιμοποιείται με επιτυχία για κλινικές αναλύσεις των λειτουργιών του χεριού και βλαβών του. Αντιθέτως με τα

DataGlove και τα PowerGlove, το DHM είναι σε θέση να αναγνωρίσει και να μετρήσει την κίνηση του δακτύλου από τη μία άκρη μέχρι την άλλη. Τα άλλα γάντια απλώς μετρούν την κάμψη των δακτύλων. Το DHM μπορεί να χαρακτηριστεί πιο ακριβές σε σχέση με τα άλλα συστήματα και λιγότερο ευαίσθητο στο χέρι του χρήστη, όμως είναι αρκετά δύσκολο, αφού είναι αρκετά δύσκολη διαδικασία να το φορέσει κάποιος. Αν και είναι ελαφρύ, έχει περισσότερη μάζα από τα περισσότερα γάντια δεδομένων και είναι λιγότερο σταθερό στο χέρι όταν ολόκληρο το χέρι κινείται γρήγορα. Για όλους αυτούς τους λόγους το DHM δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως συσκευή εισόδου δεδομένων για συνηθισμένη χρήση. Παρόλα αυτά, έχει απλοποιηθεί και τελειοποιηθεί η τεχνολογία και είναι πλέον διαθέσιμο για την ξεχωριστή μέτρηση της γεωμετρίας των δακτύλων και άλλων συνδέσμων του σώματος<sup>8</sup>.

### **2. 3. 4 To Cyber Glove**

Το CyberGlove είναι ένα χαμηλού προφίλ, ελαφρύ γάντι με εύκαμπους αισθητήρες οι οποίοι με ακρίβεια και επαναλαμβανόμενα μετρούν τη θέση και τη μετακίνηση των δακτύλων και του καρπού. Το βραβευμένο σχέδιο των Cyber Glove's ενσωματώνει την τεχνολογία της με μεγάλη ακρίβεια αίσθησης των συνδέσμων. Το Cyber Glove είναι η τελευταία λέξη της τεχνολογίας στα γάντια δεδομένων.



Το Cyber Glove είναι διαθέσιμο σε δύο πρότυπα και για καθένα χέρι.

Το πρότυπο 18-αισθητήρων χαρακτηρίζει δύο αισθητήρες κάμψεων σε κάθε δάκτυλο, τέσσερις αισθητήρες απαγωγής, συν τους αισθητήρες που μετρούν τη διασταύρωση αντιχειρών, την αψίδα της παλάμης, την κάμψη των καρπών και την απαγωγή των καρπών.



Το πρότυπο 22-αισθητήρων προσθέτει αισθητήρες για να μετρήσει την κάμψη των ακραίων ενώσεων στα τέσσερα δάκτυλα.

### **Κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία αισθητήρων.**

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του Cyber Glove κατοχύρωσαν με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την ανθεκτική τεχνολογία αντίληψης-κάμψης που είναι γραμμική και γερή. Οι αισθητήρες είναι εξαιρετικά λεπτοί και εύκαμπτοι και η αντίσταση στην κάμψη του χεριού είναι σχεδόν μη ανιχνεύσιμη. Δεδομένου ότι οι αισθητήρες εκθέτουν τη χαμηλή ευαισθησία τους στην τοποθέτησή τους πέρα από τις αρθρώσεις των δακτύλων, κάθε Cyber Glove παρέχει υψηλής ποιότητας μετρήσεις για ένα ευρύ φάσμα μεγέθους κάθε χεριού, και εξασφαλίζουν την επανάληψη μεταξύ των χρήσεων. Αναβαθμολογήσεις δεν χρειάζεται να γίνουν, ακόμα και μετά από μήνες χρήσης<sup>9</sup>.

### **Σχεδιασμένο για την άνεση και τη λειτουργία**

Το CyberGlove κατασκευάζεται από ένα ελαστικό ύφασμα για άνεση και από ένα πλέγμα στην παλάμη για εξαερισμό του χεριού. Το CyberGlove 18-αισθητήρων έχει ανοικτά τα άκρα των δακτύλων, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη να δακτυλογραφήσει, να γράψει και να πιάσει τα αντικείμενα φορώντας το γάντι. Τα CyberGloves είναι διαθέσιμα και για τα δύο χέρια.



### **Το σύστημα CyberGlove**



Το βασικό σύστημα CyberGlove περιλαμβάνει ένα CyberGlove, τη μονάδα οργάνων του, ένα τμηματικό καλώδιο για να συνδεθεί με τον οικοδεσπότη υπολογιστή, και μια εκτελέσιμη έκδοση του γραφικού λογισμικού της επίδειξης και βαθμολόγησης του VirtualHand πρότυπου.

Πολλές εφαρμογές απαιτούν τη μέτρηση της θέσης και του προσανατολισμού του περικάρπιου στο χώρο. Για να γίνει αυτό εφικτό, υπάρχουν για το περικάρπιο του γαντιού τοποθετημένες παροχές αισθητήρων ανίχνευσης θέσεως 6DOF (degrees of freedom) για τις Polhemus και Ascension. Οι αισθητήρες ανίχνευσης θέσεως δεν συμπεριλαμβάνονται στο βασικό σύστημα CyberGlove, αλλά είναι διαθέσιμοι ως επιλογή από τις

εικονικές πραγματικότητες και υποστηρίζονται στο λογισμικό Virtual Hand.

Το CyberGlove έχει έναν προγραμματισμό μέσω λογισμικού διακόπτη και ένα LED στο περικάρπιο για να επιτρέψει στον υπεύθυνο ανάπτυξης λογισμικού συστημάτων να παρέχει στον κομιστή CyberGlove μια πρόσθετη ικανότητα εισόδου / εξόδου.

Η μονάδα οργάνων παρέχει ένα ευρύ φάσμα ποικίλων λειτουργιών και χαρακτηριστικών γνωρισμάτων συμπεριλαμβανομένου του time-stamp, της θέσης του CyberGlove, του εξωτερικού συγχρονισμού δειγματοληψίας και των αποτελεσμάτων των αναλογικών αισθητήρων.

### **Εφαρμογές**

Το Cyber Glove είναι ένα ιδανικό γάντι για εφαρμογές όπως:

εικονική πραγματικότητα, telerobotics, εξάσκηση σε διάφορες επιστήμες όπως ιατρική, CAD, γλωσσική αναγνώριση σημαδιών, τηλεοπτικά παιχνίδια, παραγωγή μουσικής, ανάλυση λειτουργιών του χεριού<sup>10</sup>.

### **Προδιαγραφές**

#### **Γραμμικότητα αισθητήρων:**

μέγιστη μη γραμμικότητα 0,62% πέρα από την πλήρη σειρά της κίνησης χεριών.

#### **Ανάλυση αισθητήρων:**

0,5 βαθμοί παραμένει σταθερός πέρα από την ολόκληρη σειρά της κοινής κίνησης.

#### **Επανάληψη μεταξύ των χρήσεων γαντιών:**

Σταθερή απόκλιση χαρακτηριστικά 1 βαθμού.

#### **Εκτός άξονα κάμψη:**

Οι αισθητήρες αποκρίνονται πρώτιστα για να κάμψουν για τον ενιαίο επιθυμητό άξονα αισθητήρων.

#### **Διεπαφή:**

RS- 232 με τα επιλέξιμα baud ποσοστά μέχρι το kbaud 115,2.

Αναλογική παραγωγή παρεχόμενη επίσης.

**Ποσοστό αναπροσαρμογών:**

Μέχρι 112 αρχεία/SEC όταν φιλτράρεται (18 αρχεία αισθητήρων).  
Επάνω στα αρχεία το149/το SEC

ταν unfiltered. Προετοιμασμένη περίοδος δειγμάτων ή ψηφισμένο  
I/O

(Υψηλότερα ποσοστά πιθανά όταν επιτρέπονται λιγότεροι αισθητήρες).

**Φυσικά χαρακτηριστικά**

**Στοιχείο**

CyberGlove

Μονάδα ενοργάνωσης

Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (ΗΠΑ)

Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (Ευρώπη)

**Απαιτήσεις δύναμης**

**Πρότυπο**

ΗΠΑ

Ευρώπη

**Δύναμη**

2.5W

2.5W

**Βάρος**

3,0 oz

27,0 oz

2,5 λίβρες

3,5 λίβρες

**Συχνότητα**

60Hz

50Hz

**Βολτ**

120V

220V

**Διαστάσεις**

Ένα μέγεθος εγκαθιστά των περισσότερων

10.00 "X 6,25" X 2,75 "

4.36 "X 3,10" X 2,28 "

6.30 "X 3,82" X 2,66 "

## **2. 4 Περιληπτική παρουσίαση εργαλείων πλοήγησης σε 3D χώρους**

Για την διεπαφή μας με τρισδιάστατα περιβάλλοντα έχει δημιουργηθεί ένα αρκετά μεγάλο πλήθος από συσκευές πλοήγησης. Παρακάτω συνοψίζονται οι πιο σύγχρονες και περισσότερο διαδεδομένες συσκευές.

### **2. 4. 1 Προσαρμοσμένες 2D συσκευές διεπαφής (Πληκτρολόγιο, ποντίκι και Trackball)**

Το πληκτρολόγιο και το ποντίκι είναι τα πιο διαδεδομένα εργαλεία πλοήγησης σε τρισδιάστατους χώρους. Οι συσκευές αυτές είναι φυσικά είτε μονοδιάστατες, όπως είναι το πληκτρολόγιο (αν και μπορεί να θεωρηθεί και πολυδιάστατη, κάτι το οποίο εξαρτάται από τον ορισμό τον οποίο θα δώσουμε στον όρο βαθμοί ελευθερίας), είτε διδιάστατες, όπως το ποντίκι και το Trackball, αλλά προσαρμόζονται για διεπαφή στις τρεις διαστάσεις. Το πληκτρολόγιο χρησιμοποιεί μια ακολουθία από πατήματα πλήκτρων για την πλοήγηση και την διεπαφή με τον κόσμο. Το ποντίκι, τυπικά χρησιμοποιεί διδιάστατους μηχανισμούς για τον έλεγχο της τρισδιάστατης διεπαφής. Οι μηχανισμοί αυτοί είναι συνήθως είτε μπάρες ολίσθησης είτε περιστρεφόμενοι τροχοί<sup>11</sup>.



#### **2. 4. 2 Position Trackers (Ανιχνευτές Θέσεων).**

Οι Position Trackers μας επιστρέφουν την ακριβή θέση και τον προσανατολισμό του χρήστη μέσα στον τρισδιάστατο χώρο. Συνήθως, οι Position Trackers χρησιμοποιούν 6 συντεταγμένες ή βαθμούς ελευθερίας για την περιγραφή της θέσης και του προσανατολισμού. Τρεις βαθμοί ελευθερίας (X, Y, Z) απαιτούνται για τον καθορισμό της θέσης του χρήστη και τρεις ακόμη βαθμοί ελευθερίας (pitch, yaw, roll) απαιτούνται για τον καθορισμό του προσανατολισμού του χρήστη. Καθένας από τους τρεις τελευταίους βαθμούς ελευθερίας περιγράφει την γωνία περιστροφής γύρω από τον κάθε άξονα. Για να είναι ένα σύστημα αναγνώρισης της θέσης επιτυχημένο, πρέπει να είναι σε θέση να μας δώσει πολύ γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια την θέση του χρήστη μέσα στο χώρο. Για την αναγνώριση της θέσης χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες

##### ***Μηχανικά***

Στα μηχανικά συστήματα, ο χρήστης συνδέεται φυσικά με ένα σημείο αναφοράς. Η θέση του χρήστη υπολογίζεται στη συνέχεια μηχανικά από διάφορες θέσεις και συγκρίνεται με το αρχικό σημείο αναφοράς. Τέτοια μηχανικά συστήματα αναγνώρισης θέσης μπορούν να είναι και γρήγορα και ακριβή, όμως περιορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό το πλήθος κινήσεων του χρήστη. Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μηχανικό σύστημα αναγνώρισης θέσης είναι το “Boom” από την FaceSpace Labs. ( )

##### ***Μαγνητικά***

Η μαγνητική τεχνολογία για την αναγνώριση θέσης είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας. Οι μαγνητικοί εντοπιστές θέσης έχουν έναν πομπό, τοποθετημένο σε συγκεκριμένο σημείο στο χώρο, και έναν αισθητήρα ανίχνευσης, ο οποίος τοποθετείται πάνω στο χρήστη. Τόσο ο πομπός όσο και ο αισθητήρας αποτελούνται από τρία ορθογώνια ηλεκτρομαγνητικά πηνία. Ο πομπός παράγει ένα μαγνητικό πεδίο, το οποίο παράγει ρεύμα στα πηνία του αισθητήρα, καθώς αυτός μετακινείται μέσα στο πεδίο. Το ρεύμα το οποίο προκαλείται, χρησιμοποιείται στη συνέχεια για να καθοριστεί η θέση του χρήστη μέσα στο χώρο. Συνολικά, οι μαγνητικοί εντοπιστές θέσης έχουν ένα ευρύ πεδίο δράσης, και είναι τόσο γρήγοροι όσο και

ακρίβεις στον προσδιορισμό της θέσης. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα τους είναι πως οι φερομαγνητικές και οι ηλεκτρικά αγώγιμες επιφάνειες προκαλούν διαταραχές στο πεδίο, με αποτέλεσμα η ακρίβεια να μειώνεται καθώς ο χρήστης απομακρύνεται από τον πομπό. Οι πιο διάσημοι μαγνητικοί εντοπιστές θέσης είναι από τις εταιρίες Polhemus και Ascension<sup>12</sup>.



Το CyberTrack, αρχικά σχεδιασμένο ως στρατιωτικό εργαλείο πλοήγησης, έχει το μέγεθος ενός πακέτου τσιγάρων και είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία μαγνητικού εντοπισμού.

### ***Ακουστικά***

Σήμερα υπάρχουν διάφορες παραλλαγές συστημάτων ακουστικού εντοπισμού θέσης. Τυπικά, υπερηχητικές συχνότητες (οι οποίες βρίσκονται έξω από το πεδίο της ανθρώπινης ακοής) εκπέμπονται από τρεις ή και περισσότερους πομπούς. Ο χρόνος τον οποίο κάνει το ηχητικό κύμα να ταξιδέψει από τον πομπό μέχρι τον αισθητήρα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ πομπού και αισθητήρα. Η θέση του αισθητήρα καθορίζεται μέσω τριγωνισμού. Ο ακουστικός εντοπισμός επηρεάζεται από παράσιτα υπερηχητικών κυμάτων, από την ηχώ, αλλά και από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν αποκλίσεις στην ταχύτητα με την οποία ταξιδεύει ο ήχος στον αέρα. Όλα τα παραπάνω καθιστούν τις ακουστικές μεθόδους αναξιόπιστες.

### ***Οπτικά***

Τα οπτικά συστήματα εντοπισμού θέσης χρησιμοποιούν διάφορα είδη ανιχνευτών, οι οποίοι κυμαίνονται από LED's μέχρι και απλές κάμερες video. Στα περισσότερα οπτικά συστήματα εντοπισμού θέσης, δέσμες φωτός είτε εκπέμπονται είτε ανακλούνται από διάφορα σημεία στο αντικείμενο, οπότε και στη συνέχεια υπολογίζεται η θέση του αντικειμένου στο χώρο. Σε άλλα οπτικά συστήματα εντοπισμού, δεν

χρησιμοποιούνται καθόλου πηγές φωτός. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν γνωστά σημεία του αντικειμένου και εκμεταλλεύονται ανεπτυγμένες τεχνικές επεξεργασίας εικόνας για τον προσδιορισμό της θέσης του χρήστη στο χώρο. Τα παραπάνω συστήματα μπορούν να είναι και ακριβή στους υπολογισμούς τους αλλά και αρκετά γρήγορα. Παρόλα αυτά όμως το κόστος τους είναι υψηλό σε σχέση με άλλα συστήματα, καθώς και οι απαιτήσεις τους σε υπολογιστική ισχύ.

### ***Αδρανειακά***

Τα αδρανειακά συστήματα υπολογισμού θέσης χρησιμοποιούν τη βαρύτητα, την αδράνεια καθώς και το μαγνητικό πόλο της γης για τον προσδιορισμό του προσανατολισμού. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική επιλογή αντί των αντίστοιχων μαγνητικών συστημάτων. Τα συστήματα τις περισσότερες φορές συνδυάζουν μικρό-επιταχυνσιόμετρα με μια πυξίδα για τον προσδιορισμό του προσανατολισμού του αισθητήρα. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν πολύ μικρό χρόνο απόκρισης, παρόλα αυτά έχουν προβλήματα αναγνώρισης της ακριβούς φοράς του προσανατολισμού του αντικειμένου.

## **2. 4. 3 Κινητήριες Συσκευές**

Οι κινητήριες συσκευές μεταφράζουν τις κινήσεις του χρήστη στον κανονικό χώρο ώστε να προσομοιώσουν τις κινήσεις στον αντίστοιχο χώρο εικονικής πραγματικότητας. Για παράδειγμα, τα σταθερά ποδήλατα, οι εξομοιωτές σκαλοπατιών και οι κινούμενοι τροχοί έχουν χρησιμοποιηθεί ως κινητήριες συσκευές για πλοήγηση. Τέτοιες συσκευές παρέχουν στο χρήστη έναν φυσικό τρόπο πλοήγησης στο εικονικό περιβάλλον καθώς και την αίσθηση ότι πραγματικά κινούνται μέσα στο χώρο αυτό. Αν και τα συστήματα αυτά μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά δαισθητικά εργαλεία πλοήγησης, ο χρήστης τυπικά περιορίζεται από τον διαθέσιμο χώρο και τις ελεύθερες κατευθύνσεις για κίνηση. Διάφορες ερευνητικές ομάδες προσπαθούν να εξαλείψουν αυτά τα ελαττώματα, και έχουν αναπτυχθεί διάφορες συσκευές για το σκοπό αυτό. Έτσι έχουν αναπτυχθεί συστήματα τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες απλώς

να αλλάζουν τη στάση του σώματος τους όπως θα έκαναν αν κινούνταν, αντί να κάνουν ολόκληρα βήματα, εξαλείφοντας την ανάγκη για μετακινούμενη πλατφόρμα ή πολύ μεγάλο χώρο. Συνολικά, οι κινητήριες συσκευές είναι κατασκευασμένες ειδικά για την επεξεργασία πληροφοριών που έχουν να κάνουν με πλοήγηση, παρά με οποιαδήποτε άλλο είδος πληροφορίας<sup>13</sup>.

#### **2. 4. 4 Εντοπισμός Ματιών**

Ο εντοπισμός των ματιών επιτρέπει στο σύστημα να καθορίζει τη θέση του ματιού του χρήστη με τη βοήθεια ενός μεγάλου πλήθους τεχνικών:

- *Ανάκλαση Κερατοειδή Χιτώνα*: Υπολογίζει το φως που ανακλάται από τον κερατοειδή χιτώνα.
- *Electroculography*: Μετρά ενδεχόμενες διαφορές οι οποίες προκύπτουν από το δυναμικό κερατοειδής χιτώνας - αμφιβληστροειδής χιτώνας.
- *Εντοπισμός Κίνησης Κόρης Ματιού*: Επεξεργάζεται μια εικόνα video χρησιμοποιώντας την κόρη ματιού ως σημείο αναφοράς.

Βέβαια υπάρχουν και αρκετές ακόμα τεχνικές. Αφού έχει καθοριστεί η θέση του ματιού, αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή αντικειμένων ή για να δοθούν εντολές, για μετακίνηση αντικειμένων, μετακίνηση μέσα σε κείμενο κ.α<sup>14</sup>.

#### **2. 4. 5 Απτικές Συσκευές**

Οι απτικές συσκευές μπορούν να θεωρηθούν ως συσκευές τόσο εισόδου όσο και εξόδου. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν διάφορους μηχανισμούς κίνησης για την παροχή ανάδρασης προς το χρήστη. Η ανάδραση βοηθά τον χρήστη να εκτελέσει εργασίες οι οποίες απαιτούν μεγάλο βαθμό ακρίβειας. Οι απτικές συσκευές χρησιμοποιούνται κυρίως στους ιατρικούς εξομοιωτές και στις απομακρυσμένες χειρουργικές επεμβάσεις με χρήση ρομπότ.

#### **2. 4. 6 Αναγνώριση Νευμάτων**

Η αναγνώριση νευμάτων προσφέρει ένα φυσικό και διαισθητικό τρόπο για τους χρήστες να εισάγουν πληροφορίες. Τυπικά, ο χρήστης φορά ένα γάντι ή μια στολή που επιτρέπει τον καθορισμό της θέσης χαρακτηριστικών αρθρώσεων, ή την κάμψη των δακτύλων και των αρθρώσεων. Συνδυάζοντας τις πληροφορίες για το ποσοστό της κάμψης ή τις πληροφορίες για τη θέση των αρθρώσεων με τις πληροφορίες ενός τρισδιάστατου ανιχνευτή υπολογίζεται η θέση του χεριού ή του σώματος. Τεχνολογίες οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό της θέσης των αρθρώσεων και του ποσοστού της κάμψης περιλαμβάνουν οπτικές ίνες (DataGlove από VPR), συστήματα που χρησιμοποιούν κάμερα σε συνδυασμό με γάντια πάνω στα οποία τοποθετούνται LED's, λεπτούς αισθητήρες πάνω σε μύες (Cyber Glove από την Virtual Technologies) και εύκαμπτα υλικά (PowerGlove από την Mattel). Η επεξεργασία εικόνας, η οποία δεν απαιτεί από το χρήστη να φορά ειδική στολή ή γάντια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αυτή για την αναγνώριση νευμάτων. Για την αναγνώριση νευμάτων πρέπει να προσέξουμε δύο συγκεκριμένα σημεία: Την αστάθεια του χεριού, ή οποία μπορεί να ελαττώσει την ακρίβεια, και την ανάγκη για έναν μηχανισμό "σφιξίματος" για τον διαχωρισμό των γενικών κινήσεων του χεριού και των νευμάτων που έχουν συγκεκριμένο σκοπό<sup>15</sup>.

#### **2. 4.7 Αναγνώριση Φωνής**

Στην αναγνώριση φωνής, όπως είναι φυσικό, χρησιμοποιείται η ανθρώπινη φωνή ως συσκευή εισόδου δεδομένων. Χρησιμοποιώντας είτε λογισμικό είτε φυσικά εξαρτήματα (είτε έναν συνδυασμό και των δυο), λέξεις και φράσεις συγκρίνονται με έναν σύνολο γνωστών λέξεων και φράσεων. Τα συστήματα αναγνώρισης φωνής παίρνουν δυο μορφές: αυτά που εξαρτώνται από το χρήστη και αυτά που δεν εξαρτώνται.

Ένα σύστημα το οποίο εξαρτάται από το χρήστη απαιτεί την εκτέλεση μιας τυπικής εκπαίδευσης προτού εκτελεστεί το σύστημα αναγνώρισης. Στα συστήματα τα οποία δεν εξαρτώνται από το χρήστη, προσπαθούν να καθορίσουν τη λέξη ή φράση χωρίς να προαπαιτούν εκπαίδευση. Το ποσοστό επιτυχών αναγνωρίσεων τείνει να είναι μεγαλύτερο για τα

συστήματα που εξαρτώνται από το χρήστη, αφού το σύστημα εκπαιδεύεται για κάθε χρήστη ξεχωριστά.

## **2. 5 Περίληψη Τρισδιάστατων συσκευών εισόδου και πλοήγησης**

Συνοπτικά, η εμπειρική μελέτη έδειξε ότι οι εναλλακτικές τρισδιάστατες συσκευές εισόδου μπορούν να επαυξήσουν την απόδοση του χρήστη σε ένα περιβάλλον τριών διαστάσεων. Επιπρόσθετα, η μελέτη των, **Jacob και Sibert** απέδειξε ότι είναι σημαντικό για τις εφαρμογές, οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες την εκτέλεση διαφόρων εργασιών, να ενσωματώνουν μια ποικιλία συσκευών εισόδου, τόσο παραδοσιακές όσο και εναλλακτικές.

Υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος από συσκευές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πλοήγηση μας στις τρεις διαστάσεις. Μελέτες οι οποίες έγιναν και γίνονται συνεχώς έχουν αποδείξει ότι οι χρήστες αναζητούν εναλλακτικές συσκευές εισόδου δεδομένων, καθώς και ότι βοηθούν σημαντικά στην εκτέλεση εργασιών οι οποίες εκτελούνται σε περιβάλλοντα τριών διαστάσεων. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να υποστηρίζονται οι εναλλακτικές συσκευές εισόδου για αλληλεπιδραστικές εφαρμογές με σκοπό την αύξηση της απόδοσης των χρηστών και των εμπειριών τους<sup>16</sup>.

## **2. 6 Fakespace Pinch Glove System**

Τα γάντια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή είναι το σύστημα Fakespace Pinch Glove της εταιρίας Fakespace. Το σύστημα αυτό της εταιρίας ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα γάντια τα οποία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας, επειδή δεν αναγνωρίζει την κλίση των δακτύλων ή τον προσανατολισμό των χεριών, παρά μόνο την επαφή μεταξύ των δακτύλων των δύο χεριών. Αυτό το χαρακτηριστικό βέβαια τοποθετεί τα συγκεκριμένα γάντια σε μια ξεχωριστή κατηγορία από τα υπόλοιπα γάντια δεδομένων, λόγω της διαφορετικής προσέγγισης στα

νεύματα των χεριών του χρήστη. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε λεπτομερέστερα τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος Pinch Glove.



### 2. 6. 1 Περιγραφή του συστήματος

Το σύστημα **Pinch Glove** είναι το πρώτο σύστημα γαντιών δεδομένων για εικονικά περιβάλλοντα το οποίο βασίζεται στην μετάδοση ή διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος, με αποτέλεσμα το σύστημα αυτό να είναι φτηνότερο και περισσότερο αποδοτικό από άλλα συστήματα τα οποία κυκλοφορούν στην αγορά. Το σύστημα αυτό παρέχει τη δυνατότητα της χρήσης μιας αναπαράστασης της διεπαφής των χεριών για την παραγωγική εργασία μέσα σε έναν τρισδιάστατο εικονικό κόσμο.

Το σύστημα **Pinch Glove** αναπτύχθηκε από την **Fakespace** ως ένα εργαλείο για τους προγραμματιστές οι οποίοι ασχολούνται με τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας σε τομείς όπως είναι εξομοιωτές πτήσης και οδήγησης, εφαρμογές σχεδίασης, ή γενικότερα διαδραστικές εφαρμογές οι οποίες κάνουν χρήση τρισδιάστατων γραφικών.

Το σύστημα αποτελείται από μια βασική μονάδα και ένα ζευγάρι γαντιών με ειδικά ηλεκτρονικά συστήματα σε κάθε δάκτυλο για την αναγνώριση επαφής ανάμεσα σε κάθε ένα από τα δέκα δάκτυλα. Στο πάνω μέρος των γαντιών υπάρχει ειδική επιφάνεια για την τοποθέτηση ειδικής συσκευής για την αναγνώριση της θέσης των γαντιών στο χώρο. Το κάθε γάντι συνδέεται στη βασική μονάδα, η οποία τους παρέχει ηλεκτρική ενέργεια και επικοινωνία με τον υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο το σύστημα. Η επικοινωνία με τον υπολογιστή γίνεται μέσω σειριακής θύρας, στην οποία συνδέεται η βασική μονάδα, μετατρέποντας τις επαφές των δακτύλων σε πακέτα δεδομένων<sup>17</sup>.

### 2. 6. 2 Διαφορές συστήματος Pinch Glove με άλλα γάντια δεδομένων

Τα διάφορα πολύπλοκα γάντια δεδομένων τα οποία είναι διαθέσιμα

στην αγορά εικονικής πραγματικότητας είναι χρήσιμα σε εφαρμογές όπου απαιτείται ένα κινηματικό μοντέλο του ανθρωπίνου χεριού, καθώς και πλήρης αναγνώριση κινήσεων των δακτύλων και των αρθρώσεων. Παρόλα αυτά, ένα απλούστερο, μικρότερου κόστους σύστημα γαντιών το οποίο υποστηρίζει ένα σημαντικό πλήθος χειρονομιών αφής είναι πολλές φορές χρησιμότερο σε ορισμένες εφαρμογές. Αυτός ήταν και ο βασικότερος λόγος ανάπτυξης του συστήματος **Pinch Glove**. Παρατηρώντας το σύστημα **Pinch Glove** παρατηρούμε ότι παρουσιάζει αρκετές διαφορές με τα παραδοσιακά γάντια δεδομένων που κυκλοφορούν στην αγορά.

Η βασικότερη διαφορά είναι ότι το σύστημα **Pinch Glove** δεν αναγνωρίζει την κλίση των δακτύλων ή τον προσανατολισμό τους. Το μόνο πράγμα το οποίο αναγνωρίζει είναι οι επαφές των δακτύλων. Αυτό σημαίνει ότι έχουμε συγκεκριμένο αριθμό καταστάσεων για τα δάκτυλα, ο οποίος φυσικά είναι αρκετά μεγάλος αν αναλογιστεί κανείς τον αριθμό διαφορετικών επαφών οι οποίες μπορούν να υπάρξουν ανάμεσα στα δάκτυλα των δύο χεριών. Παρόλα αυτά, για εφαρμογές όπως είναι η πλοήγηση σε ένα εικονικό περιβάλλον, δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί μεγάλος αριθμός επαφών, αφού αρκεί ένας σχετικά μικρός αριθμός νευμάτων για την μετακίνηση μας στο χώρο. Για τον έλεγχο λοιπόν των επαφών μπορούμε να κάνουμε έναν απλό έλεγχο της κατάστασης των δακτύλων, χωρίς να χρειάζεται να καταφύγουμε σε μεθόδους αναγνώρισης προτύπων, και κυρίως χωρίς την ανάγκη διατήρησης των νευμάτων σε κάποια τεράστια βάση δεδομένων για την διαχείριση τους. Σημαντικό είναι επίσης και το γεγονός ότι το σύστημα μας δεν χρειάζεται καθόλου καθορισμός ή διόρθωση των διαβαθμίσεων του (calibration) όπως χρειάζονται άλλα συστήματα γαντιών δεδομένων. Τα περισσότερα γάντια δεδομένων ύστερα από μια μεγάλη περίοδο χρήσης χρειάζονται υποχρεωτικά διόρθωση των διαβαθμίσεων τους, αφού με την χρήση χάνονται οι αρχικές ρυθμίσεις του συστήματος. Επίσης διόρθωση των διαβαθμίσεων των περισσότερων γαντιών χρειάζονται και όταν τα χρησιμοποιούν διαφορετικοί χρήστες, αφού η λειτουργία του γαντιού εξαρτάται από αυτόν ο οποίος το φορά. Το σύστημα **Pinch Glove** μπορεί οποιοσδήποτε

να το χρησιμοποιήσει αμέσως αφού δεν χρειάζεται καθόλου ούτε καθορισμό αλλά ούτε και διόρθωση των διαβαθμίσεων του. Επίσης, σε σύγκριση με τρισδιάστατες συσκευές ποντικών, το σύστημα μας παρέχει πλήρη ελευθερία κίνησης 6 βαθμών καθώς και τη δυνατότητα υποστήριξης ενός αρκετά μεγάλου πλήθους χειρονομιών. Κάποιος ο οποίος χρησιμοποιεί το σύστημα **Pinch Glove** σε ένα εικονικό περιβάλλον μπορεί επιλέξει τον τρόπο με τον οποίο θα αλληλεπιδρά η συσκευή με το περιβάλλον. Οποιοσδήποτε συνδυασμός ενός ή και περισσότερων επαφών μεταξύ ενός ή και περισσότερων δακτύλων μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να έχει μια ξεχωριστή σημασία. Είναι πολύ εύκολο λοιπόν να συνειδητοποιήσουμε ότι το πλήθος των καθορισμένων ενεργειών των γαντιών περιορίζεται μόνο από την δημιουργικότητα του προγραμματιστή<sup>18</sup>.

### **2. 6. 3 Πλεονεκτήματα των Pinch Gloves.**

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα χρήσης του συστήματος Pinch Glove έναντι του ποντικιού είναι:

Είναι πολύ εύκολο για τον χρήστη να επιλέξει και να χειριστεί ένα αντικείμενο με τα χέρια του παρά με το ποντίκι. Ακόμα η χρήση του ποντικιού μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στον χρήστη, καθώς είναι πολύ πιθανό να μπερδεύει τις διαδικασίες μετακίνησης και περιστροφής.

1. Το σύστημα Pinch Glove Έχει πολλούς περισσότερους βαθμούς ελευθερίας κινήσεως από το ποντίκι, το οποίο γίνεται κατά συνθήκη εργαλείο διαχείρισης τρισδιάστατων αντικειμένων. Πρακτικά λοιπόν με το σύστημα Pinch Glove, μπορούμε να μετακινήσουμε το αντικείμενο και ταυτόχρονα να το περιστρέψουμε, κάτι το οποίο είναι φυσικά αδύνατο να γίνει με το ποντίκι.

2. Με τη χρήση του συστήματος Pinch Gloves γίνεται πολύ εύκολη διαδικασία η επιλογή ενός αντικειμένου στο Open GL(Κεφ 3), σε ξεχωριστούς πίνακες και απλώς εμείς να διαχειριζόμαστε τις μεταβλητές θέσης και γωνίας του κάθε αντικειμένου. Κάτι τέτοιο δεν είναι τόσο εύκολο με τη χρήση του ποντικιού. Για να μπορούμε να επιλέξουμε ένα συγκεκριμένο αντικείμενο σε μια τέτοια σκηνή με το ποντίκι, θα πρέπει να

υλοποιήσουμε μια συνάρτηση επιλογής, η οποία θα παίρνει τη θέση του κέρσορα του ποντικιού και θα ελέγχει αν βρίσκεται πάνω από κάποιο αντικείμενο. Ενώ λοιπόν, αν χρησιμοποιηθεί το σύστημα Pinch Glove δεν χρειάζεται να γράψουμε εκτενή κώδικα (εκτός φυσικά απ' την επικοινωνία) με το ποντίκι πρέπει να υλοποιήσουμε και διαδικασίες επιλογής αντικειμένων.

3. Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται για την διεπαφή μας με τα αντικείμενα, ουσιαστικά δεν πρόκειται για εξομοίωση. Είναι απλώς ένας τρόπος του συστήματος Pinch Glove για το χειρισμό τρισδιάστατων αντικειμένων σ' ένα εικονικό περιβάλλον. Για ένα πιο ρεαλιστικό αποτέλεσμα είναι επιτακτική η ύπαρξη ενός εντοπιστή θέσης. Άλλωστε και τα δύο γάντια έχουν στο πάνω μέρος τους μια ειδική επιφάνεια για την τοποθέτηση εντοπιστών θέσης, οι οποίοι μας δίνουν την ικανότητα να γνωρίζουμε την ακριβή θέση των γαντιών στο χώρο, τον προσανατολισμό τους καθώς και τη σχετική θέση μεταξύ τους. Έτσι η διαχείριση εικονικών τρισδιάστατων αντικειμένων γίνεται δυνατή, επιλέγοντας με καθορισμένο νεύμα το αντικείμενο το οποίο θα διαχειριστεί και στη συνέχεια ο χρήστης απλώς ενημερώνει το πρόγραμμα για τη θέση των γαντιών στο χώρο. Όση ώρα είναι επιλεγμένο το αντικείμενο, ουσιαστικά ο χρήστης το κρατά και επομένως οποιαδήποτε κίνηση των γαντιών στο χώρο ισοδυναμεί με μεταφορά του ίδιου του αντικειμένου.

## **2 . 7 Εφαρμογή :Η Εφαρμογή Virtual Walk.**

### **2. 7. 1 Εισαγωγή**

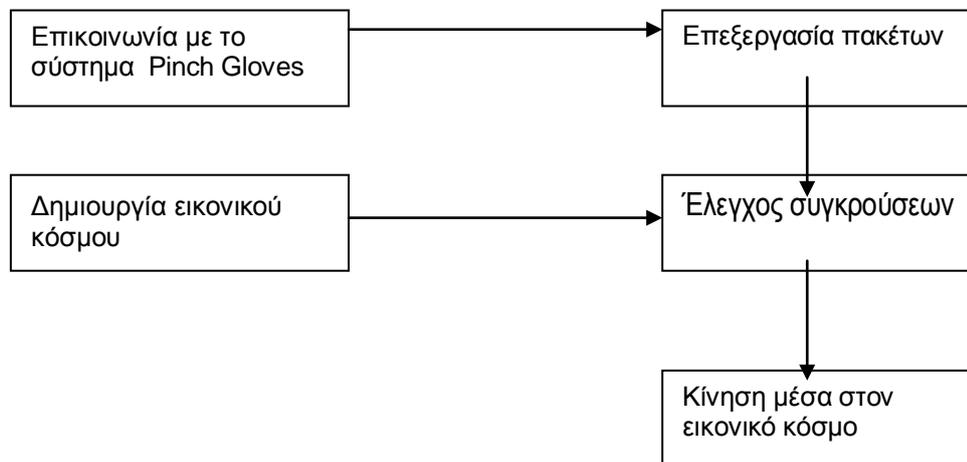
Στόχος της εφαρμογής Virtual Walk είναι η δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος και η χρήση του συστήματος Pinch Glove για την αλληλεπίδραση με αυτόν. Ο χρήστης χρησιμοποιώντας το σύστημα Pinch Glove θα μπορεί να μετακινείται μέσα στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον και να αλληλεπιδρά με αυτό. Γίνεται λοιπόν στην εφαρμογή αυτή, χρήση των Pinch Gloves ως εναλλακτική συσκευή εισόδου δεδομένων ,αντί ενός συνηθισμένου πληκτρολογίου ή του ποντικιού. Στην ενότητα αυτή θα δούμε τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μιας τέτοιας εφαρμογής.

### 2. 7. 2 Γενική Περιγραφή Εφαρμογής

Τα βασικά στοιχεία της εφαρμογής Virtual Walk είναι δύο:

- η απεικόνιση του εικονικού περιβάλλοντος και
- η ενσωμάτωση του συστήματος Pinch Glove στο πρόγραμμα ως συσκευή εισόδου.

Για τη δημιουργία του τρισδιάστατου εικονικού περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκε η Open GL(κεφ 3), ενώ για την επικοινωνία με το σύστημα Pinch Glove. Καθεμία από τις παραπάνω λειτουργίες τις αναλαμβάνει και ένας manager. Εκτός από τον manager αρμόδιο για την αναπαράσταση του εικονικού κόσμου και τον manager υπεύθυνο για την επικοινωνία με τα γάντια δεδομένων υπάρχουν και άλλοι οι οποίοι ολοκληρώνουν τις λειτουργίες της εφαρμογής. Έτσι λοιπόν, υπάρχει ο manager υπεύθυνος για τη μετάφραση των πακέτων τα οποία αποστέλλονται από το σύστημα Pinch Gloves σε κινήσεις μέσα στο τρισδιάστατο κόσμο καθώς και ο manager υπεύθυνος για την αναγνώριση των συγκρούσεων με διάφορα αντικείμενα στο χώρο.(Σχ 2. 7. 1)



**Σχήμα 2.7.1** τρόπος με τον οποίο επικοινωνούν τα διάφορα κομμάτια της εφαρμογής ώστε να πάρουμε το τελικό αποτέλεσμα να κινηθούμε δηλαδή μέσα στον τρισδιάστατο χώρο

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε μια γραφική αναπαράσταση του σχεδιασμού της εφαρμογής με όλους τους manager ,καθώς και τον τρόπο με

τον οποίο συνεργάζονται ώστε να αποδοθεί στην οθόνη το τελικό αποτέλεσμα. Κάθε manager για να καταφέρει να τελειώσει την εργασία η οποία του έχει ανατεθεί, χρησιμοποιεί πληροφορίες οι οποίες του παρέχονται από τους άλλους manager. Έτσι λοιπόν το μέρος της εφαρμογής υπεύθυνο για την αναγνώριση των συγκρούσεων παίρνει πληροφορίες τόσο από τον manager υπεύθυνο για την αναπαράσταση του εικονικού κόσμου, ώστε να γνωρίζει τα σημεία του χώρου στα οποία υπάρχουν εμπόδια, όσο και από τον manager κίνησης ώστε να γνωρίζει αν κατά την επεξεργασία των πληροφοριών αυτών έχουμε την τελική κίνηση μέσα στο χώρο<sup>19</sup>.

Το επόμενο βήμα για την κατασκευή του εικονικού κόσμου, από τη στιγμή που τον απεικονίσαμε, είναι να μπορέσουμε να κινηθούμε μέσα σε αυτόν. Αρχικά η κάμερα βλέπει μόνο στο σημείο (0, 0, 0). Κάθε καλή μηχανή τρισδιάστατων γραφικών πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να κινείται και να εξερευνεί τον τρισδιάστατο χώρο. Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι να μετακινούμε την κάμερα στο χώρο και να σχεδιάζουμε τον τρισδιάστατο χώρο σε σχέση με την θέση της κάμερας. Η διαδικασία αυτή όμως είναι πολύ αργή και δύσκολη στην υλοποίηση. Η μέθοδος η οποία ακολουθήθηκε εδώ είναι η εξής:

1. Περιστρέφουμε και μεταφράζουμε τη θέση της κάμερας σύμφωνα με τις εντολές του χρήστη.
2. Περιστρέφουμε τον κόσμο γύρω από την αρχή των συντεταγμένων, η οποία ταυτίζεται με τη θέση της κάμερας, στην αντίθετη κατεύθυνση από αυτήν κατά την οποία περιστρέφεται η κάμερα. Αυτό μας δίνει την ψευδαισθηση ότι η κάμερα κινείται.
3. Μεταφράζουμε τον κόσμο με αντίθετο τρόπο από αυτόν με τον οποίο μεταφράστηκε η περιστροφή της κάμερας, δίνοντας και πάλι την ψευδαισθηση ότι η κάμερα μετακινήθηκε.

Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να μετακινηθούμε στον εικονικό κόσμο τον οποίο δημιουργήσαμε, ή απλώς να παρατηρούμε τον χώρο χωρίς να κινούμαστε, περιστρέφοντας την κάμερα είτε κατά τον  $x$  είτε κατά τον  $y$  άξονα.

### **2. 7. 3 Αντιμετώπιση συγκρούσεων**

Για να είναι ρεαλιστικός ο εικονικός κόσμος δεν αρκεί να μπορεί ο χρήστης να κινείται μέσα σε αυτόν και να παρατηρεί τα αντικείμενα. Θα

πρέπει να αλληλεπιδρά με αυτά. Αλληλεπίδραση με αυτά σημαίνει αναγνώριση συγκρούσεων με διάφορα πολύγωνα, όπως είναι οι τοίχοι. Η διαδικασία αντιμετώπισης του προβλήματος της αναγνώρισης συγκρούσεων είναι μία αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, αφού χρειάζεται να λάβουμε υπ' όψη μας αρκετούς παραμέτρους.

Μια ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των συγκρούσεων σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον κατασκευασμένο από τρίγωνα απαιτεί πολλούς υπολογισμούς και διάφορες παραδοχές. Μια πρώτη παραδοχή είναι ότι αντιμετωπίζουμε τον άνθρωπο ο οποίος κινείται μέσα στον εικονικό χώρο είτε ως σφαίρα είτε ως ένα ελλειψοειδές αντικείμενο. Η θέση του ανθρώπου μας στο χώρο είναι το κέντρο του ελλειψοειδούς, το οποίο έχει και 3 ακτίνες για τον καθορισμό του μεγέθους του. Η κίνηση του μέσα στο χώρο θεωρούμε ότι γίνεται με την εφαρμογή μιας δύναμης, την οποία αναπαριστούμε με ένα διάνυσμα ταχύτητας. Αν θέλουμε να μετακινήσουμε τον άνθρωπο τότε η νέα του θέση υπολογίζεται αν στην προηγούμενη θέση προσθέσουμε το διάνυσμα της ταχύτητας. Φυσικά δεν γνωρίζουμε αν μπορούμε να κάνουμε κάτι τέτοιο, αφού μπορεί ανάμεσα στις δύο θέσεις να παρεμβάλλεται κάποιο πολύγωνο. Δεν μπορούμε να ξέρουμε με ποιο πολύγωνο θα συγκρουστεί, επομένως θα πρέπει να τα ελέγξουμε όλα. Επίσης δεν μπορούμε να σταματήσουμε αν βρούμε ένα πολύγωνο το οποίο θα χτυπήσει, αλλά πρέπει να τα ελέγξουμε όλα. Στη συνέχεια, όταν βρούμε το κοντινότερο πολύγωνο με το οποίο θα συγκρουστεί πρέπει να υπολογίσουμε την αντίδραση του ανθρώπου στη σύγκρουση. Η απλούστερη αντιμετώπιση είναι να σταματήσουμε. Κάτι τέτοιο όμως δεν έχει μεγάλο βαθμό ρεαλισμού, αφού δεν θα επέτρεπε στον χρήστη να ανεβαίνει σκάλες αυτόματα ούτε θα του έδινε την εντύπωση ότι σκοντάφτει πάνω στα αντικείμενα, αφού η αντίδραση του μετά την σύγκρουση εξαρτάται από την ταχύτητα του κατά την σύγκρουση. Επίσης, το ελλειψοειδές σχήμα του ανθρώπου του εικονικού κόσμου μας επιτρέπει να 'γλιστράμε' πάνω στους τοίχους κατά την πλάγια μας σύγκρουση με αυτούς.) ((Η προηγούμενη περιγραφή αφορά έναν γενικό τρόπο αντιμετώπισης των συγκρούσεων σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον. Το περιβάλλον όμως της εφαρμογής Virtual Walk είναι απλό στην κατασκευή του και επομένως δεν είναι απαραίτητη μια τόσο λεπτομερής αντιμετώπιση του

προβλήματος της σύγκρουσης. Για τον λόγο αυτό αντιμετωπίσαμε τον εικονικό άνθρωπο ως ένα σημείο, και όταν αναγνωρίζεται μια σύγκρουση το μόνο το οποίο κάνουμε είναι να διακόπτουμε την κίνηση. Όταν το πρόγραμμα διαβάζει από το αρχείο WORD.TXT την περιγραφή του εικονικού περιβάλλοντος, κρατά πληροφορίες για τις συντεταγμένες των πιθανών εμποδίων. Επειδή, όπως είπαμε, έχουμε να κάνουμε με ένα απλό τρισδιάστατο περιβάλλον μοναδικά εμπόδια είναι οι τοίχοι, και ουσιαστικά κατασκευάζουμε την κάτοψη του εικονικού κόσμου τον οποίο δημιουργήσαμε. Έτσι, πριν από κάθε κίνηση, ελέγχουμε αν το ευθύγραμμο τμήμα το οποίο ενώνει το σημείο από το οποίο ξεκινά η κίνηση με το σημείο στο οποίο καταλήγει τέμνεται με κάποιον από τους τοίχους. Σε περίπτωση που δεν τέμνεται με κανένα τότε η κίνηση γίνεται κανονικά, ενώ σε περίπτωση που τέμνεται τότε το σημείο στο οποίο θα καταλήξει ο άνθρωπος είναι το σημείο τομής. Ο τρόπος με τον οποίο υλοποιήθηκε η αναγνώριση συγκρούσεων είναι μεν απλός, δεν παύει όμως να λειτουργεί Μοναδικό μειονέκτημα το γεγονός ότι δεν είναι και τόσο απαλές οι συγκρούσεις με τους τοίχους, αφού ο χρήστης καταλήγει να βρίσκεται σχεδόν μέσα στον τοίχο, αποτέλεσμα όχι τόσο όμορφο αισθητικά.

#### **2. 7. 4 Εκτέλεση του Προγράμματος**

Εκτελώντας το πρόγραμμα, θα ζητηθεί από το χρήστη αν επιθυμεί να εκτελεστεί το πρόγραμμα σε Fullscreen. Όποια και αν είναι η επιλογή του χρήστη, μπορεί φυσικά να την αλλάξει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Στη συνέχεια ο χρήστης θα βρεθεί στο κέντρο ενός δωματίου, έχοντας πλήρη ελευθερία κινήσεων. Οι κινήσεις του γίνονται με τη χρήση του συστήματος Pinch Glove, υποστηρίζεται όμως και το πληκτρολόγιο. Κάθε κίνηση στον εικονικό κόσμο αντιστοιχεί σε ένα νεύμα με τα γάντια δεδομένων καθώς και σε ένα πλήκτρο. Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε αναλυτικά τις δυνατές κινήσεις καθώς και τα νεύματα και το πλήκτρο τα οποία αντιστοιχούν σε κάθε κίνηση.

Ενέργεια	Επαφές Δακτύλων	Πληκτρολόγι
Κίνηση	Δεξί Αντίχειρα & Δεξί	UP ARROW
Κίνηση	Δεξί Αντίχειρα & Δεξί	DOWN
Κίνηση	Δεξί Αντίχειρα & Δεξί	-
Κίνηση	Δεξί Αντίχειρα & Δεξί	-
Στροφή	Αρ. Αντίχειρα & Αρ. Μέσο	LEFT
Στροφή	Αρ. Αντίχειρα & Αρ.	RIGHT
Στροφή	Αρ. Δείκτη & Δεξί Δείκτη	PAGEUP
Στροφή	Αρ. Αντίχειρα & Δεξί	PAGEDOWN
Αλλαγή	-	F
Blending	-	B
Έξοδος	-	ESC
Ενέργεια	Επαφές Δακτύλων	Πληκτρολόγι

### 2. 7. 5 Συμπεράσματα

Ο τρόπος ο οποίος περιγράφηκε παραπάνω για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου χώρου, μέσα στον οποίο μπορούμε να μετακινηθούμε είναι σχετικά απλός. Στοιχεία τα οποία τον καθιστούν απλό είναι τόσο η χρήση αποκλειστικά τριγώνων για την περιγραφή του, όσο και η σχεδίαση του και ο τρόπος αντιμετώπισης των εμποδίων μέσα σε αυτόν. Για το λόγο αυτό δεν είναι η λύση για κάποιον ο οποίος επιθυμεί να κατασκευάσει κάτι περισσότερο λεπτομερές και ίσως ρεαλιστικότερο. Μια τέτοια πολύπλοκη τρισδιάστατη μηχανή θα απαιτούσε πολύ πιο πολύπλοκα πολύγωνα, απ' όσο είναι τα τρίγωνα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν εδώ. Φυσικά, στον παραπάνω κώδικα μπορούμε να προσθέσουμε υποστήριξη και πολυγώνων με περισσότερες από 3 κορυφές, όμως κάτι τέτοιο θα έκανε τις λειτουργίες περισσότερο πολύπλοκες και θα έριχνε ακόμα περισσότερο την απόδοση του συστήματος. Επίσης, θα έπρεπε να προσεγγίσουμε διαφορετικά το πρόβλημα των συγκρούσεων, γιατί τότε δεν θα έχουμε να κάνουμε μόνο με απλούς τοίχους.

Για τη δημιουργία πιο πολύπλοκων τρόπων μπορούμε είτε να χρησιμοποιήσουμε κάποια άλλα εργαλεία, όπως είναι το Vscare, ή να προγραμματίσουμε σε Open GL, η DirectX, με χρήση όμως ρουτινών τρισδιάστατης επιτάχυνσης, οι οποίες έρχονται σε κατάλληλες βιβλιοθήκες. Μάλιστα, οι περισσότεροι προγραμματιστές τρισδιάστατων γραφικών

προτιμούν την κατασκευή τρισδιάστατων αντικειμένων με εργαλεία όπως το 3D Studio Max και στη συνέχεια την ενσωμάτωση των αντικειμένων αυτών μέσα σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον κατασκευασμένο για παράδειγμα με τις βιβλιοθήκες του Open GL. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να έχουμε περισσότερες από μια φορές ένα αντικείμενο μέσα στον χώρο, χωρίς να χρειάζεται να περιγράψουμε το μέγεθος, την υφή του ή τις επιφάνειες του. Έτσι λοιπόν, αν θέλαμε να τοποθετήσουμε ένα πολύπλοκο αντικείμενο, όπως π.χ. ένα φυτό στον χώρο, αρκεί να το κατασκευάσουμε με ένα τέτοιο εργαλείο και στη συνέχεια να το εισαγάγουμε στον εικονικό μας κόσμο με χρήση κατάλληλων βιβλιοθηκών. Με τον τρόπο αυτό απλοποιούνται διαδικασίες όπως είναι η μετακίνηση του αντικειμένου αυτού, αφού η θέση του στο χώρο υποδηλώνεται από τις μεταβλητές του κέντρου του. Σε άλλη περίπτωση, αν δηλαδή κατασκευάζαμε το αντικείμενο αυτό σε Open GL, εκτός από την πολυπλοκότητα κατασκευής του, θα έπρεπε για την μετακίνηση του να ενημερώναμε τα σημεία όλων των πολυγώνων τα οποία συγκροτούν το αντικείμενο. Ο σχεδιασμός ενός εικονικού περιβάλλοντος σε γλώσσα OpenGL καθώς και η OpenGL περιγράφονται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

## **2. 8. Αποτελέσματα και συμπεράσματα**

Σε αυτή την τελευταία ενότητα του κεφαλαίου αυτού θα αναφερθούμε στα προβλήματα τα οποία παρουσιάζει η αντιμετώπιση του προβλήματος καθώς και σε πιθανές προεκτάσεις.

Στην ενότητα 2. 6 του κεφαλαίου, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Pinch Glove της εταιρίας Facespace. Το σύστημα αυτό περιέχει πληροφορίες μόνο για τις επαφές ανάμεσα σε δάκτυλα, αγνοώντας την κλίση των δακτύλων και τον προσανατολισμό των χεριών. Για το λόγο αυτό το σύστημα δεν χρησιμοποιείται ως αυτόνομο εργαλείο σε εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας, αλλά ως συσκευή εισόδου δεδομένων σε άλλες συσκευές εικονικής πραγματικότητας, όπως είναι το σύστημα Virtual Workbench της ίδιας εταιρίας. Λόγω των μειωμένων πληροφοριών τις οποίες μας παρέχει το σύστημα, το τελικό αποτέλεσμα είναι λιγότερο ρεαλιστικό από αυτό που θα μας έδινε η χρήση κάποιας άλλης συσκευής. Εκεί όμως που χάνει σε

ρεαλισμό και πλήθος πληροφοριών το σύστημα Pinch Glove, κερδίζει σε ευκολία χρήσης και ανάκτησης των δεδομένων.

Ενώ στα άλλα συστήματα γαντιών δεδομένων για την αναγνώριση των νευμάτων απαιτείται ύπαρξη κάποιας βάσης δεδομένων για τα νεύματα, για το σύστημα Pinch Glove δεν απαιτείται κάτι τέτοιο. Το μόνο το οποίο χρειαζόμαστε είναι ένας απλός έλεγχος των επαφών που συμβαίνουν ανάμεσα στα δάκτυλα των δύο χεριών, κάτι που γίνεται με μερικούς ελέγχους. Το πλήθος των ελέγχων τους οποίους θα χρησιμοποιήσουμε εξαρτάται από την φύση του προβλήματος το οποίο αντιμετωπίζουμε. Ανεξάρτητα από το πλήθος των ελέγχων τους οποίους εφαρμόζουμε κάθε φορά, το γάντι ανταποκρίνεται πάντοτε σε πραγματικό χρόνο, κάτι το οποίο σημαίνει ότι δεν έχουμε απώλειες ούτε κατά τον έλεγχο των νευμάτων αλλά και ούτε: και κατά την ανάκτηση των δεδομένων από τη, σειριακή θύρα..

Αν χωρίζαμε την ενότητα σε δύο μέρη, το πρώτο την διαχείριση τρισδιάστατων αντικειμένων και το δεύτερο την πλοήγηση σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον, και τα εξετάζαμε ξεχωριστά ως προς την λειτουργικότητα και αποτελεσματικότητα του συστήματος Pinch Glove σε κάθε πρόβλημα τότε θα καταλήγαμε στο συμπέρασμα ότι το σύστημα είναι αρκετά εύχρηστο ως συσκευή πλοήγησης, αλλά παρουσιάζει ισχυρά μειονεκτήματα στην διαχείριση των αντικειμένων.

Το κύριο μειονέκτημα της διαχείρισης των αντικειμένων είναι κυρίως η έλλειψη ρεαλισμού του συστήματος. Αν αναλογιστεί κανείς το γεγονός ότι τα γάντια δεδομένων δημιουργήθηκαν ακριβώς για την διαχείριση τέτοιων περιπτώσεων, θα έπρεπε το τελικό αποτέλεσμα να έχει μεγαλύτερο βαθμό ρεαλισμού. Αυτό όμως έχει κυρίως να κάνει με τις δυνατότητες του ίδιου του συστήματος Pinch Glove. Από τη στιγμή που δεν μπορούμε να έχουμε μια αρκετά ρεαλιστική εικόνα του τρισδιάστατου περιβάλλοντος καθώς και της αλληλεπίδρασής μας με αυτό, αναγκαζόμαστε να κάνουμε αρκετές υποθέσεις, αλλοιώνοντας έτσι την ίδια τη φύση του αρχικού προβλήματος. Το τελικό αποτέλεσμα λοιπόν έχει λιγότερο να κάνει με διαχείριση τρισδιάστατων αντικειμένων σε ένα ρεαλιστικό εικονικό περιβάλλον και περισσότερο με ένα σύνολο επιλογών από ένα μενού, επιλογές οι οποίες τελικά καθορίζουν την κατάσταση τριών τρισδιάστατων αντικειμένων.

**Open GL (OPEN GRAPHICS LANGUAGE)**

**3.1 Τι είναι το Open GL.**

Σύμφωνα με διάφορα εγχειρίδια χρήσης του Open GL, το Open GL είναι ένα καθιερωμένο, σταθερό, αξιόπιστο και μεταφέρσιμο, εξελίξιμο και εύκολο στη χρήση API (Application Programming Interface), το οποίο ακολουθείται από αρκετές αναφορές και μεγάλη βιβλιογραφία.

Το Open GL, υπάρχει από το 1992 και αποτελεί πλέον πρότυπο. Οι προδιαγραφές του Open GL διαχειρίζονται από ένα ανεξάρτητο συμβούλιο, γνωστό ως Open GL Architecture Review Board, μερικά από τα μέλη του οποίου ανήκουν στην SGI και την Microsoft.

Το Open GL είναι διαθέσιμο για πάνω από 10 χρόνια σε ένα μεγάλο πλήθος συστημάτων. Προσθήσεις στις προδιαγραφές του, μέσω επεκτάσεων, ελέγχονται εύκολα από το προαναφερθέν συμβούλιο και προτεινόμενες ανανεώσεις ανακοινώνονται την κατάλληλη στιγμή ώστε οι δημιουργοί λογισμικού να προλαβαίνουν να υιοθετούν τις αλλαγές. Σε κάθε ανανέωση εξασφαλίζεται φυσικά και η συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις.

Το Open GL είναι αξιόπιστη λύση, αφού όλες οι εφαρμογές οι οποίες βασίζονται σε αυτό παράγουν συνεπή οπτικά αποτελέσματα σε οποιοδήποτε υλικό, αρκεί αυτό να είναι συμβατό με το API του Open GL. Η μεταφερσιμότητα είναι και αυτή ένα σημαντικό γεγονός, αφού το Open GL είναι διαθέσιμο σε ένα πλήθος συστημάτων, όπως PC, Macintoshes, Silicon Graphics, συστήματα τα οποία τρέχουν Unix, καθώς και άλλα. Επίσης, το Open GL είναι διαθέσιμο σε διάφορα πακέτα, και κάποιος μπορεί να προγραμματίσει σε ένα πλήθος γλωσσών προγραμματισμού, όπως C, C++, Java ακόμα και Fortran. (Kent Rehisdorff, 1998)

Η ανάπτυξη του Open GL γίνεται μέσω του μηχανισμού του επέκτασης, ο οποίος επιτρέπει σε νέες τεχνολογίες στο υλικό να είναι προσιτές στο API. όταν οι προγραμματιστές έχουν το υλικό, αλλά και τις επεκτάσεις, έτοιμες. Επίσης το Open GL μπορεί να τρέξει σε ένα πλήθος

διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων, από απλούς επιτραπέζιους υπολογιστές στο σπίτι μας μέχρι και Workstations και υπέρ-υπολογιστές. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του μηχανισμού αναζήτησης υλικών δυνατοτήτων, ο οποίος υπάρχει στο Open GL.

Το Open GL είναι καλά δομημένο, με μερικές εκατοντάδες λογικές εντολές. Οι συλλογές εντολών που περιλαμβάνει η βιβλιοθήκη του Open GL είναι ποικίλες ανάλογα με το αποτέλεσμα που θέλουμε να πάρουμε κάθε φορά. Μία σύντομη ταξινόμηση της συλλογής των συναρτήσεων θα μπορούσε να τις κατατάσσει σε:

- Μαθηματικές και Αλγοριθμικές,
- Κώδικες έναρξης,
- Εξειδικευμένοι κώδικες,
- Συγκεκριμένοι κώδικες για Windows, MacOS και Linux,
- Κώδικες υψηλού επιπέδου εφαρμογών,
- Κώδικες για διάφορες χρήσεις και εργαλεία,
- Διοδιάστατες και τρισδιάστατες προτάσεις

Ακόμα, το Open GL συμπυκνώνει πληροφορίες για το υποκείμενο υλικό, αποδεσμεύοντας τον άνθρωπο, ο οποίος αναπτύσσει το λογισμικό, από την υποχρέωση της κατασκευής συγκεκριμένου κώδικα για κάθε υλικό.

#### ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ

Το Open GL, χρησιμοποιείται ευρέως από αρκετούς προγραμματιστές. Για τον προγραμματιστή το Open GL, είναι ένα σύνολο εντολών. Αρχικά, πρέπει να ανοίξει ένα παράθυρο μέσα στο framebuffer, μέσα στο οποίο το πρόγραμμα θα ζωγραφίζει. Μετά από αυτό, γίνονται μερικές κλήσεις για να επιτευχθεί το περιβάλλον GL. Όταν ολοκληρωθεί και αυτό το βήμα, ο προγραμματιστής είναι ελεύθερος να χρησιμοποιήσει τις διαθέσιμες εντολές του Open GL, για να περιγράψει διάφορα διοδιάστατα και τρισδιάστατα αντικείμενα και να αλλάξει την όψη τους, αλλάζοντας ορισμένα χαρακτηριστικά τους ή την κατάσταση τους. Ο προγραμματιστής είναι επίσης ελεύθερος να διαχειριστεί απ' ευθείας το framebuffer με κλήσεις για εγγραφή και ανάγνωση εικονοστοιχείων.

Οι προγραμματιστές έχουν δείξει ότι εμπιστεύονται περισσότερο την

ανάπτυξη λογισμικού με το Open GL, απ' ότι με άλλα πακέτα, όπως το Direct X (των Windows), το **GKS ή το XGKS**. Ο λόγος είναι ένας συνδυασμός όλων των παραπάνω χαρακτηριστικών του Open GL, τα οποία είναι φυσικά και τα πλεονεκτήματα του. Σε σχέση με το Direct X το Open GL, είναι περισσότερο ακριβές, αν και το Direct X είναι γρηγορότερο, ενώ το GKS (και το X - GKS ) δεν είναι τόσο ανεξάρτητο από τις πλατφόρμες πάνω στις οποίες τρέχει. Και για την επιστημονική οπτικοποίηση, τα εικονικά περιβάλλοντα, τα CAD/CAM/CAE, την ιατρική κ.α. τα σημαντικότερα στοιχεία είναι η ακρίβεια και η ανεξαρτησία από τις πλατφόρμες <sup>20</sup>.

### **3.2 Βασικές Αρχές του Open GL**

Το Open GL ενδιαφέρεται μόνο για την απόδοση πληροφοριών του framebuffer, καθώς φυσικά και για την ανάγνωση πληροφοριών καταχωρημένες σε αυτόν. Δεν υπάρχει υποστήριξη για άλλα περιφερειακά, τα οποία πολλές φορές συνδυάζονται με υλικό γραφικών, όπως είναι το ποντίκι ή το πληκτρολόγιο. Οι προγραμματιστές πρέπει να απευθύνονται σε άλλους μηχανισμούς για να παίρνουν τα δεδομένα εισόδου από τον χρήστη.

Στο Open GL δημιουργούμε πρωταρχικά στοιχεία (primitives) τα οποία υπόκεινται σε ένα πλήθος καταστάσεων προς επιλογή. Κάθε τέτοιο πρωταρχικό στοιχείο μπορεί να είναι ένα σημείο, ευθύγραμμο τμήμα, πολύγωνο ή ένα ορθογώνιο. Κάθε κατάσταση μπορεί να υποστεί αλλαγές ξεχωριστά από τις υπόλοιπες, αφού οι επιλογές της μιας δεν μπορούν να επηρεάσουν τις υπόλοιπες (αν και αρκετές καταστάσεις μπορούν να αλληλεπιδράσουν για τον καθορισμό ποια τελικά θα καταλήξει στο framebuffer). Αρχικά ορίζονται οι καταστάσεις, στη συνέχεια καθορίζονται τα πρωταρχικά στοιχεία και τέλος περιγράφονται άλλες λειτουργίες του Open GL, αποστέλλοντας εντολές με τη μορφή κλήσεων σε συναρτήσεις ή διαδικασίες.

Τα πρωταρχικά στοιχεία καθορίζονται από σύνολα ενός ή περισσότερων κορυφών. Όταν αναφερόμαστε σε κορυφή (Vertex) εννοούμε ένα σημείο ή μια κορυφή είτε τη γωνία ενός πολυγώνου, όπου συναντώνται δύο κορυφές. Τα δεδομένα, τα οποία απαρτίζουν πληροφορίες όπως συντεταγμένες, χρώματα και textures, συνδέονται με μια κορυφή, και κάθε κορυφή την

επεξεργάζονται ξεχωριστά, με συγκεκριμένη σειρά και με τον ίδιο τρόπο. Μόνη εξαίρεση στον παραπάνω κανόνα αποτελεί η περίπτωση κατά την οποία το σύνολο των κορυφών πρέπει να αποκοπεί, έτσι ώστε το ενδεικνυόμενο πρωταρχικό στοιχείο να χωρέσει στην καθορισμένη περιοχή. Σε αυτή την περίπτωση οι πληροφορίες των κορυφών μπορούν να τροποποιηθούν και να δημιουργηθούν νέες κορυφές. Ο τύπος της αποκοπής εξαρτάται από ποιο πρωταρχικό στοιχείο αντιπροσωπεύεται από το σύνολο των κορυφών.

Οι εντολές επεξεργάζονται πάντα με τη σειρά με την οποία λαμβάνονται, αν και πολλές φορές μπορεί να υπάρξει κάποια ακαθόριστη καθυστέρηση προτού μπορέσουμε να αντιληφθούμε τα αποτελέσματα μιας εντολής. Αυτό, για παράδειγμα, σημαίνει πως ένα πρωταρχικό στοιχείο πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί ολόκληρο προτού κάποιο επόμενο μπορεί να επηρεάσει το framebuffer. Σημαίνει επίσης, ότι ερωτήσεις και λειτουργίες ανάγνωσης εικονοστοιχείων πρέπει να επιστρέφουν μια κατάσταση συνεπή με την πλήρη εκτέλεση όλων των προηγούμενων εντολών του Open GL. Γενικά, τα αποτελέσματα μιας εντολής Open GL, τόσο στο framebuffer, όσο και στις διάφορες καταστάσεις, πρέπει να ολοκληρωθεί προτού να έχουν αποτέλεσμα κάποιες επόμενες εντολές<sup>21</sup>

Στο Open GL, η δέσμευση των δεδομένων (Data binding) γίνεται κατά την κλήση. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα τα οποία περνούν σε μια εντολή διερμηνεύονται όταν λαμβάνεται η εντολή. Ακόμα και αν η εντολή απαιτεί δείκτη σε δεδομένα, τα δεδομένα αυτά διερμηνεύονται όταν γίνεται η κλήση, και οποιαδήποτε επακόλουθη αλλαγή στα δεδομένα δεν θα έχει καμία επίδραση στο Open GL (εκτός και αν ο ίδιος δείκτης χρησιμοποιείται σε μια επόμενη εντολή).

Το Open GL παρέχει άμεσο έλεγχο των βασικών λειτουργιών των διδιάστατων και τρισδιάστατων γραφικών. Αυτός συμπεριλαμβάνει τον λεπτομερή καθορισμό παραμέτρων όπως είναι ο μετασχηματισμός πινάκων, συντελεστών εξισώσεων φωτισμού, μεθόδων αντιαύτισης (antialiasing) και λειτουργίες ενημέρωσης εικονοστοιχείων. Δεν παρέχει μέσο για περιγραφή ή μοντελοποίηση πολύπλοκων γεωμετρικών σχημάτων. Ένα άλλος τρόπος για την περιγραφή της κατάστασης είναι να πούμε ότι το Open GL μας παρέχει περισσότερο μηχανισμούς οι οποίοι

μας βοηθούν στην περιγραφή, πόσο πολύπλοκα είναι τα γεωμετρικά σχήματα στην απόδοση, παρά μηχανισμούς για την περιγραφή των ίδιων των πολύπλοκων αντικειμένων.

Το μοντέλο για την ερμηνεία των εντολών Open GL είναι client – server. Αυτό εξηγείται ως εξής: ένα πρόγραμμα (client) δίνει εντολές, και οι εντολές αυτές διερμηνεύονται και γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας από το Open GL(server). Ο εξυπηρετητής μπορεί και να μην βρίσκεται στον ίδιο υπολογιστή με τον πελάτη. Με την έννοια αυτή, στο Open GL επικρατεί *διαφάνεια δικτύου*. Ένας εξυπηρετητής μπορεί να διατηρεί ένα πλήθος περιβαλλόντων σε Open GL, καθένα από τα οποία αποτελεί συμπύκνωση της ισχύουσας κατάστασης του Open GL. Ένας πελάτης μπορεί να επιλέξει να συνδεθεί σε οποιοδήποτε από αυτά τα περιβάλλοντα. Η έκδοση εντολών Open GL όταν ένα πρόγραμμα δεν είναι συνδεδεμένο σε ένα περιβάλλον καταλήγει σε μια ακαθόριστη συμπεριφορά. (J. Ncider ,1997)

Το παραθυρικό σύστημα είναι αυτό το οποίο καθορίζει τα τμήματα του framebuffer στα οποία έχει πρόσβαση κάθε στιγμή το Open GL και ενημερώνει το Open GL για τον τρόπο με τον οποίο τα τμήματα αυτά είναι δομημένα. Για το λόγο αυτό, δεν υπάρχουν εντολές του Open GL, για τον τρόπο με τον οποίο τα τμήματα αυτά είναι δομημένα. Για το λόγο αυτό, δεν υπάρχουν εντολές του Open GL, για τον σχηματισμό του framebuffer ή την αρχικοποίηση παραμέτρων του Open GL. Όμοια, η εμφάνιση του περιεχομένου του framebuffer σε ένα μόνιτορ CRT(συμπεριλαμβανομένου και του μετασχηματισμού ξεχωριστών τιμών του framebuffer με τεχνικές όπως το Gamma Correction) δεν γίνεται από το Open GL. Η δημιουργία του framebuffer συμβαίνει εκτός του Open GL, σε συνδυασμό με το παραθυρικό σύστημα. Η αρχικοποίηση του Open GL περιεχομένου συμβαίνει όταν το παραθυρικό σύστημα προσδιορίζει το παράθυρο μέσα στο οποίο θα γίνει η απόδοση των γραφικών σε Open GL.

Το Open GL, είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να τρέχει σε ένα μεγάλο πλήθος γραφικών πλατφόρμων, διαφορετικών δυνατοτήτων και αποδόσεων. Για την εξομάλυνση αυτής της ποικιλίας, καθορίζουμε

μια ιδανική συμπεριφορά, αντί της πραγματικής συμπεριφοράς για ορισμένες λειτουργίες στο Open GL. Σε περιπτώσεις όπου επιτρέπεται η απόκλιση από το ιδανικό, καθορίζουμε και κανόνες στους οποίους πρέπει να υπακούει μια υλοποίηση, με σκοπό την χρήσιμη προσέγγιση μιας ιδανικής συμπεριφοράς. Αυτή η επιτρεπόμενη απόκλιση στην συμπεριφορά του Open GL, υπονοεί ότι δυο ξεχωριστές υλοποιήσεις σε Open GL, μπορούν να μην είναι ίδιες pixel προς pixel όταν τους δώσουμε την ίδια είσοδο, ακόμα και όταν τρέχουν σε παρόμοια με τις ίδιες ρυθμίσεις<sup>22</sup>.

### **3.3 Υπολογισμοί Αριθμών Κινητής Υποδιαστολής**

Το Open GL πρέπει να εκτελεί ένα μεγάλο πλήθος πράξεων με αρκετούς αριθμούς κινητής υποδιαστολής κατά της διάρκεια των λειτουργιών του. Δεν έχει καθοριστεί με ποιόν τρόπο αναπαρίστανται οι αριθμοί αυτοί στο Open GL ή πως θα εφαρμόζονται οι πράξεις με αυτούς. Ο μέγιστος αριθμός κινητής υποδιαστολής, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση συντεταγμένων είναι  $2^{32}$ . Ο μέγιστος αριθμός ο οποίος αναπαριστά ένταση χρώματος ή συντεταγμένες ενός texture πρέπει να είναι  $2^{10}$ . Για κάθε άλλον αριθμό κινητής υποδιαστολής το ανώτατο όριο είναι  $2^{32}$ . Οποιοσδήποτε αριθμός κινητής υποδιαστολής είναι επιτρεπτός σαν είσοδος σε μια εντολή Open GL, η οποία απαιτεί δεδομένα κινητής υποδιαστολής. Το αποτέλεσμα που θα έχει η είσοδος σε μια τέτοια εντολή ενός αριθμού, ο οποίος δεν είναι κινητής υποδιαστολής, δεν είναι καθορισμένο, όμως δεν πρέπει να οδηγεί σε διακοπή ή τερματισμό το Open GL. Στην αριθμητική της IEEE, για παράδειγμα, αν δώσουμε σε μια εντολή του Open GL ένα αρνητικό μηδενικό παράγονται αναμενόμενα αποτελέσματα, ενώ αν εισάγουμε έναν άπειρο αριθμό τα αποτελέσματα είναι απροσδιόριστα.

Ορισμένοι υπολογισμοί απαιτούν διαίρεση. Σε τέτοιες περιπτώσεις (συμπεριλαμβανομένων και συνεπαγομένων διαιρέσεων που απαιτούνται από την κανονικοποίηση διανυσμάτων), μια διαίρεση με το 0 παράγει απροσδιόριστα αποτελέσματα, όμως δεν πρέπει να οδηγήσει το πρόγραμμα σε έξοδο ή διακοπή<sup>23</sup>.

### **3.4 Κατάσταση του Open GL.**

Το Open GL, διατηρεί μια αξιοσημείωτη κατάσταση. Παρακάτω απαριθμούνται οι μεταβλητές καταστάσεως και περιγράφεται πως μπορεί να αλλάξει κάθε μεταβλητή. Για μεγαλύτερη ευκολία, οι μεταβλητές κατάστασης κατηγοριοποιούνται κάπως αυθαιρέτως από τη συνάρτησή τους. Διαχωρίζουμε δυο τύπους καταστάσεων:

Η πρώτη, καλείται Open GL Server State και ανήκει στον εξυπηρετητή του Open GL. Η πλειοψηφία των καταστάσεων στο Open GL ανήκει στην κατηγορία αυτή.

Ο δεύτερος τύπος καλείται client state, και ανήκει στον πελάτη του Open GL. Κάθε αντικείμενο Open GL, περιεχομένου συνεπάγεται σε ένα πλήρες σύνολο καταστάσεων εξυπηρετητή. Κάθε σύνδεση από έναν πελάτη σε έναν εξυπηρετητή συνεπάγεται σε ένα σύνολο τόσο καταστάσεων πελατών όσο και καταστάσεων εξυπηρετητή.

Αν και μια υλοποίηση του Open GL μπορεί να εξαρτάται από το υλικό, τα παραπάνω ζητήματα είναι ανεξάρτητα από το συγκεκριμένο υλικό πάνω στο οποίο υλοποιείται το Open GL. Για το λόγο αυτό, η κατάσταση του υλικού γραφικών του υπολογιστή μας απασχολεί μόνο όταν αντιστοιχεί ακριβώς με την κατάσταση του Open GL<sup>24</sup>.

### **3.5 Σύνταξη Εντολών στο Open GL.**

Οι εντολές στο Open GL είναι συναρτήσεις και διαδικασίες. Διάφορα σύνολα εντολών εκτελούν την ίδια λειτουργία, με μόνη διαφορά τον αριθμό των ορισμάτων τους. Για να διευκολυνθεί αυτή η παραλλαγή, υιοθετούμε ένα σύστημα συμβόλων για να περιγράψουμε τις εντολές και τα ορίσματα τους.

Οι εντολές στο Open GL σχηματίζονται από ένα όνομα, ακολουθούμενο, αναλόγως με την εντολή, μέχρι και 4 χαρακτήρες.

Ο πρώτος χαρακτήρας υποδεικνύει τον αριθμό των τιμών του ενδεικνυόμενου τύπου, οι οποίοι θα πρέπει να υπάρχουν στην εντολή.

Ο δεύτερος χαρακτήρας, ή ζευγάρι χαρακτήρων, υποδεικνύει τον ενδεικνυόμενο τύπο των ορισμάτων: 16-bit integer, 32-bit integer, single – precision floating – point, ή double – precision floating – point. Ο τελικός

χαρακτήρας, αν υπάρχει, είναι το `v`, υποδεικνύοντας ότι η εντολή δέχεται έναν δείκτη σε ένα διάνυσμα τιμών, αντί για μια σειρά ξεχωριστών ορισμάτων. Δύο συγκεκριμένα παραδείγματα έρχονται από την εντολή **vertex** :

**Void Vertex3f(float x, float y, float z);**

Και

**void Vertex2sv(short v[2]);**

Αν ο τελικός χαρακτήρας δεν είναι `v`, τότε το `N` δίνεται από τα ψηφία 1, 2, 3 ή 4.

Αν ο τελικός χαρακτήρας είναι `v`, τότε μόνο το `arg1` είναι παρών και είναι ένα διάνυσμα `N`

τιμών του συγκεκριμένου τύπου. Ανάλογα δηλαδή με τα αποτελέσματα που θέλουμε να πάρουμε επιλέγουμε τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις που θα μας οδηγήσουν στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Παραδείγματα προγραμμάτων και ανάλυση αυτών αναφέρονται στο παράρτημα Α.

### **3.6 Συμπέρασμα**

Με βάση όλα τα προηγούμενα χαρακτηριστικά της Open GL θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι μια απαραίτητη εφαρμογή για την σχεδίαση και καλύτερη απεικόνιση των τρισδιάστατων χώρων. Είναι αρκετά εύχρηστη σαν εφαρμογή και η εγκατάστασή της είναι σχετικά απλή διαδικασία ,αρκεί να υποστηρίξει τον υπολογιστή μας. Η βιβλιοθήκη της είναι πολύ πλούσια και κυκλοφορούν πολλά εγχειρίδια για την καλύτερη χρησιμοποίηση της εφαρμογής. Οι πληροφορίες που συλλέξαμε ήταν από διάφορες βιβλιογραφίες Ελλήνων και Ξένων συγγραφέων όπως επίσης και από διάφορες σχετικές ιστοσελίδες του διαδικτύου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ**

### **VRML (Virtual Reality Modeling Language)**

#### **4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ**

Η ιστορία της ανάπτυξης του internet έχει τρία σημεία αναφοράς. Πρώτο, την ανάπτυξη της υποδομής του TCP/IP η οποία επιτρέπει στις πληροφορίες και στα αντικείμενα να μεταδίδονται με ένα έγκυρο και ανεξάρτητο τρόπο. Το internet παρείχε μια διεπαφή ανάμεσα στις πληροφορίες και στους χρήστες. Αν και αυτή η διεπαφή ήταν χρήσιμη, ήταν όμως αρκετά τεχνική χωρίς καμία ξεκάθαρη πληροφορία για το «τι πήγε που». Έτσι η πρόσβαση στο Internet περιοριζόταν στην τάξη των ειδικών που μπορούσαν να διατηρούν προσωπικό χάρτη του χώρου πληροφοριών.

Ύστερα, με τη βοήθεια του Tim Bernet που ανέπτυξε το WWW, προστέθηκε μια δεύτερη διεπαφή η οποία παρείχε γραφικό περιβάλλον και μια ενιαία μέθοδο πρόσβασης που μπορούσε να πει στον χρήστη πώς να πλοηγηθεί. Ο τρόπος πλοήγησης που επιτρέπεται μπορεί να είναι είτε μια ευθεία αναφορά, είτε έμμεσα με συνδέσμους. Στην πραγματικότητα όμως πρέπει να κάνουμε κάποια προσπάθεια για να θυμόμαστε κάποιες αρχικές τουλάχιστον διευθύνσεις. Έτσι ενώ το παγκόσμιο δίκτυο παρέχει ένα μηχανισμό ανάκτησης που συμπληρώνει τον υπάρχον μηχανισμό αποθήκευσης, αφήνει πολλά πράγματα ανεκπλήρωτα, κυρίως για τον απλό χρήστη.

Κρίνοντας λοιπόν την λειτουργία του παγκόσμιου ιστού, έπρεπε να βρουν λύσεις για την ευκολότερη πλοήγηση στο Διαδίκτυο. Η VRML είναι μια προσπάθεια να τοποθετήσει τους ανθρώπους στο κέντρο του internet και με την βοήθεια των αισθήσεων να τους βοηθήσει στην πλοήγηση.

Η πρώτη σύλληψη της ιδέας για ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου interface για το WEB έγινε το 1993, από τον Mark Pesce και Tony Parisi. Επικρατούσε η ανάγκη να βρεθούν εργαλεία τα οποία θα έχουν κοινή γλώσσα και θα καθορίζουν την περιγραφή τρισδιάστατων εικόνων στο Web. Το φιλόδοξο σχέδιο έγινε γνωστό στον δημιουργό του Word Wide

Web, Tim Berners – Lee και συζητήθηκε στη πρώτη διεθνή συνδιάσκεψη για το WWW στη Γενεύη το 1994.

Εκεί τεκμηριώθηκε και αποφασίστηκε η ανάγκη δημιουργίας μιας γλώσσας για την περιγραφή τρισδιάστατων αντικειμένων, κάτι ανάλογο της HTML, η γλώσσα αυτή ονομάστηκε VRML. [Η επέκταση αυτή του παγκόσμιου ιστού σε ένα χώρο τριών διαστάσεων βασίστηκε στην πολύχρονη εμπειρία σε θέματα εικονικής πραγματικότητας και δικτύωσης ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Η VRML δεν βασίζεται ούτε θεωρείται ανάπτυξη της HTML. Η HTML έχει να κάνει με κείμενο , σε αντίθεση με την VRML που θα είναι για γραφικά. Η πρώτη έκδοση της VRML (1.0) σχεδιάζόταν, και όπως αποφασίστηκε δεν θα ήταν επέκταση της HTML, γιατί δεν ήθελαν να δημιουργήσουν κανένα πρόβλημα σε εφαρμογές που ήδη έτρεχαν με HTML. Ήταν κάτι ανεξάρτητο που χρησιμοποιούσε δικούς της αλγόριθμους και εντολές.

Το σύστημα αυτό υποστηρίζει αποκλειστικά περιγραφή τρισδιάστατων αντικειμένων με πολυγωνικά φωτοσκιασμένα αντικείμενα, φωτισμό, υλικά ,ωραίο περιβάλλον και ρεαλιστικά εφέ. Ο πυρήνας της VRML ήταν ένα υποσύνολο του συστήματος συντάκτη αρχείων ( ASCII) με επεκτάσεις που υποστήριζαν δικτυακή υπηρεσία. Ο δημιουργός ήταν ο Γκάβιν Μπέλ της Silicon Graphics<sup>25</sup>.

## **4.2 Τι είναι η VRML:**

Ως VRML ορίζουμε το ακρωνύμιο της γλώσσας προγραμματισμού με την οποία πετυχαίνουμε την σχεδίαση ενός ολοκληρωμένου, εύχρηστου και δυναμικού εικονικού περιβάλλοντος. Χρησιμοποιώντας την γλώσσα αυτή έχεις την δυνατότητα να δημιουργήσεις τους δικούς σου τρισδιάστατους εικονικούς κόσμους στο Internet, να χτίσεις το δικό σου εικονικό δωμάτιο, κτίριο, πόλεις ,βουνά ακόμη και ολόκληρους πλανήτες. Και δεν σταματάμε εκεί, μπορούμε να εμπλουτίσουμε τον κόσμο αυτό με εικονικά έπιπλα, αυτοκίνητα, ανθρώπους και ότι άλλο μπορεί να φαντασθείτε, είναι πραγματικά μια γλώσσα που σχεδιάζει και υλοποιεί,

εικονικά πάντα, τον κόσμο που επιθυμεί κάθε φαντασία. (Andrea L.Ames, David R.Nadeou)

Βέβαια το πιο σπουδαίο και αξιοθαύμαστο χαρακτηριστικό της γλώσσας είναι ότι δημιουργεί δυναμικούς κόσμους, το οποίο θα μας αφήσει τον έλεγχο και την πρόσβαση στο «κόσμο μας». Αυτό το πετυχαίνουμε γιατί η γλώσσα μας δίνει τις εξής δυνατότητες:

- Να συμπεριλαμβάνουμε οποιοδήποτε αντικείμενο στον κόσμο μας και να του δίνουμε την δυνατότητα κίνησης.
- Να προσθέσουμε ήχους και ταινίες.
- Να δίνουμε την δυνατότητα σε οποιοδήποτε χρήστη να δρα στον κόσμο μας.
- Να ελέγχουμε τον κόσμο μας με script που θα δημιουργήσουμε και θα δρουν στον εικονικό μας κόσμο.

Η VRML προβλέπεται να γίνεται η επίσημη γλώσσα για αλληλεπιδράσεις εικονικών κόσμων μέσα στον Παγκόσμιο Διαδύκτιο. Η πρώτη έκδοσή της (1,0) επιτρέπει την δημιουργία εικονικών κόσμων με περιορισμένη αλληλεπίδραση στην συμπεριφορά τους. Αυτοί οι κόσμοι μπορούν να ελέγχουν αντικείμενα που έχουν διασύνδεση με άλλους κόσμους, κείμενα HTML ή άλλους παρόμοιους τύπους που είναι αποτελεσματικοί. Όταν ο χρήστης επιλέγει ένα αντικείμενο με ένα κείμενο VRML με ένα σωστά διαμορφωμένο browser, ένα εικονοσκόπιο VRML αρχίζει. Γι' αυτό το λόγο τα εικονοσκόπια VRML είναι το τέλειο συνοδευτικό με αναγνωρισμένους browser για πλοήγηση και απεικόνιση στο δίκτυο. Οι μελλοντικές εκδόσεις VRML θα επιτρέπουν πιο πλούσια συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης και δυναμικής κίνησης, διανοητικής κλίσης, φυσικής και αλληλεπίδραση πολλών χρηστών σε αληθινό χρόνο.

### **4.3 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ Η ΓΛΩΣΣΑ**

Η VRML είναι μια γλώσσα σκηνικής περιγραφής και όχι μια γλώσσα προγραμματισμού.

Παρότι είναι γλώσσα μηχανής δεν προγραμματίζει άλλα είναι ένας τύπος αρχείου ASCII που τρέχει σε οποιοδήποτε browser, που υποστηρίζει VRML. Η γλώσσα αυτή είναι επεκτάσιμη και μάλιστα αυτό αποτελεί και

ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της. Αυτό σημαίνει ότι κάθε σχεδιαστής μπορεί να προσθέσει νέες λειτουργίες, βασισμένες πάντα στις υπάρχουσες δυνατότητες της.

Ένα αρχείο VRML, (ASCII αρχείο) το οποίο βέβαια είναι η περιγραφή του εικονικού μας κόσμου, αποτελείται από κώδικα. Ο κώδικας αυτός χρησιμοποιεί εντολές από την βιβλιοθήκη εντολών της VRML η οποία είναι αρκετά πλούσια. Το αρχείο αυτό περιλαμβάνει πλήρη περιγραφή του εικονικού κόσμου που θέλουμε να δημιουργήσουμε, θέση αντικειμένων, χρώμα, μέγεθος, τρισδιάστατη απεικόνιση και φυσικά κίνηση.

Τα αρχεία αυτά έχουν κατάληξη [.wrl]. Αυτό που αρκεί για την ανάγνωση των αρχείων αυτών ώστε να βλέπουμε και να δρούμε στον κόσμο που σχεδιάσαμε είναι ένας φυλλομετρητής (browser) ο οποίος μπορεί να είναι είτε ο Microsoft Internet Explorer, είτε ο Netscape Navigator.

Η λειτουργία είναι απλή, όσο ο φυλλομετρητής μας διαβάσει το αρχείο, χτίζει σταδιακά τον εικονικό μας κόσμο. Ανάλογα με τις εντολές μας σχεδιάζει, χρωματίζει, προσθέτει ήχους, μετακινεί, φωτίζει και μας δίνει την αίσθηση ότι ο κόσμος που βλέπουμε είναι πραγματικός.

Βασικό στοιχείο της γλώσσας αυτής όπως είναι φυσικό για την απεικόνιση των τρισδιάστατων αντικειμένων στον χώρο, είναι τρεις μεταβλητές (x, y, z) που αναφέρονται στους τρεις άξονες για τρισδιάστατη απεικόνιση για ύψος, πλάτος και βάθος αντίστοιχα. Για να ορίσουμε την θέση και το μέγεθος του τρισδιάστατου αντικειμένου στον χώρο θα πρέπει να έχουμε ορίσει τις τιμές των αντίστοιχων μεταβλητών βασισμένες σε ένα αρχικό σημείο, το κέντρο (0,0).

Εκτός από τις τρεις αυτές μεταβλητές έχουμε αντίστοιχα και τρεις κατευθύνσεις-περιστροφές, βασισμένες στους άξονες αυτούς. Οι αντίστοιχες κινήσεις για τους τρεις άξονες είναι: Yaw για την y περιστροφή, Pitch για την x περιστροφή και Roll για την z περιστροφή. Οι τρεις άξονες και οι τρεις περιστροφές μαζί αναφέρονται πάντα ως οι έξι βαθμοί ελευθερίας που έχουμε για τον σχεδιασμό<sup>25</sup>.

#### 4.4 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ

Η VRML σχεδιάστηκε για να ικανοποιεί τις εξής προδιαγραφές:

- I. ανεξαρτησία στο σχέδιο,
- II. επεκτασιμότητα,
- III. ικανότητα να δουλεύει καλά και με χαμηλό εύρος ζώνης.

Για να μπορέσει ένας VRML browser να αναγνωρίσει τον κώδικα και να τον απεικονίσει θα πρέπει να αντιλαμβάνεται τα βασικά στοιχεία και χαρακτηριστικά της γλώσσας.

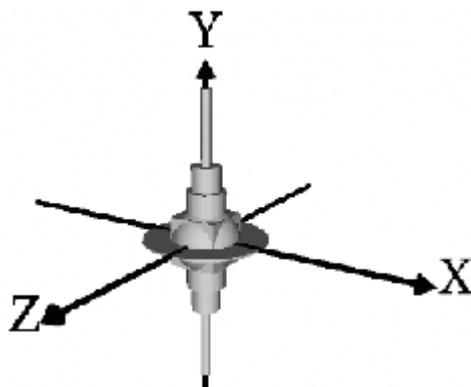
Βασικά σημεία λοιπόν της δομής της γλώσσας θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι τα εξής:

- Σύστημα συντεταγμένων
- Πεδία
- Κόμβοι
- Τεκμήρια
- Επεκτασιμότητα

##### 4.4.1 Σύστημα συντεταγμένων:

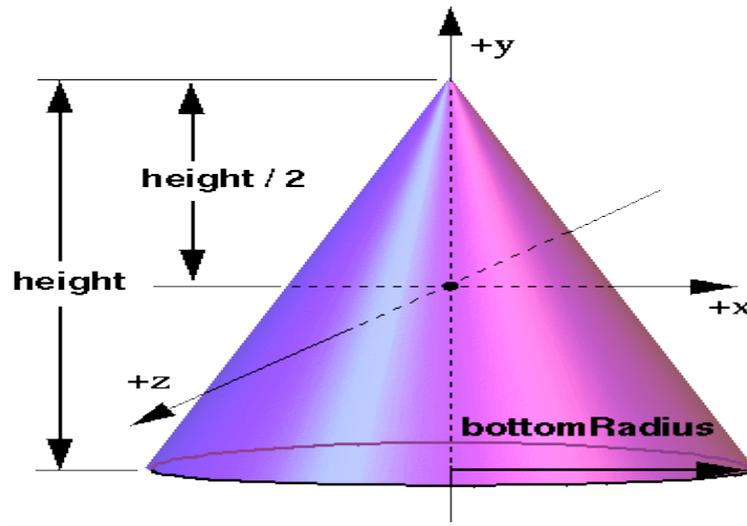
Η VRML χρησιμοποιεί ένα καρτεσιανό, δεξιόστροφο, τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων. Τα αντικείμενα προβάλλονται πάνω σε μια δισδιάστατη συσκευή προς την κατεύθυνση του θετικού άξονα Z με το θετικό άξονα X στα δεξιά και τον θετικό άξονα Y επάνω. Για να μεταβάλουμε αυτή την ελλiptή προβολή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια κάμερα ή έναν μετασχηματισμό. Η μονάδα μέτρησης που έχει καθοριστεί για τα μήκη και τις αποστάσεις είναι τα μέτρα. Η μονάδα μέτρησης για τις γωνίες είναι τα ακτίνια.

**Σχήμα 1: Σύστημα Συντεταγμένων**



Βασικά σχήματα που χρησιμοποιούνται και η ανάλυση τους στο σύστημα συντεταγμένων:

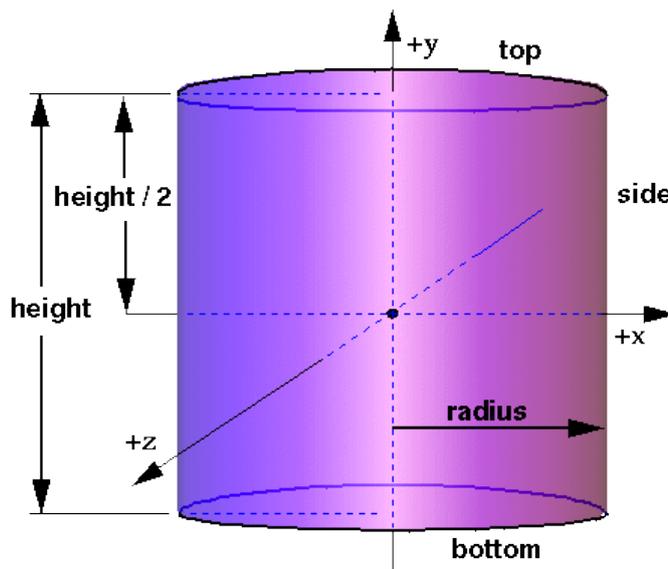
ΚΩΝΟΣ



Σχήμα2:

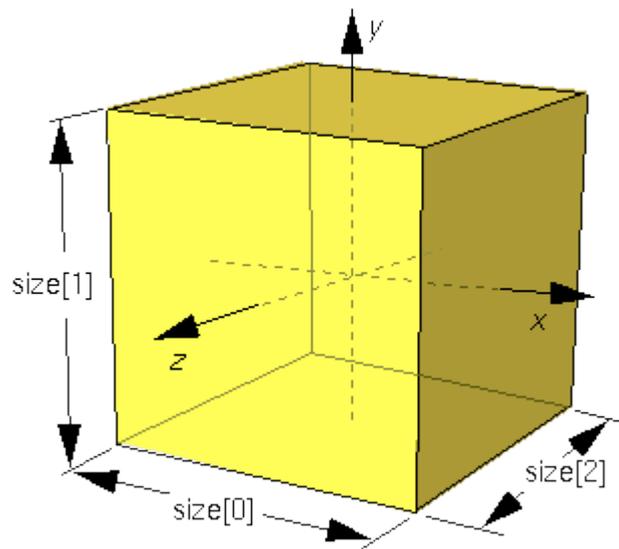
**Απεικόνιση κώνου**

ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ



Σχήμα3:Απεικόνιση

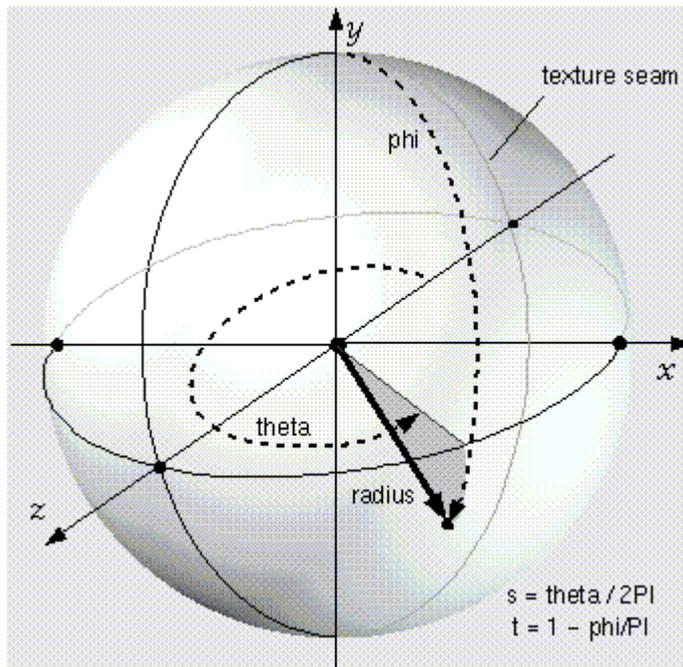
**κυλίνδρου**



**Σχήμα3:Απεικόνιση**

**κύβου**

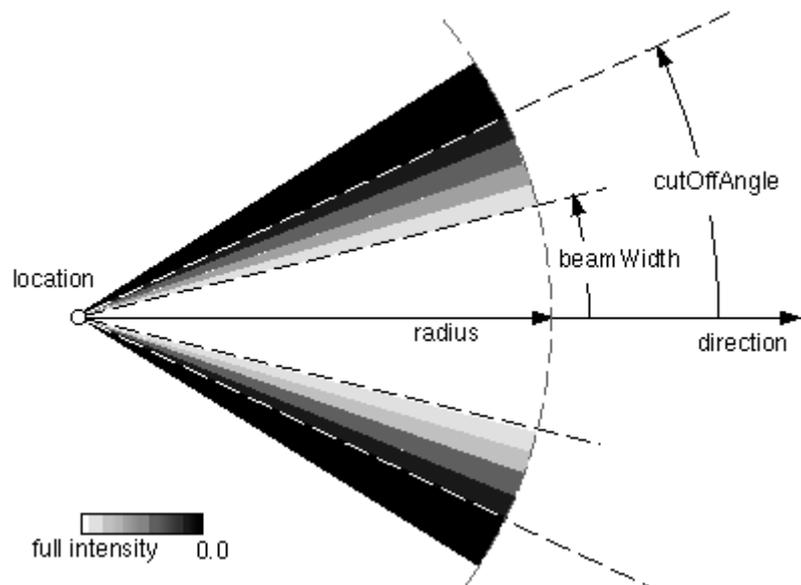
ΣΦΑΙΡΑ



**Σχήμα4: Απεικόνιση**

**σφαίρας**

ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ



**Σχήμα5:Απεικόνιση φωτεινότητας σχημάτων**

#### **4.4.2 ΠΕΔΙΑ:**

Υπάρχουν δύο γενικές τάξεις πεδίων: Πεδία που περιέχουν μια μόνο τιμή (όπου η τιμή μπορεί να είναι ένας αριθμός, ένα διάνυσμα ή ακόμα και μια εικόνα), και πεδία που περιέχουν πολλαπλές τιμές. Τα μονότιμα πεδία όλα έχουν ονόματα που αρχίζουν με “SF” ενώ τα πεδία με πολλαπλών τιμών έχουν ονόματα που ξεκινούν με το “MF”. Κάθε τύπος πεδίου καθορίζει την διάταξη των τιμών που δίνει.

Μερικού τύποι μονότυπων πεδίων είναι οι εξής:

**SFBitMASK**: μονότυπο πεδίο που περιλαμβάνει μια μάσκα από bit strings.

**SFBool**: πεδίο που περιέχει μια απλή λογική τιμή (αληθής – ψευδής).

**SFColor**: μονό πεδίο που περιέχει ένα χρώμα.

**SFEnum**: πεδίο που περιέχει την τιμή ενός τύπου.

**SFFloat**: πεδίο που περιέχει αριθμό κινητής υποδιαστολής με απλή ακρίβεια.

**SFImage:** πεδίο που περιέχει ένα ασύνδετο δισδιάστατο χρώμα ή μια γραμμοσκιασμένη εικόνα. Τα πεδία αυτά γράφονται σε αρχεία σαν τρεις ακέραιοι που αντιπροσωπεύουν το ύψος, το πλάτος και τον αριθμό των συστατικών στην εικόνα .

**SFLong :** πεδίο που περιέχει ένα μεγάλο ακέραιο 32 bit.

**SFMatrix :** πεδίο που περιέχει μια μήτρα μετασχηματισμού.

**SFString :** Ένα πεδίο που περιέχει ένα ASCII αλφαριθμητικό (ακολουθία από χαρακτήρες) <sup>26</sup>.

#### **4.4.3 ΚΟΜΒΟΙ:**

Θεωρητικά, τα αντικείμενα μπορούν να περιέχουν οτιδήποτε, τρισδιάστατη γεωμετρία, MIDI πληροφορίες, εικόνες JPEG, οτιδήποτε. Η VRML καθορίζει μια ομάδα αντικειμένων χρήσιμων για τρισδιάστατα γραφικά. Αυτά τα αντικείμενα ονομάζονται κόμβοι. Οι κόμβοι διευθετούνται σε ιεραρχικές δομές που ονομάζονται γραφήματα εικόνων. Τα γραφήματα εικόνων είναι κάτι περισσότερο από μία συλλογή κόμβων. Τα γραφήματα εικόνων καθορίζουν μία σειρά για τους κόμβους. Το γράφημα εικόνων εκφράζει την εξής αντίληψη: οι κόμβοι που είναι νωρίτερα στην εικόνα, μπορούν να επηρεάσουν τους κόμβους που εμφανίζονται αργότερα. Για παράδειγμα, μία περιστροφή ή ένας κόμβος υλικού, θα επηρεάσουν τους κόμβους που είναι επόμενοι χρονικά στην εικόνα. (Vrml 2.0, Ames –Nadeau- Moreland)

Ένας κόμβος έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

##### **· Τι είδους αντικείμενο είναι.**

Ένας κόμβος μπορεί να είναι ένας κύβος, μία σφαίρα, ένας χάρτης δομών, ένας μετασχηματισμός κ.τ.λ.

**.Κόμβοι του ίδιου τύπου διαχωρίζονται με παραμέτρους (πεδία).**

Για παράδειγμα, κάθε σφαίρα κόμβος μπορεί να έχει διαφορετική ακτίνα, και διαφορετικοί κόμβοι του χάρτη δομών θα περιέχουν φυσικά διαφορετικές εικόνες. Αυτοί οι παράμετροι καλούνται πεδία. Ένας κόμβος μπορεί να έχει μηδέν ή περισσότερα πεδία.

**.Ο κόμβος προσδιορίζεται από ένα όνομα.**

Το να μπορούμε να ονομάσουμε τους κόμβους και ν' αναφερόμαστε σε αυτούς είναι πολύ ισχυρό εργαλείο. Επιτρέπει σ' ένα άτομο που δημιουργεί τις εικόνες να δώσει υποδείξεις σ' αυτούς που χρησιμοποιούν την εικόνα για το τι είναι μέσα στην εικόνα, και δημιουργεί δυνατότητες για πολύ ισχυρή επέκταση των εγγραφών. Οι κόμβοι δεν χρειάζεται να έχουν όνομα, μα εάν έχουν, πρέπει να είναι μόνο ένα. Παρόλα αυτά, τα ονόματα δεν χρειάζεται να είναι μοναδικά, πολλοί διαφορετικοί κόμβοι μπορεί να έχουν πάρει το ίδιο όνομα.

**.Κόμβοι παιδιά.**

Η ιεραρχία των αντικειμένων εφαρμόζεται με το να επιτρέπεται σε ορισμένους τύπους κόμβων να περιέχουν άλλους κόμβους. Οι κόμβοι γονείς αναπτύσσουν τα παιδιά τους στο επιθυμητό σημείο κατά την διάρκεια της εκτέλεσης. Οι κόμβοι οι οποίοι μπορεί να έχουν παιδιά αναφέρονται σαν ομάδες κόμβων. Οι ομάδες κόμβων μπορεί να έχουν μηδέν ή περισσότερα παιδιά.

Το συντακτικό που έχει επιλεγεί για να εκπροσωπήσει αυτά τα τμήματα πληροφοριών είναι το ακόλουθο:

**DEF** *όνομα αντικειμένου, τύπος αντικειμένου {πεδία , παιδιά}*<sup>26</sup>

Παράδειγμα κώδικα:

Μόνο ο τύπος του αντικειμένου και τ' άγκιστρα είναι απαραίτητα. Οι κόμβοι μπορούν να έχουν ή να μην έχουν παιδιά, πεδίο και όνομα. Τα ονόματα των κόμβων δεν πρέπει να ξεκινάνε με ψηφίο, δεν πρέπει να περιέχουν κενά διαστήματα ή χαρακτήρες ελέγχου, μονούς ή διπλούς χαρακτήρες αναφοράς, κάθετους, άγκιστρα, του χαρακτήρα συν ή το χαρακτήρα περιόδου. Για παράδειγμα, αυτό το πρόγραμμα περιέχει μια απλή εικόνα που ορίζει ένα κόκκινο κώνο και μία μπλε σφαίρα, που φωτίζεται από ένα κατευθυνόμενο φως :

```
#VRML V1.0 ASCII
Separator {
  DirectionalLight {
    direction 0 0 -1 # Light shining from viewer into scene
  }
  PerspectiveCamera {
    position -8.6 2.1 5.6
    orientation -0.1352 -0.9831 -0.1233 1.1417
    focalDistance 10.84
  }
  Separator { # The red sphere
    Material {
      diffuseColor 1 0 0 # Red
    }
    Translation { translation 3 0 1 }
    Sphere { radius 2.3 }
  }
  Separator { # The blue cube
    Material {
      diffuseColor 0 0 1 # Blue
    }
    Transform {
      translation -2.4 .2 1
      rotation 0 1 1 .9
```

```
    }  
    Cube {}  
  }  
}
```

Γενικό συντακτικό

Για εύκολη αναγνώριση των αρχείων VRML, κάθε αρχείο VRML πρέπει να ξεκινάει με τους εξής χαρακτήρες:

```
#VRML V1.0 ascii
```

Οποιοδήποτε άλλοι χαρακτήρες που γράφονται στην ίδια γραμμή μ' αυτούς αγνοούνται. Η γραμμή τερματίζεται με την νέα γραμμή ASCII και με τον χαρακτήρα επιστροφής (CRLF).

Ο χαρακτήρας '#' αρχίζει ένα σχόλιο. Όλοι οι χαρακτήρες πριν την νέα γραμμή και τον χαρακτήρα επιστροφής αγνοούνται. Η μόνη εξαίρεση σ' αυτό τον κανόνα είναι τα πεδία χαρακτήρων που περιέχουν τον χαρακτήρα '#'.

Σημείωση: Τα σχόλια και τα κενά μπορεί να μην σώζονται. Συγκεκριμένα ένας server (υπολογιστής εξυπηρέτησης δικτύου) ενός κειμένου VRML μπορεί ν' αφαιρεί τα σχόλια και τα άσχετα κενά από ένα αρχείο VRML πριν το μεταβιβάσει. Τα κενά, τα διαστήματα, οι νέες γραμμές και οι χαρακτήρες επιστροφής είναι κενοί χαρακτήρες οπουδήποτε εμφανίζονται έξω από τα πεδία αλφαριθμητικών. Ένας ή περισσότεροι κενοί χαρακτήρες διαχωρίζουν τα συντακτικά σύνολα σ' αρχεία VRML, όπου είναι απαραίτητο.

Μετά την απαιτούμενη επικεφαλίδα, ένα αρχείο VRML περιέχει ακριβώς ένα κόμβο VRML, αυτός ο κόμβος μπορεί φυσικά να είναι και

μία ομάδα κόμβων, περιέχοντας οποιοδήποτε αριθμό από άλλους κόμβους.

#### **4.4.4 Τεκμήρια**

Ένας κόμβος μπορεί να είναι το παιδί σε περισσότερες από μια ομάδες. Αυτό καλείται «τεκμηρίωση» (όταν χρησιμοποιούμε το ίδιο τεκμήριο για έναν κόμβο πολλές φορές, καλείται «σύνδεση ψευδώνυμου» ή «πολλαπλές αναφορές» σε άλλα συστήματα), και πραγματοποιείται με την χρήση της λέξης κλειδί “USE”.

Μαζί με την λέξη DEF καθορίζει ένα κόμβο ονόματος, και δημιουργεί μια απλή τεκμηρίωση αυτού. Η λέξη κλειδί USE δηλώνει ότι οι πιο πρόσφατα καθορισμένες τεκμηριώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ξανά. Αν αρκετοί κόμβοι έχουν πάρει το ίδιο όνομα, τότε το τελευταίο DEF συναντιέται πιο συχνά. Τα DEF/USE περιορίζονται σε ένα απλό αρχείο. Δεν υπάρχει μηχανισμός για την χρήση (USE ) κόμβων που είναι DEF σε άλλα αρχεία<sup>27</sup>.

#### **4.4.5 Επεκτασιμότητα (EXTENSIBILITY)**

Οι επεκτάσεις στην VRML υποστηρίζονται από πεδία υποστήριξης που περιγράφονται από μόνα τους. Οι κόμβοι που δεν είναι μέρη της VRML πρέπει να γράφονται έξω από την περιγραφή των πεδίων τους πρώτα, έτσι ώστε όλες οι εφαρμογές της VRML να είναι ικανές να αναλύσουν και να αγνοήσουν και να αγνοήσουν τις επεκτάσεις. Αυτή η περιγραφή γράφτηκε ακριβώς μετά τα άνοιγμα μιας έντονης ανανέωσης για το κόμβο, και έχει συσταθεί από πεδία λέξεων κλειδιών ακολουθούμενες από μια λίστα ονομάτων και τύπων πεδίων που χρησιμοποιούνται από τον κόμβο.

## **4.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Οι εφαρμογές που μπορούν να δημιουργηθούν μέσω της γλώσσας VRML είναι πάρα πολλές. Η πιο εντυπωσιακή ίσως από αυτές τις εφαρμογές είναι η δημιουργία τρισδιάστατων ηλεκτρονικών εκθέσεων στο WWW μέσα στις οποίες ο χρήστης έχει την δυνατότητα να 'περιηγηθεί' και να αλληλεπιδράσει με τα εκθέματα τους, ακριβώς δηλαδή όπως αυτός θα έκανε σε μια πραγματική έκθεση! Όμως οι δυνατότητες του τρισδιάστατου WWW δεν σταματούν εδώ. Τα πεδία της ανθρώπινης δραστηριότητας που μπορούν να εκμεταλλευτούν τη νέα αυτή τεχνολογία είναι πάρα πολλά. Η διαφήμιση μπορεί να αλλάξει μορφή με τη δημιουργία τρισδιάστατων εμπορικών κέντρων και καταλόγων, οι οποίοι θα περιέχουν τα προϊόντα σε τρισδιάστατη πλέον μορφή, δίνοντας έτσι μια άλλη αίσθηση στον καταναλωτή. Οι τουρίστες θα έχουν την δυνατότητα να ενημερώνονται και να παίρνουν μια πρώτη γεύση από τα μέρη και τα ξενοδοχεία που πρόκειται να επισκεφτούν. Τέλος, οι εικονικές περιηγήσεις σε μουσεία, ναούς και πόλεις θα γίνουν πολύ πιο ελκυστικές.

Κάποια δείγματα εφαρμογών έχουν ήδη κυκλοφορήσει στο διαδύκτιο υλοποιημένες πάνω σε συγκεκριμένα αντικείμενα ( **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**). Πανεπιστήμια όπως των Ιωαννίνων και των Πατρών χρησιμοποιούν τέτοιες εφαρμογές τις οποίες περιγράφουμε στο επόμενο κεφάλαιο. Αρκετά είναι πλέον τα εκπαιδευτικά ιδρύματα τα οποία αρχίζουν να ενδιαφέρονται για τέτοιες εφαρμογές και εργαστήρια 'Εικονικής Πραγματικότητας' τα οποία θα δώσουν ώθηση σε νέα άτομα να γνωρίσουν την νέα γλώσσα του διαδικτύου που παρέχει και υλοποιεί τόσο εντυπωσιακά 3D περιβάλλοντα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

“Εργαστήριο Εικονικής Πραγματικότητας Του Παιδαγωγικού Τμήματος  
Δημοτικής Εκπαίδευσης Του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.”

### **5. 1 Περιγραφή του εργαστηρίου.**

Το εργαστήριο εικονικής πραγματικότητας δημιουργήθηκε υπό την επίβλεψη του Αναστάσιου Μικρόπουλου, Αναπληρωτή καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος.

Οι κύριοι στόχοι του εργαστηρίου είναι η βασική έρευνα στο επιστημονικό πεδίο της πληροφορικής στην εκπαίδευση καθώς επίσης και στον τομέα της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση. Η βασική έρευνα και στις επιστημονικές και διεπιστημονικές περιοχές του εκπαιδευτικού λογισμικού δεν άφησε αδιάφορα τα μέλη του εργαστηρίου.

Τέλος η εφαρμοσμένη έρευνα και η ανάπτυξη προϊόντων εκπαιδευτικού και επιμορφωτικού λογισμικού συνεισφέροντας ταυτόχρονα στην εκπαίδευση και την κατάρτιση των φοιτητών δεν θα μπορούσαν να μην αποτελούν στόχο του εργαστηρίου.

### **5. 2 Αποστολή του εργαστηρίου**

#### **5. 2. 1 Εκπαιδευτική Διαδικασία**

Το εργαστήριο έχει ως αποστολή τη μελέτη της εισαγωγής της πληροφορικής τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ειδικότερα:

- Την παραγωγή έγκυρου, αξιόπιστου και αντικειμενικού επιστημονικού λόγου στο πεδίο της πληροφορικής στην εκπαίδευση.
- Τη θεωρητική και πρακτική κατάρτιση προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών στο παραπάνω πεδίο.

- Την επιστημονική έρευνα και προώθηση συστημάτων Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, καθώς και παιδαγωγικών και ψυχολογικών θεωρητικών μοντέλων για την εισαγωγή τους στη εκπαιδευτική διαδικασία.
- Τη σχεδίαση, ανάπτυξη, διάχυση και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού κυρίως με τη μορφή εκπαιδευτικού λογισμικού και ιδιαίτερα με χρήση των τεχνολογιών της Εικονικής Πραγματικότητας, των Διαλογικών Πολυμέσων και των Δικτύων.
- Τη δημιουργία προδιαγραφών για εκπαιδευτικά συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας σε επίπεδο υλικού και λογισμικού, καθώς και μελέτες εργονομίας σχετικά με τα παραπάνω και γενικότερα εκπαιδευτικών εργαστηρίων με βάση ψυχοπαιδαγωγικές και τεχνικές προτάσεις.
- Τη μελέτη των κάθε είδους επιδράσεων των εκπαιδευτικών συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας σε μαθητές, τόσο σε επίπεδο λογισμικού, όσο και υλικού.
- Την παροχή υπηρεσιών προς τρίτους με διαπροσωπική επικοινωνία ή από απόσταση.

### **5. 2. 2. Συνεργασία.**

Η συνεργασία με ακαδημαϊκά ιδρύματα ημεδαπής και αλλοδαπής, ερευνητικά κέντρα και ινστιτούτα που έχουν συναφείς στόχους αποτελεί μια από τις σημαντικότερες αποστολές του εργαστηρίου μιας και με αυτό τον τρόπο διευρύνεται το πεδίο γνώσης και σκέψης στην ήδη υπάρχουσα εκπαίδευση και τεχνολογία.

### **5. 2. 3. Συνεχής Ανάπτυξη και Συζήτηση.**

Η οργάνωση σεμιναρίων, συμποσίων, συνεδρίων, διαλέξεων, γενικότερα συναντήσεων και εκδηλώσεων με έλληνες και ξένους ειδικούς καθώς και την πραγματοποίηση δημοσιεύσεων και εκδόσεων δίνει τη δυνατότητα συνεχούς ανάπτυξης και συζήτησης στα πλαίσια την συνεργασίας με άλλα πανεπιστημιακά και μη ιδρύματα.

Τόσο το προσωπικό του εργαστηρίου όσο και το εργαστήριο έχουν να παρουσιάσουν έναν ικανό αριθμό προϊόντων και έργων καθώς και ένα

σημαντικό αριθμό επιστημονικών δημοσιεύσεων, αποτέλεσμα της πολυετούς ενασχόλησης στα προαναφερθέντα πεδία σε ερευνητικό και αναπτυξιακό επίπεδο.

Ο εξοπλισμός του εργαστηρίου είναι σύγχρονος και ανανεώνεται διαρκώς, τόσο σε υλικό, όσο και σε λογισμικό και περιλαμβάνει:

- επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας με δυνατότητες εμπύθισης
- περιφερειακές συσκευές εικονικής πραγματικότητας (χειριστήρια, κράνη, γυαλιά, γάντια δεδομένων)
- υπολογιστές πολυμέσων
- συστήματα εισαγωγής δεδομένων (τρισδιάστατοι σαρωτές, ψηφιοποιητές)
- πακέτα συγγραφής λογισμικού εικονικής πραγματικότητας
- πακέτα συγγραφής υπερμεσικών εφαρμογών
- γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών
- πακέτα γενικής χρήσης

### **5. 3 Μέλη του Εργαστηρίου**

**ΜΙΚΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πληροφορική στην εκπαίδευση με έμφαση στις εικονικές πραγματικότητες στη διδασκαλία (Υπεύθυνος εργαστηρίου)

**ΔΗΜΟΥ ΗΛ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ**, Καθηγητής, Παιδαγωγική ψυχολογία

**ΚΑΤΣΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Γεωγραφία και περιβαλλοντική εκπαίδευση

**ΕΜΒΑΛΩΤΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**, Λέκτορας, Παιδαγωγική (Συνεργάτης)

**ΜΙΣΗΛΙΔΗ ΠΛΟΥΣΙΑ**, Λέκτορας, (Συνεργάτης)

**ΤΖΙΜΟΓΙΑΝΝΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**, Δρ. Φυσικής (Συνεργάτης)

**ΓΙΟΥΝΗΣ ΑΛΚΗΣ**, Φυσικός - Πληροφορικός, MSc, Υποψ. Διδάκτορας, Εικονική πραγματικότητα στη διδασκαλία της φυσικής

**ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΥ ΙΩΑΝΝΑ**, Υποψ. Διδάκτορας, Προδιαγραφές εκπαιδευτικών εφαρμογών υπερμέσων / πολυμέσων

**ΚΩΣΤΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**, Υποψ. Διδάκτορας, Διδακτική ιστορίας σε εικονικά περιβάλλοντα

**ΛΑΔΙΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**, Υποψ. Διδάκτορας, Εκπαιδευτικές εφαρμογές πολυμέσων

**ΜΠΑΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**, Πληροφορικός, MEd., Υποψ. Διδάκτορας, Εικονική πραγματικότητα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

**ΜΠΕΛΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ**, Φυσικός - Πληροφορικός, Υποψ. Διδάκτορας, Εικονική πραγματικότητα στη διδασκαλία της γεωγραφίας

**ΝΙΚΟΛΟΥ ΕΥΓΕΝΙΑ**, Υποψ. Διδάκτορας, Εικονική πραγματικότητα στη βιολογία

**ΠΑΔΙΩΤΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ**, Υποψ. Διδάκτορας, Προδιαγραφές εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων

**ΣΤΡΟΥΜΠΟΥΛΗΣ ΒΑΣΙΛΗΣ**, Υποψ. Διδάκτορας, Εικονική πραγματικότητα και Νευροψυχολογία

**ΤΣΑΚΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**, Υποψ. Διδάκτορας, Σχολικές Αποκλίσεις (Συνεργάτης)

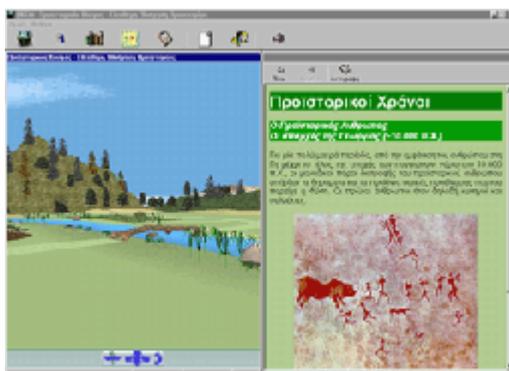
**ΧΑΛΚΙΔΗΣ ΑΝΘΙΜΟΣ**, Υποψ. Διδάκτορας, στη περιβαλλοντική εκπαίδευση

**ΜΕΛΑ ΧΑΡΙΣ**, ΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ (Υποστήριξη)

## 5. 4 Έργα

**5.4.1.ΕΙΚΩΝ:** Εικονική πραγματικότητα στη διαθεματική προσέγγιση μαθημάτων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

Έργο: ΣΕΙΡΗΝΕΣ (ΟΔΥΣΣΕΙΑ - ΥΠΕΠΘ)



Το έργο στοχεύει στην υποστήριξη μιας ενεργούς διαδικασίας αντιμετώπισης της γνώσης από μαθητές και καθηγητές μέσα από τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών πληροφορικής, όπως η εικονική πραγματικότητα, τα δίκτυα και τα πολυμέσα. Το διαθεματικό λογισμικό είναι βασισμένο στο μάθημα της Τεχνολογίας και συνδυάζει θέματα από τα μαθήματα, Φυσικής Ιστορίας, Γεωγραφίας, Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας. Η οικοδόμηση της γνώσης ολοκληρώνεται μέσα από ειδικά σχεδιασμένες μελέτες περίπτωσης και υλοποιείται σε πολλαπλούς εικονικούς μικρόκοσμους οι οποίοι απαρτίζονται από αντικείμενα με παιδαγωγική σημασία. Ο κάθε μαθητής εισέρχεται στον μικρόκοσμο από τον υπολογιστή του σχολείου του. Μέσα σ' αυτόν μπορεί να μετακινηθεί και να αλληλεπιδράσει με τα διάφορα αντικείμενα, ώστε να αποκτήσει τη γνώση που αυτά μεταφέρουν .

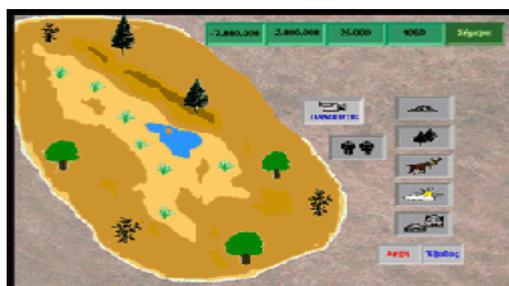
#### **5. 4. 2. ΕΛΛΟΠΙΑ. Περιβαλλοντικός χάρτης Νομού Ιωαννίνων.**

Πολυεταρικές σχολικές συμπράξεις στα πλαίσια του Β' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης. 1ο ΤΕΛ Ιωαννίνων, ΕΠΛ Ιωαννίνων, 3ο ΓΕΛ Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.



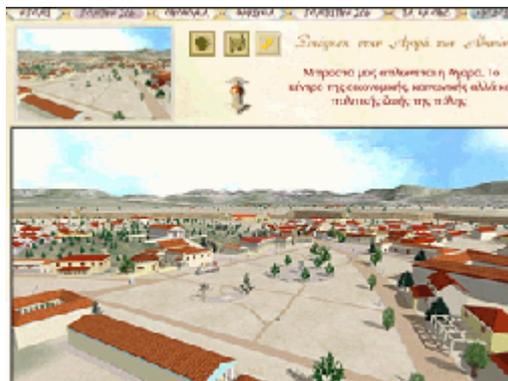
#### **5. 4. 3. ΠΑΜΒΩΤΙΣ. Διαχρονική μελέτη του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων**

Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων



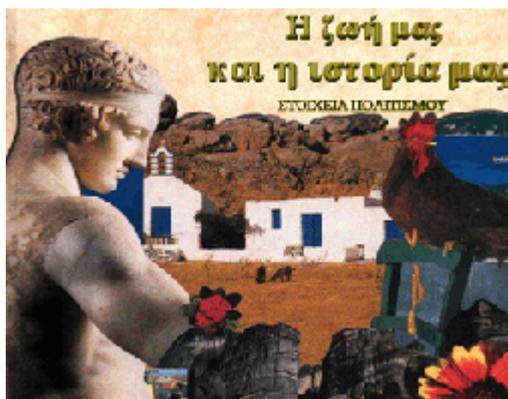
#### 5. 4. 4. ΗΡΙΑΔΑΝΟΣ. Εικονικές περιηγήσεις στην Αρχαία Αγορά

Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων



#### 5. 4. 5. Η ζωή και η ιστορία μας. Στοιχεία Πολιτισμού.

Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων



#### 5. 4. 6. ΚΛΕΙΣΘΕΝΗΣ. Εκπαιδευτικό λογισμικό για το μάθημα της κοινωνιολογίας

Παιδαγωγικό Ινστιτούτο



## 5. 4. 7. ADAPT - SILVER NET Καινοτόμες διαδικασίες στην ασημουργία

Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ιωαννίνων

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων



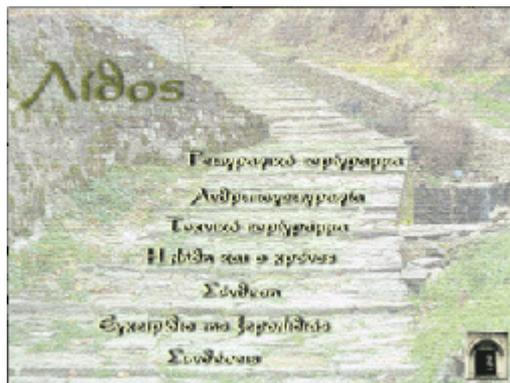
### 5.4.8. Καρκινικοί δείκτες

Εκπαιδευτικό λογισμικό στα πλαίσια αναμόρφωσης προγράμματος σπουδών Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Εργαστήριο Βιοχημείας Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου.

Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων





#### **5. 4. 9. Λίθος**

Παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού λαϊκής αρχιτεκτονικής διασυννοριακού χαρακτήρα.

"Η πέτρα από την Ήπειρο μέχρι την Σκόδρα"

Κοινοτική Πρωτοβουλία Interreg II

### **5. 5. ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ**

#### **5. 5. 1. Βιβλία**

Τ. Μικρόπουλος "Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων", Κλειδάριθμος (2000)

Τ. Μικρόπουλος, Β. Κόμης. "Πληροφορική και Εκπαίδευση" Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (2000)

Θ. Γεωργίου, Ι. Κάππος, Α. Λαδιάς, Α. Μικρόπουλος, Α. Τζιμογιάννης, Κ. Χαλκιά. «Πολυμέσα – Δίκτυα». Διδακτικό εγχειρίδιο Γ' Ενιαίου Λυκείου, βιβλίο καθηγητή, τετράδιο εργασιών, ΟΕΔΒ (1999). Έγκριση μετά από διαγωνισμό του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Τ. Μικρόπουλος, Τ. Λαδιάς. «Η LOGO στην Εκπαιδευτική Διαδικασία» Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (1997)

**ΣΕΛΙΔΕΣ ΜΕ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗΝ  
ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ**

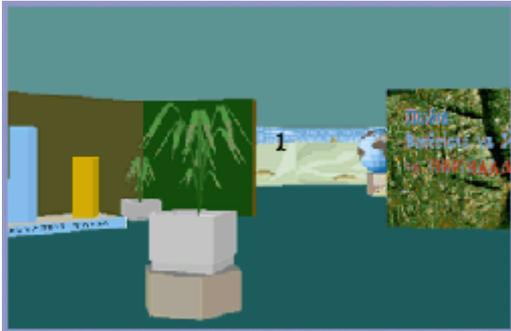
- **Advanced VR Research Centre**, Loughborough University, Loughborough, UK
- **ΕΑΕΛ**, Εργαστήριο Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Λογισμικού, Μαθηματικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Πατρών
- **HITL**, Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, Seattle, USA
- **VETL**, Virtual Environment Technology Laboratory, NASA/Johnson Space Center - University of Houston, USA
- **VIRART**, Virtual Reality Applications Research Team, University of Nottingham, Nottingham, UK
- **VREL**, Virtual Reality and Education Laboratory, School of Education, East Carolina University, Greenville, NC USA

**ΑΛΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ**

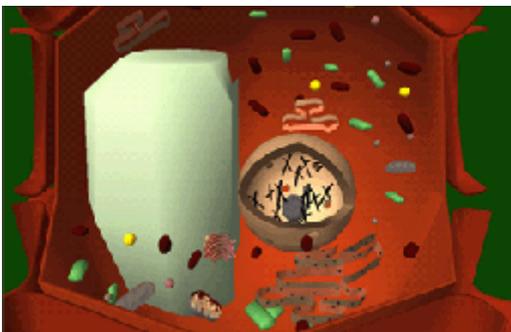
- <http://www.hitl.washington.edu/kb/>
- <http://eastnet.educ.ecu.edu/vr/otherpgs.htm>

### 5.5.2 Εφαρμογές νέων τεχνολογιών με έμφαση στις τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Δειγματική αναφορά: Εφαρμογές νέων τεχνολογιών, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης



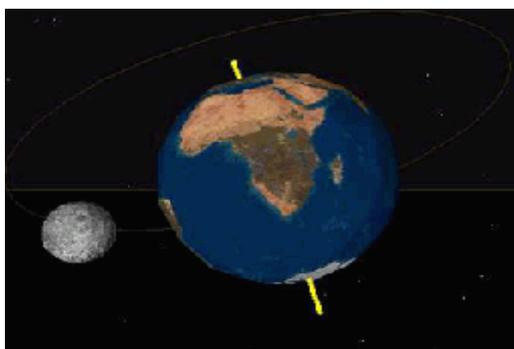
**Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών με τη βοήθεια σύγχρονων τεχνολογιών πληροφορικής**



Δειγματική αναφορά: Η Εικονική Πραγματικότητα στην υποστήριξη της διδασκαλίας της Βιολογίας



**Η Εικονική Πραγματικότητα στην υποστήριξη της διδακτικής διαδικασίας και πειραμάτων της Φυσικής**



**Διερεύνηση της αλληλεπίδρασης χρηστών και εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων**

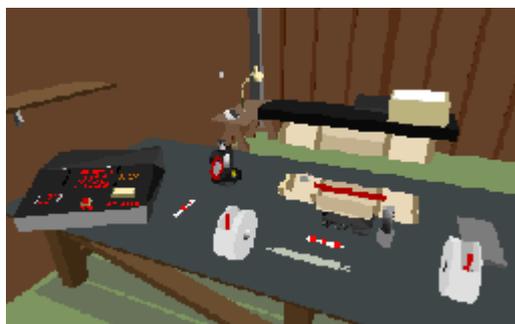
Δειγματική αναφορά: Σχεδίαση εικονικών περιβαλλόντων για την υποστήριξη της κατανόησης πλανητικών φαινομένων με βάση αντιλήψεις μαθητών



**Η αντίληψη του τρισδιάστατου εικονικού χώρου από μαθητές, για ολοκλήρωση εκπαιδευτικών εφαρμογών**

### **Εικονικό εργαστήριο laser**

Δειγματική αναφορά: Διαμορφωτική αξιολόγηση εικονικού εκπαιδευτικού εργαστηρίου laser



**Αλληλεπιδραστικά εικονικά περιβάλλοντα για την υποστήριξη του μαθήματος της τεχνολογίας**



**Χωρικές δεξιότητες μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ο ρόλος της εικονικής πραγματικότητας**



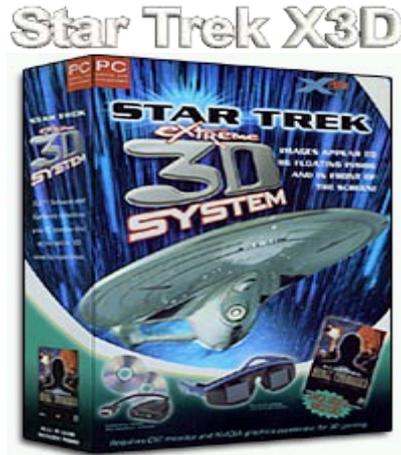
**Η χρήση των εικονικών περιβαλλόντων στη διδακτική της Ιστορίας.  
Μια προσέγγιση με βάση τα αλληλεπιδραστικά παιχνίδια Η/Υ.**



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

### Εφαρμογές Παιχνιδιών Σε Εικονικό Περιβάλλον

#### A1. 1



Γίνετε ένα μέρος της κληρονομιάς που είναι η επιχείρηση.

Με το προστιθέμενο όφελος της στερεοφωνικής τρισδιάστατης απεικόνισης, η γέφυρα της επιχείρησης ζωντανεύει αποκτώντας βάθος. Όλοι οι έλεγχοι εντολής είναι στα άκρα των δακτύλων και οι υπόλοιποι άμεσα στο βάθος της οθόνης. Μόλις εισαχθεί ο χρήστης στην πρώτη προσομοίωση ή την εκστρατεία σας, τα visuals μάχης και γεφυρών παίρνουν την πρόσθετη διάσταση του τρισδιάστατου βάθους. Αυτό είναι μια immersive εμπειρία παιχνιδιού.

Ο διοικητής γέφυρας του Star Trek είναι η πρώτη διαστημική προσομοίωση που τίθεται στον κόσμο επόμενης γενεάς που βάζει αληθινά τον χρήστη στην εντολή του starship Starfleet και του πληρώματός του.

Το πακέτο του Star Trek X3D περιλαμβάνει μια πλήρη έκδοση του διοικητή γέφυρας StarTrek, X3D γυαλιά και δωρεάν λογισμικό X3D!

## **A.2. P5: Περιφερειακή Συσκευή Για Αλληλεπίδραση με 3D περιβάλλοντα παιχνιδιών.**



Το P5 είναι μια καινοτόμα, όμοια με γάντι περιφερειακή συσκευή, βασισμένη στην κύρια τεχνολογία αισθητήρα λύγισης και απομακρυσμένης ανίχνευσης θέσης. Παρέχει στους χρήστες απόλυτη

αλληλεπίδραση με 3D και τρισδιάστατα περιβάλλοντα, όπως παιχνίδια, τοποθεσίες διαδικτύου και εκπαιδευτικό λογισμικό.

Μπορεί κανείς να χειριστεί επιδέξια ένα ισχυρό ξίφος σε κάποιο βιντεοπαιχνίδι, να περιπλανηθεί σε μια on-line τοποθεσία, ή ακόμα να πιάσει αντικείμενα στην οθόνη. Με τη δύναμη του P5 μπορεί κανείς να εκμεταλλευτεί όσο ποτέ στο έπακρον τις δυνατότητες που προσφέρουν σήμερα οι 3D και τα εικονικά περιβάλλοντα παιχνιδιού.

Έχει ειδικά σχεδιαστεί για την ενίσχυση της εμπειρίας των παιχνιδιών στους H/Y και παρέχει στους χρήστες εκπληκτικές δυνατότητες όπως:

### *Χαρακτηριστικά*

Ελαφρύ, με εργονομικό σχεδιασμό για ευκολία, διαισθητικό παιχνίδι. Ζυγίζει 4.5oz. Χρήση ποντικιού συμβατή με οποιαδήποτε εφαρμογή. 6 βαθμοί ανίχνευσης (X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll) για την

εξασφάλιση ρεαλιστικής κίνησης. Εύκολη (plug & play) εγκατάσταση, συνδέεται απευθείας με USB θύρα. Αισθητήρας κάμψης και τεχνολογία οπτικής ανίχνευσης θέσης για παροχή «ζωντανής» κίνησης. Ευκολία στη χρήση παντού, στο γραφείο, στο σαλόνι κ.α.

*Αισθητήρες Δακτύλων*

5 ανεξάρτητες μετρήσεις δακτύλων

0.5 βαθμούς ανάλυσης(0-90 όριο βαθμού)

*Σύστημα Ανίχνευσης Θέσης*

Πατενταρισμένο οπτικό σύστημα ανίχνευσης θέσης.

Όριο απόστασης από τον δέκτη 3-4ft γεγονός που επιτρέπει απεριόριστο όριο απόστασης από την οθόνη.

Ρυθμός ανανέωσης 60Hz.

6 Βαθμοί ελευθερίας (yaw, pitch, roll, x, y, z) με ανάλυση και ακρίβεια yaw, pitch, roll, 1 βαθμού και ανάλυση και ακρίβεια σε απόσταση 3ft από τον δέκτη και απεριόριστο όριο από την οθόνη των x, y, z 0,125 inch.

*Μοναδικός δέκτης γραφείου:*

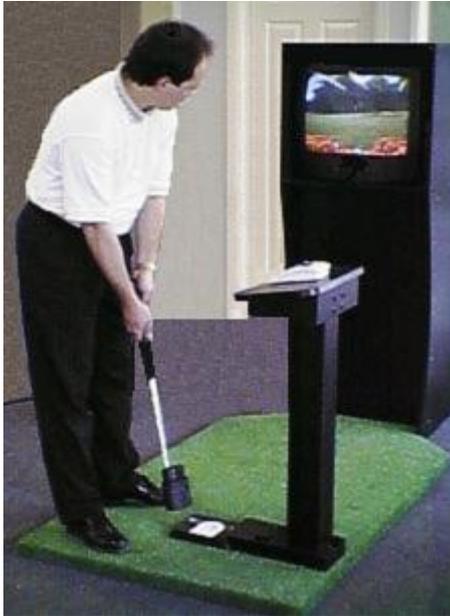
Δεν χρειάζεται τροφοδοτικό, με εύκολο σύστημα εγκατάστασης/απενεγκατάστασης

Συμβατό με USB1. 1, διατίθενται 2USB interfaces για τη θέση λειτουργίας του κανονικού P5 και για τη θέση λειτουργίας του ποντικιού ή του joystick.

Υποστηρίζεται από P/C καθώς και από Mac OS και κάτω.

Τα παιχνίδια που διατίθενται αυτή τη στιγμή είναι τα: Hitman 2, Tiger Hunt, και ένα δείγμα επίδειξης του Beach Head 2002. Η σημερινή του τιμή ανέρχεται στα \$69.00

### A.3 Golf Simulator CMP-2100GF



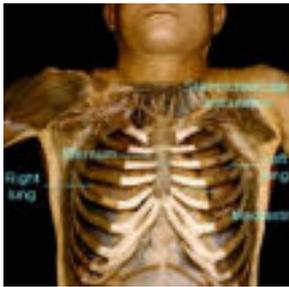
Είναι το τρίτο κατά σειρά των συστημάτων αλληλεπίδρασης εικονικής πραγματικότητας από την Virtual Realities.

Η φορητή κονσόλα είναι κατασκευασμένη για δράση. Το παιχνίδι είναι ευπροσάρμοστο στις απαιτήσεις του χώρου. Το σύστημα χειρισμού περιλαμβάνει ένα τελευταίας τεχνολογίας υπολογιστικό σύστημα, ένα track-ball για την απλοποίηση και την επιτάχυνση του παιχνιδιού και μια υψηλής ανάλυσης έγχρωμη οθόνη 22”.

Οι χρήστες χρησιμοποιούν ένα μπαστούνι 26 ιντσών διαμορφωμένο και κατά βάρος για την εξομοίωση ενός αληθινού γηπέδου γκολφ. Στο τέλος του μπαστουιού μία εγκοπή εκπέμπει καθόλη τη διάρκεια του παιχνιδιού μια ακτίνα laser. Ο αισθητήρας διαβάζει την ακτίνα καθώς το μπαστούνι ταλαντεύεται υπολογίζοντας την απόσταση και την κατεύθυνση της πορείας της μπάλας. Έτσι ο υπολογιστής εξομοιώνει την πορεία της μπάλας στην οθόνη. Το παιχνίδι λαμβάνει χώρα πάνω σε ένα βαρύ χλοοτάπητα με ένα ενσωματωμένο αισθητήρα laser. Επιτρέπει σε 1-8 παίκτες να διαλέξουν διάφορα επίπεδα δεξιότητας (αρχάριος, μέσος, επαγγελματίας) και τις αποστάσεις. Μπορούν επίσης να ρυθμίσουν τις συνθήκες του περιβάλλοντος και του αέρα καθώς

και να επιλέξουν ένας ηλεκτρονικό συνοδό για να διαλέγει τα μπαστούνια σε κάθε χτύπημα. Ο ρεαλισμός ενισχύεται με χαρακτηριστικά πολυμέσων που παρέχουν τους σωστούς ήχους. Η τιμή του ανέρχεται στα \$4995.00.

#### **A.4. Human Lab**



Αυτή η ανανεωμένη έκδοση έχει ονομαστεί ως η απόλυτη αναφορά στην ανθρώπινη ανατομία. Περιλαμβάνει πάνω από 200 διαφορετικούς τομείς αληθινής ανθρώπινης ανατομίας με χιλιάδες ανατομικές δομές συμπεριλαμβανομένων αρτηριών, φλεβών, μυών, νεύρων, κοκάλων και ραδιογραμμάτων σε αληθινό 3D. Έχει λειτουργία διάλεξης, επιτρέποντας έτσι την καθοδήγηση της τάξης, λειτουργία ενίσχυσης διδασκαλίας για τους σπουδαστές που επιθυμούν ανεξάρτητη σπουδή και λειτουργία εξέτασης έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η εξέταση του εργαστηρίου.

Τα γυαλιά υγρών κρυστάλλων μας επιτρέπουν την παρουσίαση φωτογραφικής ποιότητας απεικόνισης αληθινών τρισδιάστατων εικόνων που θα δίνει την εντύπωση πως μπορεί κάποιος να αγγίξει.

Περιλαμβάνει Μονάδα Επεξεργασίας Οθόνης που είναι στην ουσία ο επεξεργαστής γραφικών που ελέγχει την οθόνη και τους υγρούς κρυστάλλους, ένα ζευγάρι συνδεδεμένων γυαλιών υγρών κρυστάλλων.

### A5. Interactor Vest

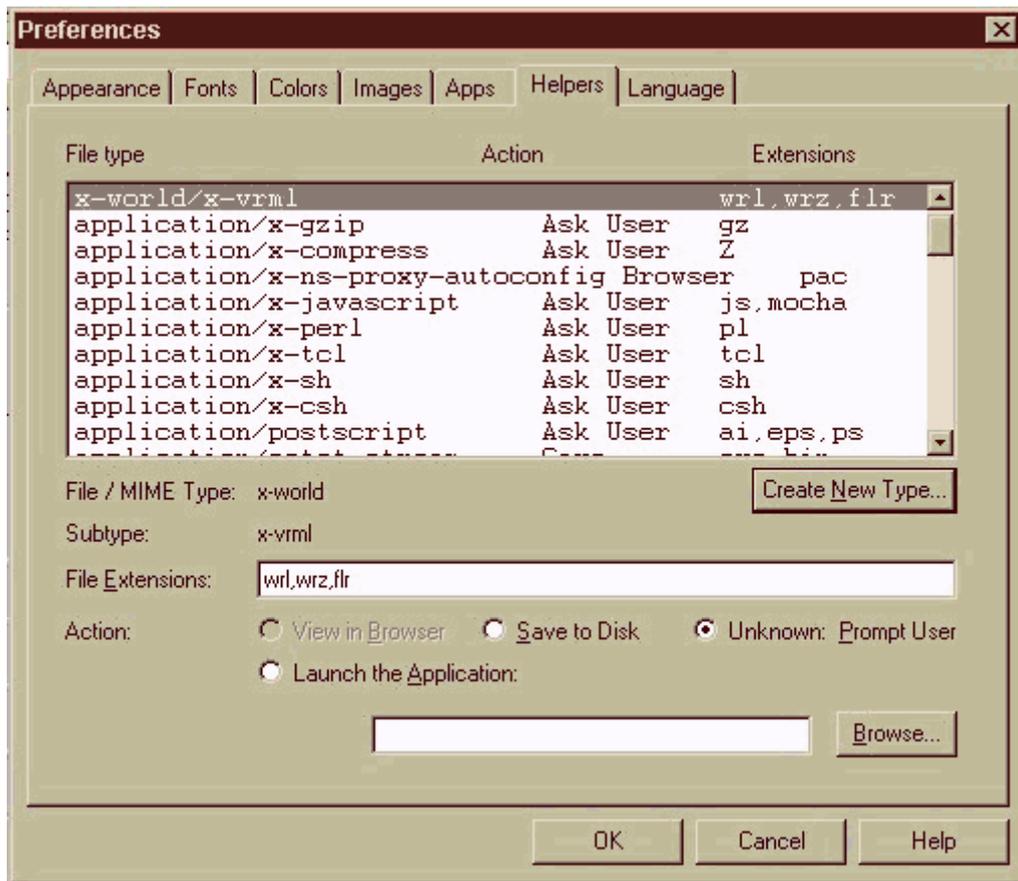


Είναι στην ουσία ένα μικρό σακίδιο το οποίο επιτρέπει στον χρήστη να αισθάνεται τα χτυπήματα, τις γροθιές του αντιπάλου. Δεν προσφέρει μόνο στην ποιότητα της εικονικής πραγματικότητας των P/C παιχνιδιών, αλλά μπορεί κανείς να νιώσει τη δράση και από το αγαπημένο του πρόγραμμα τηλεόρασης, από ταινίες, CD, στερεοφωνικά, παιχνιδομηχανές κ.α. Είναι σχεδιασμένο για να φοριέται στην πλάτη και προσαρμόζεται σε όλα τα μεγέθη. Περιλαμβάνονται προσαρμογείς για τη σύνδεση με διάφορες ακουστικές και video πηγές, συμπεριλαμβανομένων των P/C και των παιχνιδομηχανών. Η τιμή του ανέρχεται στα \$59.00

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### **B1. ΔΙΑΜΟΡΦΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΔΙΚΟ ΣΟΥ VRML BROWSER**

Αφού αποκτήσεις ένα browser, είτε φορτώνοντάς το από το internet ή από CD-ROM, αυτό πρέπει να αποσυμπίεστεί. Τα σχέδια συμπύκνωσης θα διαφέρουν σε σχέση με την πλατφόρμα του κομπιούτερ του χρήστη αλλά οι πιθανότητες είναι ότι αν το σχέδιο συμπύκνωσης δεν είναι τόσο οικείο, ο browser είναι για διαφορετική πλατφόρμα. Αφού το browser έχει αποσυμπίεστεί και εν συνεχεία εγκατασταθεί, είναι σημαντικό να σημειώσουμε αν το browser τοποθετήθηκε στο web browser σαν βοηθός εφαρμογής όπως περιγράφηκε πιο πάνω. Μερικοί browsers θα το κάνουν αυτό, αλλά οι πιο πολλοί όχι, ειδικά αν ένα άλλο VRML browser έχει εγκατασταθεί εκ των προτέρων. Για να αποφασίσουμε αν το VRML browser έχει εγκατασταθεί στο web browser εξετάστε το web browsers MIME settings dialog box. Στον πλοηγό netscape επιλέγουμε Γενικές προτάσεις από το μενού των επιλογών. Τώρα επιλέξτε το Helpers tab (ετικέτα) από το κουτί διαλόγου. Ένα μενού παρόμοιο με το σχέδιο 3.1 θα πρέπει να εμφανιστεί. (Σημειώστε ότι ο πλοηγός Netscape χρησιμοποιείται στα ακόλουθα παραδείγματα, αλλά η διαδικασία στον Internet Explorer της Microsoft και σε άλλα browsers είναι πολύ απλή).



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Netscape Navigator's Helper Applications menu

Κοιτάξτε προσεκτικά να δείτε αν υπάρχει μία εγγραφή/ καταχώρηση για τον VRML τύπο δεδομένων, x -world / x-vrml. Αν δεν υπάρχει καταχώρηση γι'αυτό, τότε επιλέξτε το κουμπί επιλογής νέου τύπου.



Επιλέξτε το OK και κλείστε το κουμπί επιλογής διαλόγων και αν είναι παρόν στο WEB browser, επιλέξτε το Save options (Αποθηκεύστε τις επιλογές) από το μενού των επιλογών. Τώρα είμαστε έτοιμοι να αρχίσουμε να σερφάρουμε στους κυβερνοχώρους: Επιλέξτε Open File από το File Menu και επιλέξτε VRML words ( \*.wrl, \*.gz ) από τα αρχεία ή τυπώστε το κουτί λίστας. Τώρα αρχίστε να ψάχνετε δείγματα VRML κόσμων συμπεριλαμβανομένων με το browser. Εντοπίστε ένα στον κατάλογο VRML και αρχίστε να σερφάρετε!

## **B1.2 ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΚΑΙ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗ VRML**

Κάθε VRML κόσμος είναι κατανεμημένος σε ιεραρχική δομή. Στην βάση αυτής της δομής είναι οι κόμβοι. Οι κόμβοι αποτελούνται από γεωμετρικά σχήματα όπως σφαίρες και κύβους καθώς και ιδιότητες όπως περιστροφικοί και υλικοί κόμβοι. Ένα γράφημα σκηνής είναι μία συλλογή από κόμβους και καθορίζει μία ταξινόμηση για τους κόμβους. Ένα VRML αρχείο είναι το πιο υψηλό επίπεδο γραφήματος σκηνής.

Οι κόμβοι αποτελούνται από τομείς που περιέχουν συμπεριφορές συγκεκριμένες προς τους κόμβους. Π.χ. ο κόμβος σφαίρα αποτελείται από τον τομέα ακτίνα. Με αυτόν τον τρόπο οι κόμβοι μπορούν να ληφθούν σαν κοντέινερς για τους τομείς και ένα γράφημα σκηνής σαν υποδοχέας για τους κόμβους. Παρατηρήστε τους τομείς για τα υλικά ,τους μετασχηματισμούς και τους κόμβους σφαίρας στο ακόλουθο παράδειγμα:

Listing 4.1

Listing 4.1

```
#VRML V1.0 ASCII
# An example of Hierarchy and Inheritance
Separator {
```

```
Separator {
  # Red ball
  Material { diffuseColor 1 0 0 }
  Transform { translation 3 3 0 }
  Sphere { radius 3 }
  # Green ball
  Material { diffuseColor 0 1 0 }
  Transform { translation 0 4 0 }
  Sphere { radius 1 }
}
# Blue ball
Separator {
  Material {diffuseColor 0 0 1}
  Sphere {} # radius defaults to 2
}
}
```

Μαζί με τους κόμβους σχήματος και τους κόμβους ιδιοτήτων, άλλη μία κατηγορία κόμβων υπάρχει. Ο διαχωριστικός κόμβος είναι η νέα κατηγορία όπου στο παραπάνω παράδειγμα χωρίζει τον εικονικό κόσμο σε τρία γραφήματα σκηνής: τον ίδιο τον κόσμο, τις κόκκινες και πράσινες μπάλες και την μπλε μπάλα. Ο διαχωριστικός κόμβος επίσης ελέγχει την κληρονομικότητα στους VRML κόσμους. Στο παραπάνω παράδειγμα, η κόκκινη μπάλα μεταφράζεται σε (3,3,0). Η πράσινη μπάλα κληρονομεί αυτήν την ερμηνεία και με μία επιπλέον μετάφραση του (0,4,0) η πράσινη μπάλα μετακινείται στο (3,7,0). Οι μετατροπές κληρονομούνται και συσσωρεύονται. Όμως οι ιδιότητες του χρώματος υλικού είναι κληρονομήσιμες αλλά δεν συσσωρεύονται. Αυτό σημαίνει ότι το χρώμα της δεύτερης μπάλας δεν είναι (1,1,0) και επίσης αν ο δεύτερος υλικός κόμβος μετακινηθεί, θα μπορούσε να κληρονομήσει το κόκκινο χρώμα. Επειδή η μπλε σφαίρα είναι μέσα στο δικό της γράφημα σκηνής και επειδή αυτό το γράφημα σκηνής δεν είναι παιδί του υποδοχέα παραπάνω

δεν κληροδοτεί αυτές τις μεταφράσεις. Γι αυτόν τον λόγο η μπλε μπάλα επικεντρώνεται στην απουσία του (0, 0, 0).

### **B1.2.1 Σφαίρα**

Ο κόμβος της σφαίρας έχει ακτίνα ενός μέτρου εξ ορισμού, Όταν μία ύφανση εφαρμόζεται σε μία σφαίρα, η ύφανση καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια, τυλίγοντας αριστερόστροφα από το πίσω μέρος της σφαίρας με ένωση στο πίσω μέρος της Επίπεδης Επιφάνειας y, z.

```
Sphere {  
  
    radius radius # single float  
  
}
```

### **B1.2.2 Κώνος**

Ένας κώνος μπορεί να έχει πλευρές, το κάτω μέρος ή και τα δύο, Κατά συνέπεια, το κάτω μέρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του για να σχηματίσει έναν γεμισμένο κύκλο. Ένας κώνος έχει εξ ορισμού κάτω ακτίνα ενός μέτρου και εξορισμού ύψος δύο μέτρων, Ο ορισμός του κώνου είναι στα μισά του ύψους κατά μήκος του κύριου άξονα, Όταν μία ύφανση εφαρμόζεται, τυλίγει αριστερόστροφα από το πίσω μέρος του κώνου. Για το κάτω μέρος, ένας κύκλος κόβεται από το τετράγωνο ύφανσης.

```
Cone {  
  
    bottomRadius radius # single float  
  
    height height # single float  
  
    parts parts # SIDES, BOTTOM, or ALL  
  
}
```

### **B1.2.3 Κύλινδρος**

Ένας κύλινδρος είναι παρόμοιος με έναν κώνο, περιέχοντας πλευρές, το κάτω μέρος και το πάνω μέρος. Όποιος συνδυασμός τους είναι πιθανός αν ενωθούν με κάθετες μπάρες και περικυκλωθούν με παρενθέσεις, όπως (πλευρές πάνω μέρος). Εξ ορισμού, ο κύλινδρος έχει μέγεθος -1 έως +1 σε όλες τις τρεις διαστάσεις και κεντράρεται γύρω από τον άξονα Y.

```
Cylinder {
```

```
  bottomRadius radius # single float
```

```
  height height # single float
```

```
  parts parts # ALL, SIDES, TOP, BOTTOM,
```

```
  # (TOP | BOTTOM), ...
```

```
}
```

### **B1.2.4 Κύβος**

Ένας κύβος είναι δύο μέτρα σε κάθε διάσταση, από -1 έως +1 εξ ορισμού. Έχει μόνο πλάτος, ύψος και βάθος.

```
Cube {
```

```
  width width # single float
```

```
  height height # single float
```

```
  depth depth # single float
```

```
}
```

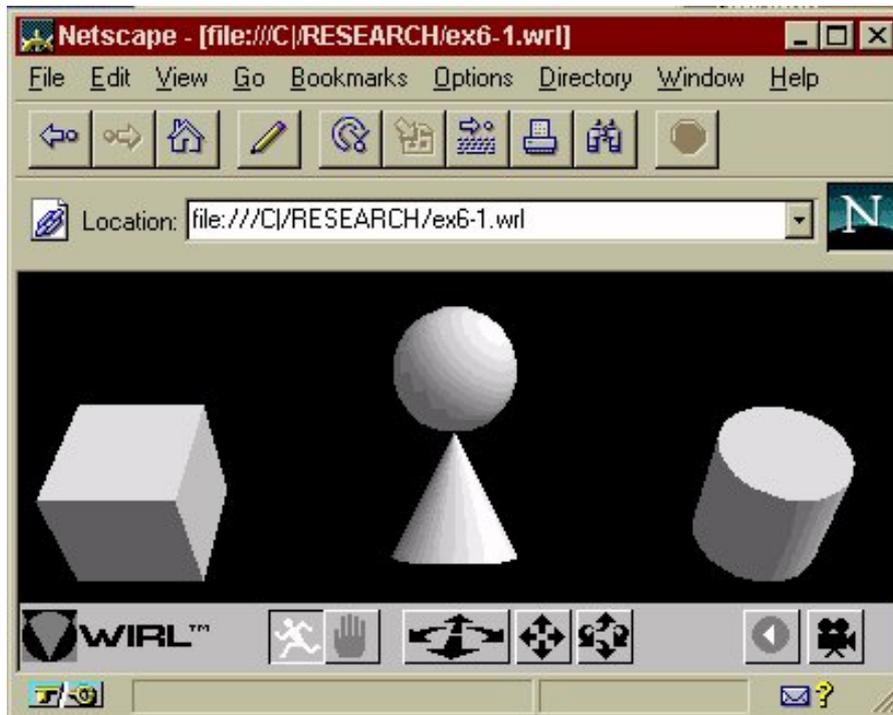
### **B1.2.5 Παραδείγματα Βασικών Σχημάτων**

Σε αυτό το σημείο ο αναγνώστης μάλλον διψάει για ένα παράδειγμα, Εξάλλου, πώς λειτουργούν στ' αλήθεια αυτοί οι εξ ορισμού τιμές: Εξετάστε την καταχώρηση 5.1 η οποία είναι παράδειγμα όλων των πρωτογενών σχημάτων σε μία σκηνή. Προσπάθησε να προσδιορίσεις πως θα φαίνεται το παράδειγμα όταν αποδοθεί. Μετά ρίξε μια ματιά στο αποτέλεσμα στο σχέδιο 5.1.

Listing 5.1

```
#VRML V1.0 ASCII
# Basic Shapes Example
Separator {
  Separator {
    Cone {}          # default radius of 1
  }                 # and default height of 2
  Separator {
    Transform {
      translation 0 2 0    # put on top of cone
    }
  }
  Sphere {}         # default radius of 1
}
Separator {
  Transform {
    translation 5 0 0    # move it right
    rotation 1 0 0 0.7854 # tip 45 degrees over X axis
  }
  Cylinder {}       # default dimensions of 2
}
Separator {
  Transform {
    translation -5 0 0    # move it left
```

```
    rotation 1 0 0 0.7854 # tip 45 degrees over X axis
  }
  Cube {}                # default dimensions of 2
}
}
```



### **B1.3 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ**

Σφραγίσματα, περιστροφή, και μετάφραση όλα μαζί λέγονται μετασχηματισμοί (transforms). Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ορίσεις μετασχηματισμούς στο VRML.

#### **B1.3.1 Κόμβος Μετασχηματισμού**

Η καταχώρηση 5.1 εισήγαγε τον κόμβο ιδιότητας μετασχηματισμού. Παρατηρήστε σε αυτό το παράδειγμα τα πεδία της μετάφρασης και περιστροφής του κόμβου μετασχηματισμού. ο κόμβος μετασχηματισμού

συνδυάζει κλιμάκωση, περιστροφή και μετατροπή. Εξετάστε τα πεδία και την έλλειψη φωτεινότητας:

```
Transform {  
  
  translation 0 0 0 # three floats  
  
  rotation 0 0 1 0 # three floats & angle in radians  
  
  scaleFactor 1 1 1 # three floats  
  
  scaleOrientation 0 0 1 0 # three floats & angle in radians  
  
  center 0 0 0 # three floats  
  
}
```

Τα πεδία δεν μπορούν να βρίσκονται στην λίστα σε κάθε εντολή αλλά μπορούν να εκτελεστούν πάντα σε ακόλουθες εντολές. (BeII VRML 1.0 Spec.).

Το πεδίο ((κέντρο)) ορίζει το σημείο γύρω από το οποίο το αντικείμενο προσαρμόζεται και περιστρέφεται, Το αντικείμενο πρώτα μετατοπίζεται ώστε η αρχή του είναι στο κεντρικό σημείο, Μετά περιστρέφεται σύμφωνα με τον προσανατολισμό της κλίμακας του 1 μετά προσαρμόζεται από τον συντελεστή κλίμακας του, και μετά περιστρέφεται πίσω. Αφού περιστραφεί ξανά από την τιμή περιστροφής, μετατοπίζεται πίσω στο αρχικό του κεντρικό σημείο και μετά μετατοπίζεται σύμφωνα με την με τη μετάφραση. (Matsuba 218)

## **B1.4 ΚΕΙΜΕΝΟ**

Αν και ο κατασκευαστής του εικονικού κόσμου μπορεί να απεικονίσει πολλά με τρισδιάστατα αντικείμενα, είναι καμιά φορά ανάγκη να χρησιμοποιήσει λίγα λόγια επίσης στο VRML 1.0 αυτό μπορεί να

επιτευχθεί με το κείμενο ASCII και τους κόμβους του στυλ γραμματοσειράς.

Παρατηρείστε ότι στο VRML 2.0 ο κόμβος κειμένου ASCII αντικαθίσταται από τον κόμβο κειμένου ώστε να υποστηρίξει διεθνούς χαρακτήρες ωστόσο, ο κόμβος κειμένου ASCII θα καλυφθεί συντόμως εδώ ώστε να προσαρμοστεί στην έμφαση του κεφαλαίου στο VRML 1.0. Επίσης θα χρειαστεί κάποιος χρόνος για πολλά προγράμματα ανάγνωσης VRML να είναι πλήρως συμβατά με την προδιαγραφή του VRML 2.0

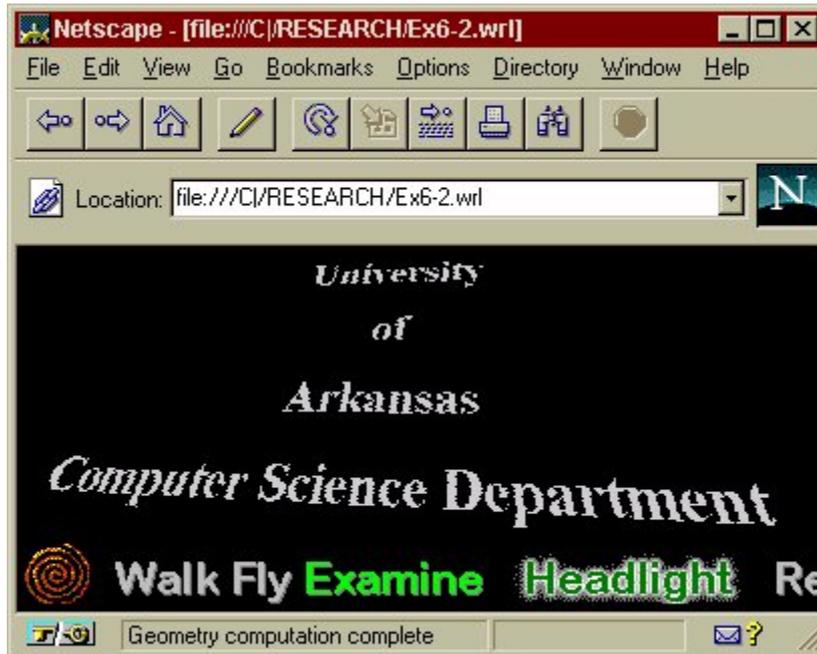
#### **B1.4.1 Κόμβος Κειμένου ASCII**

Αυτό που θα ήταν συνήθως συνηθισμένο κείμενο μπορεί να ζωντανέψει σημαντικά στο VRML με μετασχηματισμούς, υφάνσεις, και ύλες, αλλά πρώτα τα βασικά. Παρατηρήστε το παρακάτω παράδειγμα:

```
AsciiText {  
  
  string ["University", "of", "Arkansas",  
  
  "Computer Science Department"]  
  
  spacing 1.5 # single float  
  
  justification CENTER # LEFT, RIGHT, or CENTER  
  
  width 0 # multiple floats  
  
  # use 0 for natural width  
  
}
```

Κάθε σειρά που περικυκλώνεται από διπλά εισαγωγικά τοποθετείται σε νέα γραμμή. Αν ήταν μόνο μία γραμμή τότε οι αγκύλες δεν θα ήταν

αναγκαίες. Εξ ορισμού, γραμμές χαρακτήρων αποδίδονται με την αριστερή τους άκρη στο  $x=0$ , ΚΕΝΤΡΑΡΙΣΜΑ (center) χρησιμοποιείται για να κεντράρει όλες τις γραμμές στο  $x=0$  ΔΕΞΙΑ (right) χρησιμοποιείται να τοποθετήσει το δεξή άκρο όλων των γραμμών στο  $x=0$ . Το πεδίο απόστασης προσδιορίζει την απόσταση γραμμών που χρησιμοποιείται και width (πλάτος) ορίζει ένα προτεινόμενο περιορισμό πλάτος για κάθε γραμμή.



Κοιτάξτε το αποτέλεσμα παραπάνω .

```
FontStyle {  
  
  size size # single float  
  
  family family # SERIF, SANS, or TYPEWRITER  
  
  style style # BOLD, ITALIC, (BOLD | ITALIC),  
  
  # or NONE (default)  
  
}
```

### **B1.4.2 Κόμβος Στυλ Γραμματοσειράς**

Αυτός ο κόμβος είναι σχετικά αυτονόητος. Απλά θυμηθείτε ότι εξαρτάται από το πρόγραμμα ανάγνωσης να ορίσει ειδικές γραμματοσειρές στις ορισμένες ιδιότητες και ότι το πεδίο μεγέθους (size) ορίζει το ύψος σε μέτρα!

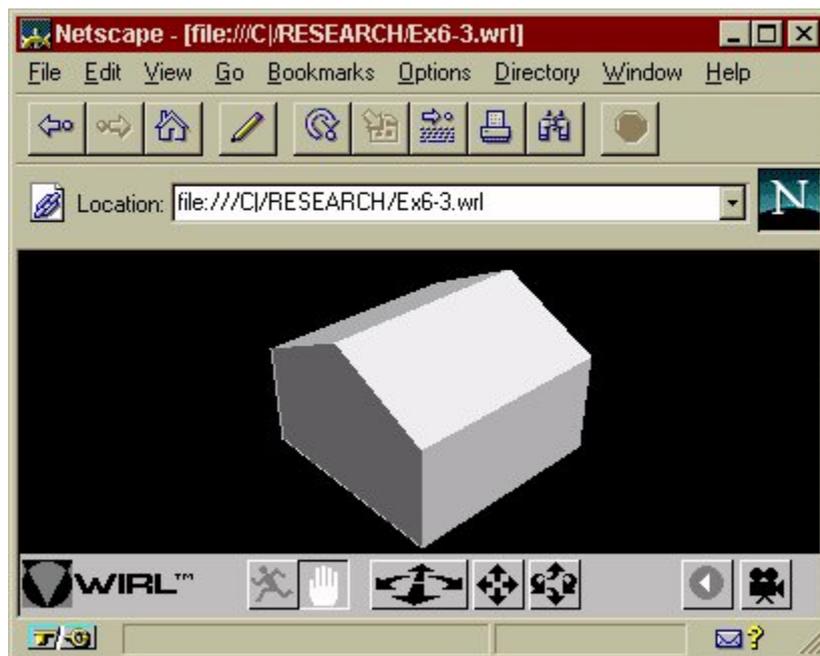
Η καταχώριση 5.2 παρακάτω δημιουργεί ένα απλό σπίτι από ένα σετ συγκλινόντων πλευρών και ένα σετ προσόψεων.

Καταχώριση 5.2

```
#VRML V1.0 ascii
# Polygonal House Example
Separator {
  Coordinate3 {
    point [      # Point
      0 1.5 1, # 0
      1 1 1,   # 1
      1 0 1,   # 2
      -1 0 1,  # 3
      -1 1 1,  # 4
      0 1.5 -1, # 5
      1 1 -1,  # 6
      1 0 -1,  # 7
      -1 0 -1, # 8
      -1 1 -1  # 9
    ]
  }
  IndexedFaceSet {
    coordIndex [
      0, 1, 2, 3, 4, -1, # Front
      5, 9, 8, 7, 6, -1, # Back
    ]
  }
}
```

```
1, 6, 7, 2, -1, # Right side
4, 3, 8, 9, -1, # Left side
0, 5, 6, 1, -1, # Right roof
0, 4, 9, 5, -1, # Left roof
2, 7, 8, 3, -1 # Bottom
]
}
}
```

Ορίστε πως φαίνεται

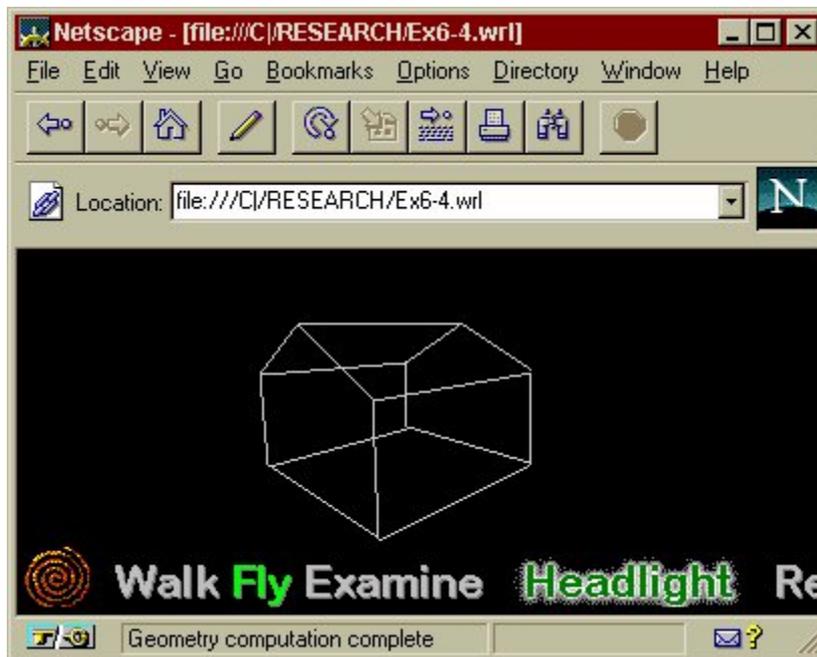


Ο κόμβος των καταγραμμένων σει προσώπων (Indexed faced set node) αποθηκεύει τον κατάλογο προσώπων το καθ' ένα ορίζεται από τους δείκτες των συγκλινόντων πλευρών και τερματίζεται από ένα -1. Σιγουρευτείτε ότι όλες οι συγκλίνουσες πλευρές μιας πρόσοψης είναι

συνεπίπεδες (coplanar): αλλιώς το αντικείμενο θα φαίνεται πολύ περίεργο όταν κοιταχθεί από ορισμένες γωνίες.

### **B1.5.2 Γραμμές**

Οι γραμμές δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τον κόμβο των καταγραμμένων σετ γραμμών (IndexedLineSet node). Η σύνταξη είναι ίδια με αυτήν για τον καταγραμμένων σετ προσόψεων (Indexed face set). Εδώ είναι το παράδειγμα με το σπίτι που δημιουργήθηκε με το καταγραμμένο σετ γραμμών (IndexedLineSet):



### **B1.5.3 Σημεία**

Ορισμένες φορές αυτό που χρειάζεται πραγματικά είναι απλώς ακίδες. Ο κόμβος σετ ακίδων (PointSet node) το πετυχαίνει αυτό χρησιμοποιώντας τις ακίδες που προσδιορίζονται στο σημείο συνάντησης

των συγκλινόντων πλευρών της Συντεταγμένης3 (Coordinate3 vertex array). Τα εξ' ορισμού πεδία και τιμές είναι όπως παρακάτω.

```
PointSet {  
  
    startIndex 0  
  
    numPoints -1  
  
}
```

Το σετ ακίδων (PointSet) χρησιμοποιεί τις τρέχουσες συντεταγμένες με την σειρά, αρχίζοντας με τον πίνακα που ορίζεται το πεδίο start index. Ο αριθμός ακίδων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ορίζεται στο πεδίο numPoints. Μία τιμή του -1 εδώ, η προκαθορισμένη, δείχνει ότι όλες υπόλοιπες τιμές στο σημείο συνάντησης των συγκλινόντων πλευρών (vertex array) θα χρησιμοποιηθούν ως ακίδες.

### Προσθέτοντας ρεαλισμό στις VRML σκηνές

Τώρα που ο αναγνώστης είναι ειδικός στο να δημιουργεί κόσμους στο VRML, είναι καιρός να προσθέσουμε 'πραγματικότητα' στην 'ουσιαστική πραγματικότητα'. Αυτό το κεφάλαιο καλύπτει επιπρόσθετες ελαφρές πηγές, θέσεις φωτογραφικής μηχανής, συστάσεις και ιδιότητες υλικού στις VRML σκηνές.

## **B2.1 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ και ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

VRML είναι ένα μέτρο αλλά όλοι οι VRML browsers είναι διαφορετικοί. Ένα εμπόριο πάντα υπάρχει ανάμεσα στην ταχύτητα και στον ρεαλισμό, ειδικά όταν προσθέτει φως στις VRML σκηνές. Πολλές αποδοτικές μηχανές δεν εκπληρούν όλα τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά φωτισμού. Αυτός ο τομέας μεταφέρει τα χαρακτηριστικά που θα

διευκολύνουν και τους υπόλοιπους χρήστες να δουν τους πραγματικούς κόσμους του αναγνώστη και τα χαρακτηριστικά που δεν θα διευκολύνουν.

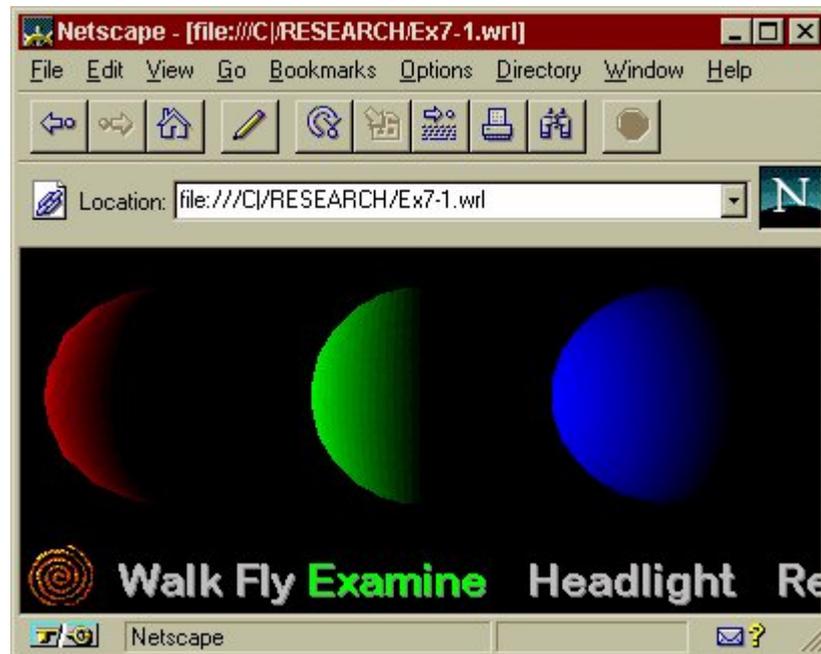
### **B2.1.2 Φώτα κατεύθυνσης**

Οι ακτίνες της κατευθυντήριας πηγής όλες προέρχονται από την ίδια κατεύθυνση και είναι παράλληλες σαν αυτές από τον ήλιο. Εάν μία επιφάνεια είναι κανονική ως προς τις ακτίνες του φωτός τότε είναι αρκετά φωτισμένη. Όσο πιο λοξή είναι η επιφάνεια προς τις ακτίνες του φωτός, τόσο πιο λίγος είναι ο φωτισμός της. Το κατευθυντήριο φως δημιουργείται από τον κόμβο του κατευθυντήριου φωτός:

```
DirectionalLight {  
  
    on TRUE # default values listed  
  
    intensity 1  
  
    color 1 1 1  
  
    direction 0 0 -1  
  
}
```

Ο τομέας `on` είναι ένα παράδειγμα του τι να μην χρησιμοποιηθεί μέσα σε έναν VRML 1.0 κόσμο. Επομένως, γιατί να δημιουργήσουμε ένα φως που δεν λειτουργεί; Δεν υπάρχει λόγος να γίνει με το VRML 1.0. Παρ'όλα αυτά, αρχίζοντας με το VRML 2.0 και με την προσθήκη της συμπεριφοράς, ο δημιουργός του κόσμου ίσως θέλει να ανάβει και να σβήνει τα φώτα. Σε αυτήν την περίπτωση ο τομέας `on` δίνει την αρχική κατάσταση του φωτός. Επίσης αποφεύγει να βασίζεται στον τομέα χρώμα

επειδή πολλοί λίγοι υποστηρίζουν το φως με χρώμα άλλο από άσπρο. Απλά αφήστε το σαν έλλειψη του άσπρου.



ΕΙΚΟΝΑ 2.1 Κατευθυντήριο φως πάνω σε κόκκινες, πράσινες και μπλε μπάλες. Παρατηρείστε την έλλειψη της σκιάς από την μία μπάλα στην άλλη.

Ένα σημαντικό στοιχείο να θυμάσαι όταν προσπαθείς να δημιουργήσεις αυτή την άμεμπτη πραγματική σκηνή είναι ότι οι περισσότεροι VRML browsers ,δεν χειρίζονται σκιές ,τουλάχιστον όχι ακόμα. Στην εικόνα 6.1 και οι τρεις μπάλες είναι σε απόλυτη γραμμή και το κατευθυντήριο φως είναι παράλληλο σε αυτήν την γραμμή. Γι αυτόν τον λόγο οι σκιές κανονικά θα υπήρχαν στη δεύτερη και στην τρίτη μπάλα αλλά απουσιάζουν. Αυτός δεν είναι περιορισμός στις περισσότερες εφαρμογές του VRML αλλά αξίζει να το θυμόμαστε.

Τώρα εξετάστε τον κώδικα στην εικόνα 2.1 στην ταξινόμηση του 2.1 και δώστε ιδιαίτερη προσοχή στον ' τομέα της φωτογραφικής μηχανής'. Οι φωτογραφικές μηχανές θα εξετασθούν αργότερα.

Listing 6.1

```
#VRML V1.0 ASCII
# Directional Light on Red, Green, and Blue Balls
Separator
{
  DirectionalLight {                # Define directional light
    intensity 1                      # Both of these value are
    direction 0 0 -1                 # defaults but listed for
  }                                  # demonstration

  Separator {                        # Camera Section
    Transform {
      translation 8 0 -4.5           # Move to side of balls
      rotation 0 1 0 1.5708         # Rotate Y axis 90 degrees
    }
    PerspectiveCamera {}            # Define camera
  }

  Material { diffuseColor 1 0 0 }    # Set material to red
  DEF Ball Sphere {
    radius 2                         # Make red ball at origin
  }

  Translation { translation 0 0 -4.5 } # Move back along Z axis
  Material { diffuseColor 0 1 0 }    # Set material to green
  USE Ball                           # Make green ball

  Translation { translation 0 0 -4.5 } # Move back along Z axis
  Material { diffuseColor 0 0 1 }    # Set material to blue
  USE Ball                           # Make blue ball
}
```

### **B2.1.2 Φώτα σημείων**

Οι ακτίνες της πηγής του φωτός σημείου προέρχεται από ένα απλό σημείο, όπως ένας μικρός γλόμπος . Τα φώτα σημείου είναι απλό να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας το παρακάτω κόμβο :

```
PointLight {  
  
    on TRUE # default values given  
  
    intensity 1  
  
    color 1 1 1  
  
    location 0 0 1  
  
}
```

### **B2.1.3 Προβολείς**

Ένας προβολέας έχει μία θέση και μία κατεύθυνση και ενεργεί σαν ένας κώνος φωτός. Ακτινοβολεί πιο έντονα στο κέντρο του κώνου. Αντικείμενα έξω από αυτόν τον κώνο δεν επηρεάζονται από το φως. Ο κόμβος προβολέας μοιάζει σαν αυτό:

```
SpotLight {  
  
    on TRUE # default values given  
  
    intensity 1  
  
    color 1 1 1  
  
    location 0 0 1  
  
    direction 0 0 -1
```

```
dropOffRate 0  
  
cutOffAngle 0.785398  
  
}
```

Η γωνία διακοπής είναι η γωνία του κώνου σε ακτινοβολία και η αναλογία που πέφτει προσδιορίζει πόσο γρήγορα το φως εξασθενεί έξω από τον άξονα του κώνου φωτός.

#### **B2.1.4 Φωτογραφικές μηχανές**

Η φωτογραφική μηχανή σ' ένα VRML κόσμο ορίζει την αρχική άποψη του χρήστη. Χωρίς φωτογραφική μηχανή είναι στην κρίση αυτού που διαβάζει στα πεταχτά να αποφασίσει για το πως ο χρήστης βλέπει τον πραγματικό κόσμο. Πιο αυθαίρετα διάλεξε μία θέση βασιζόμενη στις διαστάσεις του κόσμου. Αυτό είναι συνήθως κάπου στο  $Y=0$ . Σ' αυτήν την περίπτωση ο χρήστης τα βλέπει όλα από το επίπεδο εδάφους. Αν μία σκηνή περιέχει ένα δωμάτιο σε  $Y=0$  τότε το πάτωμα είναι αρχικά αόρατο στον χρήστη. Τοποθετώντας μία φωτογραφική μηχανή σε μία ακριβή θέση και κατεύθυνση, ο συγγραφέας του κόσμου μπορεί να ελέγχει που ο χρήστης αρχίζει αλλά η φωτογραφική μηχανή δεν περιορίζει την ελευθερία κίνησης του χρήστη.

Τα VRML αρχεία μπορεί να έχουν πολλαπλές φωτογραφικές μηχανές. Κανονικά η πρώτη κάμερα καθορισμένη σε ένα αρχείο είναι εκείνη η οποία τοποθετεί την αρχική άποψη του χρήστη. Οι άλλες κάμερες μπορεί επίσης να είναι σημεία εισόδου στον πραγματικό κόσμο εάν τους έχει δοθεί ένα όνομα χρησιμοποιώντας παραμόρφωση. Ένα VRML αρχείο μπορεί να αναφέρεται με ένα URL το οποίο έχει το όνομα της κάμερας στο τέλος του. Επομένως τα πολλαπλά σημεία εισόδου μπορεί να προσπελαστούν με URL από ένα HTML τεκμήριο, άλλο VRML κόσμο ή διαμέσου του VRML κόσμου ο οποίος περιλαμβάνει την κάμερα

τοποθετώντας αντικείμενα δίπλα στις θέσεις της κάμερας ώστε ο χρήστης να πηγαίνει σε όλο τον κόσμο πηγαίνοντας από την μία κάμερα στην επόμενη. Μία κάμερα καθορίζεται με τον κόμβο προοπτικής της κάμερας ο οποίος ορίζει μία προβολή από την άποψη. Οι ελλείψεις από τον κόμβο είναι οι εξής :

```
PerspectiveCamera {  
  
    position 0 0 1  
  
    orientation 0 0 1 0  
  
    focalDistance 5  
  
    heightAngle 0.785398  
  
}
```

Η εστιακή απόσταση είναι η απόσταση από την κάμερα. Κατά μήκος του άξονα θέας στο σημείο της εστίασης. Οι περισσότεροι περιστρέφονται γύρω από αυτό το σημείο όταν είναι σε κατάσταση παρακολούθησης από τον εξεταστή. Η γωνία ύψους είναι η εξεταζόμενη γωνία σε ακτινοβολία. Η οριζόντια εξεταζόμενη γωνία είναι υπολογισμένη σε σχέση με την αναλογία από το παράθυρο της οθόνης. Γενικά είναι καλύτερα να αφήνουμε όλα τα επίπεδα της μηχανής στις ελλείψεις τους. Η θέση και η περιστροφή της χρησιμοποιούμενης κάμερας αντιστοιχούν στα πεδία του κόμβου μετασχηματισμού, όπως είδαμε στο Listing 6.1 παραπάνω.

## **B2.2 ΥΛΙΚΑ**

Τίποτα δεν προσθέτει περισσότερο ρεαλισμό σε μία ουσιαστική πραγματικότητα του κόσμου από τις προσεχτικά επιλεγμένες ιδιότητες του

υλικού για όλα τα αντικείμενα. Η VRML 1.0 επιτρέπει σε κάθε αντικείμενο, ή σε κάθε πρόσωπο όπως θα το δούμε παρακάτω, να έχει ένα μοναδικό χρώμα, διάχυτο χρώμα, απεσταλμένο χρώμα, φωτεινότητα και διαφάνεια.

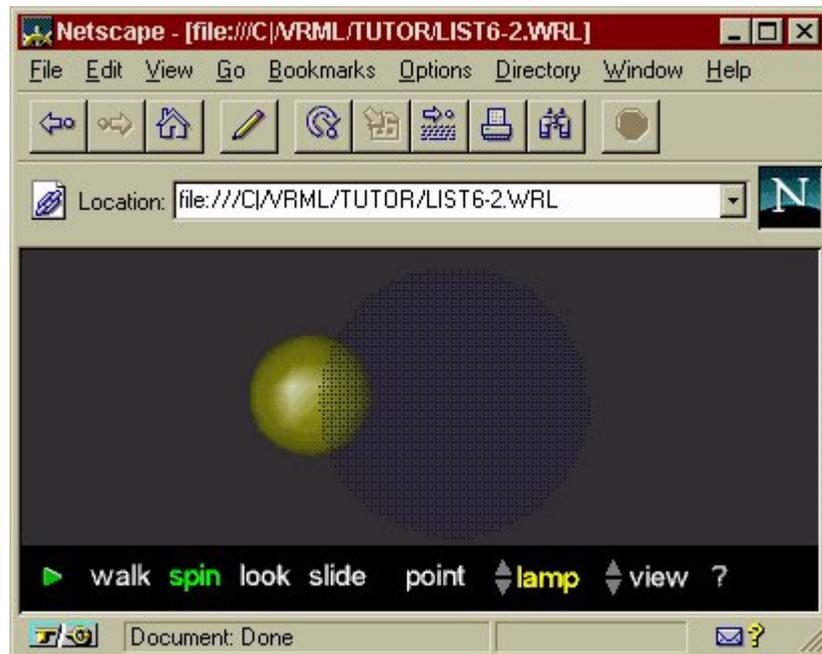
### 2.2.1 Ο κόμβος υλικού.

Ο κόμβος υλικού ορίζει τις υλικές ιδιότητες της επιφάνειας που είναι στον παραπάνω κατάλογο για όλα τα επόμενα σχήματα. Οι ελλείψεις του κόμβου υλικού φαίνονται σε μουντά γκρι αντικείμενα, τα οποία κανονικά φαίνονται όταν οι υλικές ιδιότητες ενός αντικειμένου δεν ορίζονται. Οι ελλείψεις είναι οι εξής:

```
Material {  
  
    ambientColor 0.2 0.2 0.2 # R G B  
  
    diffuseColor 0.8 0.8 0.8 # R G B  
  
    specularColor 0 0 0 # R G B  
  
    emissiveColor 0 0 0 # R G B  
  
    shininess 0.2 # 0 to 1  
  
    transparency 0 # 0 to 1  
  
}
```

Όλα τα συστατικά χρώματος πρέπει να είναι γνωστά στον αναγνώστη. Αντανάκλαση δεν τίθεται σε εφαρμογή από όλους που διαβάζουν πεταχτά και από αυτούς που δεν υποστηρίζουν ξεχωριστά συστατικά χρώματος για την αντανάκλαση (Matsuba 311). Είναι καλύτερο να το αφήσουμε στην αξία της έλλειψης. Το χρώμα που εκπέμπεται επιτρέπει στο αντικείμενο να εμφανίζεται σαν να χάνει το χρώμα του. Εν τούτοις αυτή η εκπομπή δεν επηρεάζει άλλα αντικείμενα. Η διαφάνεια επιτρέπει στον θεατή να δει διαμέσου αντικειμένων. Στο σχήμα 6.2 κάτω, η κίτρινη μπάλα φαίνεται

μέσα από την μπλε μπάλα η οποία έχει αξία διαφάνειας 0.8.



ΕΙΚΟΝΑ 2.2 Παράδειγμα διαφάνειας

Εξετάστε πως κατασκευάστηκε η Fig 6.2 :

Listing 6.2

```
#VRML V1.0 ASCII
# Transparent sphere example
Separator {

    Material {
        diffuseColor 1 1 0
        specularColor .5 .5 .5
        shininess 1
    }
    Sphere {}

    Material {
        diffuseColor 0 0 1
```

```
    transparency .8
  }
  Transform { translation 5 0 0 }
  Sphere { }
}
```

### **B2.2.2 Δεσμευτικά πολλαπλά υλικά**

Η εισαγωγή αυτού του κεφαλαίου στοχεύει στην ανάθεση υλικών σε ατομικά πρόσωπα του αντικειμένου. Αυτό πετυχαίνεται με τον κόμβο δέσμευσης υλικού μαζί με μία μικρή προσπάθεια από τον κόμβο υλικού. Αντί για να χρησιμοποιήσουμε τον κόμβο υλικού για να δημιουργήσουμε ένα απλό υλικό, μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε για να δημιουργήσουμε μία ολόκληρη παράταξη υλικών κατά τον ακόλουθο τρόπο:

```
Material {

    diffuseColor [1 1 0, 0 1 1 ,1 0 1 ]

    shininess [ .9, .6, .3 ]
```

Καθένας από τους τομείς είναι ένας τομέας πολλαπλής αξίας. Τρία υλικά ορίζονται, το καθένα με το δικό του χρώμα και την δική του διαφάνεια.

Με την προσθήκη του δεσμευτικού κόμβου υλικού, ο VRML συγγραφέας μπορεί να ορίσει ποια υλικά θα χρησιμοποιηθούν και πού. Το παρακάτω δίνει ένα μοναδικό χρώμα και μία μοναδική διαφάνεια σε κάθε πρόσωπο του κυλίνδρου:

```
#VRML V1.0 ascii
```

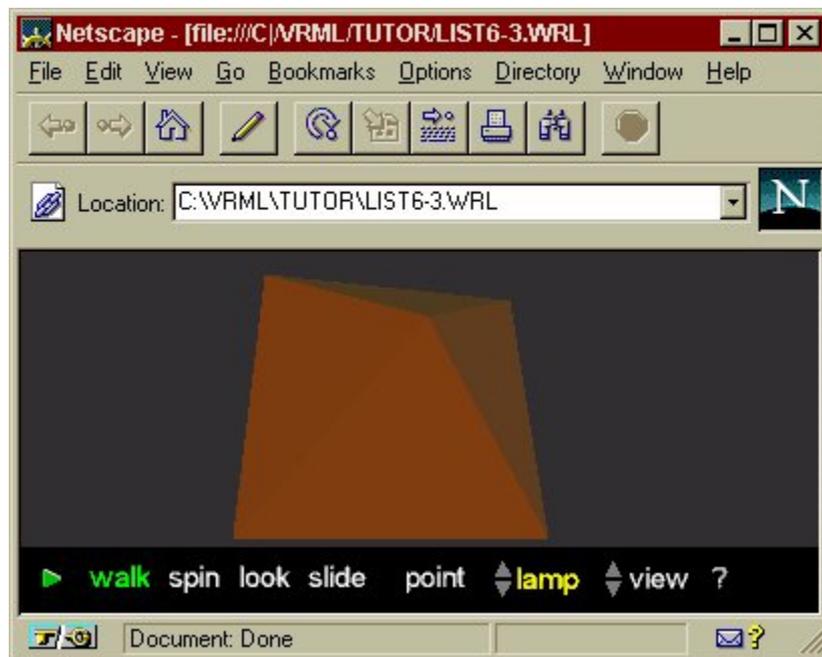
```
Separator {  
  
Material {  
  
diffuseColor [1 0 0,0 1 0, 0 0 1]  
  
specularColor [0 0 0,.2 .2 .2,.4 .4 .4 ]  
  
}  
  
MaterialBinding { value PER_PART }  
  
Cylinder { }  
  
}
```

Το πρώτο χρώμα και τα συστατικά της θεωρητικής αντανάκλασης χρησιμοποιούνται για τις πλευρές, ώστε οι πλευρές να είναι κόκκινες. Η κορυφή και ο πάτος είναι πράσινο και μπλε με θεωρητικά συστατικά του (.2,.2,.2) και (.4,.4,.4) αντίστοιχα. Ο τομέας της αξίας του δεσμευτικού υλικού λέει ότι χρησιμοποιούμε ένα υλικό σε εναλλαγή αρχίζοντας από το πρώτο για κάθε μέρος από τα παρακάτω αντικείμενα. Άλλες επιλογές είναι οι εξής:

DEFAULT	Use default binding for
shape	
OVERALL	Whole object uses first
material	
PER_PART	One material for each part of
object	
PER_PART_INDEXED	One material for each part,
indexed	
PER_FACE	One material for each face of
object	
PER_FACE_INDEXED	One material for each face,
indexed	



```
    0, 1, 2, 3, -1,  
    0, 1, 4, -1,  
    1, 2, 4, -1,  
    2, 3, 4, -1,  
    3, 0, 4, -1  
  ]  
  materialIndex [ 2, 0, 1, 1, 0 ]  
}  
}
```



Το παραπάνω καταλήγει σε μία πυραμίδα με γκρι πάτο, δυο πλευρές με το χρώμα της άμμου και δυο πλευρές με συνδυασμό του χρώματος της άμμου και με το κόκκινο, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3 παρακάτω:

## **B3 ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ VRML**

Αυτό που απωθεί έναν χρήστη είναι ένας αργοκίνητος κόσμος που σέρνεται μέσα από τον βασικό πετρελαιαγωγό ή ένας ο οποίος φορτώνεται από λεπτό σε λεπτό. Η ευχαριστία της VRML επίδρασης χάνεται και ο χρήστης θυμάται τον κόσμο μόνο σαν κάτι το οποίο δεν θέλει να γυρίσει. Αυτό το κεφάλαιο αποκαλύπτει μερικές τεχνικές για να μετατρέψει τον ληθαργικό VRML κόσμο σε ένα γρήγορο περιβάλλον που οι χρήστες επιθυμούν.

### **B3.1 ΜΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ**

Οι τυπικοί VRML κόσμοι μπορεί να συσσωρεύουν τεράστια μεγέθη αρχείων. Μία λύση είναι να συμπυκνώσουμε έγγραφα χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο GZIP. Ένα αρχείο θα μοιάζει σαν σπίτι και εξαρτάται από αυτόν που διαβάζει πεταχτά για το αν θα ξεσυμπυκνώσει το αρχείο καθώς το λαμβάνει. Μειώσεις αρχείων περίπου 30 εκατοστών είναι συνηθισμένες.

Χειρόγραφα μείωσης διαφόρων δεδομένων έχουν εμφανιστεί για να περιποιοούνται τα μεγέθη των αρχείων πριν την συμπύκνωση. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι γνωστή με το όνομα `datafat munging`, μεταφέροντας τον αριθμό των δεκαδικών μερών σε αξίες. Αυτή η μέθοδος λύνει ένα μεγάλο πρόβλημα γιατί όταν η απόδοση πακέτων CAD σε 3-D μετατρέπεται σε VRML συνήθως περιλαμβάνει 6 ή 7 σημαντικά ψηφία ακριβείας και δημιουργεί τεράστια αρχεία. Οι αξίες με 7 ή 8 σημαντικά ψηφία μπορούν να κόψουν το μέγεθος του αρχείου κατά 50% ή περισσότερο. Ο James Waldrop έχει μειώσει ένα αρχείο από 2.3 M σε 570 K <sup>24</sup>

Μπορούμε να περιποιηθούμε το μέγεθος των αρχείων μειώνοντας τον αριθμό των αντικειμένων δηλωμένων μέσα στο VRML αρχείο χωρίς να εγκαταλείψουμε τον αρχικό αριθμό αντικειμένων μέσα στον κόσμο. Αυτό το θαύμα επιτυγχάνεται με τους κόμβους DEF και USE. Με απλά λόγια αυτοί οι κόσμοι επιτρέπουν σ' ένα αντικείμενο να ορισθεί σε μία θέση και

να χρησιμοποιηθεί σε άλλη. Το τρικ που χρησιμοποιούμε σ' αυτήν την τεχνική είναι να κάνουμε όλα τα διαφορετικά στη δομή αντικείμενα να δείχνουν διαφορετικά. Πριν χρησιμοποιήσετε ένα μοντέλο χτυπήστε ελαφρά ένα ή περισσότερους άξονες ή αλλάξτε το χρώμα του ή την σύστασή του. Κανονική χρήση αυτής της τεχνικής μειώνει τον χρόνο φορτώματος χωρίς να μειώνει τον παράγοντα δέος.

### **B3.2 ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ**

Όμορφα λεπτομερείς και πραγματικές σκηνές δεν χρειάζεται να είναι αργές, αλλά μερικές παραχωρήσεις πρέπει να γίνουν. Η πιο σημαντική τεχνική είναι να χρησιμοποιήσουμε λιγότερα πολύγωνα. Κάθε πολύγωνο αυξάνει το ποσό της δουλειάς που αυτός που προσφέρει έχει να κάνει σε κάθε στάδιο του γραφικού πετρελαιαγωγού. Κάθε πολύγωνο μετράει. Οι πιο κοινές ανικανότητες είναι αόρατα και εσωτερικά πολύγωνα. Αν ένα αντικείμενο έχει τοποθετηθεί έτσι ώστε μέρος του να μην φαίνεται από τον χρήστη, όπως το κάτω και πίσω μέρος ενός αντικειμένου τοποθετημένο σ' ένα τοίχο για παράδειγμα, τότε δεν υπάρχει λόγος οι δύο αυτές πλευρές να οριστούν. Κατά τον ίδιο τρόπο, εσωτερικά πολύγωνα επίσης αυξάνουν τον αριθμό των αριθμό των κορυφών, των συστάσεων. Για παράδειγμα σ' ένα μοντέλο κατασκευασμένο από κύβους οι γειτονικοί κύβοι δημιουργούν πρόσωπα εσωτερικά στο αντικείμενο τα οποία δεν φαίνονται αλλά ανταποδίδονται. Είναι προτιμότερο να κατασκευάσεις ένα τέτοιο μοντέλο από IntexedFaceSets για να αποφύγεις εσωτερικά πρόσωπα.

Συστάσεις μπορεί να πληγώσουν ή να βελτιώσουν την ικανότητα ανάλογα με το πως χρησιμοποιούνται. Οι συστάσεις συνήθως είναι μεγάλα αρχεία που μειώνουν τον χρόνο φόρτωσης και αυξάνουν τον χρόνο που προσφέρουν υπηρεσία. Αντί για όλα αυτά δοκίμασε να χρησιμοποιήσεις πολύ μικρές συστάσεις και να τις σκεπάσεις (Κοίτα παράγραφο 6.3). Επίσης υπάρχουν φορές όταν οι συστάσεις μπορεί να μειώσουν πολλά πολύγωνα και να είναι αποτελεσματικές. Ένα πολύπλοκο μοντέλο

πιθανότητα 3000 κορυφών που χρησιμεύει μόνο για διακόσμηση ενός περιβάλλοντος μπορεί να αντικατασταθεί με την εικόνα του μοντέλου σε χάρτη και θα φαίνεται σχεδόν ίδιο με το τρισδιάστατο αντικείμενο αλλά μειωμένο κατά 3000 κορυφές.

Κάθε φως σε ένα VRML περιβάλλον αυξάνει τα μαθηματικά που εκτελούνται από αυτόν που αναλαμβάνει υπηρεσία περισσότερο από κάθε άλλο. Όσο λιγότερα φώτα τόσο καλύτερα. Και ακόμα καλύτερα χρησιμοποίησε κατευθυντήριο φωτισμό αντί για φωτισμό σημείου και προβολέα για να μειώσεις τα έξοδα υπολογισμού. Ο υπολογισμός φωτισμού σημείου και προβολές περιλαμβάνει υπολογισμό ενός διανύσματος από την κορυφή του πολυγώνου στη θέση της πηγής του φωτισμού και βρίσκοντας το μέγεθος αυτού του διανύσματος το οποίο περιλαμβάνει μία τετραγωνική ρίζα, ένα προϊόν στιγμής και μία διαίρεση. Ενώ το να υπολογίσουμε κατευθυντήριο φωτισμό μόνο ένα προϊόν στιγμής χρειαζόμαστε και ο φωτισμός αυτός είναι πιο φθηνός.

### **Θεμελιώδης γλωσσικές έννοιες**

Προτού να επιβιβαστείτε στον κώδικα VRML, είναι σημαντικό να καταλάβετε τις βασικές έννοιες των VRML worlds και τα browsers (σύστημα ανάγνωσης) που τα αποδίδουν. Αυτό το κεφάλαιο καλύπτει τον αγωγό γραφικών παραστάσεων την ιεραρχία και την κληρονομιά στο VRML και το σύστημα συντονισμού που χρησιμοποιείται στο VRML.

### **B3.3 Φωτισμός**

Σχεδόν όλα τα VRML browsers χρησιμοποιούν Gourand σκίαση. Αν αυτή είναι η περίπτωση, οι υπολογισμοί φωτισμού για κάθε κορυφή θα γίνουν στην συνέχεια. Οι αξίες έντασης και χρώματος ακολουθούν από το

διάχυτο φως του κομπιούτερ κατοπτρική και περικλείουσα αντανάκλαση , εκπομπή και διαφάνεια. Ένα καλό VRML browser θα έχει μία επιλογή να θέσει τον αλγόριθμο σκίασης σε συνεχή σκίαση Phong ή καθόλου σκίαση ( καλωδίωση ) επίσης. Στο πρώτο αναφερόμενο, ο αλγόριθμος σκίασης παρουσιάζεται μία φορά ανά πολύγωνο. Στην σκίαση Phong το μοντέλο φωτισμού πρέπει να εκτιμηθεί σε κάθε pixel. Όμως αυτοί οι σημαντικοί υπολογισμοί συμβαίνουν κατά την διάρκεια του σταδίου της αναπαραγωγής του ειδώλου του αγωγού

## Βιβλιογραφία και αναφορές

- [1] R. Stuart  
"The Design of Virtual Environments"  
McGraw-Hill Companies, 1996
- [2] W. Barfield, T. Furness III  
"Virtual Environments and Advanced Interface Design"  
Oxford University Press, 1995
- [3] M. Wells  
Virtual Motion Controller  
<http://www.hitl.washington.edu/projects/vmc/>, 1996
- [4] R. Jacob, and L. Sibert  
"The perceptual structure of multidimensional input device selection" Proc.  
of the CHI '92 Conf. On Human Factors in Computing Systems, New  
York: ACM
- [5] M.Mine  
"Virtual Environment Interaction Techniques" Technical  
Paper, Department of Computer Science, University of  
North Carolina, Chapel Hill
- [6] [www.networking.webopedia.com/TERM/D/data\\_glove](http://www.networking.webopedia.com/TERM/D/data_glove)
- [7] [www.vrealities.com/glove](http://www.vrealities.com/glove)
- [8] [www.engin.umich.edu/labs/vreality](http://www.engin.umich.edu/labs/vreality)
- [9] [www.est\\_kl.com/aufban-genera/side-hard-glove](http://www.est_kl.com/aufban-genera/side-hard-glove)
- [10] [www.est\\_ki.com/drum/cbglove](http://www.est_ki.com/drum/cbglove)
- [11] [www.portal.acm/citation.cfm](http://www.portal.acm/citation.cfm)

- [12] [www.polhemus.com/cybertrack](http://www.polhemus.com/cybertrack)
- [13] [www.portal.acm/motiontrack](http://www.portal.acm/motiontrack)
- [14] [www.portal.acm/eyetrack](http://www.portal.acm/eyetrack)
- [15] [www.hitl.washington.edu](http://www.hitl.washington.edu)
- [16] [www.csc.com.gr](http://www.csc.com.gr)
- [17] [www.sdt.com/products/pdatagloves](http://www.sdt.com/products/pdatagloves)
- [18] [www.networking.webopedia.com](http://www.networking.webopedia.com)
- [19] S. Card, J. Mackinlay, and G. Robertson "The design space of input devices"  
Proc. of the CHI '90 Conf. On Human Factors in Computing Systems, New York: ACM
- [20] [www.acoustics.salford.ac.uk/research/virtualreality](http://www.acoustics.salford.ac.uk/research/virtualreality)
- [21] Mark Segal, Kurt Akeley  
"The OpenGL Graphics System : A Specification (Version 1.2.1) "  
Silicon Graphics Inc., 1999
- [22] J.Ncider, T.Davis and M.Woo  
"The OpenGL Programming Guide, Second Edition: The Official Guide to learningOpenGL"  
Addison Wesley Developers Press, 1997
- [23] The Official OpenGL Website <http://www.opengl.org/>
- [24] [www.vrmlsite.com](http://www.vrmlsite.com)
- [25] [www.w3.org/markup/vrml](http://www.w3.org/markup/vrml)
- [26] [www.3dgraphics.about.com](http://www.3dgraphics.about.com)
- [27] G. Enderle, K. Kansy, and G. Pfaff "GKS -

the graphics standard" Computer Graphics  
Programming, 1984