



**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Ερευνητική Μεταπτυχιακή Διατριβή του Φοιτητή
Κωστάκη Ιωάννη του Εμμανουήλ

**Τίτλος Διατριβής
Ανάπτυξη Περιβάλλοντος Εικονικής Πραγματικότητας
Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων Και
Εργαλείων**

**Επιβλέπων: Νικόλαος Μπιλάλης,
Καθηγητής**

Χανιά, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2010

Η διατριβή του **Κωστάκη Ιωάννη** εγκρίνεται :

Καθηγητής Νικόλαος Μπιλάλης

Αναπληρωτής Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

Αναπληρωτής Καθηγητής Βασίλειος Μουστάκης

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ, θερμά για την πολύτιμη συμβολή του στην διεκπεραίωση της παρακάτω εργασίας τον Καθηγητή κ.Νικόλαο Μπιλάλη.

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στην οικογένειά μου.

Περιεχόμενα Εργασίας

Περίληψη εργασίας	XI
Εισαγωγή	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ - VIRTUAL REALITY	3
1.1 Εισαγωγή	3
1.2 Ορισμός Εικονικής Πραγματικότητας	5
1.3 Εικονικό περιβάλλον	7
1.3.1 Ορισμός	7
1.3.2 Ανάπτυξη	8
1.4 Ιστορική Εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας	8
1.5 Η εικονική πραγματικότητα στην Ελλάδα	12
1.6 Η εικονική πραγματικότητα στο Διαδίκτυο	13
1.6.1 Εισαγωγή.....	13
1.6.2 Η VRML.....	13
1.6.3 Η X3D.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ -	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ	
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	17
2.1 Εισαγωγή	17
2.2 Αρχιτεκτονική συστημάτων.....	17
2.2.1 Input Process	18
2.2.2 Simulation Process	18
2.2.3 Rendering Process.....	19
2.3 Λειτουργικά χαρακτηριστικά συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας	21
2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας.....	24
2.5 Ταξινόμηση της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας	27
2.5.1 Συστήματα Εμβυθισμένης ΕΠ (immersive VR) – Εικονικά περιβάλλοντα	
εμβύθισης	29
2.5.1.1 Virtual Environment Generator – Η κεντρική μονάδα	30
2.5.1.2 Συσκευές απεικόνισης (Display devices)	31
2.5.1.3 Συστήματα ανίχνευσης θέσης και προσανατολισμού (Position –	
orientation tracking systems)	33
2.5.1.4 Συστήματα ηχητικών περιβαλλόντων	35
2.5.1.5 Συστήματα απτικών – κιναισθητικών περιβαλλόντων	36
2.5.2 Συστήματα non-immersive ή desktop VR – Μή εμβυθιστικά εικονικά	
Περιβάλλοντα	37
2.5.3 Συστήματα Projection-based	38
2.5.4 Mirror Worlds	39
2.6 Εικονική Αλληλεπίδραση	40
2.6.1 Απτική Διασύνδεση και Εικονικός Κόσμος	40
2.6.2 Χρήση της Απτικής Διασύνδεσης	41
2.6.3 Γυαλιά Εμβύθισης - Κράνος (Head-Mounted Display, HMD).....	41

2.6.4 Boom, στερεοσκοπικά γυαλιά και άλλες εναλλακτικές οθόνες	43
2.6.5 Σύστημα Αυτόματου Εικονικού Περιβάλλοντος Σπηλαίου (CAVE).....	45
2.6.6 Γάντια αλληλεπίδρασης – Cyber Glove.....	46
2.6.7 Γιλέκο Αλληλεπίδρασης Εικονικής Πραγματικότητας (Interactor VR Vest).....	47
2.6.8 Καρέκλα Εικονικής Πραγματικότητας (Intensor VR Chair).....	48
2.7 Εξοπλισμός Συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας.....	48
2.8 Πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας	50
2.9 Λογισμικά εργαλεία προσομοίωσης εργονομίας με χρήση ψηφιακών ανθρωποειδών	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ61

3.1 Εισαγωγή	61
3.2 Τομείς εφαρμογής της Εικονικής Πραγματικότητας	61
3.2.1 Απεικόνιση συστημάτων πληροφοριών	61
3.2.2 Μοριακή μοντελοποίηση	62
3.2.3 Ιατρική Προσομοίωση	63
3.2.4 Αξιολόγηση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού	64
3.2.5 VR για ανθρώπους με ειδικές ανάγκες	65
3.2.6 Προσομοίωση πτήσης	65
3.2.7 Βιομηχανία άμυνας	66
3.2.8 Η βιομηχανία της διασκέδασης	67
3.2.9 Απόκτηση δεξιοτήτων με τη χρήση Εκπαιδευτικών Περιβαλλόντων VR	68
3.3 Τομείς εφαρμογής της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας στη Βιομηχανία.....	71
3.4 Επιπτώσεις από τη χρήση συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας στη Βιομηχανία.....	72
3.5 Βιομηχανικές εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας.....	73
3.6 Εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RAPID TOOLING – ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ VACUUM CASTING MK – MINI81

4.1 Εισαγωγή	81
4.2 Ορισμός του Rapid Tooling	81
4.3 Οφέλη του Rapid Tooling	82
4.4 Μέθοδοι Rapid Tooling.....	83
4.5 Το Σύστημα Vacuum Casting MK-Mini.....	84
4.5.1 Μέτρα Προστασίας	86
4.5.2 Ρητίνες και Εξαρτήματα.....	86
4.5.3 Οδηγός Χρήσεως του MK-Mini.....	87
4.5.4 Η Μέθοδος Vacuum Casting Molding.....	88

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ 3D STUDIO MAX97

5.1 Εισαγωγή.....	97
5.2 Η μεθοδολογία σε υλοποίησης του Εικονικού Περιβάλλοντος σε βήματα.....	97
5.3 Γενική περιγραφή του 3D Studio Max 9.....	98
5.4 Το περιβάλλον εργασίας του 3D Studio Max 9.....	99
5.5 Σχεδιασμός των κυριότερων γεωμετρικών μοντέλων της εφαρμογής.....	103
5.5.1 Σχεδιασμός Φούρνου MKT-1.....	103
5.5.2 Σχεδιασμός Θαλάμου Κενού Αέρος Vacuum Casting MK-Mini.....	106

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ 3DVIA VIRTOOLS 4.....109

6.1 Εισαγωγή.....	109
6.2 Γενικά χαρακτηριστικά 3DVIA Virtools 4.....	109
6.2.1 Εισαγωγή αρχείων (Capture- Import).....	110
6.2.2 Αποθήκευση αρχείων.....	112
6.2.3 Δυνατότητες Οπτικοποίησης και Αλληλεπίδρασης.....	113
6.2.4 Ανάλυση λειτουργικών χαρακτηριστικών αντικειμένων.....	113
6.2.5 Εργαλεία προσομοίωσης και δημιουργίας αλληλεπίδρασης (Create – Give Life).....	113
6.2.6 Εργαλεία συνεργασίας (Publish-Deploy).....	117
6.2.7 Εργαλεία αποκόμισης εμπειριών (Experience).....	118
6.2.8 Υποστήριξη Περιφερειακών Εικονικής Πραγματικότητας – Virtual Reality Peripheral Network.....	119
6.2.9 Διαθέσιμες περιφερειακές συσκευές Εικονικής Πραγματικότητας του εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης.....	121
6.3 Παρουσίαση της βασικής πλατφόρμα ανάπτυξης Virtoos 4 Dev.....	127
6.3.1 Απαιτήσεις Υπολογιστικού Εξοπλισμού και Λογισμικού για Επιτυχή Εγκατάσταση Virtools 4 Dev.....	128
6.3.2 Πηγές άντλησης πληροφοριών για το Virtools 4 Dev.....	129
6.3.3 Δομικά στοιχεία του Virtools 4 Dev για σύνθεση Εικονικού Περιβάλλοντος – Ιεραρχία	130
6.3.4 Το περιβάλλον εργασίας του Virtools 4 Dev	134

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ.....147

7.1 Εισαγωγή	147
7.2 Περιγραφή της εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας και των βημάτων για την υλοποίηση της	147
7.3 Εισαγωγή γεωμετρικών μοντέλων στο Εικονικό Περιβάλλον.....	148

7.3.1 Το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του 3D Studio Max 9 και του Virttools 4.....	148
7.3.2 Δημιουργία υλικών και απόδοση υφών στα γεωμετρικά μοντέλα	149
7.3.3 Τα τελικά γεωμετρικά μοντέλα στο Εικονικό Περιβάλλον.....	151
7.4 Απόδοση χαρακτηριστικών κίνησης στα γεωμετρικά μοντέλα.....	153
7.4.1 Διαδικασία ορισμού κίνησης για τα εικονικά μοντέλα.....	153
7.5 Δημιουργία σεναρίων λειτουργίας των γεωμετρικών μοντέλων.....	155
7.5.1 Άξονες περιστροφής εικονικών μοντέλων.....	156
7.5.2 Σενάρια λειτουργίας του φούρνου MKT-1	157
7.5.3 Σενάρια λειτουργίας του MK-Mini	160
7.6 Δημιουργία Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων και τοποθέτηση των εικονικών μοντέλων μέσα στο ολοκληρωμένο Εικονικό Περιβάλλον	172
7.7 Προσδιορισμός ιδιοτήτων φωτισμού και σκίασης στο εικονικό περιβάλλον.....	175
7.8 Δημιουργία καμερών για πλοήγηση μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων	177
7.8.1 Δημιουργία κάμερας.....	177
7.8.2 Ενεργοποίηση κάμερας από την αρχή της σκηνής.....	178
7.8.3 Οι κάμερες του Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων.....	178
7.9 Αποθήκευση, Εξαγωγή και Χρήση αρχείου Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων σε Web Player.....	181
7.10 Ενεργοποίηση της εφαρμογής σε περιβάλλον εμβύθισης.....	184
 Αξιολόγηση της εφαρμογής – Συμπεράσματα.....	187
 BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	193
 ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ – ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	197

Περίληψη Εργασίας

Η τεχνολογία Rapid Tooling αποτελεί ένα σημαντικό και σύγχρονο εργαλείο κατά την φάση ανάπτυξης ενός βιομηχανικού προϊόντος. Η συγκεκριμένη τεχνολογία ουσιαστικά υιοθετεί τις γρήγορες τεχνικές διαμόρφωσης ενός πρωτοτύπου (RP, Rapid Prototyping) και τις εφαρμόζει στην κατασκευή εργαλείων και καλουπιών έχοντας ως στόχο τη μείωση του χρόνου κατασκευής εξαρτημάτων σε σχέση με τις συνήθεις μεθόδους κατεργασίας, κυρίως μέσω της κατασκευής του καλουπιού από το οποίο θα προκύψει το αντικείμενο που πρόκειται να κατασκευαστεί. Γίνεται λοιπόν εφικτή η κατασκευή πρωτοτύπων σε κάποιες ποσότητες γρήγορα, οικονομικά και σε μεγάλη ποικιλία υλικών.

Το εργαστήριο Σχεδιασμού με χρήση H/Y (Cadlab) δραστηριοποιείται έντονα στην έρευνα για την Ταχεία Παραγωγή Πρωτοτύπων και Εργαλείων έχοντας εφαρμόσει την τεχνική Vacuum Cast Molding (καλούπια από καουτσούκ που σκληραίνουν γρήγορα λόγω της ανάμειξης ρητινών σε περιβάλλον κενού αέρος).

Ένα άλλο πεδίο έρευνας στο οποίο επίσης δραστηριοποιείται το εργαστήριο Σχεδιασμού με χρήση H/Y cadlab) είναι αυτό της τεχνολογίας Virtual Reality (V.R., εικονικής πραγματικότητας), έχοντας στην διάθεσή του σημαντικό ερευνητικό εξοπλισμό αλλά και τεχνογνωσία, προερχόμενη από ήδη εκτελεσθείσες ερευνητικές διατριβές μεταπτυχιακών φοιτητών. Η τεχνολογία αυτή αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο στα χέρια του μηχανικού ανάπτυξης προϊόντος, δίνοντας του την δυνατότητα προσομοίωσης (φυσικής και μερικώς δυναμικής) του υπό ανάπτυξη προϊόντος.

Η συγκεκριμένη ερευνητική διατριβή θα επιχειρήσει το συνδυασμό των δύο παραπάνω τεχνολογιών, προσομοιώνοντας την διαδικασία Vacuum Cast Molding σε περιβάλλον V.R. Το λογισμικό εικονικής πραγματικότητας που θα χρησιμοποιηθεί είναι το 3DVIA Virtools 4.0. Το Virtools προωθείται από την Dassault Systems και είναι ένα πρόγραμμα για 3D real-time εφαρμογές (animation) τόσο στην βιομηχανία όσο και στην παραγωγή ηλεκτρονικών παιχνιδιών, παρέχοντας δυνατότητες αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο με υψηλής ποιότητας γραφικά. Η Dassault Systems προωθεί το ευρύτερο περιβάλλον 3DVIA το οποίο ενοποιεί ένα σύνολο προγραμμάτων για 3D εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένου και του Virtools, μέσω του 3DXML Format. Το 3DXML Format αποτελεί ένα γενικής χρήσης τύπο αρχείου της Dassault που δίνει τη δυνατότητα γρήγορης και εύκολης ανταλλαγής 3D δεδομένων περιλαμβάνοντας δομές προϊόντων, γεωμετρίες και 3D γραφικά επιτυγχάνοντας την συνεργασία των προγραμμάτων της.

Στο αρχικό στάδιο της διατριβής θα μελετηθεί η δυνατότητα εισαγωγής 3D γεωμετρικών μοντέλων από συστήματα CAD και συστήματα 3D μοντελοποίησης στο Virtools, ώστε να επιλεγεί το σύστημα στο οποίο θα γίνει ο σχεδιασμός του Vacuum Casting MK-Mini το οποίο υπάρχει στο εργαστήριο Cadlab καθώς και η μεθοδολογία σχεδίασης των γεωμετρικών μοντέλων. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι το Virtools συνεργάζεται άμεσα με κάποια συστήματα 3D μοντελοποίησης όπως το 3D Studio Max της Autodesk. Ωστόσο παρέχει ένα πρόσθετο εργαλείο, το Virtools Cad Pack 1.0, το οποίο ουσιαστικά δίνει την δυνατότητα μετατροπής πολλών διαφορετικών ειδών αρχείων CAD/DCC 3D media σε μορφή που μπορεί να εισαχθεί στο Virtools. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται δυνατότητα συνεργασίας με όλα σχεδόν τα γνωστά συστήματα CAD (Catia v4 & v5, CoreCAD: Solidworks, IGES, Granite: Pro/Engineer, Unigraphics). Η δυσκολία όμως έγκειται στο γεγονός ότι το εν λόγω εργαλείο, απαιτεί την ύπαρξη ενός άλλου

προγράμματος και συγκεκριμένα του Deep Exploration της Right Hemispheres, για να λειτουργήσει .

Το επόμενο στάδιο της διατριβής, που αποτελεί και το βασικό άξονα της , είναι η μελέτη των δυνατοτήτων που παρέχει το Virtools στην προσομοίωση της λειτουργίας του Vacuum Casting MK-Mini . Αρχικά θα γίνει η εισαγωγή των γεωμετρικών μοντέλων στο Virtools και στη συνέχεια η επεξεργασία αυτών ώστε να δώσουμε τα απαραίτητα χαρακτηριστικά κίνησης και συμπεριφοράς καθώς και τα σενάρια για την προσομοίωση της λειτουργίας του Vacuum Casting MK-Mini .

Στο τελικό στάδιο θα δοκιμάσουμε να εισάγουμε τις περιφερειακές συσκευές εικονικής πραγματικότητας που διαθέτει το εργαστήριο Cadlab και να τις ενεργοποιήσουμε, ώστε να επιτύχουμε τον επιθυμητό βαθμό αληθοφάνειας στην προσομοίωση της λειτουργίας του Συστήματος Vacuum Casting MK-Mini . Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι σε θεωρητική βάση το Virtools φαίνεται να είναι συμβατό με τα περιφερειακά εικονικής πραγματικότητας του εργαστηρίου. Ωστόσο αυτό μένει να αποδειχτεί και στην πράξη καθώς δεν μπορούμε να προβλέψουμε τι προβλήματα μπορεί να προκύψουν.

Η παρούσα διατριβή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς αναφέρεται σε πρόσφατα ανεπτυγμένα πεδία της επιστήμης τα οποία προσφέρουν μεγάλες δυνατότητες στον τομέα ανάπτυξης νέων προϊόντων. Στόχος της προσπάθειας αυτής, είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της χρησιμότητας του συνδυασμού των δύο εργαλείων ανάπτυξης προϊόντων (Rapid Tooling και Virtual Reality). Επίσης παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός εργαλείου εκπαίδευσης του κάθε ενδιαφερόμενου (και πρωτίστως των φοιτητών του εργαστηρίου Cadlab), με ουσιαστικά πλεονεκτήματα, όπως μηδενικό κόστος εκπαίδευσης, εκπαίδευση μέσω του Διαδικτύου σε οποιοδήποτε σημείο και χρόνο, δυνατότητα πολλαπλής και ταυτόχρονης εκπαίδευσης πολλών ατόμων, εντρύφηση στην τεχνολογία του Virtual Reality και του Rapid Tooling αλλά και προβολής του ερευνητικού έργου του Εργαστηρίου Σχεδιασμού με χρήση Η/Υ. Τέλος είναι σίγουρο ότι η παρούσα διατριβή μπορεί να αποτελέσει ένα εφελκυστικό για την περαιτέρω διερεύνηση του θέματός της και σε επόμενες σχετικές εργασίες, καθώς οι προοπτικές και οι δυνατότητες των συγκεκριμένων τεχνολογιών αναπτύσσονται με ραγδαίους ρυθμούς.

Χανιά, Απρίλιος 2010

Κωστάκης Ιωάννης

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην ανάπτυξη ενός Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων. Στόχος της εφαρμογής που πρόκειται να αναπτυχθεί είναι ο συνδυασμός της Τεχνολογίας Rapid Tooling και της Τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας, προσομοιώνοντας τη λειτουργία του συστήματος MK-Mini στο περιβάλλον του Εικονικού Εργαστηρίου. Η ανάπτυξη της εφαρμογής περιλαμβάνει τη δημιουργία των γεωμετρικών μοντέλων σε σύστημα 3D Μοντελοποίησης, την εξαγωγή τους σε κατάλληλη μορφή και εισαγωγή τους στο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας. Τέλος περιλαμβάνει την δημιουργία του Εικονικού Εργαστηρίου και την απόδοση λειτουργικών χαρακτηριστικών στα γεωμετρικά μοντέλα που το αποτελούν.

Στο Κεφάλαιο 1 δίδεται ο ορισμός της Εικονικής Πραγματικότητας και του Εικονικού Περιβάλλοντος. Γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας και έπειτα παρουσιάζονται στοιχεία της που αφορούν την Ελλάδα και το διαδίκτυο.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφεται η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας. Γίνεται εκτενής αναφορά στην αρχιτεκτονική των συστημάτων της αλλά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να έχει ένα σύστημα για να θεωρηθεί σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας. Ακολουθεί η ταξινόμηση της Εικονικής Πραγματικότητας και παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της Εικονικής Αλληλεπίδρασης. Τέλος περιγράφονται ο εξοπλισμός των συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας, οι πιο διαδεδομένες πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας και τα πιο γνωστά λογισμικά εργαλεία προσομοίωσης εργονομίας με χρήση ψηφιακών ανθρωποειδών.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται οι εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας. Αναφέρονται οι τομείς εφαρμογής και στη συνέχεια γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις εφαρμογές που αφορούν τον τομέα της βιομηχανίας. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται σύντομη αναφορά και στις προσπάθειες που έχουν γίνει σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες είναι ιδιαίτερα αξιόλογες.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η τεχνολογία του Rapid Tooling. Δίδεται ο ορισμός, τα οφέλη και οι μέθοδοι του Rapid Tooling. Έπειτα γίνεται παρουσίαση του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η μεθοδολογία υλοποίησης του Εικονικού Περιβάλλοντος. Στη συνέχεια γίνεται γενική περιγραφή του λογισμικού 3D Μοντελοποίησης 3D Studio Max 9 και του περιβάλλοντος εργασίας του. Ακολουθεί ο τρόπος σχεδίασης των γεωμετρικών μοντέλων του φούρνου και του MK-Mini που αποτελούν το σύστημα Vacuum Casting MK-Mini με τη χρήση του 3D Studio Max 9.

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται εκτενής αναφορά στο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας 3DVIA Virtools 4 στο οποίο έγινε η ανάπτυξη της εφαρμογής της παρούσας εργασίας. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα γενικά χαρακτηριστικά του λογισμικού (εισαγωγή αρχείων, εργαλεία που παρέχει, υποστήριξη περιφερειακών) ενώ παρουσιάζονται και τα διαθέσιμα περιφερειακά Εικονικής Πραγματικότητας του Εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης. Επίσης παρουσιάζονται όλα τα

χαρακτηριστικά της βασικής πλατφόρμας Virtools 4 Dev καθώς και το περιβάλλον εργασίας που παρέχει στο χρήστη.

Στο Κεφάλαιο 7 περιγράφεται ο τρόπος ανάπτυξης του Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων σε όλα του τα στάδια. Η περιγραφή περιλαμβάνει την εισαγωγή των γεωμετρικών μοντέλων στο Virtools 4 Dev, την απόδοση χαρακτηριστικών κίνησης σε αυτά, τη δημιουργία σεναρίων λειτουργίας των γεωμετρικών μοντέλων και τη δημιουργία του Εικονικού Εργαστηρίου. Ακολουθεί η τοποθέτηση των γεωμετρικών μοντέλων μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο, προσδιορίζονται οι ιδιότητες φωτισμού και δημιουργούνται οι κάμερες. Τέλος το ολοκληρωμένο εικονικό περιβάλλον εξάγεται σε Web Player για χρήση μέσω διαδικτύου ενώ αναφέρεται και ο τρόπος ενεργοποίησης της εφαρμογής σε περιβάλλον εμβύθισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ - VIRTUAL REALITY

1.1 Εισαγωγή

Η Εικονική Πραγματικότητα ή Virtual Reality (VR), δεν είναι παρά μια τεχνολογία η οποία υποστηρίζει τη δημιουργία μίας διαφορετικής μορφής περιβάλλοντος εργασίας (interface) σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Ποιό όμως είναι το όφελος πίσω από τη χρησιμοποίηση ενός VR interface; Η μεγάλη σημασία αυτού του interface έγκειται στο ότι ο χρήστης καλείται να αλληλοεπιδράσει με το σύστημα μέσω πράξεων, κινήσεων και εκτιμήσεων που μοιάζουν με τις καθημερινές του ενέργειες, στο πραγματικό του περιβάλλον, και όχι μέσω της πληκτρολόγησης εντολών, ή του προτύπου “mousepointer- window”.

Ο άνθρωπος είναι ιδιαίτερα επιδέξιος σε τέτοιες “πραγματικές”, ενστικτώδεις ενέργειες, λόγω του ότι τις πράττει κατά τη διάρκεια όλης του της ζωής. Είναι δηλαδή επιδέξιος στην αναγνώριση μορφών, μοτίβων και διατάξεων στο πραγματικό περιβάλλον, και στην κίνηση και αλληλεπίδραση με τρισδιάστατα αντικείμενα στον αληθινό χώρο. Μια VR εφαρμογή μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτή την επιδεξιότητα με την τρισδιάστατη απεικόνιση πληροφοριών τις οποίες ο χρήστης βιώνει σε πραγματικό χρόνο, κινούμενος γύρω τους. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμο για εκτιμήσεις σε εξαιρετικά πολύπλοκα συστήματα πληροφοριών. Η εικονική πραγματικότητα, επομένως, δεν είναι παρά ένα interface, δηλαδή ένα μέσο αλληλεπίδρασης ανθρώπου- υπολογιστή που βιώνεται από τον άνθρωπο με τρόπο φυσικό και ενστικτώδη.

Ο όρος Εικονική Πραγματικότητα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Jaron Lanier το 1989. Ο Lanier είναι ένας από τους πρωτοπόρους της Εικονικής Πραγματικότητας και ιδρυτής της εταιρείας VPL Research (από τη φράση Virtual Programming Languages) η οποία ανέπτυξε μερικά από τα πρώτα συστήματα τη δεκαετία του 1980.

Η Εικονική Πραγματικότητα χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς υπολογιστές, για να δημιουργήσει και να προσομοιώσει υπαρκτά ή μη περιβάλλοντα, από τα οποία ο χρήστης έχει την ψευδαίσθηση ότι περιβάλλεται και στα οποία μπορεί να κινηθεί ελεύθερα, αλληλεπιδρώντας παράλληλα με τα αντικείμενα που περιλαμβάνουν, όπως θα έκανε και στον πραγματικό κόσμο.

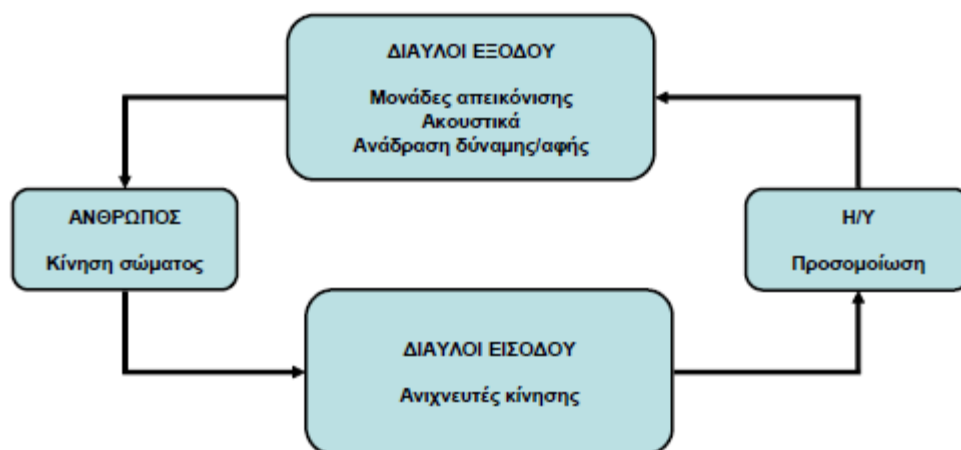
Η εικονική πραγματικότητα (ΕΠ) παρουσιάζει στο χρήστη ένα χώρο εργασίας που του δίνει την αίσθηση ότι η πληροφορία που παρουσιάζεται από τον Η/Υ συμπεριφέρεται όπως τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου¹. Η οθόνη του Η/Υ δεν αποτελεί πλέον ένα παράθυρο του κόσμου. Ο χρήστης αισθάνεται ότι βρίσκεται «μέσα» στον Η/Υ. Μπορεί να αλληλεπιδράσει με τα στοιχεία του εικονικού κόσμου, να μετακινηθεί μέσα σε αυτόν και να τον αλλάξει. Πρόκειται για έναν «εικονικό κόσμο», έναν κόσμο δηλαδή χωρίς υλική σύσταση, μια τεχνητή τρισδιάστατη απεικόνιση που δημιουργείται μέσω των τεχνολογιών τρισδιάστατων γραφικών, κίνησης και εξομοίωσης ενός ισχυρού ηλεκτρονικού υπολογιστή και που επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδρά με αυτόν τον εικονικό κόσμο μέσω πράξεων, κινήσεων και εκτιμήσεων που μοιάζουν με τις καθημερινές του ενέργειες στο πραγματικό του

¹ Χαρίτος Δ., Μαρτάκος Δ., *Εικονική Πραγματικότητα*, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Β' Εξάμηνο, Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστημίου Αθηνών, 1999
Μπιλάλης Ν., Πετούσης Μ., Αντωνιάδης Α., «Εικονική Πραγματικότητα», Δελτίο Π.Σ.Δ.Μ.-Η., Μάρτιος 2001

περιβάλλον. Με άλλα λόγια, η εικονική πραγματικότητα είναι μια αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής, που βιώνεται από τον άνθρωπο με τρόπο φυσικό και ενστικτώδη.

Για να είναι όσο πιο πετυχημένη γίνεται η εμπύθιση ενός χρήστη σε ένα περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας, είναι σημαντικό να απομονωθεί ο χρήστης και οι αισθήσεις του από το πραγματικό κόσμο, επικαλύπτοντας τα ερεθίσματα του πραγματικού κόσμου με αντίστοιχα εικονικά, φτιαγμένα από το σύστημα της Εικονικής Πραγματικότητας. Από τις πέντε αισθήσεις, οι πιο σημαντικές κατά φθίνουσα σειρά είναι η όραση, η ακοή και η αφή. Έτσι είναι πρωταρχικής σημασίας ένα σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας να παρέχει στερεοσκοπική εικόνα, δηλαδή δύο εικόνες από διαφορετική οπτική γωνία, μία για κάθε μάτι του χρήστη, έτσι ώστε να δημιουργηθεί η αίσθηση του βάθους στο χώρο. Παράλληλα η ύπαρξη στερεοσκοπικού ήχου βοηθάει το χρήστη να κατανοεί τι γίνεται γύρω του στον εικονικό χώρο που τον περιβάλλει με πολύ φυσικό τρόπο, ενώ ταυτόχρονα αποκλείει τον χρήστη από τους ήχους του πραγματικού κόσμου, οι οποίοι θα μπορούσαν να καταστρέψουν την εικονική του εμπειρία. Τέλος η αφή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με κατάλληλες συσκευές είτε για να μπορεί ο χρήστης να νιώθει τον κόσμο, για παράδειγμα να ακουμπά ένα αντικείμενο και να νιώθει αντίσταση, είτε για να καθοδηγήσουμε το χρήστη διευκολύνοντάς τον στην εκτέλεση κάποιων συγκεκριμένων ενεργειών, όπως είναι η μοντελοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων. Αν όλα τα παραπάνω συνδυαστούν και με την ανίχνευση των κινήσεων του χρήστη με κατάλληλες συσκευές ανίχνευσης, έτσι ώστε το εικονικό περιβάλλον να συμπεριφέρεται όπως και το πραγματικό, τότε η όλη εμπειρία που θα αποκτήσει ο χρήστης μπορεί να είναι άκρως ρεαλιστική.

Το κύριο πλεονέκτημα από τη χρήση αλληλεπίδρασης ΕΠ με τον Η/Υ είναι ότι ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά με το σύστημα χρησιμοποιώντας ενέργειες και κινήσεις που μοιάζουν με τις καθημερινές του δραστηριότητες². Οι άνθρωποι είμαστε πολύ καλοί στην αναγνώριση προτύπων, και στην αλληλεπίδραση με τρισδιάστατα αντικείμενα του πραγματικού χώρου, πράγμα το οποίο μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμο σε περιπτώσεις που χρειάζεται να ληφθούν αποφάσεις από πολύπλοκα πληροφοριακά συστήματα.



Σχήμα 1.1 Τυπικό σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας³

² Β.Λ. Χαρίτος Δ., Μαρτάκος Ο.Π.

³ Stuart R., 1996. The design of Virtual Environments. McGraw Hill

1.2 Ορισμός Εικονικής Πραγματικότητας

Ο όρος εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality - VR) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Jaron Lanier το 1989. Ο Lanier είναι ένας από τους πρωτοπόρους της εικονικής πραγματικότητας και ιδρυτής της εταιρείας VPL Research (από τη φράση Virtual Programming Languages), η οποία ανέπτυξε μερικά από τα πρώτα συστήματα αυτού του τύπου τη δεκαετία του '80. Αρχικά όρισε την εικονική πραγματικότητα ως : *"Ένα αλληλεπιδραστικό, τρισδιάστατο περιβάλλον, φτιαγμένο από υπολογιστή, στο οποίο μπορεί κάποιος να εμβυθιστεί."* (Lanier, 1989)⁴.

Μετά τον Lanier διατυπώθηκαν διάφοροι ορισμοί για την εικονική πραγματικότητα, προκειμένου να αποσαφηνιστεί και να προσδιοριστεί σφαιρικά η έννοια της. Καθένας από αυτούς τους ορισμούς επικεντρώνεται σε κάποια από τα χαρακτηριστικά της, περιορίζοντας την σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο ορισμού, με αποτέλεσμα να εξειδικεύει τον όρο και να αποτυγχάνει να περιγράψει με επιτυχία την ευρύτερη έννοια. Παράλληλα, η δυσκολία να δοθεί ένας γενικός και ικανοποιητικός ορισμός οφείλεται και στο οξύμωρο της έννοιας. Το οξύμωρο αναφέρεται στο συνδυασμό των λέξεων εικονικός και πραγματικός. Ετυμολογικά, εικονικός σημαίνει φαινομενικός, πλασματικός, ψεύτικος, μη πραγματικός. Κάποιοι από τους επικρατέστερους ορισμούς αναφέρονται παρακάτω.

"Η εικονική πραγματικότητα, αποτελεί ένα όρο που έχει γίνει πρόσφατα γνωστός αλλά και από τους πλέον διαδεδομένους στο χώρο των υπολογιστών, ο οποίος μεταφέρει το χρήστη ή τους χρήστες, σε ένα συνθετικό, τεχνητό, εικονικό και φτιαγμένο από υπολογιστή περιβάλλον." (Krueger, 1991)⁵.

"Η εικονική πραγματικότητα είναι αλληλεπιδραστικά γραφικά πραγματικού χρόνου (real time) με τρισδιάστατα μοντέλα, συνδυασμένα με μια τεχνολογία απεικόνισης, η οποία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη για εμβύθιση στον μοντελοποιημένο κόσμο και τη δυνατότητα για απευθείας χειρισμό." (Bishop και Fuchs, 1992)⁶.

"Η εικονική πραγματικότητα αποτελεί ένα μέσο για τους ανθρώπους προκειμένου να οπτικοποιήσουν, να διαχειριστούν και να αλληλεπιδράσουν με τους υπολογιστές όσο και με εξαιρετικά πολύπλοκα δεδομένα." (Aukstakalnis και Blatner, 1992). *"Η οπτικοποίηση δεδομένων αναφέρεται στην λειτουργία του υπολογιστή να παράγει οπτικά, ακουστικά ή άλλου είδους αισθητικά αποτελέσματα στον χρήστη ενός περιβάλλοντος μέσα στον υπολογιστή. Το περιβάλλον αυτό μπορεί να είναι ένα χωρικό αρχιτεκτονικό μοντέλο, μια προσομοίωση επιστημονικών στοιχείων, αλλά ακόμα και η εικόνα μιας βάσης δεδομένων. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον και να διαχειρίζεται άμεσα τα αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε αυτόν. Τμήματα του περιβάλλοντος μπορεί να μεταβάλλονται από άλλες διεργασίες, οι οποίες μπορεί να είναι φυσικές προσομοιώσεις ή απλά έτοιμες κινήσεις (animation scripts)."* (Isdale, 1998)⁷.

"Η ψευδαίσθηση της συμμετοχής σε ένα συνθετικό περιβάλλον αντί για την εξωτερική παρατήρηση ενός τέτοιου περιβάλλοντος. Βασίζεται σε τρισδιάστατες, στερεοσκοπικές μονάδες απεικόνισης, με στερεοσκοπικό ήχο και ανιχνευτή της κίνησης του κεφαλιού, του χεριού ή του σώματος. Είναι μια εμπειρία εμβύθισης που χρησιμοποιεί όλες τις αισθήσεις." (Gigante, 1993)⁸.

⁴ Lanier J., Minsky M., Fisher S. and Druin A., "Virtual Environments And Interactivity: Windows To The Future", ACM Siggraph Panel Proceedings, 1989.

⁵ Krueger Myron, "Artificial Reality 2", Addison-Wesley Professional, 1991.

⁶ Bishop G. and Fuchs H., "Research Directions in Virtual Environments", Report of an NFS Invitational Workshop, Computer Graphics, Vol. 26, No. 3, pp. 153-177, 1992.

⁷ Isdale Jerry, "What Is Virtual Reality?", A Web-Based Introduction, Version 4 – Draft1, September, p. 2, 1998.

⁸ Gigante M., "Virtual Reality: Definitions, History and Applications", Virtual Reality Systems, pp. 3-14, 1993.

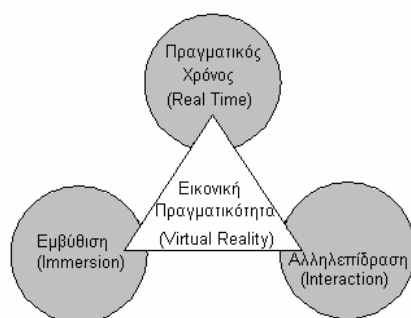
"Η εικονική πραγματικότητα αναφέρεται σε αλληλεπιδραστικά, πολυαισθητικά, βασισμένα στη όραση, τρισδιάστατα, περιβάλλοντα εμπύθισης, δημιουργημένα από υπολογιστή, καθώς και ο συνδυασμός των τεχνολογιών που απαιτούνται για την ανάπτυξη τέτοιων περιβαλλόντων." (Cruz, 1993)⁹.

"Μπορεί να οριστεί σαν ένας νέος τρόπος επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπου και μηχανής. Ένα από τα χαρακτηριστικά του είναι η υιοθέτηση συσκευών απεικόνισης και αλληλεπίδρασης των ανθρώπινων αισθήσεων. Στερεοσκοπικά συστήματα απεικόνισης, δίνουν τη εντύπωση πραγματικής χωρικής αντίληψης των τρισδιάστατων εικόνων οι οποίες παράγονται από τον υπολογιστή. Επιπλέον, η αίσθηση του ότι είσαι εμπυθισμένος σε ένα εικονικό περιβάλλον, δυναμώνει με τη χρήση συσκευών, όπως το γάντι (data glove), το οποίο επιτρέπει πιο φυσική και ενστικτώδη απευθείας αλληλεπίδραση." (Ellis, 1994)¹⁰.

Στην εγκυκλοπαίδεια Britannica γίνεται μια σφαιρική περιγραφή του όρου: "Η εικονική πραγματικότητα αποτελεί τη χρήση της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης μέσω υπολογιστικών συστημάτων, προκειμένου να δώσει στον χρήστη την δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με ένα τεχνητό τρισδιάστατο οπτικό περιβάλλον. Οι εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας εμβαπτίζουν το χρήστη σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον, το οποίο προσομοιώνει την πραγματικότητα μέσω της χρήσης ειδικών συσκευών, οι οποίες στέλνουν και λαμβάνουν πληροφορία σε πραγματικό χρόνο. " (Marsh κ.ά., 1998)¹¹.

"Ένα μέσο το οποίο αποτελείται από αλληλεπιδραστικές εξομοιώσεις με υπολογιστή, οι οποίες αισθάνονται την θέση και τις ενέργειες του χρήστη, και αντικαθιστούν ή επαυξάνουν την ανάδραση σε μία ή παραπάνω αισθήσεις, δίνοντας το αίσθημα της πνευματικής εμπύθισης ή παρουσίας στην εξομοίωση." (Sherman και Craig, 2003)¹².

Η εικονική πραγματικότητα λοιπόν, είναι μια νέα και πρωτοποριακή τεχνολογία που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, μέσα από τις εφαρμογές της, να βιώσει αφηρημένες έννοιες και ιδέες, να επισκεφτεί χώρους που είναι απρόσιτοι ή δεν υπάρχουν πια και να εξετάσει αντικείμενα από διαφορετικές και πρωτόγνωρες οπτικές γωνίες. Πρόκειται για μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί τους υπολογιστές για να δημιουργεί πολύ πειστικές ψευδαισθήσεις και θα μπορούσε να περιγραφεί με το εξής τρίγωνο:



Σχήμα 1.2 Το τρίγωνο της εικονικής πραγματικότητας

Το περιεχόμενο του κάθε κύκλου αναλύεται ως εξής: εμπύθιση είναι η αίσθηση του χρήστη ότι βρίσκεται σε ένα εικονικό χώρο, αλληλεπίδραση είναι η δυνατότητα

⁹ Cruz-Neira C., "Virtual Reality Overview", In Proceedings of SIGGRAPH '93 Course, No. 23, 1993.

¹⁰ Ellis, S. R., "What Are Virtual Environments?", IEEE: Computer Graphics & Applications, 14:1, 17-22, 1994.

¹¹ Marsh T., Wright P., Smith S., D. Duke, "A Shared Framework of Virtual Reality", David, UK-VRSIG'98, September 5th, Exeter, UK, 1998.

¹² Sherman W. R. and Craig A. B., "Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2003.

μετακίνησης στον τρισδιάστατο χώρο και η δυνατότητα χειρισμού των αντικειμένων, ενώ πραγματικός χρόνος σημαίνει ότι κάθε ενέργεια μπορεί άμεσα να αλλάξει την κατάσταση του τρισδιάστατου χώρου. (Vexo, 2007)¹³

Τελευταία στην επιστημονική κοινότητα αποφεύγεται η χρήση του όρου εικονική πραγματικότητα λόγω της αντιφατικότητάς του και χρησιμοποιείται ο όρος εικονικό περιβάλλον (Virtual Environment - VE). Ωστόσο, έχουν προταθεί και άλλοι όροι, όπως τεχνητή πραγματικότητα (Artificial Reality), τεχνολογία προσομοίωσης (Computer Simulated Environment), συνθετικό περιβάλλον (Synthetic Environment), εικονικοί κόσμοι (Virtual Worlds) και κυβερνοχώρος (Cyberspace). Παρόλα αυτά, ο πιο διαδεδομένος όρος παραμένει η εικονική πραγματικότητα. (Islade, 2003)¹⁴

1.3 Εικονικό περιβάλλον

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, η χρήση του όρου εικονική πραγματικότητα αποφεύγεται τελευταία στην επιστημονική κοινότητα, λόγω της αντιφατικότητάς του. Αντί αυτού, χρησιμοποιείται ο όρος εικονικό περιβάλλον (Virtual Environment ή VE).

1.3.1 Ορισμός

"Εικονικό περιβάλλον είναι μία συνθετική αισθητήρια εμπειρία που μεταδίδει φυσικά και αφηρημένα στοιχεία στο χρήστη του συστήματος που τη βιώνει. Αυτή η αισθητήρια εμπειρία γεννιέται από ένα υπολογιστικό σύστημα μέσω της παρουσίας, στα ανθρώπινα αισθητήρια συστήματα, μιας διεπαφής ανθρώπου – υπολογιστή που προσεγγίζει διάφορες ιδιότητες του πραγματικού κόσμου. Αυτή η διεπαφή έχει τη μορφή τρισδιάστατου απεικονιστικού περιβάλλοντος το οποίο συνίσταται σε αντικείμενα και φαινόμενα." (Kalawsky, 1993)¹⁵.

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός εικονικού περιβάλλοντος είναι τα τρισδιάστατα γραφικά και ένα μοντέλο περιβάλλοντος, που αναπαριστά μια τοποθεσία από την πραγματική ζωή ή κάποια τεχνητή δομή. Ο πρώτος λόγος για τον οποίο έχει επικρατήσει ο όρος εικονικό περιβάλλον έναντι του όρου εικονική πραγματικότητα είναι γιατί στα συστήματα αυτά δε γίνεται προσπάθεια μοντελοποίησης ολόκληρου του σύμπαντος, αλλά ενός περιορισμένου περιβάλλοντος ανάλογα με την εφαρμογή. Ο δεύτερος λόγος είναι γιατί δεν απαιτείται η αναπαράσταση να αφορά κάποια ρεαλιστική δομή, αλλά μπορεί κάλλιστα να είναι και κάποιος φανταστικός χώρος με ιδιόμορφους νόμους.

Ουσιαστικά, ένας χρήστης κατοικεί στο περιβάλλον έχοντας μια τρέχουσα θέση σε αυτό και, κατά συνέπεια, μια περιορισμένη άποψη του χώρου. Έχει την ικανότητα να ταξιδεύει σε αυτό και να αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα που τον περιβάλλουν. Τόσο η αντίληψη του περιβάλλοντος όσο και η αλληλεπίδραση του χρήστη με αυτό μπορούν να μοντελοποιηθούν με βάση την πραγματικότητα. Στην περίπτωση της αντίληψης, ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η χρήση πολυαισθητήριων ερεθισμάτων που μιμούνται τα ερεθίσματα του πραγματικού κόσμου ενισχύοντας έτσι την αληθοφάνεια του εικονικού περιβάλλοντος. Αντίστοιχο παράδειγμα αλληλεπίδρασης είναι το βάδισμα του χρήστη που προκαλεί την πλοήγησή του στο εικονικό περιβάλλον.

¹³ Vexo Frederic, "Virtual Reality: Introduction & Definition", VRlab – EPFL, Summer 2007.

¹⁴ Isdale Jerry, "Introduction to Virtual Environment Technology", IEEE VR2003, p. 2, March 23, 2003.

¹⁵ Kalawsky Roy S., "The Science of Virtual Reality and Virtual Environments", Addison Wesley Publishing Company, 1993.

1.3.2 Ανάπτυξη

Η δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος περιλαμβάνει την κατασκευή του μοντέλου του περιβάλλοντος και το σχεδιασμό των αλληλεπιδράσεων με το χρήστη. Όσον αφορά το μοντέλο του περιβάλλοντος, τρία είναι τα θεμελιώδη δομικά του στοιχεία :

- Περιεχόμενο: πρόκειται για τα αντικείμενα (objects) και τα ενεργά στοιχεία (actors). Ενεργά στοιχεία είναι ο ίδιος ο χρήστης που αντιπροσωπεύεται στο εικονικό περιβάλλον από τη δική του γραφική απεικόνιση και έχει τη δική του οπτική άποψη του περιβάλλοντος, αλλά και οι διάφοροι εικονικοί ηθοποιοί - χαρακτήρες, που έχουν τη δυνατότητα να ξεκινούν από μόνοι τους αλληλεπιδράσεις με τα αντικείμενα του εικονικού περιβάλλοντος.
- Γεωμετρία: πρόκειται για την περιγραφή του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο τοποθετείται το περιεχόμενο και εξελίσσεται η αλληλεπίδραση. Αναφέρεται και ως σκηνικό.
- Δυναμικές: είναι οι κανόνες της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα συστατικά του περιβάλλοντος, οι οποίοι περιγράφουν την συμπεριφορά των συστατικών αυτών, καθώς ανταλλάσσουν ενέργεια ή πληροφορία.¹⁶

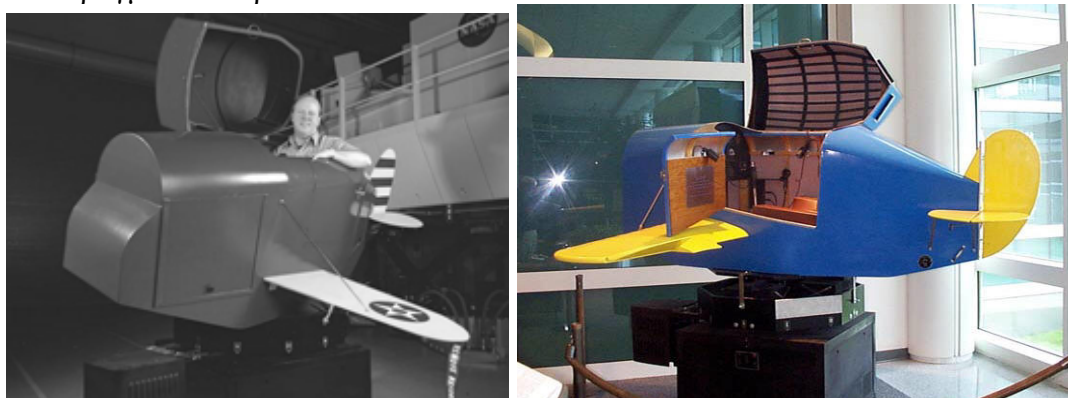
Σε ότι αφορά την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον οι βασικοί τύποι είναι :

- πλοήγηση και έλεγχος του οπτικού πεδίου
- αλληλεπιδράσεις με αντικείμενα, όπως πιάσιμο, περιστροφή, μετακίνηση και χρήση αντικειμένων.¹⁷

1.4 Ιστορική Εξέλιξη της Εικονικής Πραγματικότητας

Η εικονική πραγματικότητα θεωρείται μία καινούρια τεχνολογία, η οποία αναπτύχθηκε ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν ενδεικτικά κάποιες από τις σημαντικότερες προσπάθειες που συνέβαλαν στη δημιουργία και ανάπτυξη της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας:

- Το 1929 ο Edward Link κατασκευάζει τον πρώτο απλό μηχανικό εξομοιωτή πτήσης, για την εκπαίδευση πιλότων σε εσωτερικούς χώρους και μακριά από πραγματικά αεροπλάνα.



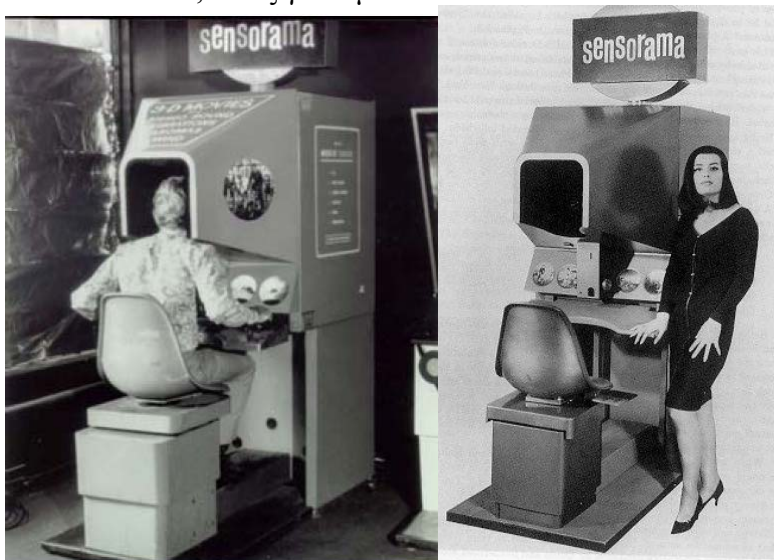
Εικόνα 1.1 Ο πρώτος απλός μηχανικός εξομοιωτής πτήσης

¹⁶ Ellis Stephen R., "Pictorial communication in virtual and real environments", 2nd ed., Taylor and Francis, London, 1993.

¹⁷ Bordegoni M., "Gesture interaction in a 3D user interface", European Research Consortium for Informatics and Mathematics, Technical report, number ERCIM-93- RO19, 1993.

Herndon K. P., Van Dam A. and Gleicher M., "The challenges of 3D interaction", a Chi'94 workshop, Special Interest Group on Computer-Human Interaction (SIGCHI) Bulletin, 1994.

- SENSORAMA: Ο αμερικάνος κινηματογραφιστής Morton Heilig πρότεινε στη δεκαετία του πενήντα τον κινηματογράφο του μέλλοντος ή αλλιώς ένα θέατρο εμπειριών, το οποίο θα περικυκλώνει το θεατή με αισθήσεις που προέρχονται από μηχανήματα, μεταφέροντάς τον με τον τρόπο αυτόν σε μια άλλη διάσταση. Το 1962 δημιούργησε το Sensorama μαζί με πέντε ταινίες. Το Sensorama χρησιμοποιούσε τρισδιάστατα γραφικά, στεροσκοπικό ήχο και δονήσεις. Ο θεατής μπορούσε, για παράδειγμα, να παρακολουθήσει μία βόλτα με μοτοσικλέτα νιώθοντας τον αέρα να τον χτυπάει στο πρόσωπο και μυρίζοντας αρώματα λουλουδιών, όπως γιασεμί.



Εικόνα 1. 2 Morton Heilig –Sensorama

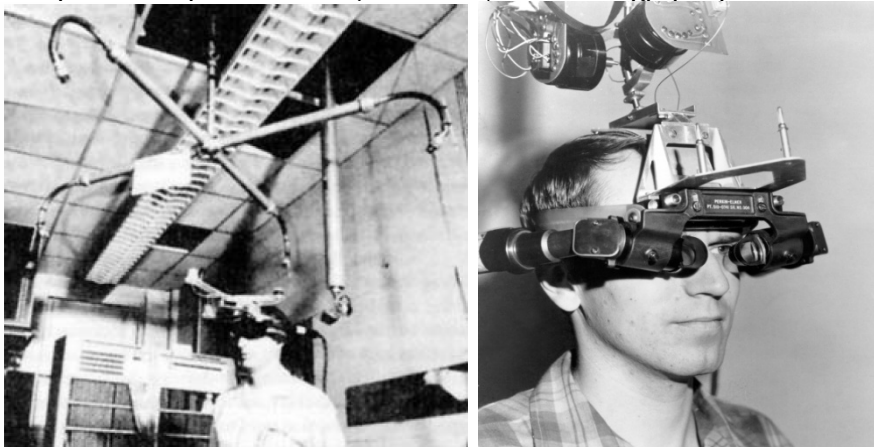
- The Ultimate Display: Το 1965, ο Ivan Sutherland στην εργασία του Ultimate Display πρότεινε μία εφαρμογή, η οποία αποτελεί την πρώτη προσπάθεια συνδυασμού της τεχνολογίας των υπολογιστών με τη δημιουργία εικονικών κόσμων. Στην ουσία αποτελεί μία προσπάθεια δημιουργίας τεχνητών κόσμων, οι οποίοι περιέχουν τρισδιάστατα γραφικά, ήχους, δυνατότητα ανάδρασης και αίσθηση γεύσης και οσμής. Στην εργασία αυτή ο Sutherland περιγράφει ένα δωμάτιο όπου τα πάντα ελέγχονται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και όλες οι ενέργειες του χρήστη μέσα σε αυτόν έχουν τον ίδιο αντίκτυπο που θα είχαν στον πραγματικό κόσμο.



Εικόνα 1. 3 The Ultimate Display

- The Sword of Damocles: Το 1968, ο Sutherland κατασκευάζει τη “δαμόκλειο σπάθη”, η οποία αποτελεί και τον πρώτο εξοπλισμό εικονικής

πραγματικότητας. Πρόκειται για την πρώτη συσκευή HMD (Head Mounted Display), η οποία πήρε το όνομά της από το γεγονός ότι κρεμόταν από την οροφή ενός δωματίου. Η συσκευή επέτρεπε μηχανική ανίχνευση του κεφαλιού και παρείχε στερεοσκοπική θέα, η οποία ενημερωνόταν κατάλληλα ανάλογα με τη θέση και τον προσανατολισμό του κεφαλιού του χρήστη.



Εικόνα 1.4 Ivan Sutherland - The Sword of Damocles

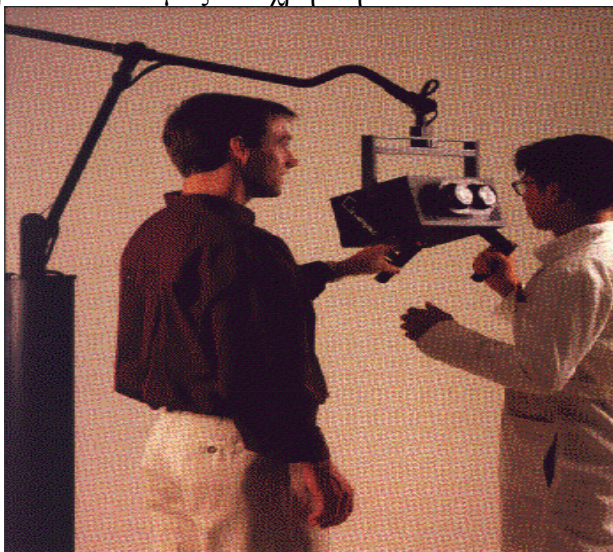
- VIDEOPLACE: Το 1975 ο Myron Krueger δημιουργεί το VIDEOPLACE, όπου εξερευνά τις δυνατότητες αλληλεπίδρασης με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή δίνοντας στους χρήστες τη δυνατότητα ελεύθερης επιλογής και προσωπικής έκφρασης. Το σύστημα ανιχνεύει με τη βοήθεια κάμερας το είδωλο του ανθρώπου και το προβάλλει σε μία μεγάλη οθόνη παρεμβάλλοντας εικόνες παραγόμενες από έναν υπολογιστή. Οι συμμετέχοντες μπορούν να αλληλεπιδρούν ο ένας με τον άλλον μέσω τεχνικών επεξεργασίας εικόνας, οι οποίες προσδιορίζουν τη θέση των χρηστών στο διδιάστατο χώρο της οθόνης.



Εικόνα 1.5 Σκηνές από το Videoplace του Krueger

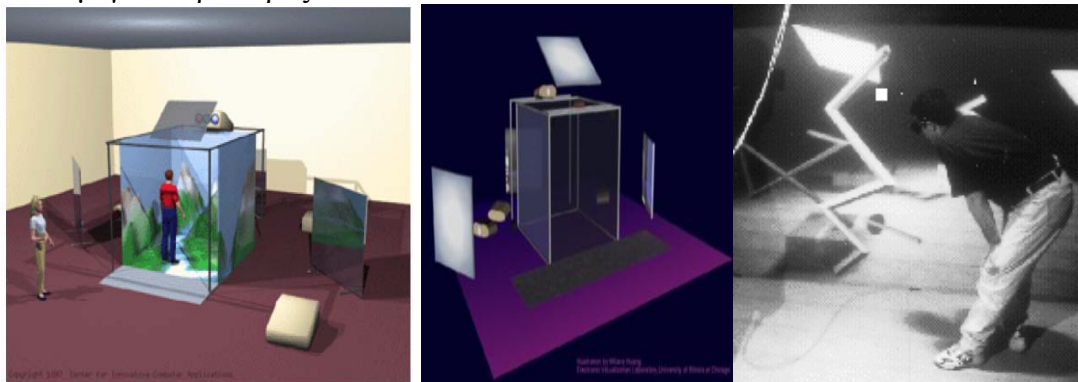
- VCASS: Ο Thomas Furness του US Air Force's Armstrong Medical Research Laboratories ανέπτυξε το 1982 τον προσομοιωτή VCASS (Visual Coupled Airborne Systems Simulator). Ο VCASS είναι ένας προσομοιωτής πτήσης για πιλότους της πολεμικής αεροπορίας. Με τη βοήθεια τρισδιάστατων γραφικών και ενός κράνους εικονικής πραγματικότητας (HMD) ο πιλότος εκπαιδεύεται σε διάφορες διαδικασίες πτήσης.
- BOOM: Το σύστημα BOOM υλοποιήθηκε το 1989 από το Fake Space Labs. Πρόκειται για ένα μικρό κουτί που περιέχει δύο CRT (Cathod Ray Tube) οθόνες, οι οποίες μπορούν να γίνουν ορατές στο χρήστη μέσω δύο μικρών

οπών. Ο χρήστης μπορεί να πιάσει το κουτί και να το προσαρμόσει στα μάτια του, ενώ στη συνέχεια μπορεί να κινηθεί μέσα στον εικονικό κόσμο. Με τη βοήθεια ενός μηχανικού βραχίονα, που διαθέτει το σύστημα, υπολογίζεται η θέση και ο προσανατολισμός του χρήστη.



Εικόνα 1.6 Το σύστημα BOOM

- CAVE: Το CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) παρουσιάστηκε το 1992 και αποτελεί ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας και οπτικοποίησης. Αντί να χρησιμοποιεί κράνη εικονικής πραγματικότητας, το CAVE προβάλλει στερεοσκοπικές εικόνες στους τοίχους ενός δωματίου. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα και ανάλυση των εικόνων από αυτήν που προσφέρουν τα κράνη εικονικής πραγματικότητας, καθώς επίσης και μεγαλύτερο εύρος οπτικού πεδίου.



Εικόνα 1.7 Σχηματική αναπαράσταση CAVE και φωτογραφία

- Augmented Reality (AR): Είναι η τεχνολογία που μπορεί να μεταφραστεί με τον όρο Επαυξημένη Πραγματικότητα όπου η εμπειρία του πραγματικού κόσμου προσανξάνεται με πληροφορία που παράγει ο υπολογιστής. Ο χρήστης αντιλαμβάνεται το συνδυασμό πραγματικής και εικονικής σκηνής. Για να επιτευχθεί αυτό το αποτέλεσμα χρησιμοποιούνται *see-through* προβολικά γυαλιά. Στο κεφάλι του χρήστη προσαρμόζονται κάμερες για να γνωρίζει το σύστημα την όψη του πραγματικού κόσμου και να προβάλλει την επιπρόσθετη πληροφορία του εικονικού. Η εν λόγω τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε πρόσφατα για την βελτίωση της οπτικής των πιλότων μαχητικών αεροσκαφών με

επιπρόσθετες πληροφορίες που αφορούν την πτήση (VCASS) . Λόγω των αξιοσημείωτων δυνατοτήτων που παρέχει, εξαιτίας του εμπλουτισμού της ανθρώπινης όρασης, η τεχνολογία αυτή συγκέντρωσε το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών στις αρχές του 1990.



Εικόνα 1.8 Virtual Round Table: Augmented VR

Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός συστημάτων εικονικής πραγματικότητας που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει την ευρεία αποδοχή της εικονικής πραγματικότητας στις μέρες μας αλλά και τη μεγάλη χρησιμότητα των συστημάτων της, που οφείλεται κυρίως στις μεγάλες δυνατότητες που η ίδια προσφέρει.

1.5 Η εικονική πραγματικότητα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν συστήματα εικονικής πραγματικότητας και αρκετό ερευνητικό έργο πάνω στον τομέα αυτό. Η ενασχόληση με την εικονική πραγματικότητα έχει πολύ υψηλό κόστος με αποτέλεσμα η Ελλάδα να υστερεί σε σχέση με άλλες χώρες. Το υψηλό κόστος δεν οφείλεται τόσο στο λογισμικό, αφού υπάρχουν πολύ καλά εργαλεία ανοιχτού λογισμικού, όσο στον υλικό εξοπλισμό.

Το Ίδρυμα Μείζονος Ελληνισμού (Ι.Μ.Ε.) διαθέτει δύο συστήματα εικονικής πραγματικότητας για εκπαιδευτικό και ψυχαγωγικό σκοπό. Το πρώτο ονομάζεται «Κιβωτός» και είναι ένα CAVE. Πρόκειται για ένα δωμάτιο διαστάσεων 3Χ3Χ3 μέτρα, όπου το πάτωμα και οι τοίχοι αποτελούν οθόνες προβολής. Για να έχουν τρισδιάστατη αίσθηση του χώρου οι επισκέπτες της «Κιβωτού» φορούν ειδικά στερεοσκοπικά γυαλιά. Το δεύτερο σύστημα ονομάζεται «Μαγική Οθόνη» και είναι μια μεγάλη φωτεινή οθόνη σε σχήμα σχεδιαστικού τραπεζιού. Αποτελεί το πρώτο έκθεμα εικονικής πραγματικότητας στην Ελλάδα και έχει πλάτος 1.5 και ύψος 1.2 μέτρα. Το μέγεθος και η κεκλιμένη θέση της δίνουν τη δυνατότητα ευρυγώνιας οπτικής σε έξι περίπου άτομα, που με τη βοήθεια γυαλιών και ειδικού συστήματος πλοήγησης μπορούν να αλληλεπιδράσουν με την ψηφιακή εικόνα που προβάλλεται στην οθόνη. Και τα δύο συστήματα αξιοποιούνται από το Ι.Μ.Ε. για να μεταφέρουν μικρούς και μεγάλους σε μαγικούς κόσμους της πολιτιστικής μας κληρονομιάς, όπως η αρχαία Μίλητος και ο ναός του Δία στην Ολυμπία.

Επίσης, στο Ίδρυμα Ευγενίδου λειτουργεί ένα υπερσύγχρονο πλανητάριο. Ο παλιός αστρικός Προβολέας Zeiss έχει αντικατασταθεί από τα υπερσύγχρονα ψηφιακά συστήματα αστρικών προβολών Digistar της αμερικανικής εταιρείας Evans και Sutherland και Digital Sky της εταιρείας Sky Skan Inc. Τα νέα αυτά συστήματα έχουν τη

δυνατότητα παρουσίασης δεκάδων χιλιάδων άστρων, έτσι όπως φαίνονται από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη μας, του ηλιακού συστήματος αλλά και από οποιοδήποτε άλλο άστρο σε απόσταση εκατοντάδων ετών φωτός από τη Γη. Η πλοήγηση σ' αυτό τον χώρο γίνεται σε δευτερόλεπτα δίνοντας έτσι στους θεατές την ψευδαίσθηση μεταφοράς τους, με μία μηχανή του χώρου και του χρόνου, σε τρισδιάστατα ταξίδια στο εσωτερικό του Γαλαξία μας, αλλά και πέρα απ' αυτόν σ' ολόκληρο το σύμπαν των 100 δισεκατομμυρίων γαλαξιών. Από τα πιο θεαματικά προβολικά συστήματα που περιλαμβάνει το νέο Πλανητάριο είναι τρία «Συστήματα Τρισδιάστατης Εικονικής Πραγματικότητας» που καλύπτουν πλήρως την οθόνη με την βοήθεια 12 βιντεοπροβολέων υψηλής ανάλυσης. Μια από τις σημαντικότερες δυνατότητες των συστημάτων αυτών είναι και η ευχέρεια που έχει να δείχνει φαινόμενα που δεν ανήκουν στην άμεση καθημερινή εμπειρία αφού οι παραστάσεις αυτές κάνουν τον χρόνο άλλοτε να τρέχει πιο γρήγορα και άλλοτε πιο αργά, ή ακόμη και να σταματούν μια διαδικασία με τρόπο που να μας δώσει την ευκαιρία να γίνουμε μάρτυρες φαινομένων που δεν είναι δυνατόν να συλλάβει το ανθρώπινο μάτι, δείχνοντας μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα φαινόμενα που χρειάζονται ολόκληρους μήνες, αιώνες ή και εκατομμύρια χρόνια για να εκτελεστούν. Και όλα αυτά με την ηχητική κάλυψη εφτακάναλου ψηφιακού συστήματος ήχου συνολικής ισχύος 40.000 watt το οποίο μεταφέρει με την βοήθεια 44 ειδικών ηχείων τη μουσική και την αφήγηση των παραστάσεων στην αίθουσα προβολών.

Όσον αφορά το ερευνητικό πεδίο, τα τελευταία χρόνια γίνονται πολλές προσπάθειες σε αρκετές πόλεις της Ελλάδας όπως τα Χανιά, την Αθήνα, το Ηράκλειο, την Πάτρα, τα Γιάννενα.

1.6 Η εικονική πραγματικότητα στο Διαδίκτυο

1.6.1 Εισαγωγή

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του διαδικτύου είναι η δυνατότητα παρουσίασης τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων σε ένα μεγάλο αριθμό χρηστών, οι οποίοι βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές. Οι συμβατικοί δικτυακοί τόποι και κατ' επέκταση η πληροφορία που περιέχουν παρουσιάζουν δύο σημαντικά μειονεκτήματα: τη διδιάστατη απεικόνιση και τις περιορισμένες δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Η απάντηση στο πρόβλημα αυτό δόθηκε μέσω της γλώσσας VRML (Virtual Reality Modeling Language), η οποία αποτελεί, στην ουσία, την τρισδιάστατη προέκταση του διαδικτύου. Όπως, δηλαδή, η HTML (Hyper Text Markup Language) επιτρέπει τη δημιουργία διδιάστατων δικτυακών τόπων, έτσι μέσω της VRML μπορούμε να δημιουργήσουμε τρισδιάστατους αλληλεπιδραστικούς κόσμους με σκοπό την προβολή τους στο διαδίκτυο. Στη συνέχεια παρουσιάζεται συνοπτικά η εξέλιξη της VRML αλλά και η γλώσσα X3D που αποτελεί εξέλιξη της VRML.

1.6.2 Η VRML

Η ιστορία της VRML ξεκινάει το 1994 στο πρώτο συνέδριο για τον παγκόσμιο ιστό (1st World Wide Web Conference) που πραγματοποιήθηκε στο European Laboratory for Particle Physics CERN στην Ελβετία. Στο συνέδριο αυτό παρουσιάστηκε από τους Pesce και Parisi μία αρχική ιδέα σχετικά με το συνδυασμό των τεχνολογιών του διαδικτύου και της εικονικής πραγματικότητας που αποτέλεσε και το έναυσμα για τη δημιουργία μιας ομάδας ειδικών, οι οποίοι έθεσαν τις βάσεις της δημιουργίας της VRML. Από τότε ακολούθησαν πολλές προσπάθειες για την

περαιτέρω ανάπτυξη του προτύπου της VRML μέχρι να αποκτήσει τη σημερινή της μορφή. Συγκεκριμένα, το 1995 παρουσιάστηκε η έκδοση VRML 1.1, η οποία υποστήριζε εφαρμογές ήχου και εμπλουτισμένα στοιχεία σχετικά με τη γεωμετρία των αντικειμένων. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό της έκδοσης 1.1, ήταν το γεγονός ότι εκτός από τους χαρακτήρες ASCII υποστήριζε ένα σύνολο από χαρακτήρες που ανήκουν στο UTF-8 (Universal Coded Character Set Transformation Format). Παρ' όλα αυτά η έκδοση 1.1 παρουσίαζε σημαντικούς περιορισμούς όσον αφορά στη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Έτσι, το 1996 παρουσιάστηκε μία νέα έκδοση, η VRML 2.0, η οποία συνδύαζε τη VRML με τη JAVA παρέχοντας στο χρήστη νέες δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το εικονικό περιβάλλον. Οι προδιαγραφές της σημερινής έκδοσης της VRML τέθηκαν τελικά τον Αύγουστο του 1996 στο συνέδριο SIGGRAPH'96, όπου αποφασίστηκε και η αλλαγή του ονόματός της σε VRML97¹⁸.

Η VRML επιτρέπει την ανάπτυξη εικονικών κόσμων με τη χρήση τρισδιάστατων γραφικών, χρωμάτων, υφών, ήχων και βίντεο, καθώς και την ελεύθερη περιήγηση του χρήστη μέσα στο εικονικό περιβάλλον και την αλληλεπίδρασή του με τα εικονικά αντικείμενα. Οι τρισδιάστατοι εικονικοί κόσμοι, που δημιουργούνται μέσω της VRML, μπορούν να ενσωματωθούν σε απλές HTML σελίδες προσφέροντας ελεύθερη πρόσβαση σε όλους τους χρήστες του διαδικτύου. Η VRML είναι μία περιγραφική γλώσσα, η οποία έχει σχεδιαστεί ειδικά για την ανάπτυξη εικονικών κόσμων στο διαδίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι δε λειτουργεί αυτόνομα, αλλά απαιτείται η ύπαρξη κατάλληλων εφαρμογών (plug-ins) που ονομάζονται VRML φυλλομετρητές (VRML Browsers). Οι VRML φυλλομετρητές συνεργάζονται στενά με τους HTML φυλλομετρητές και ενεργοποιούνται όταν ο χρήστης επιλέξει το άνοιγμα ενός αρχείου με κατάληξη .wrl, δηλαδή ενός VRML αρχείου. Η λίστα των VRML φυλλομετρητών μεγαλώνει ταχύτατα τα τελευταία χρόνια. Κάποιοι από τους πιο διαδεδομένους φυλλομετρητές είναι ο Cortona της Parallelgraphics, ο CosmoPlayer της Silicon Graphics, ο Community Place της Sony, ο World View της Intervista κ.α. [13].

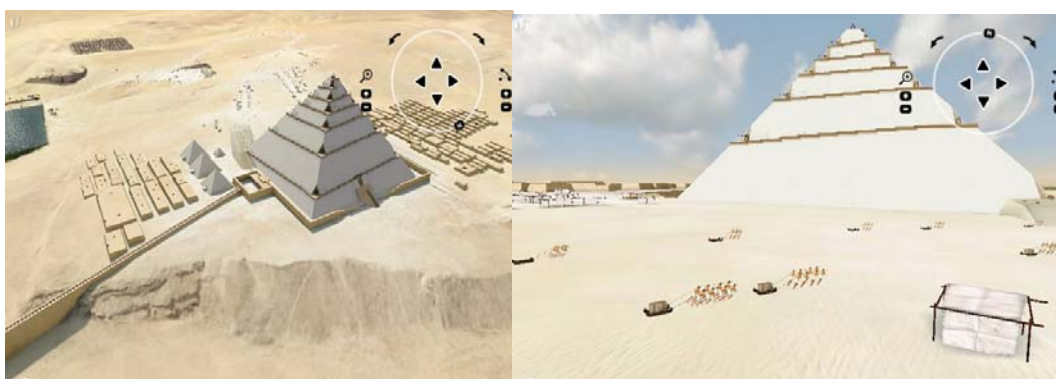
1.6.3 Η X3D

Η X3D σχεδιάστηκε από το Web3D Consortium ως μία συνέχεια της VRML με σκοπό τη βελτίωση κάποιων χαρακτηριστικών της αλλά και την ενσωμάτωση κάποιων νέων τεχνολογικών δυνατοτήτων που παρουσιάστηκαν στο διαδίκτυο, όπως είναι η υποστήριξη της XML (Extensible Markup Language). Η X3D βασίστηκε στο πρότυπο της VRML97 υιοθετώντας τη δομή των κόμβων, ενώ υπήρξαν τροποποιήσεις όσον αφορά στο φωτισμό, στα μοντέλα συμβάντων, στα ονόματα ορισμένων πεδίων, καθώς επίσης και στην προσθήκη νέων κόμβων. Παρά τις αλλαγές αυτές, οι περισσότεροι χώροι που έχουν αναπτυχθεί με τη βοήθεια της VRML μπορούν να παρουσιαστούν κανονικά μέσω της X3D. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι σχεδιαστές της X3D κατέβαλαν σημαντική προσπάθεια, ώστε να διατηρηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συμβατότητα με την VRML, καθώς ο στόχος ήταν η κάλυψη συγκεκριμένων προβλημάτων που παρουσιάστηκαν από τη χρήση της.

Η X3D παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι οι πολλαπλές δυνατότητες κωδικοποίησης, η ταχύτητα πρόσβασης, η προσθήκη νέων γραφικών, συμπεριφορών και αλληλεπιδραστικών μέσων, η ευέλικτη αρχιτεκτονική καθώς και η

¹⁸ Virtual 3D Worlds, Lab Work, <http://info.mi.fh-offenburg.de/html/vorlesungen/idalab/LabExerciseVirtualWorlds.pdf>.

ελάττωση ορισμένων απροσδιόριστων συμπεριφορών, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε διαδικτυακές εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας. Παρ' όλα αυτά, η VRML παραμένει μία αξιόπιστη λύση, η οποία έχει δοκιμαστεί στο χρόνο με επιτυχία. Η ύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού εγχειριδίων που διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο αποτελεί σημαντική υποστήριξη κατά την ανάπτυξη τέτοιου είδους εφαρμογών καθώς παρέχεται λύση σε ένα μεγάλο φάσμα προβλημάτων. Η επιλογή ανάμεσα στις δύο γλώσσες εξαρτάται κυρίως από τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.



Εικόνα 1.9 Στιγμιότυπα online εφαρμογής Khufu Project της Dassault Systems που δημιουργήθηκε με τη χρήση του Προγράμματος 3DVIA Virtools¹⁹

¹⁹ <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/showcase/web/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

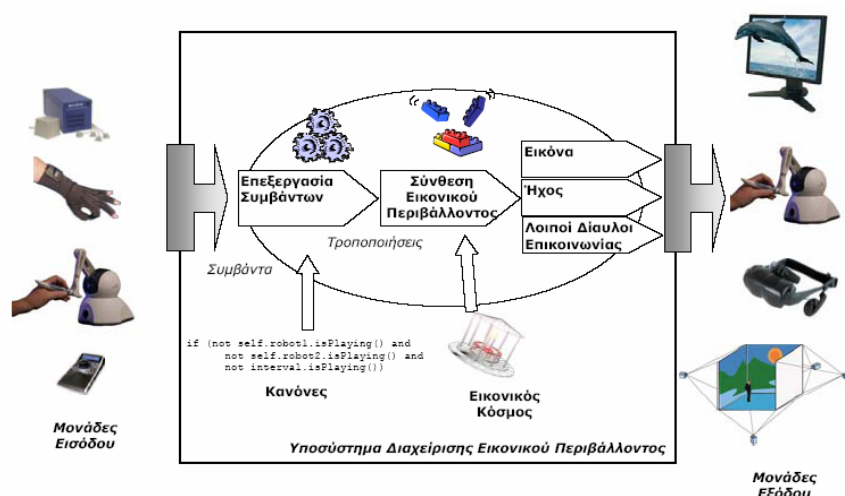
Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

2.1 Εισαγωγή

Παρά το γεγονός της ευρείας χρήσης που γνωρίζει τα τελευταία χρόνια, η εικονική πραγματικότητα παραμένει μία καινούρια και πολυσύνθετη τεχνολογία. Γι' αυτόν το λόγο, όπως φάνηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, υπάρχουν πολλές και διαφορετικές προσεγγίσεις όσον αφορά τον ακριβή καθορισμό της έννοιάς της. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στην κατηγοριοποίηση των συστημάτων της. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές προσπάθειες να κατηγοριοποιηθούν τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας, ωστόσο, κάθε μία από αυτές αντιμετωπίζει το πρόβλημα από διαφορετική οπτική γωνία θέτοντας τα δικά της κριτήρια. Οι περισσότερες προσπάθειες κατηγοριοποίησης χρησιμοποιούν κριτήρια όπως: η τεχνολογία και ο εξοπλισμός υποστήριξης, οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης και διασύνδεσης με το χρήστη καθώς επίσης και ο τρόπος χρησιμοποίησης της ίδιας της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική, τα λειτουργικά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας. Στη συνέχεια θα ακολουθήσει η κατηγοριοποίηση των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας με βάση το βαθμό εμπύθισης του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον. Τέλος θα γίνει αναφορά στον εξοπλισμό που απαιτείται για την δημιουργία μιας εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας.

2.2 Αρχιτεκτονική συστημάτων

Η γενική αρχιτεκτονική ενός συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας παρουσιάζεται στην εικόνα 2.1.²⁰



Εικόνα 2.1 Αρχιτεκτονική συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας

²⁰ Λέπουρας Γιώργος, Πλατής Νίκος (2006). 'Τεχνολογία Πολυμέσων & Εικονικής Πραγματικότητας

Τα βασικά μέρη που αποτελούν μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας είναι: Διαδικασίες Εισόδου (Input Process), Διαδικασία Προσομοίωσης (Simulation Process), Διαδικασίες Φωτοαπόδοσης (Rendering Process) και η Βάση Δεδομένων (World Database). Βασικός συντελεστής για τη σωστή διεκπεραίωση των διεργασιών αυτών είναι ο χρόνος εκτέλεσης. Αν υπάρχει καθυστέρηση στο χρόνο, υποβιβάζεται η ποιότητα που παρέχεται στον τελικό χρήστη, ο οποίος εξερευνά τον εικονικό κόσμο. Στη συνέχεια γίνεται μία ανάλυση για κάθε μία από τις διαδικασίες που προαναφέρθηκαν.

2.2.1 Διαδικασίες Εισόδου (Input Process)

Οι Διαδικασίες Εισόδου (Input Processes)²¹ ελέγχουν τις συσκευές που χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή πληροφοριών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία συσκευών εισόδου. Μερικές από αυτές είναι: γάντια, ποντίκι, χειριστήριο (joystick), πληκτρολόγιο, συσκευές κατάδειξης όπως ποντίκι τριών διαστάσεων, βραχίονες, 3D και 6D συσκευές εντοπισμού θέσης (position trackers) και άλλες. Επίσης μπορεί κάποιες από τις μονάδες εισόδου να είναι ταυτόχρονα και μονάδες εξόδου. Για παράδειγμα, ένας βραχίονας με ανάδραση μεταφράζει τις κινήσεις του χεριού του χρήστη σε συμβάντα ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μεταφέρει στο χρήστη την αίσθηση κάποιας δύναμης. Στη περίπτωση που η εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας είναι δικτυακή, θα πρέπει να μπορεί να διαχειρίζεται τις πληροφορίες που εισάγονται σε αυτήν από το δίκτυο. Το κρίσιμο σημείο στην επεξεργασία εισόδων σε μια VR εφαρμογή είναι η επίτευξη όσο το δυνατό μικρότερης χρονικής καθυστέρησης για την αποστολή των πληροφοριών που εισάγονται προς το υπόλοιπο σύστημα.

Πολλές φορές οι διαδικασίες εισόδου περιλαμβάνουν και διαδικασίες φιλτραρίσματος και εξομάλυνσης των δεδομένων εισόδου. Αν στο σύστημα είναι συνδεδεμένο κάποιο γάντι ως συσκευή εισόδου, τότε οι διαδικασίες εισόδου είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν και μία διαδικασία αναγνώρισης χειρονομίας. Σε αυτό το στάδιο της επεξεργασίας διαβάζονται οι πληροφορίες που εισάγονται από το γάντι και καθορίζεται το κατά πόσο έχει γίνει μία συγκεκριμένη χειρονομία.

2.2.2 Διαδικασία Προσομοίωσης (Simulation Process)

Η Διαδικασία Προσομοίωσης (Simulation process)²² αποτελεί το κυριότερο μέρος σε μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας. Επεξεργάζεται τις πληροφορίες που προέρχονται από τις διαδικασίες εισόδου και που υποδηλώνουν αλληλεπίδραση του χρήστη μέσα στο εικονικό περιβάλλον με στόχο τη αναγνώριση των κινήσεων του. Χειρίζεται τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα, τη συμπεριφορά των αντικειμένων που καθορίζεται από τον αντίστοιχο κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού (scripting language), την εξομίωση του όλου συστήματος και γενικά γνωρίζει την κατάσταση του εικονικού κόσμου κάθε χρονική στιγμή. Η εφαρμογή επεξεργάζεται τα συμβάντα όπως μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού οδηγούμενη από γεγονότα. Επομένως κατά την επεξεργασία των συμβάντων λαμβάνονται υπόψη κανόνες που επηρεάζουν τη διάδραση του χρήστη καθώς και το ίδιο το εικονικό περιβάλλον. Η γενική μορφή αυτών των κανόνων είναι «Εάν συμβάν Τότε ...» (if – then). Για παράδειγμα, μπορεί να καθορίζονται

²¹ Jerry Isdale (1998), 'What Is Virtual Reality? A Web-Based Introduction' Version 4 – Draft 1, September 1998
<http://vr.isdale.com/WhatIsVR/noframes/WhatIsVR4.1.html>

²² Jerry Isdale (1998), όπ.π.

κανόνες της μορφής «εάν ο χρήστης εισέλθει σε μια συγκεκριμένη περιοχή δείξε το κατάλληλο κείμενο». Στην ουσία, είναι μία διακριτή διαδικασία που εκτελείται επαναληπτικά ανά τακτό χρονικό διάστημα που ονομάζεται χρονικό βήμα (time step). Σε μία δικτυακή εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας, είναι δυνατόν να υπάρχουν πολλές διαδικασίες προσομοίωσης που εκτελούνται σε διαφορετικά μηχανήματα και η κάθε μία να έχει το δικό της χρονικό βήμα (time step). Στην περίπτωση αυτή η δυσκολία έγκειται στην προσπάθεια συγχρονισμού των ξεχωριστών αυτών διαδικασιών προσομοίωσης. Σε προσαρμοστικά (adaptive) συστήματα οι κανόνες μπορούν να τροποποιούνται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του συστήματος εικονικής πραγματικότητας. Στη συνέχεια, η όποια ανάγκη για τροποποιήσεις καταγράφεται και χρησιμοποιείται για να συντεθεί με βάση το υφιστάμενο μοντέλο του κόσμου, το νέο εικονικό περιβάλλον.

Γενικά μπορούμε να πούμε πως η διαδικασία προσομοίωσης δέχεται τις εισόδους από το χρήστη και ανάλογα με τις προγραμματισμένες μέσα στον εικονικό κόσμο διαδικασίες (ανίχνευση συγκρούσεων, σενάρια λειτουργίας κ.λ.π.), καθορίζει τα γεγονότα που θα πρέπει να συμβούν μέσα στον εικονικό κόσμο.

2.2.3 Διαδικασίες Φωτοαπόδοσης (Rendering Process)

Οι Διαδικασίες Φωτοαπόδοσης (Rendering Processes)²³ αποδίδουν στο χρήστη την εικόνα του εικονικού κόσμου. Δημιουργούν τις αισθήσεις και αποτελούν διαδικασίες εξόδου. Το τελικό εικονικό περιβάλλον παρουσιάζεται μέσω των συσκευών εξόδου. Όταν η εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας είναι δικτυακή, κάθε μια διαδικασία εξάγει δεδομένα και στις υπόλοιπες, εκτός από τον τελικό χρήστη. Αφού οι διαδικασίες φωτοαπόδοσης δημιουργούν τις αισθήσεις, είναι φυσιολογικό να υπάρχει μία τέτοια διαδικασία για κάθε μία από τις πιθανές αισθήσεις που μπορεί να δημιουργήσει στο χρήστη μία εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας. Κάθε μία από αυτές δέχεται σαν είσοδο μία περιγραφή της κατάστασης του εικονικού κόσμου είτε από τη διαδικασία προσομοίωσης είτε απευθείας από τη βάση δεδομένων του κόσμου (World Database). Οι Διαδικασίες Φωτοαπόδοσης διακρίνονται σε κάποιες κατηγορίες ανάλογα με το είδος της εξόδου στον τελικό χρήστη:

- **Οπτική Φωτοσκίαση (Visual Rendering)**

Η Οπτική Φωτοσκίαση είναι η πιο κοινή διαδικασία και ιστορικά κάνει την εμφάνισή της στις εφαρμογές γραφικών (computer graphics) και στη δυναμική κίνηση ομοιωμάτων (animation). Βασικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας αυτής είναι ο ρυθμός ανανέωσης των εικόνων (frames). Για να είναι αρκετά καλή η απόδοση του γραφικού περιβάλλοντος είναι απαραίτητο να καθοριστεί ρυθμός τουλάχιστον 20 fps (εικόνες ανά δευτερόλεπτο - frame per second). Με αυτόν τον ρυθμό ο επιτυγχάνεται η οπτική αδράνεια του αμφιβληστροειδή του ανθρώπινου ματιού, που σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η αντίληψη των διαλείψεων που υπάρχουν ανάμεσα στις εικόνες και δημιουργείται η εντύπωση μιας συνεχούς απεικόνισης της ίδιας της κίνησης (μεταίσθημα).

Η διαδικασία της οπτικής φωτοσκίασης αναφέρεται συχνά και ως διαδικασία μεταφοράς εικόνων στο χρήστη (rendering pipeline). Η ονομασία αυτή έχει να κάνει με τη σειρά των επιμέρους υπό-διαδικασιών που μπαίνουν σε λειτουργία προκειμένου να δημιουργηθεί καθεμία από τις εικόνες. Μία διαδικασία μεταφοράς αρχίζει με μία περιγραφή του εικονικού κόσμου, των αντικειμένων που αυτός περιέχει, του φωτισμού στον εικονικό κόσμο καθώς και της θέσης από την οποία ο χρήστης βλέπει

²³ Jerry Isdale (1998), όπ.π.

στον εικονικό κόσμο (viewpoint). Το επόμενο βήμα είναι η εξαφάνιση όλων εκείνων των αντικειμένων που δεν είναι ορατά στο χρήστη από τη συγκεκριμένη οπτική γωνία. Στη συνέχεια, μετασχηματίζεται η γεωμετρία των αντικειμένων που έχουν απομείνει, πάντα με βάση την οπτική γωνία από την οποία θεωρούμε πως ο χρήστης βλέπει τον εικονικό κόσμο. Το επόμενο και τελευταίο, στην ουσία, βήμα είναι αυτό που ονομάζεται απόδοση εικονοστοιχείων (pixel rendering).

Είναι επίσης γνωστό ως αλγόριθμος φωτισμού ή σκίασης (lighting ή shading algorithm). Υπάρχουν διάφορες δυνατές μέθοδοι υλοποίησης ανάλογα με την ποιότητα ρεαλισμού και την υπολογιστική ισχύ που απαιτείται. Η απλούστερη μέθοδος ονομάζεται επίπεδη σκίαση (flat shading) η οποία απλώς γεμίζει ολόκληρη την περιοχή με το ίδιο χρώμα. Η αμέσως πιο πολύπλοκη παρέχει κάποια διαφοροποίηση στο χρωματισμό κατά μήκος των διαφόρων επιφανειών. Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή σκίασης στις διάφορες επιφάνειες, η προσθήκη φωτισμού ξεχωριστού σε κάθε αντικείμενο, η ύπαρξη αντανάκλασης κ.λ.π.

Μία αποτελεσματική συντόμευση της διαδικασίας της οπτικής φωτοσκίασης είναι η χρησιμοποίηση υφών (textures) στα αντικείμενα του εικονικού κόσμου. Αυτά στην ουσία είναι εικόνες που προσκολλώνται στις επιφάνειες των αντικειμένων. Με αυτό τον τρόπο, ο μηχανισμός φωτοσκίασης αντί να υπολογίζει το φωτισμό και τη σκίαση του αντικειμένου, καθορίζει το τμήμα της υφής που είναι ορατό στο χρήστη από τη συγκεκριμένη οπτική γωνία που αυτός βλέπει το αντικείμενο. Το αποτέλεσμα που προκύπτει δίνει τις περισσότερες φορές στο χρήστη την αίσθηση ότι η αναπαράσταση των αντικειμένων είναι πιο λεπτομερής. Μερικά συστήματα VR παρέχουν ειδικά αντικείμενα 'billboard' τα οποία εμφανίζονται πάντα από την οπτική γωνία που βλέπει ο χρήστης. Με τη τοποθέτηση μιας σειράς διαφορετικών εικόνων πάνω στα αντικείμενα 'billboard', ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει την αίσθηση κίνησης γύρω από το αντικείμενο.

- **Απόδοση Ήχου (Auditory Rendering)**

Η εμπύθιση σε μια εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη μιας μονάδας παραγωγής ήχου. Με αυτόν τον τρόπο αποκόπτεται και η ακοή του χρήστη με τον πραγματικό κόσμο και εμβυθίζεται περισσότερο στον εικονικό. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μονοφωνική, στερεοφωνική ή και 3D ηχητική υποστήριξη. Η τελευταία περίπτωση είναι σχετικά δύσκολη στην υλοποίηση. Παρόλα αυτά η έρευνα γύρω από την παραγωγή τρισδιάστατου ήχου έδειξε ότι υπάρχουν πολλά θέματα που σχετίζονται με το σχήμα του εγκεφάλου και των αυτιών που επηρεάζουν την αναγνώριση τρισδιάστατων ήχων. Είναι δυνατή η εφαρμογή μίας πολύπλοκης μαθηματικής συνάρτησης, που ονομάζεται Συνάρτηση Μεταφοράς Κεφαλής (Head Related Transfer Function - HRTF), σε κάποιον ήχο, προκειμένου να προκύψει αυτό το αποτέλεσμα, να μετασχηματιστεί δηλαδή σε τρισδιάστατος. Η συνάρτηση αυτή εξαρτάται σημαντικά από το σχήμα του αυτιού του καθενός καθώς και από άλλους παραπλήσιους παράγοντες. Παρόλα αυτά έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες για τη δημιουργία γενικών συναρτήσεων που να είναι εφαρμόσιμες στην πλειονοψηφία των ανθρώπων.

Ταυτόχρονα ο ήχος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένα μέσο παροχής, στο χρήστη, πληροφορίας σχετικά με την τραχύτητα των επιφανειών. Για παράδειγμα, όταν ο χρήστης κινείται σε επιφάνεια που θεωρούμε πως υπάρχει άμμος, το ηχητικό αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι διαφορετικό από αυτό που θα παράγεται όταν θεωρούμε πως κινείται σε επιφάνεια που καλύπτεται από πέτρες.

- **Απτική Διασύνδεση Χρήστη (Haptic Rendering)**

Η διαδικασία της Απτικής Διασύνδεσης είναι η προσπάθεια δημιουργίας στον χρήστη, της αίσθησης της αφής. Ο τομέας αυτός της επιστήμης είναι σχετικά νέος και το πεδίο έρευνας είναι ευρύ. Κάποιες μελέτες έχουν γίνει σχετικά με την δημιουργία πραγματικής αίσθησης αφής έτσι ώστε ο χρήστης να αισθάνεται για παράδειγμα υγρασία αν στον εικονικό κόσμο που περιπλανείται ακουμπά πάνω σε μία υγρή επιφάνεια. Παρόλα αυτά τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα βρίσκονται μάλλον μακριά από τα επιθυμητά επίπεδα.

- **Άλλες αισθήσεις**

Η αίσθηση της ισορροπίας και της κίνησης μπορεί να παραχθεί σε σημαντικό βαθμό από μία εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας με τη χρησιμοποίηση μίας πλατφόρμας κίνησης. Τέτοιες πλατφόρμες χρησιμοποιούνται συνήθως σε εξομοιωτές πτήσης.

Η αίσθηση της θερμοκρασίας είναι δυνατόν να αποδοθεί με τη χρησιμοποίηση πολύ μικρών ηλεκτρικών θερμικών μονάδων, οι οποίες μπορούν να παράγουν την αίσθηση του κρύου και του ζεστού σε μία περιορισμένου χώρου περιοχή. Όμως τα συστήματα αυτά έχουν σχετικά υψηλό κόστος.

Η παραπάνω απλή αρχιτεκτονική μπορεί να εμπλουτισθεί με επιμέρους υποσυστήματα ανάλογα με την περίπτωση. Εάν, για παράδειγμα, το σύστημα εικονικής πραγματικότητας επιτρέπει την ταυτόχρονη παρουσία και διάδραση διαφορετικών χρηστών μέσα στον εικονικό κόσμο θα πρέπει κατά τη σύνθεση του εικονικού περιβάλλοντος να λαμβάνεται υπόψη η παρουσία και των υπολοίπων χρηστών μέσα στο εικονικό περιβάλλον.

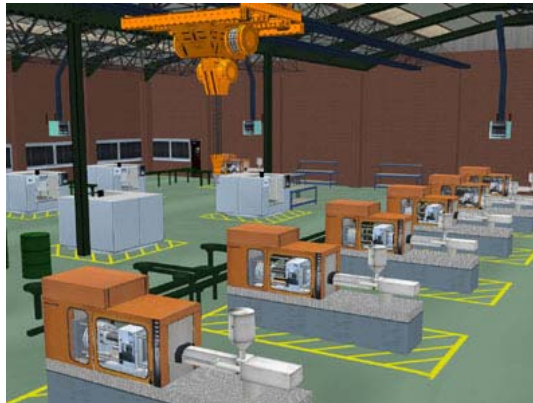
2.3 Λειτουργικά χαρακτηριστικά συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας

- **Τρισδιάστατη Οπτικοποίηση Δεδομένων**



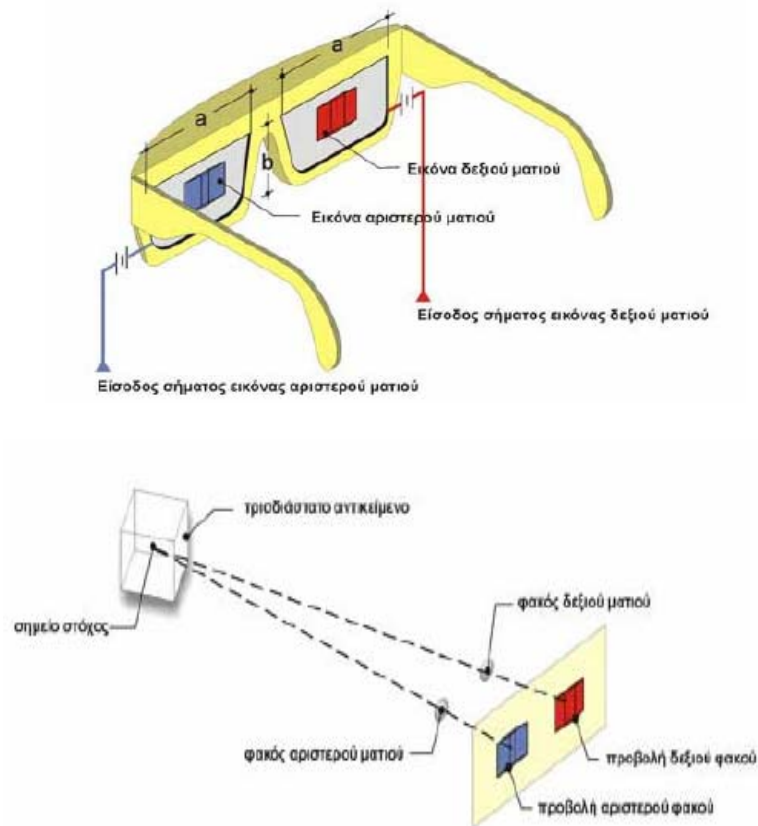
Εικόνα 2.2 Οπτικοποίηση εικονικού αυτοκινήτου σε σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας (εικόνα Parametric Technology Inc.)

- **Περιήγηση στο εικονικό περιβάλλον**



Εικόνα 2.3 Εικονικό περιβάλλον εργοστασίου (εικόνα PERA)

- **Η τρισδιάστατη στερεοσκοπική εικόνα**



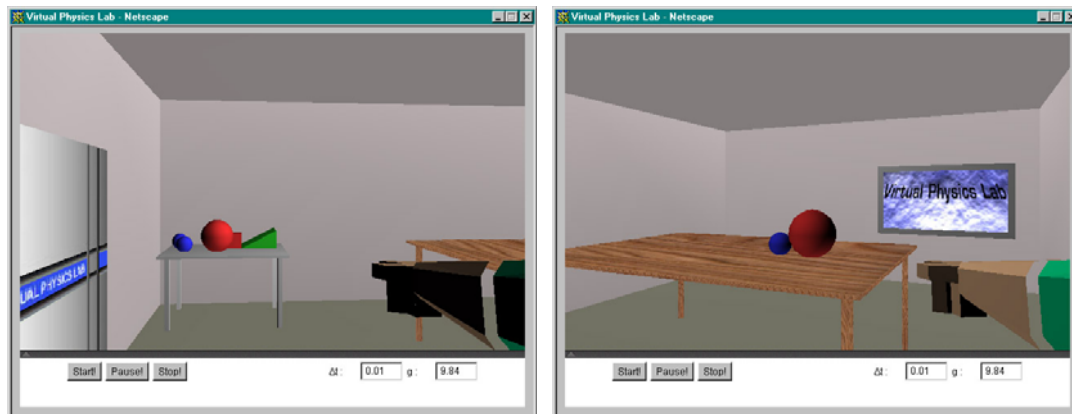
Εικόνα 2.4 Ο άνθρωπος χρειάζεται δύο εικόνες του ίδιου αντικειμένου, μία από τη θέση του αριστερού ματιού και μία από θέση του δεξιού ματιού, για να έχει πραγματική αίσθηση και των τριών διαστάσεων του χώρου (την τέταρτη διάσταση του χρόνου, την αντιλαμβάνεται με τη διαδοχή των εικόνων με την κίνηση)

- Αλληλεπίδραση με αντικείμενα στο εικονικό περιβάλλον



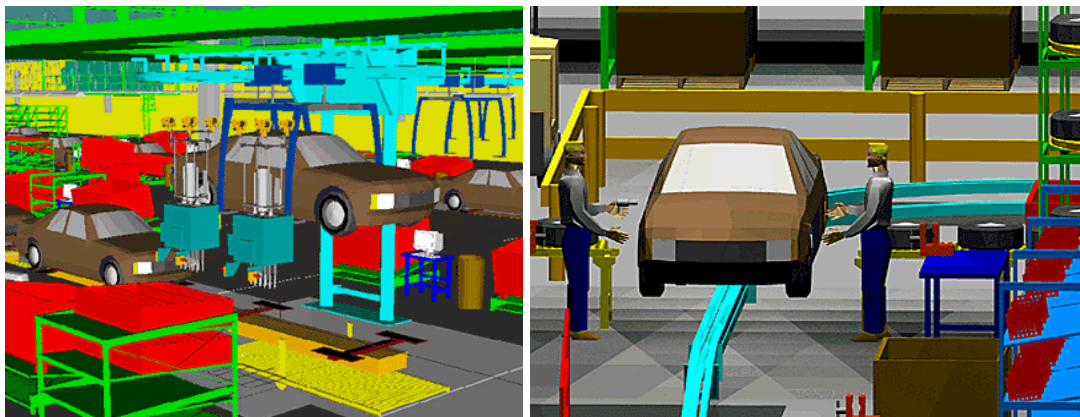
Εικόνα 2.5 Γάντι δεδομένων Cyberglove της Virtual Technologies (εικόνα VTI)

- Προσομοίωση φυσικών φαινομένων



Εικόνα 2.6 Προσομοίωση βαρύτητας σφαίρας και σύγκρουσης δύο σφαιρών²⁴

- Εικονικό Περιβάλλον

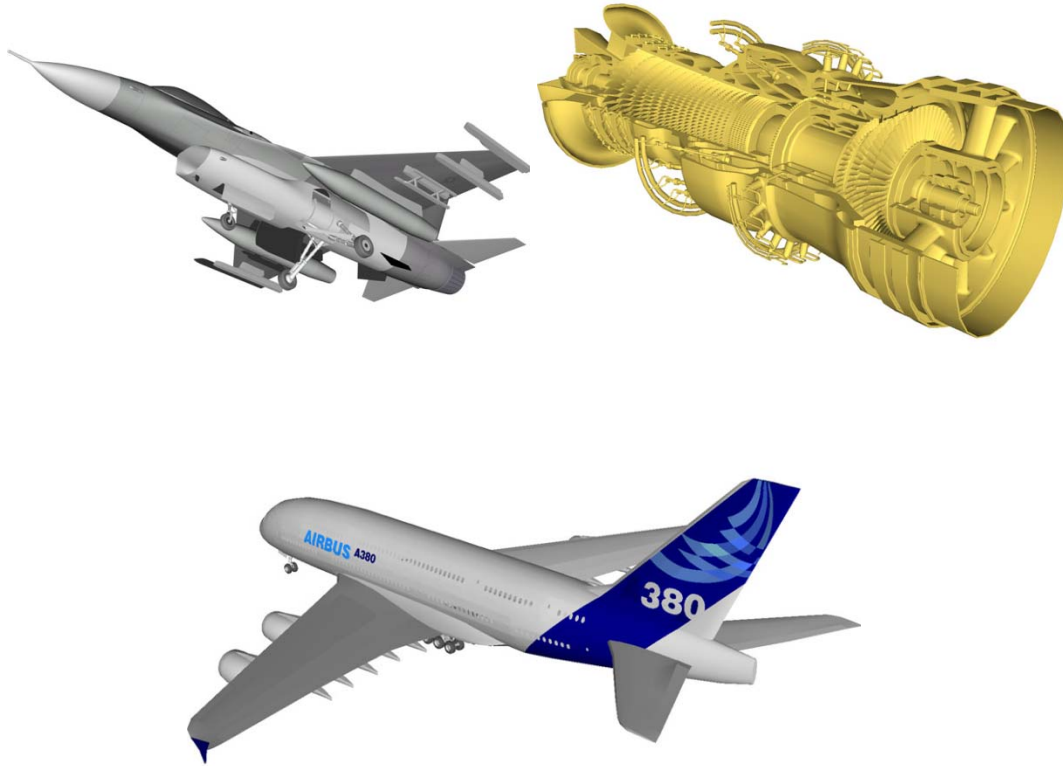


Εικόνα 2.7 Εικονικό περιβάλλον εργοστασίου αυτοκινητοβιομηχανίας

²⁴ Nikos Avradinis, Spyros Vosinakis, Themis Panayiotopoulos 'Using Virtual Reality Techniques for the Simulation of Physics Experiments'

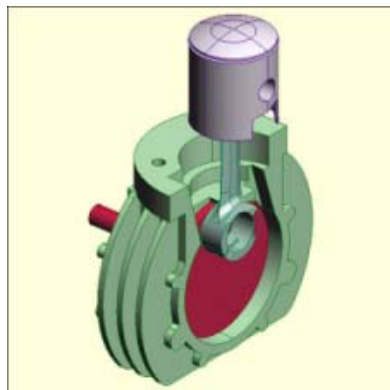
2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας

- Μοντελοποίηση αντικειμένων



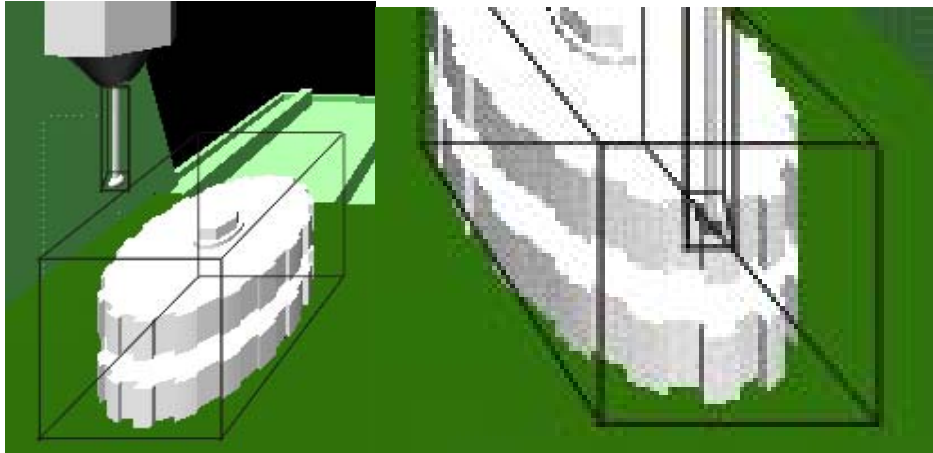
Εικόνα 2.8 Τρισδιάστατα Μοντέλα της αεροπορικής βιομηχανίας σχεδιασμένα σε συστήματα CAD

- Περιορισμοί κίνησης στα εικονικά αντικείμενα



Εικόνα 2.9 Εικονικό μοντέλο δίχρονου κινητήρα με περιορισμούς στην κίνηση των επιμέρους τμημάτων (εικόνα Parametric Technology Inc.).

- Έλεγχος συγκρούσεων



Εικόνα 2.10 Μη τεμνόμενα και τεμνόμενα αντικείμενα, με βάση του όγκους που τα οριοθετούν για ανίχνευση συγκρούσεων (εικόνα του Industrial Virtual Reality Institute)

- Οπτικοποίηση τρισδιάστατων χώρων



Εικόνα 2.11 Οπτικοποίηση εσωτερικού χώρου αεροσκάφους για αξιολόγηση εργονομίας

- Φωτορεαλιστική απεικόνιση γεωμετρικών μοντέλων
- Τεχνικές αύξησης του ρεαλισμού σε μια φωτορεαλιστική απεικόνιση



Εικόνα 2.12 Bump mapping. (εικόνα Evans & Sutherland Computer Corporation, Salt Lake City, Utah, USA)

- Απόδοση υφής στις επιφάνειες



Εικόνα 2.13 Γεωμετρικό μοντέλο εσωτερικού κτιρίου με απόδοση υφής για τούβλο και πλακάκι στις αντίστοιχες επιφάνειες (εικόνα Light Work Design)

- Σκίαση



Εικόνα 2.14 Απεικόνιση εσωτερικού αυτοκινήτου με τη χρήση της τεχνικής φωτισμού radiosity (εικόνα της LightWork design)

- Απεικόνιση ομίχλης - Απεικόνιση διαφανών αντικειμένων

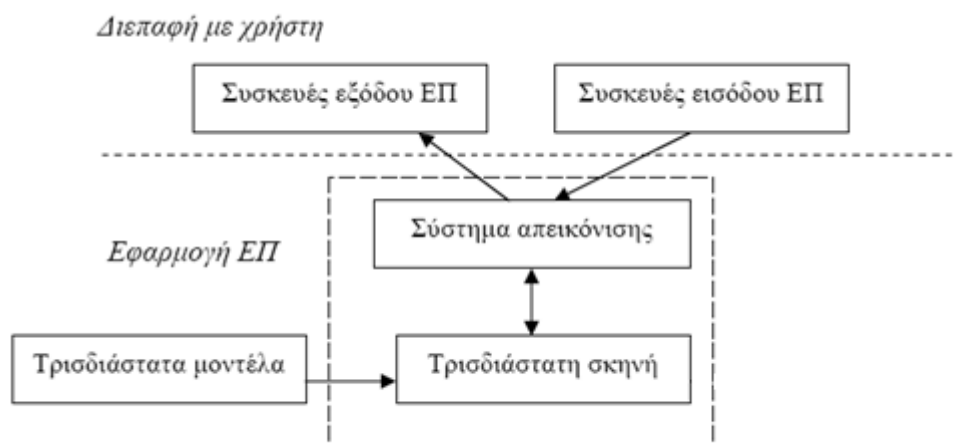


Εικόνα 2.15 Απεικόνιση ομίχλης. (εικόνα Evans & Sutherland Computer Corporation, Salt Lake City, Utah, USA)

2.5 Ταξινόμηση της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας

Για την καλύτερη παρουσίαση του που βρίσκεται η τεχνολογία VR είναι αναγκαία κάποια μορφή ταξινόμησης. Η ταξινόμηση θα γίνει σε σχέση με τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης αντιλαμβάνεται το Εικονικό Περιβάλλον. Αυτός ο τρόπος είναι πρωταρχικά εξαρτημένος από τις Συσκευές Εισόδου, οι οποίες του παρέχουν τις απεικονίσεις πληροφοριών. Κατά προέκταση γίνεται και διαχωρισμός ανάλογα με το βαθμό εμπύθισης (immersion) του χρήστη στο τεχνητό περιβάλλον.

Ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας αποτελείται από τα συστατικά που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 2.1 Συστατικά στοιχεία ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας

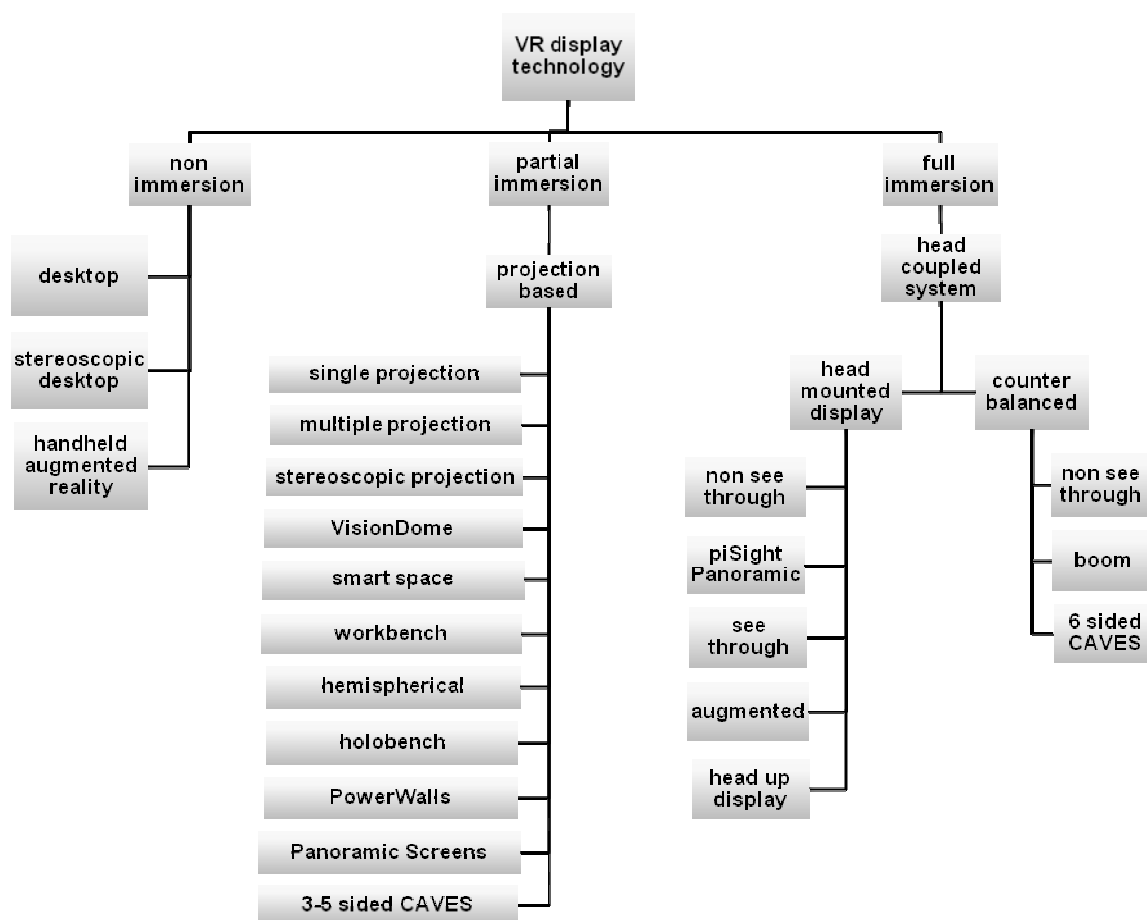
- *Σύστημα απεικόνισης (viewer) / τρισδιάστατη σκηνή:* Αυτά τα δυο στοιχεία συνδέονται στενά αφού η επιλογή του τρισδιάστατου περιβάλλοντος απεικόνισης ως σύστημα απεικόνισης υποδηλώνει μια τρισδιάστατη υλοποίηση του σκηνικού (3D scene). Η τρισδιάστατη σκηνή λαμβάνει συνεισφορές από τρισδιάστατες απεικονίσεις των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου (τρειςδιάστατα μοντέλα). Τα δυο μαζί αποτελούν την τρισδιάστατη μηχανή απεικόνισης (3D player engine).
- *Τρισδιάστατα μοντέλα του πραγματικού κόσμου*
- *Συσκευές εισόδου ΕΠ*
- *Συσκευές εξόδου ή απεικόνισης ΕΠ*

Οι χρήστες βλέπουν έναν τρισδιάστατο εικονικό κόσμο στις συσκευές εξόδου εικονικής πραγματικότητας και μπορούν να αλληλεπιδράσουν με αυτόν μέσω συσκευών εισόδου εικονικής πραγματικότητας. Ένα σύστημα απεικόνισης (viewer) περιέχει μια τρισδιάστατη σκηνή η οποία αποτελείται από τρισδιάστατα μοντέλα και (πιθανώς) από ένα μοντέλο του περιβάλλοντος που καθοδηγεί τις συσκευές εισόδου και εξόδου. Η τρισδιάστατη σκηνή είναι μια δυναμική δομή δεδομένων η οποία περιέχει όλη την πληροφορία που η εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας πρόκειται να δείξει στο χρήστη. Τα τρισδιάστατα μοντέλα περιγράφουν τις κλάσεις των ορατών αντικειμένων της τρισδιάστατης σκηνής. Το μοντέλο του περιβάλλοντος περιγράφει το τοπίο σε τρισδιάστατη μορφή και η μηχανή απεικόνισης το απεικονίζει.

Έτσι ανάλογα με τη συσκευή οπτικής απεικόνισης μπορούμε να κατατάξουμε τις εικονικές πραγματικότητες στις ακόλουθες κατηγορίες²⁵ :

1. **immersive VR (Εμβυθισμένη ΕΠ)**, όταν ο χρήστης εμβυθίζεται στο περιβάλλον μέσω ενός ειδικού κράνους Head Mounted Display (HMD)
2. **desktop VR (Επιτραπέζια ΕΠ)**, όταν χρησιμοποιείται απλά μια μονοσκοπική ή στερεοσκοπική οθόνη και η τρισδιάστατη απεικόνιση επιτυγχάνεται μέσω ειδικών γυαλιών
3. **projection-based VR (Προβολική ΕΠ)**, όταν η απεικόνιση δίνεται μέσω μονοσκοπικής ή στερεοσκοπικής προβολής από πολλαπλές οθόνες που κυκλώνουν το χρήστη
4. **mirror worlds (Κατοπτρικοί κόσμοι)**, όταν το VR σύστημα παρουσιάζει στον χρήστη κάποια απεικόνιση του εαυτού του μέσα στο εικονικό περιβάλλον, με την οποία αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο.

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση αντιστοιχίζεται στην ταξινόμηση που φαίνεται στο Σχήμα 2.2. Η εμβυθισμένη ΕΠ αντιστοιχεί στην πλήρη εμβύθιση (full immersion), η επιτραπέζια ΕΠ στην μη εμβύθιση (non immersion) και η προβολική ΕΠ στη μερική εμβύθιση (partial immersion).



Σχήμα 2.2 Κατηγοριοποίηση των συσκευών απεικόνισης εξόδου

²⁵ Χαρίτος Δ., Μαρτάκος Δ., 1999 ό.π.

Τα μοναδικά χαρακτηριστικά της εμβυθισμένης ΕΠ περιγράφονται περιληπτικά ακολούθως²⁶ :

- Θέαση, η οποία γίνεται με την κίνηση του κεφαλιού, παρέχει μια φυσική διεπαφή για πλοήγηση στον τρισδιάστατο χώρο και επιτρέπει δυνατότητες όπως κοίταγμα τριγύρω, περίπατος, ακόμα και αεροπορική πορεία (flythrough) στα εικονικά περιβάλλοντα.
- Στερεοσκοπική θέαση αυξάνει την αίσθηση του βάθους και του χώρου.
- Ο εικονικός κόσμος αναπαρίσταται σε πλήρη αναλογία και συσχετίζεται με τις ανθρώπινες αναλογίες.
- Ρεαλιστικές αλληλεπιδράσεις με εικονικά αντικείμενα μέσω γαντιών και παρόμοιων συσκευών επιτρέπουν στον χειρισμό και τον έλεγχο των εικονικών κόσμων.
- Η πειστική αυταπάτη της πλήρους εμβύθισης στον εικονικό κόσμο μπορεί να αυξηθεί με ακουστικές, απτικές και άλλες μη οπτικές τεχνολογίες.
- Δικτυακές εφαρμογές επιτρέπουν διαμοιραζόμενα εικονικά περιβάλλοντα.

Η επιλογή ενός από τα πιο πάνω είδη συστημάτων για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τη μορφή αλληλεπίδρασης του χρήστη με το σύστημα, που υπαγορεύεται από αυτή η εφαρμογή.

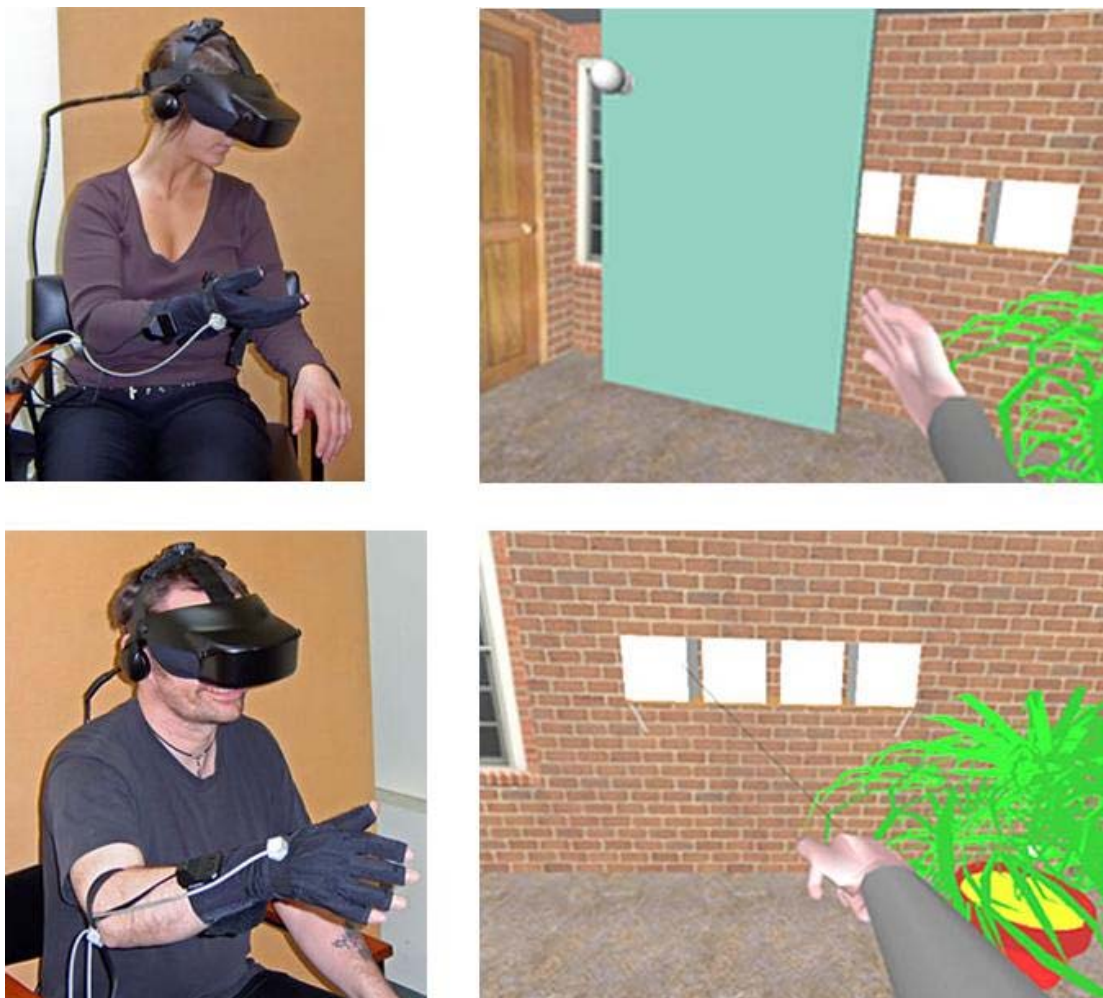
Μια εναλλακτική μορφή ταξινόμησης συστημάτων εικονικής πραγματικότητας είναι σε:

- συστήματα για ένα χρήστη (Single-user VEs)
- πολυχρηστικά δικτυωμένα συστήματα (multi-user, collaborative, distributed VEs)

2.5.1 Συστήματα Εμβυθισμένης ΕΠ (immersive VR) – Εικονικά περιβάλλοντα εμβύθισης

Σε ένα σύστημα εμβυθισμένης ΕΠ, ο χρήστης απομονώνεται από το πραγματικό περιβάλλον και βυθίζεται σε ένα τεχνητό, απεικονιστικό περιβάλλον, με το οποίο αλληλοεπιδρά με τρόπους όμοιους με αυτούς που ενεργεί στο πραγματικό. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εμβύθιση (immersion) του χρήστη είναι η χρήση ενός Κράνους Εικονικής Πραγματικότητας (Head Mounted Display - HMD), το οποίο τον απομονώνει από την πραγματικότητα ενώ συγχρόνως του δημιουργεί την ψευδαίσθηση του τεχνητού, τρισδιάστατου περιβάλλοντος. Αυτή η ψευδαίσθηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δύο μικροσκοπικών οθονών, οι οποίες προβάλλουν σε αληθινό χρόνο πάνω στο μάτι του χρήστη τις γραφικές απεικονίσεις του τεχνητού περιβάλλοντος, που θα έβλεπε το κάθε μάτι, αν αυτός πραγματικά βρισκόταν μέσα στο τεχνητό περιβάλλον.

²⁶ Beier K. P., Virtual Reality - A Short Introduction, 29 Sep. 2001, <http://www-VRL.umich.edu>.



Εικόνα 2.16 Immersive Virtual Reality

Οι κινήσεις του κεφαλιού του χρήστη εισάγονται στο σύστημα από κατάλληλους ανιχνευτές κίνησης/προσανατολισμού, και αντίστοιχα ορίζουν τις απόψεις (viewpoints) του περιβάλλοντος, που θα απεικονίσει το σύστημα, για να συντηρηθεί η ψευδαίσθηση. Πέρα από την υποτιθέμενη μεταβολή θέσης του βλέμματος του χρήστη μέσα στο εικονικό περιβάλλον, υπάρχει η δυνατότητα κίνησης στις τρεις διαστάσεις χωρίς τους περιορισμούς των φυσικών νόμων, τηλεμεταφοράς και αλληλεπίδρασης με τα διάφορα αντικείμενα που συνθέτουν το περιβάλλον, μέσω διάφορων συσκευών εισόδου (input devices). Στη συνέχεια παρουσιάζονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τα συστατικά που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία ενός συστήματος εμβυθισμένης ΕΠ.

2.5.1.1 Virtual Environment Generator – Η κεντρική μονάδα

Ο Roy Kalawsky στο βιβλίο του “The science of Virtual Reality and Virtual Environments” (1993) ονομάζει την κεντρική μονάδα ενός συστήματος εμβυθισμένης ΕΠ: “Virtual Environment Generator”.

Στην κεντρική αυτή μονάδα διακρίνουμε:

- Ένα υποσύστημα γραφικών που φέρει σε πέρας την σχεδίαση των πολυγώνων που συνθέτουν το εικονικό περιβάλλον (Virtual Environment – VE), σε πραγματικό χρόνο

- Μια βάση δεδομένων που περιγράφει γεωμετρικά το τρισδιάστατο VE, δηλαδή τα αντικείμενα που το συνθέτουν, τις κινήσεις, τη συμπεριφορά και τις άλλες ιδιότητές τους,
- Το τμήμα του υπολογιστικού εξοπλισμού που τρέχει την εφαρμογή και υπολογίζει την άποψη του εικονικού περιβάλλοντος που θα απεικονισθεί, τη θέση, τον προσανατολισμό και τη συμπεριφορά των αντικειμένων του εικονικού περιβάλλοντος, σαν αποτέλεσμα της εισόδου που δέχεται λόγω της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

Πιο συγκεκριμένα, το υποσύστημα γραφικών χρησιμοποιεί τη βάση δεδομένων, μεταφράζοντας τις αφηρημένες αριθμητικές αναπαραστάσεις σε κατάλληλα σκιασμένα πολύγωνα, τα οποία συνθέτουν μια εικόνα. Η ακολουθία από εικόνες που σχεδιάζονται σε πραγματικό χρόνο, εναλλάξ σε κάθε μια από τις δύο οθόνες του HMD, συντηρεί την τρισδιάστατη ψευδαίσθηση της πραγματικότητας. Για να γίνει όμως κάτι τέτοιο, είναι απαραίτητο το σύστημα να επανασχεδιάζει την εικόνα του εικονικού περιβάλλοντος τουλάχιστον 24-30 φορές ανά δευτερόλεπτο για κάθε μάτι. Στα σύγχρονα συστήματα γραφικών η επανασχεδίαση των εικόνων γίνεται από 120 έως 240 φορές ανά δευτερόλεπτο για κάθε μάτι.

Η γεννήτρια του εικονικού περιβάλλοντος (Virtual Environment Generator) χρειάζεται να έχει ιδιαίτερα μεγάλη υπολογιστική δύναμη, αλλά και ειδική αρχιτεκτονική που να ευνοεί την διαδικασία της σχεδίασης σε πραγματικό χρόνο. Για αυτό το λόγο, συνήθως χρησιμοποιούνται multi-processor συστήματα, όπου είτε:

- Οι επεξεργαστές δουλεύουν παράλληλα, μοιράζοντας εξίσου το φόρτο εργασίας, είτε
- Ένας κεντρικός επεξεργαστής ελέγχει άλλους, ειδικευμένους επεξεργαστές, οι οποίοι αναλαμβάνουν εργασίες όπως: σχεδίαση γραφικών, δημιουργία τρισδιάστατου ήχου και επεξεργασία δεδομένων εισόδου/εξόδου.

Η απόδοση τέτοιων συστημάτων εκτιμάται κυρίως ανάλογα με τον αριθμό πολυγώνων (z-buffered) που σχεδιάζουν ανά δευτερόλεπτο. Ο αριθμός των εικόνων (frames) που σχεδιάζει το σύστημα μέσα σε ένα δευτερόλεπτο ονομάζεται framerefresh rate. Αυτός ο ρυθμός είναι άμεσα εξαρτημένος από την πολυπλοκότητα του εικονικού περιβάλλοντος (τόσο από άποψη οπτική όσο και σε επίπεδο συμπεριφορών), δηλαδή από το μέγεθος της βάσης δεδομένων που το περιγράφει.

Για την πληρέστερη αντίληψη του τρισδιάστατου, στο εικονικό περιβάλλον, επιστρατεύονται ειδικές τεχνικές σχεδίασης, σε επίπεδο hardware, όπως: Gouraud ή Phong Shading, antialiasing, texture mapping, specular lighting, καθώς και ειδικά εφέ (π.χ. προσομοίωση ομίχλης). Η χρήση αυτών των τεχνικών παρέχει στο χρήστη περισσότερες ενδείξεις για ορθή αντίληψη βάθους μέσα στο εικονικό περιβάλλον, αλλά αυξάνει σημαντικά το φόρτο εργασίας του συστήματος, έχοντας σαν αποτέλεσμα συνήθως την αντίστοιχη μείωση του frame-refresh rate.

2.5.1.2 Συσκευές απεικόνισης (Display devices)

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εμβύθιση (immersion) του χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον είναι η χρήση ενός Κράνους Εικονικής Πραγματικότητας (HMD), σαν συσκευή απεικόνισης των οπτικών πληροφοριών που δημιουργεί το σύστημα. Η λειτουργία του HMD βασίζεται στην τοποθέτηση μιας (monoscopic) ή δύο (stereoscopic) μικροσκοπικών οθονών σε ελάχιστη απόσταση από τα μάτια του χρήστη, οι οποίες με τη βοήθεια κατάλληλων φακών του δίνουν την ψευδαίσθηση ότι πραγματικά βρίσκεται μέσα στο περιβάλλον που απεικονίζουν. Η εμβύθιση

επιτυγχάνεται λόγω του ότι ένα μεγάλο μέρος του *οπτικού πεδίου* (field of view) του χρήστη καλύπτεται από την απεικόνιση και λόγω της απομόνωσης από το πραγματικό περιβάλλον, μέσω του κράνους. Όταν ο χρήστης κινεί το κεφάλι του για να εξετάσει καλύτερα το VE, κάθε κίνηση του κεφαλιού αντιστοιχεί σε ανάλογη μεταβολή της άποψης (viewpoint) του VE που σχεδιάζεται στις οθόνες του HMD.

Οι βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των οθονών ενός HMD είναι:

- **Cathode Ray Tubes (CRT)**: όμοια τεχνολογία με αυτή μιας οικιακής τηλεόρασης, θεωρείται η καλύτερη επιλογή από άποψη ανάλυσης, ευκρίνειας και κοντράστ της εικόνας. Τα μειονεκτήματα τέτοιων HMD είναι το μεγάλο βάρος, η υψηλή τους τιμή και η πιθανότητα πρόκλησης προβλήματος υγείας στον χρήστη, λόγω ακτινοβολίας.
- **Liquid Crystal Displays (LCD)**: οι οθόνες αυτές έχουν μικρότερο βάρος, μικρότερες απαιτήσεις σε ισχύ ρεύματος, στοιχίζουν πολύ λιγότερο και δεν παρουσιάζουν κανένα κίνδυνο για την υγεία του χρήστη. Η ανάλυση εικόνας που προσφέρουν όμως είναι πολύ χαμηλή και το refresh rate τους αργό. Η τεχνολογία TFT έχει βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα εικόνας τέτοιων displays, αλλά το κόστος είναι αρκετά υψηλό.

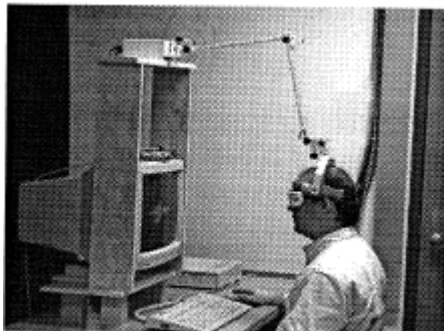
Άλλες, λιγότερο διαδεδομένες τεχνολογίες απεικόνισης, που χρησιμοποιούνται σε HMD είναι:

- το “light pipe”, δηλαδή ένα σύστημα που χρησιμοποιεί μια δεσμίδα από παραλληλισμένες ίνες fiber optics για να μεταφέρει μια εικόνα, και να την προβάλλει στο μάτι, μέσω μιας σειράς φακών. Η ανάλυση είναι ιδιαίτερα υψηλή αλλά και το κόστος πάρα πολύ μεγάλο.
- “Virtual Retinal Laser Scanner”, είναι μια τεχνολογία που αναπτύσσεται στο γνωστό (για την έρευνα σε VR) Human Interface Technology Laboratory (HIT Lab) του Πανεπιστημίου της Washington στο Seattle. Στο σύστημα αυτό, μιας χαμηλής ισχύος ακτίνα laser χρησιμοποιείται για να σχεδιαστεί μια εικόνα κατευθείαν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Η ανάλυση και το refresh rate δείχνουν να είναι υψηλά, αλλά η τεχνολογία αυτή βρίσκεται ακόμα σε τελείως πειραματικό στάδιο. Μολονότι αυτή η μέθοδος παρουσιάζει μερικά σχεδόν αξεπέραστα προβλήματα στην ανάπτυξή της, η πιθανή επιτυχημένη εφαρμογή της στο απώτερο μέλλον, δείχνει να προσεγγίζει, περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη, την ολοκληρωτική εμβύθιση στο VE.

Για εφαρμογές που δεν είναι αναγκαία η ολική εμβύθιση, υπάρχει η λύση της απεικόνισης μέσω του Head Coupled Display (HCD)²⁷. Το HCD είναι μια κινητή, διοπτρική συσκευή απεικόνισης, η οποία στηρίζεται στο άκρο ενός αρθρωτού βραχίονα, έτσι ώστε το όλο σύστημα να διευκολύνει την κίνηση στο χώρο με όλους τους δυνατούς τρόπους. Ο χρήστης απλά πλησιάζει τους φακούς της συσκευής, όταν θέλει να εισχωρήσει στο εικονικό περιβάλλον και κινεί το HCD με τη βοήθεια του χεριού του προς την επιθυμητή κατεύθυνση. Αυτή η μέθοδος απεικόνισης γλυτώνει το χρήστη από μερικά από τα δεινά των HMD και είναι σίγουρα ιδανική για εφαρμογές όπου χρειάζεται εναλλαγή μεταξύ immersive και desktop καταστάσεων. Πάντως, με τη χρήση HCD η κίνηση περιορίζεται από τις διαστάσεις του βραχίονα

²⁷ Kevin Wayne Arthur B. Math., ‘3D TASK PERFORMANCE USING HEAD-COUPLED STEREO DISPLAYS’
University of Waterloo, 1991, pp 14
https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/2633/ubc_1993_fall_arthur_kevin.pdf?sequence=3

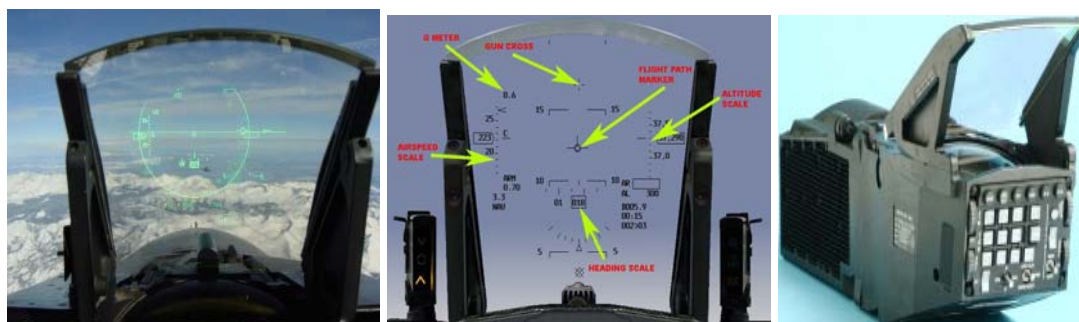
και η αίσθηση της εμβύθισης είναι μικρότερη από εκείνη που προσφέρει ένα καλό HMD.



Εικόνα 2.17 Το σύστημα Head Coupled Display

Πρέπει επίσης να αναφερθούν τα *Head Up Displays* (HUDs) τα οποία δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να εμβυθίζεται σε έναν εικονικό κόσμο όταν στρέψει το βλέμμα του προς τα επάνω, ενώ συγχρόνως του επιτρέπουν να έχει οπτική επαφή με το περιβάλλον του εάν κοιτάζει προς τα κάτω. Αυτά τα HMDs χρησιμεύουν σε εφαρμογές που ο χρήστης πρέπει να διατηρεί συγχρόνως οπτική επαφή με τον πραγματικό και τον εικονικό κόσμο και να εναλλάσσεται μεταξύ των δύο κατ' επιλογή του..

Η οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον διατηρείται και στην περίπτωση των διάφανων HMDs τα οποία χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές *ενισχυμένης πραγματικότητας* (Augmented Reality). Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο χρήστης δύναται να βλέπει τον πραγματικό χώρο γύρω του γιατί το HMD δεν τον απομονώνει από αυτό, αλλά μπορεί να βλέπει συγχρόνως να προβάλλονται μπροστά στο οπτικό του πεδίο τρισδιάστατα γραφικά τα οποία μπορεί να τον βοηθούν στο να φέρει σε πέρας κάποια λειτουργία εργαζόμενος σε πραγματικό περιβάλλον. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης του HUD είναι στα μαχητικά αεροσκάφη τρίτης και τέταρτης γενιάς δίνοντας τη δυνατότητα στο χειριστή μέσω του HUD να βλέπει τον ορίζοντα και παράλληλα να προβάλλονται απαραίτητα στοιχεία πτήσης.



Εικόνα 2.18 Το Head Up Display του αεροσκάφους F-16 Block 52+

2.5.1.3 Συστήματα ανίχνευσης θέσης και προσανατολισμού (Position –orientation tracking systems)

Για να διατηρηθεί η ψευδαίσθηση της εμβύθισης είναι αναγκαίο να δίνεται συνεχώς η εντύπωση ότι το εικονικό περιβάλλον, που εικονικά περιβάλλει το χρήστη, παραμένει σταθερό. Πρέπει λοιπόν οι πραγματικές κινήσεις του χρήστη να συμπίπτουν με τις εικονικές κινήσεις του βλέμματος και του σώματος του μέσα στο εικονικό περιβάλλον, και επομένως με την αντίστοιχη άποψη (viewpoint) του

εικονικού κόσμου που θα απεικονίσει το σύστημα. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα πρέπει να ανιχνεύει συνεχώς και με συχνότητα μεγαλύτερη από το ρυθμό εναλλαγής των εικόνων (frame rate) της γεννήτριας γραφικών, τη θέση και τον προσανατολισμό του κεφαλιού, άλλων μέρων του σώματος, ή και άλλων αντικειμένων που κινούνται μέσα στον τρισδιάστατο, πραγματικό χώρο.

Για παράδειγμα, κάποιος πομπός τοποθετείται πάνω στο HMD και εκπέμπει κάποια σήματα, τα οποία ανιχνεύονται από κατάλληλα τοποθετημένους δέκτες, καταγράφοντας έτσι την θέση και τον προσανατολισμό του HMD μέσα στο χώρο. Στη συνέχεια, τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανίχνευση αποκωδικοποιούνται, εισέρχονται στο κεντρικό σύστημα, και λειτουργούν σαν παράμετροι για την δημιουργία της οπτικοακουστικής απεικόνισης του εικονικού περιβάλλοντος, που αντιλαμβάνεται ο χρήστης, αφού ορίζουν την εικονική κίνηση του μέσα στο τεχνητό περιβάλλον. Υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες τεχνολογιών για ανίχνευση θέσης και προσανατολισμού:

1. **Ηλεκτρομηχανικά συστήματα:** ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο HMD από τον Ivan Sutherland το 1968, και στο οποίο ένας ιδιαίτερα αρθρωτός βραχίονας, αναρτημένος από την οροφή του εργαστηρίου (ο οποίος ονομάστηκε με χιουμοριστική διάθεση Δαμόκλειος Σπάθη), διάβαζε τις κινήσεις του κεφαλιού και ενημέρωνε το σύστημα. Όμοια τεχνολογία αλλά σε πιο εξελιγμένη μορφή χρησιμοποιούν τα HCD (BOOM, Cyberface) που περιγράφηκαν παραπάνω. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν μεγάλη ακρίβεια και ελάχιστη καθυστέρηση, αλλά περιορίζουν ιδιαίτερα την κίνηση του χρήστη.
2. **Ηλεκτρομαγνητικά συστήματα:** κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά από την Polhemus Navigations Systems και αποτελούν την πιο διαδεδομένη μέθοδο ανίχνευσης, σήμερα. Φορτίζοντας κατάλληλα τοποθετημένα στο χώρο πηνία με εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργούνται τρία μαγνητικά πεδία, που αντιστοιχούν στους τρεις άξονες συντεταγμένων x, y, z του τρισδιάστατου χώρου. Η κίνηση τριών άλλων πηνίων (που βρίσκονται τοποθετημένα πάνω στο HMD και αντιστοιχούν πάλι στους τρεις άξονες x, y, z) μέσα από τα τρία αυτά μαγνητικά πεδία, δημιουργεί ηλεκτρικά ρεύματα, η μεταβολή των οποίων αποκωδικοποιείται και δίνει πληροφορίες για την αλλαγή θέσης και προσανατολισμού του HMD. Το σύστημα αυτό παρουσιάζει καθυστέρηση και συχνά σφάλματα λόγω της ευαισθησίας του σε υλικά με υψηλή αγωγιμότητα (π.χ. μεταλλικές επιφάνειες), που μπορεί να βρίσκονται στο χώρο. Το πρόβλημα αυτών των σφαλμάτων περιορίζεται με τη χρήση συστημάτων συνεχούς ρεύματος (σαν τα Bird, Flock of Birds και ERT της Ascension Technology).
3. **Συστήματα ηχητικής ανίχνευσης:** και αυτή η μέθοδος δοκιμάστηκε για πρώτη φορά από τον Sutherland το 1968. Ένας ή περισσότεροι μορφομετατροπείς που βρίσκονται πάνω στο κινούμενο αντικείμενο (π.χ. HMD) εκπέμπουν υπερήχους, που προσλαμβάνονται από ένα σύνολο κατάλληλα τοποθετημένων δεκτών (μορφομετατροπέων). Καταγράφοντας είτε την χρονική διάρκεια του ακουστικού κύματος (time-of-flight method), είτε τη διαφορά φάσης του ακουστικού σήματος (phase-coherent method), μπορεί να υπολογιστεί η αλλαγή θέσης και προσανατολισμού του κινούμενου αντικείμενου στο χώρο. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται στο Logitech head tracker και στο PowerGlove της Mattel. Τα συστήματα αυτά προσφέρουν σχετική ακρίβεια εκτίμησης. Για την αποφυγή σφαλμάτων όμως είναι αναγκαία η απομόνωση του χώρου από άλλα ηχητικά σήματα και η αποφυγή

παρεμβολής οποιασδήποτε επιφανείας μεταξύ του πομπού και του δέκτη του ηχητικού σήματος.

4. **Οπτικά συστήματα:** στην πιο απλή τους μορφή, αυτά τα συστήματα κάνουν χρήση μίας (ή περισσότερων) μικρής φωτεινής πηγής και ενός συνόλου από βιντεοκάμερες, οι οποίες διοχετεύουν με video σήμα κατάλληλους αισθητήρες εικόνας, οι οποίοι ανιχνεύουν τις σχετικές μεταβολές θέσης και προσανατολισμού του κινουμένου αντικειμένου ως προς τον ανιχνευτή. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα ακριβή, σε σχέση με ηλεκτρομαγνητικά συστήματα. Έχουν όμως ανάγκη περιβαλλόντων με ειδικές συνθήκες φωτισμού, απομόνωσης από το εξωτερικό περιβάλλον και αποφυγής εμποδίων μεταξύ της φωτεινής πηγής και των συσκευών ανίχνευσης του φωτός.



Εικόνα 2.19 Ηλεκτρομαγνητικό Σύστημα προσδιορισμού θέσης Polhemus Fastrak

2.5.1.4 Συστήματα ηχητικών περιβαλλόντων

Είναι αναγκαίο να τονισθεί η σημασία της ηχητικής επικοινωνίας του VR συστήματος με τον χρήστη. Ο άνθρωπος έχει την ιδιαίτερη ικανότητα της αναγνώρισης ενός συγκεκριμένου ήχου ανάμεσα σε ένα σύνολο από ήχους και του προσδιορισμού της θέσης της ηχητικής πηγής στον τρισδιάστατο χώρο. Είναι ακόμα γεγονός ότι ο άνθρωπος μπορεί να αντιλαμβάνεται και να επεξεργάζεται οπτικές και ηχητικές πληροφορίες, συγχρόνως, με την ίδια επιδεξιότητα. Τα συστήματα ηχητικών περιβαλλόντων εκμεταλλεύονται αυτές τις ανθρώπινες ικανότητες, με στόχο να ενισχυθεί η εμπειρία της αλληλεπίδρασης σε ένα VE με ηχητικές ενδείξεις, οι οποίες συμπληρώνουν κατάλληλα το οπτικό περιβάλλον.

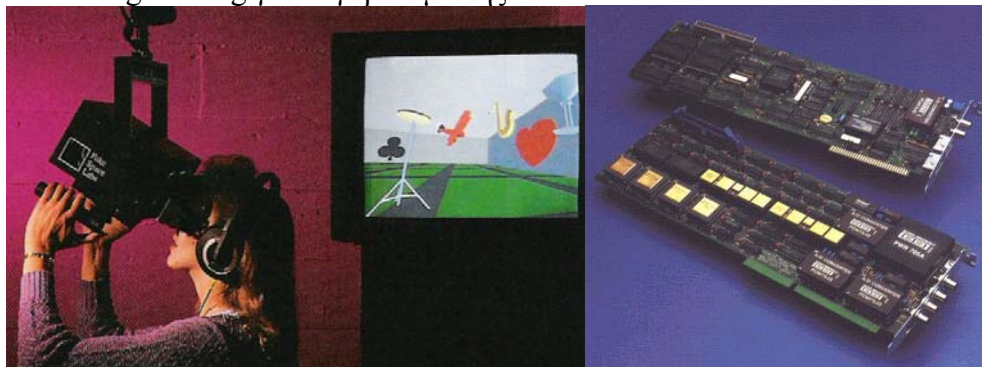
Η ηχητική επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα μπορεί να γίνει μέσω:

1. ηχητικής χωροθέτησης στις τρεις διαστάσεις,
2. αναγνώρισης της φωνής από το σύστημα (voice recognition) ή
3. συνθετικής ομιλίας από το σύστημα.

Επειδή οι περιπτώσεις (2) και (3) έχουν περισσότερο να κάνουν με άλλους τομείς της πληροφορικής, θα γίνει αναφορά μόνο στην περίπτωση (1).

Ένα παράδειγμα συστήματος τρισδιάστατης ηχητικής χωροθέτησης είναι το Convolotron, το οποίο αποτελείται από δύο κάρτες επέκτασης για IBM-compatible υπολογιστές. Πρόκειται για ένα σύστημα επεξεργασίας ήχου, το οποίο με τη βοήθεια του ισχυρού digital signal processor που διαθέτει, φιλτράρει και μεταβάλλει (convolves) ένα αναλογικό ήχο, τοποθετώντας τον σε μία συγκεκριμένη θέση στον εικονικό τρισδιάστατο χώρο του εικονικού περιβάλλοντος. Το Convolotron μπορεί να προσομοιώσει μέχρι τέσσερις ανεξάρτητες ηχητικές πηγές, κινούμενες ή στατικές. Το τελικό αποτέλεσμα ακούει ο χρήστης μέσω στερεοφωνικών ακουστικών. Το σύστημα δέχεται είσοδο από ανιχνευτή θέσης/προσανατολισμού,

έτσι ώστε να ενημερώνει το τρισδιάστατο ηχητικό μοντέλο ανάλογα με τις κινήσεις του κεφαλιού του χρήστη. Το σύστημα αυτό, κατασκευάστηκε από την εταιρεία Crystal River Engineering για λογαριασμό της NASA.



Εικόνα 2.20 Το σύστημα Convolvotron

2.5.1.5 Συστήματα απτικών – κιναισθητικών περιβαλλόντων

Τα συστήματα αυτά δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλοεπιδρά με το κεντρικό σύστημα, μέσω κατάλληλων συσκευών εισόδου/εξόδου, με τις οποίες μπορεί να κάνει διάφορες επιλογές και χειρισμούς και αντίστοιχα να δεχτεί απτικές απεικονίσεις. Με την βοήθεια αυτών των συσκευών, ο χρήστης εκμεταλλεύεται τις φυσικές του επιδεξιότητες μέσω του χειρισμού εικονικών αντικειμένων και άλλων μεταφορικών στοιχείων από τον πραγματικό κόσμο. Οι συσκευές αυτές είναι αναγκαίες και για την πλοήγηση μέσα στο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον, για αυτό και πρέπει να επιτρέπουν την κίνηση με όλους τους δυνατούς τρόπους (6 βαθμούς ελευθερίας – 6 degree of freedom movement).

Ο πλέον φυσιολογικός, ενστικτώδης τρόπος, λοιπόν, για να παρέχει πληροφορίες εισόδου ο χρήστης στο σύστημα (πέρα από την ομιλία) είναι μέσω των χεριών του. Για αυτό χρησιμοποιούνται ανάλογες συσκευές εισόδου, όπως: γάντι (glove), ραβδί (wand), ειδικά χειριστήρια (6 degree-of-freedom joysticks), που μπορούν να ανιχνεύσουν κίνηση στις τρεις διαστάσεις και που η κίνηση των οποίων ανιχνεύεται από ανιχνευτές θέσης/προσανατολισμού.

Το γάντι δεδομένων (dataglove) είναι μια συσκευή εισόδου, στην οποία χρησιμοποιούνται αισθητήρες για ανίχνευση των πραγματικών κινήσεων του χεριού και των δακτύλων του χρήστη. Τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανίχνευση χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της εικονικής αναπαράστασης του χεριού και των κινήσεων του μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Στην καλύτερη περίπτωση, κατά την οποία δεν υπάρχει σημαντική καθυστέρηση μεταξύ της πραγματικής και της εικονικής κίνησης του χεριού, ενισχύεται κατά πολύ η αίσθηση της *παρουσίας* (presence) του χρήστη μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Τα πιο γνωστά μοντέλα είναι το DataGlove της VPL, Dataglove της 5DT, το CyberGlove και το ιδιαίτερα φθηνό PowerGlove της Mattel.



Εικόνα 2.21 Το Dataglove της VLP και το Dataglove της 5DT

Η απεικόνιση της αίσθησης της αφής ή της απτικής αντίδρασης (tactile και force feedback) ενισχύει ακόμα περισσότερο την αληθοφάνεια της εμπειρίας. Οι μέχρι τώρα απόπειρες για γάντια που να παρέχουν την αίσθηση αφής βρίσκονται σε σχετικά πειραματικό στάδιο. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι το Dexterous Hand Master της Exos Inc και το ARRC Teletact Tactile Feedback Glove. Υπάρχουν όμως συσκευές που παρέχουν αρκετά πειστική απεικόνιση απτικής αντίδρασης, όπως ο ρομποτικός βραχίονας Argon Remote Manipulator (ARM), στο Πανεπιστήμιο της North Carolina, που χρησιμοποιείται για χειρισμό εικονικών μορίων σε προσομοίωση μοριακών ενώσεων.

Υπάρχουν αρκετές συσκευές εισόδου, που χρησιμοποιούνται για πλοήγηση, χειρισμό εικονικών χειριστηρίων και αλληλεπίδραση με εικονικά αντικείμενα. Όλες τους υποστηρίζουν την κίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις και την περιστροφή με τους τρεις δυνατούς τρόπους (γύρω από τους άξονες x,y,z). Οι γνωστότερες είναι: το Logitech 2D/6D mouse (με ηχητικό σήμα ανίχνευσης), το SpaceBall και το Magellan.



Εικόνα 2.22 SpaceMouse και SpaceBall

2.5.2 Συστήματα non-immersive ή desktop VR – Μή εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα

Στα Μη-Εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα δεν υπάρχει η αναγκαιότητα της εμβύθισης, αλλά το εικονικό περιβάλλον βιώνεται από το χρήστη μέσω οθόνης, ενώ όλες οι συσκευές εισόδου που περιγράφηκαν προηγούμενα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αλληλεπίδραση με το σύστημα. Ο χρήστης μπορεί να έχει τα ίδια περιθώρια αλληλεπίδρασης όπως με ένα σύστημα εμβύθισης, την ίδια ποικιλία επιλογών και δυνατότητα πλοήγησης. Το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος που η προσομοίωση απεικονίζεται μπροστά του.

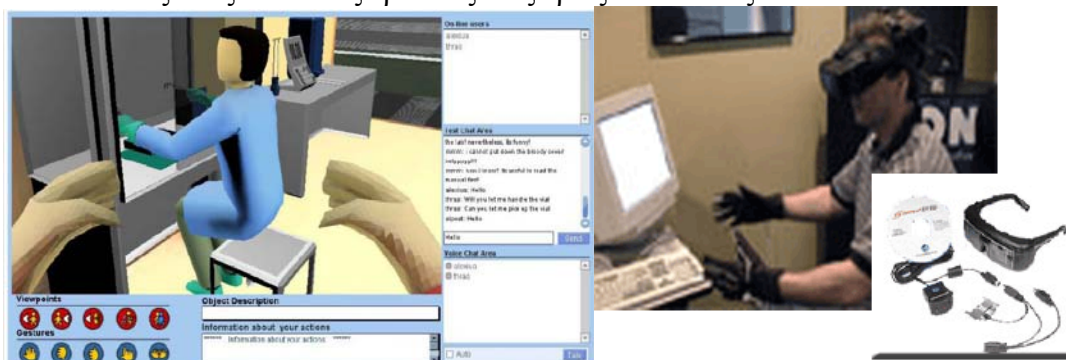
Το ότι ο χρήστης δε βυθίζεται στο εικονικό περιβάλλον αναπόφευκτα μειώνει την αίσθηση της παρουσίας (presence) μέσα σε αυτό και επαναφέρει το νοητό όριο της οθόνης ανάμεσα στον χρήστη και τον υπολογιστή. Υπάρχουν όμως αρκετές εφαρμογές στις οποίες η χρήση εμβύθισης δεν είναι απαραίτητη ή δεν είναι καν κατάλληλη, γιατί προξενεί προβλήματα. Πράγματι, το κατά πόσον πρέπει ένα σύστημα ΕΠ να είναι σύστημα Εμβυθισμένης ή Μη Εικονικής Πραγματικότητας, εξαρτάται μόνο από τις ειδικές απαιτήσεις της εφαρμογής και όχι από τον προϋπολογισμό που διατίθεται για την πραγματοποίησή του.

Ένα υψηλών προδιαγραφών σύστημα Μη-Εμβυθισμένης ΕΠ, αποτελείται από τα ίδια περίπου συστατικά με ένα σύστημα Εμβυθισμένης ΕΠ, χωρίς την ανάγκη υποστήριξης HMD. Για παροχή τρισδιάστατης απεικόνισης από το σύστημα, χρησιμοποιούνται γυαλιά με διαφράγματα LCD (shutter glasses) όπως τα Crystal Eyes της Stereo Graphics. Η λειτουργία τους βασίζεται σε μία μέθοδο για παροχή στερεοσκοπικής εικόνας, που δίνει στο χρήστη ενδείξεις για αντίληψη βάθους, μέσα στην δυσδιάστατη απεικόνιση της οθόνης.

Το κεντρικό σύστημα δημιουργεί την απεικόνιση του εικονικού περιβάλλοντος που θα έβλεπε το κάθε μάτι και οι απεικονίσεις αυτές σχεδιάζονται εναλλάξ στην οθόνη, με ρυθμό 60 εικόνες ανά δευτερόλεπτο, σε συγχρονισμό με την εναλλαγή των LCD διαφραγμάτων των γυαλιών. Έτσι κάθε μάτι βλέπει μόνο την εικόνα που του αντιστοιχεί και η όλη εναλλαγή δεν γίνεται αντιληπτή, με αποτέλεσμα ο χρήστης να αντιλαμβάνεται την οθόνη σαν τρισδιάστατη, με κάποιο σχετικό βάθος.

Ένα χαμηλών προδιαγραφών σύστημα Μη-Εμβυθισμένης ΕΠ, αποτελείται συνήθως από:

- ένα σταθμό εργασίας ενισχυμένο από μία ή περισσότερες κάρτες για επιτάχυνση γραφικών,
- οθόνη απλή, ή στερεοσκοπική (με χρήση κατάλληλου πομπού υπέρυθρου σήματος που συγχρονίζει την συχνότητα της οθόνης με εκείνη των στερεοσκοπικών γυαλιών),
- συσκευή εισόδου που μπορεί να δίνει στο σύστημα πληροφορίες κίνησης με όλους τους δυνατούς τρόπους στις τρεις διαστάσεις.



Εικόνα 2.23 Επιτραπέζιο σύστημα

2.5.3 Συστήματα Projection-based

Σε ένα projection-based σύστημα, ο χρήστης αντιλαμβάνεται το εικονικό περιβάλλον μέσω προβολής της απεικόνισης σε μία ή περισσότερες οθόνες, που τον περιβάλλουν. Η οθόνη προβολής, μολονότι καταλαμβάνει πολύ μεγαλύτερο μέρος του οπτικού πεδίου από μία CRT οθόνη, δεν παύει να λειτουργεί σαν ένα παράθυρο από όπου ο χρήστης παρακολουθεί το εικονικό περιβάλλον, ευρισκόμενος όμως

πάντα στο πραγματικό περιβάλλον. Βέβαια, όταν ο χρήστης περιβάλλεται από οθόνες προβολής, αισθάνεται ως ένα βαθμό εμβυθισμένος στο τεχνητό περιβάλλον.

Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει ένα τέτοιο σύστημα, έναντι ενός immersive, είναι η δυνατότητα να συμμετάσχουν πολλοί χρήστες ταυτόχρονα στην εμπειρία. Η χρήση shutter glasses βοηθά στην παροχή της εντύπωσης βάθους μέσα στη δυσδιάστατη οθόνη, και ενισχύει την αληθοφάνεια της εμπειρίας.

Συστήματα με οθόνες προβολής χρησιμοποιούνται συνήθως σε εξομοιωτές πτήσης και σε cab simulators, που χρησιμοποιούνται είτε για εκπαίδευση στο χειρισμό οποιουδήποτε οχήματος είτε για διασκέδαση (arcade games, entertainment centres). Στις περιπτώσεις αυτές, ο χειριστής βρίσκεται μέσα σε ένα πιστό αντίγραφο του θαλάμου πλοήγησης του οχήματος και η προσομοίωση προβάλλεται σε οθόνες που καλύπτουν τα παράθυρα θαλάμου.



Εικόνα 2.24 Συστήματα Projection-based

Ένα άλλο σημαντικό παράδειγμα χρησιμοποίησης τέτοιων συστημάτων απεικόνισης είναι “η σπηλιά” – CAVE, που κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο του Illinois στο Chicago και επινοήθηκε από την Caroline Cruz-Neira. Πρόκειται για ένα δωμάτιο, διαστάσεων 3x3x3, που περιγράφεται από τέσσερις οθόνες προβολής (στη θέση τοίχων). Τέσσερις μηχανές προβολής (projectors), ιδιαίτερα υψηλής ανάλυσης, προβάλλουν στις τρεις συνεχείς, κατακόρυφες οθόνες και στο δάπεδο του δωματίου, τις απεικονίσεις που δημιουργούνται από τέσσερις, αντίστοιχα, ειδικά ενισχυμένους για τρισδιάστατα γραφικά, σταθμούς εργασίας. Ένας χρήστης αλληλεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον και τα αντικείμενα που τον περιβάλλουν, μέσω ενός ραβδίου (wand), ενώ αρκετοί άλλοι χρήστες μπορούν ταυτόχρονα να βρίσκονται μέσα στο δωμάτιο και να βιώνουν την ίδια εμπειρία.

2.5.4 Mirror Worlds

Είναι αναγκαίο να γίνει ένας διαχωρισμός μεταξύ της τεχνολογίας της τηλερομποτικής/τηλεχειρισμού (telerobotics/teleoperation) και της ΕΠ. Ένα σύστημα ΕΠ μπορεί να λειτουργήσει σαν περιβάλλον εργασίας (interface) για ενίσχυση (augmentation) ενός συστήματος τηλεχειρισμού αλλά πιο συχνά η απεικόνιση που αντιλαμβάνεται ο χειριστής ενός τέτοιου συστήματος είναι το video σήμα από την απομακρυσμένη θέση του τηλεχειρισμού. Συστήματα ΕΠ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση διαδικασιών τηλεχειρισμού και την εκπαίδευση των μελλοντικών χειριστών στα καθήκοντα αυτά, όπως στην περίπτωση της επισκευής του διαστημικού τηλεσκοπίου (Hubble Space Telescope) στο τέλος του 93.

Στο κείμενο αυτό δεν θα επεκταθούμε σε συστήματα τηλεχειρισμού, θεωρώντας ότι έχουν μεγαλύτερη σχέση με την επιστήμη της ρομποτικής, παρά με την ΕΠ. Θεωρούμε σαν εξ ορισμού αναγκαία τη χρήση computer graphics για την απεικόνιση σε ένα εικονικό περιβάλλον. Θα αναφερθούμε όμως σε ανάλογα συστήματα, τα οποία παρουσιάζουν στο χρήστη κάποια απεικόνιση του εαυτού του, μέσα σε ένα συνθετικό εικονικό περιβάλλον, με την οποία απεικόνιση ο χρήστης αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο.

Η ιδιαιτερότητα ενός τέτοιου συστήματος έγκειται στο ότι εισάγει τον χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον, αλλά από μία θέση από την οποία ο ίδιος μπορεί να παρακολουθεί τον εαυτό του να αλληλεπιδρά με αυτό, δίνοντάς του έτσι μία μοναδική αίσθηση εξωσωματικής παρουσίας (out-of-body presence) στο τεχνητό περιβάλλον.

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ενός τέτοιου συστήματος:

1. Στην πρώτη περίπτωση η απεικόνιση του χρήστη μπορεί να είναι η πραγματική του εικόνα, η οποία προσλαμβάνεται από βιντεοκάμερα σε πραγματικό χρόνο και εισάγεται στο συνθετικό VE, όπως στο VIDEOPLACE του Myron Krueger ή στο σύστημα Mandala της Vivid Group,
2. Στη δεύτερη περίπτωση, μία οποιασδήποτε μορφής απεικόνιση που δημιουργείται από computer graphics σε πραγματικό χρόνο, με την οποία ταυτίζεται ο χρήστης, γιατί μπορεί να ελέγχει πλήρως τις κινήσεις της, σε πραγματικό χρόνο, μέσω ανιχνευτών που τοποθετούνται στο σώμα του (σύστημα τηλεχειριζόμενης animated φιγούρας WALDO).

2.6 Εικονική Αλληλεπίδραση

Όραση, ακοή, αφή, γεύση, όσφρηση αλλά και η αίσθηση του προσανατολισμού βρίσκουν στα συστήματα εικονικής πραγματικότητας εξαρτήματα που τους απευθύνονται αποκλειστικά. Αντίστοιχα, ο χρήστης ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας αντιδρά στα ερεθίσματα που δέχονται οι αισθήσεις του χρησιμοποιώντας το μυϊκό σύστημα. Οι μυϊκές κινήσεις του χρήστη διεγείρουν με την σειρά τους διάφορα αισθητήρια όργανα, τα οποία παράγουν πληροφορίες για την αλλαγή του εικονικού περιβάλλοντος μέσω του υπολογιστή. Ο σκοπός της ύπαρξης ενός τέτοιου συστήματος είναι η συμμετοχή του χρήστη σε ένα περιβάλλον όπου θα ήταν αδύνατο ή πάρα πολύ δύσκολο να βρεθεί κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Το σύστημα αυτό στηρίζεται στη σύνδεση των αισθήσεων και του μυϊκού συστήματος με ένα υπολογιστικό σύστημα μέσω ειδικών εξαρτημάτων. Η σύνδεση αυτή διευκολύνεται χάρη στη δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος, το οποίο προσομοιώνει όσο γίνεται πιο ρεαλιστικά τις συνθήκες που συναντώνται στην πραγματικότητα. Οι επιπτώσεις από την συμμετοχή του χρήστη σε ένα τέτοιο εικονικό περιβάλλον διακρίνονται σε εμπειρικές και λειτουργικές. Πράγματι ο χρήστης αποκτά προσωπική εμπειρία από την συμμετοχή του στο εικονικό περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα αποκτά μια επιχειρησιακή δυνατότητα διεκπεραιώνοντας ορισμένες λειτουργίες.

2.6.1 Απτική Διασύνδεση και Εικονικός Κόσμος

Μια απτική διασύνδεση (haptic interface) είναι μια κιναισθητική διεπαφή μεταξύ ενός ανθρώπου και ενός εικονικού περιβάλλοντος (απτικός = σχετικός με την αφή). Υπεισέρχονται δηλαδή στη διασύνδεση οι παράγοντες μυϊκές συστολές και κινήσεις του σώματος. Ο δεσμός αυτός είναι το κλειδί στην καθιέρωση της αλληλεπίδρασης σε

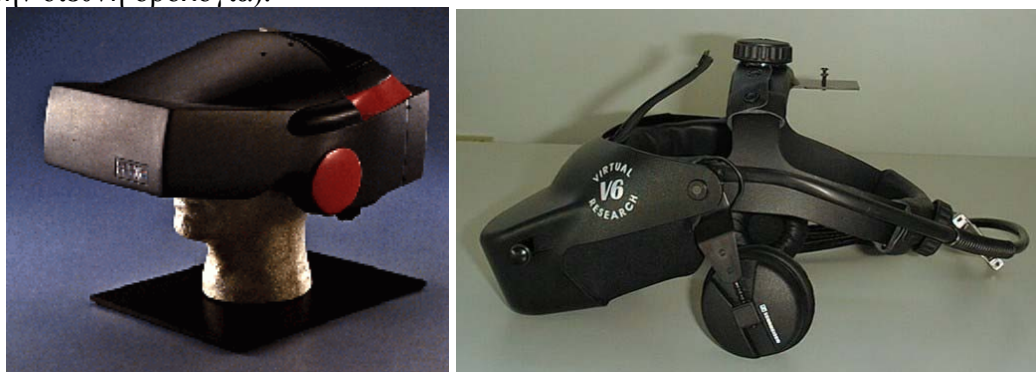
έναν εικονικό κόσμο. Ιστορικά, η επικοινωνία ανθρώπου - υπολογιστή έχει λάβει χώρα σε περιβάλλοντα όπου κυριαρχούν κανάλια πληροφοριών τα οποία είναι κανάλια μιας μόνο κατεύθυνσης. Στα κανάλια αυτά, οι οπτικές και ακουστικές πληροφορίες στέλνονται από τον υπολογιστή στο χειριστή μέσω της χρήσης συσκευών όπως είναι το ποντίκι, το πληκτρολόγιο και η οθόνη. Δεν υπάρχει καμία κιναισθητική ενεργειακή ροή προς ή από το χειριστή. Αντίθετα, στην απτική αλληλεπίδραση η φυσική ενέργεια ρέει προς δύο κατευθύνσεις, προς και από το χρήστη που βρίσκεται στο εικονικό περιβάλλον. Ένα εικονικό περιβάλλον είναι ένα παραγόμενο από υπολογιστή μοντέλο κάποιου φυσικά παρακινήμενου τοπίου / περιοχής.

2.6.2 Χρήση της Απτικής Διασύνδεσης

Χρησιμοποιώντας ειδικές συσκευές εισόδου / εξόδου (χειριστήρια, γάντια δεδομένων ή άλλες συσκευές), οι χρήστες μπορούν να δεχτούν ανάδραση από τις εφαρμογές υπολογιστών υπό μορφή απτικών αισθήσεων στο χέρι ή σε άλλα μέρη του σώματος. Η απτική τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση των χρηστών σε διεργασίες που απαιτούν συντονισμό ματιών και χεριών, όπως είναι η χειρουργική ή ο έλεγχος της πορείας διαστημικών σκαφών. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε παιχνίδια όπου ο χρήστης μπορεί να αισθάνεται τις αλληλεπιδράσεις που εκτελεί με τις εικόνες που βλέπει. Για παράδειγμα, έστω ότι παίζουμε τένις με αντίπαλο έναν άλλο χρήστη Η/Υ, ο οποίος βρίσκεται σε ένα άλλο σημείο του κόσμου. Και οι δυο μας μπορούμε να βλέπουμε την κινούμενη μπάλα και, χρησιμοποιώντας την απτική συσκευή, να τοποθετούμε και να ταλαντεύουμε την ρακέτα και να νιώθουμε τη σύγκρουσή της με το μπαλάκι. Ένας μεγάλος αριθμός πανεπιστημίων πειραματίζεται με τις απτικές τεχνολογίες. Η εταιρία Immersion Corporation προσφέρει ένα είδος απτικού χειριστηρίου πηδαλίων το οποίο χρησιμοποιείται σε εργαστήρια και στα παιχνίδια arcade. Τέλος, η απτική διασύνδεση, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, προσφέρει μια επιπλέον διάσταση σε μια εικονική πραγματικότητα ή σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον.

2.6.3 Γυαλιά Εμβύθισης - Κράνος (Head-Mounted Display, HMD)

Χρειάζεται να βάλουμε γυαλιά όταν συμμετέχουμε σε μια εμπειρία εικονικής πραγματικότητας στις περιπτώσεις που έχει σημασία να απομονωθεί ο χρήστης από το εξωτερικό περιβάλλον και να βυθιστεί μέσα στο εικονικό κόσμο που εξερευνούμε. Στην περίπτωση αυτή η αποκλειστική απασχόληση των αισθητηρίων της όρασης με τον εικονικό κόσμο ευνοεί την εμπειρία την εμβύθισης. Τα γυαλιά εμβύθισης στηρίζονται συνήθως πάνω σε κράνη εμβύθισης (Head Mounted Displays ή HMD στην διεθνή ορολογία).



Εικόνα 2.25 Κράνη Εικονικής Πραγματικότητας

Η οθόνη – κράνος είναι ένας κρίσιμος δεσμός στο εικονικό περιβάλλον και στα οπτικά συνδεδεμένα συστήματα. Οι χρήστες HMD μπορούν να βιώσουν την απορρόφηση στα παραγόμενα από υπολογιστές εικονικά περιβάλλοντα, να παρακολουθήσουν ιδιαιτέρως μία ταινία, να εκτελέσουν μια λεπτεπίλεπτη ενδοσκοπική χειρουργική διαδικασία ή να πετάξουν με ένα επιθετικό ελικόπτερο στο σκοτάδι.

Η οθόνη – κράνος παρέχει στο χρήστη ένα σύνολο ικανοτήτων που οι συμβατικές οθόνες αδυνατούν να αντιγράψουν. Μία οθόνη - κράνος μπορεί να είναι προσωπική, διαλογική, επεκτατική και εικονική. Οι φορητές τηλεοράσεις και τα video games, οι οθόνες των Η/Υ και οι μεγάλες πανοραμικές οθόνες του κινηματογράφου, μοιράζονται ένα ή το πολύ δύο από αυτά τα χαρακτηριστικά. Μόνο μία οθόνη – κράνος, όμως, παρέχει στο χρήστη μια τόσο «οικεία» οθόνη, που να μπορεί να είναι ευερέθιστη και αντιδραστική στις κινήσεις του κεφαλιού και του σώματος και να τον περιβάλλει με ένα εικονικό περιβάλλον που επεκτείνεται αρκετά πέρα από τα όρια της μικροσκοπικής πηγής εικόνας.

Τα Κράνη ΕΠ (Head Mounted Displays) διαθέτουν δυο μικροσκοπικές στερεοσκοπικές οθόνες (μία για κάθε μάτι), που προβάλλουν τις κινούμενες εικόνες του εικονικού περιβάλλοντος. Ο χρήστης αισθάνεται να «εμβυθίζεται» στο εικονικό περιβάλλον. Η παραίτηση αυτή λέγεται «τηλεπαρουσία» και επηρεάζεται από πολλούς αισθητήρες κίνησης (motion trackers) που συλλέγουν τις κινήσεις του χρήστη και ανάλογα προσαρμόζουν την απεικόνιση των οθονών σε πραγματικό χρόνο. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να εξερευνήσει τον κόσμο εικονικής πραγματικότητας, αλλάζοντας οπτικές γωνίες, βασισμένος στην περιστροφή του κεφαλιού.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά μιας οθόνης – κράνους είναι τα ακόλουθα :

- Όπως προδίδει και η ονομασία της, είναι μία οθόνη που «φοριέται» από τον χρήστη σαν κράνος.
- Παρέχει όραση / όψη του εικονικού περιβάλλοντος.
- Επιτρέπει ελεύθερη κίνηση άλλων προσαρτημάτων.
- Η οπτική αλληλεπίδραση δεν είναι πλέον μόνο μπροστά από το χρήστη: οι συσκευές αυτές δημιουργούν μία οθόνη η οποία στην ουσία εκτείνεται σε 360 μοίρες.

Οι οθόνες - κράνη έχουν πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, εάν οι εικόνες που επιδεικνύονται από την οθόνη - κράνος δημιουργούνται από έναν υπολογιστή και υπάρχει επιπλέον και ένας αισθητήρας στο κράνος που μετράει την κίνηση του κεφαλιού, τότε οι εικόνες μπορούν να εκσυγχρονιστούν και να ενημερωθούν συναρτήσει της θέσης του κεφαλιού. Κατά συνέπεια, κάποιος θα μπορούσε να κοιτάξει γύρω με τη στροφή του κεφαλιού του και να διακρίνει εικόνες που τον κάνουν να νομίζει ότι βρίσκεται σε ένα εικονικό περιβάλλον. Αυτό καλείται εικονική πραγματικότητα (virtual reality, VR). Οι πιο προφανείς εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας είναι η εκπαίδευση και η προσομοίωση. Έτσι, αντί να οδηγήσει ένα ακριβό αεροσκάφος, ένας πιλότος μπορεί να εξασκηθεί για μια έκτακτη προσγείωση σε ένα εικονικό περιβάλλον. Μια άλλη εφαρμογή είναι τηλε-ρομποτική, η οποία χρησιμοποιεί ένα ρομπότ το οποίο πρέπει να μιμηθεί τις κινήσεις ενός χειριστή, ενόσω ο χειριστής του ρομπότ (που φοράει μία οθόνη – κράνος) βλέπει το περιβάλλον από τις κάμερες που είναι τοποθετημένες πάνω στο ρομπότ. Έτσι, ο χειριστής δεν χρειάζεται να είναι σωματικά παρών σε ένα επικίνδυνο περιβάλλον. Όταν μία οθόνη – κράνος έχει ικανότητα να είναι διαφανής (see-through), οι

πληροφορίες μπορούν να βρίσκονται στην οθόνη ενώ ο χρήστης μπορεί παράλληλα να διακρίνει το περιβάλλον του. Ένας χειρουργός, για παράδειγμα, μπορεί να βλέπει την κατάσταση ενός ασθενή ενώ τον εγχειρίζει. Άλλες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας που εμπλέκουν την οθόνη – κράνος περιλαμβάνουν την διαλογική απεικόνιση (interactive visualization), τα παιχνίδια και την ψυχολογική έρευνα (πώς θα αντιδράσει ένα άτομο όταν εισέλθει σε ένα τούνελ το οποίο εμφανίζεται ως σαν μια μαύρη τρύπα;).

Τα γυαλιά εμβύθισης στηρίζονται συνήθως πάνω σε κράνη εμβύθισης (Head Mounted Displays ή HMD στην διεθνή ορολογία) όπως αναφέραμε προηγουμένως, αλλά η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει την αφαίρεση του κράνους. Τα περισσότερα παράπονα των χρηστών για τα HMD παλιάς τεχνολογίας αφορούσαν την χαμηλή ανάλυση της εικόνας, το στενό οπτικό πεδίο, την “φτωχή” στερεοσκοπική όραση, την περιορισμένη διάρκεια ζωής και το συνολικό βάρος των εξαρτημάτων. Επιπλέον παράπονα αφορούσαν τα ζητήματα υγιεινής αφού οι ίδιες συσκευές χρησιμοποιούνταν από πολλούς διαφορετικούς ανθρώπους.



Εικόνα 2.26 Γυαλιά Εμβύθισης

Από τις ατέλειες, η πιο σημαντική βελτίωση αφορά το βάρος των εξαρτημάτων από την στιγμή που η σχεδίαση των εξαρτημάτων πλησιάζει την μορφή των γυαλιών και όχι του κράνους, η αφαίρεση του βάρους είναι εντυπωσιακή. Όμως, εκεί που αναμένονται περαιτέρω βελτιώσεις είναι στα οπτικά χαρακτηριστικά των οθονών κρυστάλλων οι οποίες χρησιμοποιούνται στα γυαλιά εμβύθισης. Για να καταφέρουν να ξεπεράσουν την χαμηλή ανάλυση (συνήθως 240x520) οι κατασκευαστές γυαλιών ξέθαψαν κάποιες παλιές τεχνικές χρωματισμού της ασπρόμαυρης τηλεόρασης με την χρήση κόκκινων, πράσινων και μπλε φίλτρων. Η ανάλυση της εικόνας γίνεται έτσι παρόμοια με αυτή της VGA (640x480), αλλά τα χρώματα αποδίδονται κατά (καλή) προσέγγιση.

2.6.4 Boom, στερεοσκοπικά γυαλιά και άλλες εναλλακτικές οθόνες

Είναι βέβαια δυνατό να αποφύγει κανείς να φοράει γυαλιά εμβύθισης. Αποκλείεται όμως να μην χρειαστεί ενδιάμεσα εξαρτήματα ανάμεσα στα μάτια του και την οθόνη του υπολογιστή για να έχει μια εμπειρία εμβύθισης. Η διαθέσιμη τεχνολογία σήμερα μας επιτρέπει να επιλέξουμε ανάμεσα σε τρεις εναλλακτικές λύσεις: στερεοσκοπικά γυαλιά, BOOM και φυσούνες προσαρμογής στην οθόνη του υπολογιστή.



Εικόνα 2.27 Στερεοσκοπικά Γυαλιά

Τα στερεοσκοπικά γυαλιά διακρίνονται σε ενεργητικά και παθητικά. Μέσω των γυαλιών αυτών ο χρήστης βλέπει υπό διαφορετική γωνία την οθόνη από το αριστερό ή το δεξί μάτι. Η διαφορά των 6 περίπου μοιρών δίνει την εντύπωση της στερεοσκοπικής όρασης. Στα ενεργητικά γυαλιά είναι δυνατό να μεταβάλλεται η προβαλλόμενη στην οθόνη του υπολογιστή εικόνα ανάλογα με την στροφή του κεφαλιού. Για το σκοπό αυτό τοποθετείται επάνω από την οθόνη μια κεραία ανίχνευσης του κεφαλιού. Δυστυχώς, το σύστημα αυτό απορρυθμίζεται σχετικά εύκολα.

Τα παθητικά γυαλιά λειτουργούν σε συνεργασία με φίλτρα οθόνης που δίνουν την στερεοσκοπική αίσθηση. Αυτό ευνοεί την ταυτόχρονη παρακολούθηση της οθόνης από πολλούς χρήστες αλλά δεν επιτρέπει την μεταβολή της εικόνας ανάλογα με την κίνηση του κεφαλιού.

Τα **BOOM** (Binocular Omni-Oriented Monitor) είναι ένας άλλος τύπος οθονών εμφύθισης υψηλής ανάλυσης που στηρίζονται πάνω σε ένα μηχανικό βραχίονα. Το BOOM3C της Fakespace δίνει εικόνα ανάλυσης 1280x960 και επιτρέπει πλήρη έλεγχο του εξαρτήματος μέσω ειδικών λαβών που συνδέονται με τον υπολογιστή. Η ανίχνευση της θέσης και του προσανατολισμού του χρήστη γίνεται με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Στην πανκατευθυντική διοπτρική οθόνη (Binocular Omni-directional monitor - BOOM) οι οθόνες και το οπτικό σύστημα τοποθετούνται σ' ένα κουτί το οποίο τοποθετείται σε ένα βραχίονα πολλαπλών συνδέσμων. Ο χρήστης βλέπει τον εικονικό κόσμο κοιτώντας μέσα στο κουτί και μπορεί να καθοδηγήσει το κουτί σε οποιαδήποτε θέση μέσα στον όγκο λειτουργίας της συσκευής. Οι αισθητήρες κίνησης βρίσκονται στους συνδέσμους του βραχίονα που κρατάει το κουτί.



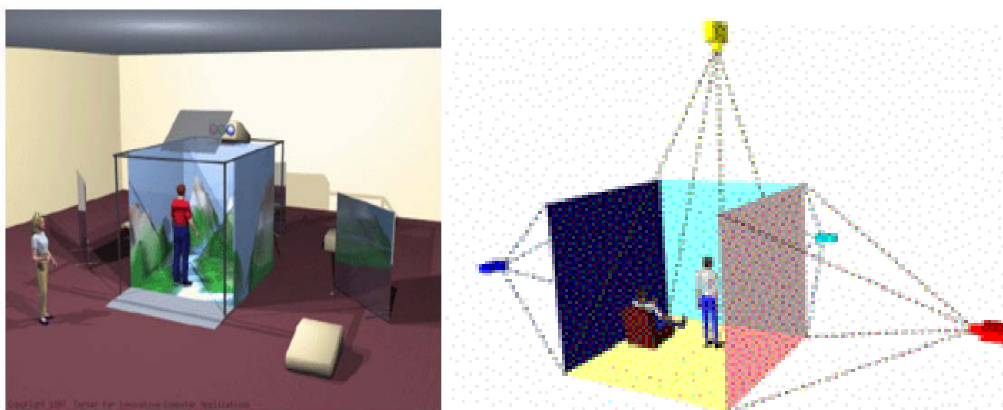


Εικόνα 2.28 Το μηχανικό σύστημα προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού BOOM

Τέλος, το Cyberhood της Simalabin System είναι μια φουσούνα που προσαρμόζεται στην οθόνη του υπολογιστή. Μέσα από ένα σύστημα φακών και καθρεπτών διαχωρίζει την εικόνα της οθόνης σε δυο εικόνες αριστερής και δεξιάς πόλωσης έτσι ώστε να δίνεται η στερεοσκοπική αίσθηση στο χρήστη.

2.6.5 Σύστημα Αυτόματου Εικονικού Περιβάλλοντος Σπηλαίου (CAVE)

Το Σύστημα Αυτόματου Εικονικού Περιβάλλοντος Σπηλαίου (Cave Automatic Virtual Environment - CAVE) παρέχει την ψευδαίσθηση της εμπύθισης με το να προβάλλει στερεοσκοπικές εικόνες στους τοίχους και το δάπεδο ενός κυβικού δωματίου. Μια ομάδα ατόμων η οποία φοράει τρισδιάστατα γυαλιά μπορεί να μετακινηθεί ελεύθερα στο CAVE ενώ αισθητήρες κίνησης συνεχώς αναπροσαρμόζουν τη στερεοσκοπική προβολή του διευθύνοντας άτομου.



Εικόνα 2.29 Σχηματική αναπαράσταση CAVE

2.6.6 Γάντια αλληλεπίδρασης – CyberGlove

Ποιος θα φανταζότανε ποτέ ότι μια από τις πιο προηγμένες τεχνολογικά δραστηριότητες της ανθρωπότητας στο τέλος του εικοστού αιώνα θα ήταν το άγγιγμα εικονικών αντικειμένων μέσω ειδικών γαντιών αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή; Το πως φτάσαμε ως εδώ είναι μια ιστορία εικονικής πραγματικότητας. Να είσαι αγκαλιά με το πλάσμα που δεν μπορείς να αγγίξεις σε πραγματικές συνθήκες δεν είναι μόνο όνειρο των ερωτομανών, αλλά και η αγωνία πολλών επιστημόνων με αφηρημένο ή επικίνδυνο αντικείμενο εργασίας. Από όλα τα μέλη του σώματος ο άνθρωπος έχει χρησιμοποιήσει το χέρι του περισσότερο για να έρθει σε επαφή με το περιβάλλον. Νοιώθει με την αφή, ενεργεί τεχνικές κινήσεις με τα δάκτυλα και την παλάμη και γενικά αισθάνεται το χώρο του και το εαυτό του μέσω του χεριού του.



Εικόνα 2.30 CyberGlove

Μέσα από μια μεγάλη πορεία, το ανθρώπινο χέρι έχει αποκτήσει μεγάλη επιδεξιότητα και μια αξιόλογη γκάμα από κινήσεις. Στην αλληλεπίδραση όμως με τον υπολογιστή οι μόνες κινήσεις που επιτρέπονταν αρχικά ήταν η πληκτρολόγηση και η μετακίνηση πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια ενός εργαλείου σχεδίασης (ποντίκι ή ηλεκτρονικό στυλό). Οι επιστήμονες της πληροφορικής θέλησαν να δοκιμάσουν και άλλες δυνατότητες αλληλεπίδρασης που θα στηρίζονταν σε μια πιο ελεύθερη κίνηση του χεριού, κάτι που σήμαινε ότι έπρεπε να επινοηθούν εξαρτήματα που θα ανίχνευαν με ακρίβεια τις ελεύθερες αυτές κινήσεις. Τα πρώτα πειράματα ανίχνευσης έγιναν στο MIT (Massachusetts Institute of Technology). Στα μέσα της δεκαετίας 1970, οι επιστήμονες του Architecture Machine Group του MIT χρησιμοποίησαν τον πρώτο εμπορικό αισθητήρα ανίχνευσης της εταιρίας Polhemus σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα. Ο αισθητήρας της Polhemus, που χρησιμοποιείται σήμερα ευρύτατα, λειτουργεί με ακτινοβολία παλμικού μαγνητικού πεδίου από μια σταθερή πηγή. Βοηθητικοί αισθητήρες που συνδέονται οπουδήποτε μέσα στην περίμετρο λειτουργίας της πηγής ανιχνεύονται από την θέση τους μέσα στον τρισδιάστατο χώρο και από τον προσανατολισμό τους ως προς την σταθερή πηγή.

Με την τοποθέτηση των βοηθητικών αισθητήρων πάνω στο χέρι, οι επιστήμονες του MIT είχαν την δυνατότητα να παρακολουθούν με ακρίβεια τις κινήσεις ενός ειδώλου του χεριού σε μια μεγάλη οθόνη τοίχου. Ο χρήστης του συστήματος είχε τη ευχέρεια να επιλέξει διάφορα αντικείμενα ζωγραφισμένα στον εικονικό χώρο, να τα μετακινήσει ή να πάρει πληροφορίες για το περιεχόμενό τους.

Από τότε, η τεχνολογία ανίχνευσης έχει εφαρμόσει διάφορες μεθόδους για την συλλογή πληροφοριών σχετικά με την μηχανική κατάσταση του βραχίονα και τις χειρονομίες. Οι μέθοδοι αυτοί διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κάνει χρήση οπτικών, μαγνητικών και ακουστικών αισθητήρων για την ανίχνευση της θέσης ενώ η δεύτερη βασίζεται στην εφαρμογή (σαν γάντι) ηλεκτρομαγνητικών αισθητήρων στην παλάμη και τα δάκτυλα για την ανίχνευση του σχήματος του χεριού.

Το γάντι αλληλεπίδρασης είναι ένα γάντι, που προσομοιώνει την κίνηση του χεριού στο εικονικό περιβάλλον. Στο γάντι υπάρχουν 18 αισθητήρες, όσες είναι και οι κλειδώσεις του χεριού. Με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών αυτών συστατικών, το γάντι αλληλεπίδρασης επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει ορισμένες κινήσεις του χεριού να επιτελούν συγκεκριμένες ενέργειες, όπως είναι η επιλογή από ένα μενού, η περιπλάνηση στο εικονικό περιβάλλον ή η αλληλεπίδραση με κάποια αντικείμενα. Επιπρόσθετα, είναι εξοπλισμένο με μία συσκευή παρακολούθησης έξι βαθμών ελευθερίας, η οποία καταγράφει τρεις τιμές για τη θέση του χεριού, καθώς αυτό κινείται στο χώρο : την τιμή X (αριστερά – δεξιά), την τιμή Y (πάνω – κάτω) και την τιμή Z (μπροστά – πίσω), και τον προσανατολισμό γύρω από την καθεμία από αυτές τις διαστάσεις. Στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η εικόνα ενός χεριού που «καθρεφτίζει» τις κινήσεις του χεριού του χειριστή. Το γάντι αλληλεπίδρασης είναι μια πολύ ευαίσθητη συσκευή και για να λειτουργεί σωστά πρέπει να βαθμονομείται για τον κάθε χρήστη ξεχωριστά.



Εικόνα 2.31 Στιγμιότυπα από χρήση CyberGlove

Επίσης όπως αναφέρθηκαν και παραπάνω υπάρχουν συσκευές που χρησιμοποιούνται για την πλοήγησή μας στον τρισδιάστατο χώρο και την επιλογή τρισδιάστατων αντικειμένων όπως το Τρισδιάστατο ποντίκι (spacemouse), η μπίλια (spaceball), το ραβδί, το χειριστήριο (joystick) και η τρισδιάστατη μπίλια - spaceball.

2.6.7 Γιλέκο Αλληλεπίδρασης Εικονικής Πραγματικότητας (Interactor VR Vest)

Πρόκειται για άλλη μία φορητή συσκευή, η οποία παρέχει φυσική αλληλεπίδραση στο πάνω μέρος του σώματος του χρήστη. Παρόμοια με το γάντι που εξετάσαμε πιο πάνω, η σύνδεση επιτυγχάνεται με ένα αριθμό αισθητήρων, οι οποίοι τοποθετούνται σε διάφορα σημεία του γιλέκου. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να αισθανθεί ένα χτύπημα που δέχεται, σε ένα παιχνίδι μάχης.



Εικόνα 2.32 Γιλέκο Αλληλεπίδρασης Εικονικής Πραγματικότητας

2.6.8 Καρέκλα Εικονικής Πραγματικότητας (Intensor VR Chair)

Η καρέκλα εικονικής πραγματικότητας έχει την ιδιότητα παροχής έντονης ηχητικής αλληλεπίδρασης στο χρήστη. Έχοντας εγκατεστημένα στα διάφορα σημεία της πολυάριθμα ηχεία και subwoofers και με την ικανότητα παραγωγής ρεαλιστικών ηχητικών δονήσεων, επιτρέπει στο χρήστη όχι μόνο να ακούει αλλά πραγματικά και να «νιώθει» τον ήχο.



Εικόνα 2.33 Καρέκλα Εικονικής Πραγματικότητας

2.7 Εξοπλισμός Συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας

Ο εξοπλισμός των συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- Υπολογιστικός εξοπλισμός
- Περιφερειακά Εικονικής Πραγματικότητας

Ο υπολογιστικός εξοπλισμός αφορά κυρίως τα συστήματα υπολογιστή που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του λογισμικού (για το λογισμικό θα γίνει αναφορά παρακάτω). Τα περιφερειακά Εικονικής Πραγματικότητας είναι συσκευές εισόδου και εξόδου, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον. Με τη χρήση των περιφερειακών αυτών είναι εφικτή η προσομοίωση λειτουργιών του πραγματικού κόσμου στο εικονικό περιβάλλον.

Το υπολογιστικό σύστημα (Host Computer) αποτελεί τον πυρήνα κάθε συστήματος και εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας. Οι απαιτήσεις του

υπολογιστικού συστήματος είναι ιδιαίτερα αυξημένες όσον αφορά στις επιδόσεις του γραφικού υποσυστήματος (Graphics Board) και της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (Central Process Unit - CPU). Οι σχετικές εφαρμογές απαιτούν επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που σημαίνει ότι διαδικασίες που παρέχονται από το σύστημα, όπως η αναπαράσταση και η ανάδραση του περιβάλλοντος, βασίζονται σε υπολογισμούς που εκτελούνται άμεσα, και όχι σε δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη.

Οι πιο κρίσιμες προδιαγραφές του H/Y είναι όσες αφορούν στις επιδόσεις του σε σχεδιασμό πολυγωνικής τρισδιάστατης γεωμετρίας του συστήματος γραφικών του. Ο πιο γρήγορος (ή αποδοτικός) γνωστός τρόπος απεικόνισης τρισδιάστατης γεωμετρίας είναι η απεικόνιση σε μορφή πολυγώνων. Στα σημερινά εξειδικευμένα συστήματα στο χώρο αυτό, όλοι οι υπολογισμοί για τη σχεδίαση πολυγωνικής γεωμετρίας με τεχνικές φωτορεαλισμού (από τους απαιτούμενους ορθογώνιους μετασχηματισμούς για προβολές στο επίπεδο της οθόνης έως δυο διαστάσεων εφέ, όπως υφές επιφάνειας, τεχνητή ομίχλη, τεχνητό θάμπωμα για εξάλειψη αιχμών κλπ) λαμβάνουν χώρα στο σύστημα γραφικών. Οι επιδόσεις που έχει αυτό σε ρυθμό σχεδίασης πολυγώνων καθορίζει το όριο πολυπλοκότητας της γεωμετρίας που μπορεί να απεικονισθεί σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία των H/Y (PC - Personal Computer), μπορεί να παρέχει σήμερα σχεδιασμό πολυγώνων σε πραγματικό χρόνο με πλήθος της τάξης μεγέθους των εκατομμυρίων ανά δευτερόλεπτο. Το μέγεθος αυτό εξαρτάται τόσο από την κάρτα γραφικών και τον επεξεργαστή που διαθέτει ο H/Y αλλά και με την ανάλυση της οθόνης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι έως το 2007 μία μέσου κόστους κάρτα γραφικών (με μνήμη 512 MB) παρείχε δυνατότητα σχεδίασης έως και 10 εκατομμύρια πολύγωνα ανά δευτερόλεπτο ενώ μία κάρτα υψηλού κόστους (με μνήμη 1GB) παρείχε πάνω από 10 εκατομμύρια πολύγωνα ανά δευτερόλεπτο²⁸. Σήμερα εκτιμάται ότι η τάξη μεγέθους ανέρχεται στο δισεκατομμύριο πολύγωνα ανά δευτερόλεπτο.

Από την άλλη μεριά, διαδικασίες απαραίτητες για τη ρεαλιστική συμπεριφορά και την παροχή κατάλληλων αναδράσεων από το περιβάλλον, όπως η δυναμική ανίχνευση συγκρούσεων, απαιτούν ιδιαίτερα μεγάλη ένταση υπολογισμών στη κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Εξ αιτίας όμως του γεγονότος ότι η τεχνολογία των υπολογιστών γνωρίζει διπλασιασμό στις επιδόσεις της κάθε 1 – 2 χρόνια, αποτελεί βεβαιότητα ότι τα όποια πρακτικά εμπόδια οφείλονται σε έλλειψη υπολογιστικής ισχύος σύντομα θα ξεπερασθούν.

Ήδη οι σημερινές επιδόσεις των υπολογιστών με εφικτά κόστη, μπορούν να διεκπεραιώσουν εφαρμογές ΕΠ με περιβάλλοντα αρκετά πολύπλοκα. Αυτή η δυνατότητα όμως παρέχεται κατά τα τελευταία 5-8 έτη. Σε επίπεδο υπερυπολογιστών, παρέχονται λύσεις στις απαιτήσεις επεξεργαστικής ισχύος (οι οποίες θα δοθούν σε συστήματα προσιτού κόστους μια πενταετία περίπου αργότερα) αλλά το κόστος τέτοιων συστημάτων είναι δύο και τρεις φορές μεγαλύτερο από αυτό των PCs.

Όσον αφορά τις περιφερειακές συσκευές συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας, έχει γίνει εκτενής και αναλυτική παρουσίαση τους στις παραγράφους 2.4 και 2.5. Για τον λόγο αυτόν, στη συνέχεια κρίνεται σκόπιμο να γίνει απλή αναφορά στις εν λόγω συσκευές ώστε να είναι εφικτή η διάκρισή τους σε μονάδες εισόδου και σε μονάδες εξόδου. Οι συσκευές εισόδου είναι όλες εκείνες οι συσκευές που παρέχουν την δυνατότητα στο χρήστη να αλληλεπιδρά με το Εικονικό Περιβάλλον, ενώ οι συσκευές εξόδου είναι όλες εκείνες που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της αίσθησης της εμβύθισης.

²⁸ http://www.solidworkscommunity.com/pdf/optimizing_workstation_sw_webinar.pdf

Συσκευές Εισόδου

- Περιφερειακά προσδιορισμού-ανίχνευσης θέσης και προσανατολισμού του χρήστη (position / motion tracking system)
Μηχανικοί Ανιχνευτές
Οπτικοί Ανιχνευτές (Laser, Φωτεινές πηγές²⁹)
Ακουστικοί Ανιχνευτές υπερήχων
Ηλεκτρομαγνητικοί Ανιχνευτές
- Τρισδιάστατα ποντίκια (SpaceMouse).
- Γάντια δεδομένων (Data Glove)
- Γάντια Αλληλεπίδρασης (CyberGlove)
- Τρισδιάστατη Μπίλια (Spaceball)
- Ραβδί
- Χειριστήριο (Joystick)
- Συσκευές Ηχητικών Εντολών
- BOOM
- Γιλέκο αλληλεπίδρασης εικονικής πραγματικότητας (Interactor vr Vest)
- Καρέκλα εικονικής πραγματικότητας (Intensor vr Chair)

Συσκευές εξόδου

- Συσκευές ανάδρασης αφής/δύναμης
- Γυαλιά τρισδιάστατης απεικόνισης (Icd shutter glasses)
- Κράνος Εικονικής Πραγματικότητας (Head-Mounted Display)
- Συσκευές Απόδοσης Ήχου
- BOOM
- Η διάταξη CAVE

2.8 Πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας

Οι εμπορικές πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας περιλαμβάνουν λογισμικά εργαλεία τα οποία παρέχουν γενικές λειτουργίες για τη δημιουργία αλληλεπιδραστικών εικονικών περιβαλλόντων. Οι πλατφόρμες αυτές είναι προγραμματιστικά εργαλεία, τα οποία, εκτός από τη δυνατότητα δημιουργίας και απεικόνισης τρισδιάστατων γραφικών για την ολοκλήρωση του εικονικού περιβάλλοντος, παρέχουν τη δυνατότητα ορισμού λειτουργιών και ενός τουλάχιστον χρήστη. Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να κινείται ελεύθερα και να αλληλεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον και τα αντικείμενα μέσα σε αυτό με τη χρήση κατάλληλων συσκευών, όπως τα περιφερειακά Εικονικής Πραγματικότητας, οπότε το λογισμικό πρέπει να υποστηρίζει τις αντίστοιχες λειτουργίες. Τα λογισμικά αυτά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, παρέχοντας στο χρήστη τη δυνατότητα να μοντελοποιήσει και να προσομοιώσει περιβάλλοντα του πραγματικού κόσμου³⁰.

Κάποιες από τις πλατφόρμες ανάπτυξης συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας παρέχουν παραθυρικό περιβάλλον με έτοιμα εργαλεία ανάπτυξης, που θεωρούνται

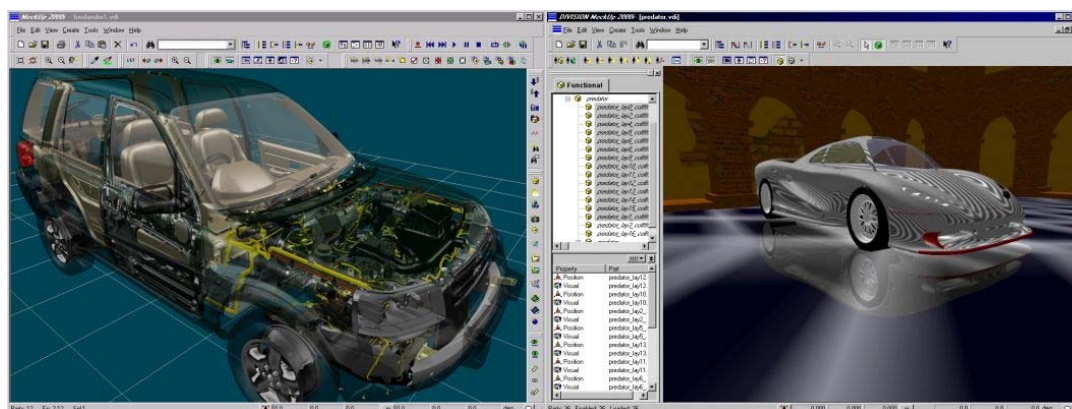
²⁹ K. Meyer, H. Applewhite and F. Biocca, "A Survey of Position Trackers", Presence, Vol. 1, No. 2, pp. 173-200, 1992.

³⁰ Stuart R., 1996. The design of Virtual Environments. McGraw Hill

απαραίτητα σε όλα τα αντίστοιχα συστήματα, για μείωση των απαιτήσεων ανάπτυξης λογισμικού. Για παράδειγμα μπορεί να παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής της τρισδιάστατης γεωμετρίας από το σύστημα CAD μέσω παραθύρων διαλόγου και όχι προγραμματιστικά. Όλες οι πλατφόρμες ανάπτυξης παρέχουν εξειδικευμένα εργαλεία ανάπτυξης, που μπορούν να συνδυαστούν με υπάρχουσες γλώσσες προγραμματισμού, ο κώδικας των οποίων μπορεί να ολοκληρωθεί με αυτά. Στη συνέχεια περιγράφονται τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά μερικών από τα πιο δημοφιλή σήμερα λογισμικά εργαλεία της κατηγορίας αυτής.

Division Mockup / PTC

Το λογισμικό PTC Division Mockup της Parametric Technology Corporation³¹ είναι ένα από τα πιο πλήρη λογισμικά για βιομηχανικές εφαρμογές προσομοίωσης σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα. Το λογισμικό αποτελείται από επιμέρους εργαλεία, τα οποία έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Έτσι το λογισμικό μπορεί να περιλαμβάνει εργαλεία δημιουργίας εικονικών πρωτοτύπων, δημιουργίας λειτουργικών εικονικών προϊόντων, λειτουργίας σε περιβάλλον εμπύθισης κ.α. Το λογισμικό της Division λειτουργεί σε λειτουργικά συστήματα UNIX και Microsoft Windows. Τα γεωμετρικά μοντέλα των εικονικών αντικειμένων εισάγονται με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού εργαλείου και υποστηρίζονται τα περισσότερα εμπορικά συστήματα CAD. Επίσης το λογισμικό υποστηρίζει περιφερειακά Εικονικής Πραγματικότητας. Το μειονέκτημα του λογισμικού είναι ότι, ενώ διατίθεται προς πώληση από την εταιρία, η ανάπτυξη του έχει σταματήσει από το 2002.



Εικόνα 2.34 Το λογισμικό Division MockUp (εικόνα Parametric Technology Inc.)

VRT / Superscape Ltd.

Το VRT της Superscape Ltd³² είναι ένα λογισμικό εργαλείο ανάπτυξης τρισδιάστατων αλληλεπιδραστικών εφαρμογών προσομοίωσης σε πλατφόρμες PC. Παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μιας μεγάλης συλλογής από έτοιμα μοντέλα εικονικών αντικειμένων που περιλαμβάνουν ιδιότητες λειτουργικής συμπεριφοράς, επιφανειακής υφής και ήχου. Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την Superscape Control Language (SCL), μια γλώσσα ελέγχου που επιτρέπει τη

³¹ Parametric Technology Corporation – PTC: / Web site at <http://www.ptc.com>

³² Superscape Ltd. / Web site at <http://www.superscape.com/>

μοντελοποίηση και απόδοση “συμπεριφοράς” σε εικονικά αντικείμενα. Μέσω της χρήσης του Superscape Development Kit (SDK) ο χρήστης μπορεί επίσης να αναπτύξει νέες συναρτήσεις SCL για εξειδικευμένες εφαρμογές. Το SDK παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης και ενσωμάτωσης ρουτινών σε C/C++, για εφαρμογές, όπως η διασύνδεση με περιφερειακές συσκευές, η μετατροπή γεωμετρικών δεδομένων, και ο καθορισμός σύνθετων χαρακτηριστικών αναπαράστασης και λειτουργικής συμπεριφοράς. Το VRT «τρέχει» σε περιβάλλον Win95/98 ή WinNT.

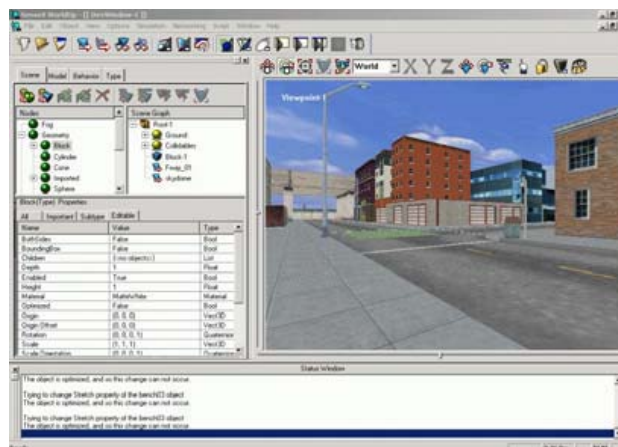


Εικόνα 2.35 Το λογισμικό VRT

WorldToolKit / Sense 8 Corporation

Το WorldToolKit της Sense 8 Corporation³³ αποτελεί μια αντικειμενοστραφή βιβλιοθήκη, γραμμένη σε γλώσσα C, η οποία περιλαμβάνει περισσότερες από 1.000 συναρτήσεις υψηλού επιπέδου. Το API (Application Programming Interface) που παρέχει επιτρέπει την ευέλικτη χρήση των συναρτήσεων αυτών για τη δημιουργία, τον έλεγχο και την αλληλεπίδραση με εφαρμογές προσομοίωσης πραγματικού χρόνου. Για την ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης και ενσωμάτωσης κώδικα σε C/C++. Το λογισμικό εργαλείο είναι οργανωμένο σε περισσότερες από 20 κλάσεις συμπεριλαμβανομένου του “εικονικού κόσμου” (universe), των γεωμετρικών αντικειμένων, των σημείων επόπτευσης (viewpoints), των αισθητήρων, και των φωτισμών. Ειδικές λειτουργίες παρέχονται για τη ρύθμιση της απεικόνισης, τον έλεγχο συγκρούσεων, την εισαγωγή γεωμετρίας αντικειμένων από αρχείο, τη δημιουργία δυναμικής γεωμετρίας, τη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των αντικειμένων, και τον έλεγχο της φωτορεαλιστικής παρουσίασης. Οι λειτουργικές πλατφόρμες που υποστηρίζονται περιλαμβάνουν τις SGI, Sun, HP, DEC, Intel, PowerPC, Evans and Sutherland. Το μειονέκτημα των λογισμικών της Sense8 είναι ότι η εταιρία δεν υπάρχει πια και οι περισσότεροι χρήστες έχουν στραφεί σε άλλες πλατφόρμες ανάπτυξης.

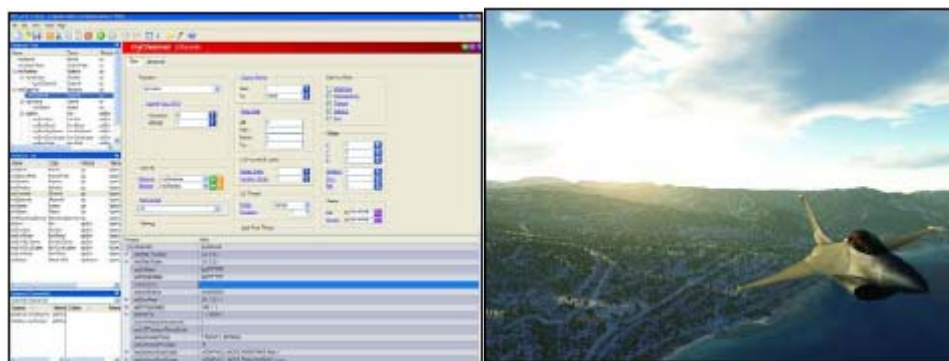
³³ Sense 8 Corporation / Web site at <http://www.sense8.com>



Εικόνα 2.36 Το λογισμικό Sense8 WorldUp (εικόνα Sense8)

Vega / Multigen-Paradigm, Inc.

Το Vega της Multigen-Paradigm, Inc.³⁴ αποτελεί ένα λογισμικό περιβάλλον για τη δημιουργία εφαρμογών οπτικής και ηχητικής προσομοίωσης πραγματικού χρόνου, καθώς και την ανάπτυξη γενικών αλληλεπιδραστικών εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας. Περιλαμβάνει το γραφικό περιβάλλον LynX, ένα πλήρες API το οποίο παρέχει τη δυνατότητα τροποποιήσεων σε σημαντικό αριθμό παραμέτρων μιας εφαρμογής χωρίς προγραμματισμό (γράψιμο κώδικα). Οι λειτουργίες που υποστηρίζει περιλαμβάνουν τον καθορισμό ιδιοτήτων “συμπεριφοράς” των αντικειμένων, τις ρυθμίσεις οπτικής απεικόνισης, τον καθορισμό σημείων επόπτευσης, τον έλεγχο των δεδομένων των συσκευών εισόδου, καθώς και τροποποιήσεις σε παραμέτρους του συστήματος των μοντέλων και των βάσεων δεδομένων. Το Vega περιλαμβάνει επίσης το AudioWorks2, το οποίο επιτρέπει τη ρεαλιστική μοντελοποίηση ήχων και την επεξεργασία ηχητικών κυματομορφών σε πραγματικό χρόνο. Ένας αριθμός προαιρετικών υποπρογραμμάτων παρέχουν επιπλέον ειδικές λειτουργίες όπως οπτικά effects, προσομοίωση ναυτιλιακών εφαρμογών, προηγμένες τεχνικές φωτισμού, και χρήση ανθρωποειδών. Το λογισμικό παρέχεται σε εκδόσεις απλής (single) και πολλαπλής επεξεργασίας (multi-process) δεδομένων. Τα λειτουργικά συστήματα που υποστηρίζονται είναι το IRIX και τα Windows NT.

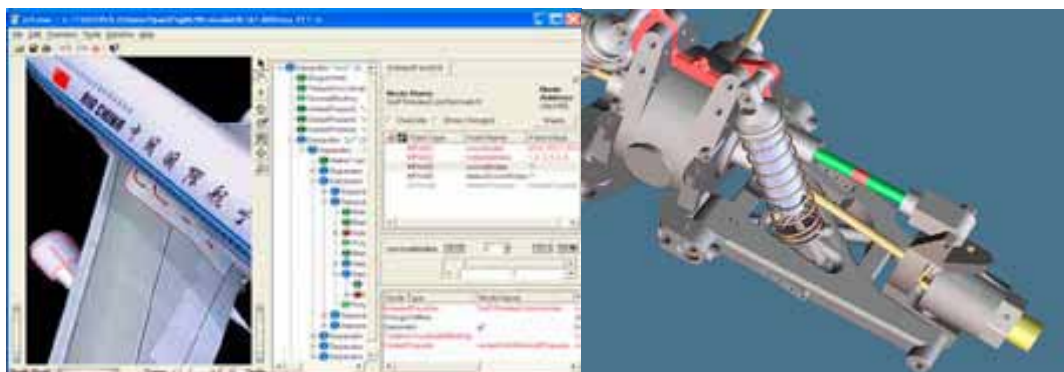


Εικόνα 2.37 Το λογισμικό Vega

³⁴ Multigen-Paradigm, Inc./ Web site at <http://www.multigen.com>

TGS Open Inventor

Το Open Inventor³⁵ είναι ένα τρισδιάστατο υψηλού επιπέδου API, για την ανάπτυξη εφαρμογών γραφικών σε C++ και Java. Το λογισμικό αποτελεί ένα ισχυρό αντικειμενοστραφές εργαλείο για την ταχεία ανάπτυξη εφαρμογών με γραφικά. Το Open Inventor χρησιμοποιεί OpenGL για την απεικόνιση των γραφικών.



Εικόνα 2.38 Το λογισμικό Open Inventor (εικόνα TGS)

OpenSceneGraph

Το OpenSceneGraph³⁶ αποτελεί μια πλατφόρμα λογισμικών εργαλείων ανοικτού κώδικα για γραφικά, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας, εξομοιωτές πτήσεων, επιστημονικές εφαρμογές οπτικοποίησης δεδομένων, κ.λπ. Η πλατφόρμα βασίζεται στην αντικειμενοστραφή δομή της OpenGL, παρέχοντας στο χρήστη τη δυνατότητα προγραμματισμού με γραφικά σε χαμηλό επίπεδο. Στόχος του OpenSceneGraph είναι η ελεύθερη αξιοποίηση της τεχνολογίας των γραφικών για εμπορική ή για ερευνητική χρήση. Το OpenSceneGraph έχει αναπτυχθεί σε C++ και OpenGL και η πρόσβαση στον ανοικτό κώδικα, παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης βιβλιοθηκών εστιασμένων στις ανάγκες κάθε εφαρμογής.



Εικόνα 2.39 Το λογισμικό OpenSceneGraph

Unigraphics Tecnomatix

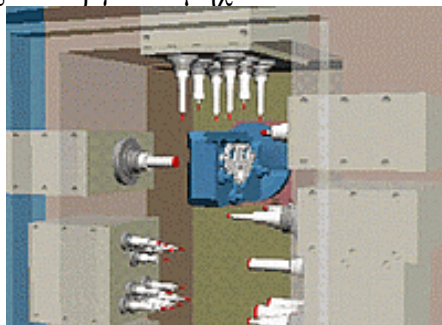
Το λογισμικό Tecnomatix της εταιρίας Unigraphics³⁷ παρέχει εργαλεία σχεδιασμού και προσομοίωσης βιομηχανικών διαδικασιών και διαχείρισης των δεδομένων για την παραγωγική διαδικασία. Στο λογισμικό παρέχονται δυνατότητες για επαλήθευση του σχεδιασμού του προϊόντος, σχεδιασμό της γραμμής παραγωγής

³⁵ TGS Open Inventor web page, <http://www.tgs.com>

³⁶ OpenSceneGraph web page, www.openscenegraph.org

³⁷ UGS web page, www.ugs.com

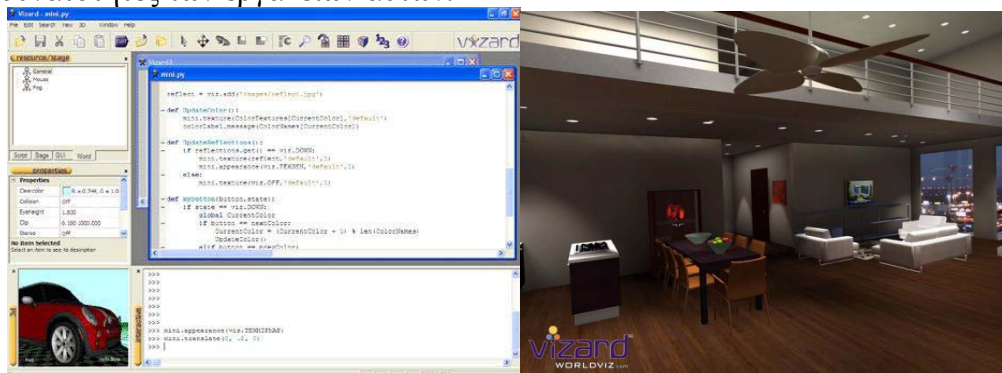
και προσομοίωση της παραγωγικής διαδικασίας. Για το σχεδιασμό κατεργασιών περιλαμβάνεται σύστημα CAM και λογισμικό εργαλείο για το σχεδιασμό εργαλείων. Η αφαίρεση υλικού και η κινηματική των εργαλειομηχανών προσομοιώνονται σε ρεαλιστικό τρισδιάστατο περιβάλλον γραφικών, στο οποίο απεικονίζονται όλα τα εξαρτήματα της κατεργασίας (εργαλεία συγκράτησης, κ.λπ.). Κατά την προσομοίωση μπορεί να επαληθευτεί ότι στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης δεν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης του κοπτικού με την εργαλειομηχανή. Επιπλέον παρέχονται λογισμικά εργαλεία για προγραμματισμό της γραμμής παραγωγής, σύμφωνα με τις παραγωγικές δυνατότητες των εργαλειομηχανών



Εικόνα 2.40 Προσομοίωση κατεργασίας αφαίρεσης υλικού στο σύστημα Tecnomatix (εικόνα Tecnomatix)

WorldViz Vizard

Το λογισμικό Vizard³⁸ αποτελεί ένα εύχρηστο υψηλού επιπέδου λογισμικό εργαλείο γραφικών για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων με δυνατότητες αλληλεπίδρασης. Το λογισμικό παρέχει αντικειμενοστραφή δομή, στην οποία υποστηρίζονται η OpenGL, το DirectX, πολυμέσα, η προσομοίωση του ανθρώπινου παράγοντα με τη χρήση ανθρωποειδών, δικτυακές λειτουργίες και η χρήση περιφερειακών Εικονικής Πραγματικότητας. Για την οπτικοποίηση των γραφικών έχει χρησιμοποιηθεί OpenGL σε συνδυασμό με C/C++, παρέχοντας όλες τις δυνατότητες των εργαλείων αυτών.

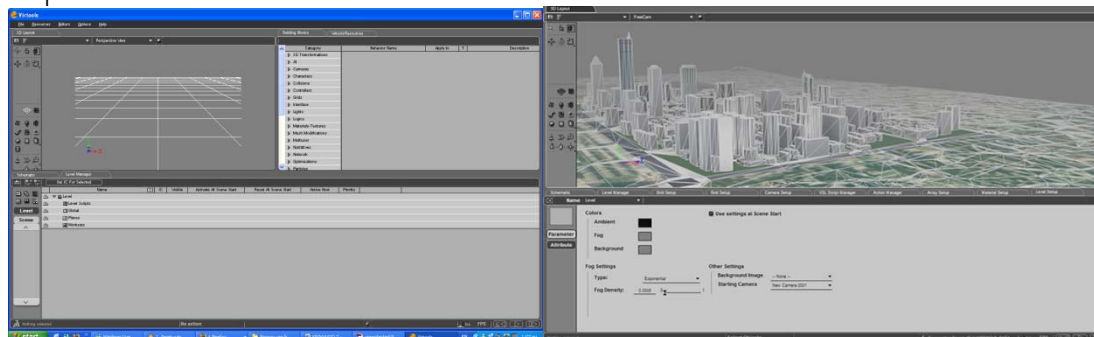


Εικόνα 2.41 Το λογισμικό Vizard (εικόνα WorldWiz)

³⁸ WorldVis web page, www.worldviz.com

3DVIA Virtools

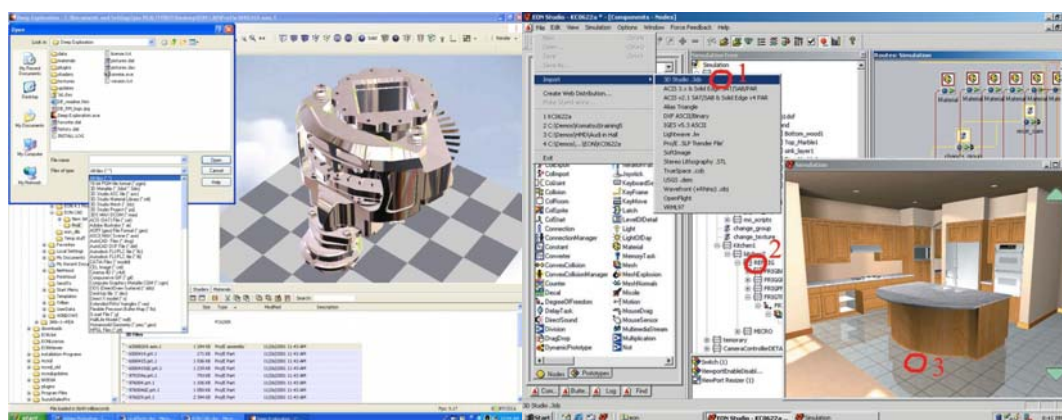
Το 3DVIA Virtools³⁹ της Dassault Systems είναι το λογισμικό στο οποίο θα γίνει η ανάπτυξη της εφαρμογής στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Για το συγκεκριμένο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας θα γίνει εκτενής παρουσίαση στα επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 2.42 Το λογισμικό 3DVIA Virtools

EON Studio.

Το EON Studio⁴⁰ είναι ένα εργαλείο για την ανάπτυξη τρισδιάστατων εφαρμογών με δυνατότητα αλληλεπίδρασης. Το λογισμικό παρέχει επιμέρους εργαλεία για την ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών. Έτσι παρέχεται εργαλείο για την υποστήριξη περιφερειακών Εικονικής Πραγματικότητας, για την ανάπτυξη συστημάτων CAVE, για την έκδοση των αναπτυγμένων σε αυτό εφαρμογών στο διαδίκτυο κ.λπ.



Εικόνα 2.43 Το λογισμικό EON Studio (εικόνα EON Studio)

Catia-Simulia-Delmia-Enovia

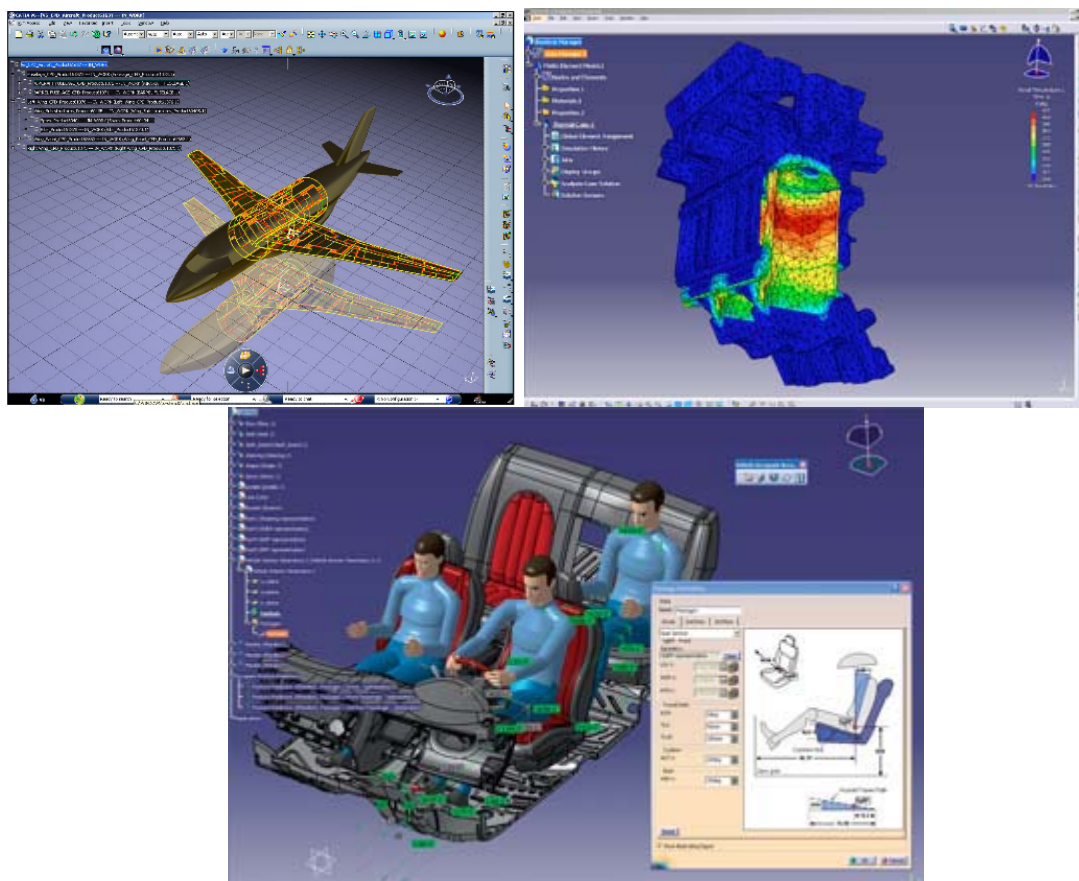
Η εταιρεία Dassault Systems⁴¹ προωθεί τα παραπάνω λογισμικά τα οποία δεν αποτελούν συστήματα Εικονικής Πραγματικότητας αλλά παρέχουν πλήθος διαφορετικών λογισμικών εργαλείων με τρισδιάστατα γραφικά για βιομηχανικές διαδικασίες και για Ανάλυση του Κύκλου Ζωής ενός προϊόντος. Τα παραπάνω λογισμικά παρέχουν δυνατότητες σχεδίασης, ελέγχου εργονομίας, κατασκευής και προσομοίωσης και ανήκουν στην κατηγορία προγραμμάτων PLM (Product LifeCycle Management).

³⁹ Virtools web page <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/>

⁴⁰ EON Reality web page, www.eonreality.com

⁴¹ Dassault Systems web page, www.3ds.com

Το καθένα από τα 4 παραπάνω προγράμματα, αποτελείται από ένα σύνολο εργαλείων με τεράστιες δυνατότητες στον σχεδιασμό βιομηχανικών διαδικασιών, τα οποία εργαλεία συνεργάζονται και ενοποιούνται παρέχοντας ένα πολύ καλό αποτέλεσμα. Επίσης τα 4 αυτά προγράμματα συνεργάζονται μεταξύ τους και μπορούν να συνδυαστούν με λογισμικά που υποστηρίζουν την χρήση περιφερειακών Εικονικής Πραγματικότητας επεκτείνοντας ακόμα περισσότερο τις δυνατότητές τους.



Εικόνα 2.44 α) Σχεδίαση δομής αεροσκάφους με χρήση του Catia β) Θερμική ανάλυση κινητήρα με χρήση του Simulia V5 γ) Έλεγχος εργονομίας στην αυτοκινητοβιομηχανία με τη χρήση του Enovia V5

Quest3D

Το λογισμικό Quest3D⁴² αποτελεί ένα εργαλείο για την ανάπτυξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου με τρισδιάστατα γραφικά και δυνατότητα αλληλεπίδρασης. Το λογισμικό παρέχει ένα παραθυρικό περιβάλλον εργασίας, στο οποίο εκτελούνται όλες οι λειτουργίες, μειώνοντας την ανάγκη προγραμματιστικής ανάπτυξης.

⁴² Quest3D web page, www.quest3d.com



Εικόνα 2.45 Το λογισμικό Quest3D (εικόνα Quest3D).

2.9 Λογισμικά εργαλεία προσομοίωσης εργονομίας με χρήση ψηφιακών ανθρωποειδών

Jack / Transom Technologies Inc., Engineering Animation Inc. (EAI)

Το Jack της Transom Technologies Inc.⁴³ είναι ένα λογισμικό εργαλείο ψηφιακών ανθρωποειδών, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου εργονομίας προϊόντων και περιβαλλόντων εργασίας σε βιομηχανικούς χώρους. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει ένα ψηφιακό ανθρωποειδές στο περιβάλλον εργασίας, να επιλέξει τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του και να προγραμματίσει το ανθρωποειδές προκειμένου να εκτελέσει τη διαδικασία που θέλει να μελετήσει. Το εργαλείο παρέχει πληροφορίες για το οπτικό πεδίο του χρήστη και μετά το τέλος της διαδικασίας ενημερώνει το χρήστη για συγκεκριμένα εργονομικά αποτελέσματα.

ManneQuinPRO / NexGen Ergonomics

Η χρήση του ManneQuinPRO της NexGen Ergonomics⁴⁴ επιτρέπει στους μηχανικούς να συμπεριλάβουν την δυναμική του ανθρώπινου σώματος στο σχεδιασμό προϊόντων, εξοπλισμών και κτιρίων. Δημιουργώντας τρισδιάστατα ψηφιακά ανθρωποειδή στον υπολογιστή, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να μελετήσουν εργονομικά το σχεδιασμό ενός προϊόντος.

Safework / Delmia Corporation

Το SafeworkPro της Delmia Corp⁴⁵ είναι ένα λογισμικό εργαλείο το οποίο δημιουργεί εικονικά ψηφιακά ανθρωποειδή πολλαπλών μορφών, προκειμένου να μελετηθεί η εργονομία και η ευκολία προσέγγισης σε έναν χώρο. Ο εργονομικός έλεγχος πραγματοποιείται με τη βοήθεια μοντέλων για την ανάλυση της στάσης του σώματος (posture analysis), τη μελέτη του τρόπου πιασίματος και μεταφοράς ενός αντικειμένου, και τον τρόπο κίνησης μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Το Safework «τρέχει» μόνο σε πλατφόρμες Unix.

ERGO / Delmia Corporation

Το Ergo της Delmia Corp⁴⁶ είναι ένα λογισμικό εργαλείο μελέτης εργονομίας με χρήση ψηφιακών ανθρωποειδών που χρησιμοποιείται κυρίως για το σχεδιασμό παραγωγικών διαδικασιών. Δεν παρέχει υψηλές δυνατότητες επιλογής ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, αλλά μπορεί να προσομοιώσει την κίνηση ενός

⁴³ Transom Technologies Inc./ Web site at <http://www.transom.com>

⁴⁴ Transom Technologies Inc./ Web site at <http://www.transom.com>

⁴⁵ Delmia Corp./Web site at <http://www.3ds.com/products/delmia>

⁴⁶ Delmia Web site βλ. ο.π.

ανθρώπου και να παρέχει στον χρήστη αποτελέσματα που αφορούν στο σχεδιασμό ενός χώρου εργασίας.

RAMSIS / Human Solutions

Το Ramsis της Human Solution⁴⁷ είναι ένα λογισμικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τον εργονομικό σχεδιασμό αυτοκινήτων. Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός ψηφιακού ανθρωποειδούς και προγραμματισμού του, προκειμένου να πραγματοποιήσει συγκεκριμένες κινήσεις αλληλεπίδρασης ενός ανθρώπου με ένα αυτοκίνητο.

eM-Human / Tecnomatix

Το eM-Human της Tecnomatix⁴⁸ είναι ένα λογισμικό εργαλείο το οποίο σχεδιάστηκε προκειμένου να υποστηρίξει το σχεδιασμό και τη μελέτη χώρων εργασίας και εργασιών συναρμολόγησης. Έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης μιας διαδικασίας συναρμολόγησης και παροχής αποτελεσμάτων που αφορούν χρόνους συναρμολόγησης και εργονομίας, με σκοπό την επαλήθευση του σχεδιασμού.

⁴⁷ Human Solutions/Web site at http://www.human-solutions.com/index_e.php

⁴⁸ Tecnomatix Technologies Ltd./Web site at <http://www.tecnomatix.com>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Οι εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας μεταφέρουν το χρήστη σε ένα εικονικό περιβάλλον, που έχει κατασκευαστεί εξ' ολοκλήρου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και που μπορεί να εξομοιώσει την πραγματικότητα μέσα από τη χρήση ειδικών συσκευών. Η εικονική πραγματικότητα αναμένεται να επαναπροσδιορίσει τη διεπαφή ανθρώπου και υπολογιστή προσφέροντας νέους τρόπους επικοινωνίας, πληροφόρησης, απεικόνισης, και δημιουργικής έκφρασης ιδεών.

Ο στόχος της ΕΠ είναι η δημιουργία συνθετικών περιβαλλόντων, τα οποία ο χρήστης του εκάστοτε συστήματος βιώνει με τρόπους όμοιους με αυτούς που βιώνει το πραγματικό περιβάλλον, και τα οποία θα βοηθούν:

- Στην προσομοίωση διαδικασιών για χάρη εκπαίδευσης, αποφυγής κινδύνων, αξιολόγησης σχεδιασμού ή εκτίμησης συστημάτων πληροφοριών,
- Στην καλύτερη επικοινωνία του ανθρώπου με τον υπολογιστή,
- Στην αναζήτηση για καινούργιες μορφές έκφρασης και επικοινωνίας,
- Στην διευκόλυνση των ανθρώπων με ειδικές ανάγκες κλπ.

Οι τεράστιες δυνατότητες που παρέχει η ΕΠ έχει ως αποτέλεσμα να βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς κλάδους της επιστήμης και της βιομηχανίας. Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση ορισμένων από τους σημαντικότερους κλάδους της επιστήμης και της βιομηχανίας όπου η ΕΠ εφαρμόζεται με σημαντικά αποτελέσματα. Στη συνέχεια του κεφαλαίου κρίνεται σκόπιμο να γίνει εκτενής αναφορά στους τομείς εφαρμογής της ΕΠ στην βιομηχανία αλλά και στις επιπτώσεις που επιφέρει καθώς η παρούσα εργασία αφορά μια βιομηχανική εφαρμογή. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται σύντομη αναφορά και στις προσπάθειες που έχουν γίνει σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες είναι ιδιαίτερα αξιόλογες.

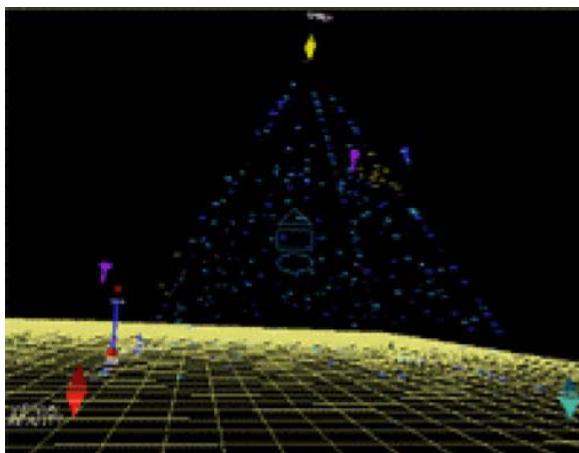
3.2 Τομείς εφαρμογής της Εικονικής Πραγματικότητας

3.2.1 Απεικόνιση συστημάτων πληροφοριών

Ένας φυσιολογικός άνθρωπος δεν είναι ιδιαίτερα ικανός στην επεξεργασία και αξιολόγηση συνόλων από πολυάριθμα δεδομένα, ονόματα ή αριθμούς. Είναι όμως επιδέξιος στην αναγνώριση μοτίβων και διατάξεων, στο οπτικό-ακουστικό του περιβάλλον. Επομένως η απεικόνιση πολύπλοκων συστημάτων πληροφοριών σε οπτικό-ακουστικές μορφές, καθιστά ευκολότερη την εκτίμηση και μελέτη τους από τον άνθρωπο.

Η τεχνολογία VR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πολυδιάστατων οπτικοακουστικών απεικονίσεων πολύπλοκων συστημάτων πληροφοριών, σε μορφή αλληλεπιδραστικών (interactive) VEs, επιτρέποντας έτσι στο χρήστη να τα επεξεργαστεί με τον πλέον φυσικό, 'ενστικτώδη' τρόπο που ταιριάζει καλύτερα στη μέθοδο εργασίας του.

α) οπτικοποίηση συστημάτων πληροφοριών: VR συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξερεύνηση μιας βάσης δεδομένων, βυθίζοντας το χρήστη μέσα σε μια τρισδιάστατη απεικόνισή της. Με κινήσεις των χεριών και του σώματος μπορεί να περιφέρεται πιο επιδέξια μέσα στους νοητούς χώρους της πληροφορίας, αναγνωρίζοντας, επιλέγοντας και οργανώνοντας πιο αποτελεσματικά τα δεδομένα του.



Εικόνα 3.1 Οπτικοποίηση δεδομένων σε VE με στόχο την αναγνώριση μοτίβων και σχέσεων ανάμεσα στα οπτικοποιημένα δεδομένα

β) οπτικοποίηση οικονομικών δεδομένων: η παρακολούθηση και επεξεργασία της συνεχούς ροής οικονομικών-χρηματιστηριακών δεδομένων είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη και απαιτητική εργασία. Ήδη στην αγορά υπάρχουν εφαρμογές που με τη βοήθεια ενός VR συστήματος μετατρέπουν τον χείμαρρο από ανάλογες πληροφορίες σε ένα desktop VE, το οποίο διευκολύνει τις εκτιμήσεις ενός χρηματιστή.

γ) οπτικοποίηση δομής δικτύων: η δυνατότητα παρακολούθησης της δομής και των σχέσεων μεταξύ των στοιχείων που συνθέτουν ένα πολύπλοκο δίκτυο, είναι ιδιαίτερα σημαντική σε αρκετές δραστηριότητες διαχείρισης αυτού του δικτύου. Το desktop VR που κατασκευάστηκε από την British Telecom για τη διαχείριση του τεράστιου δικτύου τηλεπικοινωνιών που διαθέτει, αποδεικνύει πως η τρισδιάστατη, τοπολογική απεικόνιση των συνδέσεων και των κόμβων του δικτύου βοηθά την παρακολούθηση, την αλληλεπίδραση αλλά και τη σχεδίαση επεκτάσεων σε ένα τέτοιο πολύπλοκο σύστημα.

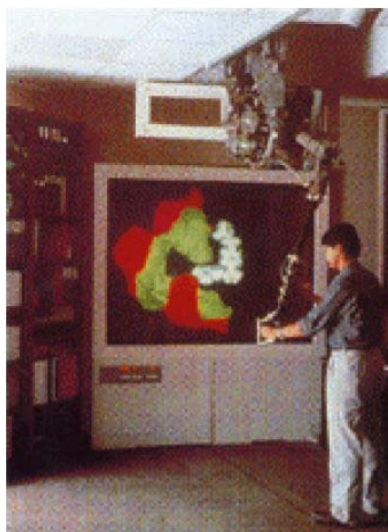
δ) οπτικοποίηση λογισμικού: τεχνικές απεικόνισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην οπτικοποίηση της δομής λογισμικού, για να βοηθήσουν τη συντήρηση και βελτίωσή του. Απεικονίζοντας τα μέρη, τις ρουτίνες, τις διαδικασίες με ένα δυναμικό τρόπο στις τρεις διαστάσεις, διευκολύνεται κατά πολύ η διάγνωση προβλημάτων. Τέτοια συστήματα βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της έρευνας.

3.2.2 Μοριακή μοντελοποίηση

Η πολύπλοκη δομή των μορίων γίνεται ευκολότερα κατανοητή με τρισδιάστατα μοντέλα και όχι με δυσδιάστατες αναπαραστάσεις. Επομένως η χρήση VR συστημάτων για την προσομοίωση μοριακών ενώσεων, βοηθά κατά πολύ στην αντίληψή τους, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν εργαλείο για την ανίχνευση καινούργιων ενώσεων.

Στο πανεπιστήμιο της North Carolina, κατασκευάστηκε για πρώτη φορά ένα τέτοιο σύστημα, το οποίο κάνει χρήση οπτικής αλλά και απτικής απεικόνισης πληροφοριών. Συγκεκριμένα, η τρισδιάστατη εικόνα των μοριακών ενώσεων προβάλλεται σε μια οθόνη ενώ ο χρήστης αλληλεπιδρά με τα μόρια μέσω ενός αρθρωτού βραχίονα (ARM), ο οποίος κατευθύνει τις κινήσεις των μορίων αλλά παρέχει και απτική αντίδραση στο χέρι του χρήστη. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων αναπαρίστανται μέσω της απτικής αντίδρασης του ARM, υποδεικνύοντας ποιες

ενώσεις είναι εφικτές και ποιές όχι, βοηθώντας έτσι σημαντικά στην προσπάθεια για ανακάλυψη καινούργιων ενώσεων.



Εικόνα 3.2 Μοριακή μοντελοποίηση στο Πανεπιστήμιο της North Carolina με το σύστημα ARM

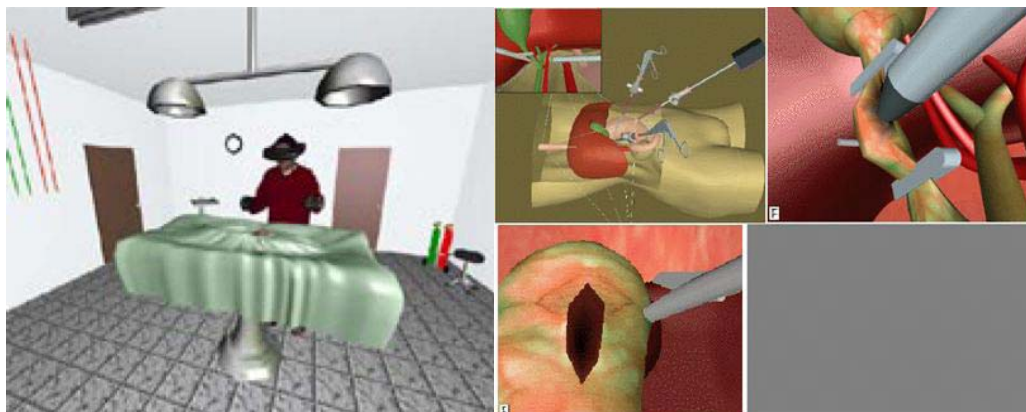
3.2.3 Ιατρική Προσομοίωση

Η εικονική πραγματικότητα στο χώρο της ιατρικής έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Περιπτώσεις όπως εκπαίδευση, διάγνωση, ιατρικά εργαλεία, τηλεϊατρική και ψυχοθεραπεία περιγράφονται παρακάτω.

- **Εκπαίδευση:** Στην εκπαίδευση των φοιτητών της ιατρικής στην ανατομία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο του ανθρωπίνου σώματος, το οποίο περιλαμβάνει δέρμα, μυϊκούς ιστούς, αιμοφόρα αγγεία και οστά. Επίσης, συστήματα εικονικής πραγματικότητας χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση σε καινούργιες τηλε-χειρουργικές τεχνικές, όπως η λαπαροσκόπηση. Αυτές απαιτούν νέες μορφές χειρουργικών ικανοτήτων, που μπορούν να αποκτηθούν μόνο μέσω της προσομοίωσης των ειδικών συνθηκών της κάθε επέμβασης.
- **Διάγνωση:** Στη διάγνωση αρκετών ασθενειών βοηθούν διάφορες δισδιάστατες μορφές απεικόνισης (ακτινογραφία, αξονική - μαγνητική τομογραφία). Πλέον όμως, είναι δυνατή η απεικόνιση αυτών των πληροφοριών (δεδομένα από ακτινογραφίες ή μαγνητικές τομογραφίες) σε μορφή τρισδιάστατου μοντέλου και η διάγνωση γίνεται μέσω της εξερεύνησης σε ένα εικονικό περιβάλλον που περιλαμβάνει το μοντέλο. Βέβαια, αυτές οι προσπάθειες βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο.
- **Ιατρικά εργαλεία:** Κατασκευάζονται τρισδιάστατα μοντέλα μερών του ανθρωπίνου σώματος τα οποία χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό ορθοπεδικών ή πλαστικών εγχειρήσεων. Για παράδειγμα, ο πλαστικός χειρουργός μπορεί με τη χρήση του ποντικιού να κάνει τομή στο εικονικό σώμα και να δει αμέσως το αποτέλεσμα. Μπορεί επίσης να πειραματιστεί αφαιρώντας μέρος του εικονικού δέρματος και να επουλώσει το τραύμα με τον γειτονικό ιστό, ώστε να βρει την κατάλληλη γεωμετρία των κομματιών που δημιουργούν τη λιγότερη παραμόρφωση.
- **Τηλεϊατρική:** Στην περίπτωση αυτή, είναι δυνατή η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ιατρών που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους και

συνεργάζονται για ένα περιστατικό, έχοντας μπροστά τους την ίδια τρισδιάστατη εικόνα.

- **Ψυχοθεραπεία:** Χρήση της εικονικής πραγματικότητας γίνεται και για την αντιμετώπιση διαφόρων φοβιών, όπως η υψοφοβία, ο φόβος για τις αράχνες και τα αεροπλάνα. Επίσης, βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο προγράμματα για ασθένειες ψυχονευρολογικές, όπως η νόσος Αλτσχάιμερ, η Πάρκινσον, βουλιμικές νευρώσεις ή νευρικές ανορεξίες. Συχνά τα συστήματα αυτά μιμούνται το φυσικό περιβάλλον και τα αντικείμενα που περιβάλλουν το χρήστη.



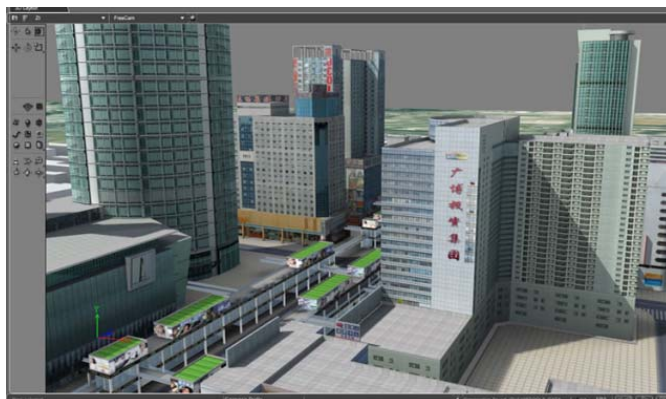
Εικόνα 3.3 Προσομοίωση εγχείρησης σε σύστημα εμβύθισης VR

3.2.4 Αξιολόγηση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού

Ένα VR σύστημα επιτρέπει στον αρχιτέκτονα ή στο μελλοντικό χρήστη να κινηθούν μέσα στο τρισδιάστατο μοντέλο ενός κτιρίου ή ενός διαμορφωμένου χώρου, πριν την πραγματική κατασκευή του. Έτσι επιτυγχάνεται η αξιολόγησή του κτιρίου, είτε κατά τη διάρκεια είτε μετά από την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του, εντοπίζονται τυχόν λάθη, και παίρνονται σημαντικές αποφάσεις που κατά τη διάρκεια της κατασκευής θα θεωρούνταν μή πραγματοποιήσιμες ή θα κόστιζαν αρκετά. Η χρησιμότητα αυτής της εφαρμογής βασίζεται στο γεγονός ότι ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται πολύ καλύτερα ένα οποιοδήποτε χώρο, όταν κινείται μέσα σε μια τρισδιάστατη, σε αληθινή κλίμακα, αναπαράστασή του, παρά μέσω δισδιάστατων απεικονίσεων (σχέδια, οθόνη).

Το πρώτο σύστημα τέτοιας ‘αρχιτεκτονικής διαδρομής’ κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο της North Carolina (UNC). Σήμερα υπάρχουν αρκετά τέτοια συστήματα στον κόσμο, τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται σαν εργαλεία για την προώθηση πώλησης κατοικιών, επίπλων κουζίνας ή ολόκληρων προκατασκευασμένων εσωτερικών διαμορφώσεων σπιτιών, προσφέροντας τη δυνατότητα στους μελλοντικούς χρήστες να δοκιμάσουν παραλλαγές, βιώνοντας ‘εκ των έσω’ το αποτέλεσμα και διαλέγοντας αυτό που βλέπουν να τους ταιριάζει περισσότερο. Ανάλογα συστήματα είναι εξίσου χρήσιμα για προσομοίωση περιβαλλόντων πολύ μεγαλύτερης κλίμακας.

Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα οπτικοακουστικής προσομοίωσης ακουστικών φαινομένων και άλλων παραμέτρων (ηχο-απορροφητικότητα υλικών, ανακλαστικές επιφάνειες) με σκοπό τη δημιουργία μοντέλων της ακουστικής συμπεριφοράς ενός χώρου, χρησιμοποιώντας τις digital signal processing δυνατότητες συστημάτων όπως το Convolvotron.



Εικόνα 3.4 Αξιολόγηση αρχιτεκτονικής πόλης Shenzhen με τη χρήση του λογισμικού 3DVIA Virtools⁴⁹

3.2.5 VR για ανθρώπους με ειδικές ανάγκες

Το γεγονός ότι η τεχνολογία της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να προσφέρει εναλλακτικές, συνθετικές πραγματικότητες μέσω οπτικών, ακουστικών και απτικών αναπαραστάσεων, την καθιστά ιδεώδες μέσω για την ενίσχυση των δυνατοτήτων ανθρώπων που δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν μία ή περισσότερες από τις αισθήσεις τους.

Ένα dataglove μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συσκευή εισόδου από ένα βαρύκοο άτομο το οποίο επικοινωνεί μέσω χειρονομιών, και στη συνέχεια τα μηνύματά του, μέσω του συστήματος, να μεταφραστούν σε κείμενο (για απομακρυσμένο βαρήκοο συνομιλητή), ομιλία (για τυφλό συνομιλητή) ή braille (μέθοδος ανάγνωσης για τυφλούς).

Ένα ειδικά κατασκευασμένο HMD έχει χρησιμοποιηθεί, στο John Hopkins University της Βαλτιμόρης, σαν συσκευή ενίσχυσης όρασης για ανθρώπους με χαμηλή όραση. Ακόμα, ένα immersive VR σύστημα που δέχεται είσοδο από dataglove και μία αναπηρική καρέκλα πάνω σε ρόδες με αισθητήρες, έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση του σχεδιασμού περιβαλλόντων, όσον αφορά τις ειδικές απαιτήσεις και την εργονομική αποτελεσματικότητα για χρήστες σε αναπηρική καρέκλα.

3.2.6 Προσομοίωση πτήσης

Οι πρώτες γεννήτριες εικόνας (Image Generators), δηλαδή τα πρώτα συστήματα προσομοίωσης πτήσης, που έκαναν χρήση computer graphics, άρχισαν να χρησιμοποιούνται στις αρχές της δεκαετίας του 70. Όπως και τότε, έτσι και σήμερα, η ανάγκη για όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αληθοφάνεια, απεικονισμένη με τη μεγαλύτερη δυνατή ανάλυση και σχεδιασμένη στον μικρότερο δυνατό χρόνο, ωθεί τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για προσομοίωση πτήσης στα όρια των δυνατοτήτων τους.

Τα σημερινά συστήματα χρησιμοποιούν τεχνικές όπως smooth shading, texture mapping, transparency, anti-aliasing και προσομοιώσεις καιρικών φαινομένων. Μερικά Image Generators παράγουν τέτοιες εικόνες σε ρυθμό μεγαλύτερο από 50 frames ανα sec και αναλύσεις άνω των 1000 γραμμών. Ο χειριστής περιβάλλεται συνήθως από 3-5 οθόνες προβολής, που αντιστοιχούν στα παράθυρα της καμπίνας, για να έχει όσο το δυνατόν πιο αληθοφανή εικόνα του περιβάλλοντος κατά τη

⁴⁹ <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virttools/showcase/urban-planning/>

διάρκεια της προσομοίωσης πτήσης. Κάθε οθόνη τροφοδοτείται από μία γεννήτρια εικόνας, ενώ κάθε γεννήτρια πρέπει να έχει πρόσβαση στην ίδια βάση δεδομένων που περιγράφει γεωμετρικά ολόκληρο το περιβάλλον, για να αναπαραστήσει την άποψη (Point of View) του περιβάλλοντος, που θα έπρεπε να βλέπει ο χειριστής από το αντίστοιχο παράθυρο της καμπίνας.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες που υποστηρίζουν τις προσομοιώσεις, έχουν άμεσες συνέπειες στις επιδόσεις και την αληθοφάνεια της εμπειρίας που προσφέρει ένα τέτοιο σύστημα. Πάντως τα περιθώρια εξέλιξης στον τομέα αυτό είναι απεριόριστα. Πρέπει να γίνει ακόμα αντιληπτό ότι το κόστος τέτοιων συστημάτων είναι τεράστιο.



Εικόνα 3.5 Εξομοιωτής Πτήσης α) μαχητικού αεροσκάφους τύπου f-16 blk 52 β) πολιτικού αεροσκάφους τύπου AIRBUS A380

3.2.7 Βιομηχανία άμυνας

Η βιομηχανία της άμυνας είναι ίσως ο μεγαλύτερος χρηματοδότης της έρευνας της τεχνολογίας VR. Πέρα από τους εξομοιωτές πτήσης, για τους οποίους έγινε ήδη αναφορά, κατασκευάζονται προσομοιώσεις σχεδόν όλων των πολεμικών διαδικασιών που έχουν να κάνουν με το χειρισμό κάποιου οχήματος, σκάφους, υποβρυχίου ή οπλικού συστήματος, προς χάρη της εκπαίδευσης των μελλοντικών χειριστών. Οι λόγοι που ωθούν στη χρήση προσομοιώσεων στην εκπαίδευση σε τέτοια συστήματα είναι:

- Η ασφάλεια των χειριστών,
- Το τεράστιο κόστος της εκπαίδευσης με αληθινά πυρά και οχήματα.

Ολικά εμβυθισμένοι χρήστες-στρατιώτες εκπαιδεύονται ακόμα και σε μάχη εδάφους, σε ομάδες και σε συνδυασμό με οχήματα. Αυτό βέβαια σημαίνει ότι όλοι αυτοί οι χρήστες πρέπει να έχουν πρόσβαση στη βάση δεδομένων που περιγράφει το περιβάλλον της μάχης, και συγχρόνως να είναι βυθισμένοι αλλά και να απεικονίζονται με κάποιο τρόπο μέσα στο περιβάλλον.

Το SIMNET είναι το σύνολο δικτυωμένων συστημάτων το οποίο συνδέει όλα σχεδόν τα συστήματα πολεμικής προσομοίωσης που βρίσκονται στην Αμερική, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εμπλοκή απόμακρων χρηστών, σε οποιοδήποτε σημείο της χώρας, σε εκπαιδευτική άσκηση μέσα στο ίδιο VE. Το καινούργιο standard που μελετάται για τη δικτύωση πολυάριθμων, απόμακρων συστημάτων και υποστηρίζει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα και ρεαλισμό στις προσομοιώσεις, ονομάζεται DIS (Distributed Interactive Simulation). Είναι φανερό ότι οι απαιτήσεις τέτοιων

συστημάτων σε υπολογιστική ισχύ και δυνατότητες δημιουργίας εικόνων αγγίζουν τα όρια του τι είναι σήμερα εφικτό.



Εικόνα 3.6 Δικτυωμένα συστήματα προσομοίωσης μάχης για περισσότερους από 300 χρήστες – NPSNET research group, Naval Postgraduate School

3.2.8 Η βιομηχανία της διασκέδασης

Αναμφίβολα η βιομηχανία της διασκέδασης φαντάζει σαν εφαρμογή VR, η οποία απευθύνεται στην πλέον πολυπληθή ομάδα χρηστών. Η έκρηξη σε αυτή την αγορά θα συμβεί όταν, επιτρέποντος του κόστους του hardware, ο μέσος καταναλωτής θα μπορεί εύκολα να αγοράσει ένα πειστικό immersive VR σύστημα σε μορφή και τιμή computer games console. Για την ώρα ο κάθε άνθρωπος μπορεί να βυθιστεί σε αρκετά πειστικά συνθετικά περιβάλλοντα:

- Στα arcade games κέντρα, όπου υπάρχουν διάφορα coin-up συστήματα, για έναν ή πολλούς χρήστες,
- Στα location-based κέντρα, όπου κατασκευάζονται μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις για πολυάριθμους χρήστες, οι οποίοι βιώνουν την εμπειρία μέσα σε χώρους μορφής θεάτρων (με πολλαπλές οθόνες προβολής) ή μορφής καμπινών για ένα ή λίγα άτομα.

Ισχυρές συνεργασίες εταιρειών που μέχρι τώρα γνωρίζαμε σαν κατασκευάστριες εξομοιωτών πτήσης ή ισχυρών συστημάτων δημιουργίας γραφικών, με εταιρείες παραγωγής κινηματογράφου, κινουμένων σχεδίων ή computer games έχουν ήδη αρχίσει να πραγματοποιούνται (Evans & Sutherland-Iwerks, Silicon Graphics-Walt Disney, Silicon Graphics-Nintendo). Το σίγουρο είναι ότι στο κοντινό μέλλον θα μπορέσουμε να αξιολογήσουμε τί πραγματικά είναι εφικτό και πόσο εντυπωσιακές μπορούν να είναι αυτού του είδους οι ομαδικές και μή εμπειρίες.



Εικόνα 3.7 Δημιουργία ηλεκτρονικού παιχνιδιού ‘The Scared Rings’ με τη χρήση του λογισμικού 3DVIA Virtools⁵⁰

⁵⁰ <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/showcase/electronic-entertainment/>

3.2.9 Απόκτηση δεξιοτήτων με τη χρήση Εκπαιδευτικών Περιβαλλόντων VR

Ένας μαθητής εκτός από την αίσθηση παρουσίας και την ικανότητα εκτέλεσης διεργασιών που αποκτά κάνοντας χρήση ενός εικονικού περιβάλλοντος βελτιώνει και την απόδοσή του. Επίσης, ο εκπαιδευόμενος μπορεί να μεταφέρει τις δεξιότητες που απέκτησε σε ένα εικονικό περιβάλλον σε ένα πραγματικό. Από έρευνες που έχουν γίνει σε διάφορα επιστημονικά πεδία έχει αποδειχθεί ότι η χρήση των προσομοιωτών ΕΠ έχουν αυξήσει σημαντικά την επίδοση των εκπαιδευομένων.

Εύκολα γίνεται κατανοητό ότι μέσω της ΕΠ ένα άτομο μπορεί να αυξήσει την αντιληπτικότητα του σε σχέση με γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στον πραγματικό κόσμο και με τον τρόπο αυτό καθίσταται ικανό να αντιδρά με τον κατάλληλο τρόπο σε μια παρόμοια κατάσταση και στο πραγματικό περιβάλλον.

Φαίνεται ότι η εικονική πραγματικότητα αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο στην εκπαιδευτική διαδικασία συνεισφέροντας στον ενεργό ρόλο του μαθητή σε θέματα στα οποία δεν προσφέρονται άλλα μέσα και κυρίως δεν είναι υλοποιήσιμα στο εργαστήριο ή παρατηρήσιμα στο φυσικό περιβάλλον. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποια εικονικά περιβάλλοντα για την υποστήριξη διδασκαλίας διαφόρων μαθημάτων στην εκπαίδευση.

NICE Project

Στο Πανεπιστήμιο του Illinois αναπτύχθηκε το **NICE Project** (Narrative-based, Immersive, Constructionist / Collaborative Environments).

Η εφαρμογή απευθύνεται σε παιδιά 6-10 ετών και προσφέρει ένα εικονικό περιβάλλον όπου τα παιδιά ομαδικά εξερευνούν ένα νησί, κατασκευάζουν οικοσυστήματα αποφασίζοντας που και τι φυτά θα φυτέψουν και τα φροντίζουν καθώς αυτά αναπτύσσονται. Έχουν να επιλέξουν μέσα από μια ποικιλία εδαφών, υψομέτρων και καιρικών συνθηκών. Ο κόσμος αναπτύσσεται και χωρίς τη συνεχή επέμβαση και αλληλεπίδραση με τα παιδιά. Επίσης είναι δυνατός ο έλεγχος της ροής του χρόνου. Οι ενέργειες των παιδιών καταγράφονται με μορφή ιστορίας με εικόνες και δίνονται στα παιδιά.



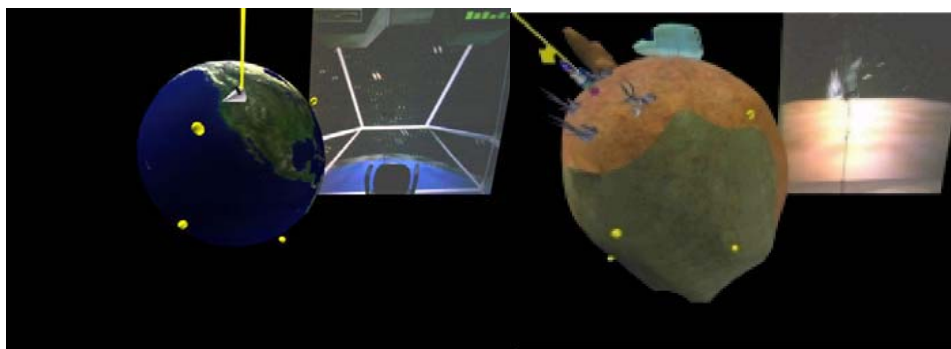
Εικόνα 3.8 Στιγμιότυπα του NICE Project

ROUND EARTH

Στο Πανεπιστήμιο του Illinois αναπτύχθηκε επίσης, το **Round Earth Project**, που απευθύνεται σε παιδιά δημοτικού σχολείου και πραγματεύεται το θέμα της σφαιρικότητας της γης.

Υπάρχουν δύο εικονικοί κόσμοι, ο κόσμος του αστεροειδή και ο κόσμος της γης. Δυο χρήστες ταυτόχρονα δουλεύουν στον κάθε κόσμο. Ο ένας είναι ο αστροναύτης που μαζεύει αντικείμενα και ο δεύτερος, ο ελεγκτής που κατευθύνει τον αστροναύτη. Ο αστροναύτης περπατά στην επιφάνεια του αστεροειδή ή ίπταται πάνω από τη γη. Ο ελεγκτής βλέπει ό,τι και ο αστροναύτης αλλά έχει και μια οπτική της γης ή του

αστεροειδή από κάπου στο διάστημα. Οι ρόλοι των δύο χρηστών εναλλάσσονται. Ο Maxwell World ασχολείται με θέματα ηλεκτροστατικής και τέλος ο Pauling World ασχολείται με το θέμα αναπαράστασης μοριακών δομών.

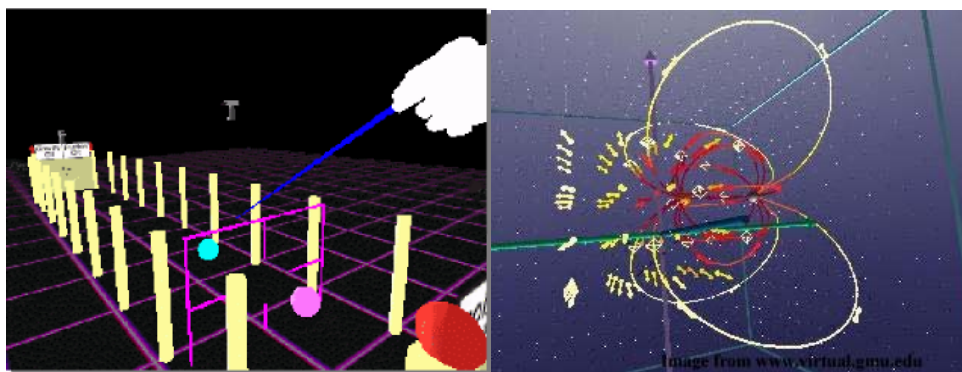


Εικόνα 3.9 Στιγμιότυπα του ROUND EARTH

SCIENCE SPACE

Το George Mason University, το Πανεπιστήμιο του Houston και η NASA, ανέπτυξαν το **Science Space Project**, το οποίο απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου.

Αποτελείται από 3 εικονικά περιβάλλοντα. Ο Newton World πραγματεύεται τους νόμους του Νεύτωνα. Σε μια περιοχή δραστηριοτήτων, δύο μπάλες διαφορετικών μαζών κινούνται και συγκρούονται από τους χρήστες. Σύμβολα δείχνουν την παρουσία ή όχι της τριβής και της βαρύτητας, οπτικά και ακουστικά ερεθίσματα βοηθούν στην αντίληψη διαφόρων παραμέτρων.

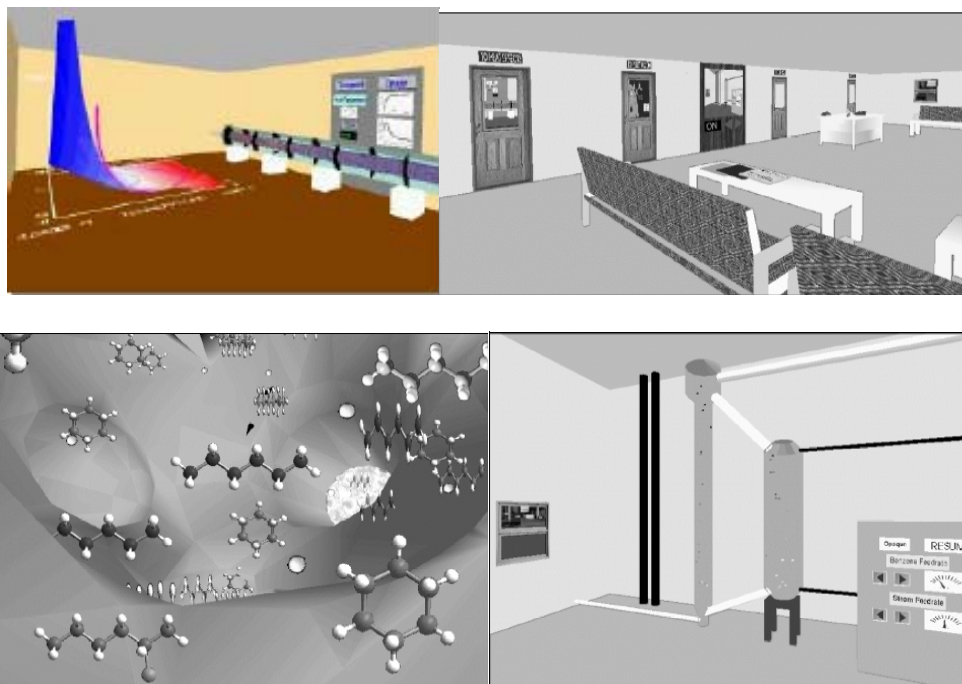


Εικόνα 3.10 Στιγμιότυπα του SCIENCE SPACE

VICHER

Στο Πανεπιστήμιο του Michigan έχει αναπτυχθεί το **VICHER**, το οποίο απευθύνεται σε προπτυχιακούς φοιτητές και πραγματεύεται τη μηχανική χημικών αντιδράσεων.

Αναπαριστά ένα εικονικό χημικό εργοστάσιο, όπου στην αρχική αίθουσα ο χρήστης παίρνει πληροφορίες για τη χρήση του προγράμματος, στο δωμάτιο του ατομικού αντιδραστήρα ελέγχει και παρατηρεί τη λειτουργία του, ενώ έχει τη δυνατότητα να εισέλθει στη μικροσκοπική δομή καταλυτών. Επίσης υπάρχει το δωμάτιο του μη ισοθερμικού αντιδραστήρα, όπου υπάρχει μια τρισδιάστατη μαθηματική επιφάνεια στην οποία χρώματα αντιπροσωπεύουν τη θερμοκρασία. Σε ένα τελευταίο δωμάτιο ελέγχεται η κατανόηση των θεμάτων που αναπτύχθηκαν.



Εικόνα 3.11 Στιγμιότυπα του VICHER

V-LASER

Στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων αναπτύχθηκε η εφαρμογή **V-LASER**, η οποία απευθύνεται σε προπτυχιακούς φοιτητές και πραγματεύεται το θέμα της φυσικής των laser.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να περιεργαστεί τα εικονικά εξαρτήματα που αποτελούν μια συσκευή laser, να τα χρησιμοποιήσει κατάλληλα για να την συναρμολογήσει, να τη θέσει σε λειτουργία και να μελετήσει τις συνθήκες λειτουργίας της.

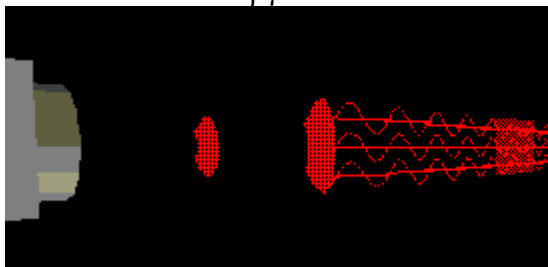


Εικόνα 3.12 Στιγμιότυπο του V-LASER

LASER PHYSICS LAB

Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Nottingham, ανέπτυξε το **Laser Physics Lab**, που απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου και προπτυχιακούς φοιτητές και ασχολείται με το θέμα της βασικής φυσικής του φωτός laser.

Η εφαρμογή ενημερώνει για την αυθόρμητη και την εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας, για τη διασπορά της ακτινοβολίας, παρέχει μια αναπαράσταση της ηλεκτρικής συνιστώσας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και τέλος μια διάταξη ολογραφίας που μπορεί να τεθεί σε λειτουργία.



Εικόνα 3.13 Στιγμιότυπο του LASER PHYSICS LAB

3.3 Τομείς εφαρμογής της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας στη βιομηχανία

Η χρήση συστημάτων CAD/CAM στις διαδικασίες σχεδιασμού στη βιομηχανία θεωρείται πλέον απαραίτητη. Οι περισσότερες εταιρίες χρησιμοποιούν τρισδιάστατα μοντέλα, τα οποία παρέχουν καλύτερη απεικόνιση για τη μορφή του σχεδίου, που θα κατασκευαστεί. Η πολυπλοκότητα των προϊόντων αυξάνει συνεχώς και μια απλή επισκόπηση των τρισδιάστατων γεωμετρικών τους μοντέλων δεν παρέχει επαρκείς πληροφορίες για αυτά. Η αποφυγή λαθών στο σχεδιασμό είναι ένας βασικός τομέας για την επιτυχία του προϊόντος στην αγορά. Οι μηχανικοί συνεπώς επιζητούν τη χρήση εργαλείων, τα οποία θα τους αποτρέπουν από τη πραγματοποίηση λαθών, μέσω της παροχής πληροφοριών για το τελικό προϊόν πριν ξεκινήσει η παραγωγή του. Επιπλέον τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται ως μέσο επικοινωνίας της επιχείρησης με εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι προμηθευτές και οι πελάτες της.

Η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας αποτελεί ένα από αυτά τα εργαλεία, αφού μπορεί να παρέχει επιπλέον πληροφορίες σε σχέση με ένα σύστημα CAD/CAM. Το σύστημα CAD/CAM επιτρέπει την οπτικοποίηση ενός μοντέλου και το σχεδιασμό της διαδικασίας παραγωγής του. Η Εικονική Πραγματικότητα παρέχει τις δυνατότητες:

- Επισκόπησης σε πραγματικό χρόνο του προϊόντος και του περιβάλλοντος παραγωγής.
- Προσομοίωσης λειτουργικών χαρακτηριστικών των προϊόντων ή των μηχανών στο εικονικό περιβάλλον.
- Σχεδιασμού, προσομοίωσης και επιβεβαίωσης της διαδικασίας παραγωγής.

Η Εικονική Πραγματικότητα δεν αντικαθιστά τα συστήματα CAD/CAM, αλλά λειτουργεί συμπληρωματικά ως ένα επιπλέον εργαλείο. Αναμένεται μελλοντικά το εργαλείο αυτό να ενσωματωθεί ως χαρακτηριστικό των λογισμικών CAD/CAM, παρέχοντας ένα ολοκληρωμένο σύστημα σχεδιασμού προϊόντων και διαδικασιών παραγωγής. Στη συνέχεια αναφέρονται επιγραμματικά μερικοί από τους τομείς εφαρμογής της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας στη βιομηχανία :

- Οπτικοποίηση μηχανολογικών σχεδίων.
- Εκπαίδευση προσωπικού.
- Αξιολόγηση εργονομικών παραμέτρων.
- Οπτικοποίηση εικονικών πρωτοτύπων.
- Μελέτη σεναρίων συντήρησης και επισκευής μηχανισμών.
- Προσομοίωση της συναρμολόγησης μηχανισμών.
- Προσομοίωση των δυναμικών χαρακτηριστικών μηχανισμών.

- Ανάλυση καταπονήσεων.
- Διαχείριση της διαδικασίας ανάπτυξης προϊόντος.
- Προσομοίωση διαδικασιών παραγωγής.
- Ανάπτυξη τεχνικών για συνεργασία ομάδων σε μεγάλα έργα.
- Παράλληλη μηχανική.

Οι τομείς εφαρμογής, που αναφέρονται παραπάνω, είναι αυτοί που έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον στα βιομηχανικά περιβάλλοντα και στους οποίους έχει υιοθετηθεί η χρήση της τεχνολογίας από τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της.

3.4 Επιπτώσεις από τη χρήση συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας στη βιομηχανία

Η χρήση συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας στη βιομηχανία έχει επιπτώσεις σε αρκετές λειτουργίες, που σχετίζονται με τις διαδικασίες σχεδιασμού προϊόντων, με τις διαδικασίες σχεδιασμού μεθόδων για την παραγωγή τους και με τον τρόπο επικοινωνίας κάθε επιχείρησης με εξωτερικούς παράγοντες, όπως οι προμηθευτές και οι πελάτες της. Αυτό σημαίνει ότι οι λειτουργίες αυτές διαφοροποιούνται σε κάποιο βαθμό μέσα στην επιχείρηση.

Η αξιοποίηση των επιπλέον δυνατοτήτων που παρέχονται από ένα σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας εξαρτάται από την οργάνωση και την αποτελεσματικότητα κάθε εταιρίας. Αυτοί είναι σημαντικοί παράγοντες για την ανεπιτυχή εφαρμογή κάποιων συστημάτων Εικονικής Πραγματικότητας σε εταιρίες, οι οποίες δεν μπόρεσαν να ενσωματώσουν εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας στις λειτουργίες τους, λόγω του ότι δεν κατάφεραν να αξιοποιήσουν τις πληροφορίες που παρέχονται από το σύστημα για τον κύκλο ζωής των προϊόντων τους. Στη συνέχεια περιγράφονται οι επιπτώσεις από τη χρήση ενός συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας στις λειτουργίες μιας εταιρίας.

- Επιχειρηματική γνώση
- Επενδύσεις σε εξοπλισμό
- Διαχείριση προμηθευτών
- Σχεδιομελέτη προϊόντος
- Προσδιορισμός κόστους
- Διαχείριση επιχειρηματικού κινδύνου
- Επικοινωνία με τον πελάτη
- Επικοινωνία επιχειρήσεων
- Παραγωγή στο εργοστάσιο

Με βάση τις επιπτώσεις στις λειτουργίες μιας εταιρίας, οι οποίες περιγράφονται παραπάνω, τα πλεονεκτήματα, που προκύπτουν, από τη χρήση εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας είναι:

- Προσδιορισμός της δυνατότητας υλοποίησης εργασιών συναρμολόγησης χωρίς αυτές να έχουν πραγματοποιηθεί. Εναλλακτικά σενάρια αλληλουχιών συναρμολόγησης μπορούν να δοκιμασθούν και να αξιολογηθούν χωρίς να έχει γίνει η κατασκευή κάποιου πρωτότυπου.
- Αξιοπιστία στον προσδιορισμό του κόστους και του χρονοδιαγράμματος παραγωγής, λόγω των χαρακτηριστικών των μοντέλων, τα οποία βασίζονται σε πραγματικές παραγωγικές διαδικασίες και όχι σε παραμέτρους μόνο.
- Χρήση μεθόδων μοντελοποίησης και προσομοίωσης, οι οποίες συμβάλλουν στην επίτευξη ευελιξίας στην παραγωγή και συνεπώς στη μείωση του κόστους του προϊόντος.

- Βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων από τα στελέχη της επιχείρησης.
- Βελτίωση της παραγωγής, καθώς παρέχεται η δυνατότητα σχεδιασμού παράλληλα με τη σχεδίαση του προϊόντος.
- Βελτίωση της μορφής των εξαρτημάτων, μέσω της αξιοποίησης των παρεχόμενων από το σύστημα πληροφοριών, ώστε να είναι πιο εύκολη η διαδικασία συναρμολόγησης τους (design for assembly).

Τα αποτελέσματα της χρήσης ενός συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας στη βιομηχανία είναι:

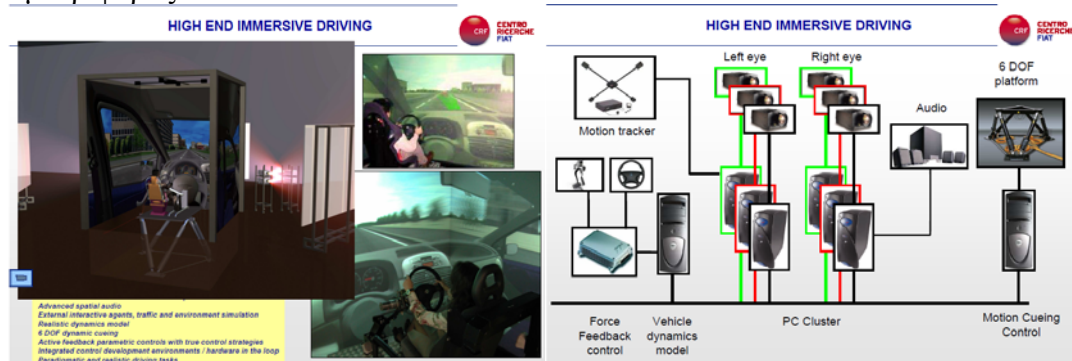
- Υψηλή ποιότητα των προϊόντων
- Χαμηλότερα κόστη παραγωγής
- Λιγότερα πρωτότυπα
- Βελτίωση της ακρίβειας του σχεδιασμού και των κατεργασιών
- Ελαχιστοποίηση των κινδύνων
- Μειωμένος χρόνος για την εισαγωγή του προϊόντος στην αγορά
- Λιγότερα προβλήματα κατά την έναρξη αλλά και την εξέλιξη της παραγωγής

3.5 Βιομηχανικές εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας

Οι περισσότερες εταιρείες παραγωγής οχημάτων (αυτοκινήτων, φορτωτών, φορτηγών) ή αεροσκαφών χρησιμοποιούν CAD συστήματα για το σχεδιασμό τους. Immersive ή desktop VR συστήματα μπορούν λοιπόν να αξιοποιήσουν τις ήδη υπάρχουσες βάσεις δεδομένων, που περιγράφουν CAD μοντέλα των οχημάτων, για να κατασκευάσουν ψηφιακά πρωτότυπα. Έτσι τους δίνεται η δυνατότητα να εξετάσουν τη δυνατότητα κατασκευής, την εργονομία, τη δυνατότητα συντήρησης, την ευκολία χειρισμού αλλά και την εμφάνιση του πρωτοτύπου, πριν αυτό κατασκευασθεί.

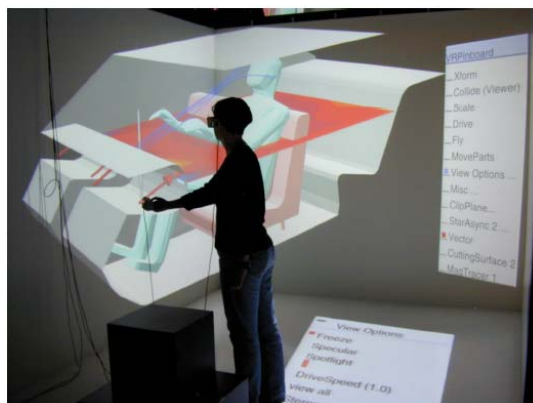
Η κατασκευή αληθινού πρωτοτύπου, σε πραγματική κλίμακα, για όλους αυτούς τους ελέγχους, κοστίζει υπερβολικά και χρειάζεται αρκετό χρόνο. Η χρήση ψηφιακού πρωτοτύπου κοστίζει πολύ λιγότερο και δίνει τη δυνατότητα για διεξαγωγή τέτοιων ελέγχων κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και όχι μόνο μετά την ολοκλήρωσή του. Η χρήση ψηφιακών μοντέλων για αξιολόγηση εργονομίας και αισθητικής μπορεί να βοηθήσει το σχεδιασμό οποιονδήποτε αντικειμένων ή μηχανημάτων πριν από τη μαζική τους παραγωγή. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες βιομηχανικές εφαρμογές της ΕΠ που προκαλούν ενδιαφέρον.

Η FIAT GROUP χρησιμοποιεί από το 2000 VR συστήματα, για αξιολόγηση του σχεδιασμού του εξωτερικού του αυτοκινήτου, αλλά και για την μελέτη εργονομίας των οργάνων και συστημάτων χειρισμού στο εσωτερικό του (physical ergonomics). Από το 2008 χρησιμοποιεί ένα σύστημα Immersive VR για προσομοίωση οδηγικής συμπεριφοράς.



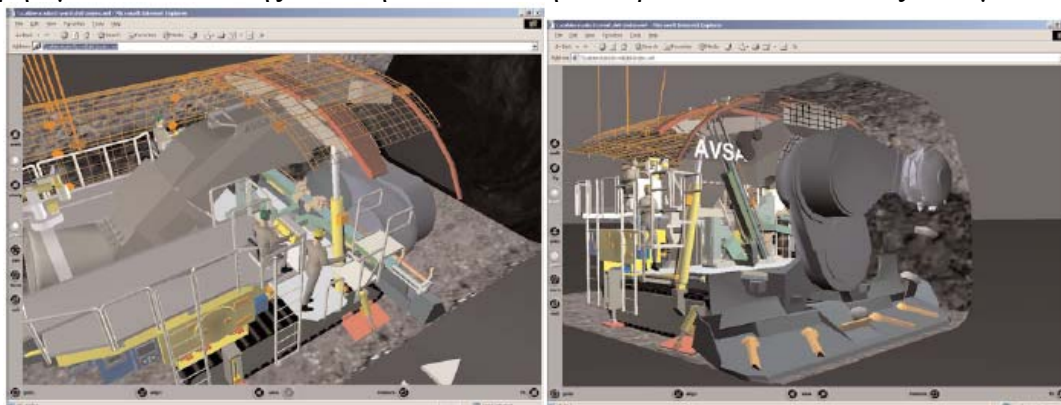
Εικόνα 3.14 Σύστημα Immersive Virtual Reality της Fiat Group

Η DaimlerCrysler στο πλαίσιο σχεδίασης αυτοκινήτων φιλικότερων προς το περιβάλλον, δημιούργησε ένα σύστημα CAVE στο οποίο εισήγαγε ένα εικονικό αυτοκίνητο το οποίο αλληλεπιδρούσε με ένα πίνακα οργάνων αλλάζοντας το ποσό και τη κατεύθυνση της ροής του αέρα αλλά και την θερμοκρασία του. Οι θέσεις του αυτοκινήτου μπορούσαν να κινηθούν παρέχοντας τη δυνατότητα επιλογής διαφορετικών επιβατών και οδηγού δίνοντας ρεαλιστικότερα αποτελέσματα. Με αυτόν τον τρόπο, τροποποιώντας ένα σύνολο παραμέτρων, είχαν ως στόχο να σχεδιάσουν αυτοκίνητα με μικρότερη κατανάλωση καυσίμου και φιλικότερα προς το περιβάλλον



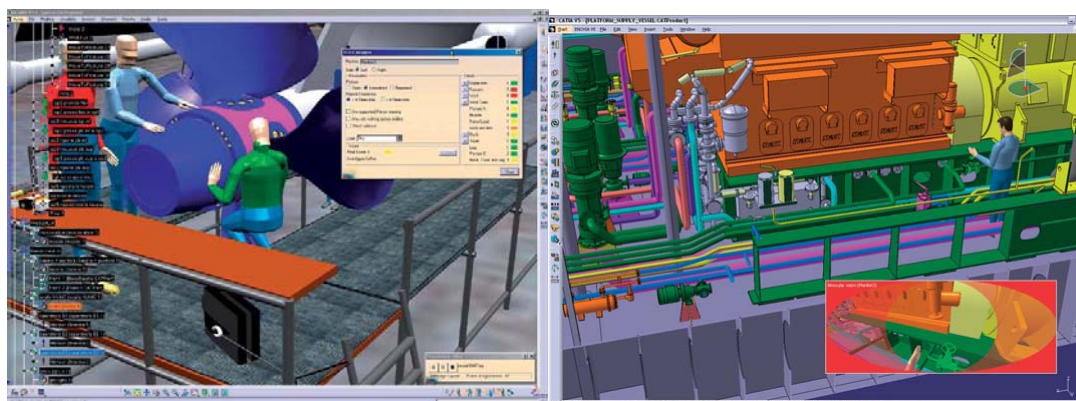
Εικόνα 3.15 Εικονικό πρωτότυπο αυτοκινήτου σε σύστημα CAVE της DaimlerCrysler

Η Γερμανική μεταλλευτική εταιρεία Deutsche Steinkohle AG(DSK), έχει εισάγει την τρισδιάστατη οπτικοποίηση της διαμόρφωσης ενός ορυχείου για βελτίωση των διαδικασιών στην λήψη των αποφάσεων. Η προσομοίωση της λειτουργικότητας του εξοπλισμού με τη χρήση ενός Εικονικού Περιβάλλοντος συνεισφέρει στην έγκαιρη επίλυση προβλημάτων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η τεχνολογία της ΕΠ χρησιμοποιείται επίσης και στην εκπαίδευση του προσωπικού σε νέο εξοπλισμό.



Εικόνα 3.16 Εικονικό ορυχείο της Deutsche Steinkohle AG(DSK)

Η Κορεάτικη ναυπηγοεπισκευαστική εταιρεία STX, με 21 ναυπηγεία ανά τον κόσμο, χρησιμοποιεί το ENOVIA της Dassult Systems για την σχεδίαση , την κατασκευή, τη συντήρηση αλλά και προσομοίωση των εργασιών της.



Εικόνα 3.17 Προσομοίωση εργασιών ναυπηγοεπισκευαστικής STX με χρήση του ENOVIA

Η αεροπορική εταιρεία Lufthansa, στην παραγγελία της προς την Airbus των αεροσκαφών A 380 VIP Interior, χρησιμοποίησε το EON Artificial I 3D Holographic Display για να σχεδιάσει το εσωτερικό τους.



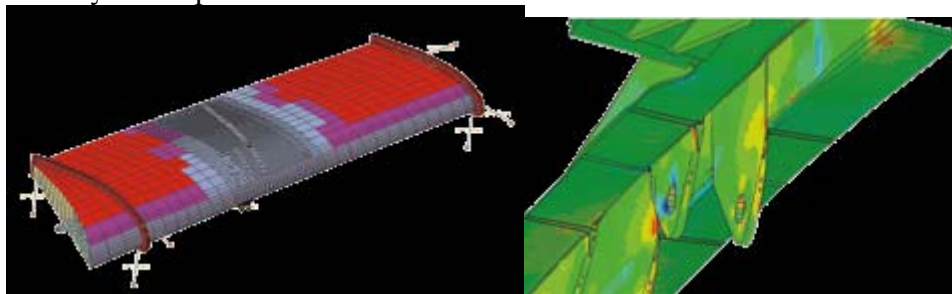
Εικόνα 3.18 Εσωτερικό αεροσκάφους Airbus A380 με χρήση του EON Artificial I 3D Holographic Display

Η Boeing χρησιμοποίησε για τον έλεγχο εργονομίας της κατασκευής του νέου αεροσκάφους της 787 Dreamliner σύστημα ΕΠ. Επίσης χρησιμοποίησε το EON για την παρουσίαση του εσωτερικού πολλών από τα μοντέλα της όπως το 727-8, 747-8 Intercontinental, του 777 αλλά και του 787 Dreamliner.



Εικόνα 3.19 Σύστημα ΕΠ στην Boeing και χρήση του EON

Η EADS (European Aeronautic Defence and Space) χρησιμοποιεί το Simulia Abaqous για δομική ανάλυση σε κρίσιμα σημεία όπου τα φορτία που δέχονται είναι μεγάλα όπως στα flaps.



Εικόνα 3.20 Φόρτιση των flaps (αριστερά) και ανάλυση της καταπόνησης στα κρίσιμα σημεία

3.6 Εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Το τεράστιο ενδιαφέρον που παρουσιάζει η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας, σε συνδυασμό με το μεγάλο εύρος των εφαρμογών της σε πολλούς κλάδους της επιστήμης και της βιομηχανίας, είχε ως αποτέλεσμα το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στην εν λόγω τεχνολογία. Οι προσπάθειες που έχουν γίνει στον τομέα τόσο της Εικονικής Πραγματικότητας όσο και στον τομέα της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR - Augmented Reality) σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρουσιάζουν τεράστιο ενδιαφέρον και καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών στους τομείς της επιστήμης και της βιομηχανίας. Αν και η λεπτομερής εξέταση του ζητήματος αυτού υπερβαίνει τις φιλοδοξίες του παρόντος, στη συνέχεια επιχειρείται ενδεικτική επισκόπηση των σημαντικότερων εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 η Ευρωπαϊκή Ένωση χρηματοδοτεί μεγάλο αριθμό προγραμμάτων που αφορούν την έρευνα και την ανάπτυξη των τεχνολογιών της Εικονικής Πραγματικότητας. Επίσης έχουν συσταθεί Ερευνητικά Κέντρα τα οποία μεταξύ άλλων ασχολούνται με την έρευνα και ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Ενδεικτικά αναφέρεται το Κοινό Κέντρο Ερευνών (Joint Research Centre – JRC)⁵¹ το οποίο αποτελεί υπηρεσία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και λειτουργεί ως επιστημονικό και τεχνολογικό κέντρο αναφοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το JRC συνεργάζεται με πλήθος δημόσιων και ιδιωτικών οργανισμών, όπως ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια, ρυθμιστικοί φορείς, τοπικές αρχές, βιομηχανικές ενώσεις και εταιρείες, στο πλαίσιο δικτύων που υποστηρίζουν το θεσμικό του έργο (δηλαδή έργο χρηματοδοτούμενο άμεσα από τον προϋπολογισμό της Επιτροπής). Συμμετέχουν πολλοί οργανισμοί από τα νέα κράτη μέλη και τις υποψήφιες χώρες. Επιπλέον, το JRC έχει συμπράξεις χρηματοδοτούμενες μετά από επιτυχημένες προτάσεις που εγκρίνονται βάσει του προγράμματος πλαισίου έρευνας της ΕΕ (καλούμενες «έμμεσες δράσεις»). Η συνεργασία του JRC και της ελληνικής επιστημονικής κοινότητας αυξάνεται σταθερά και το JRC συνεργάζεται πλέον με περίπου 50 εταιρίες από την Ελλάδα –άνω του 50% συνεργάζονται υπό το θεσμικό πρόγραμμα και οι υπόλοιποι σε έμμεσες δράσεις. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το JRC συνεργάζεται με το Πολυτεχνείο Κρήτης, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το

⁵¹ <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>

Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης και τη Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων ΑΕ σε εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας και ανθρώπινων παραγόντων για τη βελτίωση της ασφάλειας (Virthualis) και τη δημιουργία καινοτόμου τεχνολογίας που ενσωματώνει μεθόδους εικονικής πραγματικότητας και ανθρώπινων παραγόντων για τη βελτίωση της ασφάλειας στις εγκαταστάσεις παραγωγής και στους χώρους αποθήκευσης⁵².

Στο σημείο αυτό αξίζει να γίνει αναφορά και στην δημιουργία του Ευρωπαϊκού Δικτύου INTUITION (Network of Excellence on Virtual Reality and Virtual Environments Applications for Future Workspaces) το οποίο περιλαμβάνει 60 συνεργάτες από όλη την Ευρώπη, μεταξύ των οποίων μεγάλα Ερευνητικά Ινστιτούτα και Πανεπιστήμια καθώς και εταιρείες και βιομηχανίες που δραστηριοποιούνται σε διάφορους τομείς. Έχει ως κύριο στόχο την κατανόηση της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας και την ανάπτυξη και δοκιμή εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας σε όλη την Ευρώπη εστιάζοντας στον τομέα της βιομηχανίας, για την προώθηση της ανωτέρω τεχνολογίας στις διαδικασίες σχεδίασης προϊόντων⁵³. Οι ομάδες εργασίας του Δικτύου INTUITION εστιάζουν σε μεγάλο αριθμό πεδίων εφαρμογής⁵⁴ με σημαντικότερα τα εξής:

- Αεροπορική Βιομηχανία
- Αυτοκινητοβιομηχανία
- Κατασκευές
- Ενέργεια
- Μηχανική
- Εκπαίδευση
- Περιβάλλον και Πολιτισμός
- Ιατρική και Νευροεπιστήμες

Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή ορισμένων από τα σημαντικότερα ερευνητικά έργα που αναπτύχθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το 5^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (Fifth Framework Programm –FP5) της Ευρωπαϊκής Κοινότητας καθόρισε τα πεδία έρευνας και την τεχνολογική ανάπτυξη για την περίοδο 1998 – 2002 και περιλάμβανε 7 εξειδικευμένα επιμέρους προγράμματα. Το Πρόγραμμα ‘Information Society Technologies – IST’ είναι μέρος του FP5 και εστιάζει στον συνδυασμό πραγματικού και εικονικού κόσμου για την δημιουργία ευφών εικονικών περιβαλλόντων (ambient intelligence environments) ενώ περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και θέματα σχετικά με την Εικονική και την Επαυξημένη Πραγματικότητα. Συνολικά αναπτύχθηκαν και χρηματοδοτήθηκαν 17 ερευνητικά έργα τα οποία φαίνονται στον επόμενο πίνακα⁵⁵. Το Πρόγραμμα ‘Information Society Technologies – IST’ συνεχίζει να χρηματοδοτείται μέχρι και σήμερα από το 7^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας με πιο πρόσφατο ερευνητικό έργο να έχει ξεκινήσει στις 1 Ιανουαρίου του 2010 με τίτλο ‘VERITAS PROJECT’ - (Virtual and Augmented

⁵² http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_country_leaflet_cy_el.pdf

⁵³ N.FRANGAKIS, G. KARASEITANIDIS, A. AMDITIS, K. LOUPOS, ‘STRUCTURING THE EUROPEAN RESEARCH AREA IN VR – INTUITION NETWORK’ http://www.project-vega.ro/news/workshop_2006_may/01-Frangakis.pdf

⁵⁴ A. Amditis, I. Karaseitanidis, I. Mantzouranis, ‘Virtual Reality Research in Europe: Towards Structuring the European Research Area’, <http://www.springerlink.com/content/r27h18v0831375ku/fulltext.pdf>

⁵⁵ Eric Badiqué ‘Under Construction in Europe: Virtual and Mixed Reality for a Rich Media Experience’ <http://www.springerlink.com/content/61u1n7ulju5170he/>

Environments and Realistic User Interactions To achieve Embedded Accessibility DesignS)⁵⁶.

IST-28707	ARIS	Augmented Reality image synthesis through illumination reconstruction and its integration in interactive and shared mobile AR systems for E-(motion)-commerce
IST-28559	ARTHUR	Augmented round table for architecture and urban planning
IST-10942	Art.Live	Architecture and authoring tools for prototype for Living Images and new Video Experiments
IST-10510	CROSSES	CROwd Simulation System for Emergency Situations
IST-11185	ENREVI	ENhanced REality for the Video
IST-10036	INTERFA-CE	Multimodal Analysis/Synthesis System for Human Interaction to Virtual and Augmented Environments
IST-28459	INVIEW	Interactive and immersive video from multiple view images
IST-20859	META VISION	Universal Electronic Production system
IST-28436	ORIGAMI	A new paradigm for mixing of real and virtual
IST-11488	PING	Platform for Interactive Networked Games
IST-11172	PISTE	Personalised, Immersive Sports TV Experience
IST-11683	SAFIRA	Supporting Affective Interactions for Real-time Applications
IST-28764	STAR	Services and training through Augmented Reality
CRAFT 99-56418	SYMUSYS	Innovative High-performance Motion Simulation System For Entertainment, Research And Training Applications
IST-10044	VIRTUE	VIRtual Team User Environment
IST-10756	VISIRE	Virtual Image-Processing System for Intelligent Reconstruction of 3D Environments
IST-20783	VRSUR	Virtual Reality Surgery Training System

Πίνακας 3.1 Ερευνητικά Έργα Προγράμματος ‘Information Society Technologies – IST’ περιόδου 1998-2002

Κατά την περίοδο 1998-2002 ξεκίνησε και το Πρόγραμμα ‘Competitive and Sustainable Growth’ της Ευρωπαϊκής Κοινότητας από το οποίο χρηματοδοτήθηκε άλλο ένα ερευνητικό έργο με τίτλο ‘Virtual reality systems for perceived ergonomic quality testing of driving task and design’⁵⁷ με διάρκεια 36 μήνες (από 1/1/2000 έως 31/12/2002). Στο εν λόγω ερευνητικό έργο γενικός συντονιστής ήταν το Κέντρο Ερευνών της FIAT (CENTRO RICERCHÉ FIAT). Το έργο είχε ως στόχο της ανάπτυξη και τη δοκιμή διαφορετικών ειδών εξομοιωτών οδήγησης Εικονικής Πραγματικότητας με σκοπό την αποτίμηση της εργονομίας αλλά και την εκπαίδευση αρχάριων οδηγών. Για τον λόγο αυτόν σχεδιάστηκαν τρεις διαφορετικοί εξομοιωτές που επέτρεπαν στον οδηγό να αλληλεπιδρά τόσο με το εικονικό αυτοκίνητο όσο και με το εικονικό περιβάλλον που τον περιέβαλε κατά την διάρκεια της προσομοίωσης της οδήγησης.

⁵⁶ <http://veritas-project.eu/>

⁵⁷ ‘Virtual reality systems for perceived ergonomic quality testing of driving task and design’http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/virtual_final_report.pdf



Εικόνα 3.21 Ο No 3 εξομοιωτής οδήγησης του ερευνητικού έργου ‘Virtual reality systems for perceived ergonomic quality testing of driving task and design’

Ιδιαίτερη βαρύτητα δίδεται από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα και στον τομέα της έρευνας και της ανάπτυξης της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας για βελτίωση της ανθρώπινης υγείας καθώς και την αντιμετώπιση περιπτώσεων ανικανότητας⁵⁸ (βλάβες όρασης, βλάβες ακοής, γνωστικές δυσλειτουργίες, μαθησιακές δυσκολίες κ.α.). Συγκεκριμένα το 1996 έγινε στην Αγγλία το πρώτο συνέδριο με θέμα την Ανικανότητα, την Εικονική Πραγματικότητα και τις Τεχνολογίες που σχετίζονται (European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies - ECDVRAT). Στο δεύτερο συνέδριο το 1998 που διεξήχθη στην Σουηδία αποφασίστηκε το επόμενο συνέδριο να είναι Διεθνή και όχι Ευρωπαϊκό, μετονομαζόμενο σε ICDVRAT, το οποίο διεξάγεται μέχρι και σήμερα με πιο πρόσφατο το 8^ο Συνέδριο⁵⁹ που διεξήχθη από 31 Αυγούστου έως 2 Σεπτεμβρίου 2010. Επιπλέον η έρευνα και η ανάπτυξη της τεχνολογίας της Εικονικής Πραγματικότητας για τη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας χρηματοδοτείται από το 7^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (FP7 - 2007-2013) για τη διεκπαιραίωση σημαντικού αριθμού εξειδικευμένων ερευνητικών έργων⁶⁰.

Το ερευνητικό έργο ‘Touch-HAPSYS’⁶¹ χρηματοδοτήθηκε από το 5^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στα πλαίσια του Προγράμματος ‘Information Society Technologies – IST’ και διήρκεσε από το 2002 έως το 2005. Βασική ιδέα του έργου ήταν η δημιουργία νέας γενιάς απτικών συσκευών υψηλής πιστότητας με τις οποίες ο χρήστης θα μπορούσε είτε να αγγίζει είτε να νοιώσει εικονικά αντικείμενα. Η υλοποίηση του έργου πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια της επιστήμης της νευροφυσιολογίας.

Το ερευνητικό έργο ‘PRESENCIA’⁶² ξεκίνησε το 2003 και είχε ως στόχο την εύρεση νέων τρόπων ελέγχου Εικονικών Περιβαλλόντων με τη χρήση μόνο της σκέψης. Συγκεκριμένα επιδιώχθηκε η πλοήγηση μέσα σε ένα εικονικό δωμάτιο να γίνεται μέσω της λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου η οποία υπολογιζόταν μέσω Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος. Το εν λόγω έργο αποτέλεσε ένα από τα 9 έργα του Προγράμματος ‘IST Future and Emerging Technologies – FET’ το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το 5^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στα πλαίσια του Προγράμματος ‘Information Society Technologies – IST’, ξεκίνησε το

⁵⁸ S. V. G. Cobb and P. M. Sharkey, “A Decade of Research and Development in Disability, Virtual Reality and Associated Technologies: Review of ICDVRAT 1996–2006”, The International Journal of Virtual Reality, 2007, 6(2):51-68

⁵⁹ 8th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT 2010)

http://www.icdvrat.reading.ac.uk/2010/call_for_papers.htm

⁶⁰ <http://iactor.eu/downloads/WP%20The%20Potential%20for%20VR%20to%20Improve%20Healthcare.pdf>

⁶¹ http://cordis.europa.eu/fetch?ACTION=D&CALLER=PROJ_IST&RCN=64588

⁶² <http://www.presencia.org>

2002 και η χρηματοδότησή του συνεχίστηκε και από το 6^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (2003-2006).

Από όλα τα ανωτέρω συμπεραίνεται το μεγάλο ενδιαφέρον της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στην ραγδαία αναπτυσσόμενη τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας, γεγονός που καταδύκνεται και από τον μεγάλο αριθμό νεώτερων ερευνητικών έργων που βρίσκονται σε εξέλιξη⁶³. Για τον λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η ενδεικτική απαρίθμηση ορισμένων εξ αυτών στον επόμενο πίνακα.

BrainAble <i>http://www.BrainAble.org</i>	Autonomy and social inclusion through mixed reality Brain-Computer Interfaces	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2010 – ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2012	7 ^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (FP7)
Mindwalker <i>https://mindwalkerproject.eu/</i>	Mind Controlled Orthosis And Virtual Reality Training Environment For Walk Empowering	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2010 – ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2012	7 ^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (FP7)
VAALID <i>http://www.vaalidproject.org</i>	Accessibility and Usability Validation Framework for AAL Interaction Design Process	ΜΑΙΟΣ 2008 – ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010	6 ^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (FP6)
Veritas <i>http://veritas-project.eu/</i>	Virtual and Augmented Environments and Realistic User Interactions To achieve Embedded Accessibility DesignS	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2010- ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013	7 ^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (FP7)
VICON <i>http://www.vicon-project.eu</i>	Virtual User Concept for Supporting Inclusive Design of Consumer Products and User Interfaces	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2010- ΙΟΥΝΙΟΣ 2012	7 ^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο (FP7)

Πίνακας 3.2 Ερευνητικά Έργα Εικονικής Πραγματικότητας σε εξέλιξη υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

⁶³ Overview of running EU-funded projects in the area of e-inclusion
http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion/docs/rtd_docs/projects.pdf

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RAPID TOOLING – ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ VACUUM CASTING MK - MINI

4.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία Rapid Tooling αποτελεί ένα σημαντικό και σύγχρονο εργαλείο κατά την φάση ανάπτυξης ενός βιομηχανικού προϊόντος. Το εργαστήριο Σχεδιασμού με χρήση H/Y (Cadlab) του Πολυτεχνείου Κρήτης δραστηριοποιείται έντονα στην έρευνα για την Ταχεία Παραγωγή Πρωτοτύπων και Εργαλείων έχοντας εφαρμόσει την τεχνική του Vacuum Cast Molding (καλούπια από καουτσούκ που σκληραίνουν γρήγορα λόγω της ανάμειξης ρητινών σε περιβάλλον κενού αέρος) χρησιμοποιώντας το Σύστημα MK-Mini. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η τεχνολογία του Rapid Tooling και τα οφέλη της. Στη συνέχεια θα γίνει σύντομη παρουσίαση των εναλλακτικών μεθόδων της. Τέλος θα περιγραφεί το Σύστημα MK-Mini και ο τρόπος λειτουργίας του καθώς είναι το σύστημα το οποίο θα προσομοιωθεί στην παρούσα σε εργασία σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας.

4.2 Ορισμός του Rapid Tooling

Το R.T. είναι μια σειρά από τεχνολογίες και διαδικασίες με σκοπό την κατασκευή εξαρτημάτων σε λιγότερο χρόνο από ότι χρειαζόνταν οι προηγούμενες συμβατικές μέθοδοι κατασκευής. Οι τεχνολογίες αυτές συμπληρώνουν την μέθοδο Rapid Prototyping κατασκευάζοντας μεγαλύτερες ποσότητες πρωτοτύπων και σε ευρύτερη ποικιλία χρησιμοποιούμενων υλικών. Στις σωστές ποσότητες παραγόμενων προϊόντων, το R.T. μπορεί να είναι η πιο κατάλληλη και οικονομική λύση.

Όσον αφορά την τεχνολογία Rapid Prototyping (Ταχεία Πρωτοτυποποίηση) που αναφέρθηκε, είναι μια νέα τεχνολογία κατασκευής μοντέλων στρώμα - στρώμα (layer by layer) με εναπόθεση υλικού που μείωσε το χρόνο κατασκευής μοντέλων κάθε πολυπλοκότητας σε ώρες αντί για ημέρες, εβδομάδες ή ακόμα και μήνες. Αποτελεί πλέον για πολλές εταιρείες έναν απαραίτητο κρίκο στην διαδικασία εξέλιξης των προϊόντων.

Το Rapid Tooling (RT) είναι ουσιαστικά η τεχνολογία που υιοθετεί τις γρήγορες τεχνικές διαμόρφωσης ενός πρωτοτύπου, δηλαδή τις τεχνικές της Ταχείας Πρωτοτυποποίησης (RP), και τις εφαρμόζει στην κατασκευή εργαλείων και καλουπιών. Η έρευνα στις τεχνικές του RT έχει δείξει ότι κερδίζει περισσότερη αναγνώριση και γίνεται ολοένα και δημοφιλέστερη, αποτελώντας σοβαρή απειλή για την συμβατική κατασκευή εργαλείων. Οι κατασκευαστές ενδιαφέρονται όλο και περισσότερο προς το RT, όχι μόνο ως μια εναλλακτική λύση στο RP, αλλά ειδικά για μικρότερους όγκους παραγωγής που δεν δικαιολογούν την επένδυση που απαιτείται για τη συμβατική σκληρή σχεδίαση.

Το Rapid prototyping (RP) παρουσιάζει μια προϊστορία 10 ετών. Ένα από τα κύρια οφέλη του RP είναι η δυνατότητα για τον κατασκευαστή να ελέγξει ένα σχέδιο μέσα σε λίγες ώρες μετά από την ολοκλήρωση των στοιχείων CAD. Αυτό έχει επιτρέψει στους κατασκευαστές να περικόψουν τον χρόνο ανάπτυξης προϊόντων. Εντούτοις, εξ αιτίας των περιορισμών των συστημάτων RP, οι κατασκευαστές πολύ συχνά διαπιστώνουν ότι δεν είναι ικανοί να λάβουν το πρωτότυπο στο απαιτούμενο υλικό του τελικού προϊόντος. Επίσης, λόγω της αρχής κατασκευής του πρωτοτύπου, οι

μηχανικές ιδιότητες του πρωτοτύπου είναι κάπως διαφορετικές από αυτό του τελικού προϊόντος που κατασκευάζεται με τη διαδικασία της τελικής παραγωγής.

Διάφορες τεχνολογίες RT είναι τώρα διαθέσιμες στη βιομηχανία. Μερικές από αυτές τις τεχνολογίες παράγουν το εργαλείο άμεσα από τη διαδικασία RP. Εντούτοις, η πλειονηφία των τεχνολογιών RT χρησιμοποιούν το πρότυπο που δημιουργείται με τη διαδικασία RP σε μια δευτεροβάθμια διαδικασία για να παραγάγει το εργαλείο.

4.3 Οφέλη του Rapid Tooling

Αν και είναι τώρα δυνατό να γίνουν τα πρότυπα πρωτοτύπων πολύ γρήγορα χρησιμοποιώντας τα διάφορα συστήματα RP, αυτά δεν παράγονται ακόμα στο υλικό των τελικών προϊόντων και με την διαδικασία της τελικής παραγωγής. Οι σχεδιαστές και οι διαχειριστές, πριν από την έναρξη της μαζικής παραγωγής, συχνά απαιτούν αυτό το είδος επαλήθευσης. Ένα πρωτότυπο στον ακριβέστερο καθορισμό της λέξης, πρέπει να περιλάβει τη διαδικασία κατασκευής, παραδείγματος χάριν, η διαδικασία εγχύσεως καλουπιών. Αυτός ο τύπος αξιολόγησης και ανάλυσης δεν ήταν πρακτικός μέχρι την εφαρμογή τεχνολογιών RP στη σχεδίαση. Η συμβατική σχεδίαση για την έγχυση καλουπιών απαιτεί μια ουσιαστική επένδυση χρόνου και δαπανών.

Σήμερα, εξ αιτίας της παγκοσμιοποίησης των καταναλωτικών αγορών και της επακόλουθης αύξησης του αριθμού ανταγωνιστών που αντιμετωπίζει οποιοδήποτε μεμονωμένος κατασκευαστής, γίνεται σημαντικότερο για τους κατασκευαστές να είναι πρώτοι στην αγορά με τα προϊόντα τους. Με την τεχνολογία RT, οι επιτυχείς περιπτώσιολογικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι είναι δυνατό να μειωθεί ο χρόνος ανάπτυξης προϊόντων τουλάχιστον στο μισό.

Το RT είναι το καταλληλότερο εργαλείο για την παραγωγή προ-σειρών. Αυτό περιλαμβάνει την κατασκευή του προϊόντος στο τελικό υλικό του και με την προοριζόμενη διαδικασία κατασκευής, αλλά σε μικρούς αριθμούς (περίπου 500 κομμάτια). Η παραγωγή προ-σειρών γίνεται συνήθως για να εξεταστεί ο εξοπλισμός και τα εργαλεία παραγωγής αλλά και για να εξεταστεί η εισαγωγή στην αγορά ενός προϊόντος.

Η μηχανική απόδοση ενός κομματιού κατασκευασμένου με έγχυση υλικού σε καλούπι είναι μια λειτουργία του σχεδίου, των ιδιοτήτων των υλικών και της διαδικασίας κατασκευής. Παραδείγματος χάριν, ο μοριακός προσανατολισμός και η εσωτερική πίεση του πλαστικού μέρους καθορίζονται από τις ορισμένες μεταβλητές παραγωγής, όπως είναι οι θέσεις gating, οι μέθοδοι γεμίσματος, οι ακτίνες γωνιών και το πάχος των τοιχωμάτων. Η γεωμετρία των κομματιών παίζει επίσης έναν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό ενός πλαστικού μέρους. Μερικές φορές τα τμήματα των τοιχωμάτων φαίνονται επαρκή για τη μορφή, και εκπληρώνουν τις απαιτήσεις, αλλά μπορούν να μην είναι δυνατόν να κατασκευαστούν με την χρήση καλουπιών. Τα τμήματα τοίχων μπορούν να είναι πάρα πολύ λεπτά για να επιτρέψουν την κατάλληλη ροή των πλαστικών, ή στην περίπτωση των παχιών τμημάτων, το πλαστικό μπορεί να στρεβλώσει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ψύξης. Επίσης, μπορεί να εμφανιστούν σημάδια στα πλαστικά μέρη. Αυτό εμφανίζεται όταν σταθεροποιεί η εξωτερική επιφάνεια του σχήματος αλλά η συστολή του εσωτερικού υλικού αναγκάζει την επιφάνεια να πιεστεί κάτω από το προοριζόμενο σχεδιάγραμμα της. Αυτά τα ζητήματα υπογραμμίζουν τη σημασία της γεωμετρίας μερών, του υλικού και της μορφοποίησης σχήματος στην διαμόρφωση πρωτοτύπου ενός προϊόντος.

Παρά τις σημαντικές προόδους στο RP, το διαθέσιμο υλικό για την παραγωγή των μερών των πρωτοτύπων περιορίζεται ακόμα σε εκείνα τα υλικά που οι διάφορες διαδικασίες RP μπορούν να χρησιμοποιήσουν για να χτίσουν τα μέρη. Σε πολλές

περιπτώσεις, οι σχεδιαστές θέλουν να χτίσουν τα πρωτότυπα στα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν τελικά στην πλήρη παραγωγή. Αυτά μπορούν να είναι μέταλλο, γυαλί ή διάφοροι τύποι θερμοπλαστικών. Για να εξεταστεί αυτό το πρόβλημα, η έρευνα έχει επικεντρωθεί στην προσαρμογή του RT για να παραγάγει τις φόρμες και την απαραίτητη σχεδίαση για τα χυτά μέρη πρωτοτύπων.

4.4 Μέθοδοι Rapid Tooling

Το RT όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα είναι ουσιαστικά ένα σύνολο τεχνολογιών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι πολλές και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου είναι πολύ σημαντική για το τελικό εργαλείο που θα κατασκευαστεί. Οι δύο βασικές μεγάλες κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται οι μέθοδοι RT είναι η άμεση (Direct) και η έμμεση (Indirect) σχεδίαση.

Στην άμεση σχεδίαση, το εργαλείο ή το καλούπι δημιουργείται άμεσα με τη διαδικασία RP. Παραδείγματος χάριν, στην περίπτωση εγχύσεως καλουπιών, ο πυρήνας και η κοιλότητα, μαζί με τα συστήματα εισόδου και εξέλασης υλικού, παράγονται με τη διαδικασία RP. Στην έμμεση σχεδίαση, μόνο το κυρίως μέρος δημιουργείται χρησιμοποιώντας την τεχνολογία RP. Από αυτό, μια φόρμα γίνεται από ένα υλικό όπως το λάστιχο, εποξική ρητίνη σιλικόνης, μαλακό μέταλλο, ή κεραμικό. Στη συνέχεια ακολουθεί απαρίθμηση των μεθόδων RT⁶⁴ για τις δυο παραπάνω κατηγορίες.

A. Έμμεσοι Μέθοδοι Rapid Tooling

- 1. RTV Molding/Urethane Casting**
- 2. Spin Casting**
- 3. Cast Resin Tooling**
- 4. Spray Metal Tooling**
- 5. Rubber Plaster Mold (RPM)**
- 6. Rubber Plaster Casting**
- 7. Electroforming**
- 8. Cast Aluminum and Zinc Kirksite Tooling**
- 9. Direct Investment Casting**
- 10. Indirect Investment Casting**
- 11. 3D Keltool**
- 12. Composite Tooling (Epoxy Tooling)**
- 13. PHAST (Prototype Hard and Soft Tooling)**
- 14. Quickcast**
- 15. Sand Casting**
- 16. Topographic Shell Formation (TSF)**

⁶⁴ Μπιλάλης Ν., Μέθοδοι Rapid Tooling, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, <http://www.cadlab.tuc.gr/courses/prodev/rt.pdf>

17. Nickel Ceramic Composite (NCC)

18. Polysteel

B. Άμεσοι Μέθοδοι Rapid Tooling

- 1. Direct Aim (Aces Injection Molding)**
- 2. SLS RapidSteel (Rapid Tool)**
- 3. Copper Polyamide Tooling**
- 4. Direct Metal Laser Sintering EOSINT M**
- 5. Direct Croning Process (DCP) – EOSINT S**
- 6. Laminated Tooling**
- 7. LENS**
- 8. Controlled Metal Build-up (CMB)**
- 9. Prometal**
- 10. Direct Shell Production Casting (DSPC)**

4.5 Το Σύστημα Vacuum Casting MK-Mini

Το Vacuum Casting ανήκει στην αρκετά νέα οικογένεια του Rapid Prototyping και του Rapid Tooling. Σαν συνέχεια των μεθόδων Rapid Prototyping έρχεται το Rapid Tooling για να κάνει δυνατή μία γρήγορη παραγωγή πρωτοτύπων, σχημάτων και χειροπιαστών μοντέλων.

Μέσω της μεθόδου Rapid Tooling ο χρόνος εισαγωγής του νέου προϊόντος στην αγορά μειώνεται δραματικά. Το αποτέλεσμα αυτής είναι ένα προϊόν το οποίο βοηθάει στην παράλληλη εισχώρηση του στην αγορά κατά την διάρκεια του χρόνου παραγωγής του. Τα χειροπιαστά μοντέλα επιτρέπουν την παραγωγή καταλόγων, την παρουσίαση τους σε εκθέσεις παράλληλα με την φάση κατασκευής του.

Το Σύστημα *Vacuum Casting MK-Mini* που διαθέτει το εργαστήριο CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης έχει κατασκευαστεί ως ένα σύστημα χαμηλού κόστους για αρχάριους, με έμφαση στην ευκολία χρήσεως. Δημιουργήθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς σε πανεπιστήμια και για μικρές εταιρίες. Το παρόν σύστημα είναι ένα μέσο που αποσκοπεί στην όσο το δυνατόν πιο εύκολη και καλύτερη παραγωγή μέσω αυτής της μεθόδου.



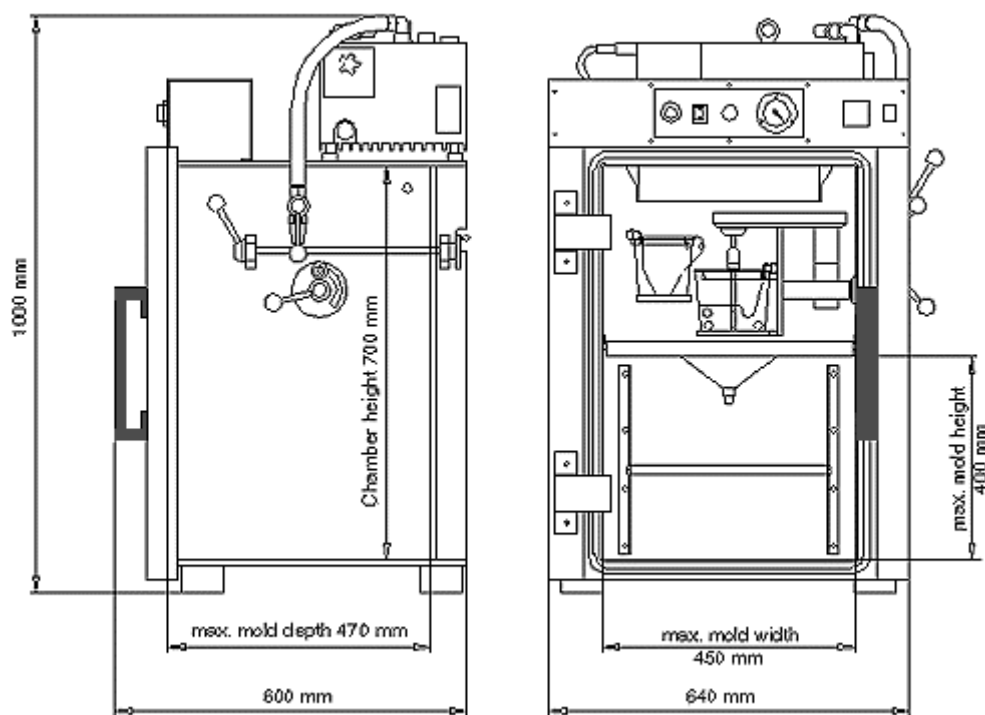
Εικόνα 4.1 Θάλαμος κενού αέρος (αριστερά) και φούρνος (δεξιά) του συστήματος MK-Mini

Το σύστημα αυτό έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- 1) τέλεια οπτική επαφή με το εσωτερικό χάρη στην μεγάλη γυάλινη πόρτα, εύκολος χειρισμός των δοχείων, διαφανή δοχεία και φωτεινό εσωτερικό
- 2) πολύ καλή εργονομία εξαιτίας του εύκολου χειρισμού των μοχλών από την δεξιά πλευρά της μηχανής
- 3) ακριβής λειτουργίες χάρη στον άμεσο χειρισμό των μοχλών και της ταχύτητας του μίξερ
- 4) εύκολη πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες του
- 5) τέλεια σχέση μεταξύ του μέγιστου μεγέθους του καλουπιού που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και του χώρου που καταλαμβάνει ολόκληρο το σύστημα
- 6) συμπαγής κατασκευή, χρήση συγκεκριμένων υλικών και μεγάλη διάρκεια πριν από κάθε συντήρηση
- 7) σχέση αξίας και τιμής

Όταν ο θάλαμος έχει εκκενωθεί πλήρως από τον αέρα τότε, τα τοιχώματά του και η πόρτα του δέχονται πιέσεις της τάξεως των 3-4 τόνων. Με τοίχους φτιαγμένους από 10mm ατσάλι και 39mm γυαλί, το βάρος του είναι πολύ υψηλό (250kg). Το μέρος στο οποίο έχει τοποθετηθεί το σύστημα πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις.

- θερμοκρασία μεταξύ 19 και 220C.
- υγρασία κάτω του 60%.
- επαρκής εξαερισμός
- δυνατότητα σύνδεσης με έναν εξαεριστικό μηχανισμό (απορροφητήρα)
- έντονος φωτισμός
- προσβασιμότητα από το ύψος του εδάφους



Εικόνα 4.2 Ο θάλαμος κενού αέρος του MK-Mini

4.5.1 Μέτρα Προστασίας

Όταν εργαζόμαστε με σιλικόνες, ρητίνες και άλλα παρεμφερή υλικά, η υγιεινή και τα άλλα μέτρα ασφάλειας πρέπει να ακολουθούνται με μεγάλη αυστηρότητα. Συγκεκριμένα, πρέπει να φροντίζουμε ώστε να υπάρχει:

- Σωστός εξαερισμός του δωματίου.
- Απρόσκοπτη έξοδος του αέρα από την βαλβίδα και τον θάλαμο της μηχανής.
- Είναι απαραίτητη η χρήση προστατευτικών γυαλιών, γαντιών και ο κατάλληλος ρουχισμός κατά την διάρκεια των εργασιών.
- Στον χώρο εργασίας δεν πρέπει να υπάρχει κατανάλωση και αποθήκευση τροφών ή ποτών.

4.5.2 Ρητίνες και Εξαρτήματα

Όλες οι ρητίνες που προσφέρονται με την μηχανή, είναι ειδικά κατασκευασμένες για να χρησιμοποιούνται στον θάλαμο εκκένωσης, γι' αυτό και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αλλού. Κατά κύριο λόγο, υπάρχουν ρητίνες δύο υλικών, αποτελούμενες από Polyole και Isocyanate. Η αναλογία του μίγματος πρέπει να είναι μεταξύ του 100:100 και 100:75, γι' αυτό και πρέπει οι ποσότητες να υπολογίζονται με ψηφιακή ζυγαριά ακριβείας, με μέγιστη απόκλιση (+/-) 2g. Πριν το ζύγισμα των υλικών αυτά πρέπει να ανακατεύονται προσεκτικά.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι PU ρητίνες απορροφούν την υγρασία του αέρα, τα μπουκάλια τους πρέπει να αποθηκεύονται σε ένα ξηρό δωμάτιο στους 180C περίπου, και να ανοίγονται ακριβώς πριν χρησιμοποιηθούν. Το συστατικό Α, το σκληρυντικό, μπορεί να κρυσταλλοποιηθεί, ανάλογα με τον χρόνο και την θερμοκρασία αποθήκευσης.

Για τον χρωματισμό των ρητινών, με το μηχάνημα προσφέρονται και παστέλ μπογιές για όλα τα βασικά χρώματα. Όπως και οι ρητίνες, έτσι και τα χρώματα αποτελούνται από Polyole, βοηθώντας έτσι την εύκολη μίξη τους. Δεν εμφανίζεται

διαχώριση ή υπόλειμμα κατά την μίξη τους. Οι μηχανικές λειτουργίες του υλικού αλλά και ο χρόνος της διαδικασίας με την χρησιμοποίηση του χρώματος παραμένει πάνω κάτω ο ίδιος. Για μια καλύτερη δοσολογία και ημιδιαφάνεια, τα έγχρωμα ημιδιαφανή αντικείμενα, όπως φλας και στοπ οχημάτων πρέπει να χρωματίζονται με ειδικά μελάνια, τα οποία είναι διαθέσιμα στην αγορά. Η δοσολογία γίνεται σταγόνα-σταγόνα. Οι μηχανολογικές ιδιότητες των συστατικών δεν επηρεάζονται σημαντικά, και ο χρόνος περάτωσης της διαδικασίας γίνεται λίγο μεγαλύτερος. Όλα τα χρώματα πρέπει να αναμειγνύονται με το συστατικό A, Polyole, με εξαιρετική προσοχή. Εάν η εργασία μας απαιτεί έναν αριθμό αντικειμένων με το ίδιο χρώμα, τότε προτείνεται η κατασκευή μιας αρκετά μεγάλης, έγχρωμης, ποσότητας του συστατικού A, η οποία θα χρησιμοποιείται σε κάθε αντικείμενο.

Για την βελτίωση της μηχανικής ποιότητας, όπως της ελαστικότητας, της αντοχής στην κάμψη και στο σπάσιμο, μπορούμε να προσθέσουμε MKFibers στις ρητίνες MK-Strong και MK-Hot. Για την αποκόμιση του τέλει αποτελέσματος πρέπει να εφαρμοστούν τα παρακάτω:

- Αφού τα fibers, όπως και οι ρητίνες, απορροφούν την υγρασία, πρέπει να ξεραίνονται στον φούρνο, σε θερμοκρασία 70-900C για αρκετές ώρες πριν από την χρησιμοποίησή τους. Σε αντίθετη περίπτωση, οι φουσκάλες μέσα στο υλικό είναι αναπόφευκτες.
- Τα fibers προστίθενται πάντα στο συστατικό B. Πρέπει να αναμειχθούν πολύ προσεκτικά έτσι ώστε να απλωθούν ομοιόμορφα μέσα στο μίγμα. Η διαδικασία πρέπει να αρχίσει αμέσως μετά την μίξη, για την αποφυγή δημιουργίας ιζήματος στο μίγμα.
- Η χρήση των fibers αυξάνει το βάρος της ρητίνης, ενώ μειώνει την ρευστότητα της.

Ως εναλλακτική λύση της παραπάνω διαδικασίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η βελτιωμένη ρητίνη MK-Carbon. Είναι εύκολη στην χρήση της, έχει τέλεια μηχανικά χαρακτηριστικά και εγγυάται μια τέλεια επιφάνεια.

4.5.3 Οδηγός Χρήσεως του MK-Mini

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας συνοπτικός οδηγός χρήσεως της μηχανής:

Αρχίζοντας την διαδικασία πρέπει να:

- Τραβήξουμε τον κόκκινο διακόπτη άμεσης παύσης.
- Ανοίξουμε την αντλία.
- Αφήσουμε την αντλία να ζεσταθεί για περίπου 20 λεπτά, έχοντας την βαλβίδα σταθεροποίησης του αέρα ανοικτή.
- Κλείσουμε την βαλβίδα σταθεροποίησης του αέρα.
- Ψεκάσουμε το εσωτερικό του θαλάμου της μηχανής με το ειδικό σπρέι.

Προετοιμασία των υλικών:

- Ζυγίζουμε την θερμή ρητίνη (350) και γεμίζουμε το δοχείο A με το λιγότερο παχύρρευστο υλικό.
- Βάζουμε το δοχείο και τον αναδευτήρα στις θέσεις τους, κλείνουμε την πόρτα και εκκενώνουμε τον θάλαμο, γυρίζοντας τον διακόπτη τριών θέσεων στην πάνω θέση.
- Εάν είναι απαραίτητο, αφήνουμε τον αναδευτήρα να γυρίζει, έτσι ώστε να επιταχυνθεί η διαδικασία εξάερωσης.

- Μετά το πέρας της εκκένωσης (5-20λεπτά), φέρνουμε τον θάλαμο στην φυσιολογική του κατάσταση, γυρίζοντας τον διακόπτη στην κάτω θέση.
- Τοποθετούμε το θερμό καλούπι (700C) κάτω από το χωνί, εφαρμόζοντάς το στο κεντρικό άνοιγμα του καλουπιού. Εάν χρειάζεται το καλούπι να ανασηκωθεί παραπάνω τοποθετούμε από κάτω του κάποιο πιάτο που θα το σηκώσει.

Διαδικασία έκχυσης των υλικών :

- Εκκενώνουμε ξανά τον θάλαμο.
- Μετά από περίπου 3 λεπτά ή μόλις φτάσουμε την τιμή εκκένωσης των - 1,0mbar, αναμειγνύουμε τα υλικά.
- Αρχίζουμε την λειτουργία του μίξερ και στραγγίζουμε το δοχείο Α.
- Ανακατεύουμε το μίγμα για 30-60 δευτερόλεπτα, και μετά σταματάμε το μίξερ.
- Ανάλογα με το πόσες φυσαλίδες υπάρχουν στο μίγμα, μειώνουμε την πίεση: γυρίζουμε τον διακόπτη στην κάτω θέση έως ότου φτάσουμε την τιμή (-0,90) με (-0,95). Μετά γυρίζουμε τον διακόπτη στην οριζόντια θέση.
- Γυρίζουμε τον μοχλό του δοχείου Β και αδειάζουμε το μίγμα στο καλούπι. Μετά ξαναφέρνουμε το δοχείο στην κανονική του θέση.
- Μόλις το μίγμα ξεχειλίζει στα ανοίγματα του καλουπιού, γυρίζουμε τον διακόπτη στην κάτω θέση, βγάζουμε το καλούπι από τον θάλαμο και το τοποθετούμε μέσα στο φούρνο των 700C.
- Βγάζουμε τον αναδευτήρα και τον καθαρίζουμε.

Συντήρηση της μηχανής:

- Καθημερινά: Καθαρίζουμε την μηχανή, αφαιρούμε αμέσως τυχόν υπολείμματα του μίγματος με καθαριστικό τζαμιών.
- Περίπου κάθε 1,000 ώρες λειτουργίας, αλλάζουμε το λάδι της αντλίας διαβάζοντας προσεκτικά το εγχειρίδιο λειτουργίας της.

4.5.4 Η Μέθοδος Vacuum Cast Molding

Η μέθοδος Vacuum Cast Molding είναι μία από τις 3 παραλλαγές της μεθόδου *RTV Molding/Urethane Casting*. Η μέθοδος RTV (Room Temperature Vulcanization) χρησιμοποιεί καλούπια από σιλικόνη για την κατασκευή πρωτοτύπων και εργαλείων από πολυουρεθάνη, τα οποία επιδέχονται μηχανική κατεργασία. Επίσης μπορούν να κατασκευαστούν κομμάτια από άλλα υλικά, όπως κερί, τα οποία δεν επιδέχονται μηχανική κατεργασία. Ο χρόνος σκλήρυνσης του καλουπιού εξαρτάται από το προϊόν και από το μέσο σκλήρυνσης που χρησιμοποιείται. Οι χρόνοι ποικίλουν από 30 λεπτά έως και πάνω από 40 ώρες. Εάν το καλούπι θερμάνθει, τότε η διαδικασία σκλήρυνσης επιταχύνεται χωρίς παραπάνω επιπτώσεις στο καλούπι. Όπου αυτό είναι εφικτό, η γήρανση του καλουπιού πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου, γιατί έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ενεργή διάρκεια ζωής. Τα καλούπια από σιλικόνη κατασκευάζονται γρηγορότερα, παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια και είναι ο οικονομικότερος τρόπος για την κατασκευή άνω των δέκα εξαρτημάτων. Επιπλέον μπορούν αξιόπιστα να αναπαραστήσουν λεπτομέρειες που υπάρχουν στο αρχικό εξάρτημα και δίνουν με ακρίβεια τη γεωμετρία του εξαρτήματος όταν αυτό βγαίνει από το καλούπι. Η ταχύτητα με την οποία παράγονται τα πρωτότυπα, το χαμηλό κόστος ανά κομμάτι αλλά και η αντοχή των κομματιών είναι οι βασικοί λόγοι για

τους οποίους η μέθοδος RTV θεωρείται κατάλληλη για εφαρμογές που απαιτούν από 1 έως και 100 πρωτότυπα.

Το υλικό από ουρεθάνη είναι πολύ διαδεδομένο για την παραγωγή πρωτοτύπων. Μπορεί να διαμορφωθεί για να αποκτήσει τις ιδιότητες των ελαστομερών υλικών και μπορεί να αποκτήσει δομικές ιδιότητες όμοιες με υψηλής αντοχής πλαστικά που έχουν αναπαράχθει με καλούπι με τη διαδικασία της έγχυσης (injection – molded plastics). Έχει την ικανότητα να προσομοιάσει σε μεγάλο βαθμό, τεμάχια της παραγωγής σε ιδιότητες υλικών, θερμικές ιδιότητες, μηχανικές ιδιότητες, χρώμα και τελική επιφάνεια. Αξιοσημείωτο είναι δε ότι στη συνέχεια επιδέχεται μηχανική κατεργασία.

Η διαδικασία με την οποία η μέθοδος RTV παράγει πρωτότυπα από ουρεθάνη περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο παράγεται το πρότυπο καλούπι το οποίο σχηματίζει την κοιλότητα ώστε να προκύψει έτσι το καλούπι της σιλικόνης μέσα στο οποίο θα γίνει έγχυση της ουρεθάνης. Στο δεύτερο στάδιο ουσιαστικά κατασκευάζεται το καλούπι της σιλικόνης ενώ στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, γίνεται η έγχυση της υγρής ουρεθάνης μέσα στην κοιλότητα του καλουπιού της σιλικόνης. Η ουρεθάνη σκληραίνει σταδιακά και στερεοποιείται. Το καλούπι απομακρύνεται και προκύπτει το πρωτότυπο από ουρεθάνη.

Η μέθοδος RTV στο τρίτο στάδιο της έγχυσης της ουρεθάνης στο καλούπι της σιλικόνης διαχωρίζεται σε τρεις παραλλαγές ανάλογα με την μέθοδο χύτευσης και είναι η εξής:

1. Gravity Casting
2. Vacuum Cast Molding
3. Thin Wall Reaction Injection Molding (TWRIM)

Η μέθοδος Vacuum Cast Molding είναι αυτή που χρησιμοποιείται στο Εργαστήριο CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης, με τη χρήση του Συστήματος Vacuum Casting MK-Mini, η λειτουργία του οποίου θα προσομοιωθεί σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας στην παρούσα εργασία και για τον λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη μία σύντομη περιγραφή της. Η μέθοδος Vacuum Cast Molding είναι μια καινούργια τεχνολογία για την παραγωγή σύνθετων πρωτοτύπων με λεπτά τοιχώματα και πλαστικά υλικά όπως ABS, Νάυλον, Polycarbonate και άλλα υλικά παραγωγής. Μορφολογικά χαρακτηριστικά τόσο μικρά όσο κι ένα αποτύπωμα δακτύλου μπορούν να αναπαράχθούν με διαδικασίες Vacuum Cast Molding σε ποσότητες 15-25 τεμαχίων ανά εβδομάδα. Τα στάδια της μεθόδου εν συντομία είναι τα ακόλουθα:

A. Κατασκευή Καλουπιού Σιλικόνης

1. Προετοιμασία

Η προετοιμασία περιλαμβάνει την επιλογή των υλικών τα οποία μπορεί να είναι θερμοπλαστικά, θερμοπηκτικά πλαστικά, ελαστομερή, μέταλλα και ξύλο με την προϋπόθεση ότι η επιφάνειά του είναι λεία και βερνικωμένη. Επίσης περιλαμβάνει την κατασκευή των μοντέλων με οποιαδήποτε διαδικασία Ταχείας Πρωτοτυποποίησης (RP) όπως για παράδειγμα Στερεολιθογραφία, Laminated Object Manufacturing (LOM) και Laser-Sintering. Η επιφάνεια του μοντέλου πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο λεία και απαλή.

2. Αρχικό Μοντέλο

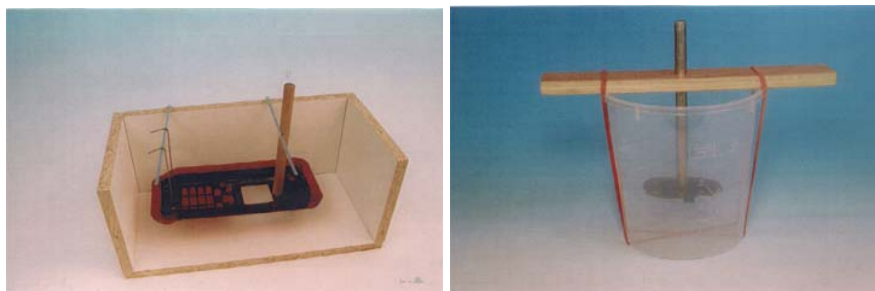
Κάθε κομμάτι του αρχικού μοντέλου, ακόμη και πολύ λεπτά φιλέτα, μπορούν να παραχθούν με το σωστό καλούπι, όσο πολύπλοκα και να είναι. Είναι θέμα της ακριβείας και σωστής τοποθέτησης των γραμμών που χωρίζουν τα διάφορα σημεία του αρχικού μοντέλου. Οι γραμμές αυτές καθορίζονται είτε με τη διαδικασία του Διαχωρισμού των Γραμμών Μετά το Καλούπι, είτε με τη διαδικασία του Διαχωρισμού των Γραμμών με Κολητική Ταινία είτε με Επεξεργασία με Πηλό.

3. Ανοίγματα και Στηρίγματα

Ο αριθμός και η διάμετρος των ανοιγμάτων που χρειάζεται να δημιουργηθούν στο καλούπι εξαρτάται από το μέγεθος του αρχικού του μοντέλου. Για μικρά μοντέλα, στο μέγεθος μιας γροθιάς, μία διάμετρος της τάξεως των 8mm είναι κατάλληλη. Για μεγέθη παραπλήσια ενός κινητού τηλεφώνου η διάμετρος θα πρέπει να είναι περίπου 10mm. Εάν το βάρος του αρχικού μοντέλου ξεπερνάει τα 200gr η σωστή διάμετρος πρέπει να είναι 12mm. Ανάλογα με την γεωμετρία του μοντέλου και τον χρόνο πήξης του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για το αντικείμενο που θα κατασκευαστεί, δύο και αρκετές φορές ακόμα και 3 ή 4 ανοίγματα απαιτούνται. Τα ανοίγματα, όταν είναι παραπάνω από ένα πρέπει να ισαπέχουν από το αντικείμενο και αυτό για να χύνεται το υλικό ομοιόμορφα σε όλα τα σημεία. Για την δημιουργία των ανοιγμάτων τα πιο κατάλληλα υλικά είναι κυλινδρικές μπάρες είτε από ατσάλι είτε, όπως στην περίπτωση μας, από στερεοποιημένη κόλλα παραγωγής. Οι μπάρες αυτές μπορούν αρκετά συχνά να αντικαταστήσουν ακόμα και αυτά τα στηρίγματα που κρατούν το μοντέλο να αιωρείται μέσα στα όρια του καλουπιού. Τα ανοίγματα πρέπει να γίνονται στα σημεία όπου, μετά την εξαέρωση έχουμε ίχνη εγκλωβισμού του αέρα, δηλαδή φυσαλίδες. Το τρύπημα του καλουπιού απαιτείται κυρίως στα λεπτά και ψηλά σημεία του μοντέλου.

4. Τοποθέτηση του Πρωτότυπου Μέσα στα Όρια του Καλουπιού

Αρχικά πρέπει να τονιστεί ότι είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνεται πάντα υπόψιν η δύναμη της άνωσης στο αντικείμενο από την σιλικόνη. Είναι κάτι παραπάνω από ενοχλητικό όταν τα στηρίγματα που έχουν τοποθετηθεί, σπάσουν κατά την διάρκεια του γεμίσματος της σιλικόνης και το πρωτότυπο ανέβει στην επιφάνεια. Σε αυτήν την περίπτωση τόσο η σιλικόνη όσο και το καλούπι είναι πλέον άχρηστα. Το γεγονός ότι η σιλικόνη είναι αρκετά παχύρρευστη και ότι το καλούπι συνήθως γεμίζει από την μία πλευρά, έχει ως αποτέλεσμα να ασκείται αρκετή πίεση στην μια πλευρά του αντικειμένου έως ότου αυτό καλυφθεί πλήρως με την σιλικόνη. Αυτές οι δυνάμεις που ασκούνται μπορεί να προκαλέσουν το σπάσιμο των στηριγμάτων που τυχόν έχουν τοποθετηθεί. Για όλα τα παραπάνω είναι ευνόητο ότι το πρωτότυπο πρέπει να στερεωθεί όσο καλύτερα γίνεται μέσα στα όρια του καλουπιού. Εάν το πρωτότυπο έχει σπειροειδή ανοίγματα ή άλλα ανοίγματα που μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθούν, τότε η στήριξη του με μία βίδα είναι ότι καλύτερο και σταθερότερο. Σε πολλές περιπτώσεις τέτοιου είδους στηρίξεις μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για ανοίγματα εισχώρησης του υλικού στο καλούπι.



Εικόνα 4.3 Τοποθέτηση του Πρωτότυπου Μέσα στα Όρια του Καλουπιού

5. Υπολογισμός της Απαιτούμενης Ποσότητας Σιλικόνης

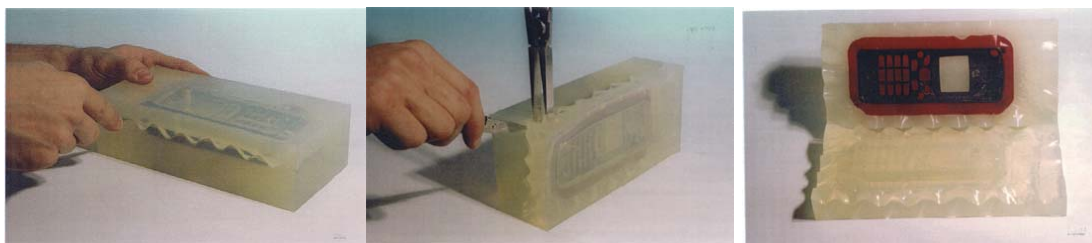
Αρχικά υπολογίζεται ο όγκος του καλουπιού σε λίτρα και κατόπιν το βάρος του μοντέλου. Ο πιο εύκολος τρόπος, όπου αυτό είναι δυνατόν, είναι να γεμίσουμε το καλούπι με νερό, περιλαμβάνοντας μέσα του και το πρωτότυπο. Κατόπιν να αδειάσουμε το νερό σε ένα δοχείο και να μετρήσουμε το βάρος του. Βέβαια, αυτή η διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε αδιάβροχα υλικά, και υπό την προϋπόθεση ότι κατά την επεξεργασία του μοντέλου δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ταινίες ή άλλα παρεμφερή υλικά. Η υπολογισμένη τιμή, σε λίτρα, πολλαπλασιάζεται με το 1,2 για να προκύψει η απαιτούμενη ποσότητα σιλικόνης.

6. Προετοιμασία Σιλικόνης

Αφού έχουμε ζυγίσει ήδη τις ποσότητες της σιλικόνης και του σκληρυντικού τα βάζουμε και τα δύο μέσα σε έναν κουβά. Εκεί τα ανακατεύουμε, κατά προτίμηση για καλύτερη μίξη των υλικών με ένα τρυπάνι στο οποίο έχουμε εφαρμόσει έναν αναδευτήρα. Στο σημείο της μίξης είναι σημαντικό να ελέγξουμε την ώρα, και αυτό για να μην ξεπεράσουμε τον χρόνο πήξης της σιλικόνης που ανέρχεται περίπου στις δύο ώρες. Το δοχείο ή ο κουβάς που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος, και αυτό γιατί η σιλικόνη, κατά την διάρκεια της εξαέρωσης, θα φουσκώσει 5-8 φορές παραπάνω από τον αρχικό της όγκο. Εάν η ποσότητα της σιλικόνης είναι μικρή, τότε η εξαέρωση της σιλικόνης δεν αντιμετωπίζει κανένα πρόβλημα. Σε αντίθετη περίπτωση απαιτείται μεγάλη προσοχή. Αυτό γίνεται γιατί η σιλικόνη φουσκώνει μέσα στον θάλαμο και υπάρχει φόβος υπερχειλίσας. Για αυτό τον λόγο πρέπει η εξαέρωση της σιλικόνης να παρακολουθείται καθ' όλη τη διάρκεια. Για την καλύτερη εξαέρωση της σιλικόνης θα πρέπει η πίεση μέσα στον θάλαμο να διατηρείται σε μία τιμή της τάξεως του 1mbar. Η διατήρηση αυτής της πίεσεως επιτυγχάνεται με την κατά τακτά χρονικά διαστήματα αυξομείωσή (εκτόνωση) της. Η μείωση αυτή εκτός από τα παραπάνω, βοηθάει και στην απελευθέρωση του εγκλωβισμένου αέρα. Ο αέρας αυτός βρίσκεται μέσα σε φουσκάλες οι οποίες εμφανίζονται στην επιφάνεια της σιλικόνης. Οι ενέργειες αυτές γίνονται χειροκίνητα στο σύστημα μας. Κατόπιν κάνουμε αποσυμπίεση του θαλάμου της μηχανής και βγάζουμε έξω το μείγμα της σιλικόνης. Στη συνέχεια η εξαερωμένη σιλικόνη χύνεται προσεκτικά μέσα στο καλούπι, προσέχοντας να καλύψει πλήρως το πρωτότυπο. Είναι πρακτικό κατά τη διάρκεια του γεμίσματος, το καλούπι να βρίσκεται υπό κλίση για την καλύτερη έκχυση μέσα σε αυτό της σιλικόνης. Μόλις το καλούπι γεμίσει και η σιλικόνη καλύψει πλήρως το μοντέλο, το ξανατοποθετούμε μέσα στο θάλαμο για νέα εξαέρωση.

7. Άνοιγμα Καλουπιού Σιλικόνης

Μετά την σκλήρυνση της σιλικόνης το καλούπι μπορεί πλέον να ανοιχθεί. Η διαδικασία σκλήρυνσης πρέπει να ολοκληρωθεί πλήρως. Το καλούπι μπορεί να ανοιχθεί με μία κυματοειδή τομή σε όλη την περιφέρειά του. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η σιλικόνη είναι διαφανής, ο χειρισμός και ο καθορισμός της κατεύθυνσης του κοπιδιού γίνεται αρκετά εύκολα. Η κυματοειδής τομή θα βοηθήσει στην μετέπειτα ένωση των δύο κομματιών του καλουπιού. Κατά την διάρκεια της κοπής είναι σημαντικό η λεπίδα να «κοιτάει» πάντα προς την ταινία. Αφού ολοκληρωθεί η πρώτη τομή, χρησιμοποιούμε λαβίδα για τον διαχωρισμό των δύο κομματιών. Κάνοντας αυτόν τον διαχωρισμό έχουμε την ευχέρεια να κόψουμε όποια κομμάτια σιλικόνης έχουν απομείνει μεταξύ του πρώτου κοψίματος και της ταινίας. Αυτό γίνεται έως ότου το καλούπι χωριστεί πλήρως σε δύο κομμάτια. Το πρωτότυπο αφαιρείται προσεκτικά από το εσωτερικό του καλουπιού. Κατόπιν αφαιρούνται τυχόν υπολείμματα ταινίας η σιλικόνης και το καλούπι είναι πλέον έτοιμο για την κατασκευή του πρώτου αντικειμένου.



Εικόνα 4.4 Άνοιγμα του καλουπιού της σιλικόνης

B. Κατασκευή των Αντικειμένων από το Καλούπι

1. Προετοιμασία του Καλουπιού

Κλείνοντας το καλούπι πρέπει να το ψεκάσουμε με ένα ειδικό σπρέι το οποίο περιλαμβάνεται μέσα στη μηχανή. Ο ψεκασμός με αυτό το σπρέι πρέπει να γίνεται στο εσωτερικό του καλουπιού καθώς βοηθάει στην μετέπειτα εύκολη αποκόλληση του αντικειμένου από το καλούπι. Το κλείσιμο του καλουπιού μπορεί να γίνει είτε με συρραπτικά είτε με κολλητική ταινία. Όταν χρησιμοποιείται κολλητική ταινία, κυρίως για μεγάλα καλούπια άνω των 5 κιλών, απαιτείται εξαιρετική προσοχή και αυτό γιατί το καλούπι δεν πρέπει να παραμορφωθεί και παράλληλα πρέπει να μείνουν κάποια σημεία ακάλυπτα έτσι ώστε να μπορούμε μέσα από αυτά να παρατηρούμε την όλη διαδικασία έκχυσης των υλικών μέσα σε αυτά. Αφού το καλούπι έχει σφραγιστεί τοποθετείται μέσα στο φούρνο για προθερμανθεί μέχρι την θερμοκρασία των 50-700C, ανάλογα με τις ρητίνες που θα χρησιμοποιηθούν.

2. Υπολογίσιμος Ποσοτήτων των Ρητινών

Ανάλογα με το μέγεθος του δοχείου και το είδος της ρητίνης, υπάρχουν κάποιες ελάχιστες ποσότητες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Σε κάθε περίπτωση στο δοχείο A θα παραμείνει κάποιο υπόλοιπο, το οποίο επηρεάζει την αναλογία του μείγματος. Για το σύστημα Mk-Mini, η ελάχιστη ποσότητα (A+B) είναι περίπου 50g. Για να κρατήσουμε την ανακρίβεια των υπολογισμών όσο γίνεται πιο χαμηλά, καλό θα ήταν να χρησιμοποιούμε το δοχείο A αρκετές φορές, όταν το αντικείμενο φτιάχνεται με το ίδιο είδος ρητίνης. Το δοχείο A, με το

υπόλειμμα από την προηγούμενη χρήση του, τοποθετείται στην ζυγαριά και αυτή μηδενίζεται. Με αυτόν τον τρόπο μετά την δεύτερη παραγωγή αντικειμένου έχουμε την προσέγγιση της τέλει αναλογίας μίγματος. Βέβαια το δοχείο B θα πρέπει να αλλάζεται μετά από κάθε χρήση του. Το βάρος του δοχείου όμως θα πρέπει και αυτό να μηδενίζεται, μηδενίζοντας την ζυγαριά με το δοχείο πάνω της. Εάν το αρχικό μοντέλο είναι φτιαγμένο από πλαστικό, η απαιτούμενη ποσότητα ρητίνης μπορεί να προσεγγιστεί με αποδεκτή ακρίβεια, ζυγίζοντας το μοντέλο, προσθέτοντας όμως 20 με 30% παραπάνω για τα ανοίγματα και τις τυχόν βάσεις. Σε αντίθετη περίπτωση η ποσότητα της ρητίνης για το πρώτο αντικείμενο θα πρέπει να υπολογιστεί. Στην πρώτη μας προσπάθεια καλύτερο θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε λίγο παραπάνω υλικό από το να μην γεμίσει τελείως το καλούπι.

3. Ετοιμασία του υλικού

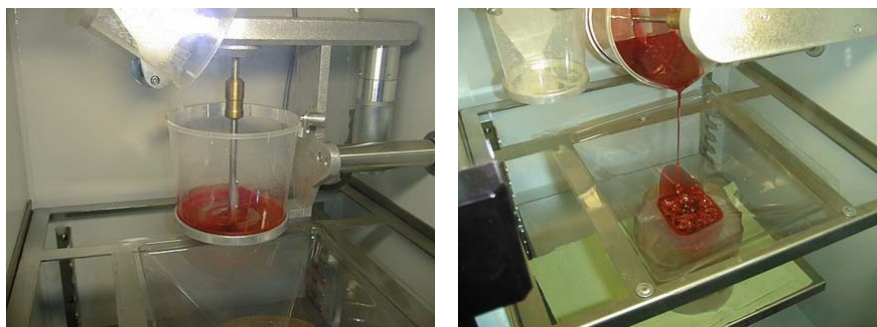
Αφού ζυγιστούν τα δύο υλικά μέσα στα δοχεία A και B, αυτά τοποθετούνται μέσα στο θάλαμο της μηχανής, στις προκαθορισμένες θέσεις του και ασφαλίζονται, με το δοχείο B να τοποθετείται πρώτο, βάζοντας μέσα σε αυτό τον αναδευτήρα. Είναι σημαντικό τα δοχεία να «πατάνε» καλά και το χείλος τους να έχει μπει ακριβώς στις υποδοχές που υπάρχουν. Η εξαέρωση των υλικών πρέπει να γίνεται σε δύο βήματα. Η κύρια εξαέρωση διαρκεί περίπου 15-30 λεπτά, ανάλογα με το είδος των υλικών και πρέπει να γίνει χωρίς το καλούπι να έχει τοποθετηθεί μέσα στο θάλαμο. Εάν αυτό τοποθετηθεί από την αρχή τότε θα πέσει η θερμοκρασία του, κάτι που δεν είναι επιθυμητό για την όλη διαδικασία. Μετά την κύρια εξαέρωση, το καλούπι βγαίνει από τον φούρνο και τοποθετείται μέσα στο θάλαμο. Για μικρά καλούπια, το μικρό χωνί, που περιλαμβάνεται στην μηχανή είναι ότι καλύτερο για την είσοδο των υλικών μέσα στο καλούπι. Το χωνί, τοποθετείται απλά στο κεντρικό άνοιγμα του καλουπιού. Το καλούπι πρέπει να τοποθετηθεί ακριβώς κάτω από το δοχείο B. Για μεγαλύτερα καλούπια, χρησιμοποιούμε το μεγάλο πλαστικό χωνί, το οποίο και αυτό περιλαμβάνεται στην μηχανή. Στη συνέχεια ο θάλαμος εκκενώνεται και η ρητίνη επαναεξαερώνεται στο απόλυτο κενό (ένδειξη μηδέν) για 3-5 λεπτά. Είναι χρήσιμο το μίγμα των υλικών να βρίσκεται στην θερμοκρασία των 350C, γιατί οι συνθήκες αυτές διευκολύνουν και επιταχύνουν την εξαέρωση. Αφού έχουμε θέσει σε λειτουργία της αντλία και η εκκένωση του αέρα έχει αρχίσει τότε αρχίζουμε να μετράμε τον ακριβή χρόνο διάρκειας αυτής της φάσης. Μετά από περίπου 8 λεπτά, 3 λεπτά εκκένωσης του θαλάμου και 5 λεπτά εκκένωσης των υλικών, μπορούμε πλέον να αρχίσουμε την διαδικασία έγχυσης των υλικών στο καλούπι.



Εικόνα 4.5 Τοποθέτηση των δοχείων A και B στο θάλαμο κενού του MK-Mini

4. Η Διαδικασία Έγχυσης των Υλικών στο Καλούπι

Μετά το πέρας των 8 λεπτών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκκένωσης, μηδενίζεται το ρολόι. Εκείνη την στιγμή χύνουμε το υλικό του δοχείου Α μέσα στο δοχείο Β και το ρολόι ξαναρχίζει. Ταυτόχρονα θέτουμε σε λειτουργία το μίξερ για την ανάμιξη των υλικών. Η ταχύτητα του μίξερ στο σύστημα ελέγχεται χειροκίνητα και εξαρτάται από την ποσότητα και από το πόσο παχύρρευστο είναι το μίγμα. Το ανακάτεμα των υλικών ολοκληρώνεται μετά από 15-20 δευτερόλεπτα. Η ανάμειξη των υλικών πρέπει να γίνεται σε πίεση λίγο κάτω από την μέγιστη πίεση της μηχανής (0,8 mbar). Στο σημείο αυτό, τα δύο υλικά έχουν αναμειχθεί και πλέον το ρολόι δεν μετράει τίποτα άλλο από τον χρόνο πήξης του μίγματος. Από αυτό το σημείο ο χρόνος μετράει αντίστροφα. Η όλη διαδικασία πρέπει να ολοκληρωθεί πριν τον πέρας του χρόνου πήξης του μίγματος. Ο χρόνος αυτός ποικίλει από 1,5 έως 20 λεπτά ανάλογα με το είδος των ρητινών. Μετά το ανακάτεμα των υλικών, το μίγμα χρειάζεται μία μικρή μείωση της πίεσεως για να βγει από αυτό τυχόν αέρας που έχει εγκλωβιστεί με την μορφή φουσκαλών. Αφού το μίγμα παραμείνει σε αυτή την πίεση για περίπου 15-30 δευτερόλεπτα τότε είναι πλέον έτοιμο για να γεμίσει το καλούπι. Γυρίζουμε τον μοχλό ελέγχου του δοχείου Β και αδειάζουμε το μίγμα μέσα στο καλούπι έως ότου αυτό γεμίσει τελείως. Αυτή η διαδικασία απαιτεί εκτός από γρήγορες κινήσεις και εξαιρετική προσοχή. Μόλις το καλούπι γεμίσει τελείως με το μίγμα, τότε μειώνουμε ακόμη περισσότερο την πίεση μέσα στον θάλαμο έτσι ώστε το μίγμα να φτάσει σε κάθε γωνία του καλουπιού και τυχόν αέρας εγκλωβισμένος μέσα σε αυτό να βγει έξω στον θάλαμο. Αφού ολοκληρωθεί τελείως και αυτή η διαδικασία, τότε μηδενίζουμε την πίεση στο θάλαμο, τον ανοίγουμε και βγάζουμε προσεκτικά το καλούπι. Μόλις το βγάλουμε το τοποθετούμε μέσα στον φούρνο και το μόνο που πρέπει να κάνουμε τώρα είναι να περιμένουμε να πήξει η ρητίνη.



Εικόνα 4.6 Η διαδικασία ανάμειξης και έγχυσης των υλικών στο καλούπι

5. Το Τελικό Πρωτότυπο

Το καλούπι σιλικόνης παραμένει τοποθετημένο μέσα στο φούρνο για 5-30 λεπτά. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το είδος της ρητίνης που χρησιμοποιήθηκε. Στη συνέχεια βγαίνει από το φούρνο και ανοίγεται, για να πάρουμε το τελικό πρωτότυπο. Πριν ανοιχθεί το καλούπι, καλό θα ήταν να διοχετευθεί μέσα σε αυτό πεπιεσμένος αέρας, για την διευκόλυνση αποκόλλησης του αντικειμένου. Μερικές ρητίνες είναι αρκετά κολλώδης και παχύρρευστες στις υψηλές θερμοκρασίες. Για το λόγο αυτό καλό θα ήταν να αφήσουμε το καλούπι να κρυώσει για λίγο, για να αποφύγουμε τυχόν παραμορφώσεις. Εάν το αντικείμενο παραμορφωθεί τότε θα πρέπει να ξαναζεσταθεί πάραυτα στους 700° C. Αυτή η διαδικασία απαιτεί το αντικείμενο

να βρίσκεται επίπεδο στον πάτο του καλουπιού. Η θέρμανση κάνει το αντικείμενο να ξαναέρθει στην κανονική του μορφή. Για ρητίνες υψηλής θερμοκρασίας, απαιτούνται θερμοκρασίες ακόμα και 95% μεγαλύτερες. Το αντικείμενο αφού βγει από το καλούπι καθαρίζεται από τυχόν υπολείμματα ταινίας ή υλικού στα σημεία των ανοιγμάτων, των στηριγμάτων και των βάσεων και είναι πλέον έτοιμο. Ο επόμενος κύκλος παραγωγής μπορεί να αρχίσει αφού καθαριστεί το καλούπι και ψεκάσει με το ειδικό σπρέι αποκόλλησης. Το αντικείμενο πρέπει να καθαριστεί με πολύ ακρίβεια και προσοχή σε όλα τα επίμαχα σημεία του, έτσι ώστε να πάρει ακριβώς το σχήμα του πρωτότυπου. Ο χρόνος ζωής του καλουπιού, δηλαδή το πόσα αντικείμενα μπορούμε να παράγουμε, εξαρτάται από μία σειρά παραγόντων. Σύμφωνα με την μέχρι τώρα εμπειρία, ο χρόνος αυτός ποικίλει από 20 έως 80 αντικείμενα. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες είναι:

1. Ο αριθμός και το είδος των κοψιμάτων
2. Το είδος των ρητινών και το προστιθέμενο χρώμα, εάν αυτό υπάρχει.
3. Η χρήση του ειδικού αντικολλητικού σπρέι σιλικόνης.
4. Ο αριθμός των κύκλων παραγωγής ανά ημέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ 3D ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ 3D STUDIO MAX

5.1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν οι δύο τεχνολογίες, της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) και της Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων (RP). Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται αρχικά στην μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ώστε οι δύο αυτές τεχνολογίες να συνδυαστούν, με τη δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος, το οποίο θα προσομοιάζει με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή την λειτουργία του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini. Το σύστημα MK-mini όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 αποτελεί το εργαλείο για μία από τις μεθόδους Rapid Tooling και συγκεκριμένα την Vacuum Cast Molding που αποτελεί παραλλαγή της RTV Molding/Urethane Casting. Η μεθοδολογία υλοποίησης του εικονικού περιβάλλοντος παρουσιάζεται επιγραμματικά καθώς θα αναπτυχθούν τα στάδια της στα επόμενα κεφάλαια. Τέλος, γίνεται παρουσίαση του προγράμματος 3D Μοντελοποίησης 3D Studio Max 9 στο οποίο έγινε η σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων του MK-Mini καθώς και ο τρόπος σχεδίασης.

5.2 Η μεθοδολογία υλοποίησης του Εικονικού Περιβάλλοντος σε βήματα

Η υλοποίηση του εικονικού περιβάλλοντος εργασίας έγινε με τη χρήση του λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας 3DVIA Virtools 4 της εταιρείας Dassault Systems. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την υλοποίηση του είναι τα παρακάτω:

1. Έλεγχος συμβατότητας των εξαγόμενων αρχείων από ένα μεγάλο σύνολο προγραμμάτων CAD (Computer Aided Design) και 3D Μοντελοποίησης για να είναι εφικτή η εισαγωγή των γεωμετρικών μοντέλων που θα δημιουργηθούν και θα αναπαριστούν το MK-Mini στο εικονικό περιβάλλον
2. Επιλογή Προγράμματος 3D Μοντελοποίησης 3D Studio Max 9, τα παραγόμενα αρχεία του οποίου (.3ds) εισάγονται απευθείας στο 3DVIA Virtools 4
3. Σχεδιασμός των γεωμετρικών μοντέλων του συστήματος MK-Mini, του φούρνου και ορισμένων ακόμα αντικειμένων για ρεαλιστικότερη απεικόνιση του εικονικού περιβάλλοντος (δοχεία υλικών, κουβάς)
4. Εισαγωγή των γεωμετρικών μοντέλων στο πρόγραμμα Εικονικής Πραγματικότητας 3DVIA Virtools 4
5. Ορισμός υλικών και υφών στα γεωμετρικά μοντέλα για ρεαλιστικότερη αναπαράστασή τους στο εικονικό περιβάλλον βελτιώνοντας την απεικόνιση των υλικών στις επιφάνειες των αντικειμένων

6. Απόδοση κινηματικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων στα εικονικά μοντέλα
7. Ορισμός χαρακτηριστικών συμπεριφοράς για τα εικονικά μοντέλα
8. Δημιουργία σεναρίων λειτουργίας (scripts) για τα εικονικά μοντέλα
9. Δημιουργία Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων και τοποθέτηση των εικονικών μοντέλων μέσα στο ολοκληρωμένο Εικονικό Περιβάλλον
10. Προσδιορισμός ιδιοτήτων φωτισμού και σκίασης στο εικονικό περιβάλλον
11. Δημιουργία καμερών για πλοήγηση μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων
12. Αποθήκευση, Εξαγωγή και Χρήση αρχείου Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων σε Web Player
13. Ενεργοποίηση των περιφερειακών συσκευών Εικονικής Πραγματικότητας με σκοπό τη δυνατότητα εμβύθισης και αλληλεπίδρασης του χρήστη στο περιβάλλον

Στα επόμενα κεφάλαια αναλύονται λεπτομερώς όλα τα παραπάνω στάδια ανάπτυξης του Εικονικού Περιβάλλοντος της συγκεκριμένης εφαρμογής ενώ στη συνέχεια ακολουθεί μία σύντομη παρουσίαση του προγράμματος 3D Μοντελοποίησης 3D Studio Max 9 καθώς και το στάδιο της παραπάνω μεθοδολογίας που αφορά το σχεδιασμό των γεωμετρικών μοντέλων του συστήματος MK-Mini και του φούρνου.

5.3 Γενική περιγραφή του 3D Studio Max 9

Το 3D Studio Max 9 είναι ένα από τα ισχυρότερα προγράμματα δημιουργίας και επεξεργασίας τρισδιάστατων γραφικών. Βρίσκει εφαρμογές στην αρχιτεκτονική, στα παιχνίδια, στις ταινίες, στην οπτική απεικόνιση ιατρικών και επιστημονικών μοντέλων, στις καλές τέχνες, στην εικονική πραγματικότητα (virtual reality), στον σχεδιασμό γραφικών για το Web και αλλού.

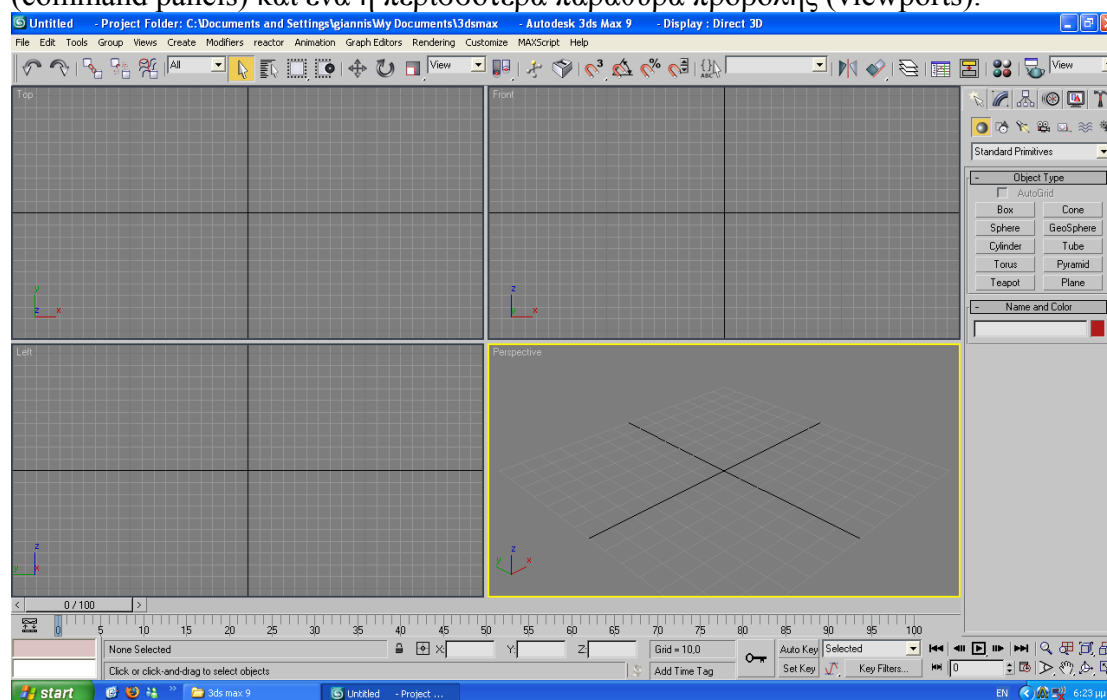
Παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας μιας βασικής μορφής ενός σχήματος, τη διαμόρφωσή της όπως ο χρήστης επιθυμεί, εφαρμογή υφής (texture) και χρώματος (color) στην επιφάνειά του σχήματος και τοποθέτησή του στην σκηνή. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάμερες και φώτα για να γίνει εστίαση στην σκηνή και να φωτιστεί. Τέλος δίνει τη δυνατότητα να προστεθεί κίνηση και ειδικά εφέ για να δοθεί ζωντάνια στην σκηνή, να φωτογραφηθεί (απομονωθεί) ένα στιγμιότυπο της σκηνής ή να κινηματογραφηθούν διάφορα συμβάντα που εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου.

Η διαδικασία δημιουργίας μιας μορφής ονομάζεται **μοντελοποίηση (modeling)**. Υπάρχουν κάποιες βασικές γεωμετρικές μορφές, οι οποίες μπορούν να

επεξεργαστούν και να δώσουν την μορφή που κάθε χρήστης επιθυμεί. Ακολουθεί ο χρωματισμός του αντικειμένου, που αποκαλείται *χαρτογράφηση επιφάνειας* (*surface mapping*), όπου βελτιώνεται η υφή, η αντανάκλαστικότητα και η διαφάνεια μιας διδιάστατης εικόνας. Η διαδικασία της φωτογράφισης ενός αντικειμένου αποκαλείται *φωτοαπόδοση* (*rendering*) και δημιουργεί μια διδιάστατη εικόνα από μια τρισδιάστατη σκηνή. Ο χρήστης μπορεί να προσδώσει *κίνηση* (*animation*) σε ένα αντικείμενο για να δοθεί ζωντάνια στις εφαρμογές του.

5.4 Το περιβάλλον εργασίας του 3D Studio Max 9

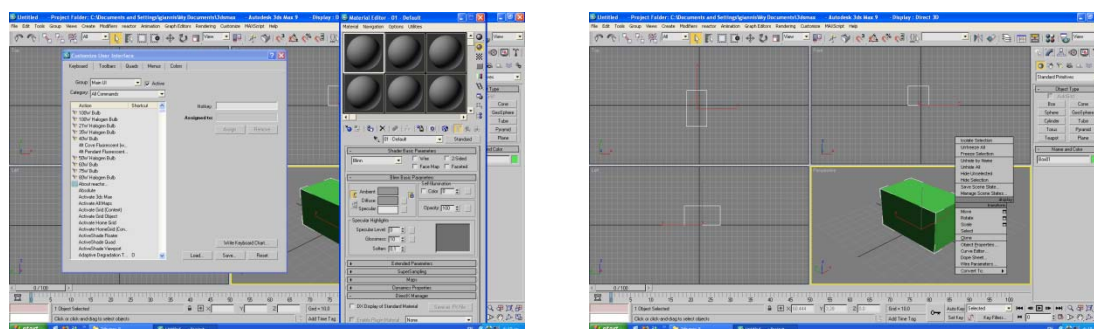
Το περιβάλλον εργασίας (interface) του 3D Studio Max 9 παρέχει πρόσβαση σε όλα τα χαρακτηριστικά του προγράμματος που δημιουργούν και τροποποιούν αντικείμενα (objects) και κινήσεις (animations). Το πρόγραμμα περιέχει γραμμή μενού, γραμμές εργαλείων (toolbars), γραμμή χρόνου (timeline), πάνελ εντολών (command panels) και ένα ή περισσότερα παράθυρα προβολής (viewports).



Εικόνα 5.1 Το περιβάλλον εργασίας (interface) του 3D STUDIO MAX 9

Η γραμμή μενού (*Menu Bar*) περιέχει τις εντολές για τη δημιουργία και τροποποίηση αντικειμένων (objects) και κινήσεων (animations). Ένα μενού μπορεί να τροποποιηθεί και να προστεθούν ή να αφαιρεθούν επιλογές. Ο χρήστης μπορεί ακόμη και να δημιουργήσει μενού της επιλογής του και να τα προστέσει στη γραμμή μενού.

Το 3D Studio Max 9 διαθέτει και δύο άλλα είδη μενού : το πτυσσόμενο (*pop-up*) μενού και το quad μενού. Το πτυσσόμενο (*pop-up*) μενού εμφανίζεται όταν ο χρήστης κάνει είτε δεξί κλικ είτε αριστερό στον κενό χώρο μιας γραμμής εργαλείων, σε ένα rollout ή στον τίτλο ενός viewport. Το *quad* μενού εμφανίζεται όταν ο χρήστης πατήσει δεξί κλικ πάνω σε αντικείμενα, ή στα viewports. Το quad μενού μπορεί να τροποποιηθεί.



Εικόνα 5.2 Το pop-up μενού (αριστερά) και το quad μενού (δεξιά)

Οι γραμμές εργαλείων (*toolbars*) περιέχουν πλήκτρα (*buttons*) που επιτρέπουν την άμεση πρόσβαση στις εντολές και τα εργαλεία του 3D Studio Max 9. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει και δικές του γραμμές εργαλείων με τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες εντολές και εργαλεία. Αν και το 3D Studio Max 9 περιέχει επτά διαφορετικές γραμμές εργαλείων (*toolbars*), μόνο δύο απ' αυτές, η Βασική (Main) και η Reactor, είναι αρχικά ορατές.

Η Βασική γραμμή εργαλείων βρίσκεται στην κορυφή του παραθύρου και η Reactor στην δεξιά πλευρά του παραθύρου. Οι γραμμές εργαλείων μπορούν να μετακινηθούν και να τοποθετηθούν όπου ο χρήστης επιθυμεί. Από τη Βασική (Main) γραμμή εργαλείων μπορούν να εκτελεστούν οι πιο βασικές και συχνές εντολές του προγράμματος. Η γραμμή εργαλείων Reactor περιέχει πλήκτρα εντολής για τη δημιουργία συμπαγών αντικειμένων, την εμφάνιση των φυσικών ιδιοτήτων των αντικειμένων, τη δημιουργία προσομοιώσεων (*simulations*) κ.ά.

Για την επιλογή και την εμφάνιση μιας γραμμής εργαλείων, χρειάζεται δεξί κλικ σε ένα κενό σημείο μιας γραμμής εργαλείων και επιλογή από το πτυσσόμενο μενού που θα εμφανισθεί. Μπορεί να τοποθετηθεί σταθερά (*dock*) μια γραμμή εργαλείων σε μια από τις τέσσερις άκρες του παραθύρου ή να ίπταται (*float*) στο κέντρο του παραθύρου.

Όσον αφορά τώρα τα πλήκτρα (*buttons*) που περιέχουν οι γραμμές εργαλείων, το 3D Studio Max έχει πέντε βασικά είδη απ' αυτά. Το *Standard Button* είναι αυτό στο οποίο με κλικ εκτελεί αμέσως την αντίστοιχη εντολή. Τέτοια είναι, για παράδειγμα, τα πρώτα από αριστερά πλήκτρα Undo και Redo της βασικής γραμμής εργαλείων. Το *Toggle Button* έχει δύο καταστάσεις ρυθμίσεις, on και off, και αλλάζει από τη μια κατάσταση στην άλλη με απλό κλικ του ποντικιού. Τέτοιο είναι, για παράδειγμα, το δέκατο από αριστερά πλήκτρο Window / Crossing της βασικής γραμμής εργαλείων. Το *Modal Button* καθορίζει μια αποκλειστική ρύθμιση για τις επόμενες ενέργειες του ποντικιού. Τέτοιο είναι, για παράδειγμα, το έβδομο από αριστερά πλήκτρο Select Object της βασικής γραμμής εργαλείων, με το οποίο μπορούμε να επιλέξουμε ένα αντικείμενο και το οποίο πλήκτρο παραμένει επιλεγμένο (ενεργό) μέχρι να κάνουμε κλικ σε ένα άλλο πλήκτρο. Το *Flyout Button* κρύβει κάποια σχετικά μεταξύ τους πλήκτρα και περιέχει ένα μικρό βελάκι στην κάτω δεξιά γωνία του για να ξεχωρίζει από τα άλλα πλήκτρα. Με απλό κλικ πάνω του, επιλέγεται το πλήκτρο που φαίνεται, ενώ με συνεχόμενο κλικ πάνω του, εμφανίζονται όλα τα πλήκτρα που περιέχει και μπορούμε να επιλεγεί αυτό που ο χρήστης επιθυμεί. Τέτοιο είναι, για παράδειγμα, το πλήκτρο Snaps Toggle της βασικής γραμμής εργαλείων, που έχει το σχήμα ενός πετάλου, και είναι το πρώτο από αριστερά από τα τέσσερα πλήκτρα με μορφή πετάλου που περιέχει η βασική γραμμή εργαλείων. Το *Drop-down List* περιέχει μια πτυσσόμενη λίστα με πολλές επιλογές και τέτοιο είναι το πλήκτρο View που βρίσκεται στο τέρμα δεξιά άκρο της βασικής γραμμής εργαλείων.

Με τα *παράθυρα προβολής (viewports)*, που βρίσκονται στο κέντρο του παραθύρου του 3D Studio Max 9, ο χρήστης μπορεί να βλέπει διαφορετικές όψεις των αντικειμένων του. Μπορεί να εμφανίσει ταυτόχρονα έως και τέσσερα απ' αυτά στο κέντρο του παραθύρου του προγράμματος. Τα ονόματά τους από αριστερά πάνω προς τα δεξιά κάτω είναι Top, Front, Left και Perspective. Με τα παράθυρα προβολής μπορεί να δημιουργήσει τις δικές του σκηνές (scenes) δημιουργώντας και δίνοντας κίνηση σε αντικείμενα. Το κάθε παράθυρο προβολής δείχνει τη σκηνή από μια διαφορετική οπτική γωνία (viewpoint), όπως είναι από πάνω (top), από αριστερά (left) ή από μπροστά (front) ή μέσω μιας κάμερας ή με ένα φωτιστικό σημείο. Τα παράθυρα προβολής μπορούν επίσης να εμφανίσουν μια σκηνή σε προοπτική προβολή (perspective), δηλ. με σημεία σύγκλισης, ή σε αξονομετρική προβολή (axonometric), δηλ. χωρίς σημεία σύγκλισης. Μπορεί να οριστεί ο αριθμός των viewports που θα εμφανίζονται και να προσδιοριστεί ένα συγκεκριμένο είδος προβολής για το κάθε viewport.

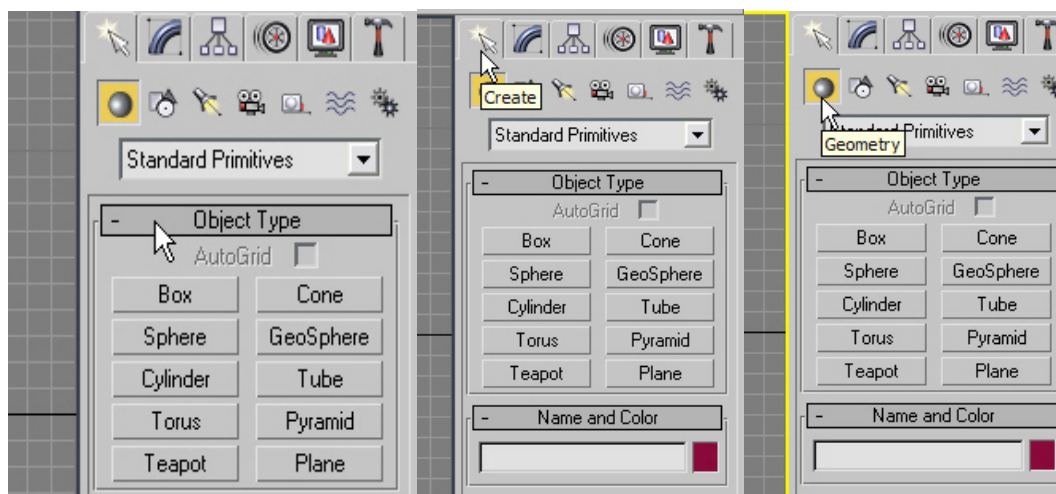
Το *πάνελ εντολών (command panels)*, στο δεξί μέρος του παραθύρου, περιέχει έξι διαφορετικά πάνελ με τις κατάλληλες εντολές για δημιουργία, μοντελοποίηση, τροποποίηση, απόδοσης κίνηση και εμφάνισης αντικειμένων. Περιέχει τις ίδιες εντολές με τη γραμμή των μενού. Το πάνελ εντολών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αντικειμένων και τον ορισμό παραμέτρων και ρυθμίσεων για την μοντελοποίηση και το animation.

Ένα *rollout* είναι μια συλλογή από σχετικά μεταξύ τους χειριστήρια που είναι ομαδοποιημένα. Ο χρήστης μπορεί να επεκτείνει ή να μαζέψει ένα rollout ή να χρησιμοποιήσει τη γραμμή κύλισης στα δεξιά για να δει και τις υπόλοιπες επιλογές του πάνελ. Μπορεί να μετακινήσει το πάνελ εντολών ή και να μεγαλώσει το μέγεθός του ώστε να περιέχει περισσότερες από μία στήλες.

Το *πάνελ εντολών* περιέχει τα εξής έξι ξεχωριστά πάνελ : Create, Modify, Hierarchy, Motion, Display και Utilities, όπου το κάθε πάνελ περιέχει διαφορετικά πλήκτρα και χειριστήρια για την ρύθμιση των αντίστοιχων παραμέτρων μέσα σε διαφορετικά rollouts.

Το *Create Panel* περιέχει χειριστήρια για τη δημιουργία των περισσότερων αντικειμένων στο 3D Studio Max 9. Τα αντικείμενα είναι ομαδοποιημένα σε επτά διαφορετικές κατηγορίες (Geometry, Shapes, Light, Cameras, Helpers, Space Warps, Systems), όπου η καθεμία έχει το δικό της πλήκτρο.

Το *Modify Panel* μπορεί να τροποποιήσει τις παραμέτρους, το σχήμα ή και τις ιδιότητες ενός αντικειμένου. Το *Hierarchy Panel* περιέχει εργαλεία για τη ρύθμιση της σχέσης γονέα/παιδιού ανάμεσα στα αντικείμενα της σκηνής μας. Το *Motion Panel* περιέχει εργαλεία για τη ρύθμιση της κίνησης ενός κινούμενου αντικειμένου (animated object).



Εικόνα 5.3 Το πάνελ εντολών με τα 6 ξεχωριστά πάνελ και τις 7 διαφορετικές κατηγορίες- Απεικόνιση των βασικών σχημάτων στο 3D Studio Max 9

Το *Display Panel* περιέχει εργαλεία για τη ρύθμιση του πώς τα αντικείμενα εμφανίζονται καθολικά μέσα στη σκηνή, όπως είναι η απόκρυψη ή το πάγωμα ενός αντικειμένου. Το *Utilities Panel* παρέχει πρόσβαση σε πολλά χρήσιμα προγράμματα του 3D Studio Max.

Στο κάτω μέρος του παραθύρου υπάρχουν τα *χειριστήρια πλοήγησης των παραθύρων προβολής (viewport navigation controls)*, με τα οποία μπορεί να γίνει zoom, pan (μετακίνηση) και πλοήγηση (navigation) μέσα στα παράθυρα προβολής. Αυτά τα χειριστήρια αλλάζουν (προσαρμόζονται) ανάλογα με το είδος του παραθύρου προβολής που έχουμε επιλέξει. Στο μέρος αυτό και προς τα δεξιά υπάρχουν τα πλήκτρα χειρισμού του animation (animation playback controls), με τα οποία μπορεί να δει ο χρήστης ένα animation στα viewports, να το τρέξει (play), να δει συγκεκριμένα πλαίσια (frames) ή και να πάει απευθείας σ' ένα πλαίσιο.

Προς τα αριστερά υπάρχει η *Track Bar*, με αρίθμηση από 0 έως 100, που εμφανίζει τα πλαίσια κλειδιά (keyframes) των επιλεγμένων αντικειμένων. Ακριβώς πάνω από την *Track Bar* υπάρχει η *Time Slider* που δείχνει το τρέχον πλαίσιο που εμφανίζεται στα viewports, με τη μορφή 1/100, και το οποίο μπορεί να μετακινηθεί για να αλλάξει το τρέχον πλαίσιο. Κάτω ακριβώς από την *Track Bar* υπάρχουν τρία πλαίσια κειμένου, τα X, Y και Z, που δείχνουν την τρέχουσα θέση του δρομέα σε απόλυτες συντεταγμένες. Όταν μετασχηματίζεται (transform) ένα αντικείμενο, εδώ εμφανίζονται οι συντεταγμένες του αντικειμένου σε σχέση με τις συντεταγμένες που είχε πριν από τον μετασχηματισμό.

Τέρμα αριστερά και κάτω υπάρχει ένα πλαίσιο κειμένου με ονομασία *MAXScript Mini-Listener*, όπου μπορεί να γραφούν μικρά προγράμματα ή σενάρια (scripts) με τη γλώσσα προγραμματισμού *MAXScript* για να μπορούν να ελεγχθούν τα τρισδιάστατα αντικείμενα και τα animations. Τέλος, δίπλα και αριστερά από τα πλήκτρα χειρισμού του animation υπάρχουν τα πλήκτρα χειρισμού των κλειδιών του animation (animation keying controls), με τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν κλειδιά (keys) για την κίνηση των αντικειμένων μας.

Υπάρχει η δυνατότητα να προσαρμοστούν τα τέσσερα βασικά στοιχεία του περιβάλλοντος του 3D Studio Max, δηλ. τα toolbars, menus, panels και viewports, ώστε να δημιουργηθεί μια διάταξη (layout) σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.

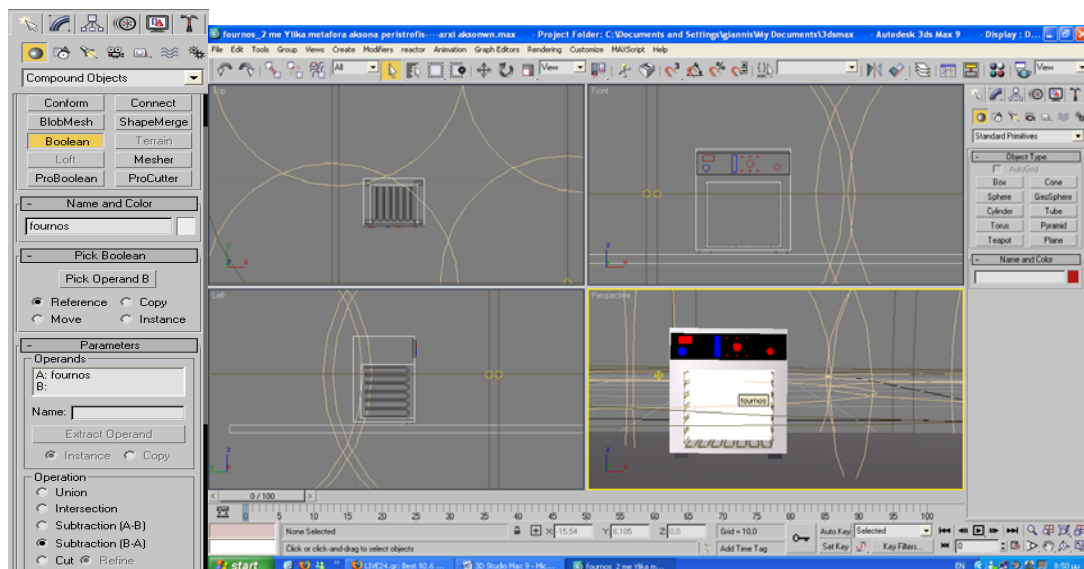
5.5 Σχεδιασμός των κυριότερων γεωμετρικών μοντέλων της εφαρμογής

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, τα γεωμετρικά μοντέλα που θα εισαχθούν στο λογισμικό εικονικής πραγματικότητας 3DVIA Virtools 4 θα δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης 3D Studio Max 9. Έχοντας ήδη αναφερθεί για τα γενικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης εφαρμογής, στην παρούσα ενότητα θα περιγραφεί εν συντομία το πως σχεδιάστηκαν τα κυριότερα από τα αντικείμενα – μοντέλα που χρησιμοποιούνται κατά την λειτουργία της τεχνικής του Vacuum Cast Molding. Πρέπει εδώ όμως να σημειωθεί ότι ο βασικός λόγος που χρησιμοποιήθηκε εν λόγο πρόγραμμα για τον σχεδιασμό των γεωμετρικών μοντέλων, εν αντιθέσει κάποιων άλλων λογισμικών της αγοράς είναι η άμεση συνεργασία με το πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας που θα χρησιμοποιηθεί δηλαδή το 3DVIA Virtools 4, καθώς οι τύποι των αρχείων που εξάγονται από το 3D Studio Max 9 (.3ds) εισάγονται εύκολα και χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα στο Virtools 4. Ένας άλλος σημαντικός λόγος είναι οι πολύ υψηλές δυνατότητες που παρουσιάζει η εφαρμογή στη σχεδίαση τρισδιάστατων γεωμετρικών μοντέλων. Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι αντικείμενο της παρούσας εργασίας δεν αποτελεί η σχεδίαση γεωμετρικών μοντέλων και για τον λόγο αυτό στη συνέχεια η περιγραφή της σχεδίασής τους για την συγκεκριμένη εφαρμογή δεν θα είναι λεπτομερείς αλλά σύντομη και περιεκτική.

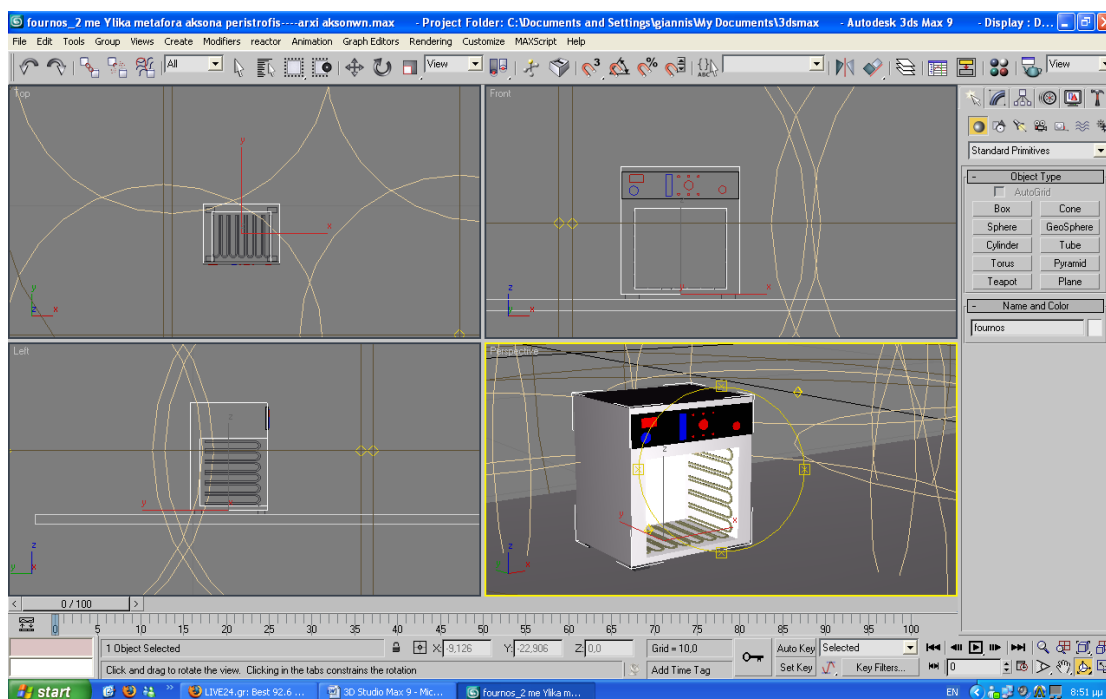
5.5.1 Σχεδιασμός Φούρνου MKT-1

Ο σχεδιασμός του φούρνου έγινε σταδιακά ξεκινώντας από το κύριο τμήμα του. Αρχικά δημιουργήθηκε ένας συμπαγής κύβος με τις εξωτερικές διαστάσεις του φούρνου. Στη συνέχεια έπρεπε να δημιουργηθεί η εσωτερική κοιλότητα του φούρνου. Για την σχεδίαση της εσωτερικής κοιλότητας του φούρνου χρησιμοποιήθηκε η επιλογή Subtraction. Είναι μία από τις επιλογές που παρέχει το 3D Studio Max 9 για το συνδυασμό δύο τρισδιάστατων αντικειμένων σε ένα. Για τον λόγο αυτό σχεδιάστηκε άλλος ένας συμπαγής κύβος, ο οποίος είχε ως εξωτερικές διαστάσεις τις εσωτερικές διαστάσεις του φούρνου και τοποθετήθηκε ουσιαστικά στο κατάλληλο σημείο εσωτερικά του αρχικού κύβου. Στη συνέχεια επιλέγοντας από το create panel - geometry - Compound Objects - Boolean την επιλογή Subtraction δημιουργήθηκε η εσωτερική κοιλότητα του φούρνου. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι πρέπει να επιλεγεί ο κύβος που θα αφαιρεθεί, (για παράδειγμα box A) και στην συνέχεια να επιλεγεί το Pick Operant B και να επιλεγεί ο κύβος από τον οποίο θα αφαιρεθεί (για παράδειγμα box B). Στη συνέχεια δημιουργήθηκε το φιλέτο πάνω στο οποίο θα τοποθετήθηκαν τα κουμπιά λειτουργίας του φούρνου χρησιμοποιώντας πάλι την παραπάνω μέθοδο, και γεωμετρικά σχήματα από τα Standard Primitives. Επίσης σχεδιάστηκαν 4 συμπαγής κύβοι που αποτελούν τα ποδαράκια του φούρνου.

Στη συνέχεια, σχεδιάστηκαν τα στηρίγματα – αντιστάσεις της σχάρας πάνω στα πλευρικά τοιχώματα του φούρνου και στο κάτω μέρος.



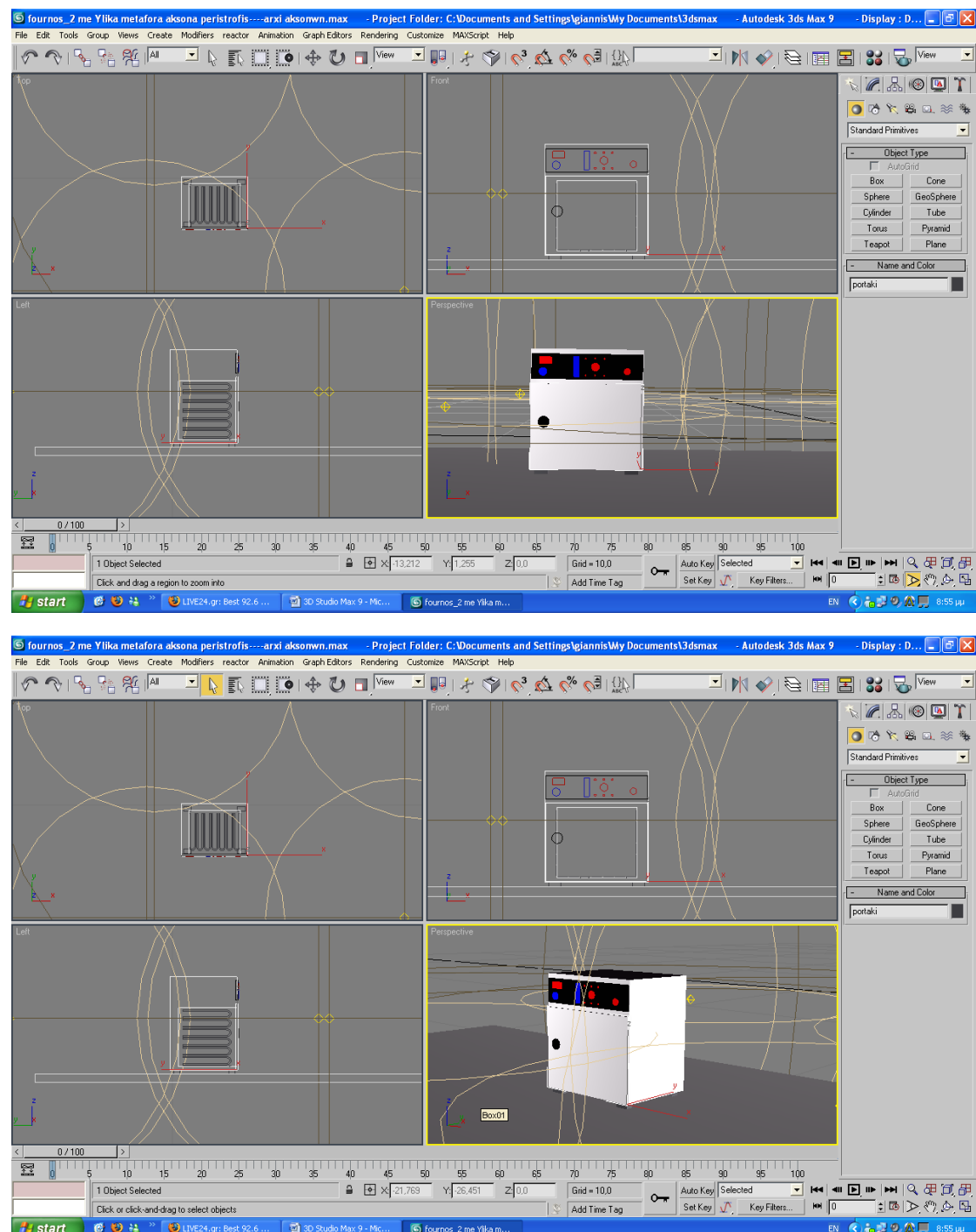
Εικόνα 5.4 Η επιλογή Subtraction (αριστερά), το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου με το φιλέτο και με τα κουμπιά εργασίας (δεξιά)



Εικόνα 5.5 Το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου με τα στηρίγματα-αντιστασεις στο εσωτερικό

Τέλος, η σχεδίαση ολοκληρώθηκε με την κατασκευή της πόρτας και του χερουλιού. Για τη δημιουργία μιας πόρτας (*door*) από το πάνελ *Create* και επιλέγεται η κατηγορία *Geometry* και το *Doors* από την πτυσσόμενη λίστα. Από το *Object Type* rollout μπορεί να επιλεγεί το είδος της πόρτας που θα δημιουργηθεί και με ένα κλικ σε ένα παράθυρο προβολής, μπορεί να οριστεί το πλάτος, το ύψος και το βάθος του νέου αντικειμένου σέρνοντας με το ποντίκι ή καταχωρώντας τις αντίστοιχες τιμές στο *Parameters* rollout. Εξ ορισμού, οι πόρτες και τα παράθυρα δημιουργούνται

κατακόρυφα, εκτός κι αν επιλέξουμε το πλαίσιο ελέγχου *Allow Non-vertical Jamb*s στο *Creation Method* rollout, οπότε μπορούμε να δημιουργήσουμε και πόρτες υπό γωνία. Το χερούλι δημιουργήθηκε ως ένας συμπαγής κύλινδρος.

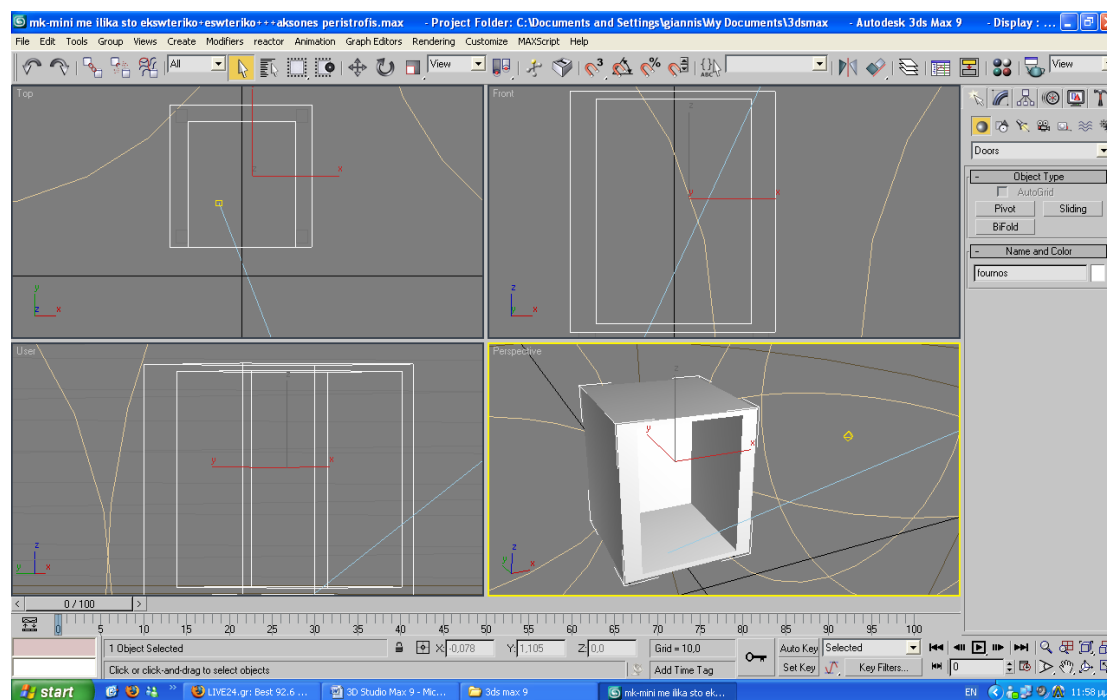


Εικόνα 5.6 Το ολοκληρωμένο γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου

5.5.2 Σχεδιασμός Θαλάμου Κενού Αέρος Vacuum Casting MK-Mini

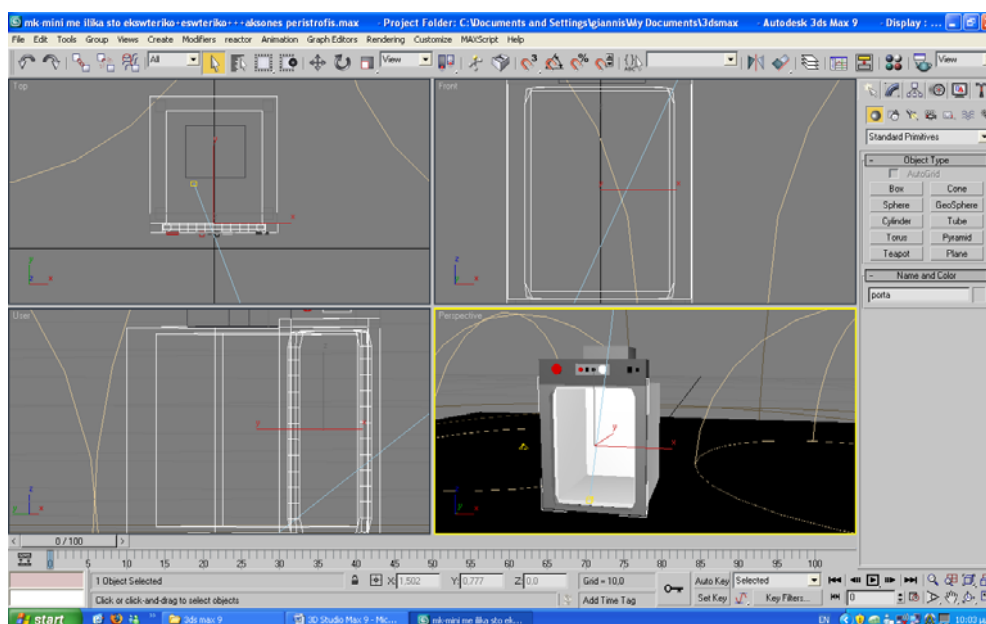
Το συγκεκριμένο αντικείμενο παρουσίασε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας κατά τον σχεδιασμό του, συγκρινόμενο με αυτόν του φούρνου. Αυτό οφειλόταν κυρίως στα περισσότερα κινούμενα μέρη τα οποία πρέπει να αποδοθούν στην τρισδιάστατη εφαρμογή αλλά και στην πολυπλοκότητα της γεωμετρίας του και την πολυμορφία του θαλάμου. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι για την αναπαράσταση των κινούμενων μερών ενός αντικειμένου είναι απαραίτητο τα μέρη αυτά να σχεδιαστούν ως ξεχωριστές οντότητες, που θα εμφανίζουν μεταξύ τους κάποια σχετική κίνηση.

Αρχικά σχεδιάστηκε το κύριο σώμα του MK-Mini με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία της αφαίρεσης υλικού με την επιλογή Subtraction που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα για τον σχεδιασμό του φούρνου. Με τον τρόπο αυτό και χρησιμοποιώντας τόσο τις εξωτερικές όσο και της εσωτερικές διαστάσεις του θαλάμου σχεδιάστηκε το κύριο σώμα με την εσωτερική κοιλότητα και σχεδιάστηκαν τα ποδαράκια πάνω στα οποία στηρίζεται ο θάλαμος.



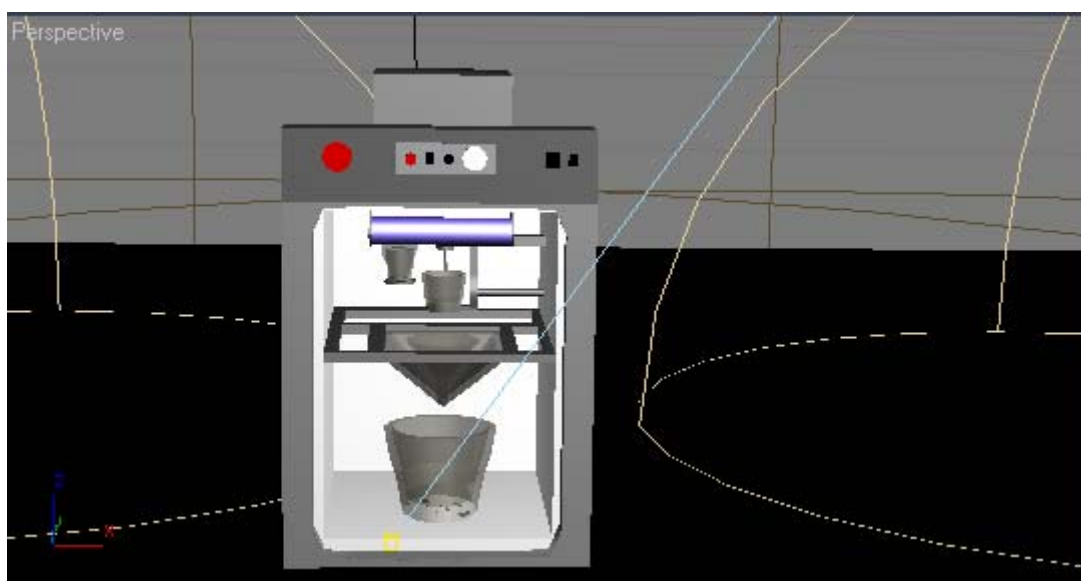
Εικόνα 5.7 Η μέθοδος αφαίρεσης υλικού για την σχεδίαση της εσωτερική κοιλότητας του θαλάμου κενού MK-Mini

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε η κοιλότητα υποδοχής της πόρτας με την ίδια φιλοσοφία αφαίρεσης υλικού και σχεδιάστηκε το κομμάτι πάνω στο οποίο θα τοποθετηθούν τα κουμπιά λειτουργίας του θαλάμου κενού καθώς και η αντλία κενού του θαλάμου. Το κομμάτι με τα κουμπιά και η αντλία σχεδιάστηκαν ξεχωριστά και με χρήση γεωμετρικών σχημάτων από τα Standard Primitives.



Εικόνα 5.8 Σχεδίαση κοιλότητας υποδοχής της πόρτας, πάνελ λειτουργίας θαλάμου κενού και αντλίας κενού

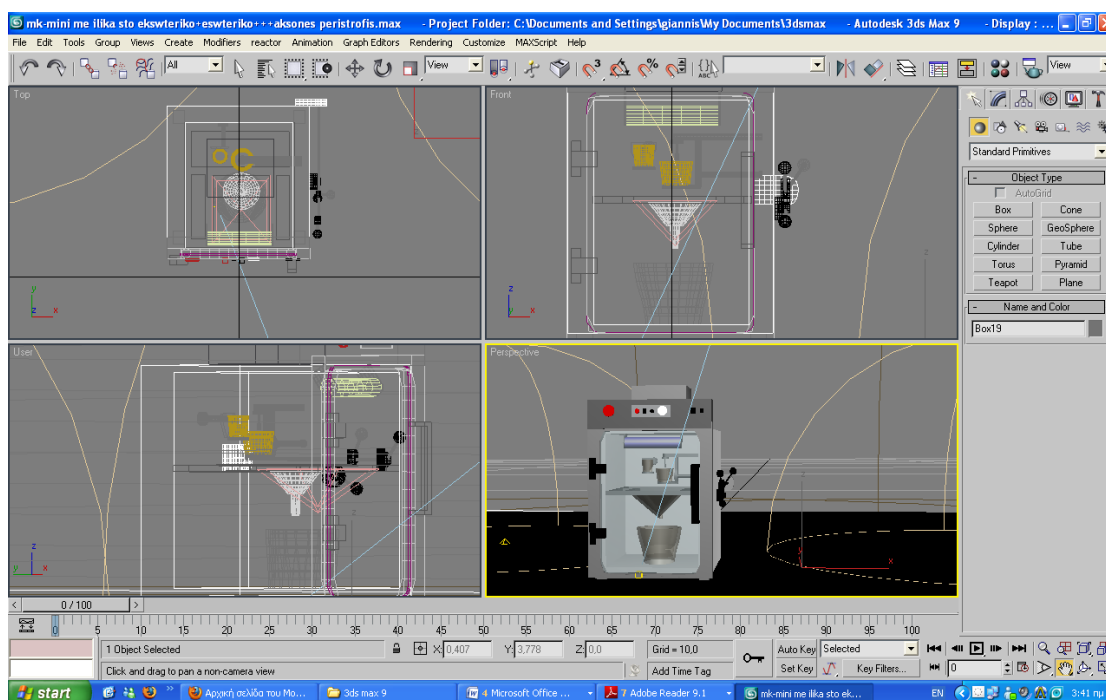
Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν όλες οι λεπτομέρειες στο εσωτερικό του θαλάμου. Πρώτα δημιουργήθηκαν τα εσωτερικά στηρίγματα των εσχαρών του θαλάμου πάλι με αφαίρεση υλικού. Επίσης σχεδιάστηκε το εσωτερικό φως του θαλάμου και οι 2 βάσεις στήριξής του, οι βάσεις των δοχείων Α και Β τα οποία περιέχουν τα υλικά που αναμιγνύονται κατά τη λειτουργία του MK-Mini, ο αναδευτήρας που ανακατεύει τα υλικά και η βάση στην οποία στηρίζεται, το χωνί στη μέση του MK-Mini αλλά και ο κουβάς που είναι στο κάτω μέρος του στον οποίο πέφτουν τα υλικά μέσω του χωνιού. Η σχεδίαση όλων των λεπτομερειών του εσωτερικού του MK-Mini δεν παρουσίασαν κάποια ιδιαίτερη δυσκολία.



Εικόνα 5.9 Σχεδίαση λεπτομερειών εσωτερικού του MK-Mini

Έπειτα ακολουθεί η σχεδίαση των κινούμενων μερών του θαλάμου κενού. Στην τρισδιάστατη εφαρμογή της παρούσας εργασίας είναι απαραίτητο να επιδειχθεί η ικανότητα σχετικής κίνησης κάποιων μερών ως προς τα υπόλοιπα κομμάτια του μοντέλου σχεδίασης. Αυτό επιτυγχάνεται με την διάσπαση σε μικρότερα κομμάτια του μοντέλου, έτσι ώστε να είναι εφικτή η σχετική μετατόπιση ή περιστροφή του ενός κομματιού σε σχέση με το άλλο. Η τεχνική αυτή ονομάζεται Part Assembly, και είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλες τις εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας. Στην παρούσα εφαρμογή, εκτός από τον ξεχωριστό σχεδιασμό της πόρτας του θαλάμου, σχεδιάστηκαν ξεχωριστά οι δύο μοχλοί κινήσεως (μηχανισμού περιστροφής δοχείου Α και μηχανισμού συγκράτησης και κλίσης δοχείου β) και ο μοχλός της βαλβίδας σταθεροποίησης του θαλάμου κενού. Ο σχεδιασμός των συγκεκριμένων υπομοντέλων είναι απλός και δεν είναι απαραίτητο να περιγραφεί περαιτέρω.

Το γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini ολοκληρώθηκε με τη σχεδίαση της διαφανούς πόρτας, των στηριγμάτων της και του χερουλιού της. Όπως και στην περίπτωση του φούρνου από το πάνελ *Create* και επιλέγεται η κατηγορία *Geometry* και το *Doors* από την πτυσσόμενη λίστα. Από το *Object Type* rollout επιλέγεται το είδος της πόρτας και με κλικ σε ένα παράθυρο προβολής ορίζεται το πλάτος, το ύψος και το βάθος της πόρτας σέρνοντας με το ποντίκι ή καταχωρώντας τις αντίστοιχες τιμές στο *Parameters* rollout. Η μόνη διαφορά εδώ είναι ότι η πόρτα είναι διαφανής και υπάρχουν δύο τρόποι για να επιτευχθεί αυτό. Ο πρώτος τρόπος που είναι και πιο απλός είναι αφού έχει δημιουργηθεί η πόρτα με δεξί κλικ πάνω στην πόρτα *Object properties*→*General*→*Display properties* και κλικ στην επιλογή *See-through*. Ο άλλος τρόπος είναι αφού επιλεγεί η πόρτα, κλικ στο *Material Editor* – *Shader Basic Parameters* και αύξηση ή μείωση της τιμής *Opacity* και των άλλων παραμέτρων. Σε αυτήν την περίπτωση ουσιαστικά εισάγεται νέο υλικό στην πόρτα. Έχοντας ολοκληρώσει και τη σχεδίαση της πόρτας, το γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini είναι έτοιμο.



Εικόνα 5.10 Το ολοκληρωμένο γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

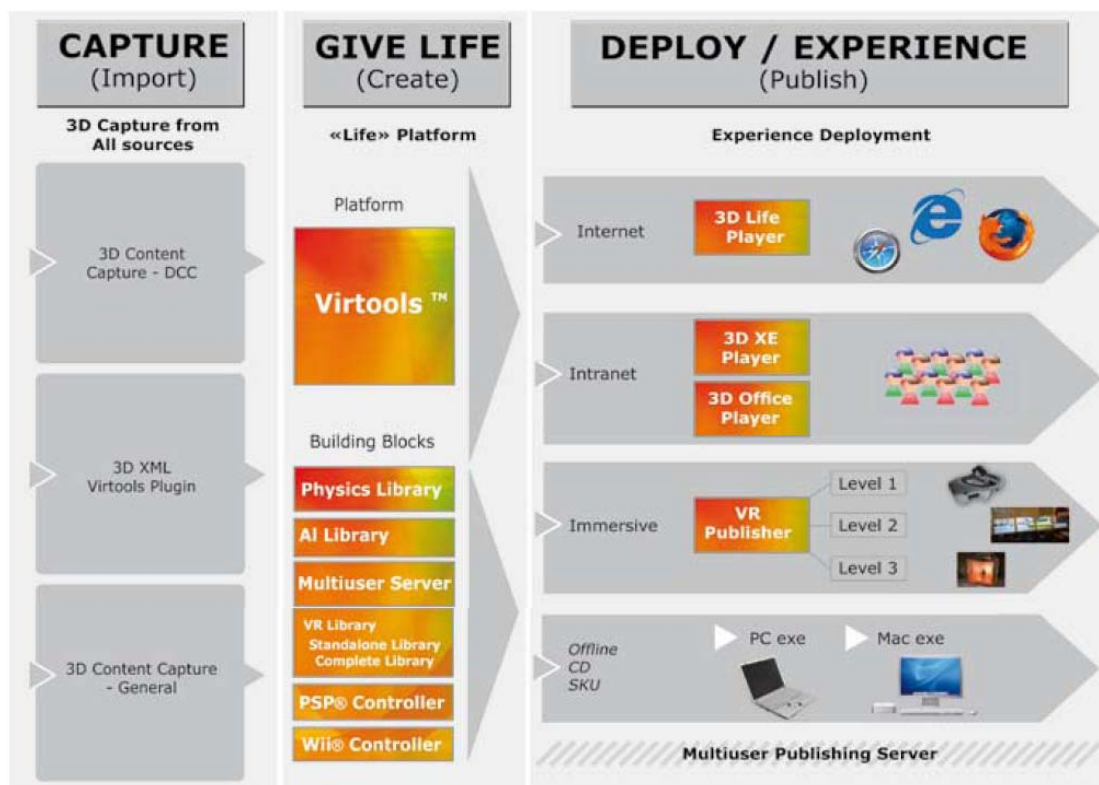
ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ 3DVIA VIRTOOLS 4

6.1 Εισαγωγή

Το λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας αποτελεί το βασικό τμήμα του συστήματος ΕΠ. Οι δυνατότητες που παρέχει καθορίζουν και τις δυνατότητες του Εικονικού Περιβάλλοντος σε σχέση με τα χαρακτηριστικά προσομοίωσης και γενικότερα τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής. Επιπλέον αποτελεί το μέσο για την ολοκλήρωση όλων των επιμέρους τμημάτων του συστήματος ΕΠ καθώς υποστηρίζει τα περιφερειακά που θα χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την εισαγωγή δεδομένων από άλλα λογισμικά εργαλεία, όπως για παράδειγμα για την εισαγωγή γεωμετρικών μοντέλων από διάφορα λογισμικά CAD και 3D Μοντελοποίησης που αναπαριστούν αντικείμενα του πραγματικού κόσμου στο Εικονικό Περιβάλλον. Συνεπώς είναι φανερό ότι το λογισμικό ΕΠ αποτελεί την καρδιά του συστήματος και η επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας αποτελεί θεμελιακό παράγοντα για την επιτυχία της προσομοίωσης της επιθυμητής εφαρμογής. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας 3DVIA Virtools 4 το οποίο επιλέχθηκε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής δηλαδή την προσομοίωση της λειτουργίας του MK-Mini. Αρχικά περιγράφονται τα γενικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας ανάπτυξης του λογισμικού Virtools, οι δυνατότητες που παρέχει στο χρήστη και τα επιμέρους εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Τέλος γίνεται μια σύντομη παρουσίαση του περιβάλλοντος του περιβάλλοντος του εν λόγω λογισμικού και των λειτουργιών του. . Για λόγους συντομίας στο εξής το λογισμικό θα αναφέρεται ως Virtools .

6.2 Γενικά χαρακτηριστικά 3DVIA Virtools 4

Το Virtools είναι μία πλατφόρμα ανάπτυξης που επιτρέπει τη δημιουργία καινοτόμων τρισδιάστατων (3D) αλληλεπιδραστικών περιβαλλόντων. Παρέχει στον χρήστη πρωτότυπες και ισχυρές εμπειρίες που ανταποκρίνονται σε μεγάλο επίπεδο στην καθημερινή ζωή μέσω είτε της εμβύθισης είτε της χρήσης του διαδικτύου (immersive or online life-like experience). Ξεπερνώντας τα παραδοσιακά περιβάλλοντα ΕΠ, η χρήση του Virtools μπορεί να συνεισφέρει στην βελτιστοποίηση της παραγωγής και την κατανομή των πόρων με τον καλύτερο προγραμματισμό της παραγωγής μειώνοντας παράλληλα το κόστος και το συνολικό ρίσκο. Λόγω των υψηλών δυνατοτήτων που παρέχει, το Virtools χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως στην παραγωγή προϊόντων, στην αξιολόγηση της σχεδίασής τους και γενικότερα στην βιομηχανία, στην προώθηση προϊόντων, στην εκπαίδευση που στηρίζεται στη προσομοίωση αλλά και στην παραγωγή ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Στην εικόνα 6.1 φαίνεται η συνολική δομή στην οποία στηρίζεται το Virtools για την δημιουργία τρισδιάστατων αλληλεπιδραστικών εφαρμογών.



Εικόνα 6.1 Η δομή του λογισμικού Virtools 4

6.2.1 Εισαγωγή αρχείων (Capture- Import)

Η εισαγωγή αρχείων τα οποία περιέχουν τα γεωμετρικά μοντέλα με τα οποία δομείται το περιβάλλον προσομοίωσης σε ένα σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας, αποτελεί μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες που πρέπει να παρέχει το λογισμικό ΕΠ στο χρήστη. Πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλα φίλτρα για την εισαγωγή γεωμετρικών μοντέλων από συστήματα CAD, όπως το Pro/Engineer, το AutoCAD, το Catia, το Unigraphics αλλά και από λογισμικά 3D Μοντελοποίησης (DCC- Digital Content Creation) όπως το 3DS Max , το Maya , το Lightwave κ.α. Τα φίλτρα αυτά μετατρέπουν την πληροφορία που είναι αποθηκευμένη σε κάθε διαφορετικό τύπο αρχείου σε τέτοια μορφή, ώστε να μπορεί να απεικονιστεί και να διαχειριστεί στο εικονικό περιβάλλον. Ενδεικτικά κάποιες από τις λειτουργίες που πραγματοποιούν τα φίλτρα είναι:

- Μετατροπή των τρισδιάστατων γεωμετρικών μοντέλων σε πολυγωνική μορφή.
- Μείωση του πλήθους των πολυγώνων σε πολύπλοκες γεωμετρίες.
- Μετατροπή των πολυγώνων σε τρίγωνα, ανάλογα με τη μορφή που υποστηρίζεται από το λογισμικό.
- Μετατροπή της υφής στη μορφή που υποστηρίζεται από το λογισμικό

Είναι λοιπόν φανερό ότι η επιλογή της πλατφόρμας ανάπτυξης στην οποία θα γίνει η προσομοίωση στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στο πλήθος των διαφορετικών τύπων αρχείων CAD και 3DCC με τα οποία μπορεί συνεργαστεί και να διαχειριστεί. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των διαφορετικών τύπων αρχείων τόσο περισσότερες είναι οι δυνατότητες που παρέχει στον χρήστη. Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό ότι η εισαγωγή των αρχείων που περιέχουν τα γεωμετρικά μοντέλα μπορεί να αποτελέσει σημαντική αιτία προβλημάτων και για τον λόγο αυτόν η

παράμετρος αυτή πρέπει να μελετάται ώστε να επιλέγεται το καταλληλότερο λογισμικό.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ένα από τα πρώτα βήματα για την υλοποίηση της εφαρμογής της παρούσας εργασίας ήταν η επιλογή της πλατφόρμας ανάπτυξης και ο έλεγχος για την συμβατότητα των αρχείων από τα διάφορα συστήματα CAD και 3D Μοντελοποίησης με την εν λόγω πλατφόρμα. Το Virtools είναι η πλατφόρμα που επιλέχθηκε λόγω των πολλών δυνατοτήτων που παρέχει στον χρήστη. Μία από τις πολλές δυνατότητες που προσφέρει το Virtools αφορά και το κομμάτι της συνεργασίας με συστήματα CAD και 3DCC. Η Dassault Systems προωθεί το ευρύτερο περιβάλλον 3DVIA το οποίο ενοποιεί ένα σύνολο προγραμμάτων για 3D εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένου και του Virtools, μέσω του 3DXML Format. Το 3DXML Format αποτελεί ένα γενικής χρήσης τύπο αρχείου της Dassault που δίνει τη δυνατότητα γρήγορης και εύκολης ανταλλαγής 3D δεδομένων περιλαμβάνοντας δομές προϊόντων, γεωμετρίες και 3D γραφικά επιτυγχάνοντας έτσι την συνεργασία των προγραμμάτων της τόσο μεταξύ τους όσο και με τα πιο διαδεδομένα εμπορικά πακέτα CAD και 3DCC.

Το Virtools συνεργάζεται άμεσα με τα πιο γνωστά πακέτα 3D Μοντελοποίησης όπως είναι το 3D Studio Max, το Maya, το XSI, το Lightwave και το Collada ενώ παρέχει και αντίστοιχα εργαλεία για την μετατροπή και εξαγωγή αρχείων προς αυτά μέσω της τεχνολογίας 3DXML όπως το Virtools 3DS Max Exporter, το Maya Exporter, το Lightwave Exporter, το XSI Exporter και το Collada Exporter. Το λογισμικό που επιλέχθηκε για την σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι το 3D Studio Max 9 καθώς ο τύπος των αρχείων που εξάγει είναι απόλυτα συμβατός με το Virtools και εισάγονται απευθείας χωρίς να απαιτείται η χρήση άλλου εργαλείου για την μετατροπή τους σε άλλη μορφή. Ο τρόπος που έγινε η εισαγωγή τους στο Virtools θα αναπτυχθεί αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Η λίστα με τους τύπων αρχείων που εισάγονται απευθείας στο Virtools 4 είναι η παρακάτω:

- Autodesk 3DS (.3ds)
- Dassault System 3DXML (.3dxml)
- Asc Points Clouds (.Asc)
- Collade (.dae)
- Virtools Object (.Nmo)
- VRML (.wrl)
- Microsoft DirectX (.x)

Ωστόσο για την εισαγωγή αρχείων από συστήματα CAD ο τρόπος είναι κάπως πιο πολύπλοκος καθώς απαιτείται η χρήση ενός επιπλέον εργαλείου του Virtools το οποίο είναι το Virtools Cad Pack 1.0. Το εργαλείο αυτό ουσιαστικά μετατρέπει πολλούς διαφορετικούς τύπους αρχείων CAD, DCC και 3D media σε μορφή που μπορεί να εισαχθεί στο Virtools. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται δυνατότητα συνεργασίας με όλα σχεδόν τα γνωστά συστήματα CAD όπως τα Catia v4 & v5, CoreCAD: Solidworks, IGES, Granite: Pro/Engineer και Unigraphics. Η δυσκολία όμως έγκειται στο γεγονός ότι το εν λόγω εργαλείο απαιτεί την ύπαρξη ενός άλλου προγράμματος και συγκεκριμένα του Deep Exploration της Right Hemispheres, για να λειτουργήσει. Συγκεκριμένα το 2003 ανακοινώθηκε η συνεργασία της ομάδας ανάπτυξης της Right Hemispheres με την ομάδα ανάπτυξης του Virtools για τη δημιουργία του Virtools Cad Pack 1.0 βασισμένο στην τεχνολογία μετατροπής τύπων αρχείων που είχε αναπτύξει η Right Hemispheres. Ως αποτέλεσμα αυτής της

συνεργασίας για τη λειτουργία του εν λόγω εργαλείου απαιτείται η χρήση του λογισμικού Deep Exploration. Με τον τρόπο αυτό αρχεία CAD από όλα σχεδόν τα εμπορικά πακέτα μετατρέπονται στον τύπο .NMO που αποτελεί τον βασικό τύπο αρχείων του Virtools.

6.2.2 Αποθήκευση αρχείων

Για τη δημιουργία ενός εικονικού περιβάλλοντος στο Virtools 4 χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών πληροφορίες όπως τα γεωμετρικά μοντέλα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, τα χαρακτηριστικά κίνησης, οι υφές στις επιφάνειες και τα σενάρια λειτουργίας. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει να αποθηκεύονται από το λογισμικό ώστε να είναι εφικτή η ανάκλησή τους όποτε απαιτηθεί. Οι τύποι των αρχείων που αποθηκεύονται όλες οι παραπάνω πληροφορίες είναι 4:

1. NMO – Virtools Object File

Τα αρχεία της μορφής .nmo αποτελούν τον βασικό τύπο αρχείων του Virtools 4 και περιέχουν ένα ή περισσότερα στοιχεία με ή χωρίς τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς τα οποία έχουν αποδοθεί σε αυτά. Το λογισμικό παρέχει πλήθος τέτοιων αρχείων στο VirtoolsResources του περιβάλλοντος εργασίας τα οποία μπορούν να εισαχθούν στο εικονικό περιβάλλον διευκολύνοντας έτσι την ανάπτυξη μιας εφαρμογής.

2. CMO – Virtools Composition File

Τα αρχεία της μορφής .cmo όπως και τα .nmo είναι βασικός τύπος αρχείων του λογισμικού. Ουσιαστικά από το περιβάλλον εργασίας ο χρήστης αποθηκεύει τις συνθέσεις του σε μορφή .cmo. Ένα αρχείο .cmo περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα στοιχεία και γεωμετρικά μοντέλα καθώς και όλα τα χαρακτηριστικά που έχουν αποδοθεί σε αυτά όπως τα σενάρια λειτουργίας και τα χαρακτηριστικά κίνησης τους. Η σύνθεση των αρχείων αυτών πραγματοποιείται με τη χρήση του εργαλείου Virtools 4 Dev και μπορεί να περιλαμβάνει ένα Level ή Scenes ή Places, έννοιες που θα επεξηγηθούν στη συνέχεια.

3. NMS – Virtools Script File

Τα αρχεία .nms περιλαμβάνουν ένα σενάριο λειτουργίας (Script) ή ένα γράφημα συμπεριφοράς (Behavior Graph) το οποίο είναι ένας συνδυασμός σεναρίων και άλλων παραμέτρων για την προσομοίωση της συμπεριφοράς ενός στοιχείου του εικονικού περιβάλλοντος

4. VMO – Virtools Player File

Τα αρχεία .vmo εξάγονται από το Virtools 4 Dev με την επιλογή File → Export to Virtools Player. Περιλαμβάνουν μία ολόκληρη σύνθεση με όλα της τα χαρακτηριστικά τα οποία όμως δεν μπορούν να εισαχθούν με αυτή την μορφή στο Virtools 4 ούτε και να τροποποιηθούν σε αντίθεση με τους τρεις προηγούμενους τύπους αρχείων. Είναι αρχεία για παρουσίαση και επίδειξη της σύνθεσης με τη χρήση του Virtools 4 Web Player εργαλείου που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

6.2.3 Δυνατότητες Οπτικοποίησης και Αλληλεπίδρασης

Το Virtools προωθείται από την Dassault Systems και όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα είναι ένα πρόγραμμα για 3D real-time εφαρμογές (animation) στην βιομηχανία, στην προώθηση προϊόντων αλλά και στην παραγωγή ηλεκτρονικών παιχνιδιών, παρέχοντας δυνατότητες αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο με υψηλής ποιότητας γραφικά. Το περιβάλλον επικοινωνίας του λογισμικού με το χρήστη είναι σχεδιασμένο στη μορφή ενός τυπικού λογισμικού για Windows, παρέχοντας εξοικείωση κατά τη χρήση. Υποστηρίζεται η λειτουργία drag and drop για τις λειτουργίες του λογισμικού, την ευκολότερη εναπόθεση αντικειμένων μέσα στο εικονικό περιβάλλον αλλά και για την απόδοση ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών στα αντικείμενα. Η περιήγηση γίνεται γρήγορα, λόγω της συμπίεσης των δεδομένων κατά την οπτικοποίηση. Ένα από τα επιμέρους χαρακτηριστικά οπτικοποίησης και αλληλεπίδρασης που παρέχονται είναι η δυνατότητα αναπαραγωγής προσομοιώσεων που έχουν δημιουργηθεί στο εικονικό περιβάλλον ενώ παρέχονται και έτοιμα ψηφιακά ανθρωποειδή (avatars). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν υφές και αντανάκλασεις για τη βελτίωση της αισθητικής των εικονικών μοντέλων. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα εισαγωγής φωτισμού και ρύθμισής αυτού για βελτίωση της απεικόνισης. Τέλος μπορούν να οριστούν και να τροποποιηθούν τα χαρακτηριστικά που αφορούν το υλικό των εικονικών αντικειμένων, το χρώμα αλλά και τις ηχητικές τους ιδιότητες .

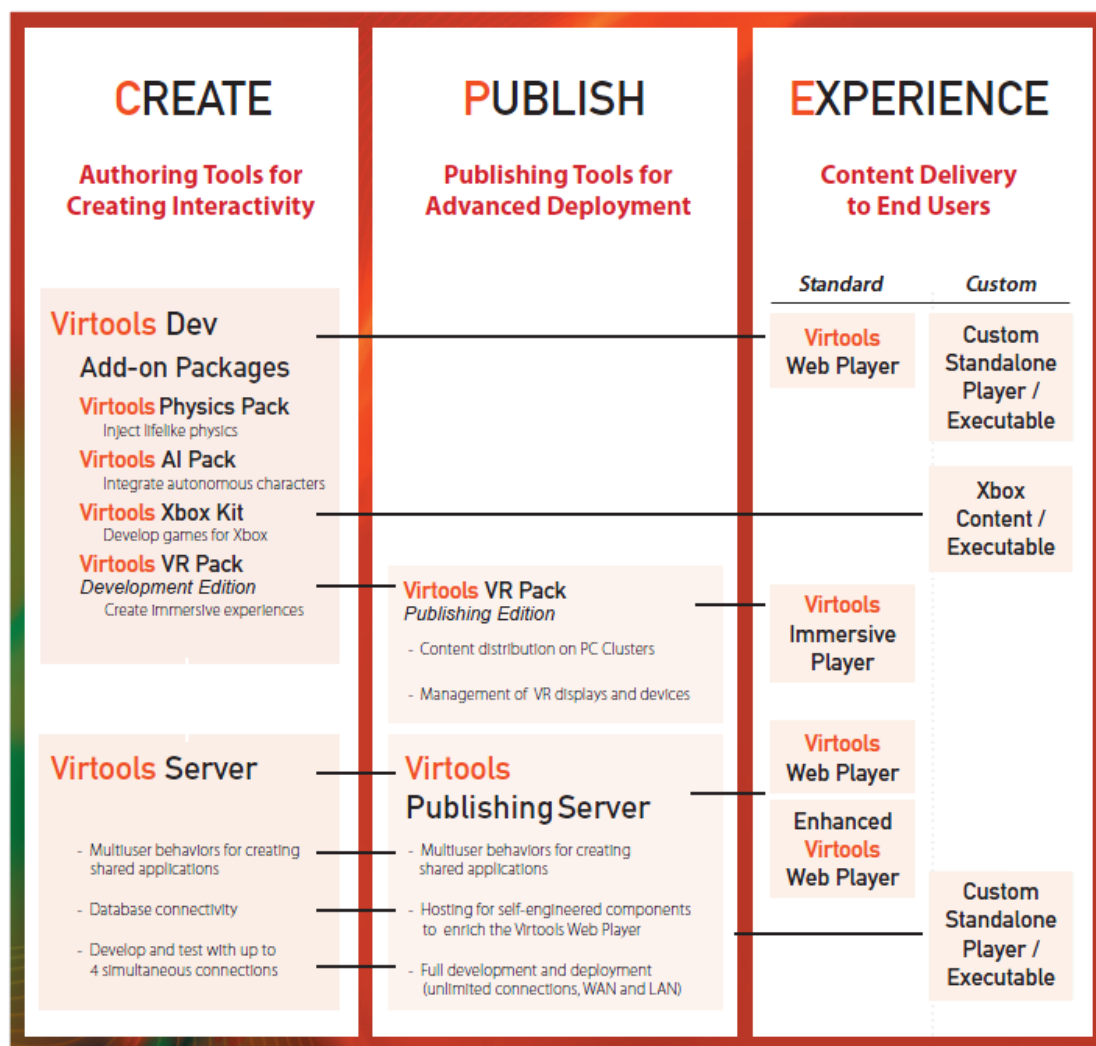
6.2.4 Ανάλυση λειτουργικών χαρακτηριστικών αντικειμένων

Το Virtools παρέχει εργαλεία για τον ορισμό των δυνατοτήτων κίνησης των εικονικών αντικειμένων. Με τα εργαλεία αυτά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα :

- Χρήσης εναλλακτικών σχεδίων για το ίδιο αντικείμενο
- Πραγματοποίησης ελέγχων για προσδιορισμό αποστάσεων μεταξύ των αντικειμένων κατά την εκτέλεση μιας εργασίας
- Πραγματοποίησης ελέγχου συγκρούσεων σε πραγματικό χρόνο καθώς κινούνται τα αντικείμενα στο εικονικό περιβάλλον
- Ομαδοποίηση των αντικειμένων για ευκολότερη μελέτη λειτουργικών χαρακτηριστικών
- Ορισμού των δυνατοτήτων κίνησης αλλά και περιορισμών κίνησης για κάθε αντικείμενο

6.2.5 Εργαλεία προσομοίωσης και δημιουργίας αλληλεπίδρασης (Create - Give Life)

Το Virtools 4 παρέχει ένα σημαντικό αριθμό εργαλείων που είτε παρέχονται με την βασική πλατφόρμα εργασίας είτε είναι επιπρόσθετα (Add-ons) που σημαίνει ότι για την χρήση τους πρέπει να ενεργοποιηθούν επιπλέον άδειες (licenses) .



Εικόνα 6.2 Εργαλεία προσομοίωσης Virtools 4

Virtools 4 Dev

Το Virtools Dev είναι ουσιαστικά η βασική πλατφόρμα που περιλαμβάνει το περιβάλλον εργασίας στο οποίο γίνεται η ανάπτυξη αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων εφαρμογών. Είναι το πρωταρχικό λογισμικό, δομημένο στο Virtools Behavioral Engine, το οποίο παρέχει το περιβάλλον εργασίας τρισδιάστατων γραφικών στο οποίο γίνεται ο προγραμματισμός και η ανάπτυξη των 3D εφαρμογών. Περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό βιβλιοθηκών με χαρακτηριστικά συμπεριφορών (behavior Building Blocks – BBs) για τη δημιουργία αλληλεπίδρασης και ένα μεγάλο σύνολο έτοιμων πηγών (Resources) για την ολοκλήρωση του Εικονικού Περιβάλλοντος. Τέλος περιλαμβάνει το Virtools Software Development Kit (SDK) για την προσαρμογή νέων συστατικών που ο χρήστης επιθυμεί, την δημιουργία νέων BBs και γενικότερα για την επέκταση των δυνατοτήτων του κύριου λογισμικού. Η εφαρμογή της παρούσας εργασίας αναπτύχθηκε κατά κύριο λόγο στο Virtools Dev και για τον λόγο αυτό στη συνέχεια του κεφαλαίου θα γίνει εκτενής παρουσίαση του περιβάλλοντος εργασίας που παρέχει στο χρήστη.

Virtools 4 Multiuser Server Development

Το εργαλείο αυτό αποτελεί μια προέκταση της κύριας πλατφόρμας του Virtools Dev για τη δημιουργία εφαρμογών με πολλούς χρήστες ταυτόχρονα, εγκαθιστώντας σύνδεση των βάσεων δεδομένων μεταξύ τους και διασφαλίζοντας τη πρόσβαση των όλων των χρηστών σε όλες τις συνιστώσες της εκάστοτε εφαρμογής. Είναι εργαλείο που απαιτεί ενεργοποίηση επιπρόσθετης άδειας και επιτρέπει την ανάπτυξη και την δοκιμή των εφαρμογών από πολλαπλούς χρήστες με δυνατότητα ταυτόχρονης σύνδεσης 4 χρηστών. Για μεγαλύτερης κλίμακας εφαρμογές πολλαπλών θέσεων παρέχεται άλλο εργαλείο , το Virtools Publishing Server που θα αναφερθεί στη συνέχεια. Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι ανάλογα με αριθμό των αριθμό των χρηστών που επιλέγεται ότι θα χρησιμοποιήσουν το εν λόγω εργαλείο, διαφοροποιείται και το κόστος αγοράς του.

Επιπρόσθετα Εργαλεία Virtools 4 Dev (Virtools 4 Dev Add-on Packs)

Τα δύο παραπάνω εργαλεία του λογισμικού Virtools 4 αποτελούν το βασικό πακέτο ανάπτυξης τρισδιάστατων αλληλεπιδραστικών εφαρμογών. Ωστόσο για την υποστήριξή τους και για ρεαλιστικότερη προσομοίωση του πραγματικού κόσμου παρέχονται ένα σύνολο άλλων επιπρόσθετων εργαλείων της βασικής πλατφόρμας Virtools Dev, τα οποία απαιτούν επιπλέον ειδικές άδειες (licenses) για την ενεργοποίηση τους και την χρήση τους. Τα εργαλεία Add-on παρέχουν στην βασική πλατφόρμα επιπλέον δυνατότητες προσομοίωσης και αλληλεπίδρασης . Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη παρουσίαση για τις δυνατότητες όλων αυτών των επιπλέον εργαλείων.

Cad Pack 1.0

Το εργαλείο Virtools Cad Pack 1.0 αποτελεί ένα Add-on εργαλείο της βασικής πλατφόρμας και όπως έχει ήδη αναφερθεί αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την εταιρεία Right Hemispheres το 2003, εταιρεία που παραδοσιακά ασχολείται με τεχνολογίες μετατροπής αρχείων τύπου 3D. Το συγκεκριμένο εργαλείο αναπτύχθηκε με σκοπό την προεπισκόπηση και τη μετατροπή αρχείων CAD, 3DCC και 3D media των πιο γνωστών εμπορικών πακέτων σε μορφή .NMO, η οποία ουσιαστικά είναι ο τύπος των αρχείων τα οποία παράγει και επεξεργάζεται το Virtools. Με τον τρόπο αυτό το Virtools μπορεί να συνεργαστεί με όλα σχεδόν τα εμπορικά συστήματα CAD (Catia v4 & v5 , CoreCAD: Solidworks, IGES, Granite: Pro/Engineer και Unigraphics), 3DCC και 3D media. Ωστόσο, πέρα από το γεγονός ότι για την ενεργοποίηση του απαιτείται επιπλέον άδεια (license), για να λειτουργήσει πρέπει να είναι έχει εγκατασταθεί πρώτα ένα άλλο λογισμικό της εταιρείας Right Hemispheres, το Deep Exploration. Η λειτουργία του συγκεκριμένου εργαλείου γίνεται μέσω του περιβάλλοντος εργασίας του λογισμικού Deep Exploration και όχι μέσω της βασικής πλατφόρμας Virtools 4 Dev. Είναι φανερό λοιπόν ότι είναι κάπως πολύπλοκο στη λειτουργία του. Τέλος το εργαλείο αυτό δεν συνεργάζεται με προηγούμενες εκδόσεις του Virtools, αλλά μόνο με το Virtools 4, ενώ απαιτεί και το Deep Exploration να είναι έκδοσης 3.5 και μεταγενέστερη.

Virtools Physics Pack

Το εργαλείο αυτό βοηθάει στην προσομοίωση της φυσικής στις εφαρμογές, δημιουργώντας 3D περιβάλλοντα στα οποία εισάγονται ρεαλιστικά χαρακτηριστικά συμπεριφορών που υπακούν στους θεμελιώδεις νόμους της φυσικής. Είναι ουσιαστικά μια επιπρόσθετη βιβλιοθήκη (Add-on) η οποία που προσφέρει χαρακτηριστικά Behavioral Building Blocks (BBs) όπως είναι η βαρύτητα, η μάζα, η τριβή, η ελαστικότητα, η ανεπτυγμένη ανίχνευση συγκρούσεων, τα εμπόδια μεταξύ αντικειμένων καθώς και ανεπτυγμένα φυσικά μοντέλα (άνωση, πεδία δυνάμεων και συμπεριφορά αυτοκινήτου). Τα Behavioral Building Blocks (BBs) αποτελούν το βασικό προγραμματιστικό εργαλείο για την απόδοση συμπεριφορών της βασικής πλατφόρμας Virtools 4 Dev και θα αναπτυχθεί λεπτομερώς σε επόμενη ενότητα.

Virtools AI Pack

Το Virtools AI Pack είναι ένα Add-on εργαλείο με το οποίο δημιουργούνται ευφυείς, αυτόνομοι χαρακτήρες ικανοί να αποτιμήσουν το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται κάνοντας βασικές επιλογές και ενεργώντας σε αποφάσεις του χρήστη. Είναι και αυτό ουσιαστικά μία επιπρόσθετη βιβλιοθήκη που παρέχει χαρακτηριστικά συμπεριφορών Behavioral Building Blocks (BBs) τα οποία είναι ειδικά σχεδιασμένα ώστε να ελέγχουν αυτόνομες συμπεριφορές χαρακτήρων, εισάγοντας έτσι τη διαχείριση ψηφιακών ανθρωποειδών (avatars-manikins) στις εφαρμογές του Virtools 4.

Virtools VR Pack Development Edition - VR Library

Το εργαλείο Virtools VR Pack (VR Library) απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις αρχές λειτουργίας πολύπλοκων συστημάτων VR με τη χρήση του Virtools Dev, δημιουργώντας εξεζητημένες εμπειρίες εμβύθισης με τη χρήση των πιο διαδεδομένων εμπορικών περιφερειακών συσκευών Εικονικής Πραγματικότητας και ομάδας ηλεκτρονικών υπολογιστών (clusters- PC based distributed computing). Είναι και αυτό ουσιαστικά μια επιπρόσθετη βιβλιοθήκη. Οι βασικές του λειτουργίες έχουν να κάνουν με:

- Διανομή των σκηνών του Virtools που θα απεικονίζονται σε ομάδα H/Y
- Διαχείριση των περιφερειακών συσκευών Εισόδου ΕΠ όπως ανιχνευτές κίνησης (3D Trackers)
- Διαχείριση συσκευών Εξόδου και απεικόνισης ΕΠ όπως Κράνη ΕΠ (VR Headsets, multi-screen)

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να γίνει σύντομη επεξήγηση του όρου *cluster* καθώς θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια. Ο όρος *cluster* αναφέρεται σε μία ομάδα υπολογιστών οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ και συνεργάζονται όπως ένας υπολογιστής. Οι υπολογιστές είναι συνήθως συνδεδεμένοι μεταξύ τους σε τοπικά δίκτυα (local area networks). Στο εργαλείο VR Library, όλοι οι υπολογιστές που αποτελούν ένα *cluster* ονομάζονται *hosts*. Υπάρχει ένας υπολογιστής ο οποίος είναι ο κύριος διαχειριστής και αναφέρεται ως *master* ενώ οι υπόλοιποι αναφέρονται ως *slaves*.

Virttools XBox Kit

Το Virtools Xbox Kit αποτελεί ένα εξειδικευμένο εργαλείο για την ανάπτυξη ηλεκτρονικών παιχνιδιών για την κονσόλα Xbox της Microsoft.

6.2.6 Εργαλεία συνεργασίας (Publish-Deploy)

Τα εργαλεία της κατηγορίας αυτής (Publish-Deploy) παρέχουν εμπειρίες προσομοίωσης και αλληλεπίδρασης στο διαδίκτυο, σε συνεργαζόμενα εσωτερικά δίκτυα (intranets) και σε απομακρυσμένους χρήστες και αφορούν μεγάλου επιπέδου εφαρμογές και Εικονικά Περιβάλλοντα.

Virttools VR Pack Publishing Edition - VR Publisher

Το εργαλείο VR Publisher επιτρέπει στους χρήστες την ολοκλήρωση των εφαρμογών ΕΠ που έχουν δημιουργηθεί με το επιπρόσθετο εργαλείο VR Library, με τη σύνδεση περιφερειακών συσκευών ΕΠ και συσκευών απεικόνισης (cubic rooms, panoramic rooms, image walls). Είναι φανερό ότι τα δύο αυτά επιπρόσθετα εργαλεία (Add-on) του Virtools 4 επιτρέπουν την πλήρη εμπύθιση του χρήστη με τη χρήση των πιο γνωστών εμπορικών περιφερειακών συσκευών ΕΠ και ουσιαστικά είναι απαραίτητα για την ολοκλήρωση της εφαρμογής ΕΠ. Ανάλογα με τη εφαρμογή που πρόκειται να αναπτυχθεί επιλέγεται και η κατάλληλη έκδοση του VR Publisher που θα χρησιμοποιηθεί.

VR Publisher Level 1: Για σχετικά απλές και μικρές εφαρμογές ΕΠ όπως επιτραπέζια ΕΠ (Desktop VR) είτε με χρήση μόνο οθόνης (τεχνολογίας LCD, CRT κ.α) είτε με χρήση οθόνης και στερεοσκοπικών γυαλιών για στερεοσκοπική απεικόνιση.

VR Publisher Level 2: Για μεσαίου επιπέδου εφαρμογές όπως είναι οι εφαρμογές με τη χρήση μικρής ομάδας υπολογιστών (small clusters), τοίχων απεικόνισης (medium walls, flat only walls)

VR Publisher Level 3: Για μεγάλου επιπέδου εφαρμογές ΕΠ όπως είναι οι εφαρμογές όπου γίνεται χρήση μεγάλων ομάδων υπολογιστών (large clusters) και οι εφαρμογές όπου γίνεται χρήση μη επίπεδων συσκευών απεικόνισης (large walls, συστήματα CAVE, Reality Centers).

Virttools Publishing Server

Το Virtools Publishing Server είναι ένα Add-on εργαλείο το οποίο ουσιαστικά επεκτείνει τις δυνατότητες του εργαλείου Virtools 4 Multiuser Server Development που αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα. Το Virtools Publishing Server παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας εφαρμογών ΕΠ από απομακρυσμένους χρήστες χωρίς να υπάρχει περιορισμός στον αριθμό τους συνδέοντας τις βάσεις δεδομένων (WAN, LAN) και διασφαλίζοντας την πρόσβαση όλων των χρηστών σε όλες τις συνιστώσες της εκάστοτε εφαρμογής. Είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας εφαρμογών από πολλαπλούς και απομακρυσμένους χρήστες ενώ δεν να υπάρχουν περιορισμοί ούτε στον αριθμό των χρηστών ούτε στην μεταξύ τους απόσταση.

6.2.7 Εργαλεία αποκόμισης εμπειριών (Experience)

Τα εργαλεία αποκόμισης εμπειριών είναι αυτά με τα οποία η εφαρμογή που έχει αναπτυχθεί παρουσιάζεται στους χρήστες στους οποίους απευθύνεται και οι οποίοι μπορεί είτε να είναι εξοικειωμένοι με την ΕΠ είτε να μην είναι. Με τα εργαλεία αυτά η εκάστοτε εφαρμογή γίνεται απλή και κατανοητή και μπορεί ο καθένας να αντιληφθεί το Εικονικό Περιβάλλον στο οποίο πρόκειται να εμβυθιστεί με όσο το δυνατόν πιο φυσικό τρόπο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα εργαλεία αυτά που δεν είναι κάτι περισσότερο από ειδικά διαμορφωμένους 'Players'.

Virtools Web Player-3D Life Player

Το 3D Life Player είναι ένα εργαλείο σύνδεσης (plug in) το οποίο ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει από το διαδίκτυο δωρεάν και να εγκαταστήσει στον υπολογιστή ώστε να αποκομίσει εμπειρίες τρισδιάστατης αλληλεπίδρασης μέσω διαδικτύου. Σε αυτό μπορεί να γίνει αναπαραγωγή και μόνο, όλων των εφαρμογών ΕΠ που έχουν δημιουργηθεί στο Virtools μέσω διαδικτύου χωρίς να απαιτείται κάποια επιπλέον ανάπτυξη ή τροποποίηση και χωρίς να απαιτείται να είναι εγκατεστημένο το Virtools. Η εγκατάσταση είναι απλή και οι ενημερώσεις (updates) γίνονται αυτόματα.

Virtools Custom Players

Είναι φανερό από τις προηγούμενες ενότητες ότι το Virtools 4 παρέχει ένα μεγάλο αριθμό επιπρόσθετων εργαλείων. Ορισμένα από αυτά τα εργαλεία απαιτούν ειδικά διαμορφωμένους Players. Οι Players αυτοί απαιτούνται για εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί με τη χρήση επιπρόσθετων εργαλείων (Add-on) ή με τη χρήση του Virtools Server και είναι οι ακόλουθοι:

- Virtools Custom Standalone Player/Executable: αποτελεί τον ειδικά διαμορφωμένο Player που είναι ενσωματωμένος στο περιβάλλον εργασίας του Virtools Dev
- Virtools Xbox Player: αποτελεί τον Player για αναπαραγωγή εφαρμογών για την κονσόλα Xbox
- Virtools Immersive Player: αποτελεί τον ειδικά διαμορφωμένο Player που απαιτείται σε εφαρμογές που πρόκειται να συνδεθούν περιφερειακές συσκευές ΕΠ και συσκευές απεικόνισης για την πλήρη εμβύθιση του χρήστη στο Εικονικό Περιβάλλον
- Enhanced Virtools Web Player: απαιτείται όταν εγκαθίστανται στον υπολογιστή κατά παραγγελία συνθέσεις

3D Office Player

Το εργαλείο 3D Office Player είναι ένας *Standalone Player* που επιτρέπει στους χρήστες μιας επιχείρησης (intranets) να μοιράζονται και να απολαμβάνουν εμπειρίες προσομοίωσης και αλληλεπίδρασης με Εικονικά Προϊόντα που αναπτύσσονται σε συστήματα 3D Μοντελοποίησης. Περιλαμβάνει ένα περιβάλλον εργασίας για οπτικοποίηση (intuitive visualization interface) και διάφορα εργαλεία όπως δυνατότητα εξαγωγής video.

3D XE Player

Το εργαλείο 3D XE Player είναι βασισμένο στο 3D Office Player επεκτείνοντας τις δυνατότητές του σε πιο πολύπλοκες και εξειδικευμένες χρήσεις. Περιλαμβάνει ένα σύνολο επιπρόσθετων χαρακτηριστικών για την προσαρμογή του περιβάλλοντος εργασίας στις απαιτήσεις του πελάτη, για την διασύνδεση βάσεων δεδομένων, για την απόκρυψη φακέλων και για την επεξεργασία αρχείων τύπου .dll.

6.2.8 Υποστήριξη Περιφερειακών Εικονικής Πραγματικότητας – Virtual Reality Peripheral Network

Η υποστήριξη περιφερειακών συσκευών αλληλεπίδρασης από το λογισμικό είναι βασικό χαρακτηριστικό, αφού η εγκατάσταση και η χρήση τους μπορεί να αποτελέσει πηγή προβλημάτων. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η εισαγωγή των αρχείων CAD/3DCC και η υποστήριξη των περιφερειακών είναι τα δύο πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που πρέπει να εξετάζονται, ώστε να επιλεγεί το κατάλληλο λογισμικό, λόγω της εξαιρετικής σημασίας τους για την επιτυχία της προσομοίωσης. Συνεπώς, για τη χρήση περιφερειακών συσκευών ΕΠ σε ένα σύστημα, πρέπει αυτά να υποστηρίζονται από το λογισμικό και από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστικού εξοπλισμού.

Όσον αφορά το Virtools 4, η σχεδίαση του Εικονικού Περιβάλλοντος γίνεται στην βασική πλατφόρμα ανάπτυξης Virtools Dev, όπου εισάγονται τα αρχεία με τα γεωμετρικά μοντέλα και στη συνέχεια αποδίδονται σε αυτά όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά (χαρακτηριστικά κίνησης, απόδοση υφής και χρωμάτων, φωτισμός, κάμερες και σενάρια λειτουργίας). Η σύνδεση όμως των περιφερειακών συσκευών απαιτεί την ύπαρξη δύο επιπρόσθετων εργαλείων (Add-on) που είναι το VR Library 2.0 και το VR Publisher 2.0 των οποίων η λειτουργία έχει περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα. Με αυτά τα δύο εργαλεία το Virtools 4 είναι συμβατό με όλες σχεδόν τις εμπορικές περιφερειακές συσκευές ΕΠ. Το κλειδί για την υποστήριξη μεγάλου αριθμού περιφερειακών συσκευών είναι η ενσωμάτωση στο Virtools 4 του λογισμικού VRPN (Virtual Reality Peripheral Network)⁶⁵. Το εργαλείο VR Library 2.0 στηρίζεται στο VRPN για την διαχείριση των περιφερειακών ΕΠ. Το VRPN είναι ένα λογισμικό που περιλαμβάνει ένα σύνολο κατηγοριών μέσα σε μία βιβλιοθήκη και ένα σύνολο εξυπηρετητών (servers) που είναι σχεδιασμένοι ώστε να παρέχουν ένα περιβάλλον δικτύου μεταξύ προγραμμάτων και ενός συνόλου φυσικών συσκευών (όπως trackers) που χρησιμοποιούνται από συστήματα ΕΠ. Η έκδοση που χρησιμοποιείται από το Virtools 4 είναι VRPN 7.02 ενώ ήδη υπάρχουν αρκετές νεώτερες εκδόσεις του VRPN με πιο πρόσφατη την 7.26. Τα πλεονεκτήματα της αρχιτεκτονικής του VRPN είναι:

- Πρόσβαση σε μεγάλη ποικιλία περιφερειακών συσκευών ΕΠ μέσω ενός κοινού και επεκτάσιμου περιβάλλοντος εργασίας
- Περιβάλλον τυπικού δικτύου Ethernet μεταξύ των συσκευών ΕΠ
- Χρονική αποτύπωση όλων των μηνυμάτων από και προς τις συσκευές ΕΠ
- Συγχρονισμό σε ομάδα υπολογιστών (cluster) μεταξύ του κύριου υπολογιστή (master) και των υπόλοιπων (slaves)
- Πολλαπλές ταυτόχρονες συνδέσεις μεταξύ των συσκευών
- Αποθήκευση και δυνατότητα επανάληψης τμημάτων της προσομοίωσης

⁶⁵ www.vrpn.org

- Δεν απαιτείται η εισαγωγή αρχικών τιμών στις συσκευές μειώνοντας έτσι το χρόνο για την υλοποίηση της εφαρμογής
- Δεν απαιτείτε τοπική σύνδεση των συσκευών με λήψη (plug in)
- Σε ομάδα υπολογιστών ο κύριος υπολογιστής (master) μπορεί να είναι και slave

Όσον αφορά τα περιφερειακά τα οποία υποστηρίζονται από το Virtools 4, αυτά αναφέρονται αναλυτικά στο VR Library/VR Publisher 2.0 User Guide που παρέχει το Virtools 4 στους χρήστες του με την εγκατάσταση του στον υπολογιστή. Η λίστα με τις συσκευές οι οποίες μπορούν να συνδεθούν στο Virtools 4 είναι η ακόλουθη:

Συσκευές Ανίχνευσης -Trackers

- Ascension Flock of Bird (Serial with or without extended range transmitter)
- Polhemus Fastrak Tracker (Serial, sensors and/or stylus receivers)
- Polhemus 3Space Tracker (Serial)
- Polhemus Patriot Trackers (Serial)
- Intersense IS600 (Serial or single USB, sensors and/or stylus receivers)
- Intersense IS900 (Serial or single USB, sensors, stylus and/or wand receivers)
- Other Intersense Trackers (Serial or single USB)
- Origin Instruments Dynasight Tracker (Serial)
- 3dTech HiBall-3000 Wide Area Tracker
- Advanced Realtime Tracking GmbH DTrack Client (Network, bodies and/or flystick)
- World Viz Precision Position Tracker PPT 1.2
- Logitech 3D mouse
- Crossbow RGA300 accelerometer using a serial interface
- Immersion Microscribe

Γάντια Λεδομένων - Gloves

- FakeSpace Pinch Glove (Serial)
- 5dt Data Glove 5 (Serial), version 16 and Ultra are not supported

Διάφορα - Miscellaneous

- Logitech Magellan and Spaceball (Serial, native drivers must not be running)
- The Fraunhofer IMK ADBox and Fakespace Cubic Mouse
- Global Haptics GeOrb (buttons and analogs)
- Radamec Position Interface (Serial)
- B&G systems CerealBox button/dial/slider/joystick controllers
- NRL ImmersionBox serial driver (support for buttons only)
- Wanda analog/button device
- Zaber Linear Positioning Products (Serial)
- Win32 joystick (no force feedback)
- Serial Mindtel Tng3, Totally Neat Gadget (Serial)
- National Instruments A/D Cards
- UNC Python hand-held controller

Συσκευές Απεικόνισης – Displays

- Virtual Reality cubic rooms (SAS Cube, Cave, VR Cube, I-Space)
- Panoramic rooms (Reality Center)
- Immersive tables/desks (Baron, ImmersaDesk, Workbench)
- High resolution image walls (CAD wall)
- Desktop multi-monitors
- Sensics pSight HMD
- Head Mounted Displays και VR goggles (όλα τα εμπορικά Κράνη ΕΠ και γυαλιά ΕΠ)

6.2.9 Διαθέσιμες περιφερειακές συσκευές Εικονικής Πραγματικότητας του εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης

Το εργαστήριο CAD του Τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης έχει μια ουσιαστική συμμετοχή στην τεχνολογία και τις εφαρμογές της εικονικής πραγματικότητας. Η τεχνογνωσία του εργαστηρίου επικεντρώνεται στη χρήση της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας για την ανάπτυξη των βιομηχανικών εφαρμογών. Οι ερευνητικές και οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες του Cadlab εφαρμόζονται σε ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας, εγκατεστημένο και ενσωματωμένο στο εργαστήριο. Οι πρώτες εφαρμογές βασίστηκαν σε υπολογιστές που λειτουργούσαν με λειτουργικά συστήματα Windows με τη σύμπραξη κάρτας γραφικών Elsa Synergy III η οποία παρείχε δυνατότητα για στερεοσκοπική απεικόνιση. Η συγκεκριμένη κάρτα γραφικών είναι πλέον ξεπερασμένη. Σήμερα υπάρχει μεγάλη ποικιλία από κάρτες γραφικών με πολύ αναβαθμισμένα χαρακτηριστικά ενώ οι περισσότερες από αυτές υποστηρίζουν την στερεοσκοπική απεικόνιση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα σύγχρονης κάρτας γραφικών κατάλληλης για εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας αποτελεί η σειρά 400 της NVIDIA GeForce. Τα μοντέλα GeForce GTX 470 και 480 της σειράς 400 ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες της NVIDIA με πιο σημαντική την τεχνολογία 3D VISION SURROUND TECHNOLOGY παρέχοντας τρισδιάστατη στερεοσκοπική απεικόνιση και δυνατότητα πλήρους εμβύθισης για εφαρμογές 3D. Επιπλέον μπορούν να υποστηρίξουν ταυτόχρονα 3 οθόνες υψηλής ανάλυσης. Άλλο ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα σύγχρονης κάρτας γραφικών είναι η οικογένεια AMD ATI FirePro, με υψηλής ποιότητας γραφικά και θεωρείται ιδανική για εφαρμογές Computer Aided Design (CAD) και Digital Content Creation (DCC). Το πιο πρόσφατο μοντέλο είναι ATI FirePro V8800 το οποίο υποστηρίζει στερεοσκοπική απεικόνιση και ενσωματώνει νέες τεχνολογίες, με σημαντικότερη την τεχνολογία *ATI Eyefinity technology* που επιτρέπει την υποστήριξη ταυτόχρονα έως και 4 ανεξάρτητων οθονών υψηλής ανάλυσης.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 6.3 Οι κάρτες γραφικών (α) Elsa Synergy III, (β) GeForce GTX 480, (γ) ATI FirePro V8800

Οι διαθέσιμες περιφερειακές συσκευές του εργαστηρίου CAD παρουσιάζονται εν συντομία στη συνέχεια.

Head Mounted Display - Κράνος Εικονικής Πραγματικότητας

Το κράνος εικονικής πραγματικότητας είναι μια συσκευή εξόδου. Χρησιμοποιείται για την απεικόνιση του εικονικού περιβάλλοντος και την εντρύφηση του χρήστη μέσα σε αυτό. Στο εργαστήριο CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι διαθέσιμο το κράνος V6 HMD από την εταιρεία Virtual Research. Το V6 είναι ένα μέσου κόστους HMD με ανάλυση επιπέδου VGA (640 x 480) και διαγώνιο οπτικό πεδίο 60°. Το σύστημα απεικόνισης του V6 περιέχει δύο οθόνες LCD. Κάθε οθόνη παρέχει το οπτικό πεδίο για το κάθε μάτι του χρήστη, προκειμένου να μπορέσει ο χρήστης να βυθιστεί στο εικονικό περιβάλλον. Το V6 υποστηρίζει επίσης τη στερεοσκοπική εικόνα, το οποίο σημαίνει ότι ο χρήστης μπορεί να διαφοροποιήσει το βάθος της άποψης και τις πραγματικές διαστάσεις των εικονικών προτύπων. Αυτό επιτυγχάνεται με την προβολή των εικόνων στα όργανα ελέγχου HMD με μια επικάλυψη, όπως στον πραγματικό κόσμο. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα πρέπει να υποστηρίζεται και από το λογισμικό εικονικής πραγματικότητας που στην περίπτωση του Virtools 4 υποστηρίζεται.



Εικόνα 6.4 Το κράνος Εικονικής Πραγματικότητας V6 της εταιρίας Virtual Research

Για την σύνδεση του HMD με το υπόλοιπο του συστήματος εικονικής πραγματικότητας υπάρχει ένα κιβώτιο ελέγχου. Το κιβώτιο ελέγχου συνδέεται με την κάρτα γραφικών και παρέχει επίσης εξόδους για την σύνδεση άλλων συσκευών

επίδειξης (όπως εξωτερικό όργανο ελέγχου). Πρέπει να σημειωθεί ότι προσαρτείται πάνω στο HMD ένας δέκτης σημάτων, προκειμένου να είναι εφικτή η αλλαγή του οπτικού πεδίου του χρήστη, σύμφωνα με τις μετακινήσεις του στο χώρο εργασίας. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης εμβυθίζεται στο Εικονικό Περιβάλλον. Αποκόπτεται από το φυσικό χώρο που βρίσκεται και μετακινώντας το κεφάλι του προς διάφορες κατευθύνσεις ουσιαστικά εισάγεται και εξερευνεί το Εικονικό Περιβάλλον από διάφορες οπτικές γωνίες σαν να βρίσκεται μέσα σε αυτό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εταιρεία Virtual Research έχει ήδη διαθέσιμα τα δύο επόμενα μοντέλα HMD. Μετά το V6 ακολούθησε η κυκλοφορία του V8 ενώ το πιο πρόσφατο μοντέλο που κυκλοφορεί είναι το VR1280 με σαφώς αναβαθμισμένα χαρακτηριστικά και ανάλυση Dual SXGA (1280 x 1024) με το οπτικό πεδίο όμως να παραμένει στις 60° διαγωνίως. Τέλος πρέπει να γίνει αναφορά και στα νέα Πανοραμικά Κράνη Εικονικής Πραγματικότητας της εταιρείας Sensics, xSight Panoramic HMD piSight Ultra-Panoramic HMD με πανοραμικό οπτικό πεδίο και πολύ υψηλή ανάλυση (1900 x 1200). Το οπτικό πεδίο του xSight είναι από 82° έως 123° διαγώνια, από 72° έως 120° οριζόντια και από 30° έως 45° κάθετα ανάλογα με το μοντέλο. Αντίστοιχα για το piSight είναι από 82° έως 188° διαγώνια, από 72° έως 187° οριζόντια και από 30° έως 84° κάθετα ανάλογα με το μοντέλο.



Εικόνα 6.5 Το κουτί ελέγχου του κράνους Εικονικής Πραγματικότητας V6 της εταιρείας Virtual Research

Tracking System - Σύστημα προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού

Το περιφερειακό προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των κινήσεων του κεφαλιού και των χεριών του χρήστη σε περιβάλλον εμβύθισης και είναι το κρίσιμότερο περιφερειακό για ένα σύστημα ΕΠ. Στο εργαστήριο Cadlab χρησιμοποιείται το σύστημα Fastrak της Polhemus. Για τον προσδιορισμό σε πραγματικό χρόνο της θέσης και του προσανατολισμού του χρήστη, το Fastrak έχει μια συσκευή αποστολής σημάτων που παράγει ένα μαγνητικό πεδίο. Οι δέκτες του Fastrak προσαρτούνται στις περιφερειακές μονάδες εικονικής πραγματικότητας (HMD, γάντι, κ.λπ.). Αυτοί οι δέκτες στέλνουν τις πληροφορίες για το μαγνητικό πεδίο στο κιβώτιο ελέγχου του συστήματος. Οι πληροφορίες αναλύονται με τη χρήση μαθηματικών αλγορίθμων και έτσι είναι δυνατή η εύρεση της σχετικής θέσης και του προσανατολισμού του δέκτη ως προς την συσκευή αποστολής σημάτων. Ο δέκτης προσαρτείται στις περιφερειακές μονάδες εικονικής πραγματικότητας, έτσι ώστε οι αλλαγές της θέσης και του προσανατολισμού του δέκτη να αντιστοιχούν στις μετακινήσεις του χρήστη. Το σύστημα μετρά τις διακριτές θέσεις του χρήστη στον πραγματικό χρόνο. Οι μετρήσεις λαμβάνονται αρκετές φορές ανά δευτερόλεπτο και υπάρχει μια συνεχής ροή στοιχείων μεταξύ των τμημάτων του συστήματος και του λογισμικού.



Εικόνα 6.6 Το σύστημα προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού Fastrak της εταιρίας Polhemus

Το Fastrak συνδέεται μέσω μιας σειριακής θύρας RS 232 με τον υπολογιστή. Η λειτουργία του συγκεκριμένου περιφερειακού επηρεάζεται σημαντικά από την ύπαρξη μεταλλικών αντικειμένων στο χώρο εγκατάστασης. Η παρουσία μεταλλικών αντικειμένων μειώνει την ακρίβεια της συσκευής και παρέχει πληροφορία για κινήσεις του δέκτη, που δεν πραγματοποιούνται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρών μετατοπίσεων στην εικόνα του εικονικού περιβάλλοντος, όταν ο χρήστης είναι ακίνητος. Πρέπει λοιπόν να γίνει προσεκτική επιλογή του χώρου που κινείται ο δέκτης και της θέσης που τοποθετείται ο πομπός σε αυτόν. Η εταιρεία Polhemus έχει σήμερα 6 διαφορετικά συστήματα προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού με πιο πρόσφατο το Liberty Latous Wireless με τεχνολογία ασύρματης ανίχνευσης (wireless tracking technology). Επιπλέον διαθέτει στην αγορά τη συσκευή ανίχνευσης της κίνησης των ματιών VisionTrak. Η συσκευή είναι ανεξάρτητη από τις κινήσεις του κεφαλιού. Στον επόμενο πίνακα γίνεται σύγκριση όλων των συστημάτων προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού της Polhemus.

Specifications	FASTRAK	PATRIOT	LIBERTY
Update Rate	120 Hz (divided by number of sensors)	60Hz per sensor	240 Hz per sensor
Angular Range	All attitude	All attitude	All attitude
Latency	4ms	17ms	3.5ms
Operating Temperature (minimum)	10°C	10°C	0°C
Operating Temperature (maximum)	40°C	40°C	50°C
Operating Voltage	100-240V 50 - 60Hz	100 - 240V 50-60Hz	100 - 240V 50-60Hz
Cable Length (contact us for custom lengths)	10ft. or 20ft. 3.048m or 6.096m	10ft. or 20ft. 3.048m or 6.096m	10ft. or 20ft. 3.048m or 6.096m
Operating System	GUI/SDK 2000/XP/Vista	GUI/SDK 2000/XP/Vista	GUI/SDK 2000/XP/Vista
Interface	RS-232 or USB 1.1 (both included)	RS-232 or USB 1.1 (both included)	RS-232 or USB 2.0 (both included)
Degrees-of-Freedom	6DOF	6DOF	6DOF
Number of Sensors	1-4	1-2	1-16
Specifications	LIBERTY LATOUS (wireless)	PATRIOT Wireless	MINUTEMAN
Update Rate	188Hz (1-8MARKER's) 94 Hz (9-12 MARKER's)	50Hz (1-4MARKER's)	75Hz per sensor
Angular Range	All attitude	All attitude	All attitude
Latency	5ms	20ms	2ms
Operating Temperature (minimum)	0°C	10°C	0°C
Operating Temperature (maximum)	50°C	40°C	50°C
Operating Voltage	100 - 240V 50-60Hz	100 - 240V 50-60Hz	Powered by USB
Cable Length (contact us for custom lengths)	Receptor 60ft or 120ft. 18m or 37m	Receptor 20ft. or 60ft. 6.1m or 18.3m	USB cable 17ft. 5.2m
Operating System	GUI/SDK 2000/XP/Vista	GUI/SDK 2000/XP/Vista	GUI/SDK 2000/XP/Vista
Interface	RS-232 or USB 2.0 (both included)	RS-232 or USB 1.1 (both included)	USB 1.1
Degrees-of-Freedom	6DOF	6DOF	3DOF
Number of Sensors	1-12 Wireless MARKER's	1- 4 Wireless MARKER's	1-2

Πίνακας 6.1 Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού της Polhemus

LogiCAD Space mouse 3D - Τρισδιάστατη μονάδα εισαγωγής δεδομένων και χειρισμού αντικειμένων

Για το χειρισμό των αντικειμένων του εικονικού περιβάλλοντος και την εικονική κίνηση του χρήστη μέσα σε αυτό, είναι διαθέσιμη η τρισδιάστατη συσκευή εισαγωγής δεδομένων Spacemouse της εταιρίας LogiCAD 3D. Η συσκευή αυτή παρέχει 6 βαθμούς ελευθερίας για το χειρισμό αντικειμένων στο εικονικό περιβάλλον, κάτι το οποίο με ένα απλό καταδεικτικό, όπως είναι το ποντίκι, δεν είναι εφικτό. Η συσκευή υποστηρίζει 6 βαθμούς ελευθερίας για την κίνηση και το χειρισμό των εικονικών προτύπων ενώ δεν υπάρχει καμία ανάγκη να χρησιμοποιηθεί ένας δέκτης παρακολούθησης της κίνησης με αυτήν την συσκευή. Επιπλέον η συσκευή προσφέρει 11 κουμπιά. Ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει καθένα από αυτά τα κουμπιά, προκειμένου να ενεργοποιηθούν ευκολότερα οι προγραμματισμένες ενέργειες στο εικονικό περιβάλλον. Το Space mouse συνδέεται μέσω θύρας RS 232 με τον υπολογιστή και πρέπει γίνει εγκατάσταση προκειμένου να ενεργοποιηθεί η συσκευή στο λειτουργικό σύστημα.



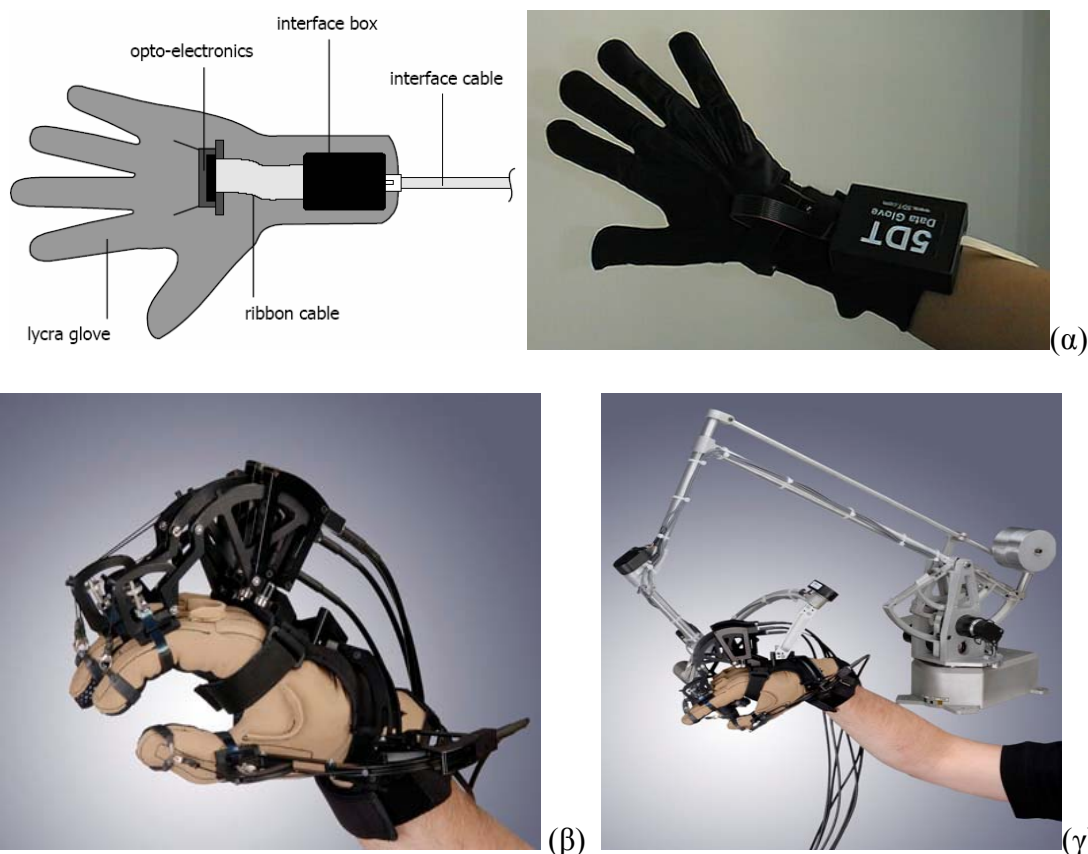
Εικόνα 6.7 Τρισδιάστατη μονάδα εισαγωγής δεδομένων Spacemouse της εταιρίας LogiCAD

Data Glove 16 από την 5DT - Γάντι δεδομένων

Για το χειρισμό των αντικειμένων του εικονικού περιβάλλοντος από το χρήστη με φυσικό τρόπο, είναι διαθέσιμο το γάντι δεδομένων Data Glove 16 της εταιρίας 5DT. Το γάντι αυτό είναι μια τρισδιάστατη συσκευή εισαγωγής που προσφέρει την δυνατότητα φυσικού χειρισμού των εικονικών προτύπων από το χρήστη. Οι λειτουργίες του γαντιού (χειρισμός των εικονικών προτύπων και της περιήγηση στο εικονικό περιβάλλον του χρήστη) ενεργοποιούνται με τις κατάλληλες χειρονομίες χεριών, που προκαθορίζονται από το χρήστη. Το γάντι αυτό διαθέτει 16 αισθητήρες που επιτρέπουν την προσομοίωση όλων των συνδέσμων του χεριού (τρεις αισθητήρες σε κάθε δάχτυλο και ένας για τον καρπό). Υπάρχουν διαφορετικά γάντια διαθέσιμα για το δεξιό και το αριστερό χέρι. Στο εργαστήριο CAD χρησιμοποιείται ένα γάντι προσαρμοσμένο για δεξιόχειρες.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πάνω στο γάντι προσαρτείται ένας δέκτης παρακολούθησης της θέσης, προκειμένου να μπορεί να αλλάζει η σχετική θέση και ο προσανατολισμός του χεριού του χρήστη σε σχέση με το υπόλοιπο του σώματος του χρήστη, σύμφωνα με τις μετακινήσεις του χρήστη στο χώρο εργασίας. Το Data Glove 16 συνδέεται μέσω θύρας RS 232 με τον υπολογιστή και διαθέτει λογισμικό και οδηγούς για τα πιο γνωστά λειτουργικά συστήματα. Ο χρήστης πρέπει να εγκαταστήσει τον οδηγό προκειμένου να ενεργοποιηθεί η συσκευή στο λειτουργικό σύστημα. Η συσκευή πρέπει επίσης να υποστηρίζεται από το λογισμικό εικονικής πραγματικότητας, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι ικανότητές της στο εικονικό περιβάλλον. Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι πλέον υπάρχουν

πολύ πιο εξελιγμένης τεχνολογίας γάντια δεδομένων σε σχέση με το Data Glove 16 της εταιρίας 5DT. Ενδεικτικά αναφέρονται τα γάντια δεδομένων CyberTouch, CyberGrasp και CyberForce της εταιρίας CyberGlove Systems. Το γάντι CyberTouch ενσωματώνει την τεχνολογία της απτικής ανάδρασης μέσω δονήσεων (vibro-tactile feedback) δίνοντας στον χρήστη ρεαλιστικότερη αίσθηση της αλληλεπίδρασης με τα εικονικά αντικείμενα. Το σύστημα CyberGrasp αποτελείται από ένα γάντι CyberGlove 22 αισθητήρων και ενσωματώνει την τεχνολογία της ανάδρασης δύναμης στα δάχτυλα και την παλάμη (haptic force feedback) δίνοντας έτσι στον χρήστη την αίσθηση ότι μπορεί να αγγίξει, να αισθανθεί και να χειρίζεται τα εικονικά αντικείμενα. Το σύστημα CyberForce ουσιαστικά αποτελείται από ένα σύστημα CyberGrasp και ένα επιπρόσθετο ρομποτικό βραχίονα. Το σύστημα δίνει στο χρήστη την αίσθηση του βάρους ενός εικονικού αντικειμένου καθώς το σηκώνει, την αίσθηση της τραχύτητας των επιφανειών και την αίσθηση της μη διείσδυσης ενός εικονικού τοίχου.



Εικόνα 6.8 Τα γάντια δεδομένων (α) Data Glove 16 της εταιρίας 5DT (β) CyberGrasp της εταιρίας CyberGlove Systems (γ) CyberForce της εταιρίας CyberGlove Systems

6.3 Παρουσίαση της βασικής πλατφόρμα ανάπτυξης Virtoos 4 Dev

Η ανάπτυξη της προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος Vaccum Casting MK-Mini έγινε με τη χρήση του Virtoos 4 Dev. Είναι ουσιαστικά το πρωταρχικό λογισμικό που περιλαμβάνει το περιβάλλον εργασίας στο οποίο γίνεται η ανάπτυξη και ο προγραμματισμός αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων εφαρμογών. Αποτελεί μια εκτεταμένη συλλογή τεχνολογιών για τρισδιάστατη οπτικοποίηση. Οι τεχνολογίες που περιλαμβάνει το Virtoos 4 Dev είναι ευκρινώς κατηγοριοποιημένες ως εξής:

1. Authoring Application

Το Virtoos 4 Dev είναι μια εφαρμογή Authoring που επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργεί εύκολα και γρήγορα συνθέσεις (*compositions*) της μορφής CMO με πλούσιο και αλληλεπιδραστικό τρισδιάστατο περιεχόμενο. Έτσι τυπικά βιομηχανικά γεωμετρικά μοντέλα, απόδοση κίνησης γεωμετρικών μοντέλων, εικόνες και ήχοι προσομοιώνονται και παίρνουν ζωντάνια όπως στην καθημερινή ζωή. Πρέπει να τονιστεί ότι το Virtoos 4 Dev δεν είναι εφαρμογή για μοντελοποίηση και συνεπώς δεν μπορούν να σχεδιαστούν σε αυτό γεωμετρικά μοντέλα. Ωστόσο, απλά στοιχεία όπως Κάμερες, Φώτα, Καμπύλες, και τρισδιάστατα πλαίσια (ονομαζόμενα ως 3D Frames ή Dummies) μπορούν να δημιουργηθούν με ένα απλό πάτημα κατάλληλων εικονιδίων.

2. Behavioural Engine (CK2)

Το Virtoos 4 Dev περιλαμβάνει μία μηχανή απόδοσης συμπεριφορών σε εικονικά μοντέλα. Ο όρος συμπεριφορά είναι μια απλή περιγραφή για το πώς ένα κύριο στοιχείο ή γεωμετρικό μοντέλο συμπεριφέρεται στο εικονικό περιβάλλον. Έτσι παρέχεται μία εκτεταμένη συλλογή επαναχρησιμοποιούμενων έτοιμων χαρακτηριστικών συμπεριφοράς στο περιεχόμενο Behavior Building Blocks (BBs) του περιβάλλοντος εργασίας, τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία μεγάλης ποικιλίας προσομοιώσεων συμπεριφορών μέσω απλού γραφικού περιβάλλοντος εργασίας χωρίς να απαιτείται η γραφή κώδικα. Επιπλέον, περιλαμβάνει ένα αριθμό *managers* που συνεισφέρουν στην εκτέλεση των λειτουργιών της μηχανής. Ορισμένοι από αυτούς (όπως ο TimeManager) αποτελούν εσωτερικό τμήμα της μηχανής ενώ άλλοι (όπως ο SoundManager) είναι εξωτερικά μέρη της. Η μηχανή συχνά αναφέρεται συχνά ως CK2.

3. Render Engine

Το Virtoos 4 Dev περιλαμβάνει μία μηχανή απόδοσης γραφικών και φωτορεαλισμού αποδίδοντας την εικόνα που βλέπει ο χρήστης σε τρισδιάστατο σχέδιο (3D Layout). Η Render Engine μπορεί είτε να αντικατασταθεί από τον χρήστη είτε να τροποποιηθεί ώστε να ταιριάζει στις εξειδικευμένες απαιτήσεις της εφαρμογής που πρόκειται να υλοποιηθεί. Η αντικατάσταση και η τροποποίηση γίνεται μέσω του Software Development Kit (SDK) που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια.

4. Web Player

Είναι γνωστό ότι μια τεχνολογία για να έχει επιτυχία πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμη. Το Virtoos 4 Dev παρέχει όπως έχει ήδη αναφερθεί ένα δωρεάν Web Player για πρόσβαση στις εφαρμογές μέσω διαδικτύου. Ο Player αυτός μπορεί να εγκατασταθεί στον υπολογιστή και το μέγεθός του είναι λιγότερο από 1MB.

5. Software Development Kit (SDK)

Τέλος περιλαμβάνεται στην βασική πλατφόρμα το SDK το οποίο παρέχει πρόσβαση στις μηχανές Behavioral και Render Engine. Το SDK δίνει στον χρήστη τις εξής δυνατότητες:

- Δημιουργία νέων χαρακτηριστικών συμπεριφοράς πέρα αυτών που ήδη υπάρχουν στα Behavior Building Blocks
- Δημιουργία νέου τύπου παραμέτρους
- Δημιουργία media plug-ins για την ανάγνωση όλων των ειδών media της επιλογής του
- Αντικατάσταση της μηχανής Virtools 4 Dev Render Engine με άλλη της επιλογής του
- Δημιουργία εκτελέσιμου αρχείου (.exe) προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της εφαρμογής που θα υλοποιηθεί
- Τροποποίηση και επέκταση της μηχανής Virtools 4 Dev Render Engine με τη χρήση πρωτογενή κώδικα

6.3.1 Απαιτήσεις Υπολογιστικού Εξοπλισμού και Λογισμικού για Επιτυχή Εγκατάσταση Virtools 4 Dev

Για την επιτυχή εγκατάσταση του Virtools 4 Dev πρέπει να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις σε υπολογιστικό εξοπλισμό (Hardware) αλλά και σε λογισμικό (Software). Οι απαιτήσεις αυτές δίδονται παρακάτω:

Υπολογιστικός Εξοπλισμός - Hardware

- Pentium II ή ισοδύναμο
- 128 MB μνήμη RAM
- CD-ROM drive
- Οθόνη ικανή για επίδειξη 1024 από 768 in 16 bit color (65536 color/ Hi-color)
- Direct3D ή OpenGL συμβατή με 3D κάρτα γραφικών 8MB μνήμης RAM
- Καταδεικτικές συσκευές (όπως ποντίκι και trackball)
- Κάρτα ήχου (δεν απαιτείται αλλά συστήνεται)

Λογισμικό – Software

- Microsoft Windows (2000,XP)
- Microsoft DirectX 5.0 ή μεταγενέστερη έκδοση για DirectX συμβατή με 3D κάρτες γραφικών
- Microsoft Internet Explorer 4.0 ή μεταγενέστερη έκδοση (για Online Reference)

Δεδομένου ότι οι παραπάνω απαιτήσεις πληρούνται, η εγκατάσταση του Virtools 4 Dev απαιτεί την εισαγωγή του cd εγκατάστασης. Ακολουθώντας τις οδηγίες που εμφανίζονται στην οθόνη, ο χρήστης προχωράει στην εγκατάσταση του λογισμικού.

6.3.2 Πηγές άντλησης πληροφοριών για το Virtools 4 Dev

Η άντληση πληροφοριών για το Virtools 4 Dev από πολλαπλές πηγές αποτελεί το κλειδί της επιτυχίας για την υλοποίηση της εφαρμογής της παρούσας εργασίας δεδομένου ότι δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία με το συγκεκριμένο λογισμικό στο Εργαστήριο CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης. Συνεπώς είναι πολύ χρήσιμο το γεγονός ότι υπάρχει ένας αριθμός πηγών για βοήθεια και επιπρόσθετη πληροφόρηση οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια.

Screentips

Τα screentips αποτελούν μία πολύ πρακτική βοήθεια καθώς είναι διαθέσιμα για όλα τα εικονίδια και τα περισσότερα πλήκτρα του περιβάλλοντος εργασίας του Virtools 4 Dev. Είναι αναδυόμενες (popup) πηγές πληροφορίας με τη μορφή κειμένου που εμφανίζονται όταν ο δρομέας του ποντικιού βρίσκεται πάνω από ένα εικονίδιο ή ένα πλήκτρο. Χρησιμοποιούνται είτε για την απεικόνιση του ονόματος του εικονιδίου ή του πλήκτρου είτε για την απεικόνιση της συντόμευσης του πληκτρολογίου για αυτά σε όποια υπάρχει.

Online Reference

Η πηγή Online Reference παρέχεται από το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού υπό την μορφή μιας συλλογής βοήθειας σε τόμους. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα αναζήτησης με τη χρήση λέξεων ή κειμένου και το περιεχόμενο είναι πολύ περιεκτικό και με μεγάλο εύρος. Χωρίζεται σε επιμέρους θεματικές ενότητες:

1. Interface – Περιβάλλον Εργασίας
2. Concepts – Θεμελιώδης αρχές που διέπουν το λογισμικό
3. Scripting – Σενάρια εργασίας και επεξήγηση όλων των Building Blocks (BBs)
4. Delivering Content – Ο τρόπος με τον οποίο μια εφαρμογή ή μία σύνθεση θα διανεμηθεί στο κοινό
5. Importing media – Υποστηριζόμενοι τύποι αρχείων και συμβουλές μοντελοποίησης

SDK Documentation

Έχει ήδη αναφερθεί ότι το SDK επιτρέπει την επέκταση του λογισμικού Virtools 4 Dev. Το SDK Documentation αποτελεί πλούσια πηγή πληροφόρησης για τις εσωτερικές λειτουργίες του λογισμικού και περιλαμβάνει:

1. SDKHelp.chm – Αρχιτεκτονική Virtools 4 Dev , δείγματα κώδικα και λήμματα συστατικών στοιχείων του Virtools 4 Dev SDK
2. VxMathHelp.chm – Βιβλιοθήκη των πιο σημαντικών συναρτήσεων που αποτελούν μέρος του SDK
3. Code samples – Πλούσια βιβλιοθήκη με δείγματα από κώδικα συμπεριλαμβάνοντας τους κώδικες για όλα τα BBs και της μηχανής Render Engine και δείγματα κώδικα για μετατροπή αρχείων

Virtools MiniSite

Το Virtools MiniSite είναι ένας χώρος μάθησης διαχωρισμένος σε 5 τμήματα.

1. Technical Samples – Πάνω από 70 δείγματα της μορφής CMO στα οποία γίνεται χρήση των πιο βασικών Building Blocks BBs και σε ορισμένα από αυτά γίνεται σύντομη απεικόνιση των σεναρίων ή του προγραμματισμού σε γλώσσα Virtools Screeping Language (VSL) αν έχει γίνει ώστε να τα υιοθετήσει και ο χρήστης
2. Samples Resources – Πληροφορίες και προτάσεις για τη χρήση ορισμένων από τα στοιχεία που περιέχονται στις έτοιμες πηγές δεδομένων VirtoolsResources
3. Tutorials – Περιλαμβάνει σύνθετες εφαρμογές με την μορφή αρχείων CMO και αρχείων AVI video
4. Web Player Commands – Πληροφορίες για την χρήση του και τις επιλογές του 3D Life Player
5. Demo – Επίδειξη κατά την οποία περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο ολοκληρώθηκε μια εφαρμογή. Τα βίντεο που περιέχονται αποκαλύπτουν την στρατηγική που χρησιμοποιήθηκε.

Πηγές από το διαδίκτυο

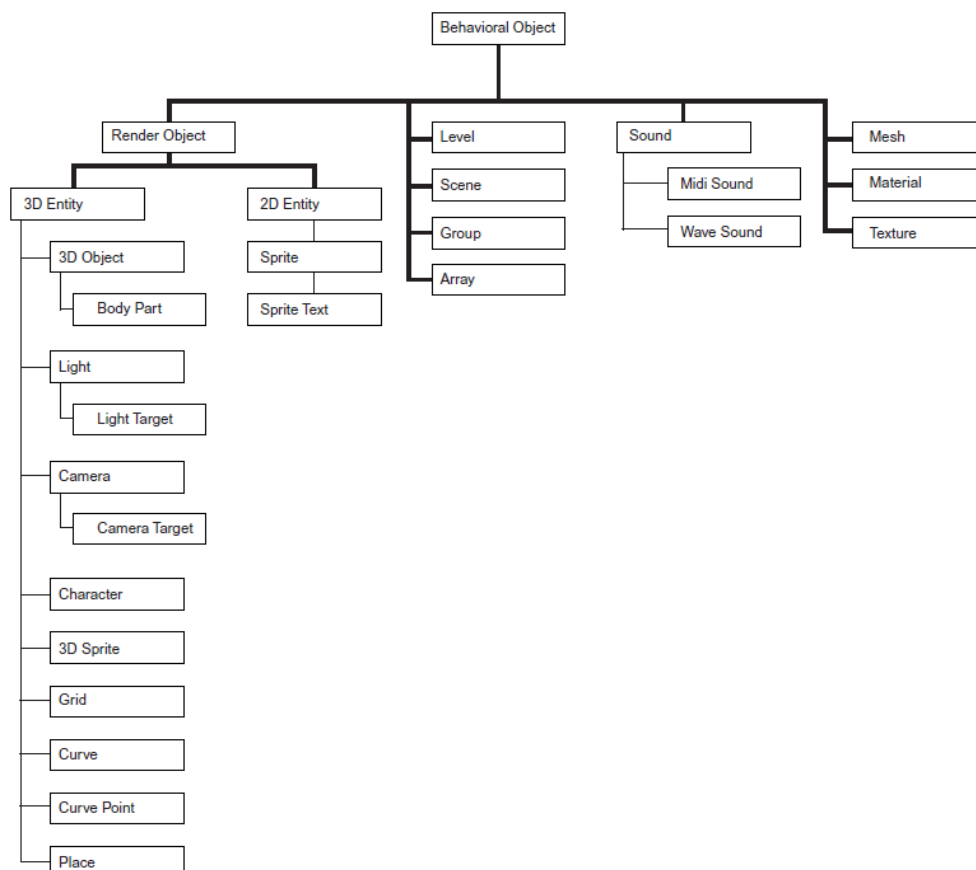
Στη σύγχρονη εποχή ο πιο διαδεδομένος και εύκολος τρόπος απόκτησης πληροφοριών αποτελεί το διαδίκτυο. Η πληροφορίες που συλλέχθηκαν για την υλοποίηση της εφαρμογής της παρούσας εργασίας στηρίχτηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό στη χρήση του διαδικτύου. Ο όγκος της πληροφορίας που υπάρχει είναι πραγματικά μεγάλος αλλά και ιδιαίτερα χρήσιμος. Ενδεικτικά θα αναφερθούν επίσημες ιστοσελίδες από τις οποίες οι δημιουργοί του Virtools παρέχουν σημαντικές πληροφορίες στους χρήστες.

1. Virtools website (<http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/>) το οποίο αποτελεί την επίσημη ιστοσελίδα της Dassault Systems με όλες τις γενικές πληροφορίες και νέα για τα προϊόντα της μεταξύ αυτών και του 3DVIA Virtools
2. Virtools newsletter (<http://www.virtools.com/contact/newsletter/>) για αποστολή email από τους χρήστες προς την υπηρεσία εξυπηρέτησης (contact information)
3. The SwapMeet (<http://www.theswapmeet.com/>) το οποίο αποτελεί την πιο σημαντική ιστοσελίδα καθώς περιέχει τεράστιο αριθμό πληροφοριών και βιβλιοθηκών αλλά και Forum στο οποίο οι χρήστες ανταλλάσσουν πληροφορίες και δυσκολίες που αντιμετωπίζουν και προτείνονται λύσεις. Από το εν λόγω Forum αντλήθηκαν πολλές πληροφορίες για την εφαρμογή της παρούσας εργασίας οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.
4. User Group mailing list

6.3.3 Δομικά στοιχεία του Virtools 4 Dev για σύνθεση Εικονικού Περιβάλλοντος - Ιεραρχία

Η σχεδίαση στο Virtools 4 Dev χαρακτηρίζεται Object Oriented που σημαίνει ότι είναι προσανατολισμένη στα στοιχεία που απαρτίζουν το εικονικό περιβάλλον. Κάθε στοιχείο στο Virtools 4 Dev ανήκει σε μία συγκεκριμένη κατηγορία και κάθε κατηγορία περιγράφεται από έναν προσδιορισμό κατηγορίας. Ο όρος CKClass αποτελεί μια γενική ετικέτα για κάθε κατηγορία ή προσδιορισμό κατηγορίας που χρησιμοποιείται από το λογισμικό. Τα στοιχεία αυτά είναι ιεραρχικά δομημένα και

ελέγχονται από μεθόδους που συμπυκνώνονται σε έτοιμες συμπεριφορές και παραμέτρους. Ωστόσο, δεν μπορούν να αποδοθούν όλες οι συμπεριφορές σε όλες τις κατηγορίες των στοιχείων. Για παράδειγμα στην κατηγορία στοιχείων CKCharacter μπορούν να αποδοθούν συμπεριφορές που είναι σχεδιασμένες για προσομοίωση χαρακτήρων (όπως για παράδειγμα Character Controller). Η φιλοσοφία αυτή του λογισμικού σημαίνει ότι όποιο στοιχείο εισάγεται σε αυτό(γεωμετρικό μοντέλο, ήχος κ.α.) αυτόματα ανήκει σε μία κατηγορία CKClass. Το ίδιο ισχύει και για τα στοιχεία που δημιουργούνται από το ίδιο το λογισμικό (για παράδειγμα μία κάμερα).



Εικόνα 6.9 Ιεραρχική δομή κατηγοριών των στοιχείων του Virtools που συνθέτουν ένα εικονικό περιβάλλον

Στη συνέχεια ακολουθεί μια παρουσίαση όλων των στοιχείων του λογισμικού που αποτελούν μία σύνθεση (CMO) ξεκινώντας από τα στοιχεία που τοποθετούνται ψηλότερα στην ιεραρχία. Για παράδειγμα μία 2D Entity και 3D Entity αποτελούν ‘παιδιά’ του RenderObject που σημαίνει ότι είναι χαμηλότερα στην ιεραρχία.

BeObject – Ένα οποιοδήποτε αντικείμενο στο οποίο μπορεί να αποδοθεί μία συμπεριφορά

RenderObject – Ένα αντικείμενο το οποίο μπορεί να οπτικοποιηθεί (να φορτωθεί στο Pay mode)

2D Entity – Ένα αντικείμενο το οποίο έχει πλάτος και ύψος ενώ δεν έχει βάθος (είναι δηλαδή δισδιάστατο)

Sprite Text – Ένα δισδιάστατο αντικείμενο (2D Entity) που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή κειμένου στο παράθυρο οπτικοποίησης που είναι στο πάνω αριστερό τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας του Virtools 4 Dev

3D Entity – Ένα αντικείμενο με ύψος, πλάτος και βάθος (τρισδιάστατο αντικείμενο)
Character – Ένα είδος ψηφιακού ανθρωποειδούς (3D Entity) που δρα και συμπεριφέρεται σαν ευφυής οντότητα ελεγχόμενο είτε από τον χρήστη είτε από το λογισμικό

Αντικείμενα τα οποία μπορεί να είναι ορατά αλλά συνήθως δεν είναι

Camera – Ένα αντικείμενο το οποίο χρησιμοποιείται για να ορίσει την οπτική γωνία του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον

Curve – Ένα σύνολο 3D Entities που καθορίζουν μία καμπύλη στις τρεις διαστάσεις του χώρου

Grid – Ένα δισδιάστατο δεδομένο (πλεγμα) η τιμή του οποίου εξαρτάται από τις τρισδιάστατες συντεταγμένες ενός αντικειμένου (ουσιαστικά μετατρέπει τη θέση ενός στοιχείου από τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων σε δισδιάστατο σύστημα)

Light – Ένα αντικείμενο που παρέχει φωτισμό

Αντικείμενα τα οποία δεν είναι ορατά (σύνολα δεδομένων, σχέσεις)

Array – Ένα σύνολο τιμών υπό τη μορφή πίνακα (οι στήλες καθορίζουν το είδος των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στον πίνακα ενώ οι γραμμές περιέχουν τις αντίστοιχες τιμές)

Group – Αποτελεί μία συλλογή στοιχείων που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία λογικών συσχετίσεων μεταξύ των μελών της συλλογής

Level – Αποτελεί τη βάση για ολόκληρη τη σύνθεση και περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος

Material – Είναι το χαρακτηριστικό της επιφάνειας του σχήματος ενός αντικειμένου (το υλικό του αντικειμένου)

Mesh – Αποτελεί το σύνολο των κορυφών που καθορίζουν το σχήμα ενός αντικειμένου

Place – Αποτελεί μια συλλογή γεωγραφικά σχετιζόμενων αντικειμένων (για παράδειγμα ένα κτίριο μπορεί να αποτελεί ένα Level και ένα δωμάτιο του κτιρίου ένα Place)

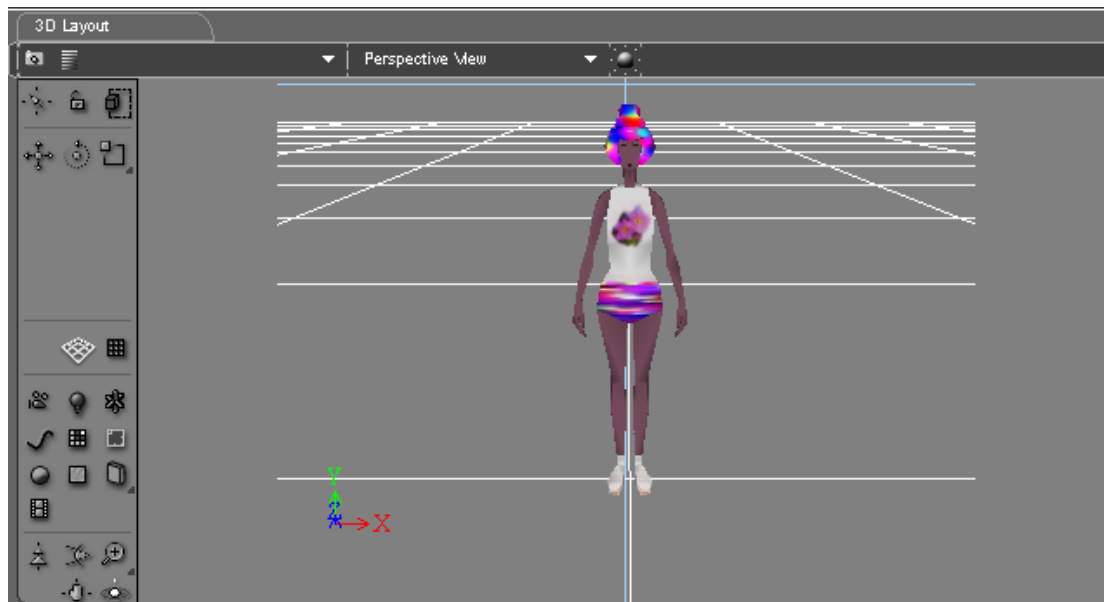
Scene – Αποτελεί μια συλλογή προσωρινά σχετιζόμενων αντικειμένων χωρίς να υπάρχει γεωγραφικός προσδιορισμός

Sound – Ένας ήχος αποθηκευμένος σε ψηφιακή μορφή

Texture – Είναι η υφή με την οποία παρέχεται η λεπτομέρεια της επιφάνειας ενός αντικειμένου

Η ιεραρχική δομή των στοιχείων στο λογισμικό αποτελεί ένα πλεονέκτημα καθώς με αυτόν τον τρόπο κάθε στοιχείο έχει τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά ενώ ταυτόχρονα κληρονομεί και τα χαρακτηριστικά όλων των στοιχείων που είναι ιεραρχικά σε ανώτερη κατηγορία. Για παράδειγμα ένα CKLight είναι ιεραρχικά κατώτερο από ένα CK3DEntity το οποίο είναι αντίστοιχα κατώτερο από ένα CKRenderObject το οποίο είναι αντίστοιχα κατώτερο από ένα CKBeObject. Το CKLight ανήκει σε μία κατηγορία στοιχείων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που μόνο αυτή η κατηγορία έχει όπως ο τύπος του φωτισμού (σημειακός, κατευθυντικός), το χρώμα (άσπρο, κόκκινο κ.α.) και η απόσταση στην οποία είναι ορατός ο φωτισμός. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να τροποποιηθούν είτε μέσω του Light Setup είτε μέσω ενός Behavior Building Block (BBs). Παράλληλα όμως το CKLight είναι και ένα 3D Entity με όλα τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας αυτής όπως θέση και προσανατολισμό στο χώρο. Επιπλέον όλα τα BBs που αποδίδονται σε ένα στοιχείο κατηγορίας 3D Entity μπορούν να αποδοθούν και σε ένα CKLight. Το CKLight όμως ανήκει και στην κατηγορία RenderObject που σημαίνει ότι μπορεί να οπτικοποιηθεί και να του αποδοθούν όλα τα αντίστοιχα BBs που αποδίδονται σε αυτήν την

κατηγορία. Τέλος το CKLight είναι Behavioural Object που σημαίνει ότι είναι εφικτό να αποδοθούν σε αυτό BBs. Σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά και στην ιεραρχία των γεωμετρικών μοντέλων που εισάγονται στο λογισμικό και τον τρόπο που ο χρήστης επεμβαίνει σε αυτήν.



Εικόνα 6.10 Το ψηφιακό ανθρωποειδές (avatar) Ένα από τα VirtoolsResources του λογισμικού

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστούν μερικές έννοιες οι οποίες είναι βασικές και θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια.

Behavior

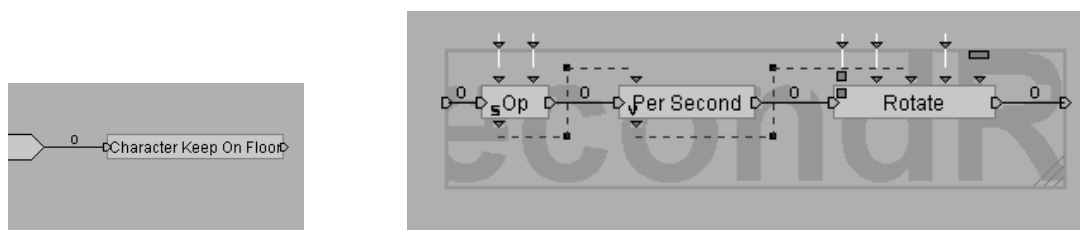
Ο όρος Behavior (συμπεριφορά), όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι μια απλή περιγραφή για το πώς ένα κύριο στοιχείο ή γεωμετρικό μοντέλο συμπεριφέρεται στο εικονικό περιβάλλον. Αποδίδοντας ένα Behavior σε ένα στοιχείο του εικονικού περιβάλλοντος, το στοιχείο μπορεί να αλληλεπιδρά είτε με τον χρήστη είτε με άλλα στοιχεία του περιβάλλοντος. Ο όρος αυτός πολύ συχνά αντικαθιστά τους όρους Building Block (BB) και Behavior Graph (BG) ή Script.

Behavior Building Block (BB)

Ο θεμελιώδης μηχανισμός που χρησιμοποιείται από το λογισμικό για την απόδοση χαρακτηριστικών συμπεριφοράς είναι το BB. Τα BBs είναι οπτικές απεικονίσεις αλγορίθμων που δεν είναι τίποτα άλλο από συναρτήσεις, έτοιμες για χρήση σε μια σύνθεση.

Behavior Graph (BG)

Ένα BG είναι μια δημιουργία του χρήστη η οποία αποτελείται από ένα ή περισσότερα BBs και άλλων ειδών παραμέτρους (εισόδου –εξόδου). Με μία πρώτη ματιά το BG δεν φαίνεται να διαφέρει από ένα σενάριο (Script). Ωστόσο η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι ο δημιουργός ενός BG σκόπιμα συμπυκνώνει μία συμπεριφορά με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί και να ξαναχρησιμοποιηθεί. Το Virtools 4 Dev χειρίζεται ένα BG όπως ακριβώς ένα BB και μπορούν να αποδοθεί σε όλα τα στοιχεία της κατηγορίας BeObject όπως και το BB.



Εικόνα 6.11 Building Block (αριστερά) και Behavior Graph (δεξιά)

Script

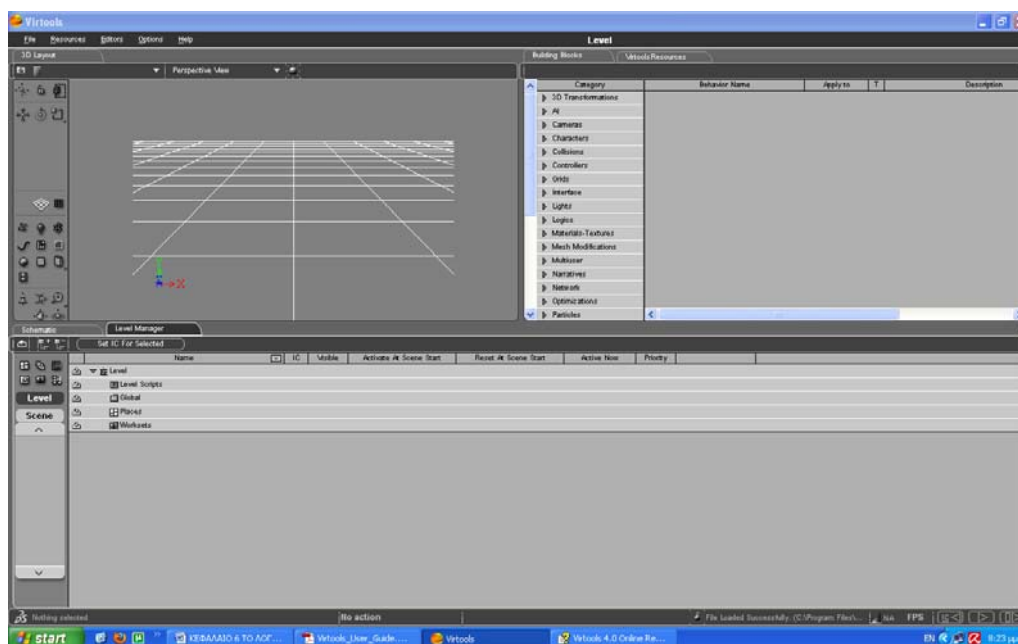
Το Script αποτελεί ένα σενάριο και είναι οπτική απεικόνιση μίας συμπεριφοράς που αποδίδεται σε ένα στοιχείο και η απεικόνιση αυτή φαίνεται στο Schematic που είναι το μισό κάτω τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας τους Virtools 4 Dev. Αποτελείται από δύο τμήματα, μία κεφαλίδα και το κυρίως μέρος. Η κεφαλίδα δείχνει το όνομα και τον δημιουργό του Script ακόμα και ένα φωτογραφικό στιγμιότυπο. Το κυρίως μέρος αποτελείται από ένα ή περισσότερα BBs, BGs και άλλες παραμέτρους για την σύνδεση BBs και BGs μεταξύ τους.

Attributes

Ο όρος Attributes αναφέρεται στα μέσα με τα οποία προστίθενται πληροφορίες στα στοιχεία του λογισμικού. Είναι ένα είδος παραμέτρων που ανήκουν σε ένα στοιχείο αντί να ανήκουν σε ένα script. Το λογισμικό παρέχει μεγάλο αριθμό προκαθορισμένων Attributes ενώ ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει και νέα. Μόνο τα BeObjects μπορούν να έχουν Attributes. Η εισαγωγή τους σε ένα στοιχείο γίνεται μέσω είτε του Level Manager, είτε του Setup του στοιχείου, είτε μέσω του Attribute Manager. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Floor Attribute που ορίζει ότι ένα στοιχείο θα αναγνωρίζεται ως πάτωμα και ο χαρακτήρας θα περπατάει πάνω σε αυτό και δεν θα το διαπερνάει. Με χρήση Attributes γίνεται και ο καθορισμός της βαρύτητας αλλά και η δημιουργία μαγνητικού πεδίου.

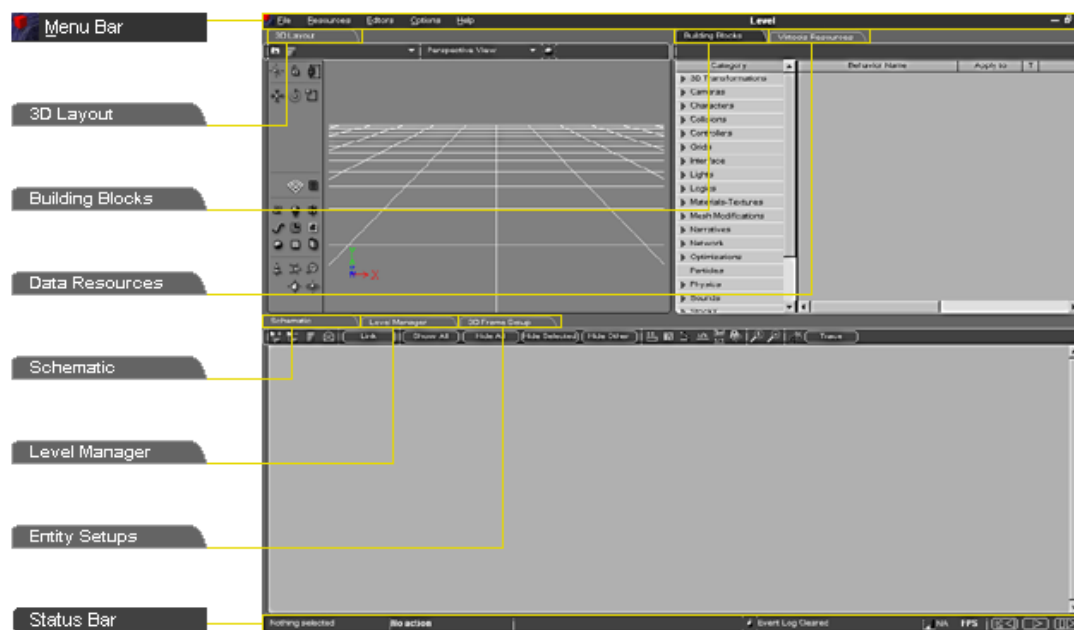
6.3.4 Το περιβάλλον εργασίας του Virtools 4 Dev

Μετά την εγκατάσταση του λογισμικού και την ενεργοποίηση της άδειας ο χρήστης αλληλεπιδρά με το περιβάλλον εργασίας του Virtools 4 Dev για την δημιουργία της εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας. Στην Εικόνα 6.14 φαίνεται το *interface* του Virtools 4 Dev κατά την εκκίνηση. Είναι ένα παραθυρικό περιβάλλον όπως τα Windows, που επιτρέπει την μετακίνηση μεταξύ παραθύρων, το άνοιγμα νέων και κλείσιμο άλλων παραθύρων και υποστηρίζει την λειτουργία *drag and drop*. Το ενεργό παράθυρο στο οποίο ο χρήστης επενεργεί είναι διακριτό από το μαύρο στηλοθέτη (tab) ενώ όλα τα ανενεργά παράθυρα είναι χρώματος γκρι.



Εικόνα 6.12 Το Περιβάλλον Εργασίας (Interface) του Virtools 4 Dev κατά την εκκίνηση

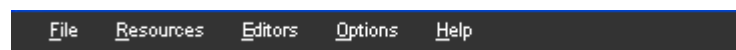
Το *interface* του λογισμικού είναι διαχωρισμένο σε τρία κύρια τμήματα και έχει μία μπάρα στην κορυφή η οποία ονομάζεται *menu bar* και άλλη μία στο κάτω μέρος που είναι η *status bar*. Το πάνω αριστερό τμήμα περιέχει το παράθυρο 3D Layout το οποίο χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση της εφαρμογής σε πραγματικό χρόνο. Το πάνω δεξιά τμήμα περιέχει τις έτοιμες πηγές που παρέχει το λογισμικό χωρισμένες σε 2 κατηγορίες, τα Building Blocks και τα Data Resources. Το κάτω μισό τμήμα της οθόνης περιέχει τα δύο παράθυρα Level Manager Schematic τα οποία καταλαμβάνουν όλο το τμήμα ανάλογα με το ποιο είναι επιλεγμένο ενώ το άλλο δεν εμφανίζεται. Από τα δύο αυτά παράθυρα ο χρήστης οργανώνει τα στοιχεία που απαρτίζουν το εικονικό περιβάλλον και δημιουργεί τα σενάρια λειτουργίας τους.



Εικόνα 6.13 Τα επιμέρους τμήματα του περιβάλλοντος εργασίας του Virtools 4 Dev

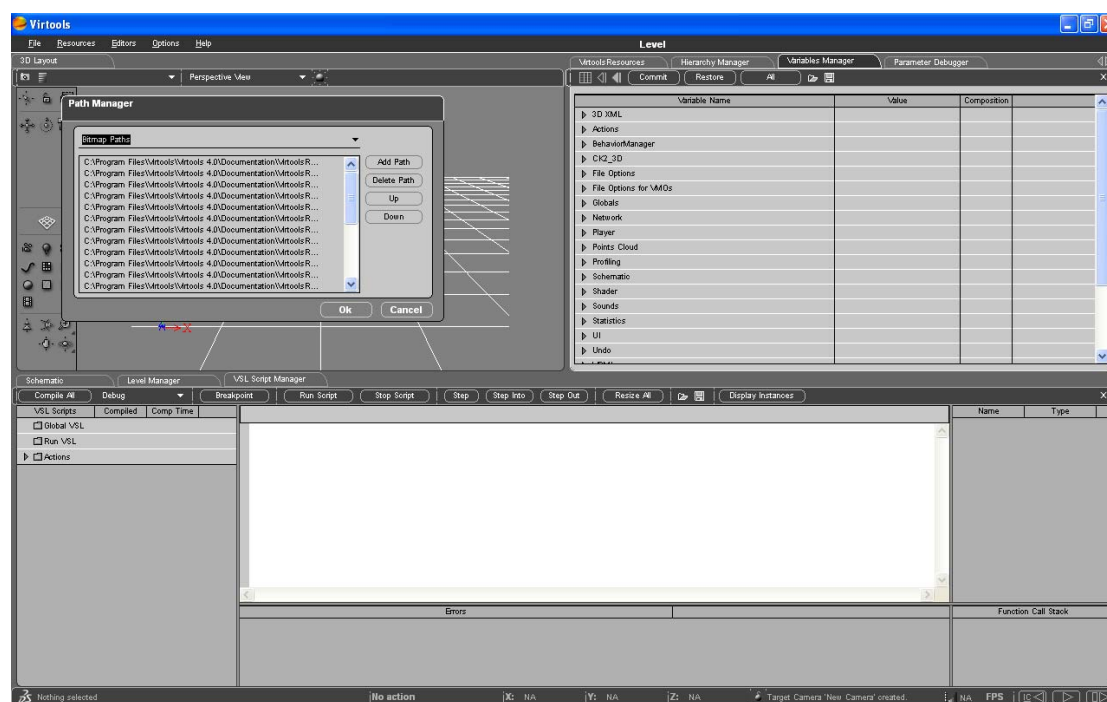
Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα παράθυρα του λογισμικού μπορούν να μετακινηθούν σε διαφορετική θέση, μπορούν να καταλάβουν όλη την επιφάνεια του *interface* ενώ μπορούν και να αποκοπούν τελείως από το περιβάλλον και να λειτουργήσουν ως ξεχωριστά και μεμονωμένα παράθυρα.

Menu Bar



Το Menu Bar είναι η γραμμή εργαλείων που βρίσκεται στην κορυφή της οθόνης και παρέχει 5 επιλογές.

- File menu: Διαχείριση αρχείων όπως άνοιγμα, αποθήκευση και εξαγωγή
- Resources: Διαχείριση πηγών όπως δημιουργία νέων πηγών, εισαγωγή media
- Editors: Άνοιγμα επιπρόσθετων παραθύρων τα οποία εμφανίζονται στην οθόνη και είναι τα Attributes Manager (πάνω δεξιά), Hierarchy Manager (πάνω δεξιά), Path Manager (pop up παράθυρο), Variable Manager (πάνω δεξιά) VSL Script Manager (κάτω μέρος) Parameter Debugger (πάνω δεξιά)
- Options: Επιλογές και εργαλεία που αφορούν τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος εργασίας
- Help: Μεταφορά του χρήστη στο βοήθημα Online Reference που επεξηγήθηκε σε προηγούμενη ενότητα.

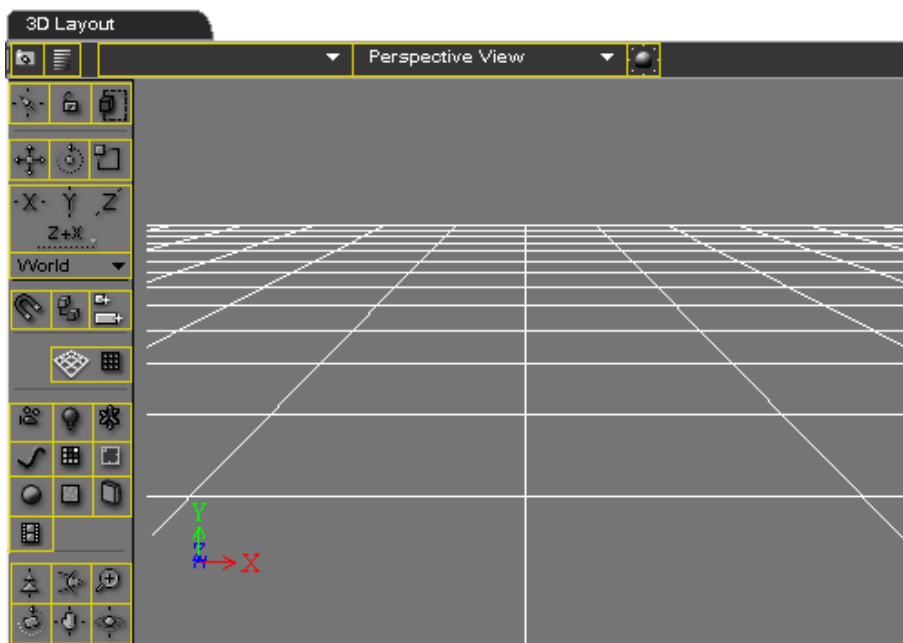


Εικόνα 6.14 Τα επιπρόσθετα παράθυρα που ενεργοποιούνται από την επιλογή Editors του Menu Bar

3D Layout


Η προεπιλεγμένη θέση για το παράθυρο 3D Layout είναι όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.14 στο πάνω αριστερό τμήμα και περιλαμβάνει μία γραμμή εργαλείων στο


πάνω μέρος (top toolbar), άλλη μία στο αριστερό μέρος και ένα παράθυρο οπτικοποίησης (rendering). Ο τύπος των στοιχείων και ο τρόπος που απεικονίζονται στο παράθυρο οπτικοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις προτιμήσεις του χρήστη. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι όλα τα εργαλεία συνεχώς εμφανή. Για παράδειγμα όταν επιλεγεί το εργαλείο Select & Rotate για την περιστροφή ενός αντικειμένου τότε εμφανίζεται και το εργαλείο για την επιλογή του άξονα γύρω από τον οποίο θα περιστραφεί. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των εικονιδίων του 3D Layout.





Εικόνα 6.15 Εικονίδια 3D Layout


- Γραμμή εργαλείων κορυφής (Top Toolbar)

 **Snapshot** – Αποθήκευση όλου ή τμήματος του παραθύρου οπτικοποίησης σε μορφή εικόνας (.jpg, bmp, tga, tif)

 **3D Layout Explorer** – Εργαλείο για εξέταση όλων των στοιχείων του 3D Layout


 **Selection Group** – Επιλογή μίας υπάρχουσας ομάδας στοιχείων του στο παράθυρο οπτικοποίησης ή δημιουργία μιας νέας ομάδας


 **Select Camera** – Επιλογή της οπτικής γωνίας δηλαδή το είδος της κάμερας που ο χρήστης βλέπει το εικονικό περιβάλλον

 **General Preferences** - Άνοιγμα του παραθύρου γενικών ρυθμίσεων

- Αριστερή γραμμή εργαλείων (Left Toolbar)

1. Εργαλεία Επιλογής

 **Select** – Επιλογή αντικειμένων και στοιχείων του εικονικού περιβάλλοντος

 **Lock Selection** – Κλείδωμα της επιλογής του αντικειμένου



Selection Mode – Τρόπος επιλογής αντικειμένων (κανονική επιλογή και αυστηρή)

2. Εργαλεία μετασχηματισμού



Select and Translate – Επιλογή και μετακίνηση αντικειμένων



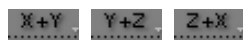
Select and Rotate – Επιλογή και περιστροφή αντικειμένων



Select and Scale – Επιλογή και αλλαγή κλίμακας αντικειμένων (ομοιόμορφη, ογκομετρική και κανονική)



Constrain X, Y or Z Axis – Επιλογή άξονα κίνησης αντικειμένων X,Y,Z (το εικονίδιο εμφανίζεται μόνο όταν επιλεγεί ένα από τα εικονίδια Select & Translate ή Select & Rotate ή Select & Scale)



Constrain Plane – Επιλογή επιπέδου κίνησης των αντικειμένων (το εικονίδιο εμφανίζεται μόνο όταν επιλεγεί ένα από τα εικονίδια Select & Translate ή Select & Rotate ή Select & Scale)



Referential Axis – Επιλογή σημείου ή άξονα αναφοράς ως προς τον οποίο θα γίνει η μετακίνηση ή η περιστροφή αντικειμένου (το εικονίδιο εμφανίζεται μόνο όταν ένα από τα εικονίδια Select & Translate ή Select & Rotate ή Select & Scale είναι ενεργό)



Toggle Snap – Ταχύτητα επιλογής και μετακίνησης αντικειμένων (το εικονίδιο εμφανίζεται μόνο όταν ένα από τα εικονίδια Select & Translate ή Select & Rotate ή Select & Scale είναι ενεργό)



Toggle Hierarchy – Καθορισμός αν η μετακίνηση θα πραγματοποιηθεί μόνο στο αντικείμενο ή και σε όλα που είναι ιεραρχικά χαμηλότερα από αυτό. (το εικονίδιο εμφανίζεται μόνο όταν ένα από τα εικονίδια Select & Translate ή Select & Rotate ή Select & Scale είναι ενεργό)



Pivot Axis – Επιλογή άξονα περιστροφής και αλλαγής κλίμακας αντικειμένων (το εικονίδιο εμφανίζεται μόνο όταν ένα από τα εικονίδια Select & Rotate ή Select & Scale είναι ενεργό)

3. Γραμμές Αναφοράς



Toggle Reference Guides – Εμφάνιση/Απόκρυψη γραμμών για τοποθέτηση τρισδιάστατων αντικειμένων στο χώρο



Toggle Screen Guides – Εμφάνιση/Απόκρυψη γραμμών για τοποθέτηση δισδιάστατων αντικειμένων στο χώρο

4. Εργαλεία δημιουργίας



Create Camera – Δημιουργία κάμερας και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές κάμερας (setup)



Create Light – Δημιουργία φώτων και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές φώτων (setup)



Create 3D Frame – Δημιουργία τρισδιάστατου πλαισίου και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές του (setup)



Create Curve – Δημιουργία καμπύλης και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές της (setup)



Create Grid– Δημιουργία επιπέδου (πλαισίου/σχάρας) και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές του (setup)



Create 2D Frame – Δημιουργία διςδιάστατου πλαισίου και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές του (setup)



Create Material – Δημιουργία υλικού και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές του (setup)



Create Texture – Δημιουργία υφής και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές της (setup)



Create Portal – Δημιουργία πύλης και άνοιγμα παραθύρου με τις επιλογές της (setup)

Εάν ο χρήστης δεν επιθυμεί να ανοίγουν με το πάτημα των εικονιδίων και τα παράθυρα με τις επιλογές του (setup), υπάρχει επιλογή κατάργησής του από το 3D Layout – Interface του παραθύρου General Preferences στην γραμμή εργαλείων της κορυφής

5. Camera Navigation Tools



Camera Dolly – Μετακίνηση της κάμερας Dolly και του αντικειμένου στο οποίο στοχεύει (αν έχει οριστεί) κατά μήκος του άξονα Z.



Camera Field of View – Αλλαγή οπτικού πεδίου



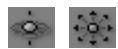
Camera Zoom – Μετακίνηση κάμερας προς/από το στόχο(απλή εστίαση zoom, εστίαση στο επιλεγμένο αντικείμενο, εστίαση στη σκηνή)



Roll Camera – Περιστροφή κάμερας γύρω από τον Z άξονα (το εικονίδιο εμφανίζεται όταν δεν έχει οριστεί στόχος στην κάμερα που χρησιμοποιείται)
Rotates the camera about the camera's Z axis.



Camera Pan – Μετακίνηση της κάμερας και του στόχου (αν έχει οριστεί) στο οπτικό πεδίο του επιπέδου XY.

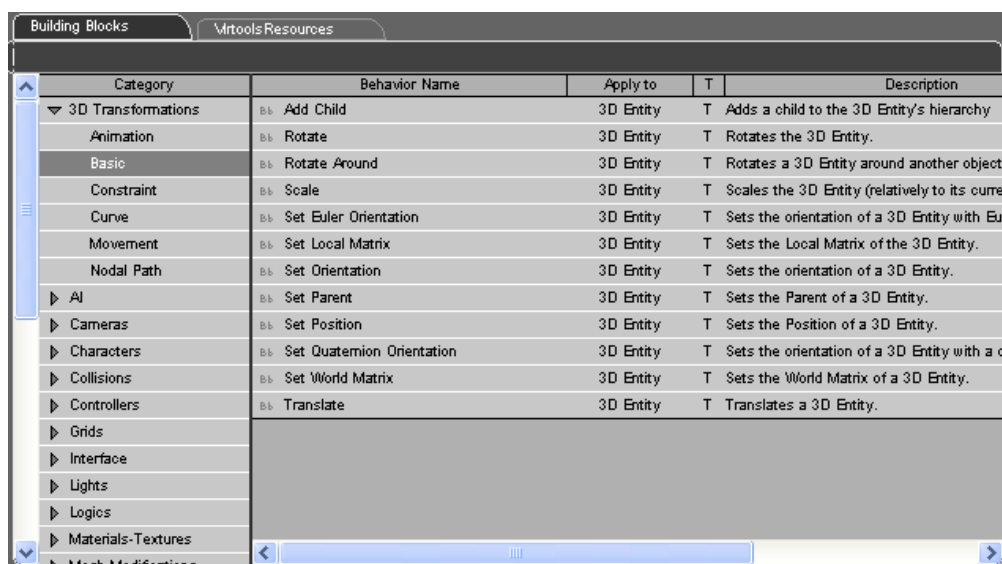


Orbit Target/Orbit Around – Περιστροφή κάμερας είτε γύρω από τον στόχο είτε γύρω από τον άξονα περιστροφής της.

Building Blocks and Data Resources

Η προκαθορισμένη θέση για τα Building blocks (BBs) και Data Resources είναι στο πάνω αριστερό τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας. Αποτελούν τις πηγές που παρέχει στον χρήστη το λογισμικό έτοιμες για χρήση και είναι οργανωμένες σε δομή δέντρου. Επιλέγοντας το βελάκι σε μία κατηγορία εμφανίζεται ο κλάδος με τα περιεχόμενα της κατηγορίας. Επιλέγοντας στη συνέχεια ένα από τα περιεχόμενα του κλάδου, στο δεξί μέρος του παραθύρου εμφανίζονται οι διαθέσιμες πηγές.

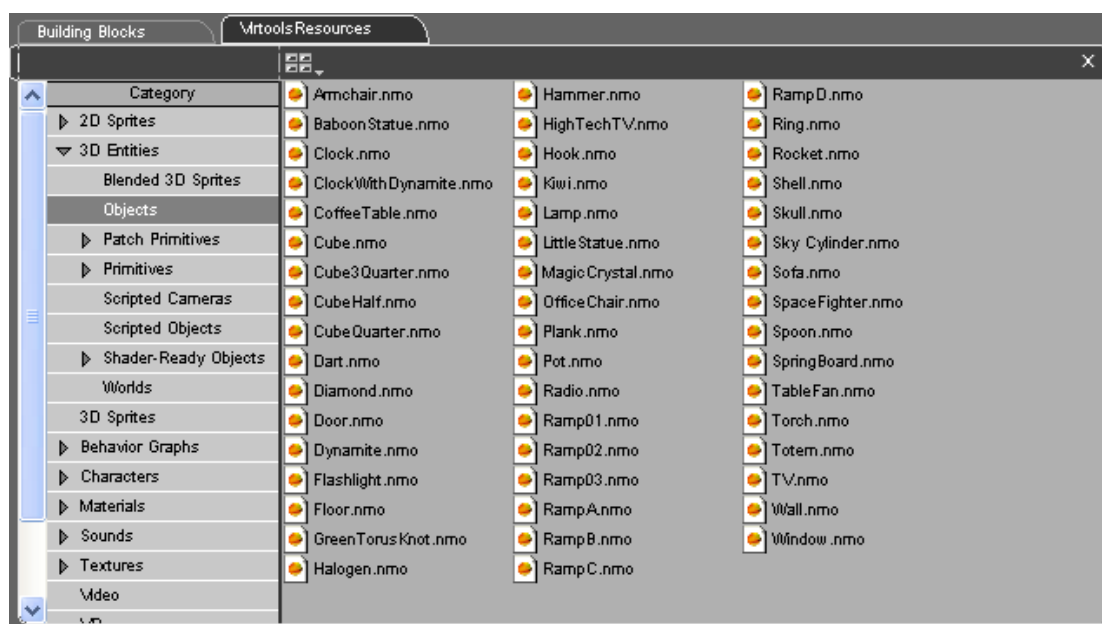
Τα Building Blocks περιέχουν συμπεριφορές που παρέχονται έτοιμες από το Virtools 4 Dev και χρησιμεύουν για την δημιουργία περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης. Είναι ουσιαστικά βιβλιοθήκες συμπεριφορών οργανωμένες με βάση το είδος της συμπεριφοράς αλλά και με βάση το είδος των στοιχείων του εικονικού περιβάλλοντος που μπορούν να αποδοθούν. Πρέπει να τονιστεί ότι τα BBs δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος. Μπορούν να αποδοθούν μόνο στα στοιχεία τύπου Behavioral Object (BeObject). Η εισαγωγή τους λοιπόν στο εικονικό περιβάλλον γίνεται είτε με τη λειτουργία drag and drop (σύρσιμο) πάνω σε ένα BeObject στο 3D Layout ή στο Level View, είτε με σύρσιμο ενός BB απευθείας μέσα σε ένα σενάριο λειτουργίας στο Schematic (κάτω τμήμα λογισμικού).



Εικόνα 6.16 Η δομή των Building Blocks

Τα Virtools Resources είναι Data Resources και αποτελούν έτοιμα δείγματα που παρέχονται από το λογισμικό. Περιλαμβάνουν έτοιμα δεδομένα (media όπως τρισδιάστατες οντότητες, χαρακτήρες, ανθρωποειδή, υλικά, ήχους) τα οποία είτε έχουν ενσωματωμένα σενάρια λειτουργίας είτε όχι αλλά και γραφήματα

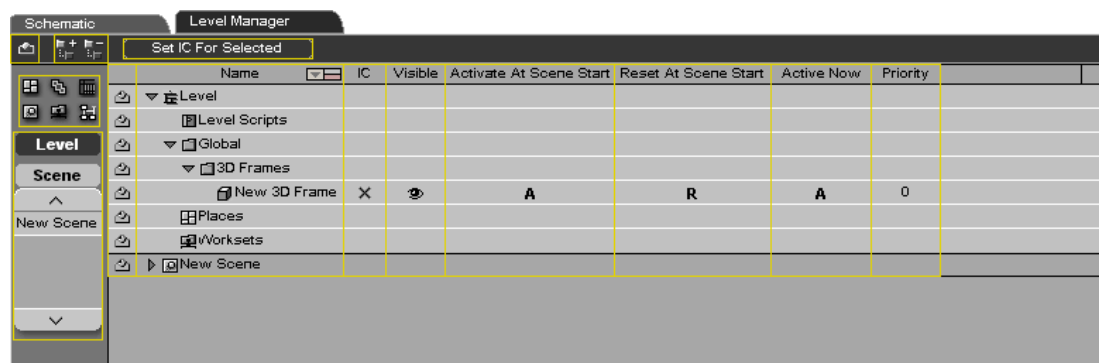
συμπεριφορών (Behavior Graphs). Ο τύπος των έτοιμων δεδομένων αυτών είναι κατάλληλος για να χρησιμοποιηθούν από το λογισμικό. Τα Data Resources γενικότερα θεωρούνται εργαλεία για τη διαχείριση της εφαρμογής καθώς ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να οργανώσει τα media ανά εφαρμογή δημιουργώντας νέες Data Resources για κάθε εφαρμογή. Βέβαια αυτό είναι προαιρετικό καθώς όλα τα media μπορούν να είναι και σε μια Data resource. Η εισαγωγή των πηγών αυτών στο 3D Layout είναι πολύ απλή καθώς υποστηρίζονται από τη λειτουργία drag and drop. Συνεπώς σέρνοντας για παράδειγμα μια τρισδιάστατη οντότητα από το Virtools Resources στο 3D layout ή στο Level view, έχει εισαχθεί στο εικονικό περιβάλλον.



Εικόνα 6.17 Η δομή των Virtools resources

Lever Manager

Η προεπιλεγμένη θέση του Level Manager είναι στο κάτω μισό τμήμα της οθόνης. Περιέχει μία γραμμή εργαλείων στην κορυφή, μία αριστερά και το κύριο παράθυρο στο οποίο φαίνονται όλα τα στοιχεία του επιπέδου (Level) ή της σκηνής (Scene) ιεραρχικά. Βοηθάει στην οργάνωση των συνθέσεων και περιέχει τεράστιο όγκο πληροφοριών της εφαρμογής. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των εικονιδίων του Level Manager.



Εικόνα 6.18 Ο Level Manager του Virtools 4 Dev

- Γραμμή εργαλείων κορυφής (Top Toolbar)



Show/Hide Layer – Εμφάνιση/Απόκρυψη όλων των ομάδων στοιχείων τα οποία φαίνονται στο κύριο παράθυρο αφού πρώτα έχει επιλεγθεί το ίδιο εικονίδιο που βρίσκεται μπροστά από αυτά.



Expand Selected – Άνοιγμα ενός κλάδου στοιχείων στο κύριο παράθυρο



Collapse Selected – Κλείσιμο ενός κλάδου στοιχείων στο κύριο παράθυρο



IC for Selected – Εισαγωγή αρχικών συνθηκών (Initial Condition-IC) για τα στοιχεία που έχουν επιλεγθεί.

- Αριστερή γραμμή εργαλείων (Left Toolbar)



Create Place – Δημιουργία νέου χώρου στοιχείων



Create Group – Δημιουργία νέας ομάδας στοιχείων



Create Array – Δημιουργία νέας διάταξης στοιχείων και άνοιγμα των επιλογών της (Array setup)



Create Scene – Δημιουργία νέας σκηνής



Create Workset – Δημιουργία ομάδας ή υποομάδας εργασιών



Create Script – Δημιουργία σεναρίου στο επιλεγμένο στοιχείο ή ομάδα στοιχείων στο κύριο παράθυρο



Level – Επιλογή για την ανάπτυξη εφαρμογής σε επίπεδο (Level)



Scene – Επιλογή για την ανάπτυξη εφαρμογής σε σκηνή (Scene)



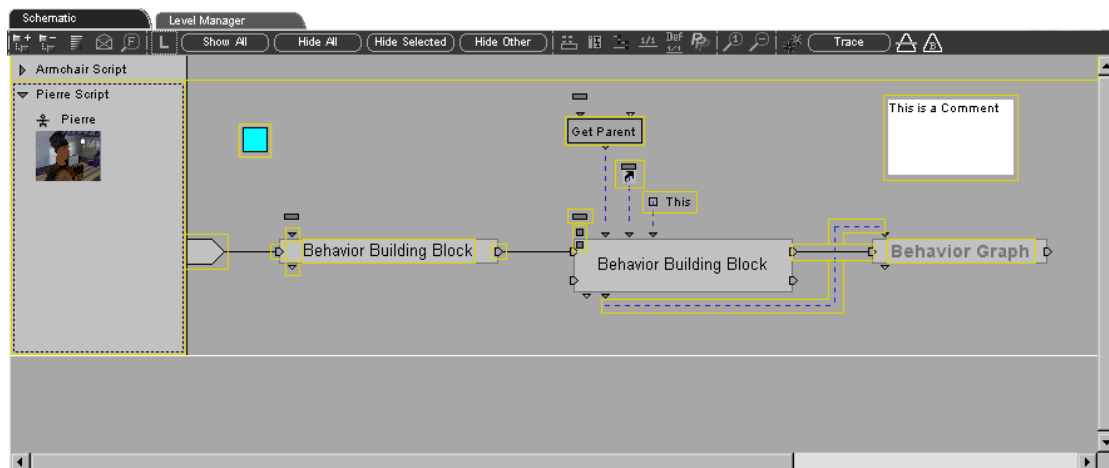
Up – Επιλογή προηγούμενης σκηνής



Down – Επιλογή επόμενης σκηνής


Schematic

Η προεπιλεγμένη θέση Schematic είναι το κάτω μισό τμήμα της οθόνης εναλλακτικά με το Level Manager. Περιλαμβάνει μία γραμμή εργαλείων στο πάνω μέρος και εφόσον έχουν δημιουργηθεί, περιέχει τα σενάρια λειτουργίας (scripts). Συνήθως μια εφαρμογή περιέχει σενάρια λειτουργίας καθώς χωρίς αυτά δεν επιτυγχάνεται η αλληλεπίδραση και η προσομοίωση. Μέσω του Schematic γίνεται η διαχείριση και η δημιουργία των σεναρίων τα οποία περιγράφουν συμπεριφορές αντικειμένων και στοιχείων της σύνθεσης. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των εικονιδίων του Schematic.





Εικόνα 6.19 Στιγμιότυπο του Schematic


- Γραμμή εργαλείων κορυφής (Top Toolbar)


 **Expand Selected Scripts** – Εμφάνιση των επιλεγμένων σεναρίων λειτουργίας

 **Collapse Selected Scripts** – Απόκρυψη των επιλεγμένων σεναρίων λειτουργίας

 **Schematic Explorer** – Άνοιγμα του παραθύρου Schematic Explorer στο οποίο φαίνονται όλα τα σεσάρια λειτουργίας μιας εφαρμογής (ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο σε μεγάλες εφαρμογές για την διαχείριση των στοιχείων που τις απαρτίζουν)


 **Message Explorer** – Άνοιγμα του παραθύρου Message Explorer που απεικονίζει τη λίστα των μηνυμάτων, τους αποστολείς και τους παραλήπτες


 **Link** – Ενεργοποίηση λειτουργίας σύνδεσης σεναρίων Link


 **Show All** – Εμφάνιση όλων των σεναρίων


 **Hide All** – Απόκρυψη όλων των σεναρίων


 **Hide Selected** – Απόκρυψη επιλεγμένων σεναρίων
Hides selected Scripts.

 **Hide Other** – Απόκρυψη όλων των μη επιλεγμένων σεναρίων

 **Show/Hide Local Parameters** – Εμφάνιση/Απόκρυψη τοπικών παραμέτρων σεναρίων

 **Show/Hide Script Header** – Εμφάνιση/Απόκρυψη κεφαλίδων σεναρίων (στο αριστερό μέρος των σεναρίων)

 **Show/Hide Control Points** – Εμφάνιση/Απόκρυψη σημείων των γραμμών σύνδεσης των σεναρίων

 **Show/Hide Link Delays** – Εμφάνιση/Απόκρυψη χρονικής υστέρησης σύνδεσης σεναρίων



Edit Default Link Delay – Αλλαγή των προεπιλεγμένων χρονικών υστερήσεων σύνδεσης των σεναρίων



Show/Hide Priorities – Εμφάνιση/Απόκρυψη προτεραιοτήτων
Toggles display of priorities.



Reset Schematic Zoom and Position – Επαναφορά θέσης και εστίασης όψης των σεναρίων στο Schematic



Zoom Mode – Μεταβολή εστίασης των σεναρίων
Modifies the zoom factor.



Script Debugger – Άνοιγμα παραθύρου Script Debugger για εντοπισμό λαθών στα σεσάρια



Trace Mode – Ενεργοποίηση λειτουργίας Trace (στο οποίο όλα τα ενεργά σεσάρια και οι γραμμές σύνδεσης χρωματίζονται κόκκινα όταν τρέχει η προσομοίωση ώστε να βλέπει ο χρήστης πια σεσάρια ενεργοποιούνται)

Status Bar



Η γραμμή εργαλείων Status Bar είναι στο πιο χαμηλό σημείο του περιβάλλοντος εργασίας του Virtools 4 Dev. Περιέχει χρήσιμες και άμεσα εξαρτώμενες με το εικονικό περιβάλλον πληροφορίες καθώς και πέντε εικονίδια. Στη συνέχεια ακολουθεί σύντομη περιγραφή των λειτουργιών της γραμμής Status Bar.

Cube' selected

Selection – Εμφάνιση του ονόματος του στοιχείου που έχει επιλεγεί

Camera Dolly

Action – Εμφάνιση του ονόματος της ενέργειας που πραγματοποιείται

X: Y: Z:

Coordinates – Εμφάνιση συντεταγμένων X,Y,Z των επιλεγμένων αντικειμένων



Light 'New Light' created.

Event Log – Άνοιγμα παραθύρου Event Log το οποίο πληροφορεί τον χρήστη για ενέργειες που δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν ενώ διατηρεί το ιστορικό των σκηνών που φορτώνονται. Το δεύτερο εικονίδιο παρέχει τα μηνύματα για τις ενέργειες που υλοποιούνται ή αποτυγχάνουν να υλοποιηθούν.



Profiler – Άνοιγμα παραθύρου Profiler που παρέχει πληροφορίες για τον υπολογιστικό φόρτο των ενεργειών του χρήστη και της εφαρμογής που αναπτύσσεται

NA

FPS

FPS (Frames Per Second) – Απεικόνιση του frame rate σε frames per second ενώ NA φαίνεται όταν η σύνθεση δεν εκτελείται. Ο όρος frame rate αναφέρεται στο ρυθμό ανανέωσης των αλληπάλληλων εικόνων μίας οθόνης ανά

δευτερόλεπτο. Αυτές οι εικόνες ονομάζονται frames (καρέ) και μετριοούνται ανά δευτερόλεπτο (frames per second ή fps). Το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται την εναλλαγή αυτή, όταν ο ρυθμός ανανέωσης των καρέ της οθόνης ανά δευτερόλεπτο βρίσκεται κάτω των 30.



Reset IC (Initial Conditions) – Επαναφορά αρχικών συνθηκών (Initial Conditions)



Play/Pause – Εκτέλεση/Πάγωμα της σύνθεσης



Advance One Step – Εκτέλεση ενός frame (καρέ) μόνο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

7.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στην χρήση του λογισμικού και του εξοπλισμού που περιγράφεται στα κεφάλαια 5 και 6, για την ανάπτυξη της εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας. Αρχικά γίνεται σύντομη περιγραφή της εφαρμογής. Περιγράφεται το πραγματικό περιβάλλον και οι λειτουργίες οι οποίες θα προσομοιωθούν στο Εικονικό Περιβάλλον. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία με την οποία υλοποιήθηκε η προσομοίωση. Περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος εισαγωγής των γεωμετρικών μοντέλων στο ΕΠ και ο τρόπος δημιουργίας υλικών και απόδοση υφών σε αυτά. Επίσης παρουσιάζεται η διαδικασία με την οποία αποδίδονται τα χαρακτηριστικά κίνησης στα εικονικά μοντέλα καθώς και ο τρόπος δημιουργίας των σεναρίων λειτουργίας τους. Ακολουθεί η δημιουργία του Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων, η τοποθέτηση των εικονικών μοντέλων μέσα στο ολοκληρωμένο Εικονικό Περιβάλλον και ο προσδιορισμός ιδιοτήτων φωτισμού και σκίασης του ΕΠ. Τέλος, παρουσιάζεται ο τρόπος δημιουργίας καμερών για πλοήγηση μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο και γίνεται εξαγωγή και χρήση αρχείου που περιλαμβάνει το ολοκληρωμένο Εικονικό Εργαστήριο σε Web Player.

7.2 Περιγραφή της εφαρμογής Εικονικής Πραγματικότητας και των βημάτων για την υλοποίηση της

Έχει ήδη αναφερθεί ότι στην παρούσα εργασία θα προσομοιωθεί η λειτουργία του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini που χρησιμοποιείται από το Εργαστήριο CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης για εκπαίδευση σε τεχνικές Ταχείας Παραγωγής Εργαλείων (Rapid Tooling). Το Εικονικό Περιβάλλον που θα δημιουργηθεί αποτελεί μια προσπάθεια συνδυασμού των τεχνολογιών Rapid Tooling και Virtual Reality και θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της τεχνικής Ταχείας Παραγωγής Εργαλείων και για εκπαίδευση και εξοικείωση με την τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας.

Η μεθοδολογία ανάπτυξης της συγκεκριμένης εφαρμογής παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 5 όπως επίσης και τα τρία πρώτα βήματα που ακολουθήθηκαν για τη σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων του συστήματος MK-Mini, του φούρνου και ορισμένων άλλων αντικειμένων (δοχεία υλικών, μοχλοί λειτουργίας, κουβάς μίγματος) με τη χρήση του 3D Studio Max 9. Τα υπόλοιπα βήματα της μεθοδολογίας υλοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού Virttools 4 Dev και περιληπτικά έχουν ως εξής. Τα γεωμετρικά μοντέλα του φούρνου και του συστήματος MK-Mini αποτελούν 2 ξεχωριστά αρχεία της μορφής .3ds. Το κάθε μοντέλο εισάγεται στο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας και στην συνέχεια μελετώνται οι δυνατότητες του λογισμικού όσον αφορά την απόδοση χαρακτηριστικών κίνησης και την δημιουργία σεναρίων λειτουργίας. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται τα ολοκληρωμένα

εικονικά μοντέλα σε δύο διαφορετικά αρχεία της μορφής .cmo τα οποία περιέχουν τα σενάρια λειτουργίας του κάθε μοντέλου. Το σενάριο λειτουργίας του φούρνου είναι απλό και περιορίζεται στο άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του με τη χρήση του ποντικιού (δεξί κλικ). Το σενάριο λειτουργίας του MK-Mini είναι πιο πολύπλοκο και περιλαμβάνει αφενός το άνοιγμα – κλείσιμο της διαφανής πόρτας και αφετέρου το συνδυασμό της κίνησης των 3 μοχλών που βρίσκονται στο πλαϊνό μέρος του με την κίνηση των 2 δοχείων που περιέχουν τα συστατικά του μίγματος. Τα κινούμενα μέρη και στο MK-Mini ενεργοποιούνται με τη χρήση του ποντικιού (δεξί κλικ). Το επόμενο βήμα μετά την δημιουργία των σεναρίων λειτουργίας είναι η δημιουργία του Εικονικού Εργαστηρίου και η εισαγωγή και τοποθέτηση των δύο ολοκληρωμένων γεωμετρικών μοντέλων στο επιθυμητό σημείο μέσα σε αυτό. Τέλος δημιουργούνται οι κάμερες και φωτισμός για την καλύτερη απεικόνιση της προσομοίωσης και αποδίδονται χαρακτηριστικά. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν μέχρι την ολοκλήρωση της εφαρμογής παρουσιάζονται στη συνέχεια αναλυτικά.

7.3 Εισαγωγή γεωμετρικών μοντέλων στο Εικονικό Περιβάλλον

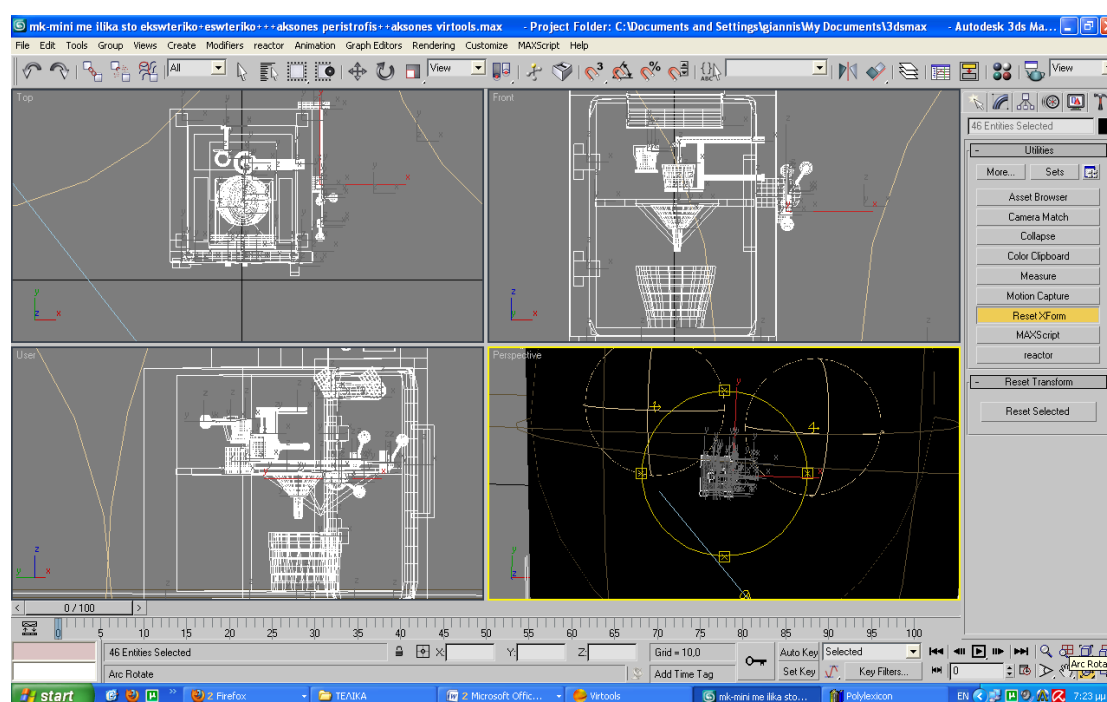
Η σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων που συνθέτουν το σύστημα Vacuum Casting MK-Mini (φούρνος και MK-Mini) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού 3D Studio Max 9 και η διαδικασία παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 5. Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή των μοντέλων αυτών στο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας Virtools 4 Dev. Στο προηγούμενο κεφάλαιο, κατά την παρουσίαση του λογισμικού Virtools 4, αναλύθηκαν οι δυνατότητες εισαγωγής σε αυτό αρχείων από συστήματα CAD και τρισδιάστατης μοντελοποίησης 3DCC. Το 3D Studio Max 9 εξάγει αρχεία της μορφής .3ds τα οποία μπορούν να εισαχθούν απευθείας στο Virtools 4 χωρίς να απαιτείται να μετατραπούν σε άλλη μορφή. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε και το συγκεκριμένο λογισμικό για να σχεδιαστούν τα γεωμετρικά μοντέλα. Η εισαγωγή των αρχείων γίνεται με πολύ απλό τρόπο, είτε από το Menu Bar →Resources→Import File και επιλέγεται ο φάκελος που έχει δημιουργηθεί και ο οποίος περιέχει τα αρχεία της μορφής .3ds είτε ακόμα πιο απλά με το σύρσιμο ενός τέτοιου αρχείου στο 3D Layout του Virtools 4 (λειτουργία drag and drop).

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εισαγωγή των γεωμετρικών μοντέλων στο Virtools 4 Dev προέκυψαν κάποια προβλήματα τα οποία έπρεπε να επιλυθούν πριν συνεχιστεί η ανάπτυξη της εφαρμογής. Τα προβλήματα που έπρεπε να αντιμετωπιστούν ήταν δύο. Το πρώτο είχε να κάνει με το σύστημα αξόνων που χρησιμοποιούν τα δύο λογισμικά καθώς είναι διαφορετικό. Το δεύτερο πρόβλημα είχε να κάνει με την απεικόνιση των μοντέλων στο Εικονικό Περιβάλλον καθώς δεν ήταν η αναμενόμενη καθώς τα μοντέλα δεν είχαν χρώμα.

7.3.1 Το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του 3D Studio Max 9 και του Virtools 4

Μία πολύ σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο λογισμικών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη εφαρμογή είχε να κάνει με το τοπικό σύστημα συντεταγμένων το οποίο είναι διαφορετικό. Η διαφορά είναι ότι στο 3D Studio Max 9 ο άξονας που έχει να κάνει με το ύψος συμβολίζεται με *z* σε αντίθεση με το Virtools 4 όπου ο άξονας του ύψους συμβολίζεται με *y*. Είναι προφανές ότι για την αποφυγή προβλημάτων έπρεπε με κάποιο τρόπο να εξαλειφθεί αυτό το πρόβλημα πριν αρχίσει

η απόδοση τεχνικών και κινηματικών χαρακτηριστικών στα γεωμετρικά μοντέλα. Η λύση δόθηκε μέσω του 3D Studio Max 9 το οποίο παρέχει δυνατότητα εξαγωγής των γεωμετρικών μοντέλων με διαφορετικό σύστημα αξόνων. Για την εξαγωγή αρχείων με διαφορετικό σύστημα αξόνων, επιλέγεται πρώτα το γεωμετρικό μοντέλο και έπειτα το πλήκτρο Arc Rotate από τα χειριστήρια πλοήγησης των παραθύρων προβολής που βρίσκεται στο κάτω δεξιά μέρος του περιβάλλοντος εργασίας του 3D Studio Max 9. Στη συνέχεια επιλέγεται ένα παράθυρο προβολής, κατά προτίμηση το παράθυρο προοπτικής προβολής (perspective), και περιστρέφεται όλο το γεωμετρικό μοντέλο με τέτοιο τρόπο ώστε οι άξονες να συμπίπτουν με του άξονες του Virtools 4 δηλαδή ο κατακόρυφος άξονας να είναι ο y. Τέλος από το Utilities Panel του πάνελ εντολών (πάνω δεξιά) επιλέγεται το πλήκτρο Reset X Form και έπειτα το Reset Selected. Με τον τρόπο αυτό αλλάζει το τοπικό σύστημα συντεταγμένων και πλέον όταν γίνει η εξαγωγή του γεωμετρικού μοντέλου και εισαγωγή στο Virtools 4, το σύστημα αξόνων θα συμπίπτει με αυτό του Virtools 4.



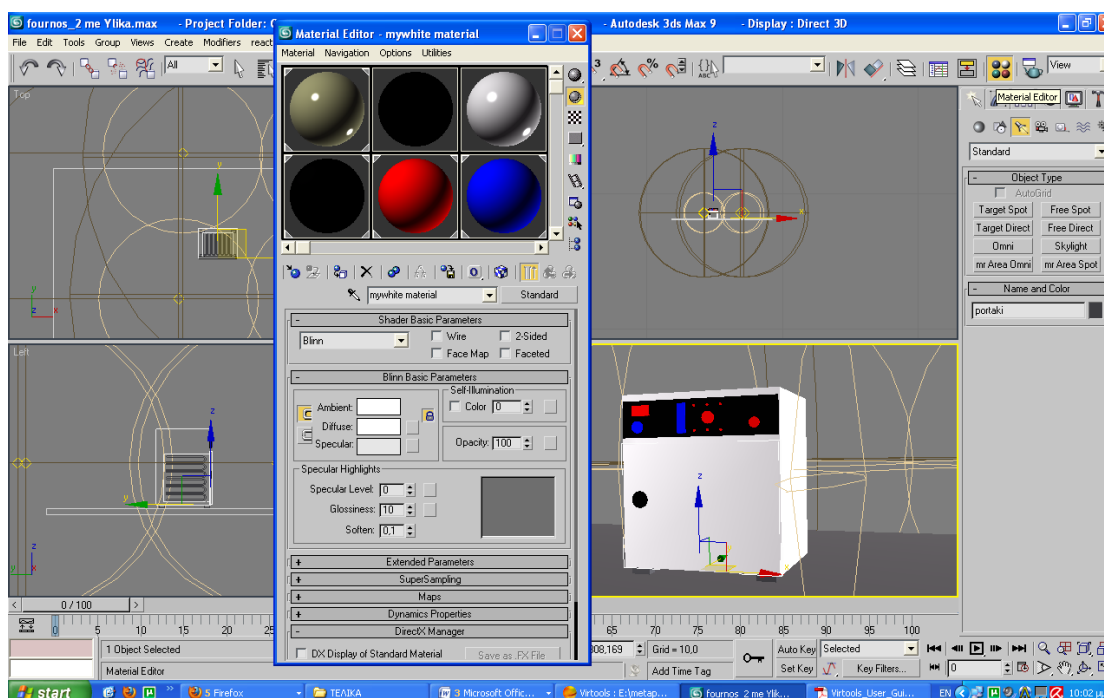
Εικόνα 7.1 Η διαδικασία μετατροπής του τοπικού συστήματος συντεταγμένων για το γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini

7.3.2 Δημιουργία υλικών και απόδοση υφών στα γεωμετρικά μοντέλα

Η σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων έγινε χωρίς να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά υλικά για τα επιμέρους τμήματα (μοχλοί, κουμπιά, κουβάδες και χερούλια) τόσο του φούρνου όσο και του MK-Mini. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κατά την εισαγωγή τους στο υπό ανάπτυξη Εικονικό Περιβάλλον στο Virtools 4 να εμφανίζονται με ένα ενιαίο χρώμα γκριζας απόχρωσης. Για την διόρθωση του συγκεκριμένου προβλήματος είναι διαθέσιμες δύο λύσεις. Η πρώτη λύση είναι να αποδοθούν υλικά είτε με τη χρήση Building Blocks της κατηγορίας Materials-Textures είτε να προστεθούν έτοιμα υλικά που παρέχει το λογισμικό από την κατηγορία Materials του Virtools Resources και άνοιγμα του Material Setup για τροποποίηση τους για κάθε ξεχωριστό τμήμα των εικονικών μοντέλων. Ωστόσο η

λύση αυτή ακολουθήθηκε καθώς διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν κάποιες αδυναμίες. Σε πολλές περιπτώσεις το υλικό που αποδίδονταν σε ένα τμήμα επηρέαζε και το χρωματισμό των άλλων τμημάτων με αποτέλεσμα να απαιτείται η χρήση επιπρόσθετων Building Blocks. Πέραν του γεγονότος ότι είναι αρκετά πολύπλοκη η διαδικασία, αυξάνεται και ο υπολογιστικός φόρτος καθώς προστίθενται BBs με αποτέλεσμα να υπάρχει αυξημένος κίνδυνος η προσομοίωση να είναι αργή και η απόκριση να μην είναι η επιθυμητή. Ο παράγοντας αυτός έχει να κάνει με το FPS (Frame Per Second). Ο όρος frame rate αναφέρεται στο ρυθμό ανανέωσης των αλληπάλληλων εικόνων μίας οθόνης ανά δευτερόλεπτο. Αυτές οι εικόνες ονομάζονται frames (καρέ) και μετριοούνται ανά δευτερόλεπτο (frames per second ή fps). Το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται την εναλλαγή αυτή, όταν ο ρυθμός ανανέωσης των καρέ της οθόνης ανά δευτερόλεπτο βρίσκεται κάτω των 30. Για την επιτυχή προσομοίωση πρέπει το FPS να είναι πάνω από 30 ενώ για εμβύθιση απαιτείται τουλάχιστον 60. Όσο μεγαλύτερο είναι το FPS τόσο μεγαλύτερη και γρηγορότερη είναι η απόκριση του συστήματος. Για την μεγιστοποίηση του FPS πρέπει να ελαχιστοποιηθεί ο αριθμός των BBs που ενεργοποιούνται σε κάθε Frame. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι με τη χρησιμοποίηση BBs για την απόδοση των υλικών στα γεωμετρικά μοντέλα αυξάνεται ο υπολογιστικός φόρτος, μειώνεται ο αριθμός FPS και συνεπώς μειώνεται η απόκριση και η ταχύτητα της προσομοίωσης.

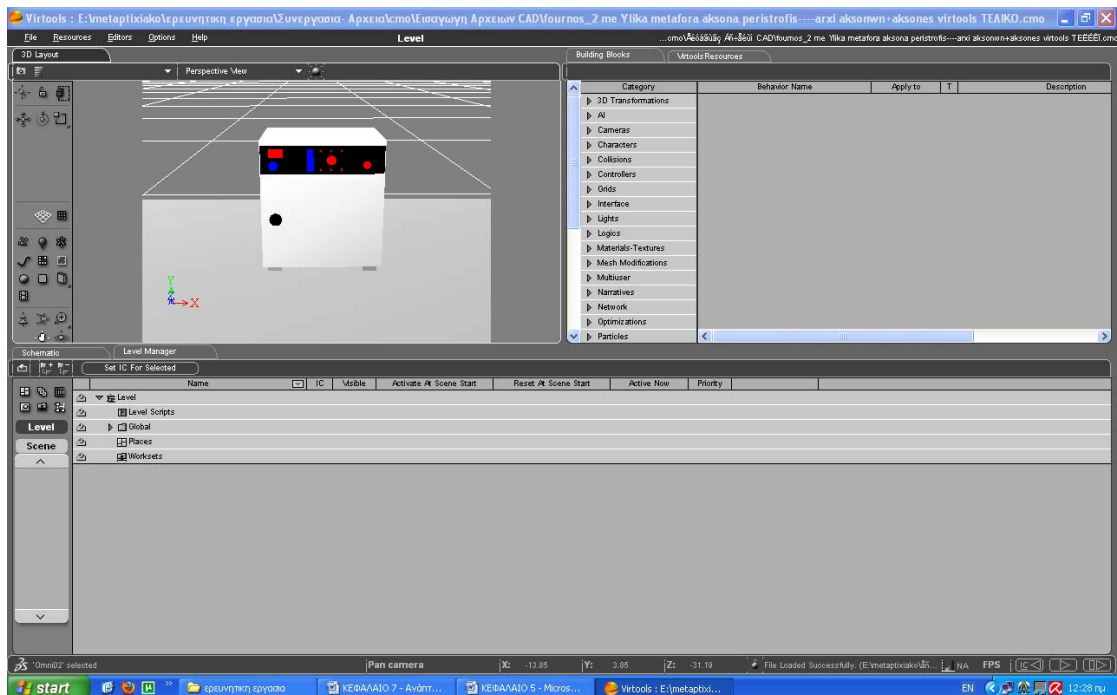
Η δεύτερη λύση η οποία προτείνεται και η οποία ακολουθήθηκε είναι η επιστροφή στο 3D Studio Max 9 και η δημιουργία υλικών για τα διάφορα τμήματα των γεωμετρικών μοντέλων. Η διαδικασία είναι απλή και ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει πολλά διαφορετικά υλικά. Αρχικά επιλέγεται το τμήμα του γεωμετρικού μοντέλου στο οποίο θα αποδοθεί το νέο υλικό (για παράδειγμα η πόρτα του φούρνου). Στη συνέχεια από τη βασική γραμμή εργαλείων στην κορυφή του περιβάλλοντος εργασίας του 3D Studio Max 9 (προς τα δεξιά) επιλέγεται το πλήκτρο Material Editor και εμφανίζεται ένα pop-up μενού το οποίο περιέχει όλες τις λεπτομέρειες για την δημιουργία υλικών (όνομα, χρώμα, βαθμός αδιαφάνειας, βαθμός γυαλάδας κ.α.). Μέσω του μενού αυτού δημιουργείται το επιθυμητό υλικό για το τμήμα του μοντέλου (στην προκειμένη περίπτωση για την πόρτα του φούρνου). Το υλικό που δημιουργήθηκε ονομάστηκε mywhitematerial, είχε άσπρο χρώμα, βαθμό αδιαφάνειας (opacity) 100 και ορισμένες άλλες ιδιότητες η παρουσίαση των οποίων δεν κρίνεται σκόπιμη. Με το πλήκτρο Assign Material to Selection από το Material Editor το υλικό αποδίδεται στην πόρτα. Με το ίδιο τρόπο δημιουργήθηκαν όλα τα υλικά ώστε τα γεωμετρικά μοντέλα να μπορούν πλέον να εισαχθούν στο Virtools 4 και να απεικονίζονται κανονικά τα διαφορετικά χρώματα των τμημάτων τους. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι για την πόρτα του MK-Mini η οποία είναι διαφανής υπάρχουν δύο τρόποι σχεδίασης. Ο πρώτος τρόπος που είναι και πιο απλός είναι αφού έχει δημιουργηθεί η πόρτα με δεξί κλικ πάνω στην πόρτα Object properties→General→Display properties και κλικ στην επιλογή See-through. Ο άλλος τρόπος ο οποίος χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα εργασία έχει να κάνει με τη δημιουργία νέου υλικού από το Material Editor όπως αναφέρθηκε και στην περίπτωση της πόρτας του φούρνου αλλά με χαρακτηριστικά τα οποία καθιστούν το υλικό αυτό και κατ' επέκταση την πόρτα διαφανή (Opacity 50, Glossiness 10, Specular Level 80, Soften 0.28). Ωστόσο κατά την εισαγωγή του MK-Mini στο Virtools 4 η πόρτα δεν απεικονίζεται ως διαφανής, Το πρόβλημα επιλύεται πατώντας δεξί κλικ πάνω στην πόρτα, Material Setup και από εκεί επιλέγεται Mode Transparent και η πόρτα πλέον είναι διαφανής.



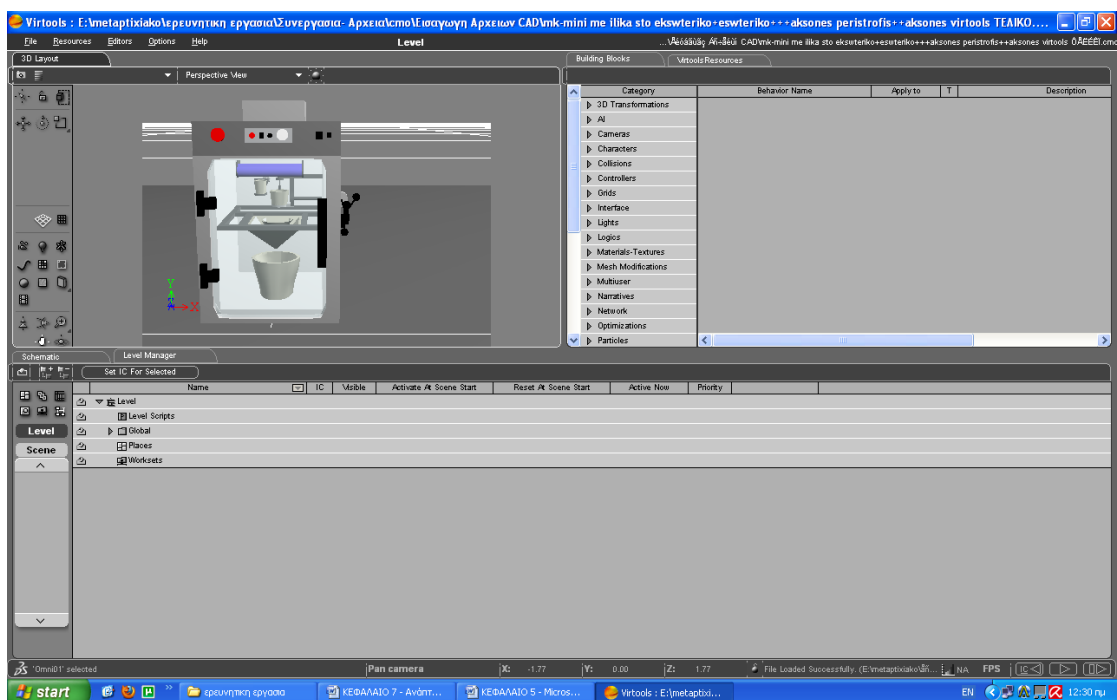
Εικόνα 7.2 Δημιουργία υλικού άσπρου χρώματος μέσω του Material Editor για την απόδοση του στην πόρτα του φούρνου

7.3.3 Τα τελικά γεωμετρικά μοντέλα στο Εικονικό Περιβάλλον

Μετά την επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά την εισαγωγή των γεωμετρικών μοντέλων, δημιουργούνται και αποθηκεύονται στο Virtools 4 Dev δύο αρχεία της μορφής .cmo. Το ένα αρχείο περιλαμβάνει το φούρνο και το άλλο αρχείο περιλαμβάνει το MK-Mini. Οι εικόνες 7.3 και 7.4 παρουσιάζουν τα εικονικά αυτά μοντέλα που περιλαμβάνονται στα δύο αρχεία μετά την εισαγωγή τους στο λογισμικό Εικονικής Πραγματικότητας και τα οποία αποτελούν την βάση του Εικονικού Περιβάλλοντος που πρόκειται να δημιουργηθεί. Τα αρχεία αυτά είναι αποθηκευμένα σε συγκεκριμένη τοποθεσία και με συγκεκριμένο όνομα μέσα στον υπολογιστή και ο χρήστης μπορεί να τα ανοίξει με την επιλογή File→Load Composition→ επιλογή αρχείου. Σε κάθε τροποποίηση που γινόταν στα αρχεία αυτά, δημιουργούνταν νέα αρχεία με την επιλογή File→Save As ώστε να υπάρχει δυνατότητα παρακολούθησης όλης της πορείας ανάπτυξης της εφαρμογής και επέμβασης σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια. Η φιλοσοφία αυτή ακολουθήθηκε σε όλα τα αρχεία που δημιουργήθηκαν σε όλες τις φάσεις ανάπτυξης του Εικονικού Περιβάλλοντος.



Εικόνα 7.3 Εισαγωγή του γεωμετρικού μοντέλου του φούρνου στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας Virtools 4 Dev



Εικόνα 7.4 Εισαγωγή του γεωμετρικού μοντέλου του MK-Mini στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας Virtools 4 Dev

7.4 Απόδοση χαρακτηριστικών κίνησης στα γεωμετρικά μοντέλα

Το επόμενο βήμα της ανάπτυξης απαιτεί την απόδοση κινηματικών χαρακτηριστικών στα κινούμενα μέρη των γεωμετρικών μοντέλων. Η μελέτη των ιδιοτήτων κίνησης και συμπεριφοράς γίνεται για κάθε επιμέρους τμήμα της εφαρμογής χωριστά, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά των επιμέρους γεωμετρικών μοντέλων που το συνθέτουν. Στη συνέχεια πρέπει να αποφασιστεί από το χρήστη, αν όλα τα χαρακτηριστικά κίνησης θα αναπαριστώνται στο Εικονικό Περιβάλλον. Συνήθως επιλέγονται να αναπαριστώνται τα πιο κρίσιμα χαρακτηριστικά κίνησης για κάθε εφαρμογή. Αυτό βέβαια δεν έχει την έννοια διευκόλυνσης του χρήστη, αφού συχνά τα κρίσιμα χαρακτηριστικά σε μια εφαρμογή είναι δυσκολότερο να αναπαρασταθούν στο Εικονικό Περιβάλλον. Η επιλογή της αναπαράστασης των κρίσιμων λειτουργιών σε μια εφαρμογή έχει τη έννοια της εστίασης της μελέτης στις λειτουργίες αυτές, ώστε να παρέχονται αποτελέσματα γρηγορότερα και πιο αξιόπιστα. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας αποτελεί εργαλείο παροχής πληροφοριών για διαδικασίες στη βιομηχανία. Για να είναι αποδοτικό το εργαλείο αυτό, πρέπει να μπορεί να προσαρμόζεται στα δεδομένα κάθε προβλήματος και να δίνει αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ο χρήστης λοιπόν πρέπει να αποφασίζει στη μελέτη που κάνει σε κάθε εφαρμογή, ποια είναι τα κρίσιμα σημεία και τι δεν επηρεάζει σημαντικά την μελέτη. Η φιλοσοφία αυτή διέπει και την παρούσα εφαρμογή, ώστε να μπορέσει να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα από τη χρήση της τεχνολογίας της ΕΠ σε συνδυασμό με την τεχνολογία Ταχείας Παραγωγής Εργαλείων.

Όσον αφορά το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου, αυτό που θεωρείται κρίσιμο σημείο για την προσομοίωση της λειτουργίας του είναι απλά το άνοιγμα και το κλείσιμο της πόρτας του. Η πόρτα είναι και το μόνο κινούμενο μέρος του φούρνου και συνεπώς σε αυτό εστιάζεται όλη η προσομοίωση.

Το γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini είναι πολύ πιο σύνθετο και πολύπλοκο και περιλαμβάνει αρκετά κινούμενα μέρη με διαφορετικές λειτουργίες. Η διαφανής πόρτα και σε αυτήν την περίπτωση θεωρείται ως κρίσιμο σημείο και είναι απαραίτητο να αποδοθούν χαρακτηριστικά κίνησης για το άνοιγμα-κλείσιμό της. Επιπλέον στο δεξιό μέρος του MK-Mini, εξωτερικά, υπάρχουν 3 μοχλοί οι οποίοι ενεργοποιούν διαδικασίες απαραίτητες για την λειτουργία της συσκευής και την παραγωγή των πρωτοτύπων. Η απόδοση χαρακτηριστικών κίνησης των μοχλών αυτών κρίνεται απαραίτητη. Τέλος, εσωτερικά βρίσκονται τα δύο δοχεία (Α και Β) με τα υλικά τα οποία αναμιγνύονται και προκύπτουν τα πρωτότυπα και τα εργαλεία. Το δοχείο Α περιστρέφεται αριστερόστροφα και το υλικό το οποίο περιέχει χύνεται στο δοχείο Β. Το δοχείο Β με τη σειρά του περιστρέφεται προς τα εμπρός και το μίγμα πέφτει στο χωνί μέσω του οποίου καταλήγει στο καλούπι το οποίο στηρίζεται στον κουβά που είναι στο κάτω μέρος του εσωτερικού του MK-Mini. Τα χαρακτηριστικά κίνησης των δύο δοχείων είναι απαραίτητο να αποδοθούν σε αυτά.

7.4.1 Διαδικασία ορισμού κίνησης για τα εικονικά μοντέλα

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητη η περιγραφή της διαδικασίας για τον ορισμό των χαρακτηριστικών κίνησης, που περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο, για κάθε αντικείμενο του εικονικού περιβάλλοντος. Τα βήματα που ακολουθούνται στη διαδικασία αυτή είναι ίδια για όλα τα αντικείμενα. Επιλέγονται όμως

διαφορετικές ρυθμίσεις σε κάθε βήμα, ώστε να αποδίδονται στα γεωμετρικά μοντέλα τα ειδικά για αυτά χαρακτηριστικά κίνησης.

Ο θεμελιώδης μηχανισμός που παρέχει το Virtools 4 Dev για την απόδοση χαρακτηριστικών συμπεριφοράς στα εικονικά μοντέλα είναι τα Building Blocks (BBs) και τα Behavior Graphs (BGs) τα οποία αποτελούν ένα συνδυασμό BBs και άλλων παραμέτρων. Για την απόδοση των χαρακτηριστικών κίνησης σε όλα τα κινούμενα μέρη των εικονικών μοντέλων που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο χρησιμοποιήθηκε ένα συγκεκριμένο Behavior Graph. Η διαδικασία είναι ίδια για όλα τα κινούμενα μέρη καθώς όλα τα BBs και BGs αποδίδονται με τον ίδιο τρόπο και γίνεται ως εξής:

- Επιλέγεται το τμήμα στο οποίο πρόκειται να αποδοθεί ένα BB ή BG από το Lever Manager
- Επιλέγεται είτε το επιθυμητό BB από τις διάφορες κατηγορίες των Building Blocks είτε το επιθυμητό BG από τις διάφορες κατηγορίες των Virtools Resources τα οποία βρίσκονται στο πάνω δεξιά τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας του Virtools 4 Dev.
- Το BB ή BG με τη λειτουργία drag and drop σέρνεται πάνω στο τμήμα που έχει επιλεγεί και ανοίγει αυτόματα το παράθυρο με τις ειδικές ρυθμίσεις για το κάθε BB ή BG.
- Ένα άλλος εναλλακτικός τρόπος είναι να επιλεγεί το BB ή BG, να συρθεί και να εισαχθεί μέσω του 3D Layout απευθείας πάνω στο τμήμα στο οποίο ο χρήστης επιθυμεί να το αποδώσει. Το τμήμα αυτό εμφανίζεται με κίτρινο περίγραμμα και συνεπώς ο χρήστης εύκολα μπορεί να το ξεχωρίσει. Τέλος κατά την ανάπτυξη σεναρίων που θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα, μπορούν να συρθούν κατευθείαν στο σενάριο του γεωμετρικού μοντέλου που αναπτύσσεται μέσω του Schematic.

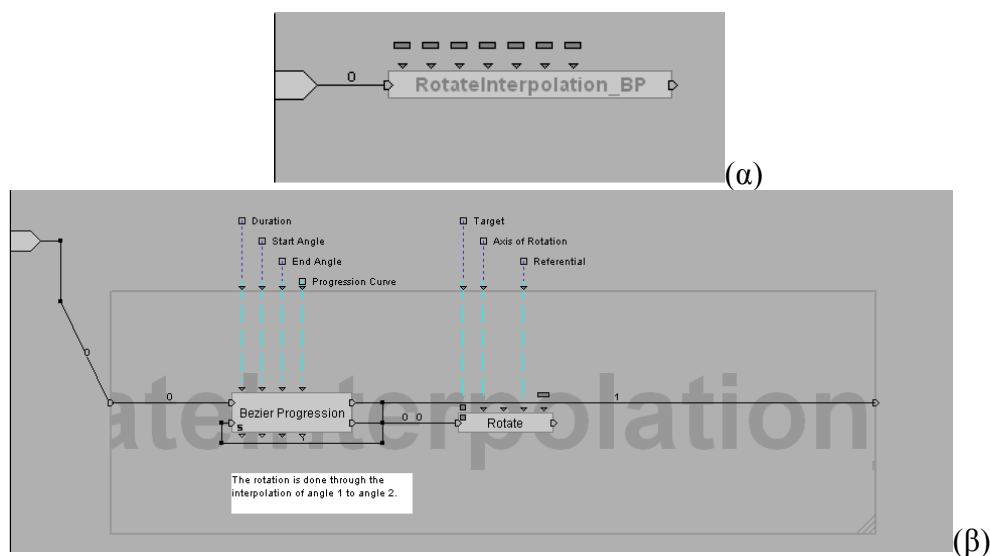
Το Virtools 4 Dev παρέχει μεγάλο αριθμό BB και BG για την απόδοση χαρακτηριστικών κίνησης σε εικονικά μοντέλα. Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

1. Building Blocks → 3D Transformation → Basic → **Rotate**
2. Building Blocks → 3D Transformation → Basic → **Rotate Around**
3. Building Blocks → 3D Transformation → Movement → **Move To**
4. Virtools Resources → Behavior Graphs → Interpolation → **Rotate Interpolation_BP**

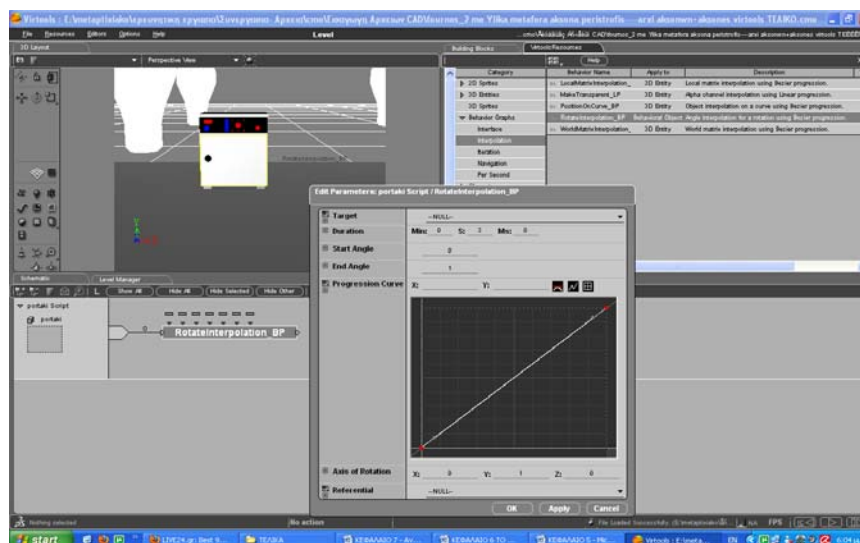
Τα τρία πρώτα είναι BBs και μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα οποιαδήποτε τρισδιάστατο αντικείμενο (3D Entity). Το Rotate BB χρησιμοποιείται για την απλή περιστροφή ενός τρισδιάστατου αντικειμένου. Το Rotate Around BB χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός τρισδιάστατου αντικειμένου γύρω από ένα άλλο οποιοδήποτε αντικείμενο το οποίο θα οριστεί και περιλαμβάνει περισσότερες δυνατότητες σε σχέση με το προηγούμενο BB. Το Move To BB κάνει ένα τρισδιάστατο αντικείμενο να κινηθεί προς μία προκαθορισμένη θέση. Πρέπει να σημειωθεί ότι πέρα από τα παραπάνω BBs που είναι για γενικά χαρακτηριστικά κίνησης, υπάρχουν και άλλα τα οποία είναι πιο εξειδικευμένα. Για παράδειγμα στην κατηγορία Characters → Movement που περιλαμβάνει BBs ειδικά για την απόδοση κίνησης σε ψηφιακά ανθρωποειδή.

Στην προσομοίωση των κινούμενων τμημάτων του φούρνου και του MK-Mini, επιλέχθηκε το Behavior Graph Rotate Interpolation_BP. Αποτελείται από δύο BBs Bezier Progression και BB Rotate BB, 7 εισόδους παραμέτρων και 1 έξοδο. Το

συγκεκριμένο εφαρμόζεται στην ευρύτερη κατηγορία BeObject (δηλαδή σε οποιοδήποτε αντικείμενο μπορεί να εφαρμοστεί μία συμπεριφορά) και παρέχει μεγαλύτερες δυνατότητες απόδοσης κίνησης σε σχέση με όλα τα προηγούμενα.



Εικόνα 7.5 (α) Συνεπτυγμένη μορφή RotateInterpolation_BP στο Schematic **(β)**
Ανεπτυγμένη μορφή RotateInterpolation_BP στο Schematic



Εικόνα 7.6 Διαδικασία απόδοσης RotateInterpolation_BP στην πόρτα του φούρνου

7.5 Δημιουργία σεναρίων λειτουργίας των γεωμετρικών μοντέλων

Τα ολοκληρωμένα εικονικά μοντέλα πρέπει να περιλαμβάνουν τα σενάρια λειτουργίας τα οποία είναι απαραίτητα για την προσομοίωση της λειτουργίας τους στο Εικονικό Περιβάλλον. Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει τα σενάρια λειτουργίας του φούρνου και του MK-Mini τα οποία πρέπει να δημιουργηθούν ώστε να επιτευχθεί η προσομοίωση της λειτουργίας τους. Το σενάριο λειτουργίας του φούρνου είναι απλό και περιορίζεται στο άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του με τη χρήση του ποντικιού (δεξί κλικ). Το σενάριο λειτουργίας του MK-Mini είναι πιο πολύπλοκο και περιλαμβάνει αφενός το άνοιγμα – κλείσιμο της διαφανής πόρτας και

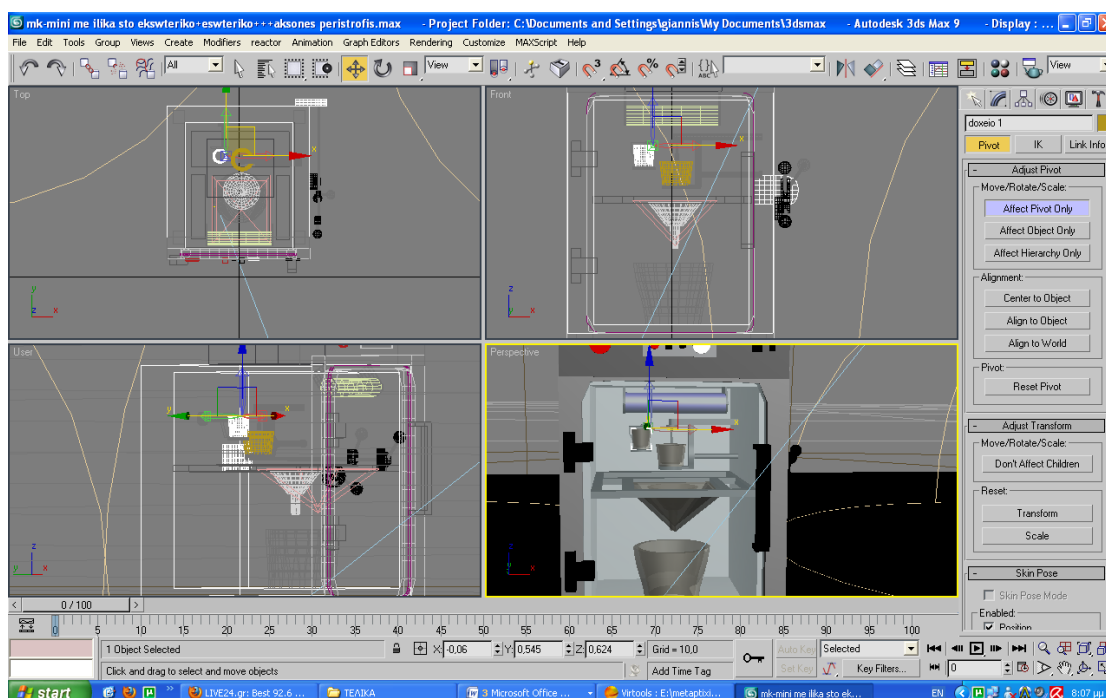
αφετέρου το συνδυασμό της κίνησης των 3 μοχλών που βρίσκονται στο πλαϊνό μέρος του με την κίνηση των 2 δοχείων που περιέχουν τα συστατικά του μίγματος. Τα κινούμενα μέρη και στο MK-Mini ενεργοποιούνται με τη χρήση του ποντικιού (δεξί κλικ).

7.5.1 Άξονες περιστροφής εικονικών μοντέλων

Τα σενάρια λειτουργίας της παρούσας εφαρμογής περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την περιστροφή αντικειμένων γύρω από κάποιους συγκεκριμένους άξονες. Είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ο τρόπος με τον οποίο καθορίστηκαν οι άξονες αυτοί καθώς μπορεί δημιουργηθούν προβλήματα κατά την απόδοση των χαρακτηριστικών κίνησης και περιστροφής. Η παρατήρηση αυτή εντοπίστηκε κατά την σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων στο 3D Studio Max 9. Τα κινούμενα μέρη σχεδιάστηκαν ως ξεχωριστά τμήματα ώστε να μπορούν να τους αποδοθούν χαρακτηριστικά κίνησης. Ωστόσο παρατηρήθηκε ότι στα τμήματα αυτά δημιουργούνταν αυτόματα από το λογισμικό οι άξονες συμμετρίας τους ως τοπικό σύστημα συντεταγμένων κάτι που είναι απόλυτα λογικό. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως οι άξονες συμμετρίας δεν συμπίπτουν με τους άξονες με βάση τους οποίους θα αποδοθούν τα χαρακτηριστικά κίνησης. Για παράδειγμα η πόρτα του φούρνου και του MK-Mini πρέπει να περιστρέφεται γύρω από το άκρο της και όχι γύρω από τον άξονα συμμετρίας της που βρίσκεται στο μέσο της.

Για την αποφυγή προβλημάτων κατά την δημιουργία των σεναρίων λειτουργίας επιλέχθηκε η μεταφορά των αξόνων συμμετρίας στη θέση των αξόνων περιστροφής. Η διαδικασία αυτή έγινε στο 3D Studio Max 9 και υλοποιείται με τον παρακάτω τρόπο. Επιλέγεται το τμήμα με τον άξονα που πρόκειται να μεταφερθεί σε άλλη θέση. Από τα πάνελ εντολών στο πάνω αριστερά τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας επιλέγεται το Hierarchy Panel. Από το Hierarchy Panel → Pivot → Affect Pivot Only και στη συνέχεια με δεξί κλικ στο ποντίκι και την επιλογή Move μεταφέρεται ο άξονας στο επιθυμητό σημείο ώστε να συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής. Η συγκεκριμένη ενέργεια έγινε για τους άξονες όλων των κινούμενων τμημάτων των εικονικών μοντέλων (πόρτα φούρνου, πόρτα MK-Mini, δοχείο A και B και μοχλοί).

Στο σημείο αυτό βέβαια πρέπει να σημειωθεί κάτι που εντοπίστηκε κατά την μελέτη των δυνατοτήτων του Virtools 4 Dev. Το λογισμικό παρέχει έτοιμα BBs τα οποία έχουν να κάνουν με την αλλαγή των αξόνων αναφοράς των τρισδιάστατων αντικειμένων. Από τα Building Block → Mesh Modification → Local Deformation → Change Referential δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να αλλάξει τους άξονες αναφοράς ενός αντικειμένου ορίζοντας ως νέους άξονες αναφοράς τους άξονες ενός άλλου αντικειμένου. Δημιουργώντας για παράδειγμα ένα 3D Frame στο άκρο της πόρτας και με τη χρήση του παραπάνω BB θα μπορούσε να δημιουργηθεί το σενάριο για το άνοιγμα και το κλείσιμό της χωρίς πρόβλημα. Το μόνο μειονέκτημα θα ήταν ότι θα δημιουργούνταν πολύπλοκα σενάρια λειτουργία με αυτήν την επιλογή.



Εικόνα 7.7 Μεταφορά του άξονα συμμετρίας του δοχείου A του MK-Mini ώστε να ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής με τη χρήση του 3D Studio Max 9

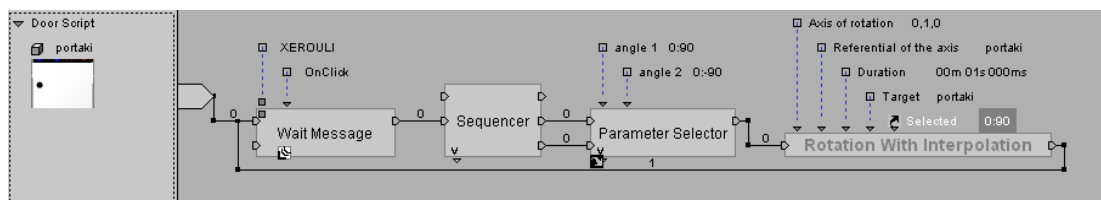
7.5.2 Σενάρια λειτουργίας του φούρνου MKT-1

Ο φούρνος MKT-1 αποτελεί το ένα από τα δύο εικονικά μοντέλα η λειτουργία των οποίων πρόκειται να προσομοιωθεί στο Εικονικό Περιβάλλον. Το σενάριο λειτουργίας του περιλαμβάνει το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του με τη χρήση του ποντικιού. Συγκεκριμένα στόχος είναι πατώντας ένα αριστερό κλικ του ποντικιού η πόρτα να ανοίγει μέχρι την τελική θέση και με άλλο ένα αριστερό κλικ (αφού έχει ανοίξει) να κλείνει. Το σενάριο λειτουργίας αποτελείται από ένα σύνολο BBs και BGs με κατάλληλη σύνδεση μεταξύ τους μέσω διαφόρων παραμέτρων. Η μέθοδος με την οποία τα BBs και BGs αποδίδονται στα διάφορα αντικείμενα όπως η πόρτα στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η πιο απλή. Μέσω της λειτουργίας drag and drop σέρνονται πάνω στο αντικείμενο το οποίο εμφανίζεται με κίτρινο περίγραμμα ενώ η επεξεργασία και η σύνδεση μεταξύ τους γίνεται μέσω του Schematic.

Τα βήματα για τη δημιουργία του σεναρίου για το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας είναι τα εξής:

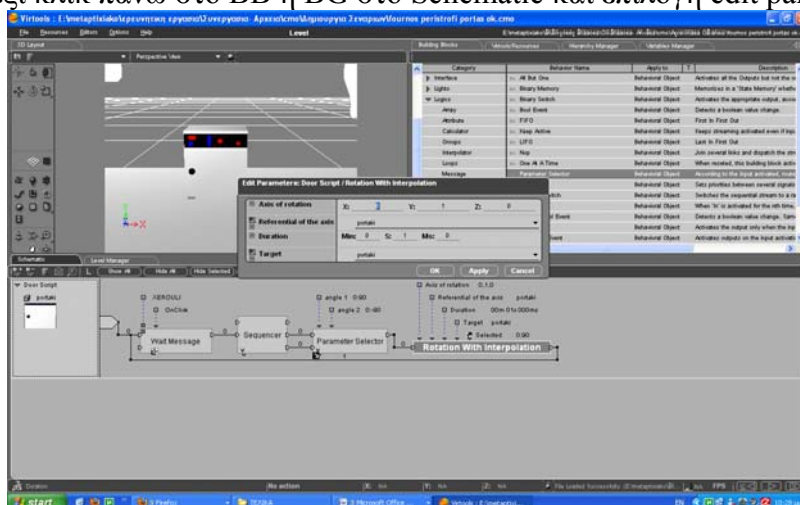
1. Άνοιγμα αρχείου .cno που περιλαμβάνει το εικονικό μοντέλο του φούρνου
2. Επιλογή στο 3D Layout της πόρτας
3. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Message → **Wait Message BB**
4. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Sequencer**
5. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Parameter Selector**
6. Εισαγωγή (drag and drop) Virtools Resources → Behavior Graphs → Interpolation → **Rotate Interpolation_BP**
7. Ορισμός παραμέτρων εισόδου των BBs και BG

8. Καθορισμός ιεραρχίας κινούμενων αντικειμένων
9. Ορισμός αρχικών συνθηκών



Εικόνα 7.8 Το σενάριο λειτουργίας για το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του φούρνου MKT-1

Μετά την εισαγωγή των τριών BBs και του BG που αποτελούν το σενάριο λειτουργίας πρέπει να γίνει η σύνδεση μεταξύ τους και να οριστούν οι παράμετροι εισόδου τους (τα λεγόμενα pIns - Parameter Inputs στο πάνω μέρος). Το Wait Message BB χρησιμοποιείται ώστε να οριστεί το πότε και με πιο τρόπο η πόρτα θα πάρει εντολή να ανοίξει. Ορίζεται ως τρόπος η επιλογή OnClick που σημαίνει με ένα κλικ του ποντικιού και ως Target το 'XEROULI' που είναι η ονομασία που έχει το χερούλι της πόρτας μέσα στο Εικονικό Περιβάλλον. Στην συνέχεια συνδέεται με την είσοδο του Sequencer BB το οποίο εξασφαλίζει την δυνατότητα επανάληψης του σεναρίου κάθε φορά που ενεργοποιείται η είσοδός του. Οι δύο εξοδοί του συνδέονται με τις δύο εισόδους του Parameter Selector BB το οποίο καθορίζει ανάλογα με την είσοδο που θα ενεργοποιηθεί πια από τις δύο παραμέτρους εισόδους (γωνία 90 και -90) θα ενεργοποιηθεί και συνεπώς αν θα ανοίξει ή αν θα κλείσει η πόρτα. Τέλος η έξοδος του συνδέεται με την είσοδο του Behavior Graph Rotate Interpolation στο οποίο ορίζονται όλες οι παράμετροι εισόδου που έχουν να κάνουν με την κίνηση της πόρτας. Ορίζεται ως άξονας περιστροφής ο άξονας y (τιμή 0,1,0) και το τοπικό σύστημα συντεταγμένων της πόρτας (portaki) που έχει μεταφερθεί στο άκρο της ορίζεται ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ενώ η πόρτα αποτελεί και τον στόχο (Target). Η διάρκεια της κίνησης ορίζεται 1 sec.Ολοκληρώνοντας την σύνδεση των BBs και BG απαιτείται η σύνδεση της εξόδου του Rotate Interpolation με την είσοδο του Wait Message για λόγους ανατροφοδότησης. Οι παράμετροι εισόδου για το κάθε BB και BG βρίσκονται στο πάνω μέρος και για την επεξεργασία τους απαιτείται δεξί κλικ πάνω στο BB ή BG στο Schematic και επιλογή edit parameter.



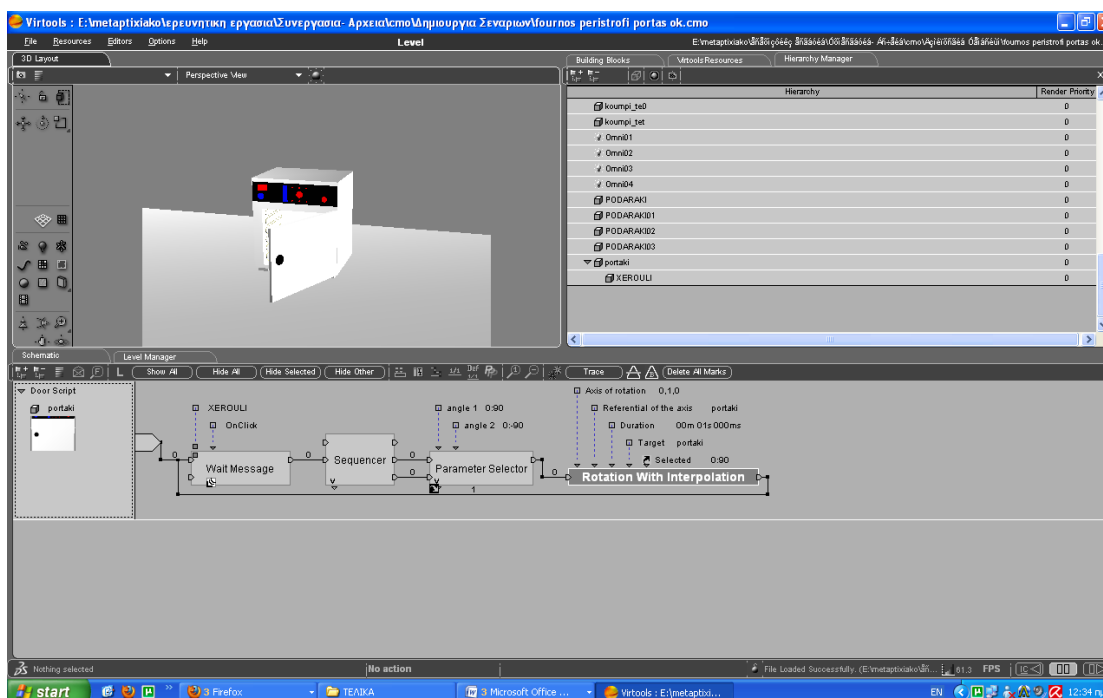
Εικόνα 7.9 Εισαγωγή παραμέτρων εισόδου (pIns) στο BG Rotate Interpolation

Η δημιουργία του σεναρίου φαίνεται να έχει ολοκληρωθεί. Ωστόσο τρέχοντας τη σύνθεση πατώντας το Play από την γραμμή εργαλείων Status Bar στο κάτω δεξί τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας, διαπιστώνεται ότι δεν προκύπτει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστούν δύο σημεία στα οποία πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση κατά τη δημιουργία σεναρίων λειτουργίας.

Το πρώτο σημείο είναι η ιεραρχία των κινούμενων αντικειμένων. Η ιεραρχία είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον καθορισμό της συμπεριφοράς και των σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων. Για παράδειγμα σε ένα μηχανισμό, που υπάρχει ένα ακίνητο και ένα κινούμενο μέρος, το κινούμενο μέρος πρέπει να τοποθετηθεί χαμηλότερα στην ιεραρχία. Με τον τρόπο αυτό λαμβάνει τις ιδιότητες του ακίνητου μέρους, λόγω ιεραρχίας και μπορούν επιπλέον να οριστούν οι επιμέρους ιδιότητες κίνησης που έχει. Αν η ιεραρχία ήταν ανάποδα δεν θα μπορούσαν να διαχωριστούν τα χαρακτηριστικά των δύο διαφορετικών τμημάτων στο προαναφερθέν παράδειγμα. Γενικά λοιπόν η ιεραρχία πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα αντικείμενα με τους λιγότερους βαθμούς ελευθερίας σε κάθε επιμέρους τμήμα της εφαρμογής να τοποθετούνται ψηλότερα στην ιεραρχία. Για τον λόγο αυτό όλα τα κινούμενα τμήματα της παρούσας εφαρμογής σχεδιάστηκαν ως μεμονωμένες οντότητες ενώ τα ακίνητα τοποθετήθηκαν ψηλότερα στην ιεραρχία. Η ιεραρχία μεταξύ αντικειμένων μπορεί να αλλάξει μέσα στο λογισμικό Virtools 4 Dev. Η διαδικασία είναι εύκολη για την τοποθέτηση αντικειμένων χαμηλότερα στην ιεραρχία. Ωστόσο για την τοποθέτηση αντικειμένων ψηλότερα στην ιεραρχία υπάρχουν πολλοί περιορισμοί και σε αρκετές περιπτώσεις δεν είναι εφικτή η δημιουργία της επιθυμητής ιεραρχίας. Είναι προφανές λοιπόν ότι για να κινηθεί το χερούλι της πόρτας μαζί με την πόρτα προς την ίδια πορεία, καθώς έχει σχεδιαστεί ως ξεχωριστό τμήμα, πρέπει να είναι τοποθετημένο χαμηλότερα στην ιεραρχία. Η διαδικασία τοποθέτησης του χερουλιού χαμηλότερα στην ιεραρχία από την πόρτα είναι απλή και είναι η ακόλουθη. Από την γραμμή εργαλείων Menu Bar στην κορυφή του περιβάλλοντος εργασίας Editor → Hierarchy Manager ο οποίος εμφανίζεται στο πάνω δεξιά τμήμα του interface. Εκεί απεικονίζονται όλα τα αντικείμενα του Εικονικού Περιβάλλοντος. Στην προκειμένη περίπτωση όλα τα αντικείμενα που αποτελούν το φούρνο. Επιλέγοντας το χερούλι με την ονομασία 'XEROULI' με την λειτουργία drag and drop το τοποθετούμε πάνω στην πόρτα που έχει την ονομασία 'portaki'. Αυτομάτως το χερούλι καθίσταται ιεραρχικά κατώτερο της πόρτας και σύμφωνα με τις έννοιες του λογισμικού αποτελεί 'παιδί' (child) της πόρτας. Με τον τρόπο αυτό οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά κίνησης της πόρτας αποτελούν και ιδιότητες και χαρακτηριστικά κίνησης του χερουλιού. Έχοντας ολοκληρώσει όλα τα παραπάνω στάδια το σενάριο λειτουργίας της πόρτας έχει ολοκληρωθεί και πλέον η πόρτα ανοίγει και κλείνει με το πάτημα ενός κλικ του ποντικιού. Η διαδικασία για την δημιουργία των σεναρίων λειτουργίας των κινούμενων τμημάτων του MK-Mini είναι παρόμοια.

Το δεύτερο και τελικό σημείο της δημιουργίας του σεναρίου είναι οι αρχικές συνθήκες. Από το Level Manager πρέπει να οριστούν οι αρχικές συνθήκες (δεξιά κλικ πάνω στο όνομα του εικονικού μοντέλου και επιλογή Set Initial Conditions) για την πόρτα και το χερούλι πριν το τρέξιμο της εφαρμογής. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα να επανέρχονται όλα τα κινούμενα μέρη στην αρχική τους θέση. Εάν δεν οριστούν οι αρχικές συνθήκες, κάθε φορά που θα τρέχει το σενάριο, τα κινούμενα μέρη θα αρχίζουν να κινούνται από την τελική θέση στην οποία είχαν παραμείνει την τελευταία φορά. Το πλήκτρο IC κάτω δεξιά στην Status Bar αυτή ακριβώς την λειτουργία παρέχει ώστε να επανέρχονται οι αρχικές συνθήκες και συνεπώς οι αρχικές θέσεις των εικονικών μοντέλων με την προϋπόθεση ότι έχουν οριστεί. Οι

αρχικές συνθήκες περιλαμβάνουν όλες τις ιδιότητες που έχουν αποδοθεί σε ένα αντικείμενο από τη θέση μέσα στο Εικονικό Περιβάλλον έως και την ιεραρχία.



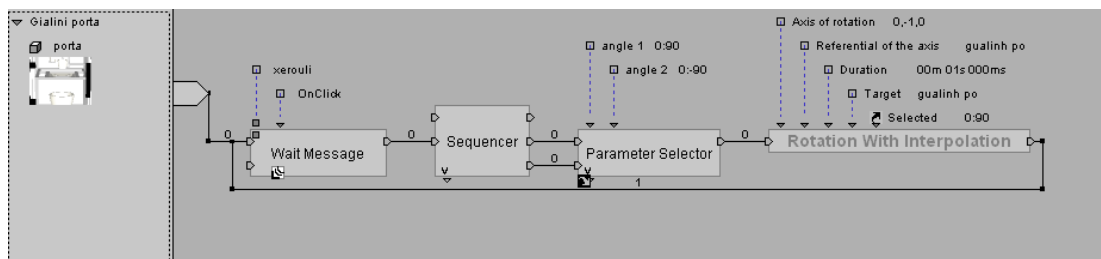
Εικόνα 7.10 Στιγμιότυπο κατά το άνοιγμα της πόρτας έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας της με αριστερό κλικ πάνω στο χερούλι και απεικόνιση του Hierarchy Manager πάνω δεξιά όπου το χερούλι είναι ιεραρχικά χαμηλότερα της πόρτας

7.5.3 Σενάρια λειτουργίας του MK-Mini

Το MK-Mini αποτελεί το δεύτερο εικονικό μοντέλο η λειτουργία του οποίου πρόκειται να προσομοιωθεί στο Εικονικό Περιβάλλον. Η λειτουργία του είναι αρκετά πολύπλοκη και για τον λόγο αυτό απαιτείται η δημιουργία πολλών διαφορετικών σεναρίων. Το πρώτο σενάριο όπως και στην περίπτωση του φούρνου αφορά το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του MK-Mini με τη χρήση του ποντικιού. Στη συνέχεια απαιτείται η δημιουργία τριών σεναρίων για την προσομοίωση της κίνησης των τριών μοχλών που βρίσκονται στο πλαϊνό τμήμα του MK-Mini. Τα σενάρια των μοχλών θα περιλαμβάνουν την κίνηση των μοχλών προς τα κάτω με ένα αριστερό κλικ του ποντικιού στο στρογγυλό άκρο τους και με ένα δεύτερο αριστερό κλικ την επιστροφή τους στην αρχική τους θέση. Τέλος πρέπει να δημιουργηθούν τα σενάρια της κίνησης των δοχείων A και B τα οποία θα ενεργοποιούνται σε συνδυασμό με τα σενάρια των δύο μοχλών η κίνηση των οποίων είναι υπεύθυνη για την περιστροφή των δύο δοχείων. Για παράδειγμα με αριστερό κλικ στο στρογγυλό άκρο του μοχλού 1, ο μοχλός κινείται προς τα κάτω και ταυτόχρονα περιστρέφεται το δοχείο A προς το δοχείο B ώστε το υλικό που περιλαμβάνει να αναμιχτεί με αυτό του δοχείου B.

• Σενάριο λειτουργίας πόρτας MK-Mini

Το σενάριο λειτουργίας για το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του MK-Mini περιλαμβάνει τα ίδια βήματα με το αντίστοιχο της πόρτας του φούρνου και χρησιμοποιούνται τα ίδια BBs και το ίδιο BG. Το μόνο στοιχείο που διαφοροποιούνται είναι οι παράμετροι εισόδου των BBs και του BG καθώς διαφοροποιούνται τα τμήματα της πόρτας και τα ονόματά τους.

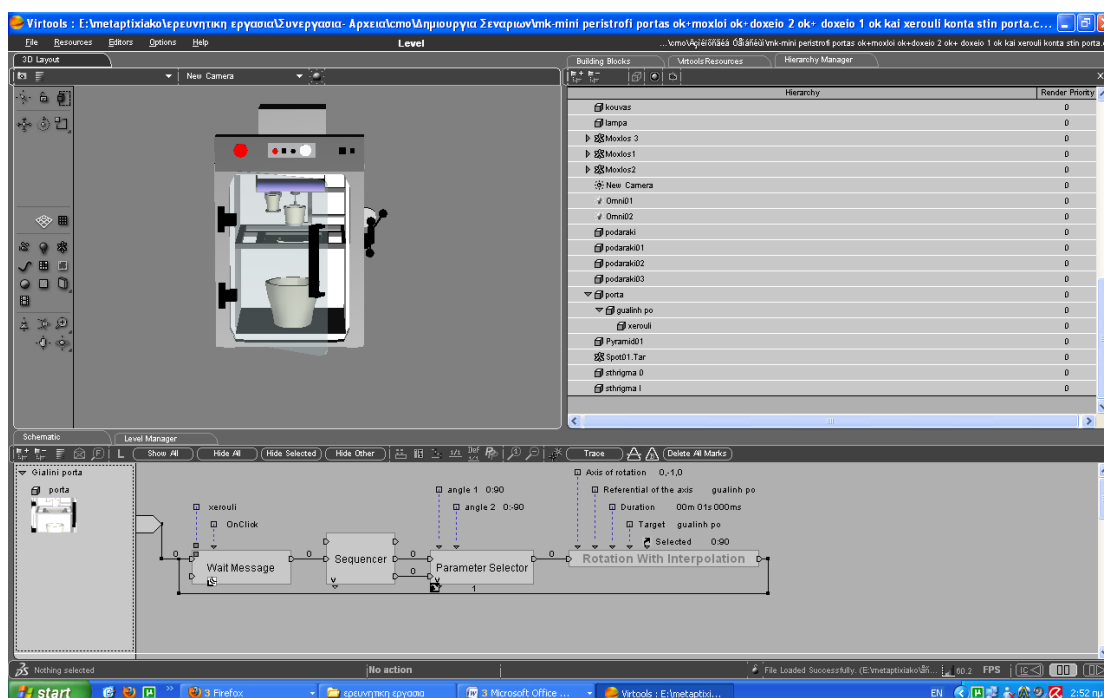


Εικόνα 7.11 Το σενάριο λειτουργίας για το άνοιγμα – κλείσιμο της γυάλινης πόρτας του MK-Mini

Η δημιουργία του σεναρίου περιλαμβάνει:

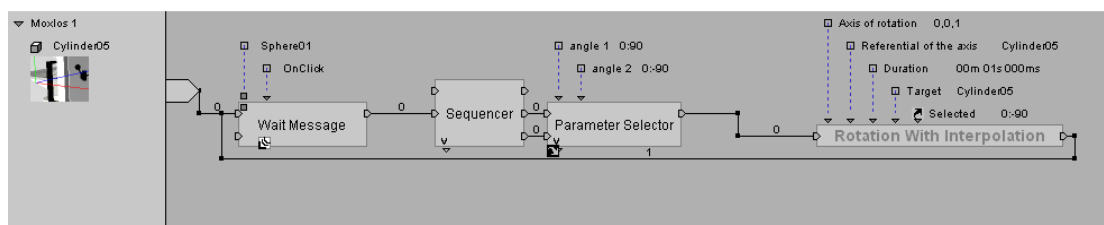
1. Άνοιγμα αρχείου .cmo που περιλαμβάνει το εικονικό μοντέλο του MK-Mini
2. Επιλογή στο 3D Layout της διαφανής γυάλινης πόρτας
3. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Message → **Wait Message BB**
4. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Sequencer**
5. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Parameter Selector**
6. Εισαγωγή (drag and drop) Virtools Resources → Behavior Graphs → Interpolation → **Rotate Interpolation_BP**
7. Ορισμός παραμέτρων εισόδου των BBs και BG
8. Καθορισμός ιεραρχίας κινούμενων αντικειμένων
9. Ορισμός αρχικών συνθηκών

Η βασική διαφορά σε σύγκριση με το αντίστοιχο σενάριο της πόρτας του φούρνου είναι ότι η πόρτα του MK-Mini ανοίγει αριστερόστροφα (κοιτάζοντας το 3D Layout) ενώ του φούρνου δεξιόστροφα. Για τον λόγο αυτόν η παράμετρος εισόδου του Rotate Interpolation που αφορά τον άξονα περιστροφής λαμβάνει την τιμή -1 στον άξονα y (0,-1,0) σε αντίθεση με την αντίστοιχη παράμετρο στο σενάριο του φούρνου που λαμβάνει την τιμή 1 στον άξονα y (0,1,0). Ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ορίζεται και σε αυτήν την περίπτωση το τοπικό σύστημα συντεταγμένων της πόρτας (gualini porta) που έχει μεταφερθεί στο άκρο της ενώ η πόρτα αποτελεί και τον στόχο (Target). Οι υπόλοιπες διαφοροποιήσεις έχουν να κάνουν με τα διαφορετικά τμήματα και ονόματα που αποτελούν την πόρτα (gualini porta) και το χερούλι (xerouli) ενώ οι παράμετροι του Parameter Selector που αφορούν τις γωνίες περιστροφής παραμένουν ίδιες. Τέλος η ιεραρχία και οι αρχικές συνθήκες καθορίζονται με το ίδιο τρόπο.



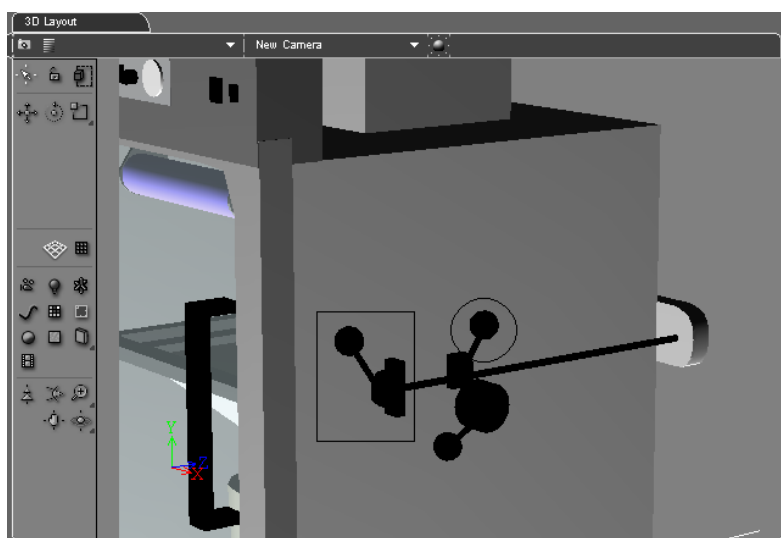
Εικόνα 7.12 Στιγμιότυπο κατά το άνοιγμα της γυάλινης πόρτας έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας της με αριστερό κλικ πάνω στο χερούλι και απεικόνιση του Hierarchy Manager πάνω δεξιά όπου το χερούλι είναι ιεραρχικά χαμηλότερα της πόρτας

- **Σενάριο λειτουργίας μοχλού 1**



Εικόνα 7.13 Το σενάριο λειτουργίας για την κίνηση του μοχλού 1

Το MK-Mini στο δεξί μέρος (κοιτάζοντας την γυάλινη πόρτα) έχει τρεις μοχλούς οι οποίοι ελέγχουν τις βασικές του λειτουργίες. Ως μοχλός 1 έχει οριστεί ο μοχλός που φαίνεται στην Εικόνα 7.14 να περιβάλλεται από ένα ορθογώνιο και ο οποίος ελέγχει την περιστροφή του δοχείου Α. Όταν ο μοχλός είναι στην πάνω θέση, το δοχείο βρίσκεται στην κανονική θέση. Κατεβάζοντας το μοχλό, το δοχείο περιστρέφεται αριστερόστροφα (κοιτάζοντας το μέσα από τη γυάλινη πόρτα) ώστε του συστατικό που περιλαμβάνει να αναμιχθεί με το συστατικό του δοχείου Β. Το σενάριο λειτουργίας του μοχλού 1 περιλαμβάνει την κίνηση αυτή από την πάνω θέση έως την κάτω, πατώντας ένα αριστερό κλικ του ποντικιού στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού ώστε να κατέβει ο μοχλός 1 και με ένα δεύτερο κλικ να επανέλθει στην αρχική του θέση. Η σύνδεση της κίνησής του με την περιστροφή του δοχείου Α σχετίζεται με το σενάριο λειτουργίας του δοχείου Α το οποίο παρουσιάζεται στην συνέχεια.



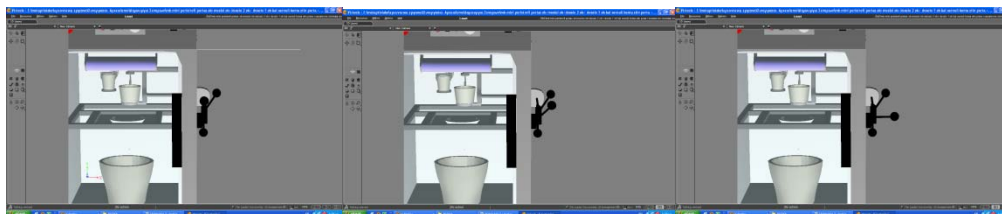
Εικόνα 7.14 Απεικόνιση μοχλών – Ο μοχλός 1 περιβάλλεται από ένα ορθογώνιο, ο μοχλός 2 από ένα κύκλο και ο μοχλός 3 δεν περιβάλλεται από τίποτα

Το βήματα για τη δημιουργία του σεναρίου του μοχλού 1 είναι αντίστοιχα με τα αυτά του σεναρίου για το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας.

1. Άνοιγμα αρχείου .cmo που περιλαμβάνει το εικονικό μοντέλο του MK-Mini
2. Επιλογή στο 3D Layout του μοχλού 1
3. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Message → **Wait Message BB**
4. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Sequencer**
5. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Parameter Selector**
6. Εισαγωγή (drag and drop) Virtools Resources → Behavior Graphs → Interpolation → **Rotate Interpolation_BP**
7. Ορισμός παραμέτρων εισόδου των BBs και BG
8. Καθορισμός ιεραρχίας κινούμενων αντικειμένων
9. Ορισμός αρχικών συνθηκών

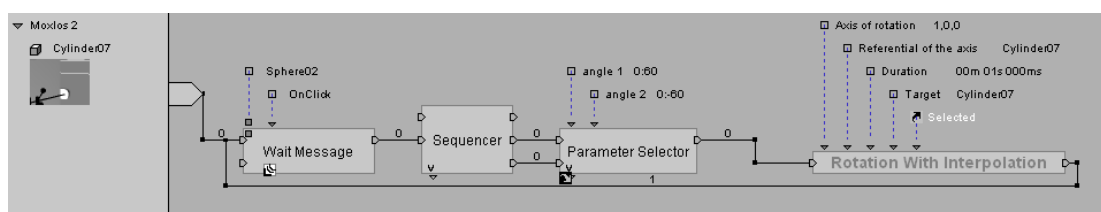
Οι βασικές διαφορές έχουν να κάνουν με τις παραμέτρους εισόδου των BBs και ιδιαίτερα του BG. Ο μοχλός έχει σχεδιαστεί να αποτελείται από τρία τμήματα. Το πρώτο κομμάτι έχει την ονομασία 'Moxlos 1' και είναι αντικείμενο της κατηγορία dummy που σημαίνει τεχνητό. Το δεύτερο είναι ο κύλινδρος που ξεκινάει από τη βάση και καταλήγει στο σφαιρικό άκρο και έχει την ονομασία 'Cylinder 05' και το τρίτο είναι το στρογγυλό άκρο με το όνομα 'Sphere 1'. Η τεχνική του dummy χρησιμεύει ώστε ο μοχλός να αναγνωρίζεται από το λογισμικό ως ένα ενιαίο κομμάτι χωρίς ωστόσο να είναι. Στο Wait Message BB ορίζεται ως παράμετρος εισόδου το σφαιρικό κομμάτι Sphere 1 έτσι ώστε με ένα κλικ του ποντικιού πάνω σε αυτό να ενεργοποιείται η κίνηση του μοχλού. Οι γωνίες του Parameter Selector παραμένουν ίδιες καθώς η κίνηση είναι από 90 έως -90 μοίρες. Οι παράμετροι εισόδου στο Rotate Interpolation BG διαφοροποιούνται αρκετά. Ορίζεται ως άξονας περιστροφής ο άξονας z (τιμή (0,0,1) καθώς η κίνηση είναι προς τα κάτω) και το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του 'Cylinder 5' ορίζεται ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ενώ το στοιχείο αποτελεί και τον στόχο (Target). Η διάρκεια της κίνησης παραμένει 1 sec όπως και σε όλες τις περιπτώσεις. Τέλος καθορίζεται η ιεραρχία των τμημάτων

(Moxlos 1 – Cylinder 05 – Sphere 1) με το σφαιρικό κομμάτι να είναι χαμηλότερα ιεραρχικά και ορίζονται οι αρχικές συνθήκες για τα τρία τμήματα του μοχλού.



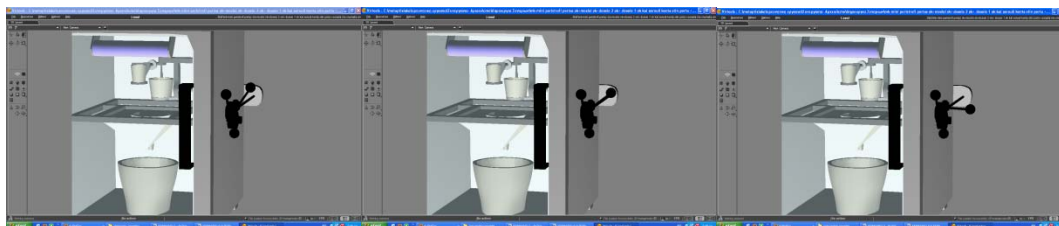
Εικόνα 7.15 Στιγμιότυπο αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης κατά το κατέβασμα του μοχλού 1 έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του και αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό κομμάτι

- **Σενάριο λειτουργίας μοχλού 2**



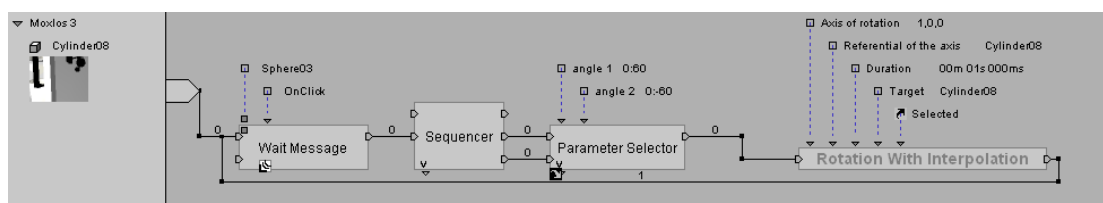
Εικόνα 7.16 Το σενάριο λειτουργίας για την κίνηση του μοχλού 2

Ο μοχλός 2 αποτελείται όπως και ο μοχλός 1 από τρία τμήματα και φαίνεται στην Εικόνα 7.14 καθώς περιβάλλεται από ένα κύκλο. Η λειτουργία του έχει να κάνει με τη βαλβίδα σταθεροποίησης του θαλάμου κενού και τη λειτουργία της αντλίας κενού. Το σενάριο λειτουργίας περιλαμβάνει την κίνηση του μοχλού από την πάνω θέση στην κάτω με αριστερό κλικ του ποντικιού πάνω στο σφαιρικό τμήμα του. Η αντλία κενού επηρεάζει την πίεση του αέρα στο εσωτερικό του θαλάμου δημιουργώντας συνθήκες μηδενικής πίεσης (κενό) και η λειτουργία της δεν προσομοιώθηκε στο Εικονικό Περιβάλλον. Η διαδικασία για την δημιουργία του σεναρίου λειτουργίας του μοχλού 2 είναι ίδια με του μοχλού 1. Οι μόνες διαφορές έχουν να κάνουν με τις παραμέτρους εισόδου. Στο Wait Message BB ορίζεται ως παράμετρος εισόδου το σφαιρικό κομμάτι Sphere 2 ενώ οι γωνίες του Parameter Selector περιορίζονται από 60 έως -60 μοίρες καθώς η κίνηση είναι μικρότερη. Επίσης στο Rotate Interpolation BG ορίζεται ως άξονας περιστροφής ο άξονας x (τιμή (1,0,0) καθώς η κίνηση είναι προς τα κάτω) και το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του στοιχείου 'Cylinder 07' ορίζεται ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ενώ το στοιχείο αποτελεί και τον στόχο (Target). Η διάρκεια της κίνησης παραμένει 1 sec. Τέλος καθορίζεται η ιεραρχία των τμημάτων (Moxlos 2 – Cylinder 07 – Sphere 2) με το σφαιρικό κομμάτι να είναι χαμηλότερα ιεραρχικά και ορίζονται οι αρχικές συνθήκες για τα τρία τμήματα του μοχλού.



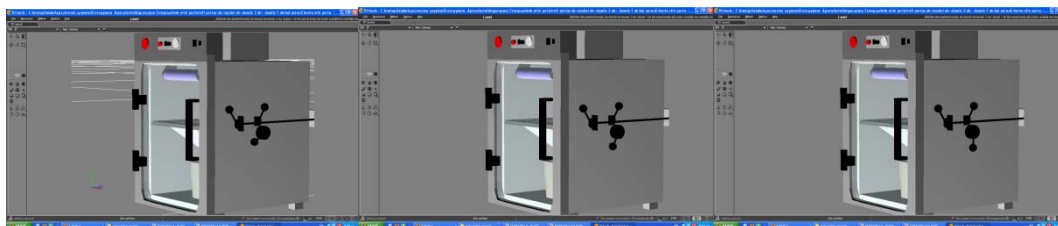
Εικόνα 7.17 Στιγμιότυπο αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης κατά το κατέβασμα του μοχλού 2 έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του και αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό κομμάτι

- **Σενάριο λειτουργίας μοχλού 3**



Εικόνα 7.18 Το σενάριο λειτουργίας για την κίνηση του μοχλού 3

Ο μοχλός 3 φαίνεται στην Εικόνα 7.14 και αποτελείται όπως και οι μοχλοί 1 και 2 από τρία τμήματα. Ο μοχλός 3 ελέγχει την περιστροφή του δοχείου B που περιέχει το μίγμα των συστατικών. Όταν είναι στην πάνω θέση το δοχείο βρίσκεται σε όρθια θέση. Μετά την ανάμιξη του μίγματος των συστατικών από το μίξερ, πρέπει το δοχείο να περιστραφεί με φορά προς την διαφανή πόρτα ώστε το μίγμα μέσω του τριγωνικού χωνιού στο κέντρο του εσωτερικού του MK-Mini να χυθεί μέσα στο καλούπι. Η περιστροφή αυτή του δοχείου B πραγματοποιείται με το μετακίνηση του μοχλού 3 στην κάτω θέση. Η μετακίνηση του μοχλού με την ταυτόχρονη περιστροφή του δοχείου B υλοποιείται με τη δημιουργία του σεναρίου για το δοχείο B. Το παρόν σενάριο αφορά μόνο την μετακίνηση του μοχλού 3 από την πάνω θέση έως την κάτω, πατώντας ένα αριστερό κλικ του ποντικού στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού ώστε να κατέβει ο μοχλός 3 και με ένα δεύτερο κλικ να επανέλθει στην αρχική του θέση. Είναι προφανές ότι η διαδικασία είναι ίδια με τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις. Οι διαφορές έχουν να κάνουν με τις παραμέτρους εισόδου. Στο Wait Message BB ορίζεται ως παράμετρος εισόδου το σφαιρικό κομμάτι Sphere 3 ενώ οι γωνίες του Parameter Selector είναι από 90 έως -90 μοίρες όπως στην περίπτωση του μοχλού 1. Επίσης στο Rotate Interpolation BG ορίζεται ως άξονας περιστροφής ο άξονας x (τιμή 1,0,0 καθώς η κίνηση είναι προς τα κάτω) και το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του στοιχείου 'Cylinder 08' ορίζεται ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ενώ το στοιχείο αποτελεί και τον στόχο (Target). Η διάρκεια της κίνησης παραμένει 1 sec. Τέλος καθορίζεται η ιεραρχία των τμημάτων (Moxlos 3 – Cylinder 08 – Sphere 3) με το σφαιρικό κομμάτι να είναι χαμηλότερα ιεραρχικά και ορίζονται οι αρχικές συνθήκες για τα τρία τμήματα του μοχλού.



Εικόνα 7.19 Στιγμιότυπο αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης κατά το κατέβασμα του μοχλού 3 έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του και αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό κομμάτι



Εικόνα 7.20 Απεικόνιση του Hierarchy Manager με την απαιτούμενη ιεραρχία των τμημάτων για τα σενάρια της γυάλινης πόρτας και των μοχλών

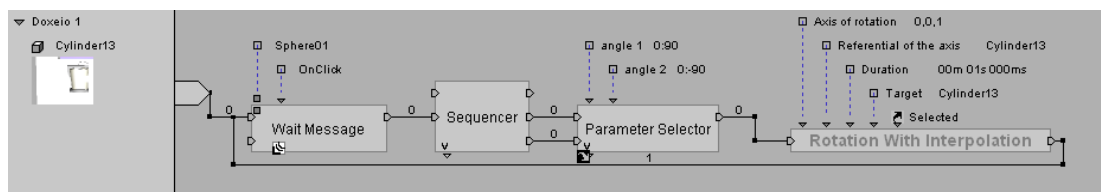
• Σενάριο λειτουργίας δοχείου A

Το δοχείο A είναι το αριστερό δοχείο κοιτάζοντας μέσω της γυάλινης πόρτας. Το σενάριο λειτουργίας του περιλαμβάνει την περιστροφή του προς το δοχείο B ώστε να χυθεί το υλικό που περιέχει (το λιγότερο παχύρρευστο σύμφωνα με την μέθοδο που ακολουθείται) και να αναμειχθεί με το συστατικό του δοχείου B. Η περιστροφή αυτή πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα με την μετακίνηση του μοχλού 1 προς τα κάτω. Όταν αδειάσει το δοχείο A πρέπει να επιστρέψει στην αρχική του θέση με ταυτόχρονη πάλι μετακίνηση του μοχλού 1 στην πάνω θέση. Η ταυτόχρονη περιστροφή του δοχείου με τη μετακίνηση του μοχλού 1 ενεργοποιείται πατώντας αριστερό κλικ του ποντικιού στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού. Συνεπώς τα σενάρια λειτουργίας του μοχλού 1 και του δοχείου A πρέπει να ενεργοποιούνται ταυτόχρονα.

Το δοχείο A είναι τοποθετημένο σε ένα δακτύλιο και υπάρχει ένας μηχανισμός με βάση των οποίο περιστρέφεται. Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από τρία στοιχεία τύπου Cylinder (Cylinder 12, Cylinder 13, Cylinder 14), ένα τραπεζοειδή αντικείμενο (Line 01) και το δοχείο A (doxeio 1) τα οποία έχουν σχεδιαστεί ως ξεχωριστά

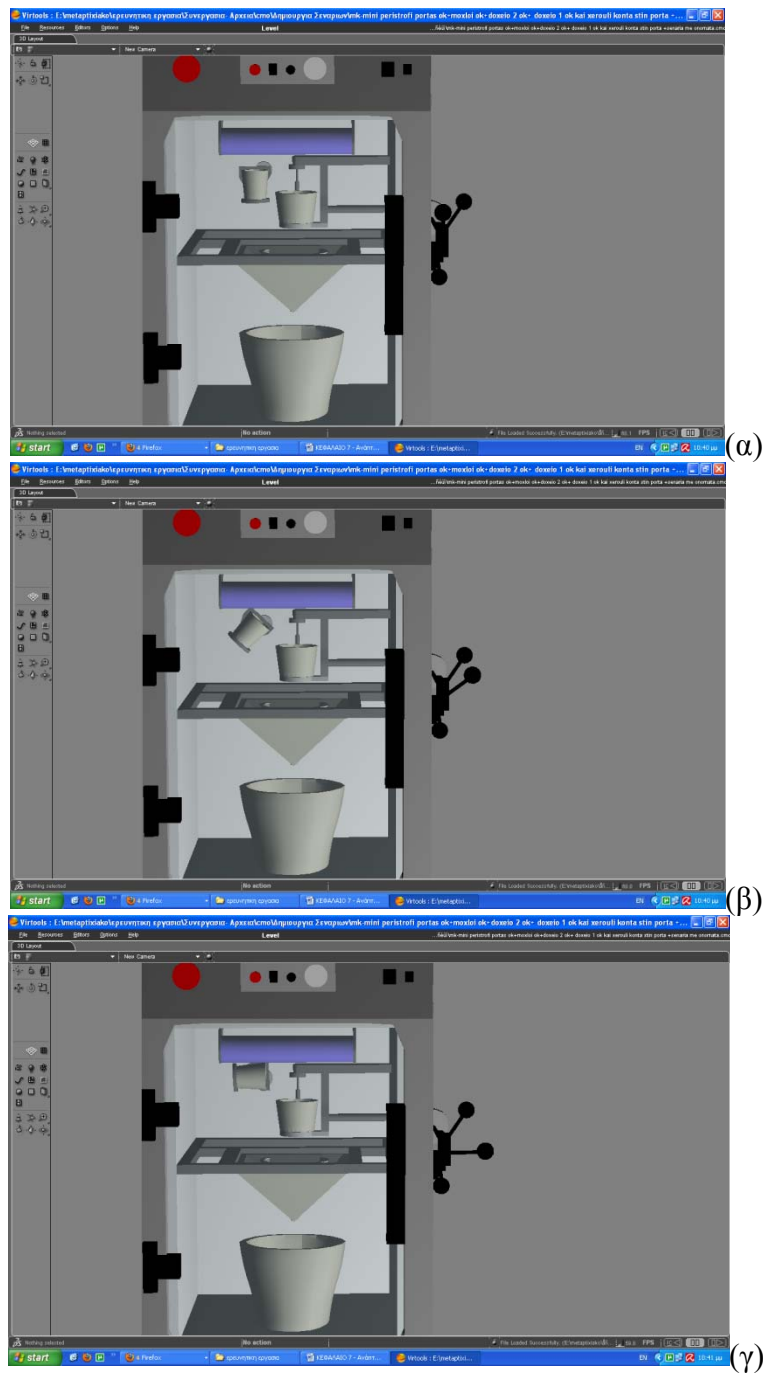
γεωμετρικά μοντέλα στο 3D Studio Max 9. Η περιστροφή του δοχείου A οφείλεται στην μετάδοση κίνησης μέσω του μοχλού 1 σε περιστροφική κίνηση του στοιχείου 'Cylinder 13' που εδράζεται στη βάση του μηχανισμού. Συνεπώς το σενάριο για την περιστροφή του δοχείου πρέπει να αποδοθεί στον 'Cylinder 13' να δημιουργηθεί ιεραρχία σε όλα τα στοιχεία του μηχανισμού ώστε να κινούνται όλα τα μέρη του μηχανισμού καθώς και το δοχείο A σύμφωνα με τον κύλινδρο. Για τη δημιουργία του σεναρίου χρησιμοποιούνται τα ίδια BBs και BG όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις και τα βήματα είναι τα ακόλουθα :

1. Άνοιγμα αρχείου .cmo που περιλαμβάνει το εικονικό μοντέλο του MK-Mini με τα σενάρια λειτουργίας της πόρτας και των μοχλών
2. Επιλογή στο 3D Layout του Cylinder 13
3. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Message → **Wait Message BB**
4. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Sequencer**
5. Εισαγωγή (drag and drop) Building Blocks → Logics → Streaming → **Parameter Selector**
6. Εισαγωγή (drag and drop) Virtools Resources → Behavior Graphs → Interpolation → **Rotate Interpolation_BP**
7. Ορισμός παραμέτρων εισόδου των BBs και BG
8. Καθορισμός ιεραρχίας κινούμενων αντικειμένων
9. Ορισμός αρχικών συνθηκών



Εικόνα 7.21 Το σενάριο λειτουργίας για την περιστροφή του δοχείου A

Για να ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα τα σενάρια του δοχείου A και του μοχλού 1 ορίζεται ως παράμετρος εισόδου στο Wait Message BB του σεναρίου του δοχείου A το σφαιρικό τμήμα του μοχλού 1 (Sphere 01) και ως δεύτερη παράμετρος εισόδου παραμένει το ένα κλικ του ποντικιού (OnClick). Οι γωνίες περιστροφής στο Parameter Selector είναι από 90 έως -90. Στο Rotate Interpolation BG ορίζεται ως άξονας περιστροφής ο άξονας z (τιμή 0,0,1) και το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του στοιχείου 'Cylinder 13' ορίζεται ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ενώ το στοιχείο αποτελεί και τον στόχο (Target). Η διάρκεια της κίνησης παραμένει 1 sec. Τέλος καθορίζεται η ιεραρχία των τμημάτων (Cylinder 13 – Line 01 – Cylinder 12 – Cylinder 14 – doxeio 1) με το δοχείο A να είναι χαμηλότερα ιεραρχικά και ορίζονται οι αρχικές συνθήκες για το κάθε τμήμα του μηχανισμού και του δοχείου.

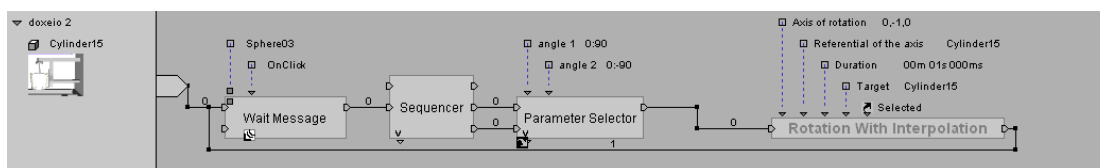


Εικόνα 7.22 Στιγμιότυπο (α) αρχικής (β) ενδιάμεσης (γ) τελικής θέσης δοχείου Α και μοχλού 1 έπειτα από ταυτόχρονη ενεργοποίηση των σεναρίων λειτουργίας τους με πάτημα αριστερού κλικ του ποντικιού πάνω στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού

• Σενάριο λειτουργίας δοχείου B

Το δοχείο B είναι το δοχείο στα δεξιά κοιτάζοντας μέσω της γυάλινης πόρτας. Το σενάριο λειτουργίας του περιλαμβάνει την περιστροφή του προς τα εμπρός δηλαδή προς το μέρος της πόρτας, ώστε το μίγμα των υλικών αφού πρώτα έχει ομογενοποιηθεί με τη βοήθεια του αναδευτήρα (mixer) να χυθεί μέσα στο καλούπι. Η περιστροφή αυτή πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα με την μετακίνηση του μοχλού 3 προς τα κάτω. Όταν αδειάσει το δοχείο B πρέπει να επιστρέψει στην αρχική του θέση με ταυτόχρονη πάλι μετακίνηση του μοχλού 3 στην πάνω θέση. Η ταυτόχρονη περιστροφή του δοχείου με τη μετακίνηση του μοχλού 3 ενεργοποιείται πατώντας αριστερό κλικ του ποντικιού στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού. Συνεπώς τα σενάρια λειτουργίας του μοχλού 3 και του δοχείου B πρέπει να ενεργοποιούνται ταυτόχρονα όπως ακριβώς και στην περίπτωση του δοχείου A. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι απαιτείται πρώτα η ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του δοχείου A και στη συνέχεια η ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του δοχείου B για τη σωστή προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini

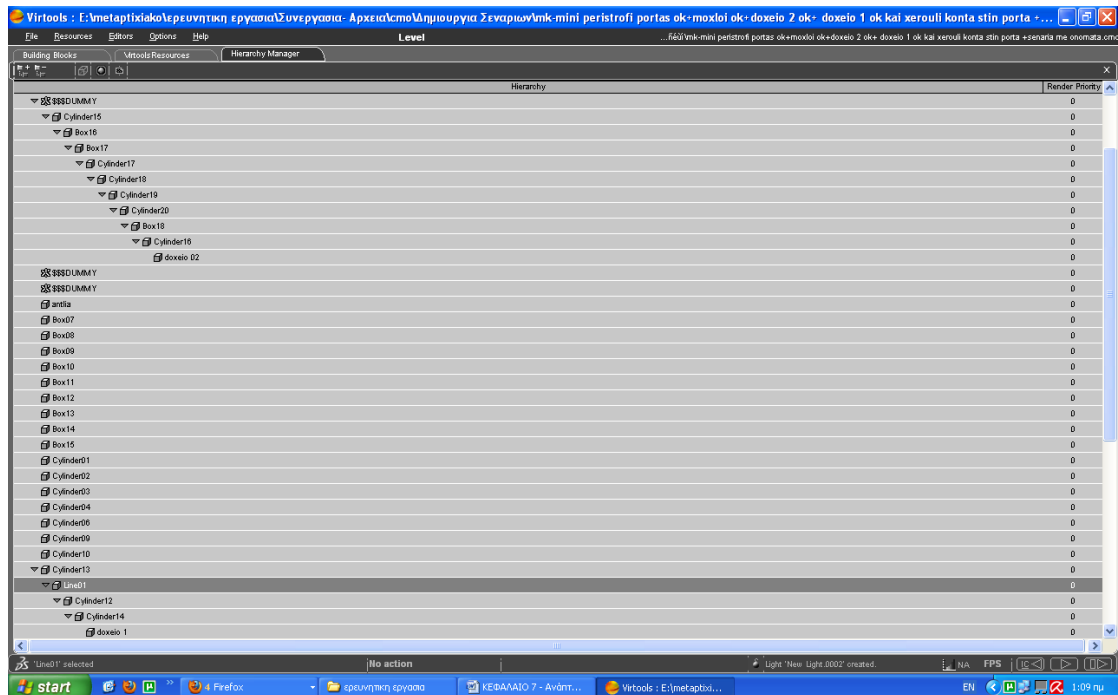
Το δοχείο B είναι και αυτό τοποθετημένο σε ένα δακτύλιο και υπάρχει ένας μηχανισμός με βάση των οποίο περιστρέφεται. Ο μηχανισμός αυτός είναι πιο πολύπλοκος και σχεδιάστηκε με τη φιλοσοφία ενός dummy που αναφέρθηκε στην περίπτωση των μοχλών. Με την τεχνική του dummy ο μηχανισμός αναγνωρίζεται από το λογισμικό ως ένα ενιαίο κομμάτι χωρίς ωστόσο να είναι ενώ τα στοιχεία που τον αποτελούν υπάρχουν και σαν ξεχωριστές οντότητες χωρίς να έχουν κάποιο είδος ιεραρχίας μεταξύ τους. Τα επιμέρους τμήματα που συγκροτούν το μηχανισμό είναι έξι στοιχεία τύπου Cylinder (Cylinder 15, Cylinder 16, Cylinder 17, Cylinder 18, Cylinder 19, Cylinder 20), τρία στοιχεία τύπου Box (Box 16, Box 17, Box 18) και το δοχείο B (doxeio 02). Η περιστροφή του δοχείου B οφείλεται στην μετάδοση κίνησης μέσω του μοχλού 3 σε περιστροφική κίνηση του στοιχείου 'Cylinder 15' που εδράζεται στη βάση του μηχανισμού. Συνεπώς το σενάριο για την περιστροφή του δοχείου πρέπει να αποδοθεί στον 'Cylinder 15' και να δημιουργηθεί ιεραρχία σε όλα τα στοιχεία του μηχανισμού ώστε να κινούνται όλα τα μέρη του καθώς και το δοχείο B σύμφωνα με τον κύλινδρο. Για τη δημιουργία του σεναρίου χρησιμοποιούνται τα ίδια BBs και BG όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις και τα βήματα είναι ίδια με τα αντίστοιχα του σεναρίου του δοχείου A.



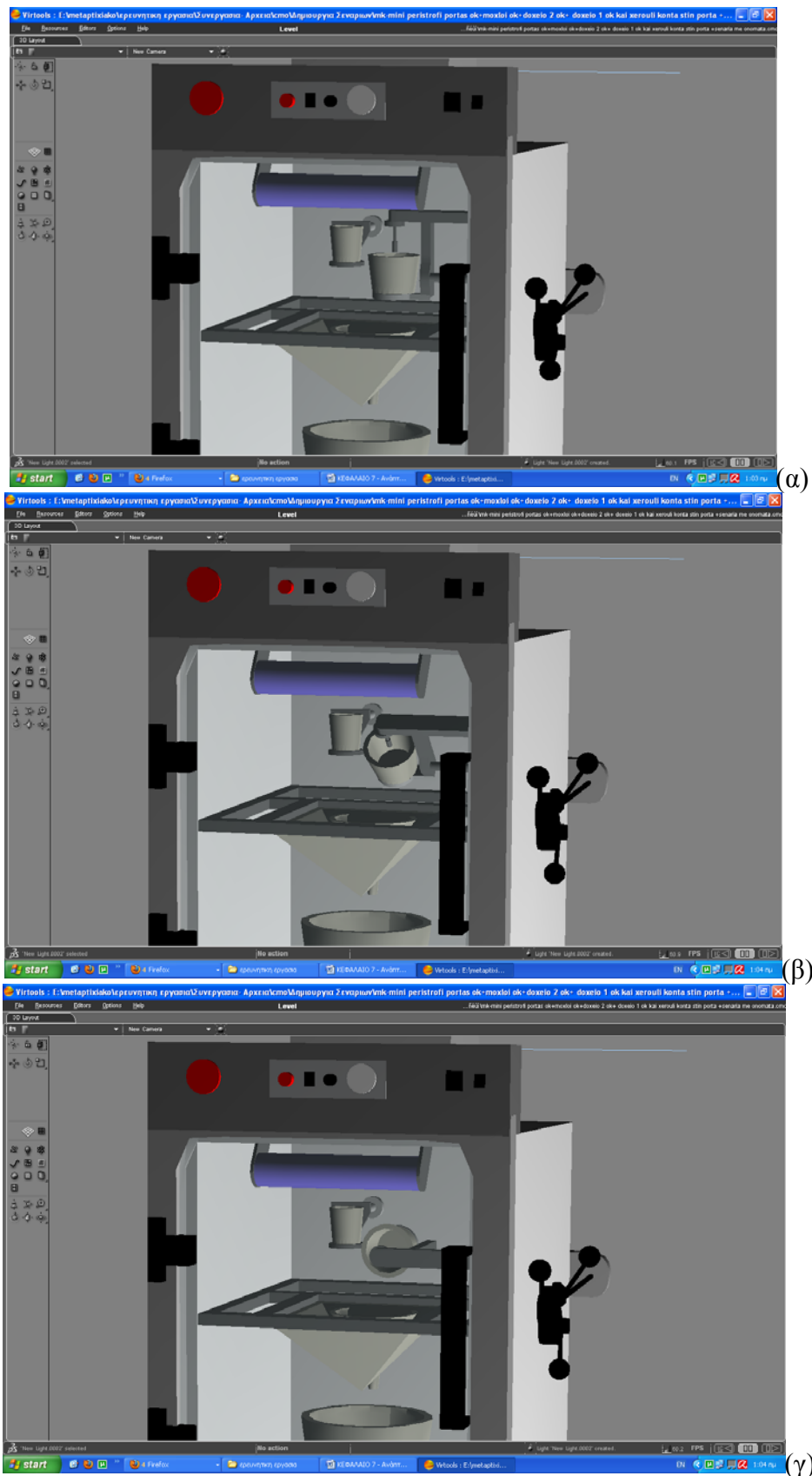
Εικόνα 7.23 Το σενάριο λειτουργίας για την περιστροφή του δοχείου B

Η ταυτόχρονη ενεργοποίηση των σεναρίων του δοχείου B και του μοχλού 3 απαιτεί τον ορισμό ως παραμέτρου εισόδου στο Wait Message BB του σεναρίου του δοχείου B, το σφαιρικό τμήμα του μοχλού 3 (Sphere 03). Η δεύτερη παράμετρος εισόδου παραμένει το ένα κλικ του ποντικιού (OnClick). Οι γωνίες περιστροφής στο Parameter Selector παραμένουν από 90 έως -90. Στο Rotate Interpolation BG ορίζεται ως άξονας περιστροφής ο άξονας y (τιμή 0,-1,0) και το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του στοιχείου 'Cylinder 15' ορίζεται ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή ενώ το στοιχείο αποτελεί και τον στόχο (Target). Η διάρκεια της κίνησης παραμένει 1 sec. Τέλος καθορίζεται η ιεραρχία των τμημάτων (DUMMY - Cylinder 15 - Box 16 - Box 17 - Cylinder 17 - Cylinder 18 - Cylinder 19 - Cylinder 20 - Box 18

- Cylinder 16 - δοχείο 02) με το δοχείο B να είναι χαμηλότερα ιεραρχικά και ορίζονται οι αρχικές συνθήκες για το κάθε τμήμα του μηχανισμού και του δοχείου.



Εικόνα 7.24 Απεικόνιση του Hierarchy Manager με την απαιτούμενη ιεραρχία των τμημάτων για τα σενάρια των δοχείων A και B

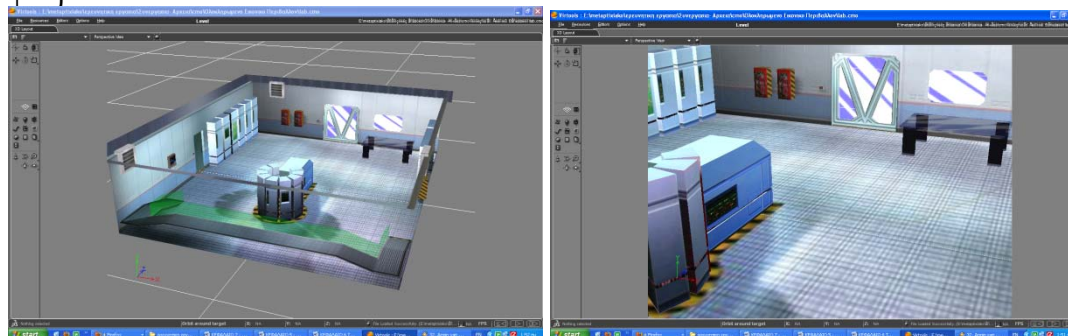


Εικόνα 7.25 Στιγμιότυπο (α) αρχικής (β) ενδιάμεσης (γ) τελικής θέσης δοχείου Β και μοχλού 3 έπειτα από ταυτόχρονη ενεργοποίηση των σεναρίων λειτουργίας τους με πάτημα αριστερού κλικ του ποντικιού πάνω στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού

7.6 Δημιουργία Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων και τοποθέτηση των εικονικών μοντέλων μέσα στο ολοκληρωμένο Εικονικό Περιβάλλον

Στο σημείο αυτό της ανάπτυξης του Εικονικού Περιβάλλοντος για την συγκεκριμένη εφαρμογή, έχουν δημιουργηθεί δύο αρχεία της μορφής .cmo τα οποία περιέχουν τα ολοκληρωμένα εικονικά μοντέλα του φούρνου και του MK-Mini με τα σενάρια λειτουργίας. Για την ολοκλήρωση του Εικονικού Περιβάλλοντος και τη ρεαλιστικότητα της εφαρμογής, πρέπει να δημιουργηθεί ένα Εικονικό Εργαστήριο το οποίο θα περιλαμβάνει τα δύο εικονικά μοντέλα με τα σενάρια λειτουργίας τους.

Η δημιουργία του Εικονικού Εργαστηρίου είναι απλή καθώς το Virtools 4 Dev το παρέχει έτοιμο μέσα στις Virtools Resources. Από την Menu Bar στην κορυφή του interface επιλέγεται File → New Composition ώστε να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο .cmo. Στη συνέχεια από Virtools Resources → 3D Entities → Worlds → Lab.nmo εισάγεται το έτοιμο εργαστήριο με τη λειτουργία drag and drop στο 3D Layout. Τα εικονικά μοντέλα πρέπει να τοποθετηθούν μέσα στο εργαστήριο πάνω σε ένα τραπέζι. Για τον λόγο αυτό εισάγεται και ένα έτοιμο τραπέζι από Virtools Resources → 3D Entities → Object → CoffeeTable.nmo με της λειτουργία drag and drop στο 3D Layout. Το τραπέζι με τα εργαλεία μετασχηματισμού *Select and Translate* και *Select and Scale* της αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D Layout μεταφέρεται στην επιθυμητή θέση μέσα στο εικονικό εργαστήριο και παίρνει τις κατάλληλες διαστάσεις ώστε να τοποθετηθούν πάνω σε αυτό τα εικονικά μοντέλα του φούρνου και του MK-Mini.



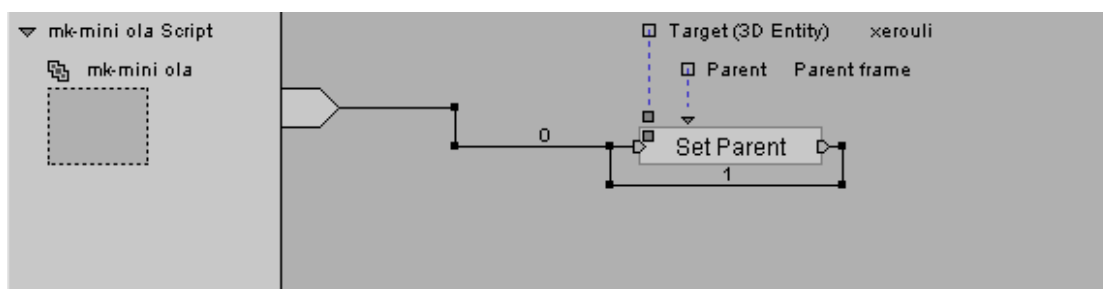
Εικόνα 7.26 Το Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων

Το επόμενο βήμα είναι να εισαχθούν τα εικονικά μοντέλα του φούρνου MKT-1 και του MK-Mini μέσα στο εργαστήριο και να τοποθετηθούν πάνω στο τραπέζι. Αρχικά ανοίγεται το αρχείο .cmo που περιέχει το εργαστήριο και στη συνέχεια με την επιλογή File → Merge Composition as New Scene εισάγονται τα δύο αρχεία με τα εικονικά μοντέλα στο χώρο και με την επιλογή αυτή μπορούν να απομονωθούν και ως ξεχωριστές σκηνές στο ίδιο αρχείο. Στο αναδυόμενο παράθυρο επιλέγεται Rename ώστε να εισαχθούν όλα τα στοιχεία των εικονικών μοντέλων. Ωστόσο οι θέσεις τους δεν είναι οι επιθυμητές καθώς δεν είχαν οριστεί συγκεκριμένες συντεταγμένες κατά την σχεδίαση. Το γεγονός αυτό προκαλεί αρκετές δυσκολίες έως ότου να τοποθετηθούν πάνω στο τραπέζι. Για τον λόγο αυτό συστήνεται σε ανάλογες εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας, να ορίζονται οι ακριβείς συντεταγμένες των γεωμετρικών μοντέλων κατά την σχεδίασή τους στα συστήματα CAD ή 3D Μοντελοποίησης για την αποφυγή ανάλογων προβλημάτων.

Κατά την μεταφορά του φούρνου δεν προκύπτουν ιδιαίτερες δυσκολίες στην τοποθέτησή του πάνω στο τραπέζι. Με τα εργαλεία *Select* και *Lock Selection* της

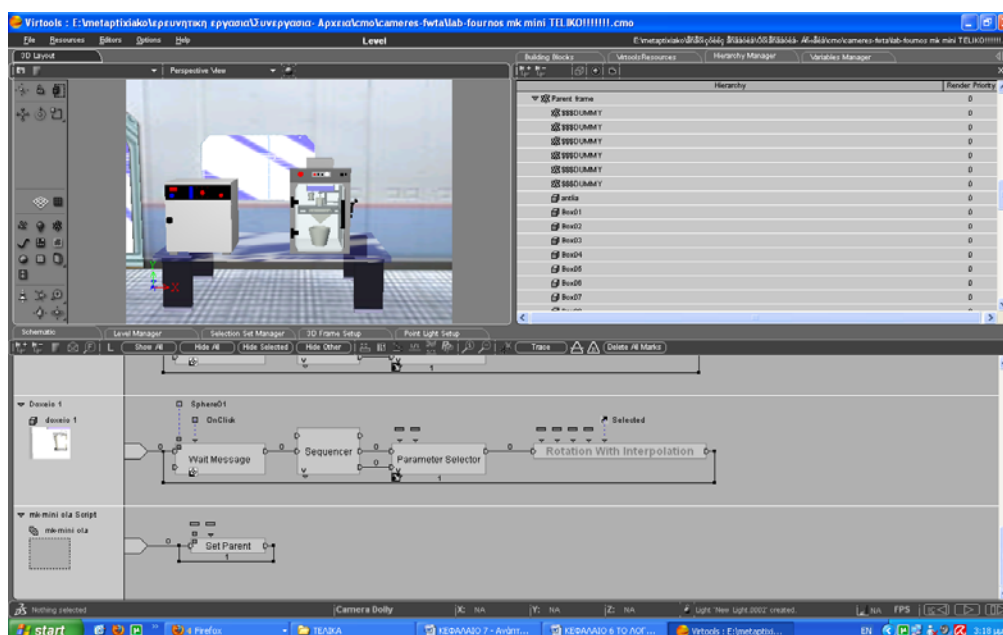
αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D Layout, επιλέχθηκαν όλα τα στοιχεία που συνθέτουν το φούρνο και με το εργαλείο *Select and Translate* μεταφέρεται το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου πάνω στο τραπέζι. Η διαδικασία πρέπει να επαναληφθεί μερικές φορές καθώς κατά την μεταφορά ορισμένα στοιχεία του φούρνου δεν εμφανίζονται στην τελική θέση χωρίς να μπορεί να εξηγηθεί ο λόγος. Τελικά η μεταφορά ολοκληρώνεται με επιτυχία. Πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι στη νέα θέση πρέπει να οριστούν νέες αρχικές συνθήκες σε όλα τα στοιχεία στα οποία είχαν ήδη οριστεί. Εάν αυτό δεν γίνει, ενεργοποιώντας το σενάριο λειτουργίας της πόρτας του φούρνου, θα ανοίξει μεν η πόρτα αλλά εάν το σενάριο διακοπεί πριν να κλείσει η πόρτα, τότε θα παραμείνει ανοιχτή και σε νέα ενεργοποίηση του σεναρίου η αρχική της θέση θα είναι ανοιχτή και σύμφωνα με το σενάριο θα περιστραφεί επιπλέον 90 μοίρες δηλαδή 180 μοίρες από τις συντεταγμένες στις οποίες είναι κλειστή.

Κατά την τοποθέτηση του MK-Mini πάνω στο τραπέζι εντοπίζονται περισσότερα προβλήματα και η μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθηθεί είναι διαφορετική σε σχέση με αυτή του φούρνου. Η μέθοδος, με την οποία πραγματοποιήθηκε η μεταφορά του φούρνου, αν και εφαρμόστηκε πάρα πολλές φορές και για το MK-Mini δεν είχε αποτέλεσμα. Σε όλες τις περιπτώσεις ορισμένα από τα στοιχεία που συνθέτουν το MK-Mini εμφανίζονται σε απρόβλεπτες θέσεις μέσα στο χώρο χωρίς να μπορεί να εξηγηθεί ο λόγος. Πιθανολογείται ότι ο λόγος είναι η πολυπλοκότητα του γεωμετρικού μοντέλου. Το πρόβλημα επιλύετε με την ακόλουθη μεθοδολογία. Δημιουργείτε με το εργαλείο *Create 3D Frame* της αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D Layout ένα τρισδιάστατο πλαίσιο στην κορυφή του MK-Mini το οποίο απεικονίζεται με ένα λευκό σταυρό. Στη συνέχεια δημιουργείτε μία ομάδα στοιχείων με το εργαλείο *Create Group* της αριστερής γραμμής εργαλείων του Lever Manager στην οποία συμπεριλαμβάνονται όλα τα στοιχεία που συνθέτουν το MK-Mini. Στόχος της μεθόδου είναι να τεθεί το τρισδιάστατο πλαίσιο (3D Frame) ως το ανώτερο ιεραρχικά στοιχείο και όλα τα υπόλοιπα στοιχεία που συνθέτουν το MK-Mini να είναι κάτω από αυτό. Με τον τρόπο αυτό μετακινώντας μόνο το 3D Frame στην επιθυμητή θέση, θα μετακινηθεί και το MK-Mini χωρίς να χάνονται τα στοιχεία του. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται η δημιουργία ενός σεναρίου το οποίο θα τροποποιεί την ιεραρχία, με τη χρήση του Set Parent BB. Επιλέγεται Building Blocks → 3D Transformations → Basic → Set Parent και με drag and drop στο Level Manager εφαρμόζεται στην ομάδα στοιχείων που έχει δημιουργηθεί με την ονομασία 'mk-mini ola' και όπως αναφέρθηκε περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του MK-Mini. Το Set Parent BB έχει δύο παραμέτρους εισόδου. Η πρώτη παράμετρος Target (3D Entity) ορίζει το στοιχείο το οποίο θα τοποθετηθεί χαμηλότερα ιεραρχικά σε σχέση με το στοιχείο της δεύτερης παραμέτρου εισόδου (Parent) που ορίζει το στοιχείο το οποίο θα είναι στην κορυφή της ιεραρχίας. Η παράμετρος Parent ορίζεται να είναι πάντα το τρισδιάστατο πλαίσιο που έχει δημιουργηθεί με την ονομασία 'Parent frame'. Η παράμετρος Target ορίζεται τόσες φορές όσα είναι και τα στοιχεία που αποτελούν την ομάδα 'mk-mini ola'. Για κάθε ένα στοιχείο που ορίζεται ως παράμετρος Target, εκτελείται το σενάριο με το πλήκτρο Play/Pause της Status Bar (κάτω δεξιά) ώστε να τοποθετηθεί ιεραρχικά κάτω από το 'Parent frame'. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα στοιχεία της ομάδας 'mk-mini ola' με σταθερή την παράμετρο Parent. Με την ολοκλήρωση της επαναληπτικής διαδικασίας επιβεβαιώνεται μέσω του Hierarchy Manager ότι στην κορυφή της ιεραρχίας είναι το τρισδιάστατο πλαίσιο 'Parent frame'.

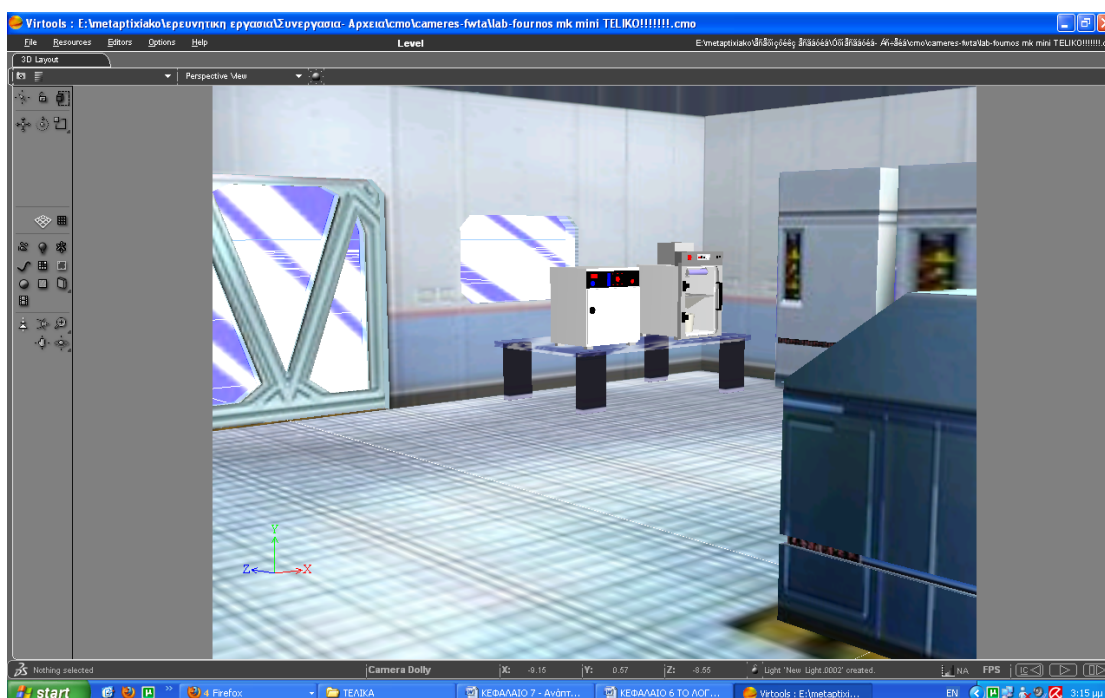


Εικόνα 7.27 Το σενάριο (script) για την τοποθέτηση του τρισδιάστατου πλαισίου Parent frame στην κορυφή της ιεραρχίας

Το επόμενο βήμα για την τοποθέτηση του MK-Mini πάνω στο τραπέζι, απαιτεί την χρήση των εργαλείων *Select* και *Lock Selection* της αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D Layout, ώστε να επιλεγεί το ‘Parent frame’ και να μεταφερθεί στις επιθυμητές συντεταγμένες. Μαζί με το ‘Parent frame’ μεταφέρεται και το MK-Mini λόγω ιεραρχίας. Στο σημείο αυτό παρατηρείται ότι κατά την μεταφορά χάνεται η ιεραρχία του μηχανισμού του δοχείου A κάτι που διορθώνεται εύκολα θέτοντας (Cylinder 13 – Line 01 – Cylinder 14 – doxeio 1) μέσω του Hierarchy Manager. Τέλος πρέπει να οριστούν νέες αρχικές συνθήκες σε όλα τα στοιχεία στα οποία είχαν ήδη οριστεί όπως για παράδειγμα τα στοιχεία των μηχανισμών των δοχείων A και B. Με την διαδικασία αυτή ολοκληρώνεται η δημιουργία του Εικονικού Εργαστηρίου CAD που περιλαμβάνει το φούρνο και το MK-Mini με τα σενάρια λειτουργίας του.



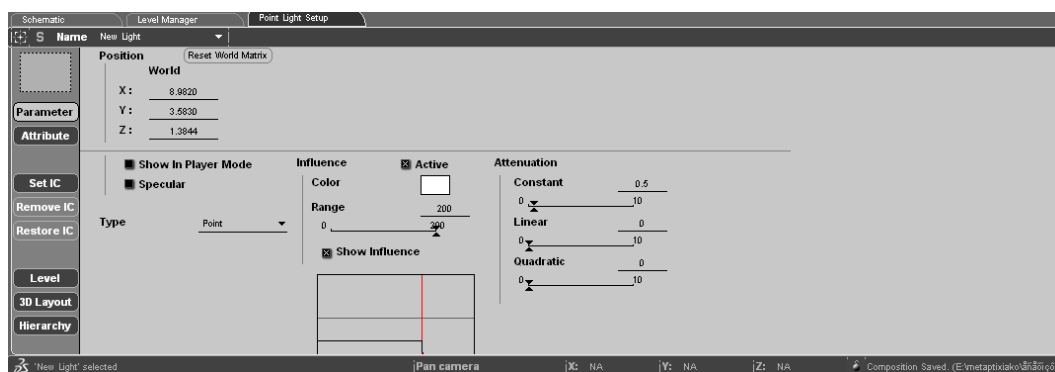
Εικόνα 7.28 Απεικόνιση του ολοκληρωμένου Εικονικού Περιβάλλοντος στο 3D Layout, του Schematic και του Hierarchy Manager της συγκεκριμένης εφαρμογής



Εικόνα 7.29 Στιγμιότυπο του ολοκληρωμένου Εικονικού Εργαστηρίου με τα εικονικά μοντέλα του φούρνου MKT-1 και του MK-Mini

7.7 Προσδιορισμός ιδιοτήτων φωτισμού και σκίασης στο εικονικό περιβάλλον

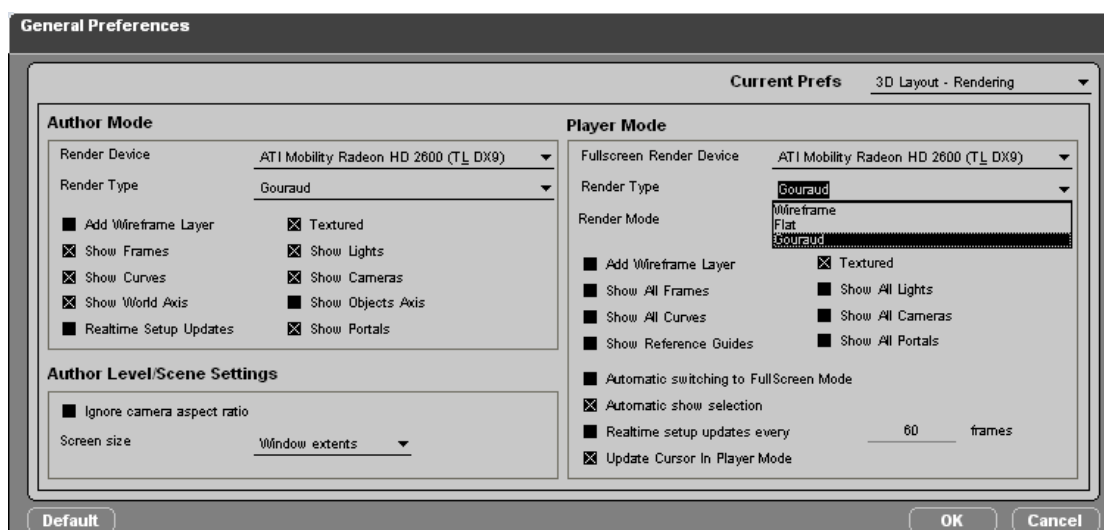
Η τοποθέτηση ενός αντικειμένου σε ένα εικονικό περιβάλλον δεν είναι αρκετή. Θα πρέπει αυτό να φωτιστεί ώστε να είναι ορατό από το χρήστη. Σε έναν πραγματικό κόσμο ο φωτισμός ενός αντικειμένου και η σκίαση του εξαρτώνται από πολλές μεταβλητές όπως το φως που υπάρχει στο περιβάλλον (ambient light), τις πηγές φωτός, τη δυνατότητα ανάκλασης της υφής του αντικειμένου καθώς τα υπόλοιπα αντικείμενα. Τα λογισμικά 3D Studio Max 9 και Virtools 4 με τα οποία υλοποιήθηκε η σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων αλλά και η προσομοίωση της λειτουργίας του στο εικονικό περιβάλλον, παρέχουν στο χρήστη δυνατότητες χρήσης φώτων και επεξεργασία των ιδιοτήτων τους για καλύτερη απεικόνιση. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο φωτισμός των αρχείων .3ds με τα γεωμετρικά μοντέλα παραμένει με τις ίδιες ιδιότητες κατά την εισαγωγή των αρχείων στο Virtools 4 Dev. Σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης της εφαρμογής ο φωτισμός μεταβαλλόταν ανάλογα με τις ανάγκες σχεδίασης. Διαφορετικός φωτισμός απαιτείται για το αρχείο που περιλαμβάνει μόνο το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου MKT-1 και διαφορετικός ο φωτισμός του ολοκληρωμένου Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και εργαλείων. Η εισαγωγή φώτων στο Virtools 4 είναι μια σχετικά απλή διαδικασία. Με τη χρήση του εργαλείου δημιουργίας Create Light της αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D Layout εισάγεται ένα φως και ανοίγει το παράθυρο των ιδιοτήτων του στο κάτω μέρος του interface.



Εικόνα 7.30 Το παράθυρο ιδιοτήτων φωτισμού του Virtools 4 Dev

Για το φωτισμό του Εικονικού Εργαστηρίου εισάγονται δύο φώτα με διαφορετικές θέσεις ώστε να φωτίζονται επαρκώς όλες οι πλευρές του εργαστηρίου και των εικονικών μοντέλων. Οι ακριβείς συντεταγμένες των θέσεων είναι για το ένα φως είναι (8.9820 , 3.5830, 1.3844) και για το δεύτερο (-3.6100, 4.1772, -1.6473) στο σύστημα συντεταγμένων του Virtools 4. Στο καθένα από αυτά δόθηκε η ιδιότητα point που είναι στο αριστερό τμήμα του παραθύρου επιλογών. Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει στα φώτα να εκπέμπουν μια σφαίρα φωτός που εξασθενεί ανάλογα με την ακτίνα επίδρασης που έχει οριστεί. Είναι επίσης ρεαλιστικός τρόπος φωτισμού με πολύ καλά οπτικά αποτελέσματα δεδομένου ότι τα συνήθη φωτιστικά συμπεριφέρονται κατά αυτόν τον τρόπο.

Η σκίαση των αντικειμένων είναι ο τρόπος με τον οποίο απεικονίζεται ο φωτισμός στις επιφάνειές τους. Η μέθοδος σκίασης που ακολουθήθηκε είναι η μέθοδος Gouraud. Με τη μέθοδο αυτή, οι επιφάνειες αντιμετωπίζονται σαν ομαλές καμπύλες και η σκίαση αλλάζει κατά μήκος της επιφάνειας ανάλογα με την καμπυλότητα και την κατεύθυνση του φωτός. Αποτελεί μια από τις πιο εξελιγμένες μεθόδους και αρκετά συχνά χρησιμοποιούμενη. Η εισαγωγής της μεθόδου γίνεται από Options → General Preferences → Render Type → Gouraud.



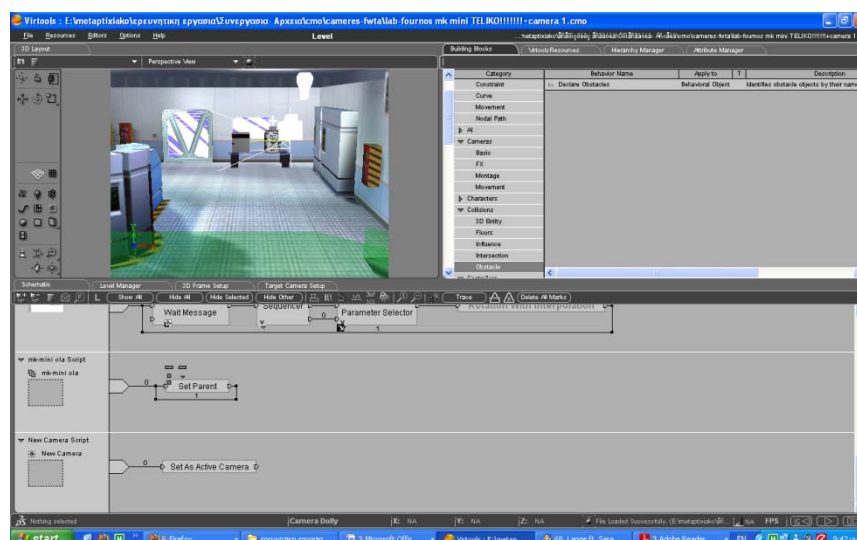
Εικόνα 7.31 Επιλογή μεθόδου σκίασης Gouraud

7.8 Δημιουργία καμερών για πλοήγηση μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων

Το λογισμικό Virtools 4 Dev παρέχει στον χρήστη πέντε προεπιλεγμένες κάμερες που παρέχουν πέντε διαφορετικές οπτικές γωνίες στο 3D Layout (Perspective View, Top View, Front View, Right View και Orthographic View). Επίσης όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 6, μέσω της αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D layout παρέχονται εργαλεία πλοήγησης για τις διάφορες κάμερες. Οι κάμερες αυτές είναι χρήσιμες στο Author Mode, δηλαδή κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής. Ωστόσο στο Player Mode όπου ενεργοποιούνται τα σενάρια που έχουν δημιουργηθεί, οι πέντε προεπιλεγμένες κάμερες παρέχουν στις περισσότερες περιπτώσεις οπτικές γωνίες οι οποίες δεν εξυπηρετούν. Επιπλέον οι κάμερες αυτές δεν είναι διαθέσιμες στους διάφορους Players του Virtools όπως ο Virtools Web Player. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται η δημιουργία καμερών που να καλύπτουν όλες τις δυνατές οπτικές γωνίες της προσομοίωσης και να είναι διαθέσιμες για τους Players. Για την προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος MK-Mini και την πλοήγηση του χρήστη στο Εικονικό Εργαστήριο, απαιτείται η εναλλαγή διάφορων οπτικών γωνιών που επιτυγχάνεται με την εναλλαγή καμερών.

7.8.1 Δημιουργία κάμερας

Η δημιουργία κάμερας πραγματοποιείται με το εργαλείο Create Camera της αριστερής γραμμής εργαλείων του 3D Layout και ταυτόχρονα εμφανίζεται στο κάτω μισό της οθόνης το παράθυρο με τις ιδιότητες της κάμερας. Με τα εργαλεία πλοήγησης καμερών της αριστερής γραμμής εργαλείων η νέα κάμερα παρέχει την οπτική γωνία που ο χρήστης επιθυμεί. Επιλέγοντας στη συνέχεια μία άλλη κάμερα, για παράδειγμα την Perspective και αλλάζοντας την οπτικής της γωνία, αποκαλύπτεται η νέα κάμερα που δημιουργήθηκε και αναπαριστάται με ένα άσπρο τετράγωνο κουτί. Οι άσπρες γραμμές που φαίνονται να ξεκινάνε από το άσπρο κουτί αναπαριστούν το οπτικό πεδίο που καλύπτει η κάμερα (frustum).



Εικόνα 7.32 Δημιουργία κάμερας, αναπαράστασή της και ενεργοποίησή της από την αρχή της σκηνής

7.8.2 Ενεργοποίηση κάμερας από την αρχή της σκηνής

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό η ενεργοποίηση μιας συγκεκριμένης κάμερας στο Player Mode να γίνεται από την αρχή της σκηνής ώστε ο δημιουργός να είναι σίγουρος ότι ο χρήστης της εφαρμογής θα δει αυτό ακριβώς που ο δημιουργός στοχεύει να του προβάλει. Αυτό επιτυγχάνεται με την δημιουργία ενός σύντομου σεναρίου. Πηγαίνοντας Building Blocks → Cameras → Montage → Set As Active Camera το BB εισάγεται με τη λειτουργία drag and drop στην κάμερα στο 3D Layout (πρέπει η κάμερα να εμφανιστεί με ένα κίτρινο περίγραμμα). Με τον τρόπο αυτό η κάμερα ενεργοποιείται από την αρχή της σκηνής ενώ το παραπάνω σενάριο φαίνεται και στο Schematic της εικόνας 7.29.

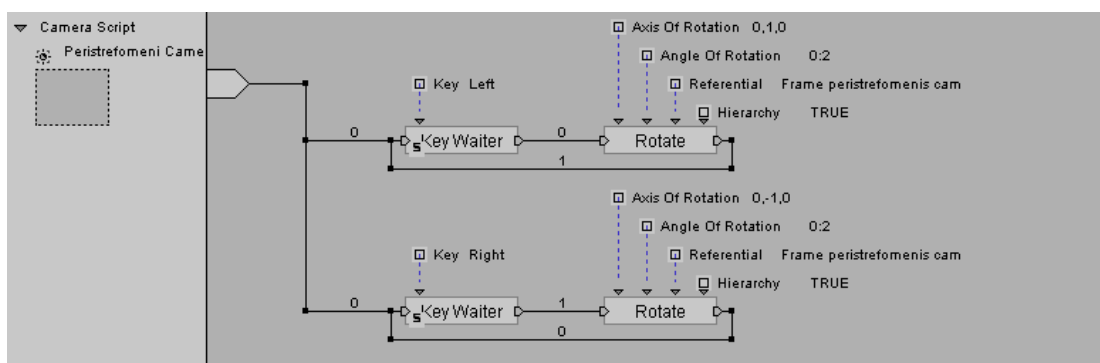
7.8.3 Οι κάμερες του Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων

Για την πλοήγηση του χρήστη μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο της παρούσας εφαρμογής, πρόκειται να δημιουργηθούν πέντε διαφορετικές κάμερες με τον τρόπο που αναφέρθηκε προηγουμένως. Η πρώτη κάμερα τοποθετείται με τέτοιο τρόπο σε μικρή απόσταση από τα δύο εικονικά μοντέλα του φούρνου και του MK-Mini ώστε ο χρήστης να μπορεί να μελετήσει τον τρόπο λειτουργίας τους. Η κάμερα παίρνει την ονομασία ‘Camera fourνου και MK-Mini’ και είναι αυτή που ενεργοποιείται πρώτη στο Player Mode. Στη συνέχεια δημιουργούνται άλλες δύο κάμερες οι οποίες εστιάζουν η καθεμία στα ξεχωριστά εικονικά μοντέλα. Η κάμερα που εστιάζει στο φούρνο ονομάζεται ‘Camera fourνου’ ενώ η δεύτερη που εστιάζει στο MK-Mini ονομάζεται ‘Camera MK-Mini’. Τέλος δημιουργούνται άλλες δύο κάμερες στις πάνω γωνίες του Εργαστηρίου και απέναντι από το τραπέζι με τα δύο εικονικά μοντέλα. Η μία ονομάζεται ‘Camera 1’ και απλά παρέχει μια πανοραμική οπτική στο εσωτερικό του Εργαστηρίου. Η πέμπτη κάμερα ονομάζεται ‘Peristrefomeni Camera’ , τοποθετείται στη άλλη γωνία του Εργαστηρίου και περιστρέφεται με τη χρήση των πλήκτρων (αριστερά →, δεξιά ←) του υπολογιστή παρέχοντας ολική εικόνα του Εργαστηρίου στο χρήστη της εφαρμογής.

Η υλοποίηση της πλοήγησης στο Εικονικό Εργαστήριο πέρα από την δημιουργία των πέντε καμερών, απαιτεί και τη δημιουργία δύο ακόμα σεναρίων (scripts). Το πρώτο σενάριο αφορά την περιστροφική κίνηση της πέμπτης κάμερας. Το δεύτερο σενάριο αφορά την δημιουργία δυναμικά εναλλασσόμενων καμερών με τη χρήση του πληκτρολογίου τόσο στο Player Mode όσο και στους διάφορους Player στους οποίους ενδέχεται να εξαχθεί η παρούσα εφαρμογή.

- **Σενάριο περιστρεφόμενης κάμερας**

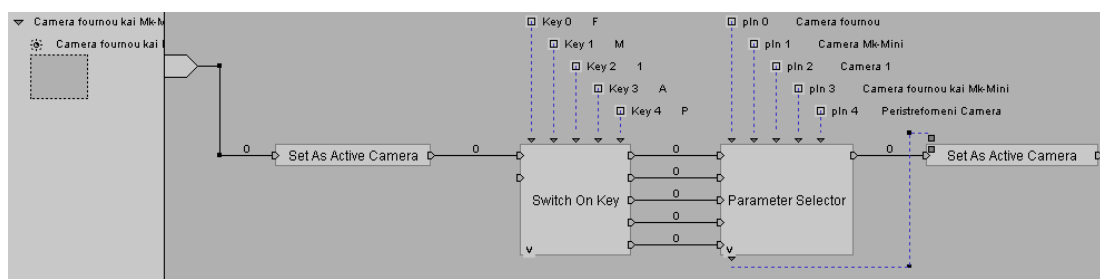
Το σενάριο για την ‘Peristrefomeni Camera’ περιλαμβάνει δύο διαφορετικά BBs το KeyWaiter και το Rotate (Building Blocks → Controllers → Keyboard → KeyWaiter και Building Blocks → 3D Transformations → Basic → Rotate). Τα BBs χρησιμοποιούνται από δύο φορές ώστε να επιτευχθεί η περιστροφή της κάμερας τόσο προς τα αριστερά όσο και προς τα δεξιά. Στο KeyWaiter ορίζεται το κουμπί του



Εικόνα 7.33 Το σενάριο της περιστρεφόμενης κάμερας

πληκτρολογίου για τις δύο διαφορετικές κινήσεις (περιστροφή προς τα αριστερά ← , περιστροφή προς τα δεξιά →). Στο Rotate BB ορίζεται ο άξονας περιστροφής που είναι ο y. Για την περιστροφή προς τα αριστερά η τιμή είναι (0,1,0) ενώ προς τα δεξιά είναι (0, -1,0). Επειδή η κάμερα έχει σχεδιαστεί να έχει κάποια κλίση , πρέπει να δημιουργηθεί ένα 3D Frame με ίδιες συντεταγμένες και το τοπικό σύστημα αξόνων του να οριστεί ως σύστημα αναφοράς για την περιστροφή της κάμερας. Τέλος η γωνία περιστροφής ορίζεται 2 μοίρες και σχετίζεται με την ταχύτητα περιστροφής. Στην εικόνα 7.30 φαίνεται το σενάριο της περιστρεφόμενης κάμερας καθώς και ο τρόπος σύνδεσης των τεσσάρων BBs.

- **Σενάριο δυναμικής εναλλαγής των πέντε καμερών**



Εικόνα 7.34 Το σενάριο δυναμικής εναλλαγής των πέντε καμερών

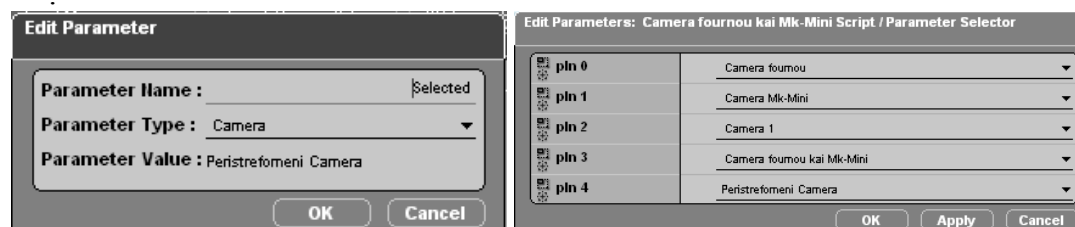
Το σενάριο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα εναλλαγής των καμερών που δημιουργήθηκαν με τη χρήση καθορισμένων πλήκτρων του υπολογιστή. Απαιτεί τρία διαφορετικά BBs το Switch On Key (Building Blocks → Controllers → Keyboard → Switch On Key), το Parameter Selector (Building Blocks → Logics → Streaming → Parameter Selector) και το Set As Active Camera (Building Blocks → Cameras → Montage → Set As Active Camera). Επιλέγεται ότι η κάμερα που θα ενεργοποιείται πρώτη στην αρχή της σκηνής είναι η 'Camera fournou kai MK-Mini' και σε αυτή πάνω θα δημιουργηθεί το σενάριο. Αρχικά εισάγεται το Set As Active Camera BB ώστε να ενεργοποιηθεί πρώτη η εν λόγω κάμερα. Στη συνέχεια εισάγονται τα άλλα δύο BBs. Επειδή το σενάριο απαιτεί την δυνατότητα εναλλαγής και των πέντε καμερών, πρέπει να δημιουργηθούν πέντε παράμετροι εισόδου και στα δύο αυτά BBs. Αυτό επιτυγχάνεται με δεξί κλικ στο μεν Switch On Key και επιλογή Construct → Add Behavior Output, στο δε Parameter Selector επιλογή Construct → Add Behavior Input. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου δημιουργηθούν 5 bOuts (παράμετροι εξόδου) για το Switch On Key και πέντε pIns (παράμετροι εισόδου) για το Parameter

Selector. Στη συνέχεια επιλέγονται τα πλήκτρα τα οποία θα ενεργοποιούν την κάθε κάμερα. Με δεξί κλικ στο Switch On Key επιλέγεται Edit Parameters και εισάγονται τα επιθυμητά πλήκτρα στο παράθυρο που εμφανίζεται. Τα πλήκτρα που επιλέγονται είναι F,M,I,A,P και αντιστοιχίζονται στο παράθυρο ως εξής: Key 0 → F, Key 1→ M, Key 2 → I, Key 3 → A και Key 4 → P.



Εικόνα 7.35 Ορισμός πλήκτρων ενεργοποίησης καμερών

Στη συνέχεια πρέπει να οριστούν οι κάμερες οι οποίες θα ενεργοποιούνται από τα αντίστοιχα πλήκτρα που έχουν επιλεγεί. Με δεξί κλικ στο Parameter Output (κάτω από το V) στη κάτω αριστερή γωνία του Parameter Selector μετατρέπεται το Parameter Type από Float σε Camera. Έπειτα με δεξί κλικ στο πάνω στο Parameter Selector και επιλογή Edit Parameter γίνεται η αντιστοίχιση των καμερών με τα πλήκτρα. Επιλέγεται ο παρακάτω συνδυασμός: pIn 0 → Camera fournou, pIn 1 → Camera MK-Mini, pIn 2 → Camera I, pIn 3 → Camera fournou kai MK-Mini pIn, 4 → Peristrefomeni Camera



Εικόνα 7.36 Ορισμός Parameter type (αριστερά) και αντιστοίχιση καμερών με τα πλήκτρα

Τέλος πρέπει να ενεργοποιηθούν όλες οι κάμερες με την εισαγωγή δεύτερου Set As Active Camera BB. Η αντιστοίχιση των πλήκτρων με τις κάμερες είναι η εξής:

Πλήκτρο	Κάμερα
F	Camera fournou
M	Camera MK-Mini
I	Camera I
A	Camera fournou kai MK-Mini
P	Peristrefomeni Camera

7.9 Αποθήκευση, Εξαγωγή και Χρήση αρχείου Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων σε Web Player

Το αρχείο που περιλαμβάνει το Εικονικό Εργαστήριο CAD που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία έχει αποθηκευτεί σε μορφή .CMO. Έχει ήδη αναφερθεί ότι η αποθήκευση των αρχείων κατά την διάρκεια της σχεδίασης γίνεται σε κάθε ενδιάμεσο στάδιο της ανάπτυξης σε αρχεία της μορφής .CMO με την επιλογή File → Save Composition As. Με την επιλογή αυτή δημιουργούνται νέα αρχεία που περιέχουν τόσο τα προηγούμενα όσο και τα νέα χαρακτηριστικά της σύνθεσης. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης μπορεί να επεμβαίνει σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια της ανάπτυξης χωρίς να απαιτείται να γίνει ανάπτυξη της εφαρμογής από την αρχή.

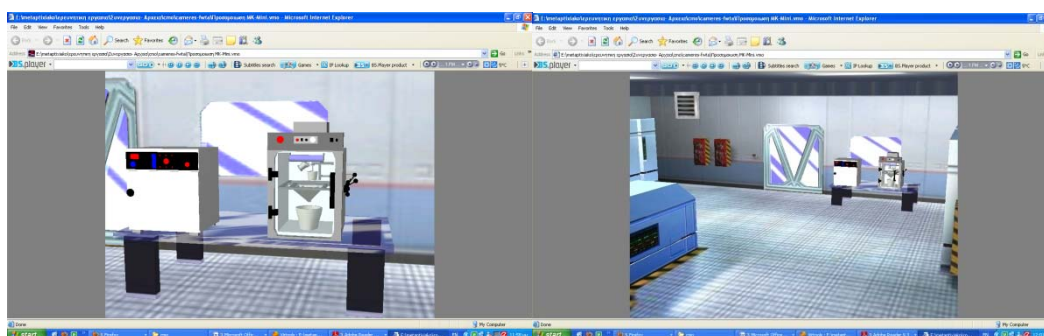
Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα αποθήκευσης των αρχείων και σε μορφή .VMO. Τα αρχεία .VMO εξάγονται από το Virtoos 4 Dev με την επιλογή File → Export to Virtools Player. Περιλαμβάνουν μία ολόκληρη σύνθεση με όλα της τα χαρακτηριστικά (γεωμετρικά μοντέλα, σενάρια κ.α.) τα οποία όμως δεν μπορούν να εισαχθούν με αυτή την μορφή στο Virtools 4 ούτε και να τροποποιηθούν με κάποιο τρόπο. Είναι αρχεία για παρουσίαση και επίδειξη της σύνθεσης με τη χρήση των διαθέσιμων Players. Σε αντίθεση, τα αρχεία .CMO περιλαμβάνουν όλα τα χαρακτηριστικά μίας σύνθεσης η οποία μπορεί να εισαχθεί στο Virtools 4 Dev και να υποστεί τροποποίηση. Για τον λόγο αυτό ο χρήστης που αναπτύσσει μία σύνθεση πρέπει να αποθηκεύει σε μορφή .CMO.

Κατά την παρουσίαση του Virtools 4 στο κεφάλαιο 6, αναφέρθηκαν όλοι οι διαθέσιμοι Players που παρέχει το λογισμικό για την εξαγωγή των αρχείων που παράγει. Ένας από τους διαθέσιμους Players είναι ο 3D Life Player και είναι ο επίσημος Player της 3DVIA για τα προγράμματα της. Αποτελεί ένα εργαλείο σύνδεσης (plug in) το οποίο ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει από το διαδίκτυο δωρεάν και να εγκαταστήσει στον υπολογιστή ώστε να αποκομίσει εμπειρίες τρισδιάστατης αλληλεπίδρασης μέσω διαδικτύου. Σε αυτό μπορεί να γίνει αναπαραγωγή όλων των εφαρμογών ΕΠ που έχουν δημιουργηθεί στο Virtools μέσω διαδικτύου χωρίς να απαιτείται κάποια επιπλέον ανάπτυξη ή τροποποίηση και χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη του Virtools. Η εγκατάσταση είναι απλή και οι ενημερώσεις (updates) γίνονται αυτόματα. Με τον τρόπο αυτό η επικοινωνία μεταξύ χρηστών καθίσταται πολύ εύκολη. Επίσης η σύνθεση μπορεί να αναρτηθεί στο διαδίκτυο με δύο σημαντικά πλεονεκτήματα. Το πρώτο πλεονέκτημα είναι ότι μέσω του αρχείου .VMO γίνεται απλή παρουσίαση της σύνθεσης χωρίς να αποκαλύπτεται ο τρόπος και τα στοιχεία με τα οποία δημιουργήθηκε προφυλάσσοντας τα δικαιώματα του δημιουργού επί της σύνθεσης. Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι το μέγεθος του αρχείου είναι πολύ μικρότερο, γεγονός που καθιστά ευκολότερη τη μεταφορά του μέσω του διαδικτύου.

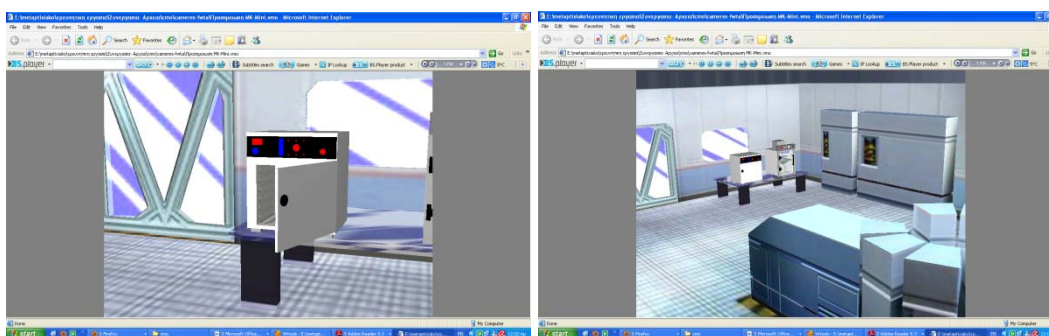
Ένα αρχείο της μορφής .VMO δημιουργήθηκε και για την σύνθεση της παρούσας εργασίας με την ονομασία 'Προσομοίωση MK-Mini'. Για την αναπαραγωγή της σύνθεσης απαιτείται ο χρήστης να είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο και να έχει εγκαταστήσει τον 3D Life Player τον οποίο έχει κατεβάσει από την επίσημη ιστοσελίδα της 3DVIA που πλέον ανήκει στην Dassault Systems. Στην συνέχεια με διπλό κλικ πάνω στο αρχείο, ανοίγει μέσω του Internet Explorer η προσομοίωση του MK-Mini. Από τις επιλογές ασφαλείας του Explorer πρέπει να επιλεγθεί η επιλογή Allow Block Content ώστε να ανοίξει η εφαρμογή.

Με το άνοιγμα της εφαρμογής ο χρήστης βρίσκεται μέσα στο χώρο του Εικονικού Εργαστηρίου CAD με την ενεργοποιημένη κάμερα να εστιάζει στα εικονικά μοντέλα του φούρνου και του MK-Mini. Η περιήγηση μέσα στο Εργαστήριο γίνεται με την

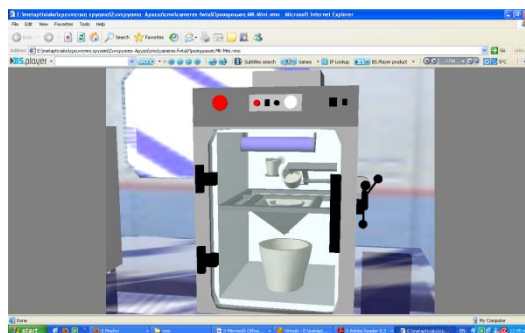
εναλλαγή των 5 διαφορετικών καμερών οι οποίες περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Η εναλλαγή των καμερών γίνεται με τα πλήκτρα F,M,I,A,P. Η κάμερα που ενεργοποιείται με το πλήκτρο F, εστιάζει στον φούρνο και ο χρήστης μπορεί να δει το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας πατώντας αριστερό κλικ πάνω στο μαύρο χερούλι. Με το πλήκτρο M η κάμερα εστιάζει στο MK-Mini και ο χρήστης με αριστερό κλικ πάνω στο χερούλι τις πόρτας βλέπει το άνοιγμα – κλείσιμό της και με αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό τμήμα του κάθε μοχλού βλέπει την κίνησή τους και την ταυτόχρονη περιστροφή των δοχείων A και B. Το πλήκτρο I ενεργοποιεί την κάμερα η οποία είναι τοποθετημένη στην πάνω γωνία απέναντι από το τραπέζι με τα εικονικά μοντέλα. Το πλήκτρο A ενεργοποιεί την κάμερα η οποία εστιάζει ταυτόχρονα και στα δύο εικονικά μοντέλα και η οποία είναι ενεργοποιημένη και με το άνοιγμα της εφαρμογής. Τα πλήκτρο P ενεργοποιεί την περιστρεφόμενη κάμερα που είναι τοποθετημένη στην πάνω γωνία απέναντι από τα εικονικά μοντέλα (απέναντι από την κάμερα του πλήκτρου I) και με τα βέλη $\rightarrow \leftarrow$ του πληκτρολογίου περιστρέφεται δίνοντας πανοραμική εικόνα του χώρου μέσα στο Εργαστήριο. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι η προσομοίωση της κίνησης για τις πόρτες, τους μοχλούς και τα δοχεία με τη χρήση του ποντικιού είναι ενεργοποιημένη και γίνεται με όλες τις κάμερες.



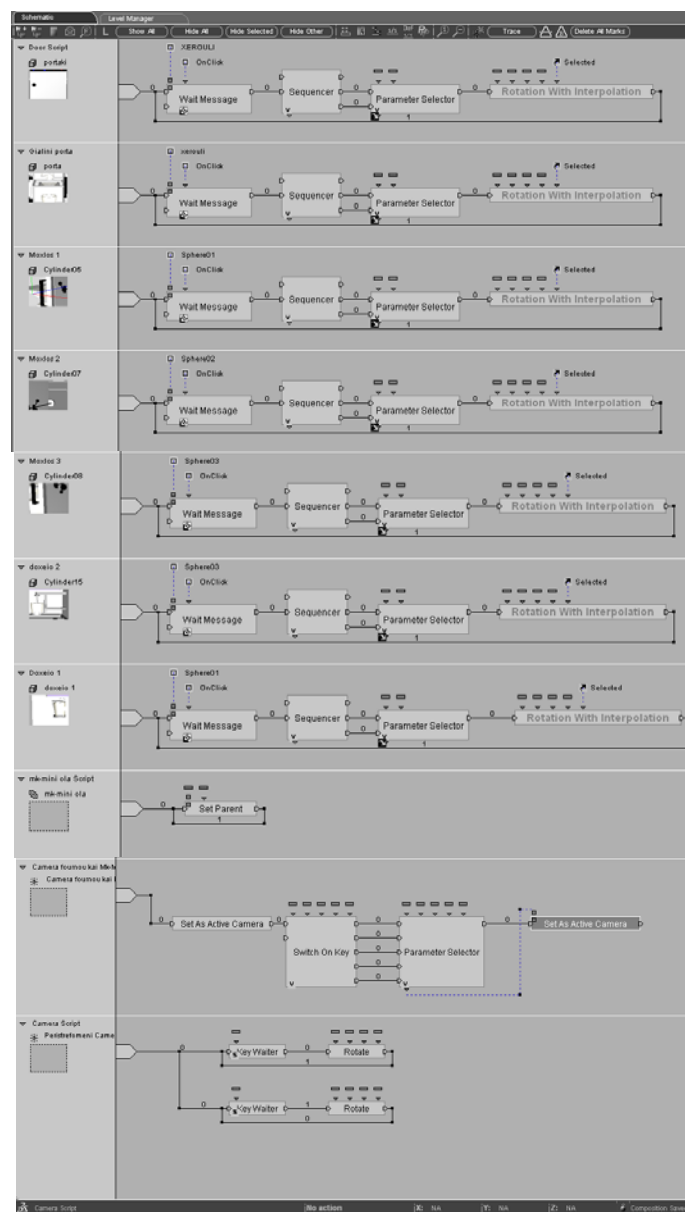
Εικόνα 7.37 Στιγμιότυπα κάμερας πλήκτρου A (αριστερά) και πλήκτρου I(δεξιά) από την προσομοίωση του MK-Mini στον Virtools Web Payer 3D Life Player



Εικόνα 7.38 Στιγμιότυπα ανοίγματος πόρτας φούρνου με ενεργοποιημένη κάμερα πλήκτρου F (αριστερά) και περιστρεφόμενης κάμερας πλήκτρου P (δεξιά) από την προσομοίωση του MK-Mini στον Virtools Web Payer 3D Life Player



Εικόνα 7.39 Στιγμιότυπο περιστροφής δοχείου B με κατέβασμα του μοχλού 3 με ενεργοποιημένη την κάμερα του πλήκτρου M από την προσομοίωση του MK-Mini στον Virtools Web Payer 3D Life Player

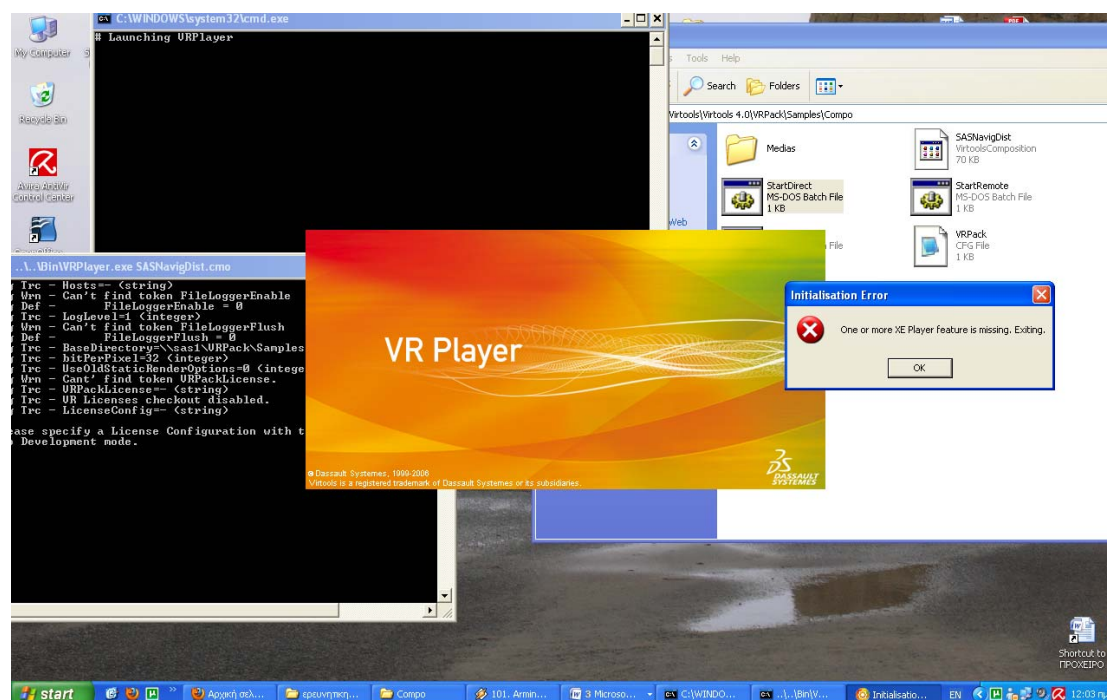


Εικόνα 7.40 Τα σενάρια λειτουργίας (scripts) του ολοκληρωμένου Εικονικού Εργαστηρίου στο Schematic

7.10 Ενεργοποίηση της εφαρμογής σε περιβάλλον εμβύθισης

Η ενεργοποίηση της εφαρμογής που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία σε περιβάλλον εμβύθισης, απαιτεί την σύνδεση και ενεργοποίηση των περιφερειακών συσκευών Εικονικής Πραγματικότητας που είναι στη διάθεση του Εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης και οι οποίες έχουν περιγραφεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 6. Με την ενεργοποίηση των περιφερειακών ο χρήστης μπορεί να χειριστεί το σύστημα Vacuum Casting MK-Mini με δυνατότητα εμβύθισης στο Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό τον επιθυμητό βαθμό αληθοφάνειας στην προσομοίωση της λειτουργίας του.

Το λογισμικό Virtools 4 περιλαμβάνει ένα σύνολο εργαλείων για τα οποία έγινε εκτενής παρουσίαση στο κεφάλαιο 6. Το βασικό πακέτο που ήταν στη διάθεση του Εργαστηρίου CAD και στο οποίο αναπτύχθηκε η παρούσα εφαρμογή αποτελούνταν από το Virtools 4 Dev. Τα περισσότερα επιπρόσθετα εργαλεία είναι εκτός του βασικού πακέτου και η ενεργοποίησή τους απαιτεί την εξαγορά επιπλέον αδειών πέραν αυτής του βασικού πακέτου που είχαμε στη διάθεσή μας. Η ενεργοποίηση των περιφερειακών συσκευών απαιτεί δύο επιπρόσθετα εργαλεία, το Virtools VR Library και Virtools VR Publisher τα οποία όμως δεν συμπεριλαμβάνονται στο βασικό πακέτο. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η ενεργοποίηση της παρούσας εφαρμογής σε περιβάλλον εμβύθισης. Τα εργαλεία αυτά είναι εγκατεστημένα στο βασικό πακέτο, ωστόσο για να ενεργοποιηθούν πρέπει να αγοραστεί μία επιπλέον άδεια (license). Για τον λόγο αυτό δεν μπορούσε να ενεργοποιηθεί ο Virtools Immersive Player (VR Player) που αποτελεί τον ειδικά διαμορφωμένο Player που απαιτείται σε εφαρμογές που πρόκειται να συνδεθούν περιφερειακές συσκευές ΕΠ και συσκευές απεικόνισης για την πλήρη εμβύθιση του χρήστη στο Εικονικό Περιβάλλον.



Εικόνα 7.41 Η έλλειψη επιπρόσθετης άδειας χρήσης των εργαλείων Virtools VR Library και Virtools VR Publisher εμποδίζει την ενεργοποίηση του VR player για εμβύθιση στην εφαρμογή

Η διαδικασία για την ενεργοποίηση των περιφερειακών φαίνεται να είναι κάπως πολύπλοκη. Με την εγκατάσταση του βασικού πακέτου στον υπολογιστή δημιουργείται και ένας φάκελος με ονομασία VR Pack. Στο φάκελο αυτό υπάρχει ένα σύνολο έτοιμων συνθέσεων με τις οποίες ο χρήστης δοκιμάζει τις περιφερειακές συσκευές. Μαζί με τις έτοιμες αυτές συνθέσεις, υπάρχει ένας αριθμός αρχείων της μορφής .cfg (configuration files). Σύμφωνα με τις οδηγίες που περιγράφονται στον οδηγό VR Library/VR Publisher 2.0 User Guide, ο χρήστης πρέπει να τροποποιήσει και να συνδυάσει κατάλληλα τα αρχεία αυτά. Τα πρώτα βήματα απαιτούσαν την τροποποίηση των αρχείων VRPackMaster.cfg και VRBaseSample.cfg και στη συνέχεια το άνοιγμα του αρχείου startDirect.bat ώστε να ανοίξει ο VR Player του Virtools απεικονίζοντας ένα εικονικό νησί. Ωστόσο η έλλειψη της άδειας εμπόδιζε το άνοιγμα του Player και η διαδικασία ενεργοποίησης των περιφερειακών δεν μπορούσε να προχωρήσει. Σύμφωνα πάντα με τον οδηγό χρήσης η διαδικασία ολοκληρώνεται με κατάλληλη επεξεργασία και συνδυασμό αρχείων της μορφής .cfg τα οποία πρέπει να τοποθετηθούν στον ίδιο φάκελο μαζί με την σύνθεση στην οποία ο χρήστης πρόκειται να εμβυθιστεί. Ουσιαστικά τα αρχεία .cfg είναι η ενσωμάτωση του λογισμικού VRPN (Virtual Reality Peripheral Network) έκδοσης 7.02 που αναφέρεται στο κεφάλαιο 6. Σύμφωνα με τη λίστα των υποστηριζόμενων συσκευών που περιέχεται στον οδηγό VR Library/VR Publisher 2.0 User Guide και έχει παρουσιαστεί στον κεφάλαιο 6, το γάντι δεδομένων Data Glove 16 της 5DT και η τρισδιάστατη συσκευή εισαγωγής δεδομένων Logitech SpaceMouse 3D του Εργαστηρίου CAD δεν υποστηρίζονται από το λογισμικό VRPN έκδοσης 7.02 και κατ' επέκταση δεν υποστηρίζονται από το Virtools 4. Συγκεκριμένα για το γάντι Data Glove 16 αναφέρεται ότι υποστηρίζεται η έκδοση 5 ενώ οι εκδόσεις 16 και Ultra όχι.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ενδεικτικά η δομή ενός αρχείου .cfg που έχει να κάνει με τις παραμέτρους των περιφερειακών που πρέπει να τροποποιηθούν για να επιτευχθεί η ενεργοποίησή τους.

VRDevice.cfg

```
# see VRPack documentation to find how to set these parameters
neutralPosition 0.030 -1.5 -0.3
neutralQuaternion 0.5 0.5 -0.5 0.5
axisPermute 2 0 1
axisSign -1 -1 -1
trackerScale 1
# describe your vrpn devices with the standard vrpn notation:
<adevice>@<ahost>
# be sure that your device server registers its devices with
corresponding names
# (e.g <adevice> runs on <ahost>)
# for optimal performances, run the device server on the distribution
master machine
# By default, no device is used.
#vrpnTracker Tracker0@sas1
#vrpnAnalog Joystick0@sas1
```

```
#vrpnButton Joystick0@sas1
# If you need to explicitly give the communication port used by the
vrpn server
# (for exemple port 3883), uses:
# the following syntax
#vrpnTracker Tracker0@sas1:3883
#vrpnAnalog Joystick0@sas1:3883
#vrpnButton Joystick0@sas1:3883
```

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ενασχόληση με τις τεχνολογίες της Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων και της Εικονικής Πραγματικότητας παρουσίασε τεράστιο ενδιαφέρον. Αντικειμενικός στόχος της εργασίας ήταν ο συνδυασμός των παραπάνω δύο τεχνολογιών με την προσομοίωση της λειτουργίας του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini σε περιβάλλον Εικονικής Πραγματικότητας. Κατά την ανάπτυξη της συγκεκριμένης εφαρμογής πέρα από την εμπειρία που αποκτήθηκε με την χρήση των λογισμικών 3D Studio Max 9 και 3DVIA Virtools 4, διαπιστώθηκαν και πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η αξιολόγηση του λογισμικού 3DVIA Virtools 4 που αποτέλεσε και την βάση της εργασίας. Τέλος ακολουθεί η αξιολόγηση της εφαρμογής που αναπτύχθηκε και γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

- **Αξιολόγηση λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας 3DVIA Virtools 4**

Το λογισμικό 3DVIA Virtools 4 χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της παρούσας εφαρμογής παρέχει σημαντικές δυνατότητες στον χρήστη. Το περιβάλλον εργασίας (Interface) που προσφέρει σε παραθυρική μορφή είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το χρήστη και περιλαμβάνει πλήθος εργαλείων ενώ οι απαιτήσεις σε υπολογιστικό εξοπλισμό δεν είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένες.

Η χρήση του Behavioral Building Blocks και των Virtools Resources επιτρέπει την ανάπτυξη σύνθετων εφαρμογών σε χρήστες χωρίς να απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού. Ωστόσο με την χρήση του Software Development Kit (SDK) σε συνδυασμό με την γλώσσα προγραμματισμού Virtools Scripting Language (VSL), χρήστες με πολύ καλές γνώσεις προγραμματισμού όπως για παράδειγμα στην γλώσσα Visual C++, έχουν την δυνατότητα να δημιουργήσουν νέα BBs και να επεκτείνουν σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες του λογισμικού.

Επιπλέον η προσομοίωση φυσικών νόμων όπως η βαρύτητα είναι ιδιαίτερα ρεαλιστική και μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα μέσω των έτοιμων BBs όπως για παράδειγμα η προσομοίωση της φυσικής κίνησης ενός αυτοκινήτου με το έτοιμο Physics Car BB.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό πλεονέκτημα του λογισμικού είναι η εύκολη πρόσβαση των χρηστών σε μεγάλο αριθμό πηγών και πληροφοριών που το αφορούν. Το σύστημα βοήθειας του (Online Reference και Virtools Mini Site) είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένο ενώ παρέχονται και πολύ κατατοπιστικοί οδηγοί χρήσεως (User Guides) για κάθε εργαλείο του. Τέλος υπάρχουν συγκεκριμένες ιστοσελίδες που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 6 και αφορούν αποκλειστικά το Virtools. Στις ιστοσελίδες αυτές οι χρήστες μπορούν να αντλήσουν πλήθος πληροφοριών και λύσεις σε προβλήματα που αντιμετωπίζουν κατά την ανάπτυξη των εφαρμογών τους.

Επίσης το λογισμικό υποστηρίζει μεγάλο αριθμό περιφερειακών συσκευών Εικονικής Πραγματικότητας και συσκευών απεικόνισης μέσω των εργαλείων Virtools VR Library και Virtools VR Publisher και του ενσωματωμένου λογισμικού VRPN (Virtual Reality Peripheral Network).

Το λογισμικό ενδείκνυται για την ανάπτυξη ηλεκτρονικών παιχνιδιών και χρησιμοποιείται από πολλές εταιρίες όπως (Electronic Arts & Ubisoft, Atari, Microïds και ιδιαίτερα για το Xbox της Microsoft). Επιπλέον χρησιμοποιείται από μεγάλες εταιρείες της βιομηχανίας (Dassault Systems) στην προώθηση προϊόντων με τη δημιουργία παρουσιάσεων και επιδείξεων. Σε αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό η ευκολία με την οποία οι συνθέσεις που δημιουργούνται στο λογισμικό μπορούν να

εξαχθούν στο διαδίκτυο μέσω του Web Player. Τέλος είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε Πανεπιστήμια για τη δημιουργία προσομοιώσεων και την εκπαίδευση των φοιτητών.

Ωστόσο το Virtools 4 παρουσιάζει και αρκετές αδυναμίες και μειονεκτήματα. Κατ' αρχήν το κόστος του είναι ιδιαίτερα υψηλό. Μπορεί να παρέχει μεγάλο αριθμό επιπρόσθετων εργαλείων τα οποία αυξάνουν τις δυνατότητες του, όμως η ενεργοποίησή τους απαιτεί την εξαγορά των επιπρόσθετων αδειών χρήσης τους αυξάνοντας ακόμη περισσότερο το κόστος τους. Γενικά το κοστολόγιο της εταιρείας δεν είναι πολύ ξεκάθαρο. Για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής ο χρήστης πρέπει εκ των προτέρων να γνωρίζει ποια ακριβώς εργαλεία θα χρησιμοποιήσει ώστε να αγοράσει όλες τις απαραίτητες άδειες ενεργοποίησής τους και να μην χρειαστεί να βγει εκτός του αρχικού προϋπολογισμού, κάτι που είναι κάπως δύσκολο.

Μία άλλη σημαντική αδυναμία του λογισμικού έχει να κάνει με την εισαγωγή γεωμετρικών μοντέλων από συστήματα CAD. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει ο χρήστης να αγοράσει ένα επιπρόσθετο εργαλείο, το Virtools Cad Pack, αλλά και άλλο ένα λογισμικό, το Deep Exploration της Right Hemisphere, ώστε να μετατραπούν τα αρχεία που περιέχουν τα γεωμετρικά μοντέλα σε μορφή που να μπορεί να εισαχθεί στο Virtools. Αυτό έχει ως συνέπεια τόσο την αύξηση του κόστους όσο και την αύξηση του χρόνου ανάπτυξης της εφαρμογής.

- **Αξιολόγηση της προσομοίωσης του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini**

Η ανάπτυξη της προσομοίωσης του συστήματος Vacuum Casting MK-Mini ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό τις αρχικές μας προσδοκίες για την δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής. Το μοναδικό σημείο όπου παρουσιάζεται αδυναμία είναι η αδυναμία σύνδεσης των περιφερειακών συσκευών του Εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης και συνεπώς η αδυναμία εμβύθισης του χρήστη στο Εικονικό Εργαστήριο του χρήστη. Ο λόγος είναι ότι δεν υπήρχε στη διάθεση του Εργαστηρίου CAD η απαραίτητη άδεια ενεργοποίησης των εργαλείων Virtools VR Library και Virtools VR Publisher τα οποία είναι απαραίτητα για την σύνδεση των περιφερειακών. Το βασικό πακέτο που ήταν στην διάθεσή μας, παρέχει μόνο το βασικό εργαλείο ανάπτυξης Virtools 4 Dev. Συνεπώς η αξιολόγηση της εφαρμογής σε περιβάλλον εμβύθισης δεν είναι εφικτή. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι το γάντι δεδομένων του Εργαστηρίου CAD Data Glove 16 της 5DT δεν υποστηρίζεται από το Virtools 4.

Σε γενικές γραμμές η εφαρμογή καλύπτει τις προδιαγραφές που ορίστηκαν για τα λειτουργικά, τα τεχνικά και τα χαρακτηριστικά προσομοίωσης σε υψηλό βαθμό. Η ρεαλιστικότητα του Εικονικού Εργαστηρίου που δημιουργήθηκε είναι υψηλή όπως και η χρησιμότητά του. Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλά περιθώρια για περαιτέρω ανάπτυξη, ώστε να προσομοιώνονται στο εικονικό περιβάλλον επιπλέον χαρακτηριστικά που θα αναλυθούν σε επόμενη ενότητα.

Η παρούσα εφαρμογή είναι ικανή να αποτελέσει σε μεγάλο βαθμό ένα σημαντικό εκπαιδευτικό εργαλείο για την εκμάθηση της τεχνικής του Vacuum Casting. Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να αποκομίσει μια πρώτη εικόνα αλλά και να ενημερωθεί για τον τρόπο λειτουργίας του εξοπλισμού του εργαστηρίου Rapid Tooling, έχοντας παράλληλα και την δυνατότητα εξοικείωσης των χειριστηρίων ελέγχου του.

Επιπλέον από τη χρήση της εφαρμογής μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας. Η εν λόγω τεχνολογία παρέχει υψηλό βαθμό ρεαλιστικότητας σε σχέση με την απεικόνιση πραγματικών περιβαλλόντων και καθιστά εφικτή την προσομοίωση συμπεριφορών σχεδόν οποιασδήποτε μορφής. Επίσης παρέχει δυνατότητα οπτικοποίησης

περιβαλλόντων και αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενά τους. Για τον λόγο αυτό η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για εκπαίδευση σε νέες βιομηχανικές τεχνολογίες και αξιολόγηση νέων βιομηχανικών τεχνολογιών.

Σημαντικό πλεονέκτημα της εφαρμογής είναι η εύκολη εξαγωγή του εικονικού κόσμου σε περιβάλλον web, αφού αυτό μπορεί να γίνει εύκολα μέσω του Virtools 4. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους χρήστες για την πρόσβαση με τη βοήθεια ενός απλού φυλλομετρητή και την εγκατάσταση του 3D Life Player που διατίθεται δωρεάν, χωρίς να υπάρχει απαραίτητα εγκατεστημένο το λογισμικό. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται δύο οφέλη:

- Η δυνατότητα εύκολης μετατροπής της σε δικτυακή εφαρμογή και επομένως να χρησιμοποιηθεί για εκπαίδευση από απόσταση.
- Η καταλληλότητα της εφαρμογής για τη χρήση της σε Πανεπιστήμια και Πολυτεχνεία μέσω περιβάλλοντος web, αφού έτσι το κόστος είναι πιο προσιτό.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθούν και ορισμένα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής. Κατ' αρχήν συστήνεται κατά την σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων σε συστήματα CAD και συστήματα τρισδιάστατης Μοντελοποίησης να ορίζονται οι ακριβείς συντεταγμένες στις οποίες θα τοποθετηθούν στο εικονικό περιβάλλον. Στην παρούσα εφαρμογή αυτό δεν έγινε με αποτέλεσμα η μεταφορά των εικονικών μοντέλων να παρουσιάσει αρκετά προβλήματα τα οποία απαίτησαν χρόνο για να επιλυθούν. Σε περίπτωση που αυτό δεν γινόταν εφικτό θα έπρεπε να επιστρέψουμε στο 3D Studio Max 9 και να τοποθετήσουμε τα γεωμετρικά μοντέλα στις κατάλληλες θέσεις και έπειτα να τα εισάγουμε ξανά στο Virtools και να ξεκινήσουμε από την αρχή.

Επίσης κατά το σχεδιασμό των γεωμετρικών μοντέλων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιότητες και η συμπεριφορά που θα έχουν στο εικονικό περιβάλλον. Κάθε γεωμετρικό μοντέλο, που έχει κάποια ιδιότητα διαφορετική από τα υπόλοιπα, πρέπει να αποτελεί ξεχωριστή οντότητα (για την παρούσα εφαρμογή η πόρτα, οι μοχλοί και τα δοχεία). Τα γεωμετρικά μοντέλα, τα οποία έχουν ίδιες ιδιότητες και συμπεριφορά στο εικονικό περιβάλλον πρέπει να ενώνονται σε μία οντότητα, ώστε στο εικονικό περιβάλλον να υπάρχει το ελάχιστο δυνατό πλήθος αντικειμένων.

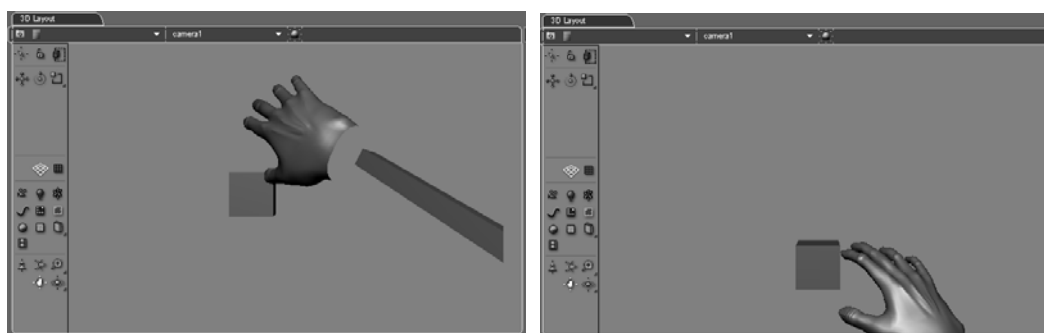
Μία άλλη αδυναμία είναι ότι η τοποθέτηση των αντικειμένων χαμηλότερα στην ιεραρχία γίνεται χωρίς προβλήματα στο λογισμικό Virtools 4. Αντίθετα η τοποθέτηση αντικειμένων υψηλότερα στην ιεραρχία είναι πολύπλοκη και δεν είναι πάντα εφικτή. Γενικά ο χρήστης δεν μπορεί να ελέγχει πλήρως τη λειτουργία αυτή.

• Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Το Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων μπορεί να αποτελέσει εφαλτήριο για περεταίρω μελέτη και ανάπτυξη παρόμοιων εργασιών. Θα μπορούσε στο περιβάλλον του εργαστηρίου που αναπτύχθηκε να εισαχθούν εικονικοί χαρακτήρες – ψηφιακά ανθρωποειδή (avatars) τα οποία παρέχονται από το ίδιο το λογισμικό και να αποδοθούν σε αυτά κατάλληλα BBs ώστε να κινούνται μέσα στο Εικονικό Εργαστήριο και να αλληλεπιδρούν με τα αντικείμενά του. Θα μπορούσε μάλιστα να αναπτυχθούν κατάλληλα σενάρια λειτουργίας στα οποία η λειτουργία του συστήματος MK-Mini να ελέγχεται από ένα ή περισσότερα ψηφιακά ανθρωποειδή.

Επιπλέον θα μπορούσε να αγοραστεί από το Εργαστήριο CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης η επιπρόσθετη άδεια ώστε να συνδεθούν τα περιφερειακά Εικονικής

Πραγματικότητας και να ενεργοποιηθεί η εφαρμογή σε περιβάλλον εμπύθισης ώστε να αξιολογηθεί και αυτή η δυνατότητα του λογισμικού 3DVIA Virtools. Ένα υποθετικό σενάριο που θα μπορούσε να δημιουργηθεί θα ήταν αρχικά η ενεργοποίηση του συστήματος προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού Fastrak Polehmus μέσω του κατάλληλου συνδυασμού αρχείων .cfg. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούν να ανιχνευτούν, μέσω του μαγνητικού του πεδίου, οι κινήσεις των άλλων περιφερειακών δηλαδή του κράνους και του γαντιού. Το επόμενο βήμα θα ήταν η ενεργοποίηση του κράνους εικονικής πραγματικότητας V6 HMD με κατάλληλη τροποποίηση και συνδυασμό των αρχείων .cfg ώστε ο χρήστης της εφαρμογής του Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων να μπορεί να εμβυθιστεί μέσα σε αυτό και να απομονωθεί από το φυσικό του περιβάλλον με σκοπό τη μελέτη της απόκρισης του κράνους στις κινήσεις του κεφαλιού και και την αξιολόγηση της ρεαλιστικότητας της αίσθησης που δημιουργεί στον χρήστη η χρήση του. Στο επόμενο βήμα θα ακολουθούσε η ενεργοποίηση του Logicad SpaceMouse 3D. Έτσι ο χρήστης θα μπορεί μέσω του κράνους να εμβυθιστεί στο εικονικό εργαστήριο και μέσω του Logicad SpaceMouse 3D να κινηθεί μέσα στο χώρο και να πλησιάσει τον φούρνο και το MK-Mini. Τέλος, η ολοκλήρωση του σεναρίου θα περιλάμβανε την ενεργοποίηση του γαντιού Data Glove 16 της 5DT, αφού πρώτα είχε δημιουργηθεί ένα εικονικό χέρι, το οποίο ο χρήστης μέσα από το κράνος θα το αντιλαμβανόταν ως το δικό του χέρι. Το σενάριο λειτουργίας του εικονικού χεριού θα περιλάμβανε μεταξύ άλλων, κατάλληλα BBs τόσο για τις κινήσεις του στο χώρο όσο και για ανίχνευση επαφής - σύγκρουσης του με τα χερούλια και τους μοχλούς ώστε να ενεργοποιούνται τα αντίστοιχα σενάρια κίνησής τους. Συνδέοντας κατάλληλα το σενάριο λειτουργίας του εικονικού χεριού με τις παραμέτρους του γαντιού Data Glove 16 της 5DT, ο χρήστης θα μπορούσε έχοντας ενεργοποιημένα όλα τα περιφερειακά, να πλησιάζει είτε το φούρνο είτε το MK-Mini και με την χρήση του γαντιού να ενεργοποιήσει τα σενάρια λειτουργίας για τις πόρτες και τους μοχλούς μέσω της ανίχνευσης συγκρούσεων ώστε να ανοίγει και να κλείνει τις δύο πόρτες αλλά και να κινεί τους μοχλούς που περιστρέφουν τα δοχεία A και B του MK-Mini, προσομοιάζοντας ορισμένα από τα βασικά στάδια της μεθόδου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων Vacuum Cast Molding. Στις επόμενες δύο εικόνες φαίνεται ένα παράδειγμα εικονικού χεριού που θα μπορούσε να δημιουργηθεί.



Από όλα τα ανωτέρω τίθενται υπό διερεύνηση ορισμένα ενδιαφέροντα θέματα για μελλοντικές εργασίες. Πρώτον πρέπει να διερευνηθούν ποιες τροποποιήσεις πρέπει να γίνουν και σε ποια αρχεία .cfg καθώς και με ποιο τρόπο θα συνδυαστούν αυτά ώστε να ενεργοποιηθούν οι δύο περιφερειακές συσκευές, προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού Fastrak Polehmus και κράνους εικονικής πραγματικότητας V6 HMD, οι οποίες είναι συμβατές και υποστηρίζονται από το λογισμικό VRPN έκδοσης 7.02 και συνεπώς από το Virtools 4. Επιπλέον τίθενται υπό διερεύνηση οι δυνατότητες επέκτασης που παρέχει το Virtools 4. Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε

προηγούμενη ενότητα, οι άλλες δύο περιφερειακές συσκευές του Εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης, το γάντι δεδομένων Data Glove 16 της 5DT και η τρισδιάστατη συσκευή εισαγωγής δεδομένων Logitech SpaceMouse 3D δεν υποστηρίζονται από το λογισμικό VRPN έκδοσης 7.02 που είναι ενσωματωμένη στο Virtools 4 και κατ' επέκταση δεν υποστηρίζονται από το Virtools 4. Ωστόσο το λογισμικό Virtools 4 δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα μέσω του Software Development Kit (SDK) σε συνδυασμό με την γλώσσα προγραμματισμού Virtools Scripting Language (VSL) η οποία στηρίζεται στη γλώσσα Visual C++, να αναπτύξει σύνθετες εφαρμογές δημιουργώντας εξειδικευμένα Building Blocks σε αρχεία της μορφής .dll. Τίθεται λοιπόν υπό διερεύνηση εάν με αυτόν τον τρόπο θα επιτευχθεί η ενεργοποίηση των δύο αυτών περιφερειακών και με ποιο τρόπο θα συνδεθούν τα εξειδικευμένα αυτά BBs με τα ήδη υπάρχοντα σενάρια λειτουργίας (ποιες θα είναι οι παράμετροι εισόδου κ.α.). Εάν αυτό δεν καταστεί δυνατό, πρέπει να γίνει δοκιμή ενεργοποίησης άλλων συσκευών οι οποίες θα έχουν την ίδια λειτουργία και θα περιλαμβάνονται λίστα των υποστηριζόμενων συσκευών που περιέχεται στον οδηγό VR Library/VR Publisher 2.0 User Guide και έχει παρουσιαστεί στον κεφάλαιο 6.

Ολοκληρώνοντας τις προτάσεις για μελλοντική εργασία δεν μπορεί να παραληφθεί να γίνει και μια σύντομη αναφορά στην νέα ανανεωμένη έκδοση του λογισμικού, 3DVIA Virtools 5, που έχει ήδη κυκλοφορήσει από το 2009 με αναβαθμισμένα χαρακτηριστικά, περισσότερα BBs και ακόμα περισσότερες δυνατότητες. Μία ενδεχόμενη μελλοντική εργασία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή του Εικονικού Εργαστηρίου Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων που αναπτύχθηκε στην παρούσα διατριβή καθώς το υπάρχον αρχείο CMO είναι απόλυτα συμβατό με την νέα έκδοση και να γίνει προσπάθεια ενεργοποίησης των περιφερειακών συσκευών στην νέα έκδοση. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Virtools 5 χρησιμοποιεί και νέα έκδοση των επιπρόσθετων εργαλείων VR Library/VR Publisher που είναι απαραίτητα για την ενεργοποίηση των περιφερειακών συσκευών. Συγκεκριμένα χρησιμοποιεί την έκδοση 2.6 σε αντίθεση με την έκδοση 2.0 που χρησιμοποιεί το Virtools 4. Ωστόσο ενσωματώνει την ίδια έκδοση λογισμικού VRPN, την 7.02, την οποία ενσωματώνει και το Virtools 4. Για να υποστηρίξει όμως επιπρόσθετες περιφερειακές συσκευές πέραν αυτών που υποστηρίζει μέσω του λογισμικού VRPN 7.02, έχουν προστεθεί επιπρόσθετα (add-ons) εξειδικευμένα BB για συγκεκριμένες περιφερειακές συσκευές οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά στον VR Library/VR Publisher 2.6 User Guide. Στην περίπτωση των συσκευών του Εργαστηρίου CAD του Πολυτεχνείου Κρήτης, η τρισδιάστατη συσκευή εισαγωγής δεδομένων Logitech SpaceMouse 3D υποστηρίζεται με εξειδικευμένα BBs χωρίς να απαιτείται να χρησιμοποιηθεί γλώσσα προγραμματισμού για την ενεργοποίησή τους. Αντίθετα το γάντι Data Glove 16 της 5DT ούτε υποστηρίζεται από το λογισμικό VRPN ούτε από κάποιο εξειδικευμένο BB που σημαίνει ότι πρέπει χρησιμοποιηθεί μία από τις δύο γλώσσες που ενσωματώνει το Virtools 5 (Virtools Scripting Language και την νέα γλώσσα Lua) για την ενεργοποίησή του, κάτι που τίθεται υπό διερεύνηση. Όλες οι παραπάνω προτάσεις για μελλοντική έρευνα μπορούν να αποτελέσουν εφαλτήριο για την εκπόνηση μελλοντικών διατριβών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Μπιλάλης Ν., Πετούσης Μ., Αντωνιάδης Α., «Εικονική Πραγματικότητα», Δελτίο Π.Σ.Δ.Μ.-Η., Μάρτιος 2001
2. Μπιλάλης Ν., Πετούσης Μ., Αντωνιάδης Α., **“Εικονική Πραγματικότητα, Σύγχρονο εργαλείο για το σχεδιασμό προϊόντων και διαδικασιών στη βιομηχανία”**, Δελτίο ΠΣΔΜΗ, Τεύχος 338, 2001
3. Λέπουρας Γιώργος, Πλατής Νίκος (2006). ‘Τεχνολογία Πολυμέσων & Εικονικής Πραγματικότητας
4. Χαρίτος Δ., Μαρτάκος Δ., *Εικονική Πραγματικότητα*, Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Β' Εξάμηνο, Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστημίου Αθηνών, 1999
5. **Προσομοίωση της τεχνολογίας Rapid Tooling σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας** :ερευνητική μεταπτυχιακή διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων απόκτησης Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στον Κύκλο των Συστημάτων Παραγωγής Κεκάκης, Σταύρος - 2004
6. **Προσομοίωση μηχανουργικών κατεργασιών με χρήση τεχνολογιών σχεδίασης και οπτικοποίησης σε εικονικό περιβάλλον** :διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος Πετούσης Μάρκος, 2007
7. **Ανάπτυξη περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας για εργονομικό έλεγχο και σχεδιασμό διαδικασιών ναυπηγοεπισκευής** :διατριβή που υπεβλήθη για την μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης Πετούσης Μάρκος, 2001
8. **Παρουσίαση μεθόδων Rapid Tooling εφαρμογή στο σύστημα MK Mini-Vacuum Casting** . Παπαγιάννης Γεώργιος, Μπιλάλης Νικόλαος, 2002
9. **Ανάπτυξη περιβάλλοντος σχεδιασμού και ελέγχου εργονομίας παραγωγικών διαδικασιών με τη χρήση τεχνικών Εικονικής Πραγματικότητας**: διδακτορική διατριβή, Καραμπάτσου Βασιλική, 2004
10. **Υλοποίηση Εικονικών χαρακτήρων σε εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον**: Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Βλαχώνη Γεωργία, 2007

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Bilalis N., Petousis M., Antoniadis A., **“Model for surface roughness parameters determination in a virtual machine shop environment”**, submitted for publication at the International Journal of Advanced Manufacturing and Technology
2. Bilalis N., Petousis M., **“Development of a virtual environment for surface topomorphy and roughness determination in milling operations”**, accepted for publication at the Transactions of the ASME, Journal of Computing and Information Science in Engineering, Special Issue Advances in Computer Aided Manufacturing.
3. Tseng M., Jiao J., Su C. J., **"Virtual Prototyping for Customized Product Development"**, Integrated Manufacturing Systems
4. Medland T., **"An engineering designer's view of virtual engineering and rapid prototyping"**, World Class Design to Manufacture

-
5. Bennett G. R., "**The application of virtual prototyping in the development of complex aerospace products**", Aircraft Engineering and Aerospace Technology
 6. Lombardo J., Mihalak E., Scott R., "**Collaborative Virtual Prototyping**", Johns Hopkins Apl. Technical Digest
 7. Stuart R., 1996. **The design of Virtual Environments**. McGraw Hill
 8. Lanier J., Minsky M., Fisher S. and Druin A., "**Virtual Environments And Interactivity: Windows To The Future**", ACM Siggraph Panel Proceedings, 1989
 9. Krueger Myron, "**Artificial Reality 2**", Addison-Wesley Professional, 1991
 10. Bishop G. and Fuchs H., "**Research Directions in Virtual Environments**", Report of an NFS Invitational Workshop, Computer Graphics, Vol. 26, No. 3, pp. 153-177, 1992.
 11. Gigante M., "**Virtual Reality: Definitions, History and Applications**", Virtual Reality Systems, pp. 3-14, 1993
 12. Cruz-Neira C., "**Virtual Reality Overview**", In Proceedings of SIGGRAPH '93 Course, No. 23, 1993
 13. Ellis, S. R., "**What Are Virtual Environments?**", IEEE: Computer Graphics & Applications, 14:1, 17-22, 1994
 14. Marsh T., Wright P., Smith S., D. Duke, "**A Shared Framework of Virtual Reality**", David, UK-VRSIG'98, September 5th, Exeter, UK, 1998
 15. Sherman W. R. and Craig A. B., "**Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design**", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2003
 16. Vexo Frederic, "**Virtual Reality: Introduction & Definition**", VRlab – EPFL, Summer 2007
 17. Isdale Jerry, "**Introduction to Virtual Environment Technology**", IEEE VR2003, p. 2, March 23, 2003
 18. Kalawsky Roy S., "**The Science of Virtual Reality and Virtual Environments**", Addison Wesley Publishing Company, 1993
 19. Ellis Stephen R., "**Pictorial communication in virtual and real environments**", 2nd ed., Taylor and Francis, London, 1993
 20. Bordegoni M., "**Gesture interaction in a 3D user interface**", European Research Consortium for Informatics and Mathematics, Technical report, number ERCIM-93- RO19, 1993
 21. Herndon K. P., Van Dam A. and Gleicher M., "**The challenges of 3D interaction**", a Chi'94 workshop, Special Interest Group on Computer-Human Interaction (SIGCHI) Bulletin, 1994
 22. Nikos Avradinis, Spyros Vosinakis, Themis Panayiotopoulos '**Using Virtual Reality Techniques for the Simulation of Physics Experiments**'
 23. Traill.D., Bowskill.J., & Lawrence.P. (1997), '**Interactive collaborative media environments**', BT Technology Journal, Vol. 15, No. 4, pp.130-139, October
 24. Kevin Wayne ArthurB. Math., '**3D TASK PERFORMANCE USING HEAD-COUPLED STEREO DISPLAYS**' University of Waterloo, 1991,pp 14
 25. K. Meyer, H. Applewhite and F. Biocca, "**A Survey of Position Trackers**", Presence, Vol. 1, No. 2, pp. 173-200, 1992
 26. Stuart R., 1996. **The design of Virtual Environments**. McGraw Hill

-
27. S. V. G. Cobb and P. M. Sharkey, “**A Decade of Research and Development in Disability, Virtual Reality and Associated Technologies: Review of ICDVRAT 1996–2006**”, The International Journal of Virtual Reality, 2007, 6(2):51-68

Πηγές από το διαδίκτυο

1. 3DVIA web site , www.3dvia.com
2. Virtools web site, <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/>
3. Dassault Systems web page, www.3ds.com
4. The SwapMeet , www.theswapmeet.com
5. OpenGL web site, www.opengl.org
6. VRML web site, www.vrml.org
7. Delmia Corp./Web site at <http://www.3ds.com/products/delmia>
8. <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/showcase/electronic-entertainment>
9. <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/showcase/web/>
10. <http://www.3ds.com/products/3dvia/3dvia-virtools/showcase/urban-planning/>
11. Parametric Technology Corporation – PTC: / Web site at <http://www.ptc.com>
12. Superscape Ltd. / Web site at <http://www.superscape.com/>
13. Sense 8 Corporation / Web site at <http://www.sense8.com>
14. TGS Open Inventor web page, <http://www.tgs.com>
15. OpenSceneGraph web page, www.openscenegraph.org
16. Multigen-Paradigm, Inc./ Web site at <http://www.multigen.com>
17. UGS web page, www.ugs.com
18. WorldVis web page, www.worldviz.com
19. EON Reality web page, www.eonreality.com
20. Quest3D web page, www.quest3d.com
21. Transom Technologies Inc./ Web site at <http://www.transom.com>
22. Human Solutions/Web site at http://www.human-solutions.com/index_e.php
23. Tecnomatix Technologies Ltd./Web site at <http://www.tecnomatix.com>
24. https://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/2633/ubc_1993_fall_arthur_kevin.pdf?sequence=3
25. Virtual 3D Worlds, Lab Work, <http://info.mi.fh-offenburg.de/html/vorlesungen/idalab/LabExerciseVirtualWorlds.pdf>
26. Beier K. P., Virtual Reality - A Short Introduction, 29 Sep. 2001, <http://www-VRL.umich.edu>
27. Auclair I., Lalande P., Dorta T., "The influence of 3D modeling and rapid prototyping techniques on customized objects in industrial design", University of Montreal web site <http://www.din.umontreal.ca/documents/dorta/8-NDR2005.pdf>
28. Jerry Isdale (1998). ‘What Is Virtual Reality? A Web-Based Introduction’ Version 4 – Draft 1, September 1998 <http://vr.isdale.com/WhatIsVR/noframes/WhatIsVR4.1.html>
29. ¹http://www.solidworkscommunity.com/pdf/optimizing_workstation_sw_webinar.pdf
30. <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm>

-
31. http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_country_leaflet_cy_el.pdf
 32. N.FRANGAKIS, G. KARASEITANIDIS, A. AMDITIS, K. LOUPOS
**‘STRUCTURING THE EUROPEAN RESEARCH AREA IN VR –
INTUITION NETWORK’** http://www.project-vega.ro/news/workshop_2006_may/01-Frangakis.pdf
 33. A. Amditis, I. Karaseitanidis, I. Mantzouranis, **‘Virtual Reality Research in Europe: Towards Structuring the European Research Area’**,
<http://www.springerlink.com/content/r27h18v0831375ku/fulltext.pdf>
 34. Eric Badiqué **‘Under Construction in Europe: Virtual and Mixed Reality for a Rich Media Experience’**
<http://www.springerlink.com/content/61u1n7ulju5170he/>
 35. <http://veritas-project.eu/>
 36. **‘Virtual reality systems for perceived ergonomic quality testing of driving task and design’** http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/virtual_final_report.pdf
 37. 8th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT 2010)
http://www.icdvrat.reading.ac.uk/2010/call_for_papers.htm
 38. http://cordis.europa.eu/fetch?ACTION=D&CALLER=PROJ_IST&RCN=64588
 39. <http://www.presencia.org>
 40. **‘Overview of running EU-funded projects in the area of e-inclusion’**
http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion/docs/rtd_docs/projects.pdf
 41. Μπιλάλης Ν., **Μέθοδοι Rapid Tooling**, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις ,
<http://www.cadlab.tuc.gr/courses/prodev/rt.pdf>

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΩΝΩΝ – ΣΧΗΜΑΤΩΝ - ΠΙΝΑΚΩΝ

Εικόνα 1.1	Ο πρώτος απλός μηχανικός εξομοιωτής πτήσης.....	8
Εικόνα 1.2	Morton Heilig –Sensorama.....	9
Εικόνα 1.3	The Ultimate Display.....	9
Εικόνα 1.4	Ivan Sutherland - The Sword of Damocles.....	10
Εικόνα 1.5	Σκηνές από το Videoplace του Krueger.....	10
Εικόνα 1.6	Το σύστημα BOOM.....	11
Εικόνα 1.7	Σχηματική αναπαράσταση CAVE και φωτογραφία.....	11
Εικόνα 1.8	Virtual Round Table: Augmented VR.....	12
Εικόνα 1.9	Στιγμιότυπα online εφαρμογής Khufu Project της Dassault Systems που δημιουργήθηκε με χρήση του Προγράμματος 3DVIA Virtools.....	15
Εικόνα 2.1	Αρχιτεκτονική συστήματος Εικονικής Πραγματικότητας.....	17
Εικόνα 2.2	Οπτικοποίηση εικονικού αυτοκινήτου σε σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας (εικόνα Parametric Technology Inc.).....	21
Εικόνα 2.3	Εικονικό περιβάλλον εργοστασίου (εικόνα PERA).....	22
Εικόνα 2.4	Ο άνθρωπος χρειάζεται δύο εικόνες του ίδιου αντικειμένου, μία από τη θέση του αριστερού ματιού και μία από θέση του δεξιού ματιού, για να έχει πραγματική αίσθηση και των τριών διαστάσεων του χώρου (την τέταρτη διάσταση του χρόνου, την αντιλαμβάνεται με τη διαδοχή των εικόνων με την κίνηση).....	22
Εικόνα 2.5	Γάντι δεδομένων Cyberglove της Virtual Technologies (εικόνα VTI).....	23
Εικόνα 2.6	Προσομοίωση βαρύτητας σφαίρας και σύγκρουσης δύο σφαιρών.....	23
Εικόνα 2.7	Εικονικό περιβάλλον εργοστασίου αυτοκινητοβιομηχανίας.....	23
Εικόνα 2.8	Τρισδιάστατα Μοντέλα της αεροπορικής βιομηχανίας σχεδιασμένα σε συστήματα CAD.....	24
Εικόνα 2.9	Εικονικό μοντέλο δίχρονου κινητήρα με περιορισμούς στην κίνηση των επιμέρους τμημάτων (εικόνα Parametric Technology Inc.).....	24
Εικόνα 2.10	Μη τεμνόμενα και τεμνόμενα αντικείμενα, με βάση του όγκους που τα οριοθετούν για ανίχνευση συγκρούσεων (εικόνα του Industrial Virtual Reality Institute).....	25
Εικόνα 2.11	Οπτικοποίηση εσωτερικού χώρου αεροσκάφους για αξιολόγηση Εργονομίας.....	25
Εικόνα 2.12	Bump mapping. (εικόνα Evans & Sutherland Computer Corporation, Salt Lake City, Utah, USA).....	25
Εικόνα 2.13	Γεωμετρικό μοντέλο εσωτερικού κτιρίου με απόδοση υφής για τούβλο και πλακάκι στις αντίστοιχες επιφάνειες (εικόνα Light Work Design).....	26
Εικόνα 2.14	Απεικόνιση εσωτερικού αυτοκινήτου με τη χρήση της τεχνικής φωτισμού radiosity (εικόνα της LightWork design).....	26
Εικόνα 2.15	Απεικόνιση ομίχλης. (εικόνα Evans & Sutherland Computer Corporation Salt Lake City, Utah, USA).....	26
Εικόνα 2.16	Immersive Virtual Reality.....	30
Εικόνα 2.17	Το σύστημα Head Coupled Display.....	33
Εικόνα 2.18	Το Head Up Display του αεροσκάφους F-16 Block 52+.....	33
Εικόνα 2.19	Ηλεκτρομαγνητικό Σύστημα προσδιορισμού θέσης Polhemus Fastrak.....	35

Εικόνα 2.20	Το σύστημα Convolotron.....	36
Εικόνα 2.21	Το Dataglove της VLP και το Dataglove της 5DT.....	37
Εικόνα 2.22	SpaceMouse και SpaceBall.....	37
Εικόνα 2.23	Επιτραπέζιο σύστημα.....	38
Εικόνα 2.24	Συστήματα Projection-based.....	39
Εικόνα 2.25	Κράνη Εικονικής Πραγματικότητας.....	41
Εικόνα 2.26	Γυαλιά Εμβύθισης.....	43
Εικόνα 2.27	Στερεοσκοπικά Γυαλιά.....	44
Εικόνα 2.28	Το μηχανικό σύστημα προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού BOOM.....	45
Εικόνα 2.29	Σχηματική αναπαράσταση CAVE.....	45
Εικόνα 2.30	CyberGlove.....	46
Εικόνα 2.31	Στιγμιότυπα από χρήση CyberGlove.....	47
Εικόνα 2.32	Γιλέκο Αλληλεπίδρασης Εικονικής Πραγματικότητας.....	48
Εικόνα 2.33	Καρέκλα Εικονικής Πραγματικότητας.....	48
Εικόνα 2.34	Το λογισμικό Division MockUp (εικόνα Parametric Technology Inc.).....	51
Εικόνα 2.35	Το λογισμικό VRT.....	52
Εικόνα 2.36	Το λογισμικό Sense8 WorldUp (εικόνα Sense8).....	53
Εικόνα 2.37	Το λογισμικό Vega.....	53
Εικόνα 2.38	Το λογισμικό Open Inventor (εικόνα TGS).....	54
Εικόνα 2.39	Το λογισμικό OpenSceneGraph.....	54
Εικόνα 2.40	Προσομοίωση κατεργασίας αφαίρεσης υλικού στο σύστημα Tecnomatix (εικόνα Tecnomatix).....	55
Εικόνα 2.41	Το λογισμικό Vizard (εικόνα WorldWiz).....	55
Εικόνα 2.42	Το λογισμικό 3DVIA Virtools.....	56
Εικόνα 2.43	Το λογισμικό EON Studio (εικόνα EON Studio).....	56
Εικόνα 2.44	α) Σχεδίαση δομής αεροσκάφους με χρήση του Catia β) Θερμική ανάλυση κινητήρα με χρήση του Simulia V5 γ) Έλεγχος εργονομίας στην αυτοκινητοβιομηχανία με τη χρήση του Enovia V5.....	57
Εικόνα 2.45	Το λογισμικό Quest3D (εικόνα Quest3D).....	58
Εικόνα 3.1	Οπτικοποίηση δεδομένων σε VE με στόχο την αναγνώριση μοτίβων και σχέσεων ανάμεσα στα οπτικοποιημένα δεδομένα.....	62
Εικόνα 3.2	Μοριακή μοντελοποίηση στο Πανεπιστήμιο της North Carolina με το σύστημα ARM.....	63
Εικόνα 3.3	Προσομοίωση εγχείρησης σε σύστημα εμβύθισης VR.....	64
Εικόνα 3.4	Αξιολόγηση αρχιτεκτονικής πόλης Shenzhen με τη χρήση του λογισμικού 3DVIA Virtools.....	65
Εικόνα 3.5	Εξομοιωτής Πτήσης α) μαχητικού αεροσκάφους τύπου f-16 blk 52 β) πολιτικού αεροσκάφους τύπου AIRBUS A380.....	66
Εικόνα 3.6	Δικτυωμένα συστήματα προσομοίωσης μάχης για περισσότερους από 300 χρήστες – NPSNET research group, Naval Postgraduate School... ..	67
Εικόνα 3.7	Δημιουργία ηλεκτρονικού παιχνιδιού ‘The Scared Rings’ με τη χρήση του λογισμικού 3DVIA Virtools.....	67
Εικόνα 3.8	Στιγμιότυπα του NICE Project.....	68
Εικόνα 3.9	Στιγμιότυπα του ROUND EARTH.....	69
Εικόνα 3.10	Στιγμιότυπα του SCIENCE SPACE.....	69
Εικόνα 3.11	Στιγμιότυπα του VICHER.....	70
Εικόνα 3.12	Στιγμιότυπο του V-LASER.....	70

Εικόνα 3.13	Στιγμιότυπο του LASER PHYSICS LAB.....	71
Εικόνα 3.14	Σύστημα Immersive Virtual Reality της Fiat Group.....	73
Εικόνα 3.15	Εικονικό πρωτότυπο αυτοκινήτου σε σύστημα CAVE της DaimlerCrysler.....	74
Εικόνα 3.16	Εικονικό ορυχείο της Deutsche Steinkohle AG(DSK).....	74
Εικόνα 3.17	Προσομοίωση εργασιών ναυπηγοεπισκευαστικής STX με χρήση του ENOVIA.....	75
Εικόνα 3.18	Εσωτερικό αεροσκάφους Airbus A380 με χρήση του EON Artificial I 3D Holographic Display.....	75
Εικόνα 3.19	Σύστημα ΕΠ στην Boeing και χρήση του EON.....	75
Εικόνα 3.20	Φόρτιση των flaps (αριστερά) και ανάλυση της καταπόνησης στα κρίσιμα σημεία.....	76
Εικόνα 3.21	Ο No 3 εξομοιωτής οδήγησης του ερευνητικού έργου ‘Virtual reality systems for perceived ergonomic quality testing of driving task and design’.....	79
Εικόνα 4.1	Θάλαμος κενού αέρος (αριστερά) και φούρνος (δεξιά).....	85
Εικόνα 4.2	Το Σύστημα MK-Mini.....	86
Εικόνα 4.3	Τοποθέτηση του Πρωτότυπου Μέσα στα Όρια του Καλουπιού.....	91
Εικόνα 4.4	Άνοιγμα του καλουπιού της σιλικόνης.....	92
Εικόνα 4.5	Τοποθέτηση των δοχείων Α και Β στο θάλαμο κενού του MK-Mini.....	93
Εικόνα 4.6	Η διαδικασία ανάμειξης και έγχυσης των υλικών στο καλούπι.....	94
Εικόνα 5.1	Το περιβάλλον εργασίας (interface) του 3D STUDIO MAX 9.....	99
Εικόνα 5.2	Το pop-up μενού (αριστερά) και το quad μενού (δεξιά).....	100
Εικόνα 5.3	Το πάνελ εντολών με τα 6 ξεχωριστά πάνελ και τις 7 διαφορετικές κατηγορίες- Απεικόνιση των βασικών σχημάτων στο 3D Studio Max 9.....	102
Εικόνα 5.4	Η επιλογή Subtraction (αριστερά), το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου με το φιλέτο και με τα κουμπιά εργασίας (δεξιά).....	104
Εικόνα 5.5	Το γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου με τα στηρίγματα-αντιστάσεις στο Εσωτερικό.....	104
Εικόνα 5.6	Το ολοκληρωμένο γεωμετρικό μοντέλο του φούρνου.....	105
Εικόνα 5.7	Η μέθοδος αφαίρεσης υλικού για την σχεδίαση της εσωτερικής κοιλότητας του θαλάμου κενού MK-Mini.....	106
Εικόνα 5.8	Σχεδίαση κοιλότητας υποδοχής της πόρτας, πάνελ λειτουργίας θαλάμου κενού και αντλίας κενού.....	107
Εικόνα 5.9	Σχεδίαση λεπτομερειών εσωτερικού του MK-Mini.....	107
Εικόνα 5.10	Το ολοκληρωμένο γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini.....	108
Εικόνα 6.1	Η δομή του λογισμικού Virtools 4.....	110
Εικόνα 6.2	Εργαλεία προσομοίωσης Virtools 4.....	114
Εικόνα 6.3	Οι κάρτες γραφικών (α) Elsa Synergy III,(β) GeForce GTX 480,(γ) ATI FirePro V8800.....	122
Εικόνα 6.4	Το κράνος Εικονικής Πραγματικότητας V6 της εταιρίας Virtual Research.....	122
Εικόνα 6.5	Το κουτί ελέγχου του κράνους Εικονικής Πραγματικότητας V6 της εταιρίας Virtual Research.....	123
Εικόνα 6.6	Το σύστημα προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού Fastrak της εταιρίας Polhemus.....	124
Εικόνα 6.7	Τρισδιάστατη μονάδα εισαγωγής δεδομένων Spacemouse της εταιρίας LogiCAD.....	125

Εικόνα 6.8	Τα γάντια δεδομένων (α) Data Glove 16 της εταιρίας 5DT (β)CyberGrasp της εταιρίας CyberGlove Systems (γ) CyberForce της εταιρίας CyberGlove Systems.....	126
Εικόνα 6.9	Ιεραρχική δομή κατηγοριών των στοιχείων του Virtools που συνθέτουν ένα εικονικό περιβάλλον.....	131
Εικόνα 6.10	Το ψηφιακό ανθρωποειδές Ένα από τα VirtoolsResources του λογισμικού.....	133
Εικόνα 6.11	Building Block (αριστερά) και Behavior Graph (δεξιά).....	134
Εικόνα 6.12	Το Περιβάλλον Εργασίας (Interface) του Virtools 4 Dev κατά την εκκίνηση.....	135
Εικόνα 6.13	Τα επιμέρους τμήματα του περιβάλλοντος εργασίας του Virtools 4 Dev.....	135
Εικόνα 6.14	Τα επιπρόσθετα παράθυρα που ενεργοποιούνται από την επιλογή Editors του Menu Bar.....	136
Εικόνα 6.15	Εικονίδια 3D Layout.....	137
Εικόνα 6.16	Η δομή των Building Blocks.....	130
Εικόνα 6.17	Η δομή των Virtools resources.....	141
Εικόνα 6.18	Ο Level Manager του Virtools 4 Dev.....	141
Εικόνα 6.19	Στιγμιότυπο του Schematic.....	143
Εικόνα 7.1	Η διαδικασία μετατροπής του τοπικού συστήματος συντεταγμένων για το γεωμετρικό μοντέλο του MK-Mini.....	149
Εικόνα 7.2	Δημιουργία υλικού άσπρου χρώματος μέσω του Material Editor για την απόδοση του στην πόρτα του φούρνου.....	151
Εικόνα 7.3	Εισαγωγή του γεωμετρικού μοντέλου του φούρνου στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας Virtools 4 Dev.....	152
Εικόνα 7.4	Εισαγωγή του γεωμετρικού μοντέλου του MK-Mini στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού Εικονικής Πραγματικότητας Virtools 4 Dev.....	152
Εικόνα 7.5 (α)	Συνεπτυγμένη μορφή RotateInterpolation_BP στο Schematic	
(β)	Ανεπτυγμένη μορφή RotateInterpolation_BP στο Schematic.....	155
Εικόνα 7.6	Διαδικασία απόδοσης RotateInterpolation_BP στην πόρτα του φούρνου.....	155
Εικόνα 7.7	Μεταφορά του άξονα συμμετρίας του δοχείου Α του MK-Mini ώστε να ταυτίζεται με τον άξονα περιστροφής με τη χρήση του 3D Studio Max 9.....	157
Εικόνα 7.8	Το σενάριο λειτουργίας για το άνοιγμα – κλείσιμο της πόρτας του φούρνου MKT-1.....	158
Εικόνα 7.9	Εισαγωγή παραμέτρων εισόδου (pIns) στο BG Rotate Interpolation... ..	158
Εικόνα 7.10	Στιγμιότυπο κατά το άνοιγμα της πόρτας έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας της με αριστερό κλικ πάνω στο χερούλι και απεικόνιση του Hierarchy Manager πάνω δεξιά όπου το χερούλι είναι ιεραρχικά χαμηλότερα της πόρτας.....	160
Εικόνα 7.11	Το σενάριο λειτουργίας για το άνοιγμα – κλείσιμο της γυάλινης πόρτας του MK-Mini.....	161
Εικόνα 7.12	Στιγμιότυπο κατά το άνοιγμα της γυάλινης πόρτας έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας της με αριστερό κλικ πάνω στο χερούλι και απεικόνιση του Hierarchy Manager πάνω δεξιά όπου το χερούλι είναι ιεραρχικά χαμηλότερα της πόρτας.....	162
Εικόνα 7.13	Το σενάριο λειτουργίας για την κίνηση του μοχλού 1	162

Εικόνα 7.14	Απεικόνιση μοχλών – Ο μοχλός 1 περιβάλλεται από ένα ορθογώνιο, ο μοχλός 2 από ένα κύκλο και ο μοχλός 3 δεν περιβάλλεται από τίποτα.....	163
Εικόνα 7.15	Στιγμιότυπο αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης κατά το κατέβασμα του μοχλού 1 έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του και αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό κομμάτι	164
Εικόνα 7.16	Το σενάριο λειτουργίας για την κίνηση του μοχλού 2	164
Εικόνα 7.17	Στιγμιότυπο αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης κατά το κατέβασμα του μοχλού 2 έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του και αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό κομμάτι.....	165
Εικόνα 7.18	Το σενάριο λειτουργίας για την κίνηση του μοχλού 3.....	165
Εικόνα 7.19	Στιγμιότυπο αρχικής, ενδιάμεσης και τελικής θέσης κατά το κατέβασμα του μοχλού 3 έπειτα από ενεργοποίηση του σεναρίου λειτουργίας του και αριστερό κλικ πάνω στο σφαιρικό κομμάτι.....	166
Εικόνα 7.20	Απεικόνιση του Hierarchy Manager με την απαιτούμενη ιεραρχία των τμημάτων για τα σενάρια της γυάλινης πόρτας και των μοχλών.....	166
Εικόνα 7.21	Το σενάριο λειτουργίας για την περιστροφή του δοχείου Α.....	167
Εικόνα 7.22	Στιγμιότυπο (α) αρχικής (β) ενδιάμεσης (γ) τελικής θέσης δοχείου Α και μοχλού 1 έπειτα από ταυτόχρονη ενεργοποίηση των σεναρίων λειτουργίας τους με πάτημα αριστερού κλικ του ποντικιού πάνω στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού.....	168
Εικόνα 7.23	Το σενάριο λειτουργίας για την περιστροφή του δοχείου Β.....	169
Εικόνα 7.24	Απεικόνιση του Hierarchy Manager με την απαιτούμενη ιεραρχία των τμημάτων για τα σενάρια των δοχείων Α και Β.....	170
Εικόνα 7.25	Στιγμιότυπο (α) αρχικής (β) ενδιάμεσης (γ) τελικής θέσης δοχείου Β και μοχλού 3 έπειτα από ταυτόχρονη ενεργοποίηση των σεναρίων λειτουργίας τους με πάτημα αριστερού κλικ του ποντικιού πάνω στο σφαιρικό τμήμα του μοχλού	171
Εικόνα 7.26	Το Εικονικό Εργαστήριο Ταχείας Παραγωγής Πρωτοτύπων και Εργαλείων	172
Εικόνα 7.27	Το σενάριο (script) για την τοποθέτηση του τρισδιάστατου πλαισίου Parent frame στην κορυφή της ιεραρχίας.....	174
Εικόνα 7.28	Απεικόνιση του ολοκληρωμένου Εικονικού Περιβάλλοντος στο 3D Layout, του Schematic και του Hierarchy Manager της συγκεκριμένης Εφαρμογής	174
Εικόνα 7.29	Στιγμιότυπο του ολοκληρωμένου Εικονικού Εργαστηρίου με τα εικονικά μοντέλα του φούρνου MKT-1 και του MK-Mini	175
Εικόνα 7.30	Το παράθυρο ιδιοτήτων φωτισμού του Virtools 4 Dev.....	176
Εικόνα 7.31	Επιλογή μεθόδου σκίασης Gouraud.....	176
Εικόνα 7.32	Δημιουργία κάμερας, αναπαράστασή της και ενεργοποίηση της από την αρχή της σκηνής.....	177
Εικόνα 7.33	Το σενάριο της περιστρεφόμενης κάμερας.....	179
Εικόνα 7.34	Το σενάριο δυναμικής εναλλαγής των πέντε καμερών.....	179
Εικόνα 7.35	Ορισμός πλήκτρων ενεργοποίησης καμερών.....	180
Εικόνα 7.36	Ορισμός Parameter type (αριστερά) και αντιστοίχιση καμερών με τα Πλήκτρα.....	180
Εικόνα 7.37	Στιγμιότυπα κάμερας πλήκτρου Α (αριστερά) και πλήκτρου 1(δεξιά) από την προσομοίωση του MK-Mini στον Virtools Web Payer 3D Life Player.....	182

Εικόνα 7.38 Στιγμιότυπα ανοίγματος πόρτας φούρνου με ενεργοποιημένη κάμερα πλήκτρου F (αριστερά) και περιστρεφόμενης κάμερας πλήκτρου P (δεξιά) από την προσομοίωση του MK-Mini στον Virtools Web Payer 3D Life Player.....	182
Εικόνα 7.39 Στιγμιότυπο περιστροφής δοχείου B με κατέβασμα του μοχλού 3 με ενεργοποιημένη την κάμερα του πλήκτρου M από την προσομοίωση του MK-Mini στον Virtools Web Payer 3D Life Player.....	183
Εικόνα 7.40 Τα σενάρια λειτουργίας (scripts) του ολοκληρωμένου Εικονικού Εργαστηρίου στο Schematic.....	183
Εικόνα 7.41 Η έλλειψη επιπρόσθετης άδειας χρήσης των εργαλείων Virtools VR Library και Virtools VR Publisher εμποδίζει την ενεργοποίηση του VR player για εμφύθιση στην εφαρμογή.....	184
Σχήμα 1.1 Τυπικό σύστημα Εικονικής Πραγματικότητας.....	4
Σχήμα 1.2 Το τρίγωνο της εικονικής πραγματικότητας.....	6
Σχήμα 2.1 Συστατικά στοιχεία ενός συστήματος εικονικής πραγματικότητας.....	27
Σχήμα 2.2 Κατηγοριοποίηση των συσκευών απεικόνισης εξόδου.....	28
Πίνακας 3.1 Ερευνητικά Έργα Προγράμματος ‘Information Society Technologies – IST’ περιόδου 1998-2002.....	78
Πίνακας 3.2 Ερευνητικά Έργα Εικονικής Πραγματικότητας σε εξέλιξη υπό την αιγίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης	80
Πίνακας 6.1 Σύγκριση τεχνικών χαρακτηριστικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης και προσανατολισμού της Pohlemus.....	124