

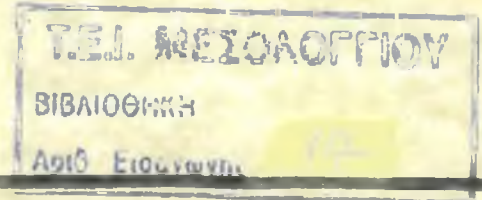


**Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ  
ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

*Μπονάρεβα Βικτωρία*  
**Α.Μ:7010**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**  
*Β. Γριανταφύλλου,*  
*Αναπληρωτής Καθηγητής*

**Μεσολόγγι 2003**

αφιερώνεται στη Μητέρα μου

---

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εικονική πραγματικότητα ή *Virtual Reality* (VR), δεν είναι παρά μία τεχνολογία η οποία υποστηρίζει τη δημιουργία μίας διαφορετικής μορφής interface σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Ποιο είναι όμως το όφελος πίσω από τη χρησιμοποίηση ενός VR interface ; Η μεγάλη σημασία αυτού του interface έγκειται στο ότι ο χρήστης καλείται να αλληλεπιδράσει 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, η του προτύπου "*mouse-pointer-window*".

---

Η ραγδαία εξέλιξη στην τεχνολογία των γραφικών οδήγησε στις δισδιάστατες Graphical User Interfaces (GUIs) του σήμερα, και θα οδηγήσει στις τρισδιάστατες Virtual Reality Graphical User Interfaces (VR GUIs) του αύριο, όπου πλέον ο χρήστης θα ξεπερνάει το νοητό όριο της οθόνης και θα εισέρχεται σε μια τρισδιάστατη απεικόνιση του νοητικού χώρου αλληλεπίδρασης με τον υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται ακόμη περισσότερο η έννοια της αλληλεπίδρασης με μια απεικόνιση και όχι με τον υπολογιστή, αυτό καθ' αυτό, αφού ο χρήστης βιώνει την ψευδαίσθηση ότι αλληλεπιδρά μέσω ενός τεχνητού, τρισδιάστατου, απεικονιστικού περιβάλλοντος και όχι μέσω πληκτρολόγησης εντολών, η της επιλογής από μενού εντολών.

### **Τι περιλαμβάνει η εργασία:**

- Τι είναι Εικονικό Περιβάλλον, και ποιες οι κατηγορίες του
- Τι είναι Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, ποιες οι απαιτήσεις του και ποια τα υπάρχοντα δικτυακό εικονικό περιβάλλον
- Ποιες είναι Αρχιτεκτονικές και Πρωτόκολλα για Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα
- Ποια είναι τα Εργαλεία και Τεχνολογίες για την Υλοποίηση Εικονικών Περιβαλλόντων

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή Β.Τριανταφύλλου για την ανάθεση της εργασίας και για την καθοδήγησή και τις συμβουλές τους καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>1</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>2</b>
<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b> .....	<b>5</b>
<b>2.ΟΡΙΣΜΟΣ</b> .....	<b>5</b>
1.1.1. <i>Συστήματα immersive VR -Εικονικά περιβάλλοντα εμπύθισης</i> .....	<b>7</b>
1.1.2. <i>Desktop VR - Μη εμπυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα</i> .....	<b>7</b>
1.1.3. <i>Projection-based systems</i> .....	<b>9</b>
1.1.4. <i>Mirror worlds</i> .....	<b>10</b>
<b>2. ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1.ΟΡΙΣΜΟΣ - ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b> .....	<b>13</b>
2.1.1. <i>Μηχανές γραφικών και οθόνες</i> .....	<b>15</b>
2.1.2. <i>Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας</i> .....	<b>16</b>
2.1.3. <i>Επεξεργαστές</i> .....	<b>17</b>
2.1.4. <i>Ένα δίκτυο δεδομένων</i> .....	<b>17</b>
<b>2.2. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ</b> .....	<b>19</b>
2.2.1. <i>Έδρος ζώνης δικτύου</i> .....	<b>20</b>
2.2.2. <i>Ανομοιομορφία</i> .....	<b>20</b>
2.2.3. <i>Κατανεμημένη αλληλεπίδραση</i> .....	<b>22</b>
2.2.4. <i>Σχεδιασμός συστήματος διαχείρισης πόρων σε πραγματικό χρόνο</i> .....	<b>23</b>
2.2.5. <i>Διαχείριση αστοχίας</i> .....	<b>23</b>
2.2.6. <i>Επεκτασιμότητα</i> .....	<b>25</b>
2.2.7. <i>Ανάπτυξη – Ρύθμιση</i> .....	<b>26</b>
<b>3. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b> .....	<b>29</b>
3.1.1. <i>DIVE</i> .....	<b>29</b>
3.1.2. <i>AVIARY</i> .....	<b>29</b>
3.1.3. <i>BrickNet</i> .....	<b>30</b>
3.1.4. <i>NPSNET</i> .....	<b>30</b>
3.1.5. <i>CAVERNsoft</i> .....	<b>31</b>
3.1.6. <i>WebTalk</i> .....	<b>32</b>
3.1.7. <i>dVS</i> .....	<b>32</b>
3.1.8. <i>MASSIVE I, II &amp; III</i> .....	<b>33</b>
3.1.9. <i>SPLINE</i> .....	<b>35</b>
3.1.10. <i>VLNET System</i> .....	<b>36</b>
3.1.11. <i>Community Place</i> .....	<b>37</b>
<b>3.2.ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b> .....	<b>37</b>
3.2.1. <i>blaxxun Community Server</i> .....	<b>37</b>
3.2.2. <i>Virtual Reality Technologies GmbH Paraworld</i> .....	<b>39</b>
3.2.3. <i>SENSE8 Product Line</i> .....	<b>40</b>
3.2.4. <i>DOVRE</i> .....	<b>41</b>
<b>4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ - ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ</b> ....	<b>44</b>
<b>4.1. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ:</b> .....	<b>45</b>
4.1.1. <i>Τοπολογίες δικτύου:</i> .....	<b>46</b>
4.1.2. <i>Εφαρμογές:</i> .....	<b>54</b>
<b>4.2. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ:</b> .....	<b>55</b>
4.2.1. <i>Χρήση πρωτοκόλλων Διαδικτύου σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα:</i> .....	<b>55</b>
<b>5.ΕΡΓΑΛΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ</b>	<b>69</b>
<b>5.1. AUTHORIZING TOOLS</b> .....	<b>69</b>
5.1.1. <i>VRML text editors</i> .....	<b>69</b>
5.1.2. <i>3D Modeling tools</i> .....	<b>71</b>

5.1.3. Εργαλεία για την δημιουργία avatars .....	71
5.1.4. Browsers - Plug-ins .....	72
5.1.5. Εξυπηρετητές.....	73
5.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ .....	74
5.2.1. Java Technology.....	74
5.3. VIRTUAL REALITY MODELLING LANGUAGE - VRML.....	77
5.3.1. Το Web3D Consortium .....	78
5.3.2. Web3D Working Groups.....	78
5.3.4. Βασικά Χαρακτηριστικά της VRML.....	80
<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....</b>	<b>90</b>
ΕΝΑ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΣΠΙΤΙ .....	90
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>96</b>
WEB SITES.....	96

---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1  
ΕΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

---

# 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα οριστεί η έννοια του Εικονικού Περιβάλλοντος, το οποίο θα αναφέρεται και ως ΕΠ, και θα παρουσιαστούν τα λειτουργικά στοιχεία από τα οποία αποτελείτε. Ακολούθως, θα γίνει η κατάταξη σύμφωνα με την συσκευή οπτικής απεικόνισης.

## 2.ΟΡΙΣΜΟΣ

Ένας πολύ ακριβής ορισμός των εικονικών περιβαλλόντων έχει δοθεί από τον Roy Kalawsky (1993), σύμφωνα με τον οποίο ένα εικονικό περιβάλλον είναι μία συνθετική αισθητήρια εμπειρία που μεταδίδει φυσικά και αφηρημένα στοιχεία στον άνθρωπο που τη βιώνει (χρήστη του συστήματος). Αυτή η αισθητήρια εμπειρία γεννιέται από ένα υπολογιστικό σύστημα μέσω της παρουσίασης στα ανθρώπινα αισθητήρια συστήματα ενός interface ανθρώπου-υπολογιστή που προσεγγίζει διάφορες ιδιότητες του πραγματικού κόσμου. Αυτό το interface έχει τη μορφή τρισδιάστατου απεικονιστικού περιβάλλοντος το οποίο συνίστανται σε αντικείμενα και φαινόμενα. Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής μπορεί να θεωρηθεί πιθανό ότι στο απώτερο μέλλον το interface αυτό θα είναι δύσκολο να ξεχωρίσει από τον πραγματικό κόσμο.

Είναι σημαντικό να τονισθεί επίσης ότι οι άνθρωποι έχουν εξελίξει ένα ακουστικό σύστημα το οποίο ενισχύει το οπτικό τους σύστημα και τους προσδίδει και τη δυνατότητα επικοινωνίας. Η χρησιμοποίηση αυτού του ακουστικού συστήματος σε ένα VE, μπορεί να αυξήσει την αίσθηση του ότι βρίσκεται κανείς σε ένα χώρο με το να συμπληρώνει τις οπτικές πληροφορίες.

Ένα VE αποτελείται από τα παρακατω λειτουργικά στοιχεία:

- **Περιεχόμενο:** δηλαδή τα αντικείμενα (objects) και τα δρώντα στοιχεία (actors) τα οποία μπορούν να θεωρηθούν και αυτά σαν

αντικείμενα αλλά σαν έχοντα την δυνατότητα να ξεκινούν από μόνα τους αλληλεπιδράσεις με άλλα αντικείμενα του VE. Ένα τέτοιο στοιχείο είναι και ο ίδιος ο χρήστης που αντιπροσωπεύεται στο VE από τη δική του οπτική άποψη (viewpoint) του περιβάλλοντος.

- **Γεωμετρία:** δηλαδή την περιγραφή του πεδίου όπου εξελίσσεται η αλληλεπίδραση και
- **Δυναμικές:** δηλαδή τους κανόνες της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα συστατικά του περιβάλλοντος, οι οποίοι περιγράφουν την συμπεριφορά των συστατικών αυτών καθώς ανταλλάσσουν ενέργεια ή πληροφορία.

Ένα Εικονικό Περιβάλλον κατατάσσεται σε μια από τις τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την συσκευή οπτικής απεικόνισης:

- **immersive VR**, όταν ο χρήστης εμβυθίζεται στο περιβάλλον μέσω ενός ειδικού κράνους Head Mounted Display (HMD),
- **desktop VR**, όταν χρησιμοποιείται απλά μια οθόνη,
- **projection-based VR**, όταν η απεικόνιση δίνεται μέσω μονοσκοπικής ή στερεοσκοπικής προβολής και τέλος
- **mirror worlds**, όταν το VR σύστημα παρουσιάζει στον χρήστη κάποια απεικόνιση του εαυτού του μέσα στο εικονικό περιβάλλον, με την οποία αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο.

Η επιλογή ενός από αυτά τα είδη συστημάτων για μία συγκεκριμένη εφαρμογή, εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την 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)



### **1.1.1. Συστήματα immersive VR -Εικονικά περιβάλλοντα εμβύθισης**

Σε ένα immersive VR σύστημα ο χρήστης απομονώνεται από το πραγματικό περιβάλλον και βυθίζεται σε ένα τεχνητό, απεικονιστικό περιβάλλον, με το οποίο αλληλεπιδρά με τρόπους όμοιους με αυτούς που ενεργεί στο πραγματικό. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εμβύθιση (immersion) του χρήστη είναι η χρήση ενός 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 την 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. 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 VE, 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 διαφόρων συσκευών εισόδου (input devices).

### **1.1.2. Desktop VR - Μη εμβυθιστικά εικονικά περιβάλλοντα**

Στα Desktop VR συστήματα δεν υπάρχει η αναγκαιότητα της εμβύθισης, αλλά το VE βιώνεται από τον 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 immersive σύστημα, την ίδια ποικιλία επιλογών και δυνατότητα

πλοήγησης. Το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος που η προσομοίωση απεικονίζεται μπροστά του.

Το ότι ο χρήστης δεν βυθίζεται στο VE αναπόφευκτα μειώνει την *αίσθηση της παρουσίας* (presence) μέσα στο VE 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 VR σύστημα να είναι immersive η desktop, εξαρτάται μόνο από τις ειδικές απαιτήσεις της εφαρμογής και όχι από τον προϋπολογισμό που διατίθεται για την πραγματοποίησή του.

Ένα high-end σύστημα desktop VR, αποτελείται από τα ίδια περίπου συστατικά με ένα σύστημα immersive VR, 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 δισδιάστατη απεικόνιση της οθόνης.

Το κεντρικό σύστημα δημιουργεί την απεικόνιση του VE που θα έβλεπε το κάθε μάτι, και οι απεικονίσεις αυτές σχεδιάζονται εναλλάξ στην οθόνη, με ρυθμό 60 εικόνες ανά sec, 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 low-end σύστημα desktop VR, αποτελείται συνήθως από:

- ένα σταθμό εργασίας ενισχυμένο από μία ή περισσότερες κάρτες για επιτάχυνση γραφικών,
- οθόνη απλή, η 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.

### 1.1.3. Projection-based systems

Σε ένα *projection-based* σύστημα, ο χρήστης αντιλαμβάνεται το VE 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 VE, 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 στην δισδιάστατη 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 του θαλάμου.

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 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 VE και τα αντικείμενα που τον περιβάλλουν, μέσω ενός ραβδιού (wand), ενώ αρκετοί άλλοι χρήστες μπορούν ταυτόχρονα να βρίσκονται μέσα στο δωμάτιο και να βιώνουν την ίδια εμπειρία.

---

#### 1.1.4. Mirror worlds

Είναι αναγκαίο να γίνει ένας διαχωρισμός μεταξύ της τεχνολογίας της *τηλερομποτικής* ή *τηλεχειρισμού* (telerobotics / teleoperation) και της VR. Ένα VR σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σαν 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 μακρινή θέση του τηλεχειρισμού. VR συστήματα 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 VR. Θεωρούμε σαν εξ ορισμού αναγκαία την χρήση computer graphics για την απεικόνιση σε ένα VE. Θα αναφερθούμε όμως σε ανάλογα συστήματα, τα οποία *παρουσιάζουν* στο χρήστη κάποια απεικόνιση του εαυτού του, μέσα σε ένα συνθετικό VE, με την οποία απεικόνιση ο χρήστης αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο.

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

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις ενός τέτοιου συστήματος:

- 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,
- Στην 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).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2  
ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

---

## 2. ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα οριστεί η έννοια του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, το οποίο θα αναφέρεται και ως ΔΕΠ, και θα παρουσιαστούν τα σημαντικότερα στοιχεία του. Ακολούθως, θα αναλυθούν οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρεί ένα ΔΕΠ ώστε να είναι λειτουργικό. Τέλος, θα σχολιαστούν κάποιες υπάρχουσες υλοποιήσεις ΔΕΠ δίδοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μίας από αυτές.

### 2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ - ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον (Networked Virtual Environment) είναι ένα σύστημα στο οποίο πολλοί χρήστες, απομακρυσμένοι ή μη, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Τυπικά, κάθε χρήστης χρησιμοποιεί τον υπολογιστή του ή άλλον τερματικό εξοπλισμό ο οποίος του προσφέρει τις απαραίτητες δυνατότητες για να προσπελάσει το υλικό ενός Εικονικού Περιβάλλοντος (Virtual Environment). Τα περιβάλλοντα αυτά στοχεύουν στο να προσφέρουν στους χρήστες μια αίσθηση ρεαλισμού ενσωματώνοντας τρισδιάστατα γραφικά (3 Dimensional Graphics – 3D) και στερεοφωνικό ήχο. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον διακρίνεται από τα παρακάτω γενικά χαρακτηριστικά:

- **Διαμοίραση του χώρου:** όλοι οι συμμετέχοντες έχουν την αίσθηση ότι μοιράζονται τον ίδιο χώρο, σαν να βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο ή κτίριο. Αυτός ο διαμοιραζόμενος χώρος αναπαριστά μια κοινή τοποθεσία όπου μπορούν να συμβούν διάφορες επιδράσεις μεταξύ των χρηστών. Η τοποθεσία μπορεί να είναι ιδεατή ή πραγματική. Ο διαμοιραζόμενος χώρος παρουσιάζει τα ίδια χαρακτηριστικά σε όλους τους χρήστες, ενώ αν και δεν απαιτείται να αναπαρίσταται με γραφικά, τα πιο αποτελεσματικά εικονικά περιβάλλοντα παρέχουν τρισδιάστατη γραφική αναπαράσταση του διαμοιραζόμενου χώρου.
- **Διαμοίραση της παρουσίας:** κατά την είσοδο του στον διαμοιραζόμενο χώρο, κάθε συμμετέχων αντιπροσωπεύεται από ένα εικονικό αντικείμενο, που συνήθως έχει ανθρωποειδή μορφή, το οποίο λέγεται Avatar. Το Avatar αποτελείται από μια γραφική αναπαράσταση, ένα μοντέλο για την δομή του σώματος (βραχίονες, πόδια, αρθρώσεις, κλπ.), ένα μοντέλο για την κίνηση, ένα φυσικό μοντέλο (βάρος, ύψος κλπ.) καθώς και από άλλα χαρακτηριστικά. Όπως αναφέρθηκε προηγούμενος, ένα Avatar δεν απαιτείται πάντοτε να έχει μια ανθρώπινη μορφή. Μπορεί να είναι ένα ζώο, ένα φυτό, ή οποιοδήποτε άλλο εικονικό αντικείμενο. Κάθε συμμετέχων κατά την είσοδό του στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να δει τα Avatars των υπόλοιπων συμμετεχόντων που βρίσκονται στον διαμοιραζόμενο χώρο και ταυτοχρόνως οι άλλοι συμμετέχοντες μπορούν να δουν το Avatar

του νέου χρήστη. Ομοίως όταν ένας χρήστης αποχωρεί από ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον οι υπόλοιποι συμμετέχοντες μπορούν ενημερώνονται για την αποχώρησή του. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν απαιτείται όλοι οι συμμετέχοντες στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον να αναπαριστούν ένα φυσικό πρόσωπο. Οι συμμετέχοντες σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να είναι σύνθετες οντότητες η οποίες ελέγχονται από μοντέλα εξομοίωσης που κατευθύνονται από γεγονότα (event-driven simulating models) ή ακόμη μηχανές που βασίζονται σε κανόνες (rule-based machines).

- **Διαμοίραση του χρόνου:** Οι συμμετέχοντες πρέπει να μπορούν να βλέπουν την συμπεριφορά των άλλων συμμετεχόντων όπως και όταν αυτή συμβαίνει. Με άλλα λόγια το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει να επιτρέπει την αλληλεπίδραση των χρηστών σε πραγματικό χρόνο.
- **Έναν τρόπο αλληλεπίδρασης:** αν και η γραφική αναπαράσταση είναι η βάση για ένα αποτελεσματικό Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, τα περισσότερα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα παρέχουν επίσης και κάποιους τρόπους για την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων με χειρονομίες, γραπτό κείμενο ή φωνή. Αυτή η επικοινωνία προσθέτει μια απαραίτητη αίσθηση ρεαλισμού σε κάθε εικονικό περιβάλλον και είναι το θεμελιώδες στοιχείο εκπαιδευτικών συστημάτων.
- **Έναν τρόπο διαμοίρασης:** Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παρέχουν αποτελεσματικά ένα υψηλής ποιότητας σύστημα τηλεδιάσκεψης. Ωστόσο, η πραγματική χρησιμότητα των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων, προέρχεται από την δυνατότητα των χρηστών να αλληλεπιδρούν ρεαλιστικά όχι μόνο μεταξύ τους αλλά και με το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

Συνοψίζοντας, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα παρέχουν σε πολλούς χρήστες την ικανότητα να αλληλεπιδρούν, να διαμοιράζονται πληροφορία και να διαχειρίζονται εικονικά αντικείμενα (Virtual Objects) μέσα σε ένα ιδεατό περιβάλλον με την χρήση γραφικών. Η παρουσία πολλών ταυτόχρονων ανεξάρτητων χρηστών διαχωρίζει τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από την τυπική εικονική πραγματικότητα και τις παιγνιδομηχανές (Gaming Systems). Η ικανότητα για διαμοίραση εικονικών αντικειμένων διαχωρίζει τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από τα παραδοσιακά chat rooms, ενώ η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο διαχωρίζει τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από την παραδοσιακή πλοήγηση στον παγκόσμιο ιστό (Web Browsing) ή το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail). Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι πιο κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν τηλεπαρουσία (Telepresence), δηλαδή την αίσθηση ότι οι άλλοι χρήστες, από απομακρυσμένες τοποθεσίες, είναι ορατοί. Σε αυτές τις εφαρμογές, ικανοποιείται σε μεγάλο βαθμό η απαίτηση των χρηστών για μια



αίσθηση ρεαλισμού, η οποία διαφορετικά θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο στο πραγματικό περιβάλλον.

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία:

1. Μηχανές γραφικών και οθόνες
2. Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας
3. Επεξεργαστές
4. Ένα δίκτυο δεδομένων

Τα στοιχεία αυτά συνεργάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν σε απομακρυσμένους χρήστες την αίσθηση της συνύπαρξης στο εικονικό περιβάλλον. Αναλύονται στη συνέχεια τα τέσσερα αυτά βασικά στοιχεία.

### **2.1.1. Μηχανές γραφικών και οθόνες**

Οι μηχανές γραφικών και οι οθόνες είναι το πιο βασικό στοιχείο ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Η οθόνη παρέχει στον χρήστη ένα τρισδιάστατο παράθυρο στο εικονικό περιβάλλον και η μηχανή δημιουργεί τις εικόνες που θα προβληθούν. Πριν μερικά χρόνια μόνο υψηλής απόδοσης σταθμοί εργασίας μπορούσαν να αναπαραστήσουν γραφικά. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια οι τυπικοί προσωπικοί υπολογιστές (PCs) διαθέτουν επαρκείς δυνατότητες για επεξεργασία και αναπαραστάση γραφικών. Ακόμη, οι επεξεργαστές γραφικών υψηλής ταχύτητας είναι φθηνοί και δίνουν στους προσωπικούς υπολογιστές ισχύ για την αναπαραστάση των γραφικών, που ανταγωνίζεται μικρομεσαίους σταθμούς επεξεργασίας γραφικών. Επιπρόσθετα, τα τυπικά API για OpenGL γραφικά επιτρέπουν την ανάπτυξη μεταφέρσιμων εφαρμογών για γραφικά. Από την άλλη πλευρά, οι παιχνιδομηχανές αποτελούν κατάλληλες συσκευές για την προβολή Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

Οι παραδοσιακές οθόνες, παρόλο που παρέχουν υψηλής ποιότητας τρισδιάστατη αναπαραστάση προσφέρουν περιορισμένη αίσθηση του βάθους (immersion στους χρήστες. Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα χρησιμοποιούν συσκευές γραφικών, για καλύτερη ποιότητα, τα οποία περικλείουν ολοκληρωτικά τους χρήστες φράζοντας κάθε οπτική είσοδο, έξω από το εικονικό περιβάλλον. Ένα παράδειγμα είναι οι μικρές μηχανές γραφικών που είναι συχνά ενσωματωμένες σε κιάλια. Τέτοιες συσκευές είναι οι Head-Mounted Displays (HMDs) που παρουσιάζουν εικόνες απευθείας μπροστά από τα μάτια του χρήστη και μπλοκάρουν σχεδόν όλο το εξωτερικό φως. Ένας μαγνητικός αισθητήρας στο HMD αντιλαμβάνεται την κίνηση του κεφαλιού του χρήστη και μεταφέρει την πληροφορία σε έναν προσαρμοσμένο επεξεργαστή. Έτσι όταν ο χρήστης γυρνά το κεφάλι

του, τα παρουσιαζόμενα γραφικά απεικονίζουν την αλλαγμένη οπτική γωνία (viewpoint) του.

Μια ακόμη οθόνη γραφικών που προσφέρει αίσθηση του βάθους είναι η CAVE. Η CAVE είναι στην ουσία ένας κύβος κλειστός από τις πέντε πλευρές του. Ο συμμετέχων βρίσκεται στην μέση του κύβου και η εικόνες προβάλλονται στις έδρες που βρίσκονται γύρω του (μπροστά, πάνω και κάτω από τον χρήστη), χρησιμοποιώντας περιφερειακή όραση 270 μοιρών. Καθώς ο χρήστης κινείται στο εικονικό περιβάλλον, οι ανανεωμένες εικόνες προβάλλονται στους τοίχους της CAVE δίνοντας μια αίσθηση ομαλής κίνησης.

### **2.1.2. Συσσκευές ελέγχου και επικοινωνίας**

~~Οι χρήστες πρέπει να έχουν την δυνατότητα να κινούνται, να πιάνουν και να μεταχειρίζονται αντικείμενα και καθώς να επικοινωνούν με άλλους χρήστες στο εικονικό περιβάλλον. Αυτές οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται με την χρήση διάφορων συσκευών εισόδου. Οι πιο κοινές συσκευές είναι το ποντίκι και το πληκτρολόγιο.~~

Χρησιμοποιώντας το ποντίκι, ο χρήστης πλοηγείται στο εικονικό περιβάλλον έχοντας την δυνατότητα να αλλάξει κατεύθυνση και να περιστρέφεται. Το ποντίκι χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο της ταχύτητας με την οποία κινείται ο χρήστης καθώς και για να εκτελεστούν κάποιες αλληλεπιδράσεις.

Το πληκτρολόγιο παρέχει την δυνατότητα για γραπτή επικοινωνία και προσφέρει πρόσβαση σε άλλες λιγότερο βασικές λειτουργίες. Παρόλο που το ποντίκι και το πληκτρολόγιο είναι οι πιο κοινές συσκευές ελέγχου, δεν είναι πάντα οι πιο αποτελεσματικές. Ορισμένες περιπτώσεις είναι οι παρακάτω:

- Σε παιχνίδια, ένα joystick συνήθως αντικαθιστά το ποντίκι
- Για μια πιο λεπτομερή μεταχείριση αντικειμένων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα γάντι δεδομένων (dataglove)
- Μαγνητικοί αισθητήρες που βρίσκονται σε ένα HMD αντιλαμβάνονται την κατεύθυνση και την οπτική γωνία του χρήστη
- Σε full-body immersive περιβάλλοντα όπως το CAVE, αισθητήρες κίνησης που βρίσκονται ενσωματωμένοι στις έδρες του CAVE μπορούν να αντιληφθούν και να μετρήσουν την πραγματική κίνηση του σώματος
- Οι χρήστες μπορούν να προσδεθούν σε μια συσκευή που προσδιορίζει την κίνηση του σώματος μετρώντας την δύναμη που προέρχεται από την κίνηση των χρηστών

Η γραπτή επικοινωνία, αν και είναι φθηνή στην χρήση, απέχει από το απόλυτο immersion που τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα προσπαθούν να πετύχουν. Σε πιο σύνθετα Δικτυακά Εικονικά

Περιβάλλοντα, οι χρήστες μπορούν να επικοινωνήσουν προφορικά χρησιμοποιώντας μικρόφωνα. Ο υπολογιστής λαμβάνει τον ήχο που προέρχεται από τους άλλους συμμετέχοντες, κάνει μίξη των διαφόρων ροών δεδομένων και αναπαράγει τον ήχο μέσω ηχείων. Η ανάδραση του ήχου είναι αρκετά σύνθετη, ενσωματώνοντας όχι μόνο τις φωνές των συμμετεχόντων αλλά και διάφορους ήχους που δημιουργούνται από ενέργειες που συμβαίνουν στο εικονικό περιβάλλον.

### 2.1.3. Επεξεργαστές

Η μείωση στις τιμές των επεξεργαστών οδήγησε στην ανάπτυξη των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα απαιτούν αρκετή επεξεργαστική ισχύ. Η μονάδα επεξεργασίας δέχεται γεγονότα από τις συσκευές εισόδου των χρηστών και υπολογίζει τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι εισοδοί αλλάζουν την θέση των χρηστών στο εικονικό περιβάλλον αλλά και την θέση των άλλων αντικειμένων στο περιβάλλον. Ο επεξεργαστής καθορίζει πώς και πότε να ενημερώσει τους άλλους χρήστες για τις αλλαγές αυτές. Ομοίως, δέχεται πληροφορία που παρέχεται από άλλους συμμετέχοντες σχετικά με την θέση και την συμπεριφορά τους στο εικονικό περιβάλλον. Ο επεξεργαστής σχηματίζει αυτόνομα αντικείμενα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον τα οποία ελέγχονται από τον τοπικό υπολογιστή. Τέλος χρησιμοποιεί την οθόνη γραφικών για να διατηρεί ένα ενημερωμένο παράθυρο στο εικονικό περιβάλλον.

Είναι γεγονός ότι η αναπαραγωγή εικόνας απαιτεί τους περισσότερους πόρους. Πράγματι και δεδομένης της απαίτησης για απόλυτης αίσθησης του χώρου, κάθε διαθέσιμος κύκλος επεξεργαστή μπορεί να κατανεμηθεί για την δημιουργία υψηλότερης ποιότητας γραφικών σε ταχύτερους ρυθμούς πλαισίων (frame-rates). Μια από τις απαιτήσεις που αντιμετωπίζουν οι σχεδιαστές Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων είναι η κατανομή του διαθέσιμου χρόνου του επεξεργαστή ανάμεσα σε εκατομμύρια εργασίες που πρέπει να υποστηρίξουν την παρουσία ενός χρήστη σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

### 2.1.4. Ένα δίκτυο δεδομένων

Οι συμμετέχοντες σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον βασίζονται στο δίκτυο για την ανταλλαγή πληροφοριών. Για παράδειγμα, όταν ένας χρήστης κινείται σε ένα εικονικό περιβάλλον, πρέπει να μεταδίδει μηνύματα συγχρονισμού, μέσω του δικτύου έτσι ώστε οι υπόλοιποι χρήστες να βλέπουν τον χρήστη στην σωστή του θέση. Ομοίως αν ένας χρήστης τροποποιήσει ένα αντικείμενο στο περιβάλλον, οι άλλοι χρήστες πρέπει να ενημερωθούν ότι το συγκεκριμένο αντικείμενο αλλάζει κατάσταση. Το δίκτυο επίσης χρησιμοποιείται για να

συγχρονίσει την διαμοιραζόμενη κατάσταση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος (χρόνο, τοποθεσία, κλπ.). Επίσης υποστηρίζει την γραπτή, ηχητική και οπτική επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.

Για χρόνια τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα χρησιμοποιούνταν μόνο για ερευνητικούς και στρατιωτικούς σκοπούς, ή από Ινστιτούτα σχετικά με την βιομηχανία τα οποία είχαν γρήγορα τοπικά δίκτυα όπως Ethernet και Token Ring. Αυτό συνέβαινε κυρίως γιατί τα δίκτυα προσέφεραν περιορισμένη χωρητικότητα την οποία τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα δεν κατάφερναν να την διαχειριστούν αποτελεσματικά. Ακόμα και ένα καλό δίκτυο είχε τη δυνατότητα υποστήριξης πολύ λίγων ταυτόχρονων χρηστών (λιγότερων από δέκα). Η χρήση του Διαδικτύου (Internet), που βρισκόταν ακόμα σε μια πρώιμη κατάσταση, ως δίκτυο δεδομένων από τα ΔΕΠ δεν μπορούσε καν να θεωρηθεί ως σοβαρή πρόταση, αφού η χωρητικότητα που παρείχε ήταν κάτι περισσότερο από ανεπαρκής. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, για να υποστηρίξει χρήστες από πολλά διαφορετικά σημεία (sites), έπρεπε να χρησιμοποιεί κάποιο ιδιωτικό δίκτυο που προσέφερε ένα ικανοποιητικά μεγάλο εύρος ζώνης.

Η κατάσταση στα δίκτυα έχει αλλάξει δραματικά τα τελευταία χρόνια. Η χωρητικότητα των τοπικών δικτύων έχει αυξηθεί κατά έναν παράγοντα μεγαλύτερο του 1000, καθώς τα δίκτυα των μερικών Mbps αντικαταστάθηκαν από τα σημερινά δίκτυα που φτάνουν την τάξη των Gbps. Σαν αποτέλεσμα, τα μοντέρνα τοπικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα που υποστηρίζουν εκατοντάδες ταυτόχρονους συμμετέχοντες.

Η πρόοδος στις δικτυακές τεχνολογίες και στο Διαδίκτυο, επέτρεψε στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα να ξεφύγουν από τα όρια των ιδιωτικών δικτύων. Οι ταχύτητες που προσφέρουν τα modems έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και οι χρήστες μπορούν πλέον να συμμετέχουν στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από το σπίτι μέσω ενός Παροχέα Υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Provider - ISP). Αυτό υποδηλώνει την πιθανή χρήση των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων για εκπαιδευτικές εφαρμογές αλλά και για εφαρμογές για την εξυπηρέτηση πελατών.

Το Internet αποτελεί τώρα μια βιώσιμη πλατφόρμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα.

Οι χωρητικότητες των Δικτύων Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks) έχουν αυξηθεί αισθητά όπως και ο αριθμός των χρηστών του Internet. Ταυτόχρονα, οι δυνατότητες των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων έχουν εισβάλει στα προγράμματα πλοήγησης του Διαδικτύου (Web Browsers). Για παράδειγμα η γλώσσα περιγραφής εικονικής πραγματικότητας, γνωστή ως VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) επιτρέπει στον χρήστη να παραλάβει αλληλεπιδραστικά τρισδιάστατα μοντέλα μέσω του Παγκόσμιου Ιστού και να πλοηγηθεί μέσα σε αυτά. Το πρότυπο *Living Worlds (LW)* προσφέρει δυνατότητες πολυχρηστικής (multi-user) προσπέλασης σε αυτά τα VRML μοντέλα

και το *Virtual Reality Transport Protocol (vrtp)* αποτελεί ένα προτεινόμενο πρωτόκολλο για ανταλλαγή δεδομένων Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Με την χρήση τυπικών προγραμμάτων πλοήγησης για την αναπαράσταση των εικονικών περιβαλλόντων, το Διαδίκτυο πολύ γρήγορα θα εξυπηρετεί τα περισσότερα συστήματα Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

## 2.2. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ

Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι πολύ δύσκολο να υλοποιηθούν σωστά και αποτελεσματικά. Τα συστήματα Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων είναι σύνθετα γιατί είναι συνδυασμός από πολλούς διαφορετικούς τύπους λογισμικού σε μια μόνο εφαρμογή. Συγκεκριμένα, τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι:

- **Κατανεμημένα συστήματα:** πρέπει να ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις για σωστή διαχείριση των πόρων του δικτύου, την απώλεια δεδομένων, την αστοχία του δικτύου και συνοχή.
- **Εφαρμογές γραφικών:** πρέπει να διατηρούν ομαλά, real-time frame rates και προσεκτική διαχείριση της ισχύος της CPU ανάμεσα στην αναπαράσταση των γραφικών και στις άλλες εργασίες.
- **Αλληλεπιδραστικές (interactive) εφαρμογές:** πρέπει να επεξεργάζονται δεδομένα πραγματικού χρόνου σαν είσοδο από τους χρήστες. Οι χρήστες πρέπει να βλέπουν το εικονικό περιβάλλον σαν να υπάρχει τοπικά, ακόμη και αν οι συμμετέχοντες σε αυτό είναι κατανεμημένοι σε πολλά απομακρυσμένα σημεία (hosts).

Ο σχεδιασμός ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος γίνεται πιο σύνθετος λόγω του ότι τα συστήματα αυτά πρέπει να συνεργάζονται με ένα σύνολο από υπάρχουσες εφαρμογές διαφόρων υπηρεσιών.

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει:

- Να χρησιμοποιεί συστήματα βάσεων δεδομένων τα οποία αποθηκεύουν σταθερή πληροφορία (persistent information) σχετική με το εικονικό περιβάλλον. Αυτές οι βάσεις δεδομένων περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, λεπτομερή πληροφορία σχετική με το ύψος του εδάφους, την θέση των κτιρίων και άλλων στατικών αντικειμένων στο περιβάλλον και την αρχική ρύθμιση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.
- Να υποστηρίζει πιστοποίηση χρηστών (user authentication) και να αλληλεπιδρά με εμπορικά συστήματα και άλλα συστήματα συναλλαγών.
- Να έχει τη δυνατότητα να σημειώνει γεγονότα σε πραγματικό χρόνο και να τα αποθηκεύει ώστε να υποστηρίζει reproducible

engineering συστήματα. Αυτή η εργασία είναι αρκετά σύνθετη λόγω του γεγονότος ότι η πλήρης κατάσταση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος δεν μπορεί να είναι στην πραγματικότητα γνωστή σε κάθε εξυπηρετητή (host) του συστήματος.

Τα στοιχεία ενός συστήματος Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος αλληλεπιδρούν με έναν σύνθετο τρόπο, με αποτέλεσμα ο σχεδιαστής να πρέπει να θεωρεί την εφαρμογή σαν ένα ενοποιημένο σύστημα. Η προσπάθεια για την βελτιστοποίηση ενός στοιχείου του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στην συμπεριφορά των υπόλοιπων επιμέρους στοιχείων. Πρακτικά, η ανάπτυξη ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος είναι μια δύσκολη ισορροπία μεταξύ διάφορων λειτουργιών και χαρακτηριστικών.

### **2.2.1. Εύρος ζώνης δικτύου**

Τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα βασίζονται σε ένα δίκτυο δεδομένων για την ανταλλαγή πληροφοριών που αφορούν την τρέχουσα κατάσταση του εικονικού περιβάλλοντος. Αν ένας χρήστης επιθυμεί να λάβει λεπτομερή πληροφορία σχετικά με τις δραστηριότητες κάποιου άλλου χρήστη, αυτή η πληροφορία πρέπει να αποστέλλεται μέσω του δικτύου. Αν απαιτείται περισσότερη λεπτομέρεια τότε πρέπει να μεταδοθεί περισσότερη πληροφορία. Ομοίως, αν πολλοί χρήστες συμμετέχουν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, το συνολικό ποσό πληροφορίας που δημιουργείται από την εφαρμογή αυξάνεται επίσης.

Ωστόσο, η χωρητικότητα του δικτύου είναι ένας περιορισμένος πόρος, έτσι ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος θα πρέπει να καθορίσει προσεκτικά τον τρόπο που θα κατανέμεται η χωρητικότητα. Για παράδειγμα, όταν ένας χρήστης συνδεθεί σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μέσω modem αυτό του προσφέρει ελάχιστη χωρητικότητα δικτύου, έτσι ο χρήστης δεν πρέπει λογικά να απαιτεί να λάβει λεπτομερή πληροφορία πραγματικού χρόνου που να περιγράφει την κατάσταση των άλλων συμμετεχόντων και του εικονικού κόσμου. Αντίθετα, οι χρήστες που συνδέονται μέσω τοπικών δικτύων μπορούν να αξιοποιήσουν ένα μεγαλύτερο εύρος πληροφορίας λαμβάνοντας μια αρκετά πιο ρεαλιστική περιγραφή των γεγονότων που συμβαίνουν στο εικονικό περιβάλλον.

### **2.2.2. Ανομοιομορφία**

Στην πραγματικότητα, οι χρήστες που προσπελούν Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα δεν έχουν το ίδιο σύνολο εξοπλισμού. Για παράδειγμα, ενώ κάποιοι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν ένα σταθμό εργασίας γραφικών με πληκτρολόγιο και ποντίκι και είναι συνδεδεμένοι με μια τηλεφωνική γραμμή, άλλοι μπορεί να χρησιμοποιούν immersive HMDs και γάντια δεδομένων σε έναν

πολυεπεξεργαστή συνδεδεμένο με Ethernet. Η ιδέα των θυρών ετερογενούς προσπέλασης (heterogeneous access ports) είναι επιθυμητή αλλά θέτει διάφορες απαιτήσεις.

Αρχικά, ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να αποφασίσει αν θα παρουσιάσει ή θα κρύψει τις διαφορές μεταξύ των δυνατοτήτων και των ταχυτήτων των διαφόρων συμμετεχόντων. Η ανομοιομορφία των δικτύων δημιουργείται επειδή διαφορετικοί χρήστες μπορούν να συνδεθούν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον χρησιμοποιώντας διαφορετικές χωρητικότητες.

Συμπερασματικά, κάποιοι χρήστες έχουν την δυνατότητα να λάβουν περισσότερη πληροφορία σε σχέση με κάποιους άλλους.

Ο σχεδιαστής του συστήματος μπορεί να αποκρύψει την ανομοιομορφία ανάγοντας το σύστημα σε έναν "ελάχιστο κοινό παρονομαστή", όπου οι απαιτήσεις του δικτύου δεν είναι μεγαλύτερες από την χωρητικότητα της πιο αργής σύνδεσης. Έτσι η μικρότερη χωρητικότητα εξασφαλίζει ότι όλοι οι χρήστες έχουν πρόσβαση στην ίδια πληροφορία, ενώ επίσης σημαίνει ότι η παρουσία ενός συμμετέχοντα με αργή σύνδεση έχει αρνητικά αποτελέσματα και στην απόδοση των υπόλοιπων χρηστών.

Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η πλήρης εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων πόρων. Ωστόσο, επιλέγοντας αυτή την επιλογή, ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να αντιμετωπίσει τα θέματα δικαιοσύνης που προκύπτουν όταν οι χρήστες πρέπει να αλληλεπιδράσουν ακόμη και αν έχουν λάβει διαφορετικά επίπεδα πληροφορίας σχετικά με το περιβάλλον. Αυτό το πρόβλημα είναι σχετίζεται ιδιαίτερα με εκπαιδευτικές εφαρμογές, όπου η απουσία δικαιοσύνης μπορεί να οδηγήσει σε μη ρεαλιστική εκπαίδευση.

Δευτερευόντως, διάφορα θέματα ανομοιομορφίας προκύπτουν σχετικά με τις δυνατότητες της οθόνης γραφικών, του επεξεργαστή και του ήχου. Για παράδειγμα, κάποιοι χρήστες μπορούν να έχουν σταθμούς επεξεργασίας γραφικών που είναι ικανοί να αναπαραστήσουν εκατομμύρια πολύγωνα το δευτερόλεπτο με texture - mapped γραφικά, ενώ άλλοι μπορεί να έχουν χαμηλής ισχύος προσωπικούς υπολογιστές που μπορούν να αναπαραστήσουν μόνο λίγες εκατοντάδες πολύγωνα το δευτερόλεπτο χωρίς textures. Κάποιες μηχανές μπορεί να είναι ικανές να αναπαραστήσουν ήχο στο εικονικό περιβάλλον, ενώ άλλες όχι. Σε αυτή την περίπτωση, όπως και προηγουμένως, ο σχεδιαστής πρέπει να αποφασίσει αν θα χρησιμοποιεί τους ελάχιστους πόρους για να εξασφαλίσει δικαιοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων ή αν θα πρέπει να προσπαθήσει να παρουσιάσει τις διαφορές και να διαχειριστεί τα θέματα δικαιοσύνης που θα προκύψουν.

### 2.2.3. Κατανεμημένη αλληλεπίδραση

Η κατανεμημένη αλληλεπίδραση είναι μια από τις βασικές ιδιότητες ενός συστήματος Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Οι χρήστες μπορούν να βλέπουν σε πραγματικό χρόνο τις δραστηριότητες των άλλων χρηστών και να αντιδρούν σε αυτή την πληροφορία σε πραγματικό χρόνο. Σε κάποια συστήματα, engineering μοντέλα αντιδρούν δυναμικά σε ερεθίσματα που προέρχονται από τμήματα του συστήματος που βρίσκονται σε άλλες μηχανές. Για να είναι αποτελεσματικό, το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει να δημιουργεί σε κάθε χρήστη την ψευδαίσθηση ότι ολόκληρο το περιβάλλον βρίσκεται στην τοπική μηχανή και ότι οι ενέργειές του έχουν άμεση επίδραση στο περιβάλλον.

Η διατήρηση της ψευδαίσθησης ενός απλού συστήματος είναι δύσκολη εξαιτίας της επικοινωνίας που απαιτείται για την ανταλλαγή πληροφορίας στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Για παράδειγμα, τα δίκτυα επιβάλλουν μια αισθητή καθυστέρηση από τον χρόνο που ένα μήνυμα αποστέλλεται μέχρι τον χρόνο που πραγματικά έχει ληφθεί από τον προορισμό. Επιπλέον, διαφορετικές μηχανές μπορούν να επιφέρουν διαφορετικές καθυστερήσεις, που εξαρτώνται από τον τύπο του δικτύου, και την τοποθεσία των hosts που δρουν σαν πομπός και δέκτης. Κάθε συμμετέχων κόμβος πρέπει λοιπόν να παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη άποψη του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο και να αντιμετωπίσει το γεγονός ότι όλη η πληροφορία που προέρχεται από τους χρήστες, όταν φτάσει είναι ήδη εκπρόθεσμη.

Οι καθυστερήσεις του δικτύου είναι πολύ δύσκολο να διαχειριστούν, όταν πολλοί χρήστες ή αντικείμενα αλληλεπιδρούν άμεσα. Για παράδειγμα ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, πρέπει να υποστηρίζει με σωστό τρόπο ανίχνευση σύγκρουσης (collision detection), συγχρονισμό και διαχωρισμό μεταξύ των συμμετεχόντων. Ακριβής ανίχνευση σύγκρουσης είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί επειδή σε κάθε δεδομένο χρονικό σημείο, κανένας χρήστης δεν έχει την σωστή πληροφορία σχετικά με την τρέχουσα θέση των άλλων χρηστών. Η καθυστέρηση των δικτύων σημαίνει ότι όλη η πληροφορία που λαμβάνει ένας χρήστης είναι εκπρόθεσμη. Είναι λοιπόν πιθανό ένας χρήστης να παίρνει κάποια απόφαση βασισμένος σε παλιά πληροφορία, όταν ανιχνεύεται μια σύγκρουση, ενώ στην πραγματικότητα ο άλλος χρήστης έχει κινηθεί για να αποφύγει την σύγκρουση (collision) κατά την διάρκεια της καθυστέρησης του δικτύου. Άρα είναι λοιπόν πιθανό, οι χρήστες να λαμβάνουν τελειώς διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με το αν συνέβη σύγκρουση, επειδή ο καθένας λαμβάνει πληροφορία με διαφορετική καθυστέρηση. Ακόμη όμως και στην περίπτωση που οι κόμβοι συμφωνούν στο αν συνέβη η σύγκρουση, πρέπει επιπλέον να συμφωνήσουν και στο ακριβές σημείο σύγκρουσης, και στο πώς επηρεάζονται οι υπόλοιποι χρήστες. Αυτό το πρόβλημα γίνεται πιο σύνθετο με εκθετικό τρόπο



όταν η σύγκρουση περιλαμβάνει πάνω από δύο αντικείμενα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

#### **2.2.4. Σχεδιασμός συστήματος διαχείρισης πόρων σε πραγματικό χρόνο**

Η αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο καθορίζει την σχεδίαση και την αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Πολλές διαφορετικές διεργασίες (threads) συναγωνίζονται να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) και αντίθετα από άλλα συστήματα, σχεδόν όλες οι διεργασίες έχουν πολύ μεγάλες απαιτήσεις αναφορικά με την εκτέλεσή τους σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η ικανοποίηση των αναγκών για εκτέλεση σε πραγματικό χρόνο αυτών των διαφορετικών διεργασιών είναι μια απαίτηση για τον σχεδιαστή του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.

Το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον πρέπει να υποστηρίζει αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο με τον τοπικό χρήστη. Ο σχεδιασμός του λογισμικού πρέπει να διευκολύνει γρήγορη ανίχνευση και επεξεργασία των ενεργειών του χρήστη από τη μονάδα εισόδου του (πληκτρολόγιο, ποντίκι, HMD, κλπ.). Καθυστερήσεις σε αυτή την διαδικασία μπορεί να οδηγήσουν σε μια αργή αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών.

Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να χρησιμοποιήσει διάφορες τεχνικές για να διαχειριστεί αυτές τις διεργασίες. Μια προσέγγιση είναι να τοποθετήσει οτιδήποτε σε μια μόνο διεργασία που να εκτελεί όλες τις λειτουργίες με ένα κυκλικό τρόπο (round robin), αρκετά γρήγορα έτσι ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις για πραγματικό χρόνο. Εναλλακτικά, η εφαρμογή μπορεί να διασπαστεί σε πολλές διεργασίες που συντονίζονται και χρονοπρογραμματίζονται έτσι ώστε να εξισορροπούν την χρήση της CPU. Εκτός από το χρονοπρογραμματισμό για την αποτελεσματική χρήση της CPU οι πολυ-διεργαστικές (multi-threaded) υλοποιήσεις συστημάτων Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων πρέπει να διαχειρίζονται το φαινόμενο του ανταγωνισμού στα διαμοιραζόμενα δεδομένα που βρίσκονται σε κάθε κόμβο, υλοποιώντας μηχανισμούς κλειδώματος (shared locks) για τον συντονισμό της ενημέρωσης της κατάστασης και της ενημέρωσης της προσπάσης.

#### **2.2.5. Διαχείριση αστοχίας**

Τα καταναμεμημένα συστήματα πρέπει να αντιμετωπίζουν την πιθανότητα, αστοχίας ενός ή περισσότερων συνδεδεμένων κόμβων-

εξυπηρετητών οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Επιπλέον, οι συνδέσεις του δικτύου μπορεί να αστοχήσουν είτε προσωρινά είτε μόνιμα. Η πιθανότητα αστοχίας μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στον σχεδιασμό του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.

Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να καθορίσει μέχρι ποιο σημείο μια αστοχία θα επηρεάσει την λειτουργία της εφαρμογής. Η διαχείριση των αστοχιών διαιρείται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

- 1. Τερματισμός του συστήματος:** Οι αποτυχίες του συστήματος μπορεί να επηρεάσουν όλο το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον και να το αναγκάσουν να τερματίσει αν ο πόρος που έχει πρόβλημα είναι κρίσιμος για την εκτέλεσή του. Για παράδειγμα, αν η αρχιτεκτονική του συστήματος χρησιμοποιεί έναν κεντρικό εξυπηρετητή για να δέχεται και να διανέμει όλα τα δεδομένα, ο τερματισμός της λειτουργίας αυτού του εξυπηρετητή θα έχει σαν αποτέλεσμα και τον τερματισμό της λειτουργίας όλου του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Αν και η αστοχία όλου του συστήματος δεν είναι κατά κανόνα επιθυμητή, είναι κατάλληλη σε περιπτώσεις που πρέπει να διασφαλιστεί η ορθότητα του συστήματος.
- 2. Κλείσιμο του συστήματος:** Η αποτυχίες μπορεί να μην επηρεάσουν τους υπάρχοντες χρήστες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, αλλά μπορεί να εμποδίσουν την άφιξη νέων χρηστών σε αυτό. Για παράδειγμα ή αστοχία ενός εξυπηρετητή που είναι υπεύθυνος για την αναγνώριση των χρηστών (authentication server) θα εμπόδιζε την πρόσβαση νέων χρηστών στο σύστημα, παρόλο που οι τρέχοντες χρήστες δεν επηρεάζονται.
- 3. Παρεμπόδιση της λειτουργίας του συστήματος:** ο τερματισμός της λειτουργίας κάποιων τμημάτων του συστήματος μπορεί να εκφυλίσει την λειτουργία του, έτσι ώστε να μην προσφέρει την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσιών στους χρήστες του.
- 4. Διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος:** Μια αστοχία μπορεί να έχει σχεδόν ανεπαίσθητα αποτελέσματα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Αυτή η κατάσταση συμβαίνει όταν μια μη-κρίσιμη υπηρεσία, για παράδειγμα ένας εξυπηρετητής πρόσβασης, αποτυγχάνει. Στις περιπτώσεις αυτές η λειτουργία του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος συνεχίζεται χωρίς πρόβλημα, ωστόσο η απουσία μιας μη διαθέσιμης υπηρεσίας μπορεί να επηρεάσει κάποια άλλη λειτουργία. Η διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος είναι επίσης πιθανή όταν μια κρίσιμη υπηρεσία υποστηρίζεται από έναν "hot backup" εξυπηρετητή που αντιγράφει την κατάσταση του πρωτεύοντος εξυπηρετητή και μπορεί να ενεργοποιηθεί άμεσα για να αντικαταστήσει σε περίπτωση αποτυχίας του.

Η διατήρηση της λειτουργίας του συστήματος είναι το πιο επιθυμητό μοντέλο για ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, επειδή επιτρέπει την εκτέλεσή του χωρίς διακοπή. Ωστόσο είναι πολύ δύσκολη η παροχή και η διατήρηση ενός τέτοιου συστήματος. Η παρουσία ενός "hot backup" εξυπηρετητή απαιτεί επιπλέον υλικό (hardware) καθώς και δικτυακούς πόρους, ενώ η απαίτηση για την αντιγραφή της κατάστασης του πρωτεύοντος εξυπηρετητή μπορεί να προκαλέσει την επιβράδυνση της λειτουργίας του πρωτεύοντος εξυπηρετητή. Από την άλλη πλευρά, ο τερματισμός της λειτουργίας του συστήματος δεν απαιτεί σχεδόν καθόλου υποστήριξη του συστήματος.

Η διαχείριση της αστοχίας του συστήματος είναι αρκετά περίπλοκη επειδή κάποια αστοχία επηρεάζει όλο το σύστημα. Όταν το δίκτυο αποτυγχάνει, πολλοί συμμετέχοντες ταυτόχρονα θα αποσυνδεθούν από το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Ομοίως, ένας απλός κόμβος μπορεί να παρέχει πολλές υπηρεσίες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, έτσι όταν αυτός αποτυγχάνει, όλες αυτές οι υπηρεσίες άμεσα δεν είναι διαθέσιμες. Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει λοιπόν να αποτιμήσει τον τρόπο με τον οποίο οι πόροι και οι υπηρεσίες θα κατανέμονται στους κόμβους και τα δίκτυα για να εξασφαλίσει ότι παράλληλες αποτυχίες θα επιδράσουν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον με προκαθορισμένο τρόπο.

## 2.2.6. Επεκτασιμότητα

Η επεκτασιμότητα ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος μετράται από τον αριθμό των οντοτήτων που μπορούν να συμμετέχουν ταυτόχρονα στο σύστημα. Μια οντότητα ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος είναι ένα συμμετέχον αντικείμενο στο περιβάλλον αυτό. Οι οντότητες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος περιλαμβάνουν αντικείμενα που ελέγχονται από τον χρήστη (human-controlled) και αντικείμενα που ελέγχονται από το σύστημα (computer-controlled), ομάδες αντικειμένων κλπ. Τα συστήματα θέτουν μια μεγάλη ποικιλία από απαιτήσεις για επεκτασιμότητα, που κυμαίνονται από δύο οντότητες σε απλά παιχνίδια σε εκατοντάδες ή χιλιάδες οντότητες σε εκπαιδευτικά συστήματα. Εναλλακτικές μετρικές για την επεκτασιμότητα είναι ο αριθμός των κόμβων-εξυπηρετητών που μπορούν να συνδεθούν ταυτόχρονα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον και η φυσική απόσταση μεταξύ των συμμετεχόντων στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

Η επεκτασιμότητα του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων της χωρητικότητας του δικτύου, της ισχύος του επεξεργαστή, της ταχύτητας αναπαράστασης των γραφικών και της ταχύτητας αποστολής δεδομένων των διαμοιραζόμενων εξυπηρετητών. Η επίτευξη της επεκτασιμότητας είναι δύσκολη και επιφέρει ένα

σημαντικό κόστος επειδή απαιτεί αναβάθμιση όλων των παραγόντων του συστήματος του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος.

Η πολυπλοκότητα ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος αυξάνεται εκθετικά με τον αριθμό των συμμετεχόντων οντοτήτων εξαιτίας του αριθμού των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οντοτήτων. Μια συγκεκριμένη αλληλεπίδραση μπορεί να συμπεριλάβει οποιονδήποτε συνδυασμό των συμμετεχόντων οντοτήτων που συμμετέχουν στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, έτσι ώστε να υπάρχουν  $2^n$  (όπου  $n$  ο αριθμός οντοτήτων) πιθανές αλληλεπιδράσεις οντότητας με οντότητα. Στην πραγματικότητα, ο ακριβής αριθμός των αλληλεπιδράσεων, δεν αυξάνει όσο γρήγορα αυξάνουν οι πιθανές αλληλεπιδράσεις. Κατά κανόνα, μια οντότητα σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον δεν αλληλεπιδρά με οποιαδήποτε άλλη οντότητα στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Για παράδειγμα, σε ένα μεγάλο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, δεν μπορούμε να περιμένουμε όλοι οι χρήστες να συναθροίζονται σε ένα μόνο δωμάτιο, και αν το κάνουν σπάνια θα βρεθούν στο ίδιο σημείο του δωματίου. Αντίθετα οι χρήστες τείνουν να διασκορπίζονται σε διάφορες υποομάδες που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Αυτές οι ομάδες οντοτήτων μπορούν να αλλάξουν τη μέγιστη χωρητικότητα λειτουργίας του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, αλλά η μεγάλη τους παρουσία προφανώς περιορίζει τον αριθμό των αλληλεπιδράσεων που μπορούν να συμβούν οποιαδήποτε στιγμή.

### 2.2.7. Ανάπτυξη – Ρύθμιση

Οι σχεδιαστές των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων αντιμετωπίζουν διάφορες απαιτήσεις αναπτύσσοντας το λογισμικό τους για πιθανούς συμμετέχοντες. Αν το λογισμικό του client του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος είναι μεγάλο τότε δεν είναι κατάλληλο για διανομή μέσω του web (downloading). Εναλλακτικά το λογισμικό μπορεί να σχεδιαστεί με την χρήση μιας βιβλιοθήκης και τμημάτων που μπορούν να "κατεβαίνουν" δυναμικά ανάλογα με τις απαιτήσεις του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος που εκτελείται. Αυτές οι εναλλακτικές λύσεις επηρεάζουν τον σχεδιασμό του λογισμικού, την επιλογή της γλώσσας προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί στην υλοποίηση και το σύνολο των υποστηρικτικών πλατφόρμων για την λειτουργία.

Τα θέματα της ανάπτυξης γίνονται πιο σύνθετα αν το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον εκτελείται μέσω προγραμμάτων πλοήγησης στο Διαδίκτυο (web browsers). Στην περίπτωση αυτή ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, πρέπει να διασφαλίσει ότι:

- Το περιβάλλον μπορεί εύκολα να γίνει download.
- Η υλοποίηση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να συμμορφωθεί με τα όρια ασφάλειας που επιβάλλουν οι διαθέσιμοι browsers.

- Το λογισμικό εκτελείται και λειτουργεί σωστά σε διαφορετικούς browsers. Οι web browsers είναι μάλλον ασύμβατοι στον τρόπο με τον οποίο υποστηρίζουν downloaded εφαρμογές, ενώ τυπικές γλώσσες για την αναπαράσταση γραφικών όπως είναι η VRML δεν έχουν πετύχει πραγματική μεταφερισιμότητα μεταξύ διαφορετικών browsers.

Η επιτυχημένη ανάπτυξη ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος περιλαμβάνει περισσότερα θέματα από την διανομή του λογισμικού. Οι συμμετέχοντες πρέπει να έχουν πρόσβαση στη ρύθμιση του συστήματος όπως για παράδειγμα διευθύνσεις δικτύου για αποστολή δεδομένων, κωδικούς πρόσβασης, γραφικά και υπολογιστικά μοντέλα για διάφορους τύπους συμμετεχόντων κλπ. Αυτή τα δεδομένα για την ρύθμιση του συστήματος συνήθως διαφέρουν για κάθε λειτουργία του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος και πρέπει να είναι συγκρίσιμα σε μέγεθος με το λογισμικό του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Ο σχεδιαστής του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος πρέπει να συλλέγει αυτή την πληροφορία και να την διαθέτει σε όλους τους συμμετέχοντες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3  
ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

---

## **3. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

### **3.1. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

Υπάρχουν πολλά ερευνητικά συστήματα για την ανάπτυξη εφαρμογών Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων, πολλά από τα οποία διατίθενται δωρεάν. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποια τέτοια συστήματα.

#### **3.1.1. DIVE**

Το Distributed Interactive Virtual Environment (DIVE) αναπτύχθηκε στο Swedish Institute of Computer Science (SICS) και είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης κατανεμημένων πολυχρηστικών εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε ετερογενή δικτυακά περιβάλλοντα. Αρκετές εφαρμογές μπορεί να είναι ταυτόχρονα ενεργές σε έναν εικονικό κόσμο, εκτελώντας λειτουργίες όπως παρουσίαση του εικονικού κόσμου στον χρήστη, διαχείριση διαφόρων εργαλείων του περιβάλλοντος ή ανίχνευση συγκρούσεων. Οι χρήστες διαθέτουν αναπαραστάσεις που ποικίλουν από απλές φιγούρες με στοιχειώδη μορφή μέχρι πολύπλοκη αναπαράσταση ανθρωπίνων σωμάτων.

- Πλεονεκτήματα:
  - Παρέχει δυνατότητα για ανάπτυξη εφαρμογών και μεταφερσιμότητα.
  - Αποσύνδεση των κύριων εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν στο εικονικό περιβάλλον με την χρήση του Tcl/DIVE toolkit και ενός συνόλου από προγράμματα εφαρμογών.
- Μειονεκτήματα:
  - Ο προγραμματισμός και η υλοποίηση νέων εφαρμογών απαιτεί καλή γνώση του παραπάνω toolkit.
  - Δεν παρέχει καλή γραφική αναπαράσταση των χρηστών, ούτε και αποτελεσματικούς μηχανισμούς για την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων κόμβων.

#### **3.1.2. AVIARY**

Το AVIARY, είναι ένα κατανεμημένο object-oriented VR σύστημα που υποστηρίζει πολλαπλούς χρήστες, κόσμους και εφαρμογές και

αναπτύχθηκε στο Advanced Interfaces Group του University of Manchester. Το AVIARY είναι σχεδιασμένο ώστε να λειτουργεί με κατανεμημένο τρόπο πάνω από ετερογενή δίκτυα υπολογιστών. Η βασική έννοια που χρησιμοποιεί είναι αυτή του εικονικού κόσμου ο οποίος ορίζει ένα σύνολο από ιδιότητες που κατέχονται από όλα τα artifacts σε ένα στιγμιότυπο του κόσμου. Επίσης ένας εικονικός κόσμος ορίζει ένα σύνολο από κανόνες που περιορίζουν τη συμπεριφορά και των artifacts. Ο όρος artifact χρησιμοποιείται για την αναφορά σε μια οντότητα η οποία μπορεί να είναι ορατή σε ένα εικονικό κόσμο. Το AVIARY επιτρέπει σε πολλαπλούς κόσμους με διαφορετικούς κανόνες να είναι παράλληλα ενεργοί.

### 3.1.3. BrickNet

Το BrickNet αναπτύχθηκε από το Institute of Systems Science στο National University of Singapore. Είναι ένα κατανεμημένο object-oriented-VR σύστημα γραμμένο σε C και Starship (μια object-oriented, frame-based interpreted γλώσσα γενικού σκοπού). Βασίζεται σε αρχιτεκτονική client-server και τρέχει σε ένα δίκτυο από σταθμούς εργασίας Silicon Graphics. Το BrickNet έχει ένα διαφορετικό μοντέλο εικονικού κόσμου σε σχέση με τα περισσότερα πολυχρηστικά VR συστήματα. Κάθε BrickNet client ορίζει το δικό του εικονικό κόσμο και ένα τοπικό χρήστη σε αυτόν τον κόσμο και μπορεί να γεμίζει τον κόσμο αυτό με διάφορα αντικείμενα που παρέχονται από το BrickNet. Έτσι, το BrickNet υλοποιεί αρκετούς μονοχρηστικούς κόσμους οι οποίοι μπορεί να διαμοιράζονται κάποια αντικείμενα.

- Πλεονεκτήματα:
  - Μειώνει τον φόρτο της δικτυακής επικοινωνίας στην φάση της εξομοίωσης, με αύξηση του κόστους στην αρχικοποίηση/downloading τμήματος της συνόδου
- Μειονεκτήματα:
  - Παραμένει η απαίτηση για αξιόπιστο συγχρονισμό, ενώ δεν καθορίζεται ποια μέθοδος θα μειώσει τις συνολικές δικτυακές απαιτήσεις
  - Η συμπεριφορά των χρηστών πρέπει να υλοποιηθεί σε μια συγκεκριμένη γλώσσα (Starship), περιορίζοντας έτσι την γενικότητα του συστήματος

### 3.1.4. NPSNET

Το NPSNET αναπτύχθηκε στο Naval Postgraduate School των Η.Π.Α. και είναι ένα δικτυακό VR σύστημα σχεδιασμένο για στρατιωτικές εκπαιδεύσεις και προσομοιώσεις με στόχο την υποστήριξη πολύ μεγάλου αριθμού χρηστών. Το NPSNET χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο DIS (Distributed Interactive Simulation) για την επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων που λαμβάνουν μέρος σε μια προσομοίωση.



- Πλεονεκτήματα:
  - Επιτυγχάνει να παρέχει Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας χρησιμοποιώντας υπολογιστικά συστήματα και δίκτυα γενικού σκοπού καθώς και ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο επικοινωνίας (DIS)
  - Χρησιμοποιώντας μια multithreaded προσέγγιση, διευκολύνει την αποτελεσματική υπολογιστική διαδικασία σε πολυεπεξεργαστικές αρχιτεκτονικές
  - Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα σύνολο από τεχνικές για την αλληλεπίδραση και την εισαγωγή του ρόλου του στο εικονικό περιβάλλον
- Μειονεκτήματα:
  - Υπάρχει έλλειψη ιδιοτήτων για γενικότητα και συναρμολογησιμότητα (στοχευόμενη εφαρμογή, κλπ.), μεταφερσιμότητα (τρέχει σε SGI υπολογιστικά συστήματα με την χρήση προκαθορισμένων συσκευών εισόδου), και ταχύτητα υλοποίησης νέων εφαρμογών
  - Η διαχείριση της κίνησης στο δίκτυο από το DIS στο επίπεδο εφαρμογών δημιουργεί επιπλέον πολυπλοκότητα και απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ

### 3.1.5. CAVERNsoft

Το CAVERNsoft είναι ένα συνεργατικό VR middleware για να διευκολύνει την δημιουργία persistent Collaborative Virtual Environments (CVEs) που χρησιμοποιούνται στο CAVERN (CAVE Research Network). Το CAVERN είναι ένα ερευνητικό δίκτυο στο οποίο συμμετέχουν διάφορα ερευνητικά και βιομηχανικά ινστιτούτα που είναι εξοπλισμένα με CAVEs, ImmersaDesks και υψηλής απόδοσης υπολογιστικά συστήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με υψηλής ταχύτητας δίκτυα για την υποστήριξη συνεργατικής σχεδίασης, συνεργατικής μάθησης και εκπαίδευσης με την χρήση εικονικής πραγματικότητας. Το CAVERNsoft χρησιμοποιεί light-weight κατανεμημένη αποθήκευση δεδομένων καθώς και μηχανισμούς για την διαχείριση διαφορετικών όγκων δεδομένων (από λίγα bytes σε πολλά terrabytes) που απαιτούνται για την υποστήριξη persistence σε εικονικά περιβάλλοντα. Διάφορα δικτυακά interfaces υποστηρίζουν προσαρμοζόμενο latency, συνοχή δεδομένων, και επεκτασιμότητα για την υποστήριξη διάφορων δικτυακών απαιτήσεων. Παρόλο που το CAVERNsoft έχει αναπτυχθεί για να υποστηρίξει το CAVERN, δεν είναι μια βιβλιοθήκη προσανατολισμένη μόνο στις απαιτήσεις των CAVE και ImmersaDesk.

### 3.1.6. WebTalk

Το WebTalk είναι ένα πολυχρηστικό σύστημα για καταναμημένους ιδεατούς κόσμους. Το σύστημα αυτό έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει και να συνεργαστεί με οποιαδήποτε VRML εικονικό κόσμο. Το WebTalk χρησιμοποιεί μια MUTech (MultiUser Technology) πλατφόρμα που παρέχει:

- Διαμοίραση των ενεργειών στα αντικείμενα των εικονικών κόσμων
- Ενημέρωση της κίνησης κάθε χρήστη στον εικονικό κόσμο
- Εύκολη ενσωμάτωση υπάρχοντων εικονικών κόσμων (plug-and-distribute)
- Διαφανές interface στους χρήστες

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει σαν στόχο να υποστηρίζει διάφορες τεχνολογίες για την δημιουργία εικονικών κόσμων. Σήμερα υποστηρίζει VRML εικονικούς κόσμους που έχουν γραφτεί σε ένα συγκεκριμένο τύπο ο οποίος λέγεται VRMLTalk. Μελλοντικές επεκτάσεις στοχεύουν στην υποστήριξη της Java3D τεχνολογίας.

### 3.1.7. dVS

Το distributed Virtual Environment System (dVS) είναι λογισμικό το οποίο έχει αναπτυχθεί για να ικανοποιήσει μια ποικιλία από διαφορετικές παράλληλες αρχιτεκτονικές. Το dVS υποστηρίζει διάφορα δίκτυα και διάφορα πολυεπεξεργαστικά ή μονοεπεξεργαστικά συστήματα. Το σύστημα αυτό έχει σαν στόχο να παρέχει διάφορα modules για την δημιουργία και την αλληλεπίδραση με εικονικά πρωτότυπα από CAD προϊόντα. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται στην διάσπαση του περιβάλλοντος σε έναν αριθμό από αυτόνομες οντότητες και την παράλληλη λειτουργία τους. Το λογισμικό του dVS έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Υποστηρίζει ένα παράλληλο μοντέλο επεξεργασίας
- Είναι σχεδιασμένο για να διευκολύνει την κατασκευή εικονικών περιβαλλόντων παρέχοντας αναβαθμισμένα user-interfaces
- Παρέχει επεκτασιμότητα και ανοιχτή πλατφόρμα
- Συνδυάζει απαιτήσεις, όχι μόνο για εξομίωση καταναμημένων γεγονότων αλλά και για έλεγχο στον πραγματικό κόσμο
- Είναι ανοιχτό σύστημα
- Υποστηρίζει πολλούς ταυτόχρονους χρήστες

Τα χαρακτηριστικά αυτά, του προσδίδουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

- Πλεονεκτήματα:

- Ευχρηστότητα: ένα εργαλείο για CAD modeling μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από το σύστημα και να εκμεταλλευτεί τις παρεχόμενες λειτουργικότητες.
- Μεταφερσιμότητα (τρέχει σε SGI υπολογιστικά συστήματα και σε PCs).
- Αποτελεσματικότητα (τα τμήματά του έχουν βελτιστοποιηθεί για την καλύτερη χρήση του υπολογιστικού συστήματος στο οποίο εκτελούνται).
- Μειονεκτήματα:
  - Η τρέχουσα έκδοση του συστήματος δεν έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει πολυχρηστικές εφαρμογές με δυναμικό αριθμό συμμετεχόντων και ενσωμάτωση διαφορετικών εφαρμογών.
  - Δεν είναι δυνατόν για δύο κατασκευαστές εφαρμογών να συνδέσουν τα προγράμματά τους που έχουν σχέση με το animation στον ίδιο εικονικό κόσμο.
  - Δεν παρέχονται μηχανισμοί στους συμμετέχοντες για να μεταδώσουν την γραφική τους αναπαράσταση (avatars) στους απομακρυσμένους συμμετέχοντες: τα αρχεία των avatars θα πρέπει να γίνουν upload στους απομακρυσμένους κόμβους χρησιμοποιώντας ftp πριν την σύνδεση στον εικονικό κόσμο.
  - Δεν υπάρχει η δυνατότητα για ρύθμιση της κίνησης του avatar έτσι ώστε να κάνει χειρονομίες.

### 3.1.8. MASSIVE I, II & III

Το MASSIVE (Model, Architecture and System for Spatial Interaction in Virtual Environments) είναι ένα VR conferencing σύστημα. Βασικοί στόχοι κατά την υλοποίηση του MASSIVE είναι:

- Η υλοποίηση ενός χωροταξικού μοντέλου αλληλεπίδρασης για ομαδική εργασία
- Η αποτίμηση των Διαμοιραζόμενων Εικονικών Περιβαλλόντων σαν μέσα για τηλεδιάσκεψη και ομαδική εργασία
- Η επεκτασιμότητα του συστήματος για ευρεία χρήση (100-1000 ταυτόχρονοι χρήστες)
- Ένα πολυχρηστικό, πολυμεσικό VR σύστημα το οποίο θα αναπτυχθεί με βάση το Spatial Model of Communication
- Η χρήση του χωροταξικού μοντέλου αλληλεπίδρασης για την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων

Το σύστημα βασίζεται στις έννοιες aura, focus και nimbus:

- **Aura:** καθορίζει τον όγκο του χώρου στον οποίο μπορούν να συμβούν αλληλεπιδράσεις (τα αντικείμενα μπορούν να αλληλεπιδράσουν αν τα auras τους συγκρούονται)
- **Focus:** καθορίζει το οπτικό πεδίο των συμμετεχόντων
- **Nimbus:** καθορίζει τον χώρο που τα αντικείμενα μπορούν να γίνουν αισθητά

Μέχρι σήμερα έχουν υλοποιηθεί τρεις εκδόσεις για το MASSIVE: MASSIVE I, II και III, οι οποίες παρουσιάζονται στην συνέχεια

- **Πλεονεκτήματα:**
  - Οι συμμετέχοντες μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικό εξοπλισμό (από υψηλής απόδοσης γραφικά σε interfaces που βασίζονται μόνο σε κείμενο), να αναπαρίστανται στο ίδιο εικονικό περιβάλλον και να επικοινωνούν
  - Το χωροταξικό μοντέλο αλληλεπίδρασης επιτρέπει την αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων στον πραγματικό κόσμο και την αλληλεπίδραση μεταξύ των συμμετεχόντων
- **Μειονεκτήματα:**
  - Η ανάπτυξη νέων περιβαλλόντων είναι μια χρονοβόρα διαδικασία. Επιπλέον δεν παρέχονται λεπτομέρειες για τον τρόπο υλοποίησης της αναπαράστασης των χρηστών

### 3.1.8.1. MASSIVE I

Το MASSIVE I είναι ένα σύστημα τηλεδιάσκεψης και ένα παράδειγμα υλοποίησης του χωροταξικού μοντέλου αλληλεπίδρασης. Το MASSIVE I έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Είναι ένα πολυχρηστικό καταμεμημένο VR σύστημα
- Τρέχει σε Sun και SGI πλατφόρμες
- Παρέχει clients για κείμενο, γραφικά και ήχο, δίνοντας την δυνατότητα στους χρήστες να επικοινωνούν με χειρονομίες, μηνύματα και ήχο σε πραγματικό χρόνο
- Παρέχει διάφορα αντικείμενα που μπορούν να προσαρμοστούν από τον χρήστη
- Παρέχει έναν αριθμό από εικονικούς κόσμους, καθώς και ενδιάμεσες πύλες για την μετακίνηση μεταξύ των κόσμων
- Κάθε λειτουργία χρησιμοποιεί μόνο τοπική (χωροταξικά) πληροφορία
- Νέα μέσα μπορούν να προστεθούν χωρίς να επηρεαστεί το σύστημα
- Όλα τα μέσα ελέγχονται από τα aura, focus και nimbus

### **3.1.8.2. MASSIVE II**

Το MASSIVE II ονομάζεται και CRG (Communications Research Group) Virtual Environment (CVE). Το CVE είναι ένα καταναμημένο πολυχρηστικό σύστημα εικονικής πραγματικότητας, με χαρακτηριστικά όπως:

- Διαδικτύωση που βασίζεται στο IP multicasting
- Υποστήριξη νέου εκτεταμένου χωροταξικού μοντέλου αλληλεπίδρασης (Spatial Model of Communication)
- Υποστήριξη πολλών ταυτόχρονων χρηστών που επικοινωνούν με την χρήση τρισδιάστατων γραφικών, ήχο και κείμενο σε πραγματικό χρόνο

### **3.1.8.3. MASSIVE III**

Το MASSIVE III είναι ένα καταναμημένο πολυχρηστικό σύστημα εικονικής πραγματικότητας, με χαρακτηριστικά όπως:

- Υποστήριξη πολλών ταυτόχρονων χρηστών που επικοινωνούν με την χρήση τρισδιάστατων γραφικών, ήχο και κείμενο σε πραγματικό χρόνο
- Επεκτασιμότητα, σύνθεση του εικονικού κόσμου και κατανομή βασισμένη στα Locales
- Διαχείριση μηνυμάτων τα οποία υποστηρίζουν αιτιότητα που καθορίζεται από την εφαρμογή και αναβαθμισμένη επικοινωνία γεγονότων
- Υλοποίηση βασισμένη σε βιβλιοθήκες
- Client-server αρχιτεκτονική με χρήση TCP δικτύων

### **3.1.9. SPLINE**

Το SPLINE (Scalable Platform for Large Interactive Environments) είναι μια πρωτότυπη υλοποίηση μιας πλήρους DVE πλατφόρμας η οποία χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ISTEP για να λειτουργήσει. Η πλατφόρμα αυτή επιτρέπει την δημιουργία εικονικών κόσμων που έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Πολλοί, ταυτόχρονοι και γεωγραφικά καταναμημένοι χρήστες
- Πολλές ταυτόχρονες εξομοιώσεις για την αλληλεπίδραση του συστήματος με τους χρήστες

- Φωνητική αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών για την παροχή *immersion* σε ένα τρισδιάστατο οπτικοακουστικό περιβάλλον
- Δυνατότητα για δυναμική προσαρμογή και επέκταση του περιβάλλοντος

Ο μηχανισμός της διαμοίρασης δεδομένων του SPLINE βασίζεται σε ένα μοντέλο που λέγεται *World Model*, το οποίο διαμεσολαβεί σε κάθε αλληλεπίδραση με αποτέλεσμα οι εφαρμογές να μην επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους. Το SPLINE επιτρέπει την ενσωμάτωση εφαρμογών χωρίς να λαμβάνει υπόψη του το δίκτυο, αφού βασίζεται στο *world model* για να στείλει τα μηνύματα ενημέρωσης σε απομακρυσμένα *world models* σε άλλους κόμβους συμμετεχόντων χρηστών.

- Πλεονεκτήματα:
  - Έχει χρησιμοποιηθεί σαν πιλοτική εφαρμογή και έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικό. Η αποτελεσματικότητα επιτυγχάνεται σε σχέση με την συνοχή που παρουσιάζουν σύνθετα δεδομένα μεταξύ των συμμετεχόντων κόμβων.
  - Η εφαρμογή *Diamond Park* (που υποστηρίζεται από το SPLINE) μπορεί να υλοποιηθεί σε μικρό χρόνο και να ενσωματωθεί χωρίς την αντιμετώπιση σημαντικών προβλημάτων.
- Μειονεκτήματα:
  - Η αναπαράσταση των χρηστών περιορίζεται σε μια απλή συμπεριφορά
  - Οι συμμετέχοντες μπορούν μόνο να πλοηγηθούν και να επικοινωνήσουν με τους άλλους χρησιμοποιώντας ήχο.
  - Ελάχιστη αλληλεπίδραση συστήματος χρήστη.

### 3.1.10. VLNET System

Το σύστημα *Virtual Life Network (VLNET)* για την υποστήριξη Δικτυακών Συνεργατικών Εικονικών Περιβαλλόντων δίνοντας έμφαση στην αλληλεπίδραση των χρηστών. Το σύστημα VLNET χρησιμοποιεί ρεαλιστικά *avatars*, που ονομάζονται *Virtual Humans*, για την αναπαράσταση των χρηστών έτσι ώστε να βελτιώσει τις δυνατότητες για αλληλεπίδραση και επικοινωνία των χρηστών. Το σύστημα VLNET περιλαμβάνει διαχείριση των *virtual humans* σε μια modular και ανοιχτή αρχιτεκτονική επιτρέποντας προσπέλαση σε σύνθετα *virtual humans*, πλοήγηση και συμπεριφορά αντικειμένων καθώς και δικτυακές δυνατότητες μέσω διάφορων *interfaces*. Το VLNET είναι μια απλή *client-server* αρχιτεκτονική. Ο εξυπηρετητής είναι υπεύθυνος για *session management* και για την διανομή των μηνυμάτων, ενώ έχει σχεδιαστεί, έτσι ώστε να συνεργάζεται με έναν τυπικό *HTTP server*. Ο σχεδιασμός του VLNET *client* είναι modular διαχωρίζοντας τις λειτουργικότητες σε διάφορες διαδικασίες. Αυτό επιτρέπει όχι μόνο

βελτίωση στην ποιότητα αλλά και εξασφάλιση διαφορετικής λειτουργικότητας με απλή αντικατάσταση συγκεκριμένων modules.

### **3.1.11. Community Place**

Το Community Place είναι ένα σύστημα που έχει αναπτυχθεί από την Sony. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί μια αρχιτεκτονική επικοινωνίας η οποία αποτελείται από διαδοχικά επίπεδα. Η client-server επικοινωνία χρησιμοποιείται σε δίκτυα που παρέχουν μικρό bandwidth, ενώ η peer-to-peer επικοινωνία χρησιμοποιείται για την διασύνδεση των διάφορων εξυπηρετητών του συστήματος. Ο browser που χρησιμοποιείται δεν έχει υψηλές απαιτήσεις από το υπολογιστικό σύστημα που μπορεί να είναι ένα απλό PC. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα χρησιμοποιεί VRML 2.0 για την αναπαράσταση των εικονικών κόσμων, ενώ ο server έχει αναπτυχθεί σε Java.

---

## **3.2. ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ**

Στη αγορά υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά εμπορικά πακέτα που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη πολυχρηστικών VEs πάνω από το Internet. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά μερικά από τα πιο γνωστά.

### **3.2.1. blaxxun Community Server**

Ο blaxxun Community Server (τελευταία έκδοση 4.0) είναι ένας πολυχρηστικός server που υποστηρίζει τη λειτουργία, διαχείριση και παρακολούθηση χρήσης εικονικών κόσμων που μπορούν να προσπελαστούν ταυτόχρονα από πολλούς χρήστες. Πρόκειται για ένα ανοικτό σύστημα που υποστηρίζει όλα τα σχετικά διαθέσιμα πρότυπα: HTML, VRML, Java, vCard, ActiveX, OCX, Direct3D και OpenGL και λειτουργεί σε συνδυασμό με τον blaxxun Community Client (τελευταία έκδοση Contact 4.01).

Ο Community Server μπορεί να λειτουργήσει σε συνδυασμό με VRML 1.0, VRML 2.0, Superscape .SVR εικονικούς κόσμους. Ο Community Server τρέχει σε πλατφόρμες Windows NT 4.0, Linux 2.x, AIX 4.1.1, Solaris 2.5 and SGI Indy Irix 6.2, και απαιτεί τουλάχιστον 32MB μνήμης. Ο Community Client απαιτεί Windows 95/NT με τουλάχιστον 14.4 modem και Netscape Navigator ή Microsoft Internet Explore 3.x ή μεταγενέστερες εκδόσεις. Η αρχιτεκτονική του Community Server βασίζεται σε ένα πλήθος από διαφορετικές λειτουργικές υπηρεσίες που περιγράφονται παρακάτω.

### **3.2.1.1. blaxxun Community Manager**

#### ***3.2.1.1.1. User and Place Management***

Αυτή είναι η βασική υπηρεσία που διαχειρίζεται ότι έχει σχέση με τους χρήστες και τις τοποθεσίες ενός DVE. Αναγνωρίζει τους χρήστες, χειρίζεται logins και logoffs από τους χρήστες και παρακολουθεί σε ποια μέρη βρίσκονται κάθε στιγμή. Επίσης, η υπηρεσία αυτή καταγράφει και ενημερώνει τις σχετικές θέσεις των χρηστών μέσα σε ένα εικονικό κόσμο. Υπολογίζει τους κοντινότερους γείτονες σε ένα χρήστη και ενημερώνει τη θέση του χρήστη τρεις φορές το δευτερόλεπτο. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα να απομακρύνονται χρήστες που δεν συμμορφώνονται με τους κανόνες σωστής λειτουργίας και συμπεριφοράς που έχουν τεθεί από το σχεδιαστή της DVE εφαρμογής. Ακόμα, ο Community Server μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να περιορίζει τις πολυχρηστικές σκηνές, να περιορίζει τα avatar που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα εικονικό κόσμο, να περιορίσει τον αριθμό των ταυτόχρονων χρηστών και να περιορίσει την πρόσβαση στην εφαρμογή με βάση τις IP διευθύνσεις των χρηστών.

#### ***3.2.1.1.2. Real-time Chat***

Οι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω της υπηρεσίας συζητήσεων με γραπτό κείμενο που επιτρέπει δημόσιες και ιδιωτικές συνόδους συζητήσεων. Οι δημόσιες συζητήσεις επιτρέπουν να στέλνεις/παίρνεις γραπτά μηνύματα σε /από όλους ταυτόχρονα. Ιδιωτικές συζητήσεις μπορούν να ξεκινήσουν ανά πάσα στιγμή μεταξύ δύο χρηστών και να είναι κλειστές προς όλους τους άλλους χρήστες.

#### ***3.2.1.1.3. 3D Avatars, Navigation και Interaction***

Αυτή η υπηρεσία έχει να κάνει με θέματα που αφορούν τους τρισδιάστατους εικονικούς κόσμους, όπως υποστήριξη 3D αλληλεπιδράσεων, αναπαράσταση 3D avatars και γραφική αναπαράσταση συμπεριφορών και χειρονομιών.

#### ***3.2.1.1.4. Firewall Support***

Ο Community Server χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα TCP/IP και UDP για τις επικοινωνίες μεταξύ των client και του server. Το TCP/IP χρησιμοποιείται για μη συχνή, χαμηλής προτεραιότητας πληροφορία που πρέπει όμως να μεταφερθεί αξιόπιστα, ενώ το UDP χρησιμοποιείται για συχνές αλλά όχι κρίσιμες πληροφορίες. Για παράδειγμα, η μεταφορά των εικονικών κόσμων γίνεται μέσω TCP/IP, ενώ οι ενημερώσεις κίνησης/θέσεως μεταδίδονται με UDP. Το ζήτημα της αποστολής UDP πακέτων μέσω ενός firewall λύνεται με τη συγκεκριμένη υπηρεσία που επιτρέπει σε κάποιους χρήστες να συνδέονται μόνο με τη χρήση TCP/IP, επιτρέποντας έτσι τη χρησιμοποίηση και από χρήστες που βρίσκονται πίσω από firewall.



### **3.2.1.2. blaxxun Agent Manager**

Ένα bot (συντομία του robot) είναι ένα πρόγραμμα που λειτουργεί σαν agent για ένα χρήστη ή κάποιο άλλο πρόγραμμα ή προσομοιώνει κάποια ανθρώπινη ενέργεια. Η υπηρεσία αυτή είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία και διαχείριση τέτοιων bot μέσα στους εικονικούς κόσμους. Τα bot μπορεί να έχουν την δικιά τους αναπαράσταση στον εικονικό κόσμο (avatar) και κάποια συγκεκριμένη συμπεριφορά. Ο προγραμματισμός των bots γίνεται με τη χρήση μιας event-based scripting γλώσσας, μέσω της οποίας καθορίζονται οι ιδιότητες που έχει ένα bot και η συμπεριφορά του.

### **3.2.1.3. blaxxun Object Manager**

Αυτή η υπηρεσία επιτρέπει τη χρήση διαμοιραζόμενων γεγονότων και αντικειμένων. Διαχειρίζεται την κατανομή των μεταβολών που συμβαίνουν σε ορισμένα αντικείμενα και εξασφαλίζει ότι οι αλλαγές είναι μόνιμες, ακόμα και αν ο χρήστης που ενεργοποίησε την αλλαγή έχει φύγει από τον εικονικό κόσμο. Ουσιαστικά αυτή η υπηρεσία παρακολουθεί όλες τις αλλαγές που συμβαίνουν σε αντικείμενα που έχουν δηλωθεί ως διαμοιραζόμενα σε ένα κόσμο.

### **3.2.1.4. blaxxun Voice Manager**

Ο Voice Manager επιτρέπει στους χρήστες να μιλούν μεταξύ τους σε μια εικονική συνάντηση ή δίνει τη δυνατότητα στα bots να μιλούν στους χρήστες. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση του ήχου είναι η μετατροπή των γραπτών μηνυμάτων σε φωνητικά σήματα.

## **3.2.2. Virtual Reality Technologies GmbH Paraworld**

Το PARAWORLD 19 είναι μια ειδική υπηρεσία που διασυνδέει VR εφαρμογές της μορφής Superscape VRT/SVR μέσω μιας αρχιτεκτονικής client/server. Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τον κάθε client περιέχουν πληροφορίες για τα αντικείμενα του εικονικού κόσμου, τη θέση τους, την ταχύτητά τους, την εμφάνιση τους κ.α. Ο PARAWORLD server συλλέγει τις πληροφορίες αυτές από τους διάφορους clients και κατόπιν τις διανέμει προς όλους.

Στην πλευρά του client το PARAWORLD αποτελείται από τρία επίπεδα. Το κατώτερο επίπεδο είναι η RTIME Interactive Networking Engine. Η RTIME είναι η δικτυακή μηχανή που κάνει όλη την εργασία όπως μετάδοση/λήψη πληροφοριών προς/από το server, φιλτράρισμα πακέτων κ.α. Το μεσαίο επίπεδο είναι η υπηρεσία PARAWORLD, το οποίο έρχεται με τη δικτυακή μηχανή σαν COM object και είναι απαραίτητο σε κάθε υπολογιστή που τρέχει μια PARAWORLD εφαρμογή. Αυτό το PARAWORLD socket προσφέρει την απαραίτητη διασύνδεση με το plug-in που είναι το ανώτερο επίπεδο. Το plug-in είναι μέρος της εφαρμογής και είναι αρκετά μικρό σε μέγεθος.

Το server κομμάτι αποτελείται από δύο συστατικά: τον communication server και το session master. Ο communication server είναι η καρδιά

του συστήματος και κάθε άλλο κομμάτι συνδέεται με αυτόν. Λαμβάνει όλες τις πληροφορίες από τους πελάτες, ενώ μεταδίδει μόνο σε όσους είναι αναγκαίο. Ο session master καταγράφει τις διάφορες συνόδους και συνδέεται με άλλες υπηρεσίες όπως βάσεις δεδομένων ή mail servers.

Το PARAWORLD λειτουργεί με αντικείμενα που πρέπει να συγχρονιστούν αποδοτικά πάνω από ένα δίκτυο και αυτά τα αντικείμενα μπορεί να έχουν ειδικά χαρακτηριστικά. Ένα PARAWORLD-Object μπορεί να ταξινομηθεί με βάση τις παρακάτω δυνατότητες:

- **Private/Public:** Αυτό δείχνει αν το αντικείμενο μπορεί να τροποποιηθεί μόνο από τον ιδιοκτήτη του (τον client που το δημιούργησε) ή από όλους.
- **Persistent/Transient:** Αυτό δείχνει αν το αντικείμενο παραμένει στον εικονικό κόσμο αφού φύγει ο ιδιοκτήτης του ή εξαφανίζεται και αυτό μαζί του.

Όλα τα αντικείμενα παρακολουθούνται από τη PARAWORLD-Engine. Αλλαγές στη θέση, περιστροφή, και ταχύτητα ενός αντικειμένου μεταδίδονται στο server και συγχρονίζονται με όλους τους clients. Το PARAWORLD χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό που λέγεται dead-reckoning. Αν ένα αντικείμενο μετακινηθεί σε μια client μηχανή, η γραμμικά και γωνιακή ταχύτητα του αντικειμένου μαζί με ένα χρονογραμματόσημο μεταδίδεται μέσω του server σε όλους τους απομακρυσμένους πελάτες, για να ενημερωθεί η θέση του αντικειμένου στον τοπικό τους κόσμο.

### 3.2.3. SENSE8 Product Line

Η εταιρία SENSE8 παρέχει μια ομάδα εργαλείων για να διευκολύνει την κατασκευή αλληλεπιδραστικών τρισδιάστατων εικονικών κόσμων καθώς και την ανάπτυξη Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Τα εργαλεία αυτά είναι τα WorldToolKit, World Up και World2World.

Το World2World είναι μια client-server πλατφόρμα για τρισδιάστατες αλληλεπιδραστικές αναπαραστάσεις σε πραγματικό χρόνο. Τα client-side τμήματα του World2World ενσωματώνουν εύκολα το WorldToolKit και το World Up επιτρέποντας την ανάπτυξη πολυχρηστικών κόσμων. Το WorldToolKit είναι ένα cross-platform C/C++ toolkit για δημιουργία οπτικών εξομοιώσεων και ανάπτυξη τρισδιάστατων εφαρμογών και εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας.

Το World Up είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για την ανάπτυξη τρισδιάστατων εφαρμογών και εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας. Το World Up χρησιμοποιείται για την κατασκευή γραφικών, αντικειμένων, ιδιοτήτων αντικειμένων, κατασκευή του κόσμου, συγγραφή scripts, κλπ.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα παραπάνω εργαλεία.

### 3.2.3.1. WorldToolKit

Το WorldToolKit (WTK) είναι ένα cross-platform εργαλείο ανάπτυξης για την κατασκευή τρισδιάστατων εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Το WorldToolKit αποτελείται από μια βιβλιοθήκη με πάνω από 1000 συναρτήσεις σε γλώσσα C και από διάφορα εργαλεία για την δημιουργία, και διαχείριση των παραπάνω εφαρμογών. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του WTK είναι τα παρακάτω:

- Sound: Το WorldToolKit παρέχει ένα cross-platform API για την δημιουργία 3D και στερεοφωνικού ήχου
- User-Interface Objects: Το WorldToolKit παρέχει διάφορους τύπους user-interface object όπως: toolbars, bitmaps, menus, message boxes, text boxes, file-request dialogs, κ.α.
- MultiPipe/Multi-Processor Support: υποστήριξη για ταυτόχρονη αναπαράσταση πολλών οθονών γραφικών για την εκμετάλλευση της επεξεργαστικής ισχύος διαφόρων πολυ-επεξεργαστικών συστημάτων
- VRML Support: Υποστήριξη για γραφή και ανάγνωση VRML 1.0 αρχείων.

### 3.2.3.2. World Up

Το World Up είναι ένα authoring tool για την δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων για χρήση σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Τα βασικά χαρακτηριστικά του World Up είναι τα παρακάτω:

- Γραφικό περιβάλλον ανάπτυξης
- Ενσωματωμένοι τύποι αντικειμένων
- Υποστήριξη διάφορων τύπων αρχείων
- Χρήση της γλώσσας BasicScript
- Πλήρη συμβατότητα με τον World2World server

### 3.2.3.3. World2World

Το World2World είναι ένα client-server σύστημα για Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Το World2World επιτρέπει την δημιουργία πολυχρηστικών εξομοιώσεων με την χρήση του World2World object system (που είναι ένα υποσύνολο του WorldToolKit API), χωρίς την χρήση των WorldToolKit και World Up. Τα βασικά τμήματα του World2World είναι ένα σύνολο από World2World servers (ο Server Manager, οι Simulation Servers, και ο Firewall Proxy) και ένας client που αλληλεπιδρά με τους χρήστες.

### 3.2.4. DOVRE

Το DOVRE (Distributed Object-oriented Virtual Reality Environment) είναι μια πλατφόρμα λογισμικού για την ανάπτυξη δικτυακών 3D εφαρμογών πραγματικού χρόνου. Πρωτεύων στόχος του DOVRE είναι

η παροχή μιας πλατφόρμας κατάλληλης για παροχή υπηρεσιών τηλε-εργασίας και τηλε-εκπαίδευσης καθώς και άλλων υπηρεσιών, με χρήση κατανεμημένων τρισδιάστατων ψηφιακών κόσμων.

Βασικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας είναι:

- Η ενσωμάτωση πολυμέσων

Η πλατφόρμα DOVRE είναι κατάλληλη για την δημιουργία Κατανεμημένων Εικονικών Περιβαλλόντων ( Distributed Virtual Environments-DVE), ενώ δίνει την δυνατότητα για την δημιουργία αλληλεπιδραστικών interfaces και για την ενσωμάτωση πολυμέσων σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα.

- Multi-platform – Συμβατότητα με πρότυπα

Το DOVRE είναι ένα C++ API για την ανάπτυξη εφαρμογών και ένα object-oriented framework για την προσθήκη νέων λειτουργικότητων. Το DOVRE βασίζεται στο client-server μοντέλο και τρέχει πάνω από IP δίκτυα με την χρήση PCs ή workstations. Η πλατφόρμα DOVRE προσφέρει την δυνατότητα για κατανομή και ενημέρωση των εικονικών περιβαλλόντων. Επίσης είναι ακολουθεί πρότυπα όπως OPEN-GL, VRML 2.0 και μέρη του MPEG-4.

Το DOVRE τρέχει σε Windows95/NT 4.0 με OpenGL, IRIX 6.x με Open GL, Linux 2.x με Mesa. Οι ελάχιστες απαιτήσεις σε ισχύ είναι 166Mhz PC, 32Mb RAM και κάρτα γραφικών συμβατή με Open GL ενώ οι συσκευές εισόδου που υποστηρίζονται είναι, ποντίκι, joystick I/O glasses, 5th glove Polhemus Fasttrak, και πληκτρολόγιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4  
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΚΑΙ  
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ  
ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

---

## 4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ - ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Σε γενικές γραμμές υπάρχουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις στην υλοποίηση ενός Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος. Στο κεντρικοποιημένο μοντέλο (client-server), ένας κεντρικός υπολογιστής (server) συγκεντρώνει όλα τα δεδομένα από τους διάφορους άλλους υπολογιστές που συμμετέχουν (clients), αποθηκεύει τις αλλαγές σε διάφορες δομές δεδομένων (κεντρική βάση δεδομένων) και μετά στέλνει τα αποτελέσματα πίσω σε κάθε συμμετέχοντα υπολογιστή. Κάθε υπολογιστής είναι υπεύθυνος να οπτικοποιήσει το περιβάλλον και να χειρίζεται τα δεδομένα εισόδου από τον τοπικό χρήστη. Η εναλλακτική προσέγγιση χρησιμοποιεί ένα κατανεμημένο μοντέλο (peer-to-peer). Σε αυτή την περίπτωση, κάθε πρόγραμμα διατηρεί το δικό του πλήρες αντίγραφο της απαραίτητης βάσης δεδομένων. Όταν ένα πρόγραμμα κάνει αλλαγές στη δική του βάση δεδομένων, στέλνει τα δεδομένα ενημέρωσης προς όλα τα άλλα συμμετέχοντα προγράμματα, έτσι ώστε να ενημερώσουν και αυτά τις δικές τους βάσεις δεδομένων.

Οι εφαρμογές Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων διαθέτουν χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν σημαντικά από τις παραδοσιακές κατανεμημένες εφαρμογές, όπως το WWW και τις τρέχουσες πολυμεσικές εφαρμογές συνεχούς ροής (streaming multimedia), όπως audio/video conferencing. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά κατανεμημένα συστήματα, τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα απαιτούν επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μεταξύ πολλαπλών μορφών μέσων τα οποία πρέπει να συγχρονιστούν πριν παρουσιαστούν στον χρήστη. Η λειτουργία των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων σε πραγματικό χρόνο σημαίνει ότι είναι ευαίσθητα σε αλλαγές στα επίπεδα της ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service – QoS) που παρέχεται από το υποκείμενο δίκτυο υπολογιστών. Επίσης, αντίθετα από τις streaming multimedia εφαρμογές, κάθε κόμβος σε ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον διατηρεί ένα σημαντικό ποσό πληροφοριών για την κατάσταση των οντοτήτων μέσα στο περιβάλλον. Συγκεκριμένες αλλαγές σε αυτή την κατάσταση, όπως η εισαγωγή ή η απομάκρυνση οντοτήτων, απαιτούν αξιόπιστες μεταδόσεις δεδομένων, ενώ άλλες, όπως η περιοδική ενημέρωση της κατάστασης μιας οντότητας, μπορούν να αντιμετωπιστούν περίπου με τον ίδιο τρόπο όπως ένα πλαίσιο (frame) ήχου ή βίντεο.

Επειδή οι εφαρμογές στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα είναι προσανατολισμένες για ομάδες χρηστών, ο πιο αποδοτικός τρόπος υλοποίησής τους είναι με τη χρήση multicast group πρωτοκόλλων που παρέχονται από το επίπεδο δικτύου. Ένα πρωτόκολλο για Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα θα πρέπει να διαχειρίζεται τις ομάδες αποτελεσματικά έτσι ώστε οι δικτυακοί πόροι να χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν μεγάλο όγκο εικονικών χώρων όπου λαμβάνουν χώρα διάφορες αλληλεπιδράσεις και να απελευθερώνονται όταν οι

αλληλεπιδράσεις αυτές τελειώνουν. Επιπλέον, θα πρέπει να διαχειρίζεται τη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης ώστε να αποφεύγεται συμφόρηση στους δρομολογητές και στα τελικά συστήματα. Επειδή ένα δίκτυο δεν αφιερώνεται συνήθως σε μία μόνο εφαρμογή ΔΕΠ, το πρωτόκολλο θα πρέπει επιπλέον να είναι σε θέση να ανιχνεύσει πιθανή συμφόρηση και υποβιβασμό της ποιότητας υπηρεσίας που οφείλεται σε άλλες εφαρμογές που χρησιμοποιούν το δίκτυο και να προσαρμόσει τη χρησιμοποίηση του δικτύου ανάλογα.

Τα περισσότερα από τα πρώτα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα συστήματα δεν χρησιμοποιούσαν multicast πρωτόκολλα για την επικοινωνία, αλλά αντίθετα βασιζόνταν σε συνδέσεις μεταξύ ισοδύναμων κόμβων (peer-to-peer μοντέλο) ή μεταξύ πολλαπλών client κόμβων και ενός κεντρικού εξυπηρετητή (client-server μοντέλο). Αυτά που χρησιμοποιούν multicast πρωτόκολλα ακολουθούν διαφορετικές προσεγγίσεις για τη δέσμευση και τη διαχείριση multicast ομάδων. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται συνοπτικά διάφορες αρχιτεκτονικές και πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

#### 4.1. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ:

Η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών εργασίας που συμμετέχουν σε ένα πολυχρηστικό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα δίκτυα με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα δίκτυα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Τον τύπο μεταφοράς δεδομένων (προσανατολισμένο στη σύνδεση - connection oriented, ή μη-προσανατολισμένο στη σύνδεση - connectionless)
- Τον τύπο μετάδοσης μηνυμάτων (unicast ή multicast)
- Την καθυστέρηση μετάδοσης των μηνυμάτων (message latency)
- Το εύρος ζώνης (data bandwidth)

Τα δίκτυα τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης των συμμετεχόντων κόμβων:

- **Σύνδεση 1-1:** Δύο σταθμοί εργασίας μπορούν να στείλουν και να λάβουν δεδομένα μέσω μιας connection-oriented σύνδεσης. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση ενός modem με μια τηλεφωνική γραμμή. Το modem υποστηρίζει connection-oriented, unicast μετάδοση δεδομένων με σχετικά χαμηλό latency και χαμηλό bandwidth (<56 Kbps)
- **Unicast:** Όπου ένας μεγάλος αριθμός σταθμών εργασίας οι οποίοι είναι λογικά συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο που υποστηρίζει

connectionless, unicast μηνύματα. Ένα παράδειγμα είναι το Διαδίκτυο.

- **Multicast:** Όπου ένας μεγάλος αριθμός σταθμών εργασίας επικοινωνούν μέσω του δικτύου που υποστηρίζει connectionless multicast μηνύματα αλλά και connectionless unicast μηνύματα. Ένα παράδειγμα είναι το Mbone.

Οι παραπάνω τύποι δικτύων μπορούν να συνδυαστούν έτσι ώστε να δημιουργηθούν διάφορα ετερογενή δίκτυα. Για παράδειγμα τα modems μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συνδέσεις μεταξύ servers και clients, ενώ ταυτόχρονα οι servers μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με multicast.

Κάθε συνδυασμός δικτύων έχει ένα μοναδικό σύνολο από τρόπους μετάδοσης και χαρακτηριστικά μετάδοσης τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τον σχεδιασμό των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

#### 4.1.1. Τοπολογίες δικτύου:

Υπάρχουν διάφοροι τύποι δικτυακών τοπολογιών που μπορούν να εφαρμοστούν σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα:

- peer-to-peer
- client-server

Επίσης υπάρχουν και διάφορες υβριδικές τοπολογίες ανάλογα με τον συνδυασμό των παραπάνω τοπολογιών και των δικτυακών χαρακτηριστικών

##### Peer-to-peer τοπολογίες:

Ένα peer-to-peer μοντέλο βασίζεται σε ένα σύνολο από κόμβους (hosts) που μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους άμεσα μέσω του δικτύου. Ο παραπάνω ορισμός υπονοεί ότι:

- δεν υπάρχει ανάγκη για την ύπαρξη ενός host ο οποίος θα πρέπει να εξυπηρετεί τους υπόλοιπους hosts (servers)
- οι κόμβοι σε ένα peer-to-peer μοντέλο έχουν την ίδια λειτουργικότητα και ίδια δικαιώματα

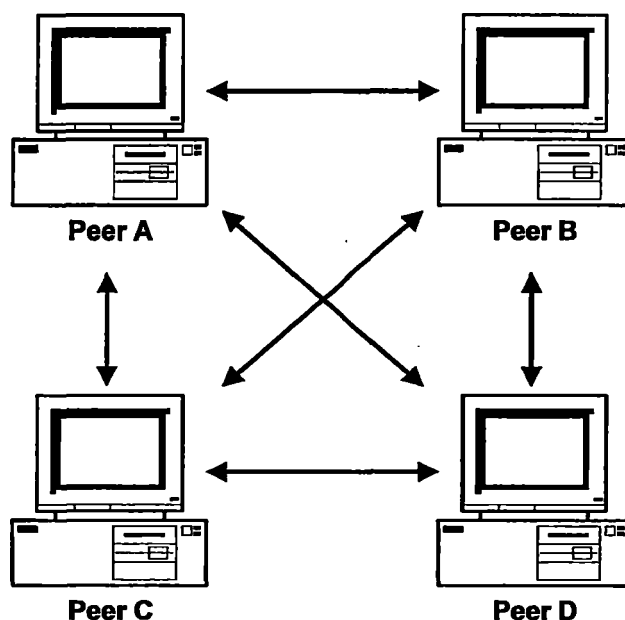
Το βασικό πλεονέκτημα ενός peer-to-peer μοντέλου είναι ότι δεν υπάρχει κεντρικό σημείο αστοχίας (central point of failure). Ωστόσο η επεκτασιμότητα ενός peer-to-peer συστήματος είναι μάλλον περιορισμένη αφού όταν για παράδειγμα γίνει μια αλλαγή στην κατάσταση ενός αντικειμένου, ο υπεύθυνος κόμβος θα πρέπει να στείλει ένα μήνυμα για τον συγχρονισμό της κατάστασης του αντικειμένου σε όλους τους άλλους κόμβους (peers). Το μειονέκτημα εδώ είναι ότι η λύση αυτή απαιτεί από τους χρήστες αρκετή



υπολογιστική ισχύ. Υπάρχουν δύο τύποι μοντέλων επικοινωνίας με την χρήση peer-to-peer τοπολογιών, ανάλογα με τον τύπο σύνδεσης:

- Peer-to-peer τοπολογία με unicast δίκτυο:

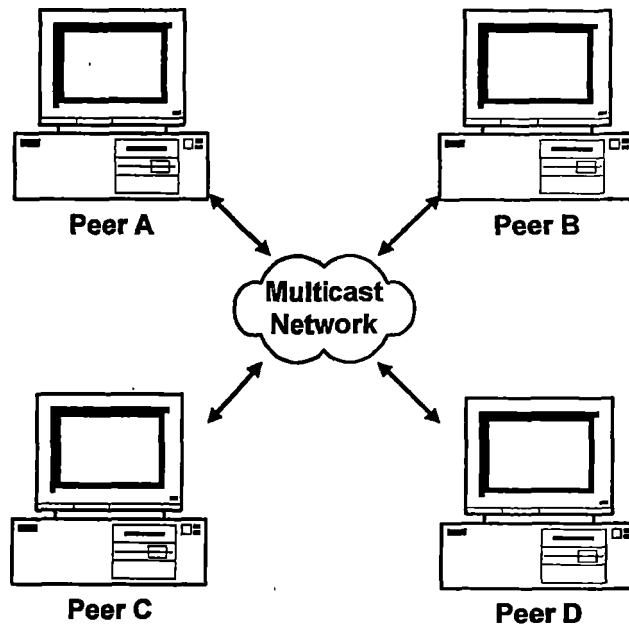
Σε αυτό το είδος peer-to-peer τοπολογίας ο αριθμός των μηνυμάτων που μεταδίδονται αυξάνεται με  $O(N^2)$ , επειδή κάθε peer θα πρέπει να στείλει ένα μήνυμα ενημέρωσης σε όλους τους υπόλοιπους κόμβους. Ωστόσο για να μειωθεί ο αριθμός των μηνυμάτων πρέπει να αποφευχθεί η αποστολή μηνυμάτων σε χρήστες που δεν απαιτούν να ενημερώνονται για την αλλαγή στην κατάσταση ενός συγκεκριμένου αντικειμένου. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να εφαρμοστούν φίλτρα με τα οποία τα μηνύματα ενημέρωσης και συγχρονισμού δεν θα στέλνονται σε όλους τους κόμβους για κάθε ενημέρωση της κατάστασης των εικονικών περιβαλλόντων. Ο αριθμός αυτών των μηνυμάτων αυξάνεται με  $O(NP)$  για  $N$  μηνύματα και  $P$  κόμβους.



**Εικόνα 1: Peer-to-peer τοπολογία με unicast δίκτυο**

- Peer-to-peer τοπολογία με multicast δίκτυο:

Στην περίπτωση του multicasting οι κόμβοι μπορούν να στείλουν τα μηνυματά τους σε ένα υποσύνολο από κόμβους με μια μόνο μετάδοση. Σε αυτό το είδος peer-to-peer τοπολογίας ο αριθμός των μηνυμάτων που μεταδίδονται αυξάνεται με  $O(N)$ , που αποτελεί μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με την προηγούμενη τοπολογία.



Εικόνα 2: Peer-to-peer τοπολογία με multicast δίκτυο

#### Client – Server τοπολογίες:

Ένα client-server μοντέλο βασίζεται σε ένα σύνολο από κόμβους-πελάτες (clients) που μπορούν να επικοινωνήσουν πάνω από ένα δίκτυο μεταξύ τους μέσω ενός (ή περισσότερων) κόμβων-εξυπηρετητών (servers). Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό οι κόμβοι-πελάτες δεν ανταλλάσσουν απευθείας μηνύματα μεταξύ τους αλλά στέλνουν τα μηνύματα αυτά στους κόμβους-εξυπηρετητές, οι οποίοι τα προωθούν στους υπόλοιπους κόμβους-πελάτες (και κόμβους-εξυπηρετητές, αν υπάρχουν) οι οποίοι συμμετέχουν στο ίδιο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον.

Το βασικό πλεονέκτημα του client-server μοντέλου είναι το ότι οι κόμβοι-πελάτες δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σχετικά με την υπολογιστική ισχύ του υπολογιστικού συστήματος, επειδή ο κόμβος-εξυπηρετητής (ή οι κόμβοι-εξυπηρετητές) είναι υπεύθυνοι για την εκτέλεση κάποιων λειτουργιών, που στην περίπτωση ενός peer-to-peer μοντέλου τις εκτελούσε κάθε κόμβος. Επιπλέον η χρήση των κόμβων-εξυπηρετητών διευκολύνει την διαχείριση των χρηστών και την εφαρμογή μιας πολιτικής για εξακρίβωση των στοιχείων τους. Επίσης η χρήση των κόμβων-εξυπηρετητών κάνει εύκολη την παροχή νέων τρισδιάστατων κόσμων στους χρήστες.

Τα βασικά μειονεκτήματα του client-server μοντέλου είναι το γεγονός ότι η επεκτασιμότητα του συστήματος εξαρτάται άμεσα από την ισχύ του κόμβου-εξυπηρετητή και το ότι υπάρχει ένα κεντρικό σημείο αστοχίας του συστήματος (central point of failure) στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ένας μόνο εξυπηρετητής.

Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να ξεπεραστούν με την χρήση διάφορων υβριδικών λύσεων που παρουσιάζονται στην παρακάτω παράγραφο.

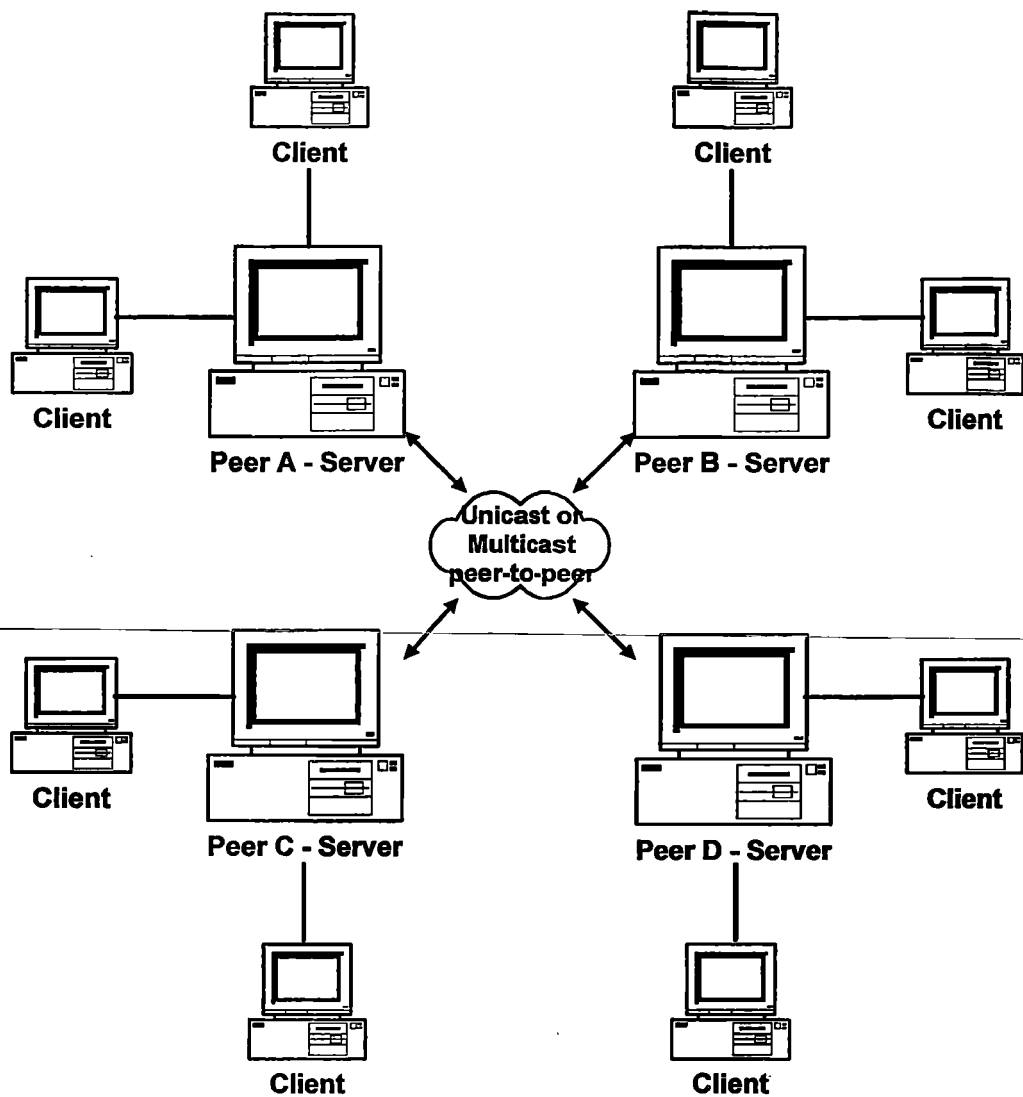
#### **Υβριδικές τοπολογίες:**

Διάφορες αρχιτεκτονικές που έχουν προταθεί για την αναβάθμιση των παραπάνω λύσεων στον σχεδιασμό των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων περιλαμβάνουν την απλή client-server αρχιτεκτονική με την χρήση ομάδων εξυπηρετητών που επικοινωνούν με έναν peer-to-peer τρόπο ή με την χρήση ιεραρχιών από κόμβους-εξυπηρετητές (όπου ορισμένοι εξυπηρετητές δρουν σαν κόμβοι).

Επίσης οι client-server και οι peer-to-peer δομές μπορούν να ενοποιηθούν σε μια peer-server αρχιτεκτονική, όπου τα πακέτα δεδομένων μεταδίδονται μεταξύ ορισμένων κόμβων με έναν peer-to-peer τρόπο, ενώ μεταξύ άλλων κόμβων μεταδίδονται μέσω ενός εξυπηρετητή.

#### **Διαχωρισμός των Clients σε πολλούς εξυπηρετητές:**

Ο βασικός στόχος της συγκεκριμένης σχεδίασης είναι η αντιμετώπιση του φαινομένου της συμφόρησης λόγω υπερβολικού φόρτου εργασίας σε έναν εξυπηρετητή. Η βασική ιδέα είναι η εισαγωγή πολλών εξυπηρετητών στο σύστημα. Κάθε client στέλνει και λαμβάνει όλα τα μηνύματα συγχρονισμού και πραγματοποιεί όλη την επικοινωνία του με το σύστημα μέσω ενός από τους εξυπηρετητές. Οι εξυπηρετητές μεταξύ τους επικοινωνούν με peer-to-peer πρωτόκολλα. Όταν ένας client στείλει ένα μήνυμα συγχρονισμού στον εξυπηρετητή του, τότε ο εξυπηρετητής ενημερώνει τους υπόλοιπους clients (που εξυπηρετεί αυτός) με αυτή την πληροφορία και επιπλέον στέλνει το μήνυμα και σε όσους εξυπηρετητές εξυπηρετούν clients που ζητούν αυτή την πληροφορία. Οι υπόλοιποι εξυπηρετητές με την σειρά τους προωθούν το μήνυμα στους clients που εξυπηρετούν.



**Εικόνα 3: Διαχωρισμός των Clients σε πολλούς εξυπηρετητές**

Για την υποστήριξη της server-to-server επικοινωνίας, οι εξυπηρετητές ανταλλάσσουν περιοδικά μηνύματα ελέγχου τα οποία περιέχουν πληροφορία σχετική με την πληροφορία που ζητούν οι αντίστοιχοι clients. Χρησιμοποιώντας αυτά τα μηνύματα ελέγχου, οι εξυπηρετητές αποφεύγουν την μετάδοση όλων των δεδομένων σε όλους τους υπόλοιπους εξυπηρετητές και επιπλέον περιορίζουν την ροή πληροφορίας προς τους εξυπηρετητές που έχουν clients οι οποίοι ζητούν την πληροφορία αυτή.

Επίσης χρησιμοποιώντας πολλούς εξυπηρετητές μειώνεται ο φόρτος επεξεργασίας σε κάθε εξυπηρετητή, αφού οι clients διαμοιράζονται μεταξύ τους.

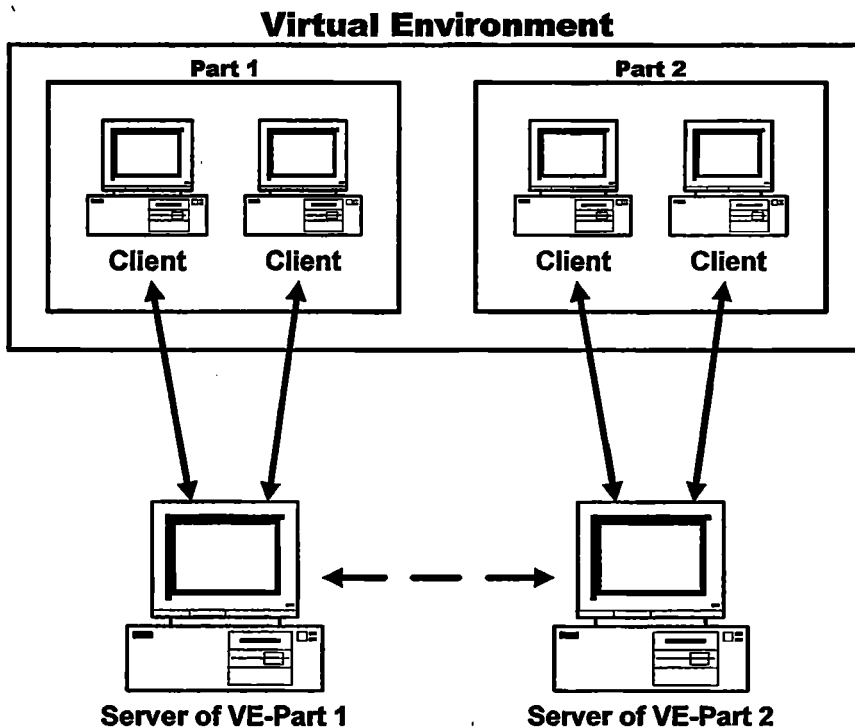
Η εισαγωγή πολλών ταυτόχρονων εξυπηρετητών έχει όμως σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους του συστήματος για δύο λόγους:

- Αύξηση του latency λόγω της μεταφοράς μηνυμάτων μεταξύ των εξυπηρετητών

- Αύξηση του απαιτούμενου bandwidth και της επεξεργαστικής ισχύος

Διαχωρισμός του εικονικού περιβάλλοντος σε πολλούς εξυπηρετητές:

Αντί να διαμοιραστούν οι clients στους διαθέσιμους εξυπηρετητές μπορεί να διαμοιραστεί το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μεταξύ των εξυπηρετητών. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα στις περιπτώσεις όπου το εικονικό περιβάλλον μπορεί να διαχωριστεί σε διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους τμήματα, όπως για παράδειγμα ένας εικονικός κόσμος που αποτελείται από πολλά δωμάτια. Η συνθήκη αυτή εξασφαλίζει ότι οι χρήστες που βρίσκονται σε ένα τμήμα είναι εντελώς ανεξάρτητοι από τους χρήστες που βρίσκονται στα υπόλοιπα τμήματα. Αυτό έχει ως συνέπεια σε κάθε τμήμα να απαιτείται η μετάδοση μόνο των μηνυμάτων που αφορούν τους χρήστες του τμήματος, περιορίζοντας σημαντικά το μέγεθος της πληροφορίας που μεταδίδεται στο δίκτυο.



**Εικόνα 4: Διαχωρισμός του εικονικού περιβάλλοντος σε πολλούς εξυπηρετητές**

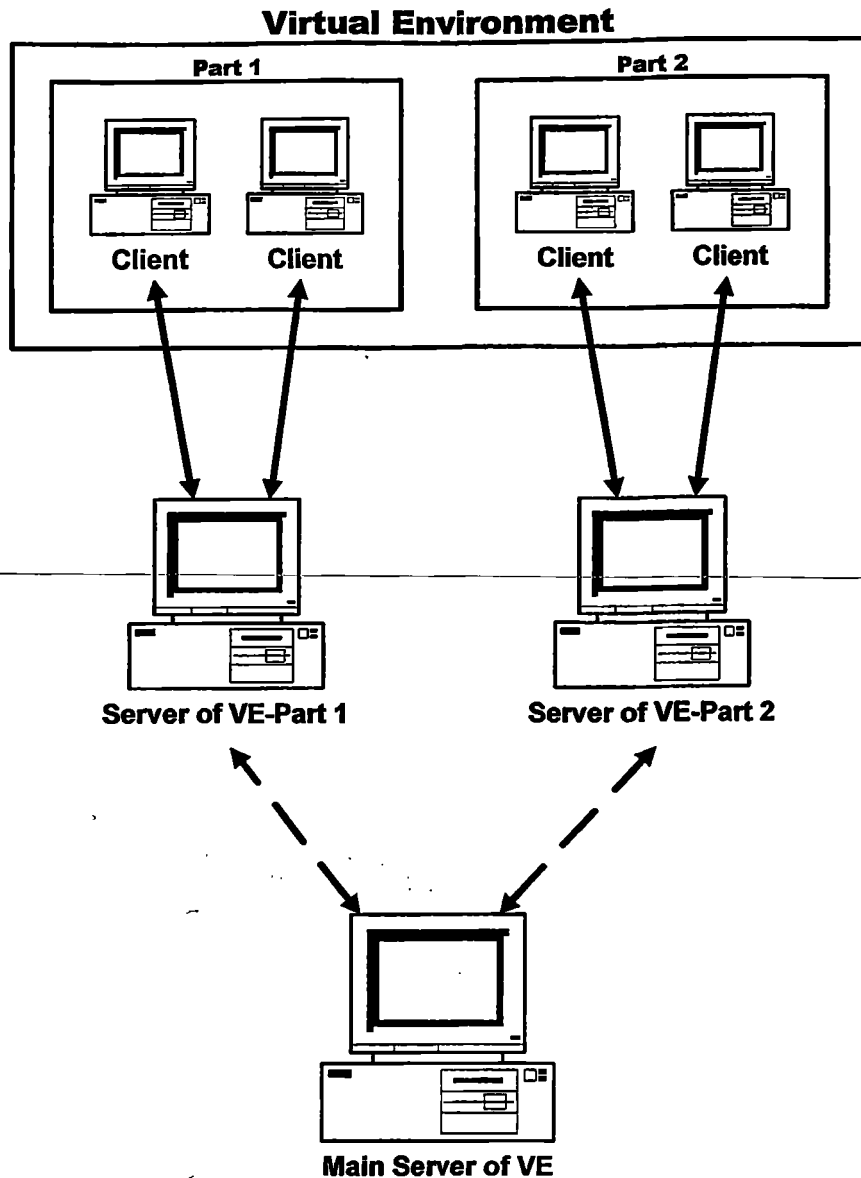
Με την τεχνική αυτή κάθε εξυπηρετητής είναι υπεύθυνος για clients που οι χρήστες τους βρίσκονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή του εικονικού περιβάλλοντος και κάθε client επικοινωνεί με διαφορετικούς εξυπηρετητές κατά την μετακίνησή του μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Οι εξυπηρετητές παίζουν τον ίδιο ρόλο όπως σε κάθε client-server σύστημα.

Η διάσπαση του εικονικού περιβάλλοντος μειώνει κατά 95% την πληροφορία που απαιτείται να ανταλλάσσεται μεταξύ των

εξυπηρετητών, λόγω της τοπικότητας της πληροφορίας. Όμως η τεχνική αυτή απαιτεί προσεκτική σχεδίαση του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος έτσι ώστε να διασφαλίζεται η σωστή μεταφορά πληροφορίας μεταξύ των εξυπηρετητών.

#### Ιεραρχίες εξυπηρετητών:

Οι δύο παραπάνω τεχνικές μπορούν να προχωρήσουν ένα επίπεδο παραπέρα, εισάγοντας διάφορα σύνολα από ιεραρχίες εξυπηρετητών. Σε σύνολα από εξυπηρετητές εισάγονται εξυπηρετητές υψηλότερου επιπέδου οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για μεγαλύτερες περιοχές του εικονικού περιβάλλοντος. Η ίδια τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί για να μειωθεί ο φόρτος της peer-to-peer επικοινωνίας μεταξύ των εξυπηρετητών σε ένα μεγάλο σύνολο από εξυπηρετητές.



**Εικόνα 5: Ιεραρχίες εξυπηρετητών**

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω τεχνική οι εξυπηρετητές μπορούν να ενεργούν σαν clients σε μια client-server ιεραρχία με τους εξυπηρετητές υψηλότερου επιπέδου. Κάθε εξυπηρετητής υψηλότερου επιπέδου είναι υπεύθυνος για τον συντονισμό της πληροφορίας εκ μέρους των περιοχών του εικονικού περιβάλλοντος που εξυπηρετούνται από τους client-servers του. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μια ιεραρχία εξυπηρετητών και μια διαδικασία για την ανταλλαγή των μηνυμάτων.

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν σχετικά με την μείωση της πληροφορίας σε ένα σύστημα που εφαρμόζει διαχωρισμό του Εικονικού Περιβάλλοντος σε πολλούς εξυπηρετητές, ισχύουν και για την συγκεκριμένη τεχνική. Το μειονέκτημα για τον σχεδιαστή του

εικονικού περιβάλλοντος είναι ότι σε κάθε επίπεδο της ιεραρχίας των εξυπηρετητών θα πρέπει να εξασφαλίσει ότι οι εξυπηρετητές ανώτερου επιπέδου αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Επίσης αν δεν εξασφαλιστεί η τοπικότητα της πληροφορίας ο εξυπηρετητής υψηλότερου επιπέδου μπορεί να αποτελέσει σημείο συμφόρησης για το σύστημα.

#### 4.1.2. Εφαρμογές:

Στην συγκεκριμένη παράγραφο θα παρουσιαστούν συνοπτικά διάφορα πολυχρηστικά συστήματα εικονικών περιβαλλόντων ανάλογα με την προσέγγισή τους για την αποστολή των μηνυμάτων.

Για παράδειγμα τα συστήματα Reality Built For Two , VEOS και MR Toolkit βασίζονται σε unicast peer-to-peer μοντέλα. Ένα unicast μήνυμα στέλνεται σε κάθε έναν από  $N-1$  κόμβους κάθε φορά που κάποιο αντικείμενο του κατανεμημένου εικονικού περιβάλλοντος αλλάζει κατάσταση. Η προσέγγιση αυτή υπονοεί ότι σε κάθε περίπτωση ενημέρωσης απαιτούνται  $O(N^2)$  μηνύματα με αποτέλεσμα να μην είναι πρακτικά επεκτάσιμη σε πολλούς ταυτόχρονους χρήστες, λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου.

Τα συστήματα SIMNET και VERN είναι επίσης peer-to-peer αλλά χρησιμοποιούν broadcast μηνύματα για την ταυτόχρονη αποστολή μηνυμάτων συγχρονισμού σε όλους τους κόμβους που συμμετέχουν στο εικονικό περιβάλλον. Παρόλο που η προσέγγιση αυτή μειώνει τον ολικό αριθμό των μηνυμάτων που πρέπει να αποσταλούν σε  $O(N)$ , κάθε κόμβος πρέπει να επεξεργάζεται ένα μήνυμα κάθε φορά που αλλάζει η κατάσταση ενός αντικειμένου στο κατανεμημένο εικονικό περιβάλλον. Επειδή κάθε κόμβος πρέπει να αποθηκεύει δεδομένα και να επεξεργάζεται τα μηνύματα και/ή να εξομοιώνει την συμπεριφορά και για τα  $N$  αντικείμενα κατά την διάρκεια κάθε αλλαγής, τα συστήματα αυτά δεν είναι επεκτάσιμα αφού περιορίζονται από την ισχύ των λιγότερου ισχυρού σταθμού που συμμετέχει στο κατανεμημένο εικονικό περιβάλλον.

Τα συστήματα NPSNET και DIVE είναι peer-to-peer συστήματα που χρησιμοποιούν multicast τεχνικές για την αποστολή μηνυμάτων συγχρονισμού σε ένα υποσύνολο από συμμετέχοντες κόμβους. Η γενική ιδέα είναι να καθοριστούν πλήρως οι ιδιότητες των αντικειμένων και να κατηγοριοποιηθούν σε multicast groups, έτσι ώστε να αποστέλλονται μηνύματα συγχρονισμού μόνο σε σχετικά groups. Για παράδειγμα το NPSNET διαχωρίζει τον εικονικό κόσμο σε ένα δυσδιάστατο δίκτυο από εξαγωνικά κελιά κάθε ένα από τα οποία αναπαρίσταται από ένα ξεχωριστό multicast group. Τα αντικείμενα περιορίζουν τις αλληλεπιδράσεις τους στέλνοντας μηνύματα συγχρονισμού μόνο στο multicast group που αναπαριστά το κελί στο οποίο βρίσκονται και μπορούν να "ακούσουν" μόνο multicast groups τα οποία αναπαρίστανται από κελιά που βρίσκονται στην ίδια ακτίνα. Η



προσέγγιση αυτή είναι επεκτάσιμη για πολλούς χρήστες, αλλά είναι εφαρμόσιμη μόνο σε δίκτυα που επιτρέπουν peer-to-peer multicasting messaging, και για κατηγοριοποιήσεις ιδιοτήτων αντικειμένων σε multicast διευθύνσεις που είναι σχετικά στατικές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη επίδραση από καθυστερήσεις και μηνύματα που έχουν να κάνουν με την είσοδο και την αποχώρηση σε/από multicast groups.

Τα συστήματα WAVES, BrickNet και RING ακολουθούν το client-server μοντέλο. Η επικοινωνία μεταξύ των clients επιτυγχάνεται μέσω message servers. Οι clients δεν ανταλλάσσουν απευθείας μηνύματα μεταξύ τους αλλά στέλνουν τα μηνύματα αυτά στους servers, οι οποίοι τα προωθούν στους υπόλοιπους clients (και servers, αν υπάρχουν) οι οποίοι συμμετέχουν στο ίδιο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του μοντέλου αυτού είναι ότι οι servers μπορούν να επεξεργαστούν τα μηνύματα πριν τα στείλουν στους clients, επιλέγοντας ή τροποποιώντας τα. Για παράδειγμα ο server μπορεί να καθορίσει ότι ένα συγκεκριμένο μήνυμα συγχρονισμού αφορά μόνο ένα μικρό υποσύνολο από τους clients ή τους servers. Τα συστήματα αυτά είναι επεκτάσιμα και μπορούν να υποστηρίξουν πολλούς ταυτόχρονους χρήστες, παρέχοντας επιπλέον έξυπνη διαχείριση και επεξεργασία των μηνυμάτων μέσω του server.

## **4.2. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ:**

Για την διαμοίραση ενός εικονικού κόσμου μεταξύ πολλών χρηστών, το περιεχόμενό του καθώς και οι αλλαγές που υφίσταται το περιεχόμενο αυτό, πρέπει να μεταδίδονται σε όλους τους χρήστες. Για αυτόν τον λόγο το μεγαλύτερο μέρος της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών αποτελείται από μηνύματα συγχρονισμού που μεταδίδονται για την ενημέρωση όλων των χρηστών σχετικά με αλλαγές που συμβαίνουν στον εικονικό χώρο. Διάφορα πρωτόκολλα έχουν παρουσιαστεί και υλοποιηθεί για να υποστηρίξουν την επικοινωνία στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Στις παρακάτω παραγράφους θα παρουσιαστούν τα πρωτόκολλα αυτά.

### **4.2.1. Χρήση πρωτοκόλλων Διαδικτύου σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα:**

Διάφορα πρωτόκολλα και τεχνικές είναι διαθέσιμα για χρήση σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα, όπως το Transmission Control Protocol (TCP), το User Datagram Protocol, το Internet Protocol (IP), το IP Multicasting και το IP Broadcasting. Κάθε πρωτόκολλο παρέχει τον δικό του συνδυασμό υπηρεσιών και κόστους και η επιλογή του πρωτοκόλλου εξαρτάται κυρίως από τις ιδιαίτερες ανάγκες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος και την αρχιτεκτονική

επικοινωνίας των διάφορων τμημάτων του. Τα παραπάνω πρωτόκολλα έχουν ευρεία χρήση σήμερα στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πρωτοκόλλων αυτών καθώς και το πως μπορούν να συνεισφέρουν στον σχεδιασμό των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

Πρωτόκολλο	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί	Χαρακτηριστικά ΔΕΠ
<b>TCP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εγγυημένη μετάδοση πακέτων</li> <li>- Διατεταγμένη μετάδοση πακέτων</li> <li>- Checksum checking των πακέτων</li> <li>- Transmission flow control</li> <li>- Ευρέως διαδεδομένο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Υποστηρίζει μόνο σημείο-προς-σημείο συνδέσεις</li> <li>- Bandwidth overhead</li> <li>- Τα πακέτα λόγω της αναδιάταξης καθυστερούν</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εικονικά περιβάλλοντα που περιλαμβάνουν σχετικά μικρό αριθμό hosts και περιορισμένη μεταφορά δεδομένων</li> <li>- Τυπικά χρησιμοποιείται σε client-server μοντέλα</li> </ul>
<b>UDP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μετάδοση βασισμένη σε αποστολή πακέτων</li> <li>- Χαμηλό overhead</li> <li>- Άμεση αποστολή</li> <li>- Ευρέως διαδεδομένο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Υποστηρίζει μόνο σημείο-προς-σημείο συνδέσεις</li> <li>- Δεν είναι αξιόπιστο</li> <li>- Δεν εγγυάται αναδιάταξη</li> <li>- Είναι πιθανή η απώλεια πακέτων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Εικονικά περιβάλλοντα που έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε μεταφορά δεδομένων</li> <li>- Χρησιμοποιείται σε client-server μοντέλα αλλά και σε peer-to-peer υλοποιήσεις</li> </ul>
<b>IP Broadcasting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ομοίως με το UDP, με επιπλέον ταυτόχρονη αποστολή σε πολλούς hosts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ομοίως με το UDP, αλλά με περιορισμό στην εμβέλεια αποστολής σε τοπικά δίκτυα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Μικρές υλοποιήσεις peer-to-peer Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων</li> </ul>

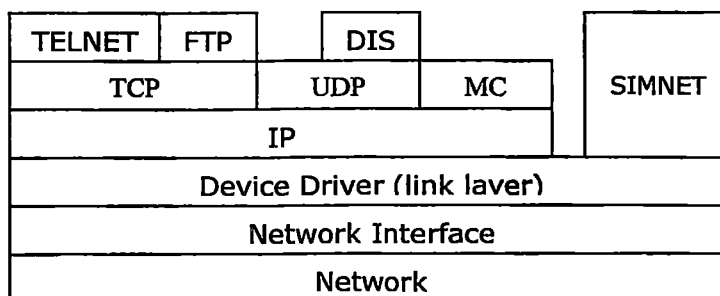
			με μεγάλες απαιτήσεις στην αποστολή δεδομένων και σε time-sensitive μεταδόσεις
<b>IP Multicasting</b>	– Ομοίως με το IP Broadcasting, αλλά με αποτελεσματική ή αποστολή δεδομένων πάνω από Internet	– Ομοίως με το UDP, αλλά είναι διαθέσιμο μόνο σε servers που είναι συνδεδεμένοι στο MBONE	– Μεγάλης κλίμακας peer-to-peer και client-server μοντέλα, ειδικότερα πάνω από Internet

**Πίνακας 1: Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα πρωτοκόλλων διαδικτύου σε ΔΕΠ**

**DIS:**

Το πρωτόκολλο DIS (Distributed Interactive Simulation) έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει μεγάλης κλίμακας εικονικά περιβάλλοντα και βασίζεται στο πρότυπο SIMNET. Είναι ένα από τα πρώτα πρωτόκολλα για την υποστήριξη μεγάλης κλίμακας εικονικών περιβαλλόντων και αυτό επιτυγχάνεται με άμεση peer-to-peer επικοινωνία των χρηστών (οντοτήτων) με χρήση IP Multicasting.

Για την μετάδοση των οντοτήτων και της τρέχουσας κατάστασής τους, η κατάσταση μεταδίδεται συχνά σε όλους τους συμμετέχοντες. Επειδή ο αριθμός των τύπων των οντοτήτων είναι περιορισμένος, ο μηχανισμός αυτός όχι μόνο παρέχει έναν τρόπο για την αλληλεπίδραση των χρηστών αλλά επίσης επιτρέπει στους χρήστες να ενημερωθούν για την είσοδο ή την αποχώρηση άλλων χρηστών σε/από τον εικονικό χώρο. Με αυτόν τον τρόπο η μη-αξιόπιστη μετάδοση των multicast μηνυμάτων δεν δημιουργεί πρόβλημα, αφού τα πακέτα που έχουν χαθεί θα ξανασταθούν μετά από μικρό χρονικό διάστημα με την αποστολή της νέας κατάστασης.



**Εικόνα 6: Τα πρωτόκολλα DIS - SIMNET στην στοίβα πρωτοκόλλων του Internet**

Επιπλέον, το DIS χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές για το dead reckoning (υπολογισμό θέσης), ενώ η κατάσταση ενός αντικειμένου διορθώνεται σταδιακά όταν είναι διαθέσιμη νέα πληροφορία (track smoothing).

Ενώ το DIS είναι πολύ αποτελεσματικό για την υποστήριξη πολλών ταυτόχρονων χρηστών, δεν είναι κατάλληλο για Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα γενικού σκοπού όπου τα αντικείμενα δεν είναι γνωστά εκ των προτέρων.

Στην πραγματικότητα το DIS είναι ένα σύνολο από πρωτόκολλα. Το DIS καθορίζει ένα σύνολο από Protocol Data Units (PDUs), που μεταδίδονται σε όλους τους συμμετέχοντες του Δικτυακού Εικονικού Περιβάλλοντος, για να ενημερώσουν την κατάσταση κάθε αντικειμένου. Ορισμένα PDUs αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

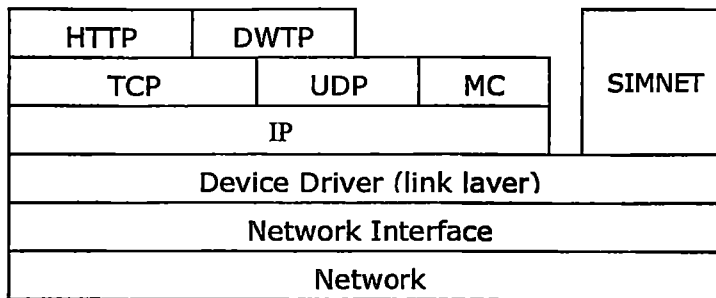
<b>PDU</b>	<b>Purpose</b>
Entity State	- Update vehicle state, i.e. location, appearance, operational status
Fire	- Report firing of weapon
Detonation	- Report impact or detonation of munition
Collision	- Report collision of entity with another object
Service Request	- Request transfer of supplies
Resupply Offer	- Offer supplies to another entity
Resupply Received	- Acknowledge receipt of some or all of offered supplies
Resupply Cancel	- Cancel resupply service
Repair Complete	- Report completion of repair
Repair Response	- Acknowledge completion of repair

**Πίνακας 2: Τα Protocol Data Units (PDUs) του DIS**

#### **DWTP:**

Το DWTP (Distributed Worlds Transfer and communication Protocol) έχει σχεδιαστεί από το Ινστιτούτο GMD και είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου για Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Το DWTP

βασίζεται στα τυπικά Internet πρωτόκολλα όπως είναι το TCP/IP και το UDP/IP (unicast και multicast).



**Εικόνα7: Το πρωτόκολλο DWTP στην στοίβα πρωτοκόλλων του Internet**

Το DWTP επιτρέπει σε ένα εικονικό περιβάλλον να στείλει και να λάβει διάφορους τύπους δεδομένων όπως:

- Events, που χρησιμοποιούνται για να διατηρούν consistent τα κατανεμημένα αντίγραφα των εικονικών περιβαλλόντων, μεταδίδοντας κατάλληλα δεδομένα συγχρονισμού.
- Messages, που στην πραγματικότητα είναι ένας αριθμός από προκαθορισμένα events, όπως για παράδειγμα την άφιξη ή την αποχώρηση ενός χρήστη στο εικονικό περιβάλλον. Ορισμένα messages περιέχουν επιπλέον δεδομένα, π.χ. για chatting, μετάδοση URL, αποστολή request κλπ.
- Files, που είναι μεγάλα αντικείμενα, τα οποία απαιτούν αξιόπιστη μεταφορά. Παραδείγματα είναι τα αρχεία των εικονικών κόσμων, των avatars και των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας.
- Streams, που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση ροών δεδομένων, όπως το video και ο ήχος.

Το DWTP παρέχει ένα απλό interface για τους παραπάνω τύπους δεδομένων στην εφαρμογή ή στο εικονικό περιβάλλον, αποκρύπτοντας τα δικτυακά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται.

Όμοια με άλλα πρωτόκολλα του επιπέδου εφαρμογών (όπως το HTTP) το DWTP αποτελείται από διάφορα συστατικά στοιχεία: daemons και συμμετέχοντες (peers). Τα daemons παρέχουν υπηρεσίες στους συμμετέχοντες των διαμοιραζόμενων εικονικών κόσμων. Αντίθετα με άλλα πρωτόκολλα το DWTP χρησιμοποιεί διαφορετικά daemons για να υλοποιήσει τις υπηρεσίες που απαιτούνται για να υποστηρίξουν τα κατανεμημένα εικονικά περιβάλλοντα.

Το DWTP χρησιμοποιεί τα ακόλουθα daemons:

- Reliability daemons, για να εντοπίζει τις αποτυχημένες μεταδόσεις (απώλεια πακέτων) για μη-αξιόπιστες συνδέσεις (UDP).
- Recovery daemons, για να παρέχει unicast συνδέσεις, που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση χαμένων πακέτων.

- World daemons, για την μετάδοση του εικονικού κόσμου (με τους χρήστες/avatars) σε νέους συμμετέχοντες.
- Unicast daemons, για την πραγματοποίηση μιας επεκτάσιμης αρχιτεκτονικής, έτσι ώστε να υποστηρίζονται ακόμη και συμμετέχοντες του διαμοιραζόμενου εικονικού κόσμου που δεν έχουν την δυνατότητα για multicast επικοινωνία.

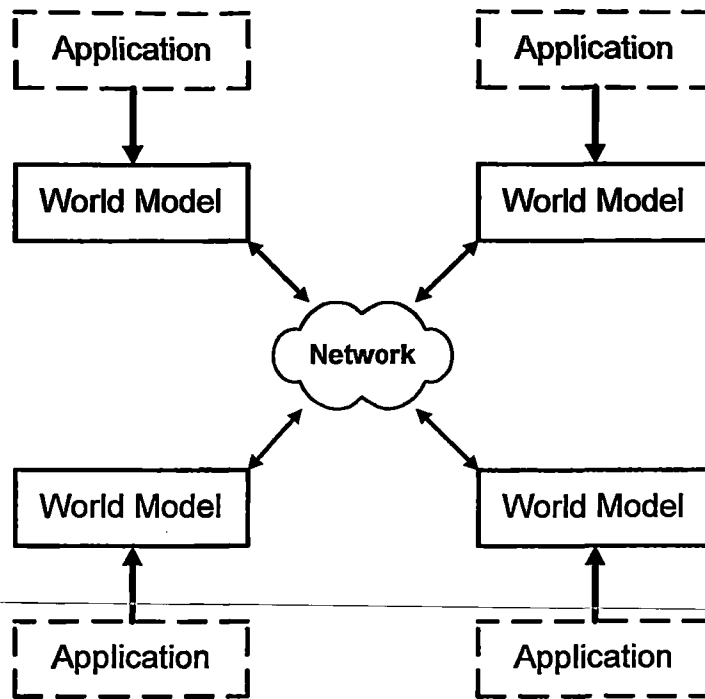
Η χρήση τεσσάρων διαφορετικών daemons κάνει το DWTP αρκετά σύνθετο. Παρόλα αυτά οι σχεδιαστές του χρησιμοποιούν αυτά τα daemons, σε αντίθεση από ένα κεντρικό daemon για να επιτύχουν επεκτασιμότητα και προσαρμοστικότητα.

Κατά την χρήση του DWTP κάθε διαμοιραζόμενος εικονικός κόσμος δεν αναπαρίσταται από ένα ή περισσότερα multicast groups. Κάθε διαμοιραζόμενος εικονικός κόσμος απαιτεί έναν reliability daemon και τουλάχιστον έναν recovery daemon και έναν world daemon. Επίσης τα daemons μπορούν να εξυπηρετήσουν περισσότερους από έναν εικονικούς κόσμους.

#### ISTP:

Το πρωτόκολλο ISTP (Interactive Sharing Transport Protocol), χρησιμοποιείται για την επικοινωνία από την πλατφόρμα SPLINE. Βασικοί στόχοι του ISTP είναι η υποστήριξη αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο, η επεκτασιμότητα σε μεγάλο αριθμό ταυτόχρονων χρηστών σε μεγάλους εικονικούς κόσμους και η υποστήριξη επικοινωνίας οποιουδήποτε είδους πληροφορίας που απαιτείται σε έναν εικονικό κόσμο. Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι το ISTP βασίζεται σε τέσσερα πρωτόκολλα: το HTTP για την μεταφορά αρχείων και μεγάλου όγκου δεδομένων, RTP για την μετάδοση streams (π.χ. ήχου), TCP/IP για αξιόπιστη client-server επικοινωνία και ανάκτηση πακέτων που έχουν μεταδοθεί με UDP και multicast UDP για την μετάδοση μικρών μηνυμάτων (π.χ. μηνύματα συγχρονισμού).

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται πέντε ISTP διαδικασίες. Κάθε διαδικασία διατηρεί τοπικά ένα αντίγραφο δεδομένων που διαμοιράζονται οι διαδικασίες μεταξύ τους. Το αντίγραφο αυτό ονομάζεται world model.



**Εικόνα 8: Διαμοίραση αντικειμένων στο ISTP.**

Για την αποφυγή ταυτόχρονης τροποποίησης ενός συγκεκριμένου αντικειμένου από δύο ή περισσότερους χρήστες, κάθε αντικείμενο στο world model έχει μια διαδικασία που το διαχειρίζεται και μόνο η διαδικασία αυτή μπορεί να το τροποποιήσει. Πάντως η δυνατότητα για την διαχείριση ενός αντικειμένου μπορεί να μεταφέρεται από μια διαδικασία σε μια άλλη. Κάθε διαδικασία ξεχωριστά μπορεί να ελέγξει τον χρόνο στον οποίο μεταδίδεται και λαμβάνεται η πληροφορία για την ενημέρωση του αντικειμένου.

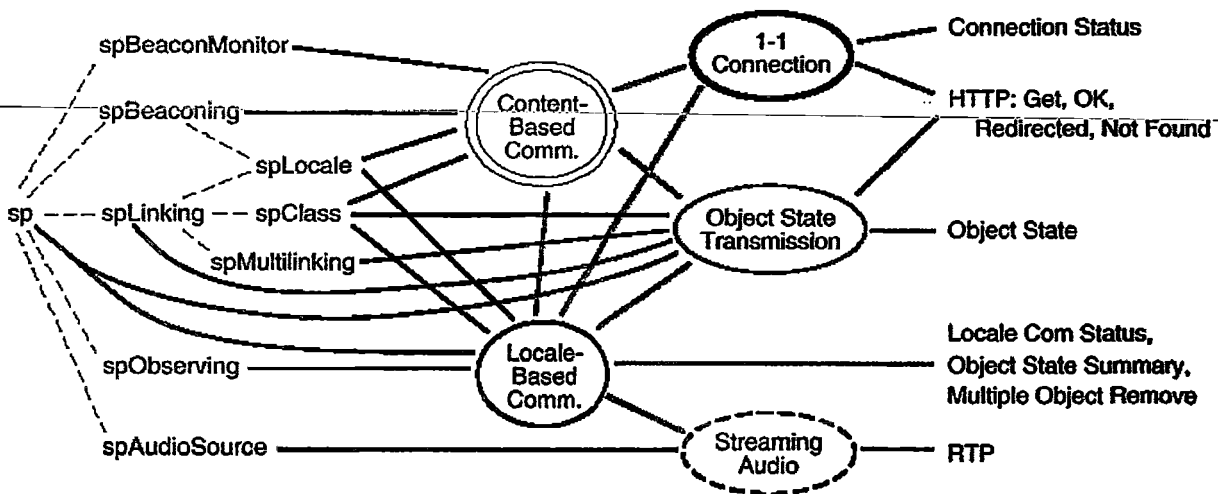
Το world model αποτελείται από τμήματα τα οποία ονομάζονται locales, με σύνολα από αντικείμενα και σαφείς λίστες από γειτονικά locales. Καμιά διαδικασία δεν διατηρεί ένα πλήρες αντίγραφο του world model, παρά μόνο το αντίγραφο ενός τμήματός του με τα σχετικά locales. Κάθε διαδικασία εξυπηρετεί ορισμένα locales και αλληλεπιδρά με άλλες διαδικασίες που εξυπηρετούν τουλάχιστον ένα κοινό locale.

Το ISTP επιτυγχάνει επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας UDP messaging για τα περισσότερα μηνύματα συγχρονισμού. Για την επίτευξη επεκτασιμότητας το ISTP εξυπηρετεί κάθε locale με ένα ξεχωριστό multicast group για την επικοινωνία.

Επίσης το ISTP επιτυγχάνει προσαρμοστικότητα με την χρήση μιας υβριδικής προσέγγισης για την επικοινωνία. Κάθε διαδικασία που είναι υπεύθυνη για μια εφαρμογή ενημερώνεται άμεσα για τα απαιτούμενα δεδομένα με την χρήση μικρών αντικειμένων που λέγονται links. Το βασικό στοιχείο των links είναι ένα URL για τα δεδομένα με μεγάλο όγκο.

Το ISTP επιτυγχάνει λειτουργία παρόμοια με το web χρησιμοποιώντας τα locales, τα links και μια τρίτη ειδική κλάση αντικειμένων που ονομάζονται beacons. Τα beacons έχουν ετικέτες που μοιάζουν με υπερσυνδέσμους (URLs) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες σε αντικείμενα άλλων world models. Ειδικοί ISTP εξυπηρετητές επιτρέπουν την άμεση ανάκτηση πληροφορίας σχετικής με τα beacons χρησιμοποιώντας queries βασισμένες στους υπερσυνδέσμους των beacons. Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρέχουν τα beacons είναι ο εύκολος εντοπισμός αντικειμένων και η υποστήριξη επικοινωνίας μέσω client-server αρχιτεκτονικών (εκτός από UDP multicasting).

Η αρχιτεκτονική του ISTP απεικονίζεται παρακάτω:



Εικόνα 9: Κλάσεις αντικειμένων, υπο-πρωτόκολλα και μηνύματα στο ISTP

Το VIP (VRML Interchange Protocol) είναι ένα απλό πρωτόκολλο για την αποστολή VRML πεδίων έτσι ώστε να πραγματοποιείται ταυτόχρονη συμμετοχή πολλών χρηστών σε VRML κόσμους. Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται από το σύστημα VNet. Το VNet ακολουθεί το client-server μοντέλο, είναι υλοποιημένο σε Java και τρέχει πάνω από ένα TCP/IP πρωτόκολλο.

Βασικός στόχος κατά τον σχεδιασμό του πρωτοκόλλου ήταν η ταχύτητα, έτσι ώστε να υποστηρίζει μεγάλο αριθμό χρηστών, που θα μπορούν να χρησιμοποιούν ακόμη και συνδέσεις με modem. Για αυτό τον λόγο είναι binary και όχι ASCII.

Για την μεταφορά όλων των βασικών τύπων δεδομένων που χρησιμοποιούνται από το VIP (integer, boolean, float, double, string) χρησιμοποιείται το format των Java κλάσεων java.io.DataInputStream και DataOutputStream.

Επίσης το VIP καθορίζει και μια κωδικοποίηση για κάθε έναν από τους 19 τύπους VRML πεδίων. Το πρώτο byte είναι ένα "tag" byte, που δηλώνει έναν από 19 τύπους. Τα ακόλουθα πεδία αναπαριστούν μια



τιμή για το VRML πεδίο, και κωδικοποιούνται με τον τρόπο που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Tag	Τύπος	Κωδικοποίηση	Περιγραφή
-1	(none)		Δεν υπάρχουν δεδομένα
0	SFBool	byte	Zero = FALSE, non-zero = TRUE
1	SFColor	float float float	r, g, b
2	SFFloat	float	-
3	SFImage	int int int [ int int int ... ]	Πλάτος, Ύψος, Βάθος, [ pixels... ]
4	SFInt32	int	-
5	SFNode	int	Object id του root node
6	SFRotation	float float float float	3-διάνυσμα των αξόνων και της γωνίας
7	SFString	utf8	-
8	SFTime	double	Δευτερόλεπτα από το "epoch" (Jan 1 1970 GMT)
9	SFVec2f	float float	x, y
10	SFVec3f	float float float	x, y, z
11	MFColor	int [ float float float ... ]	n, ακολουθούμενο από n (r,g,b) τριάδες
12	MFFloat	int [ float float float ... ]	n, ακολουθούμενο από n floats
13	MFInt32	int [ int int int ... ]	n, ακολουθούμενο από n ints
14	MFNode	int [ int int int ... ]	n, ακολουθούμενο από n object id's
15	MFRotation	int [ float float float float, ... ]	n, ακολουθούμενο από n SFRotation τετράδες
16	MFString	int [ utf8 utf8 utf8 ... ]	n, ακολουθούμενο από n utf8-encoded strings
17	MFVec2f	int [ float float, ... ]	n, ακολουθούμενο από n (x, y) δυάδες

18	MFVec3f	int [ float float float, n, ακολουθούμενο από n (x, y, z) τριάδες ... ]
----	---------	--

**Πίνακας 3: Κωδικοποίηση των τιμών των VRML πεδίων στο πρωτόκολλο VIP**

Όλα τα μηνύματα στο VIP αποτελούνται από 3 βασικά μέρη:

- **Object:** είναι ένας 32-bit integer που η τιμή του αναπαριστά το αντικείμενο (object), το πεδίο του οποίου θα αλλάξει τιμή. Η ταυτότητα κάθε object εκχωρείται από τον VNet server, όταν αυτό δημιουργείται και όλοι οι clients ενημερώνονται για να αναφέρονται στα objects με το ίδιο object id.
- **Field:** είναι ένας 16-bit integer, που αναπαριστά το πεδίο του object που θα αλλάξει τιμή. Τέσσερα πεδία έχουν δεσμευθεί με τιμές:
- **Value:** είναι μια απλή τιμή ενός VRML πεδίου που κωδικοποιείται σύμφωνα με τον πίνακα 3.

Τιμή	Identifier	Τύπος	Περιγραφή
0	POSITION	SFVec3f	Η θέση ενός χρήστη ή ενός αντικειμένου σε συντεταγμένες τρισδιάστατου κόσμου. Γίνεται broadcast από τον server σε όλους εκτός από τον αποστολέα
1	ORIENTATION	SFRotation	Η κατεύθυνση ενός χρήστη ή ενός αντικειμένου εκφρασμένη από το άνωσμα ενός rotation, και μιας γωνία. Γίνεται broadcast από τον server σε όλους εκτός από τον αποστολέα
2	SCALE	SFVec3f	Scaling που εφαρμόζεται σε έναν χρήστη ή ένα αντικείμενο. Γίνεται broadcast από τον server σε όλους εκτός από τον αποστολέα.
3	NAME	MFString	Το όνομα ενός αντικειμένου που χρησιμοποιείται στο VNet για 3D nametags

**Πίνακας 4: Περιγραφή πεδίων στο VIP**

Το VNet έχει δεσμεύσει επίσης και ορισμένα άλλα πεδία που ονομάζονται pseudo-fields. Τα pseudo-fields είναι αρνητικές τιμές πεδίων, που χρησιμοποιούνται από το VNet για να στείλουν μηνύματα που δεν αντιστοιχούν σε πεδία σε πραγματικά αντικείμενα. Το VNet τα

χρησιμοποιεί για να στείλει αλλαγές σχετικά με την γεωμετρία των σχημάτων ή για την αποστολή μηνυμάτων κειμένου. Η υλοποίηση αυτή επιτρέπει την απλή υλοποίηση του πρωτοκόλλου (όλα τα μηνύματα είναι στο ίδιο format), ενώ επιτρέπει και την ανταλλαγή μηνυμάτων.

<b>ID</b>	<b>NAME</b>	<b>Type</b>	<b>C-&gt;S</b>	<b>S-&gt;C</b>	<b>Broadcast</b>	<b>Description</b>
-1	QUIT	(none)	Yes	No	No	Ο χρήστης θέλει να αποσυνδεθεί από τον server
-2	MESSAGE	SFString	Yes	Yes	Yes	Εμφάνιση αυτού του SFString μηνύματος σε όλους τους χρήστες
-3	ADD_OBJECT	SFString	Yes	Yes	Yes	Προσθήκη ενός νέου αντικειμένου στον κόσμο. Το SFString argument είναι ένα URL στο αντικείμενο που θα προστεθεί
-4	REMOVE_OBJECT	(none)	Yes	Yes	Yes	Αφαίρεση ενός αντικειμένου από τον κόσμο
-5	PRIVATE_MSG	SFString	Yes	Yes	No	Εμφάνιση ενός text μηνύματος σε έναν χρήστη
-6	CREATE_OBJECT	(none)	Yes	Yes	No	Δημιουργία ενός νέου object id. (Δεν χρησιμοποιείται στο VNet 1.0)
-7	USER_INFO	SFString	No	Yes	No	Αποστολή του username ενός νέου χρήστη

**Πίνακας 5: Περιγραφή pseudo-fields στο VIP**

## VRTP:

Το Virtual Reality Transfer Protocol (VRTP) είναι αποτέλεσμα του VRTP project για την ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου επιπέδου εφαρμογών για την λειτουργία Internet-based Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων με έναν τυποποιημένο τρόπο. Η προτυποποίηση αυτή επιτρέπει την διαλειτουργικότητα των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων επιτρέποντας στους σχεδιαστές τους να αναπτύξουν μεγάλα εικονικά περιβάλλοντα τα οποία θα είναι πιο περιεκτικά και αλληλεπιδραστικά από τα σημερινά.

Η προσπάθεια σχεδιασμού και υλοποίησης του VRTP άρχισε το 1995 σαν ερευνητικό έργο στην ερευνητική ομάδα του NPSNET. Από τον Φεβρουάριο του 1998 η προσπάθεια ανάπτυξης του VRTP αποτελεί ένα Working Group του Web 3D Consortium. Ο στόχος του VRTP Working Group είναι να:

- Υλοποιήσει τα τμήματα του VRTP, μεγιστοποιώντας την διαλειτουργικότητα με υπάρχουσες ανοιχτές λύσεις για το Internet.
- Ολοκληρώσει τα τμήματα του VRTP, χρησιμοποιώντας την δυναμική plugin αρχιτεκτονική Bamboo. Το Bamboo είναι μια συλλογή από κοινούς βασικούς μηχανισμούς σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα, αποτελεί ένα API με ένα δυναμικά επεκτάσιμο περιβάλλον εκτέλεσης και βασίζεται στην γλώσσα OpenGL++ (OpenGL, C++, και STL (Standard Template Library).
- Υλοποιήσει Application Programming Interfaces (APIs) για διάφορα 3D scene graphs. Τα API's αυτά θα περιλαμβάνουν VRML 97, Java3D, VRML next-generation, κ.α.
- Παρέχει τον κώδικα του VRTP σε C++ και Java.
- Εκτελέσει διάφορα τεστ σε μεγάλης κλίμακας εικονικά περιβάλλοντα μέσω Internet και να ενσωματώσει τα αποτελέσματα στο VRTP.

Η βασική ιδέα για το VRTP είναι να υποστηρίξει την μεταφορά όλων των τύπων Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων χρησιμοποιώντας ένα ενοποιημένο πλαίσιο. Οι βασικές δυνατότητες που θα προσφέρει το VRTP για την επικοινωνία των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων είναι οι παρακάτω:

- Entity state processing: Lightweight μηνύματα που αποτελούνται από πληροφορία ελέγχου, κατάστασης και γεγονότων όπως χρησιμοποιούνται για την κατάσταση των οντοτήτων στο DIS entity state PDUs ή αλλού. Τα μηνύματα αυτά μεταδίδονται χρησιμοποιώντας unicast ή multicast επικοινωνία. Τα μηνύματα μεταδίδονται σε ένα απλό πακέτο με encapsulation. Οι lightweight αλληλεπιδράσεις ή λαμβάνονται ολοκληρωμένες ή καθόλου.
- Heavyweight objects: Αντικείμενα που αποτελούνται από μεγάλο όγκο δεδομένων απαιτούν αξιόπιστη και προσανατολισμένη στη

σύνδεση μετάδοση. Αυτά τα αντικείμενα μεταδίδονται με το HTTP πρωτόκολλο.

- **Network pointers:** Lightweight αναφορές σε διευθύνσεις του δικτύου (που είναι ένας γενικός χώρος διευθύνσεων) που μεταδίδονται με multicast επικοινωνία στις διάφορες ομάδες των χρηστών. Αυτοί οι δείκτες μπορούν να αποθηκευτούν στην cache έτσι ώστε επαναλαμβανόμενες αιτήσεις να μπορούν να εξυπηρετηθούν από άλλες ομάδες χρηστών αντίθετα από τους servers. Αντίθετα από τις lightweight αλληλεπιδράσεις, οι δείκτες δεν περιέχουν ένα ολόκληρο αντικείμενο αλλά μια αναφορά σε αυτό το αντικείμενο.
- **Real-time streams:** Ζωντανό βίντεο, ήχος, DIS behaviours, εικόνες που αποτελούνται από μια ακολουθία γραφικών, ή οποιαδήποτε άλλη ροή κυκλοφορίας που απαιτεί μετάδοση σε πραγματικό χρόνο, συγχρονισμό και χρονική ακολουθία. Τυπικά έχουν υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας multicast κανάλια.

Το VRTP framework αποτελείται από μια συλλογή πρωτοκόλλων και από ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής το οποίο παρέχει την απαραίτητη διασυνδεσιμότητα του client με το Εικονικό Περιβάλλον. Το VRTP παρέχει ένα πρωτόκολλο για κάθε έναν από τους τέσσερις τύπους δεδομένων με τους οποίους θα επικοινωνούν ο client και το Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον. Το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής του VRTP, χρησιμοποιείται για να ενοποιήσει αυτά τα τέσσερα ανόμοια πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Ο σχεδιασμός του VRTP δεν έχει γίνει για να υποστηρίξει κάποιες βασικές δικτυακές ικανότητες, αλλά για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των VRML-based Εικονικών Περιβαλλόντων. Οι χρήστες αυτών των περιβαλλόντων θα χαρακτηρίζονται σαν clients όταν θα βλέπουν βάσεις δεδομένων άλλων κόσμων, servers όταν θα διαθέτουν τους εικονικούς τους κόσμους στους υπόλοιπους χρήστες, και peers όταν θα συμμετέχουν σε μεγάλες ομάδες ενεργών οντοτήτων που ανταλλάσσουν πληροφορία και επικοινωνούν μέσω λογικά διαχωρισμένων multicast καναλιών. Έτσι λοιπόν το VRTP θα περιέχει client, server, peer-to-peer και monitoring components.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5  
ΕΡΓΑΛΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ

---

## 5.ΕΡΓΑΛΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ

Για την δημιουργία Εικονικών Περιβαλλόντων απαιτείται η χρήση διαφορών εργαλείων, εφαρμογών και τεχνολογιών. Τα εργαλεία ποικίλουν από απλούς VRML editors σε σύνθετα εργαλεία για την δημιουργία τρισδιάστατων γραφικών και avatars. Επίσης διάφοροι εξυπηρετητές και browsers έχουν υλοποιηθεί, ενώ υπάρχουν και ολοκληρωμένες πλατφόρμες και πακέτα λογισμικού που υποστηρίζουν την δημιουργία διαμοιραζόμενων εικονικών περιβαλλόντων. Επίσης διάφορες τεχνολογίες όπως Java, VRML, X3D και JavaScript, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη των Εικονικών Περιβαλλόντων.

Στο συγκεκριμένο παράρτημα παρουσιάζονται ορισμένα εργαλεία, εφαρμογές καθώς και οι κυριότερες τεχνολογίες.

### 5.1. AUTHORIZING TOOLS

Τα εργαλεία για την δημιουργία τρισδιάστατων χώρων μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές υποκατηγορίες: απλούς επεξεργαστές κειμένου για την γλώσσα VRML (στην περίπτωση που ο τρισδιάστατος χώρος ακολουθεί το πρότυπο της VRML), ολοκληρωμένα εργαλεία για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων και εργαλεία που είναι κατάλληλα για την δημιουργία avatars.

Γενικά δεν είναι πρακτικό να δημιουργούνται από την αρχή εικονικοί κόσμοι με έναν απλό VRML text editor. Στην περίπτωση αυτή ο VRML κώδικας πρέπει να γράφεται σε ένα text αρχείο και μετά να ανοιχτεί σε έναν VRML browser για την εμφάνιση του κόσμου. Ειδικότερα όταν ο σχεδιασμός του κόσμου είναι πολύ σύνθετος και περιέχει non-primitive αντικείμενα και σχήματα είναι ασύμφορο να χρησιμοποιείται μόνο ένας απλός VRML text editor. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται εργαλεία για την δημιουργία των τρισδιάστατων κόσμων (3D modeling tools) ή ολοκληρωμένες πλατφόρμες που επιτρέπουν στον προγραμματιστή να σχεδιάζει και να αναπτύσσει τον κόσμο σε γραφικό περιβάλλον, ο οποίος σώζεται σε ένα VRML αρχείο και μπορεί να αναπαρασταθεί από έναν VRML browser. Επίσης υπάρχουν πολλά αξιόλογα εργαλεία (π.χ. 3D Studio Max) τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία τρισδιάστατων κόσμων και αντικειμένων και τα οποία δεν αποθηκεύουν τον κόσμο σε VRML. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται διάφορα προγράμματα τα οποία ονομάζονται converters τα οποία μετατρέπουν διάφορους τύπους αρχείων από διάφορα πακέτα γραφικών σε VRML.

#### 5.1.1. VRML text editors

Παρά το σημαντικό πλεονέκτημα των ολοκληρωμένων πακέτων για την δημιουργία τρισδιάστατων γραφικών, η γνώση της VRML πολλές φορές αποδεικνύεται χρήσιμη. Για παράδειγμα στην διόρθωση μικρών λαθών που είναι πιο χρήσιμη η απευθείας επέμβαση στον VRML

κώδικα. Επίσης πολλά πακέτα γραφικών δεν υλοποιούν πλήρως το πρότυπο της γλώσσας με αποτέλεσμα πολλές φορές να είναι αναγκαία η επέμβαση στον VRML κώδικα.

Οι VRML text editors χρησιμοποιούνται για άμεση επέμβαση στον κώδικα VRML. Συνήθως χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό επιπλέον λειτουργικοτήτων σε εικονικούς κόσμους που έχουν κατασκευαστεί με διάφορα 3D modeling tools. Τα σημεία του κώδικα στα οποία χρησιμοποιούνται οι VRML text editors είναι τα scripts, τα prototypes και το routing. Οι VRML text editors είναι παρόμοιοι με τους επεξεργαστές κειμένου παρέχοντας δυνατότητα για την εύρεση λαθών. Ορισμένοι VRML text editors παρέχουν υποστηρίζουν τον προγραμματισμό JavaScript ή VRMLScript. Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των VRML text editors είναι τα παρακάτω:

- **Δυναμικός εντοπισμός λαθών:** Οι VRML text editors εντοπίζουν συντακτικά και σημασιολογικά λάθη, warnings, μη συμβατά πεδία, διπλούς ορισμούς κόμβων (nodes) κ.α.
- **Syntax highlighting:** Πολλοί VRML text editors υποστηρίζουν syntax highlighting για την VRML (συμπεριλαμβάνοντας λέξεις κλειδιά, πεδία και κατηγορίες κόμβων).
- **Χαρακτηριστικά επεξεργαστών κειμένων:** Εύρεση και αντικατάσταση, δημιουργία bookmarks, κλπ.
- **Οπτική αναπαράσταση του δέντρου του εικονικού κόσμου (Scene Tree):** Δυνατότητα επεξεργασίας και πλοήγησης της ιεραρχικής δομής του εικονικού κόσμου. Οι κόμβοι, τα PROTOs και οι δηλώσεις των πεδίων μπορούν να σβηστούν, να μετονομαστούν άμεσα κλπ. σε ένα παράθυρο όπου φαίνεται η δομή του εικονικού κόσμου.
- **Preview:** Επισκόπηση του εικονικού κόσμου σε εγκατεστημένους browsers και VRML viewers.

Ορισμένοι από τους πιο γνωστούς VRML text editors είναι οι παρακάτω:

Όνομα	URL	Πλατφόρμα	Τεχνολογία
JPad Pro v. 4/ SitePad Pro v. 4	<a href="http://www.modelworks.com/">http://www.modelworks.com/</a>	Win 9x/ ME/ NT4.0/2000/XP	VRML 2.0 Java
MED v. 2.72	<a href="http://www.utopia-planitia.de/indexus.html">http://www.utopia-planitia.de/indexus.html</a>	Win 9x/ ME/ NT4.0/2000/XP OS/2 PM	VRML, HTML, Java Text Editor
RenderSoft VRML Editor v. 1.72	<a href="http://homer.pacific.net.sg/~jupboo/">http://homer.pacific.net.sg/~jupboo/</a>	Win 9x/ NT4.0	VRML 1.0 VRML 2.0



VrmlPad v. 2.0	<a href="http://www.parallelgraphics.com/products/vrmlpad">http://www.parallelgraphics.com/products/vrmlpad</a>	Win 9x/ ME/ 2000/NT	VRML 97
VRweb v. 1.5	<a href="http://www2.iicm.edu/vrweb">http://www2.iicm.edu/vrweb</a>	Win 3x/ 95/ NT Unix	VRML 1.0

Πίνακας 6: VRML text editors

### 5.1.2. 3D Modeling tools

Τα VRML αρχεία χρησιμοποιούν την UTF-8 κωδικοποίηση και είναι εύκολο να διαβαστούν και να διορθωθούν στον κώδικα. Παρόλα αυτά πολλές φορές η κατασκευή των τρισδιάστατων κόσμων είναι αρκετά δύσκολη χρησιμοποιώντας μόνο text editors. Έτσι λοιπόν για την δημιουργία των εικονικών κόσμων και των τρισδιάστατων γραφικών απαιτείται η χρήση ενός εργαλείου για την δημιουργία τρισδιάστατων κόσμων (3D modeling tool).

Ορισμένα από τα πιο γνωστά εργαλεία για την δημιουργία τρισδιάστατων κόσμων είναι τα παρακάτω:

Όνομα	URL	Πλατφόρμα
Caligari trueSpace v.6	<a href="http://www.caligari.com/Store/trueSpace/default.asp?Cate=STtrueSpace">http://www.caligari.com/Store/trueSpace/default.asp?Cate=STtrueSpace</a>	Windows 9x/ ME/ 2000/ NT4.0/ XP
LandForm land surface modeler	<a href="http://www.landform.com/pages/products.html">http://www.landform.com/pages/products.html</a>	Windows 95/ NT
Spazz3d v. 2.4	<a href="http://www.spazz3d.com">http://www.spazz3d.com</a>	Windows (all)
Cosmo Worlds	<a href="http://www.sgi.com/software/cosmo/worlds.html">http://www.sgi.com/software/cosmo/worlds.html</a>	IRIX
3D Studio Max v. 5	<a href="http://www.discreet.com/products/3dsmax/">http://www.discreet.com/products/3dsmax/</a>	PC
Parallel Graphics Internet Space Builder /Internet Scene Assembler	<a href="http://www.parallelgraphics.com/products/isa">http://www.parallelgraphics.com/products/isa</a>	Windows(all)

Πίνακας 7: 3D modeling tools

### 5.1.3. Εργαλεία για την δημιουργία avatars

Για την δημιουργία των avatars μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παραπάνω εργαλεία για 3D modeling. Ωστόσο στα Εκπαιδευτικά Εικονικά Περιβάλλοντα ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των avatars είναι πολύ σημαντικό ζήτημα, έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να αναπαρίστανται με ρεαλιστικό τρόπο και να χρησιμοποιούν αναπαραστάσεις με τις οποίες μπορούν να πλοηγηθούν στο Εικονικό Περιβάλλον, να κάνουν διάφορες προκαθορισμένες χειρονομίες κλπ. Έτσι λοιπόν η χρήση ειδικών εργαλείων για την δημιουργία των

avatars είναι επιβεβλημένη. Τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον τις παρακάτω δυνατότητες:

- Δημιουργία ποιοτικών τρισδιάστατων VRML μοντέλων οποιουδήποτε ατόμου εύκολα και γρήγορα και με μικρό κόστος
- Δυνατότητα δημιουργίας κινούμενων χαρακτήρων

Ορισμένα από τα πιο γνωστά εργαλεία για την δημιουργία ρεαλιστικών avatars είναι τα παρακάτω:

Όνομα	URL	Πλατφόρμα	Τεχνολογία
3D Create	<a href="http://www.darwin3d.com">http://www.darwin3d.com</a>	Windows95	VRML 1.0
3D Virtual Characters	<a href="http://www.winteractive.fr">http://www.winteractive.fr</a>	Any web browser	VRML97 JAVA
AvatarMaker 3D 1.0	<a href="http://www.sven-tech.com/products/avatarmake">http://www.sven-tech.com/products/avatarmake</a>	Windows 95/98/NT	VRML 1.0 VRML 97
Avatar Studio 2	<a href="http://www.avatarstudio.com">http://www.avatarstudio.com</a>	PC	VRML97

**Πίνακας 8: Εργαλεία για την δημιουργία avatars**

#### 5.1.4. Browsers - Plug-ins

Για την αναπαράσταση των τρισδιάστατων γραφικών (VRML ή 3D αρχεία) απαιτείται ένας browser ή ένα plug-in που μπορεί είναι μια εφαρμογή ή ένα web browser plug-in. Τα plug-ins χρησιμοποιούνται για να επεκτείνουν της δυνατότητες του web για αναπαράσταση τρισδιάστατων γραφικών. Διάφορες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί οι οποίες βασίζονται σε plug-ins για τους δύο γνωστούς browsers. Όταν ένα αρχείο με τρισδιάστατο περιβάλλον φορτωθεί από τον browser, αυτός χρησιμοποιεί το κατάλληλο plug-in (ανάλογα με το MIME type).

Εκτός από τις proprietary λύσεις, έχει δημιουργηθεί το πρότυπο της VRML διευκολύνει την ανάπτυξη συμβατών viewers για VRML αρχεία. Οι viewers αυτοί ονομάζονται VRML-browsers και θα αναλυθούν σε επόμενη παράγραφο.

Οι browsers και τα plug-ins θα πρέπει να έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

- Πλήρη συμβατότητα με VRML (όταν πρόκειται για VRML-based εικονικά περιβάλλοντα)
- Υποστήριξη scripting γλωσσών προγραμματισμού
- Δυνατότητα chat
- Δυνατότητα οπτικής / ακουστικής αλληλεπίδρασης
- Αναπαράσταση τρισδιάστατων γραφικών (rendering)

- Υποστήριξη Java, JavaScript και EAI (External Authoring Interface)
- User interface που παρέχει ή υποστηρίζει διάφορους τύπους αλληλεπίδρασης και πλοήγησης
- Υποστήριξη πολυχρηστικών περιβαλλόντων
- SDK, έτσι ώστε να μπορεί να προγραμματιστεί και να τροποποιηθεί για να παρέχει διαφορετικές δυνατότητες στους χρήστες

Ορισμένοι από τους πιο γνωστούς και δημοφιλείς browsers είναι οι παρακάτω:

Όνομα	URL	Πλατφόρμα	Τεχνολογία
Blaxxun Contact 5.1	<a href="http://developer.blaxxun.com/download/index.html">http://developer.blaxxun.com/download/index.html</a>	Windows 9x/ ME/ NT/ 2000	VRML 1.0/ VRML 97
CASUS Presenter	<a href="http://www.igd.fhg.de/CP/html">http://www.igd.fhg.de/CP/html</a>	Sun Solaris Linux Windows 95/98/NT	VRML 97
Sony CyberPassage	<a href="http://www.csl.sony.co.jp/project/VS/html">http://www.csl.sony.co.jp/project/VS/html</a>	PC	VRML 1.0 VRML 97
Cortona v. 4.0	<a href="http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/">http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/</a>	Windows 9x/ ME/ 2000/ NT4.0/ XP/ CE Mac	VRML 1.0 VRML 97

**Πίνακας 9: Browsers - Plug-ins για την αναπαράσταση 3D περιβάλλοντων**

### 5.1.5. Εξυπηρετητές

Οι εξυπηρετητές που είναι κατάλληλοι για χρήση σε Εκπαιδευτικά Εικονικά Περιβάλλοντα πρέπει να είναι πολυχρηστικοί (multiuser) και να έχουν την δυνατότητα να αναπαριστούν και να διαχειρίζονται εικονικούς κόσμους με έναν τρόπο πιο αποτελεσματικό από έναν τυπικό web server. Οι multi-user servers θα πρέπει να έχουν τις παρακάτω δυνατότητες:

- Αυτόματη δημιουργία VRML περιεχομένου
- Διαχείριση χρηστών
- Βιβλιοθήκη με διαθέσιμα avatars
- Φιλτράρισμα πληροφορίας
- Υποστήριξη chat

- Υποστήριξη οπτικοακουστικής επικοινωνίας
- Αποθήκευση διαμοιραζόμενων αντικειμένων
- SDK, έτσι ώστε να μπορεί να προγραμματιστεί και να τροποποιηθεί για να παρέχει διαφορετικές δυνατότητες στους χρήστες.

Ορισμένοι από τους πιο γνωστούς multi-user servers είναι οι παρακάτω:

Όνομα	URL	Πλατφόρμα	Τεχνολογία
blaxxun	<a href="http://www.blaxxun.com/solutions/technology/index.shtml">http://www.blaxxun.com/solutions/technology/index.shtml</a>	Linux	VRML97
		SGI	
		Sun	
		Windows NT	
DeepMatrix	<a href="http://www.geometrek.com/products/deepmatrix.html">http://www.geometrek.com/products/deepmatrix.html</a>	Java	VRML97
Parallelgraphics Multiuser server	<a href="http://www.parallelgraphics.com/products/server">http://www.parallelgraphics.com/products/server</a>	Linux	VRML97
		Sun	
		HP-UX	
VNet	<a href="http://ariadne.iz.net/~jeffs/vnet/">http://ariadne.iz.net/~jeffs/vnet/</a>	Source Code: Java	VRML97

Πίνακας 10: Εξυπηρετητές για την αναπαράσταση 3D περιβαλλόντων

## 5.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

### 5.2.1. Java Technology

Στις παρακάτω ενότητες περιγράφονται μερικά από τα τελευταία προϊόντα της Java τεχνολογίας, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη αλληλεπιδραστικών εκπαιδευτικών εφαρμογών πολυμεσικού χαρακτήρα για χρήση πάνω από το Internet.

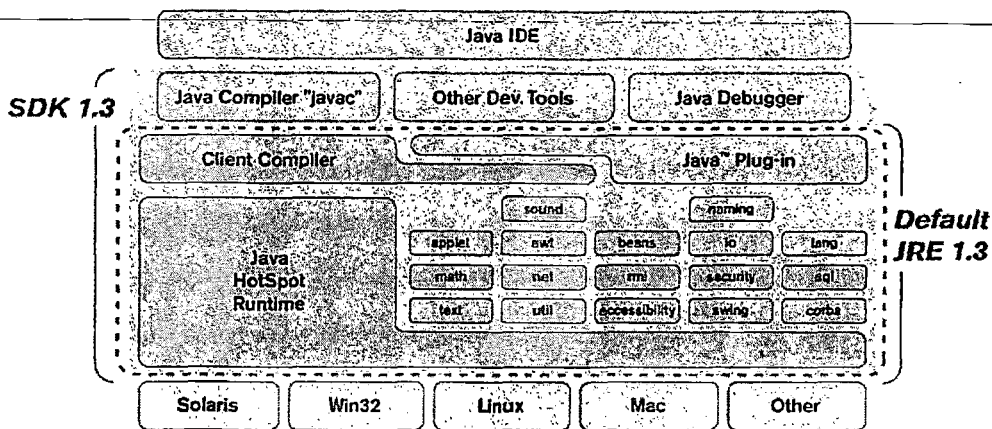
#### 5.2.1.1. Java 2 SDK

Το λογισμικό Java 2, που αποτελεί την επόμενη γενιά του λογισμικού Java Development Kit (JDK), αποτελεί τη βάση της οικογένειας από Java πλατφόρμες που παρέχει η εταιρεία Sun. Εκτός του ότι παρέχει προς τα πάνω συμβατότητα, μεγαλύτερη σταθερότητα και βελτιωμένη απόδοση, το λογισμικό Java 2 περιέχει και νέα χαρακτηριστικά που εμπλουτίζουν και επεκτείνουν την τεχνολογία Java. Αυτά τα νέα χαρακτηριστικά του λογισμικού Java 2 (τελευταία έκδοση J2SE version 1.3) παρέχουν:

- Συνεπή ανάπτυξη σε όλες τις πλατφόρμες
- Βελτιωμένη απόδοση

- Ευκολότερη ανάπτυξη επιχειρηματικών εφαρμογών

Το νέο μοντέλο ασφάλειας που περιέχεται στο λογισμικό Java 2 επιτρέπει στους χρήστες και στους διαχειριστές συστημάτων να επεκτείνουν την ασφάλεια στις εφαρμογές και να καθορίσουν την πρόσβαση που θα έχουν τα Java προγράμματα και applet στους πόρους των συστημάτων. Με βάση το νέο μοντέλο, κάθε κώδικας υπόκειται σε μια πολιτική ασφάλειας. Αυτή η πολιτική, η οποία μπορεί να ρυθμιστεί από το χρήστη ή το διαχειριστή του συστήματος, ορίζει διαθέσιμες άδειες από υπογράφοντες ή περιοχές για ένα συγκεκριμένο σύνολο κώδικα. Αυτές οι άδειες καθορίζουν επιτρεπόμενη πρόσβαση σε πόρους, όπως δικαίωμα εγγραφής/ ανάγνωσης σε ένα αρχείο ή κατάλογο, ή δικαίωμα σύνδεσης με κάποιο υπολογιστή. Αυτό το μοντέλο ασφάλειας παρέχει μεγαλύτερο έλεγχο και προστασία δεδομένων και πόρων του συστήματος.



Εικόνα 10: Java 2 SDK, Standard Edition v. 1.3

(Πηγή: <http://java.sun.com/j2se/1.3/>)

Το λογισμικό Java 2 περιέχει επίσης νέα χαρακτηριστικά που επιτρέπουν σε εφαρμογές που βασίζονται στην τεχνολογία Java να συνδέονται με υπάρχοντες βάσεις δεδομένων και καταναμημένες εφαρμογές. Περιλαμβάνει το Java IDL API που προσθέτει τη δυνατότητα υποστήριξης της τεχνολογίας Common Object Request Broker Architecture (CORBA). Με το συγκεκριμένο API, web-enabled εφαρμογές γραμμένες σε Java μπορούν διάφανα να ενεργοποιήσουν απομακρυσμένες δικτυακές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας τα βιομηχανικά πρότυπα Object Management Group Interface Definition Language (OMG IDL) και Internet Inter-ORB Protocol (IIOP) που έχουν καθοριστεί από το Object Management Group (OMG).

Τέλος, οι Java Foundation Classes (JFC) αποτελούν μια βιβλιοθήκη από έτοιμα GUI συστατικά και APIs για τη γρήγορη ανάπτυξη Java εφαρμογών με πολλά χαρακτηριστικά. Η επιπεδοποιημένη αρχιτεκτονική των JFC αυξάνει την παραγωγικότητα των χρηστών, επιτρέποντας τους να επικεντρώνονται στην λογική λειτουργίας της εφαρμογής.

### 5.2.1.2. The Java Media Framework

Το Java Media Framework API (JMF) είναι μια συλλογή από κλάσεις που επιτρέπουν τη λήψη και απεικόνιση πολυμεσικών δεδομένων μέσα από Java προγράμματα ή applets. Καθορίζει μια ενιαία αρχιτεκτονική, πρωτόκολλο μηνυμάτων και προγραμματιστικό περιβάλλον διασύνδεσης για τη λήψη, παίξιμο και αναμετάδοση συμπιεσμένου υλικού που περιλαμβάνει ήχο, βίντεο και MIDI.

Το JMF περιλαμβάνει τρία πακέτα: Player, Capture και Conference. Το Java Media Player παρέχει ένα πλαίσιο εργασίας ανεξάρτητο πλατφόρμας για τη δημιουργία media player. Είναι σχεδιασμένο να υποστηρίζει πολλούς τύπους μέσων, όπως MPEG-1, MPEG-2, QuickTime, AVI, WAV, AU, RTP και MIDI.

Τα JMF APIs υποστηρίζουν τρία επίπεδα χρήσης:

- **Client επίπεδο:** Ο προγραμματιστής ενός client μπορεί να δημιουργήσει και να ελέγξει ένα Java Media Player για κάθε πρότυπο τύπο μέσου, χρησιμοποιώντας μερικές απλές κλήσεις μεθόδων.
- **Enhancement επίπεδο:** Ένας προγραμματιστής μπορεί να μετατρέψει έναν υπάρχων Player ώστε να προσθέσει επιπλέον λειτουργικότητες αντικαθιστώντας επιλεγμένα τμήματα του Player, όπως οι renderers.
- **Design επίπεδο:** Ένας προγραμματιστής μπορεί να προσθέσει νέους Players για να υποστηρίξει επιπλέον τύπους μέσων. Νέοι Players μπορούν να δημιουργηθούν επεκτείνοντας το JMF, επιτρέποντας έτσι στους νέους Players να χρησιμοποιηθούν μαζί με παλιότερους.

### 5.2.1.3. Java 3D API

Το Java 3D API αποτελεί τμήμα της συλλογής των Java Media APIs και είναι μια κοινή συνεργασία μεταξύ των Intel, Silicon Graphics, Apple, και Sun. Η Sun έχει κυκλοφορήσει υλοποιήσεις του Java 3D API για συστήματα Solaris, SPARC, Windows/9x and Windows/NT.

Οι αρχικές υλοποιήσεις του Java 3D API βρισκότανε πάνω από τα υπάρχοντα χαμηλού επιπέδου 3D rendering APIs, όπως είναι το OpenGL και το Direct3D. Οι αρχικές 3D υλοποιήσεις είναι γραμμένες σε γλώσσα προγραμματισμού Java αλλά εκμεταλλεύονται και native methods για καλύτερη απόδοση.

Για την υλοποίηση τυπικών εφαρμογών το Java 3D μοντέλο είναι αρκετά απλό: ο προγραμματιστής της εφαρμογής τοποθετεί και κατευθύνει ένα view platform object και τα υπόλοιπα τα αναλαμβάνει το Java 3D.

Αν η εφαρμογή μεταδίδει μόνο ένα περιβάλλον και αναθέτει τις λεπτομέρειες για τον έλεγχο του viewpoint σε έναν browser, δεν απαιτείται από την εφαρμογή να παρέχει ένα view platform object. Αν η εφαρμογή χρησιμοποιεί υπάρχων κώδικα που χρησιμοποιεί ένα camera-based view model, τότε απαιτείται μια απλή Java 3D κλήση

για την δημιουργία των παραμέτρων της κάμερας. Ωστόσο οι προγραμματιστές ενός browser ή μιας σύνθετης εφαρμογής πρέπει να ασχοληθούν με επιπλέον λεπτομέρειες του Java 3D view model.

Το AWT παρέχει μια αφαίρεση των πιο κοινών περιφερειακών συσκευών εισόδου ενός κοινού προσωπικού υπολογιστή, όπως είναι το ποντίκι και το πληκτρολόγιο. Το Java 3D τα χρησιμοποιεί έτσι ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία μη συμβατών I/O μοντέλων.

Ωστόσο για συσκευές όπως joysticks και 6D συσκευές όπου το AWT δεν έχει ακόμη ορίσει κάποιον συγκεκριμένο μηχανισμό, το Java 3D εισάγει μια νέα κλάση πραγματικού χρόνου για I/O συσκευές.

Τέλος το Java 3D είναι το μοναδικό Java API που περιλαμβάνει υποστήριξη για headtrackers, μια παραμετροποίηση για το κεφάλι του χρήστη, γενικευμένους τρισδιάστατους μετασχηματισμούς κλπ.

### **5.3. Virtual Reality Modelling Language – VRML**

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια μεγάλη προσπάθεια ώστε να αναπτυχθούν συστήματα ικανά να χειρίζονται τρισδιάστατους αλληλεπιδραστικούς εικονικούς κόσμους. Οι συστηματικές και συντονισμένες προσπάθειες πολλών ταλαντούχων σχεδιαστών συστημάτων οδήγησαν στην δημιουργία ενός επίσημου βιομηχανικού προτύπου για την Εικονική Πραγματικότητα που έχει την ονομασία Virtual Reality Modelling Language (VRML).

Η VRML είναι ουσιαστικά ένας τύπος αρχείου για την περιγραφή αλληλεπιδραστικών 3D αντικειμένων και κόσμων και είναι σχεδιασμένη για χρήση στον Internet, σε intranets και σε τοπικά συστήματα. Ένα VRML αρχείο είναι ένα ASCII αρχείο με κατάληξη .wrl (από τη λέξη world), το οποίο διερμηνεύεται από ένα κατάλληλο πρόγραμμα (VRML browser) και μετατρέπεται στον περιγραφόμενο τρισδιάστατο εικονικό κόσμο. Η VRML είναι ικανή να αναπαραστήσει στατικά ή δυναμικά τρισδιάστατα αντικείμενα με συνδέσμους σε άλλα μέσα όπως κείμενο, ήχους, εικόνες και βίντεο. Η χρήση της ποικίλει σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως μηχανική και επιστημονική οπτικοποίηση, πολυμεσικές παρουσιάσεις, ψυχαγωγικούς και εκπαιδευτικούς τίτλους, ιστοσελίδες και διομοιραζόμενους εικονικούς κόσμους.

Η VRML 1.0 ήταν η πρώτη έκδοση της VRML και είναι απλή γιατί επιτρέπει μόνο τη δημιουργία στατικών κόσμων. Δημιουργήθηκε από τη Silicon Graphics Inc. και είναι βασισμένη στον τύπο αρχείου Open Inventor (βιβλιοθήκη γραφικών). Η αλληλεπίδραση που μπορεί να έχει ένας χρήστης με ένα τέτοιο κόσμο είναι η απλή πλοήγηση στον κόσμο και η μεταφορά σε άλλους κόσμους ή άλλα web sites, με τη χρήση συνδέσμων που ενεργοποιούνται όταν ο χρήστης πατήσει σε κάποιο αντικείμενο που βρίσκεται στον κόσμο.

Η VRML 2.0 δημιουργήθηκε για να επεκτείνει τις δυνατότητες και τη λειτουργικότητα της VRML 1.0. Ο κύριος σκοπός της VRML 2.0 ήταν

να κάνει δυνατή την κίνηση αντικειμένων μέσα σε ένα κόσμο και να επιτρέψει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με αυτά τα αντικείμενα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα για τη δημιουργία πιο εντυπωσιακών εφαρμογών. Η ανανεωμένη έκδοση της VRML 2.0 (γνωστή και ως VRML97) που δημοσιεύτηκε στις 4 Απριλίου 1997 περιέχει αρκετές διορθώσεις και τεχνικές αλλαγές από την προηγούμενη του 1996 και είναι πλέον διεθνές πρότυπο (ISO/IEC 14772-1:1997).

### 5.3.1. Το Web3D Consortium

Το Web3D Consortium (πρώην VRML Consortium) είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που σκοπό έχει την ανάπτυξη και προώθηση ανοικτών προτύπων ώστε να γίνουν εφικτές 3D εφαρμογές στο World Wide Web. Ο οργανισμός Web3D αποτελείται από 65 ηγετικούς οργανισμούς συμπεριλαμβανομένου μελών όπως οι εταιρείες 3Dlabs, Apple, blaxxun, Microsoft, Mitsubishi Electric, Oracle Corporation, PLATINUM technology, Silicon Graphics, Sony και Superscape. Τα μέλη του Web3D Consortium παρέχουν τεχνικές γνώσεις και συμβουλές μάρκετινγκ για τη συνεχή εξέλιξη των ανοικτών 3D προτύπων, ενώ αποκτούν πρώιμη πρόσβαση σε αυξανόμενες τεχνολογικές και εμπορικές ευκαιρίες.

Το Web3D Consortium εκπροσωπεί όλο το φάσμα των 3D τεχνολογιών στο Internet. Οι εφαρμογές των Web3D τεχνολογιών εκτείνονται από πεζά εμπορικά γραφικά, σε ψυχαγωγικά γραφικά ιστοσελίδων, σε βιομηχανικές, επιστημονικές, ψυχαγωγικές και εκπαιδευτικές εφαρμογές, καθώς και σε τρισδιάστατους διαμοιραζόμενους εικονικούς κόσμους και κοινότητες. Όλα τα πρότυπα του Web3D Consortium εγκρίνονται από το Technical Advisory Board (TAB). Το TAB παρέχει επίσης τεχνική αναθεώρηση και καθοδήγηση στα Working Groups και συμβουλεύει το Web3D Consortium για προτεινόμενες πρακτικές και πρότυπα.

### 5.3.2. Web3D Working Groups

Διάφορες ομάδες εργασίας έχουν δημιουργηθεί στα πλαίσια του Web3D Consortium για να συμβάλλουν στη δημιουργία της νέας έκδοσης της VRML. Αυτές είναι οι παρακάτω:

Working Group	Σκοπός
biota – Biota	Η δημιουργία και ανάπτυξη ψηφιακών εργαλείων και περιβαλλόντων για την έρευνα και μελέτη έμβιων συστημάτων.
vrml-cbf – Compressed Binary Format	Η ανάπτυξη δυαδικής κωδικοποίησης των VRML αρχείων, δίνοντας έμφαση στη μείωση του μεγέθους των αρχείων για γρήγορες μεταδόσεις και στην απλοποίηση της δομής των αρχείων για γρηγορότερη ανάλυση.
content – Content Development	Η υποστήριξη των δημιουργών VRML υλικού.



dis-java-vrml - Distributed Interactive Simulation (DIS)	Η δημιουργία δικτυακών συμβάσεων για την ανάπτυξη multicast-capable large-scale virtual environments (LSVEs).
enterprise - Enterprise Technology	Η παροχή προτύπων και τεχνολογιών για τη χρήση της VRML σε εμπορικές εφαρμογές.
vrml-eai - External Authoring Interface	Η δημιουργία σταθερού μέσου αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός VRML κόσμου και ενός εξωτερικού περιβάλλοντος.
geovrml - GeoVRML	Η διερεύνηση τρόπων για την αναπαράσταση γεωγραφικών δεδομένων με τη VRML και η δημιουργία εργαλείων, πρακτικών και προτύπων αναγκαίων για την παραγωγή, παρουσίαση και ανταλλαγή τέτοιων δεδομένων.
h-anim - Humanoid Animation	Η δημιουργία πρότυπης VRML αναπαράστασης για ανθρωποειδή.
vrml-java3d Java3D & VRML	Η αναζήτηση τρόπων ώστε να συνδυαστεί καλύτερα η VRML με το Java 3D API και να βελτιωθεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ τους.
living-worlds - Living Worlds	Ο καθορισμός ενός θεμελιώδους πλαισίου εργασίας για τη δημιουργία και εξέλιξη των πολυχρηστικών εφαρμογών σε VRML.
vrml-mpeg4 - MPEG-4 Integration	Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της VRML και του MPEG-4.
vrml-ngscript - Next Generation Script API	Η έρευνα για την ανάπτυξη ενός μελλοντικού Script Node Language API.
nlp-anim - NLP & Animations	Η χρήση φυσικής γλώσσας για αλληλεπίδραση με VRML animation, έτσι ώστε να βελτιωθεί η φυσικότητα της αλληλεπίδρασης και η ροή πληροφοριών μεταξύ του χρήστη και των διάφορων ομοιωμάτων, μέσω της χρήσης ερώτηση/απάντηση, δήλωση/απόκριση διαλόγων και εντολών φυσικής γλώσσας.
ooe-vrml - Object-Oriented Extensions	Η συζήτηση και ανάπτυξη αντικειμενοστραφών επεκτάσεων στη VRML.
3dim - 3D Integrated Media	Η δημιουργία, παράδοση, απόδοση και αλληλεπίδραση συγχρονισμένων μέσων όπως 3D, 2D, βίντεο, κείμενο, ήχος, κτλ.
kbinput - User Input	Ο καθορισμός ενός ή περισσότερων κόμβων που θα επιτρέπουν στους δημιουργούς να έχουν πρόσβαση στις λειτουργίες του πληκτρολογίου μέσα σε VRML κόσμους.
vrml-media - Universal Media	Η αύξηση της ρεαλιστικότητας των VRML κόσμων και η μείωση των download χρόνων καθορίζοντας μια μικρή, cross-platform βιβλιοθήκη τοπικά αποθηκευμένων στοιχείων (textures, ήχων και VRML αντικειμένων) και ένα ενιαίο μηχανισμό με τον οποίο οι δημιουργοί θα μπορούν να ενσωματώσουν αυτά τα στοιχεία στους δικούς τους κόσμους.
VRTP - Virtual Reality	Η παροχή client, server, multicast streaming & network-

Transport Protocol (VRTP)	monitoring δυνατοτήτων για την υποστήριξη διασυνδεδεμένων 3D γραφικών και large-scale virtual environments (LSVEs).
vrml-streams - VRML Streaming	Ο καθορισμός προτύπων και κοινών πρακτικών για τη ροή των VRML scene graphs και τη ροή δεδομένων σε μια VRML scene graph.

**Πίνακας 11:** Διάφορες ομάδες εργασίας που δημιουργήθηκαν για να συμβάλλουν στη δημιουργία της νέας έκδοσης της VRML.

### 5.3.3. X3D Standardisation Initiative

Το Web3D Consortium ξεκίνησε το Φεβρουάριο του 1999 τη διαδικασία για τον καθορισμό του X3D, ενός 3D προτύπου που περιλαμβάνει ενοποίηση με την XML. Το X3D (Extensible 3D) είναι ορισμένο σαν ένα διαλειτουργικό σύνολο από μικρά, συνθετικά 3D πρότυπα που ικανοποιητικά καλύπτουν τις ανάγκες πολλών αγορών, συμπεριλαμβανομένου Internet και broadcast εφαρμογών. Είναι μια σύσταση για 3D γραφικά που επεκτείνει τις δυνατότητες της VRML97. Οι στόχοι του X3D είναι οι παρακάτω:

1. Προς τα πίσω συμβατότητα με τη VRML97.
2. Ενοποίηση με την XML.
3. Η δημιουργία ενός μικρού πυρήνα που θα μπορεί εύκολα να επεκταθεί ώστε να παρέχει νέες λειτουργικότητες.

Το X3D είναι ουσιαστικά η επόμενη έκδοση της VRML97 και θα είναι πλήρως προς τα πίσω συμβατό με αυτή. Η XML υιοθετήθηκε για τη σύνταξη του X3D ώστε να αντιμετωπιστούν διάφορα προβλήματα. Το X3D Task Group εξετάζει και διάφορα άλλα πρότυπα του W3C που σχετίζονται με την XML. Τεχνολογίες που ενδιαφέρουν άμεσα για το σχεδιασμό του X3D περιλαμβάνουν τις εξής: SMIL (Synchronised Multimedia), SVG (Scalar Vector Graphics), XHTML (eXtensible-HTML), και DOM (Document Object Model).

### 5.3.4. Βασικά Χαρακτηριστικά της VRML

Η τρέχουσα έκδοση της VRML είναι τόσο ισχυρή και πολύπλοκη και δεν έχει νόημα να περιγραφούν εδώ με κάθε λεπτομέρεια όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά της. Γι' αυτό στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζονται μόνο κάποια βασικά στοιχεία της VRML τα οποία παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη εργασία

#### 5.3.4.1. Γράφος Κατάστασης - Κόμβοι

Ένα VRML αρχείο περιγράφει τρισδιάστατα αντικείμενα και χώρους χρησιμοποιώντας ένα ιεραρχικό γράφο κατάστασης (scene graph), που αναπαριστά τις διάφορες σκηνές και αντικείμενα του κόσμου. Οι οντότητες αυτού του γράφου κατάστασης ονομάζονται κόμβοι (nodes). Οι κόμβοι αυτοί είναι αφαιρετικά μοντέλα διαφόρων πραγματικών αντικειμένων και εννοιών, όπως σφαίρες, κύβοι, φώτα,

περιγραφές υλικών (παραδείγματα κόμβων Cone, Appearance, TimeSensor, PointLight, Script, κ.α.). Οι κόμβοι αυτοί περιέχουν πεδία (fields) και γεγονότα (events) και υπάρχει η δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ των κόμβων μέσω ειδικών διαδρομών (routes). Υπάρχουν δύο ειδών γεγονότα: εισερχόμενα (eventIn) και εξερχόμενα (eventOut). Ένα εισερχόμενο γεγονός μπορεί να δρομολογηθεί σε ένα εξερχόμενο γεγονός του ίδιου τύπου δεδομένων.

Η VRML 2.0 ορίζει 55 διαφορετικούς τύπους κόμβων, που περιλαμβάνουν πρωταρχικά γεωμετρικά αντικείμενα, ιδιότητες εμφάνισης, ήχο και ιδιότητες ήχου, καθώς και διάφορους τύπους κόμβων ομαδοποίησης (Group Nodes). Οι κόμβοι αποθηκεύουν τα δεδομένα τους στα κατάλληλα πεδία και η VRML 2.0 ορίζει 20 διαφορετικούς τύπους πεδίων που μπορούν να αποθηκεύσουν οτιδήποτε (από ένα απλό αριθμό μέχρι ένα πίνακα τρισδιάστατων περιστροφών).

Ένας VRML γράφος κατάστασης είναι ένας κατευθυνόμενος μη-κυκλικός γράφος. Οι κόμβοι του γράφου αυτού μπορούν να περιέχουν άλλους κόμβους (μερικοί τύποι κόμβων μπορούν να έχουν 'παιδιά') και μπορούν να περιέχονται σε ένα ή περισσότερους κόμβους (μπορούν να έχουν έναν ή περισσότερους 'γονείς'), αλλά ένας κόμβος δεν επιτρέπεται να περιέχει τον εαυτό του. Αυτή η δομή του γράφου κατάστασης κάνει δυνατή την δημιουργία μεγάλων ιδεατών κόσμων ή περίπλοκων αντικειμένων από απλά υπομήματα.

#### **5.3.4.2. Γεγονότα και Δρομολόγηση**

Η VRML 2.0 ορίζει ένα μηχανισμό δρομολόγησης γεγονότων ή μηνυμάτων, με τον οποίο οι κόμβοι στο γράφο κατάστασης μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Κάθε τύπος κόμβου ορίζει τα ονόματα και τους τύπους των γεγονότων, τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν ή να λάβουν στιγμιότυπα του τύπου αυτού. Επίσης, οι δηλώσεις ROUTE ορίζουν τα μονοπάτια επικοινωνίας μεταξύ δημιουργών (generators) και αποδεκτών (receivers) γεγονότων.

Μερικοί VRML κόμβοι δημιουργούν γεγονότα αντιδρώντας σε αλλαγές του περιβάλλοντος ή σε αλληλεπιδράσεις του χρήστη με το περιβάλλον. Η δρομολόγηση των γεγονότων παρέχει στους δημιουργούς VRML κόσμων ένα μηχανισμό, διαφορετικό από την ιεραρχία του γράφου κατάστασης, με τον οποίον αυτά τα γεγονότα μπορούν να διαδοθούν, έτσι ώστε να προκαλέσουν αλλαγές σε άλλους κόμβους. Από τη στιγμή που θα δημιουργηθούν, τα γεγονότα αποστέλλονται στους δρομολογημένους προορισμούς τους με χρονική σειρά και επεξεργάζονται από τους κόμβους που τα λαμβάνουν. Αυτή η επεξεργασία μπορεί να αλλάξει την κατάσταση του κόμβου, να δημιουργήσει επιπλέον γεγονότα ή να αλλάξει τη δομή του γράφου κατάστασης.

Το ιδανικό μοντέλο γεγονότων επεξεργάζεται όλα τα γεγονότα ακαριαία και με την σειρά που δημιουργούνται. Ένα

χρονογραμματοποίηση (timestamp) καθορίζει το χρόνο στον οποίο ένα γεγονός παραδίδεται σε έναν κόμβο και εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Πρώτα, αποτελεί μία θεμελιώδη συσκευή που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την χρονολογική ροή του μηχανισμού γεγονότων. Εξασφαλίζει, δηλαδή, ότι μπορούν να επιτευχθούν ντετερμινιστικά αποτελέσματα από πραγματικές υλοποιήσεις, οι οποίες θα πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψιν καθυστερήσεις επεξεργασίας και ασύγχρονες αλληλεπιδράσεις με εξωτερικές συσκευές. Δεύτερον, τα χρονογραμματοποίηση είναι επίσης διαθέσιμα σε Script κόμβους, για να μπορούν τα γεγονότα να επεξεργασθούν από τους κόμβους με βάση την σειρά διαφόρων ενεργειών του χρήστη ή με βάση το χρόνο που έχει διανυθεί μεταξύ γεγονότων.

#### 5.3.4.3. Αισθητήρες (Sensors)

Οι αισθητήρες είναι κόμβοι της VRML που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία γεγονότων όταν ικανοποιείται κάποια συνθήκη. Είναι ουσιαστικά οι μόνοι κόμβοι που μπορούν να δημιουργήσουν ένα εξερχόμενο γεγονός χωρίς πρώτα να ενεργοποιηθούν από κάποιο εισερχόμενο γεγονός. Επειδή οι αισθητήρες μόνο δημιουργούν γεγονότα θα πρέπει να συνδυαστούν με άλλους κόμβους μέσω δηλώσεων ROUTE, έτσι ώστε να έχουν κάποιο ορατό αποτέλεσμα στον ιδεατό κόσμο.

Οι αισθητήρες είναι κόμβοι παιδιά στο γράφο κατάστασης και γι' αυτό θα πρέπει να έχουν πατέρα κάποιο κόμβο ομαδοποίησης. Υπάρχουν 9 διαφορετικοί αισθητήρες που ορίζονται από το πρότυπο VRML97 και μπορούν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Environmental:** Οι κόμβοι αυτοί είναι οι Collision, ProximitySensor, TimeSensor, και VisibilitySensor. Αυτοί προκαλούν γεγονότα όταν το περιβάλλον αλλάζει με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιείται μια προκαθορισμένη συνθήκη.
- **Pointing Device:** Πρόκειται για τους κόμβους Anchor, CylinderSensor, PlaneSensor, SphereSensor και TouchSensor. Αυτοί δημιουργούν γεγονότα όταν ο χρήστης αλληλεπιδρά με κάποια αντικείμενα μέσα στον εικονικό κόσμο με τη χρήση του ποντικιού.

#### 5.3.4.4. Level of Detail (LoD)

Ο LoD κόμβος χρησιμοποιείται για να επιτρέψει στους σχεδιαστές του εικονικού περιβάλλοντος να βελτιώσουν την ταχύτητα αναπαράστασης μεγάλων εικονικών περιβαλλόντων. Η βασική ιδέα είναι τα αντικείμενα που βρίσκονται σε αρκετή απόσταση από τον χρήστη να μην αναπαριστούνται με την ίδια λεπτομέρεια, όπως τα κοντινά αντικείμενα. Ο σχεδιαστής μπορεί να καθορίσει διάφορες εκδοχές για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Ο VRML browser στην συνέχεια χρησιμοποιεί την κάθε εκδοχή του αντικειμένου αυτόματα. Το επίπεδο λεπτομέρειας που αναπαρίσταται το αντικείμενο εξαρτάται μόνο από την απόσταση μεταξύ του χρήστη και του αντικειμένου. Όσο πλησιάζει

ο χρήστης το αντικείμενο αναπαρίσταται με όλο και πιο μεγάλη λεπτομέρεια και μόνο όταν ο χρήστης είναι πάρα πολύ κοντά στο αντικείμενο, αυτό αναπαρίσταται στην μέγιστη ποιότητα. Χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό αυτό, μειώνεται η απαίτηση για υπολογιστική ισχύ αναφορικά με την αναπαράσταση των αντικειμένων, ενώ αυξάνεται και η ταχύτητα αναπαράστασης του εικονικού περιβάλλοντος συνολικά. Το μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται αρκετός χρόνος για την υλοποίηση LoD αντικειμένων.

#### 5.3.4.5. Animations

Ένα animation στη VRML είναι μια διαδοχική αλληλουχία γεγονότων που αποτελείται από 5 στάδια που περιγράφονται παρακάτω:

- **Trigger:** Ένας αισθητήρας ή ένα εξωτερικό πρόγραμμα δημιουργεί ένα γεγονός για να ξεκινήσει το animation. Συνήθως η ενεργοποίηση του animation γίνεται όταν ο χρήστης εκτελέσει κάποια συγκεκριμένη λειτουργία.
- **Logic:** Αυτό το στάδιο χρησιμοποιείται για διάφορους υπολογισμούς πριν από την εκκίνηση του animation. Η απαιτούμενη λογική περιέχεται σε ένα Script Node και όταν οι διάφοροι υπολογισμοί τελειώσουν αυτός στέλνει ένα χρονικό γεγονός για να ξεκινήσει το animation.
- **Timer:** Το εξερχόμενο γεγονός από το στάδιο logic προωθείται στο γεγονός startTime του χρονομέτρου. Κατόπιν, ο κόμβος TimeSensor δημιουργεί χρονικά γεγονότα είτε για κάποια καθορισμένη διάρκεια είτε μέχρι να λάβει ένα stopTime γεγονός.
- **Engine:** Τα εξερχόμενα γεγονότα των TimeSensors δρομολογούνται σε ένα σύνολο κόμβων που καθορίζουν τις ακριβές παραμέτρους για το animation στην κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτοί οι κόμβοι δημιουργούν γεγονότα που ελέγχουν τα αντικείμενα που συμμετέχουν στο animation. Οι κόμβοι που κάνουν αυτές τις ενέργειες είναι συνήθως interpolators (π.χ. PositionInterpolator, ColorInterpolator, κ.α.).
- **Target:** Τα εξερχόμενα γεγονότα από το στάδιο engine στέλνονται στους κόμβους που αναπαριστούν τα αντικείμενα-στόχους.

#### 5.3.4.6. Scripting

Ο πιο προσαρμόσιμος και χρήσιμος κόμβος που παρέχει είναι ο Script node. Ο κόμβος αυτός περιέχει ένα πρόγραμμα το οποίο μπορεί να στείλει και να λάβει events και να δημιουργήσει εξερχόμενα events όπως κάθε άλλος κόμβος. Αντίθετα όμως με τους άλλους κόμβους ο Script node μπορεί να εκτελέσει ένα πρόγραμμα για να δημιουργήσει τα αυτά τα events. Το πρόγραμμα τα πεδία και τα events αυτό γράφονται και καθορίζονται από τον χρήστη. Συνήθως ένα script χρησιμοποιείται για τα παρακάτω:

- Δημιουργία animation

- Επεξεργασία της εισόδου του χρήστη για την ενεργοποίηση ενός animation
- Αλληλεπίδραση με τον browser
- Διαχείριση του εικονικού κόσμου
- Επικοινωνία με τον server μέσω του δικτύου

Ένας Script node ενεργοποιείται όταν λάβει ένα event. Στην συνέχεια ο browser εκτελεί το πρόγραμμα που αναγράφεται στο url field του κόμβου

#### 5.3.4.7. Prototypes

Η VRML 2.0 περιέχει ένα μηχανισμό πρωτοτύπων για την συμπύκνωση και επαναχρησιμοποίηση του γράφου κατάστασης. Αυτός ο μηχανισμός υλοποιείται μέσω της δήλωσης PROTO. Ουσιαστικά, ο μηχανισμός αυτός επιτρέπει τον ορισμό ενός νέου τύπου κόμβου χρησιμοποιώντας συνδυασμό υπάρχοντων κόμβων της VRML. Έτσι, η VRML γίνεται πιο εύχρηστη και μειώνεται αρκετά ο όγκος των VRML αρχείων.

Τα πρωτότυπα δίνουν τη δυνατότητα στον σχεδιαστή να επεκτείνει το σύνολο των κόμβων της VRML. Αυτά μπορούν να οριστούν μέσα στο ίδιο αρχείο στο οποίο χρησιμοποιούνται (PROTO) ή να οριστούν σε ένα άλλο αρχείο (EXTERNPROTO).

#### 5.3.4.8. External Authoring Interface (EAI)

Το EAI είναι ένα interface μέσω του οποίου μπορούν να εκτελεστούν διάφορες πράξεις από μια εξωτερική εφαρμογή σε έναν VRML κόσμο. Το EAI έχει προτυποποιηθεί στο Part 2, ISO/IEC 14772 (VRML97). Το πρότυπο τυποποιεί το interface επιτρέποντας σε μια εξωτερική εφαρμογή να προσπελάσει nodes (κόμβους) υψηλού επιπέδου του κόσμου. Το EAI μιμείται την προσπέλαση του script node. Για την διευκόλυνση της αποστολής γεγονότων στο εξωτερικό περιβάλλον, το EAI έχει υλοποιήσει έναν νέο μηχανισμό. Για την λήψη ενός γεγονότος που στέλνεται σε ένα eventOut το εξωτερικό περιβάλλον, δηλώνει την πρόθεση για λήψη. Ο μηχανισμός αυτός είναι παρόμοιος με την λειτουργικότητα του processEvent της VRML, αλλά διαφέρει με την ασύγχρονη φύση του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Εννοιολογικά το EAI επιτρέπει τρεις τύπους προσπέλασης στον VRML εικονικό κόσμο:

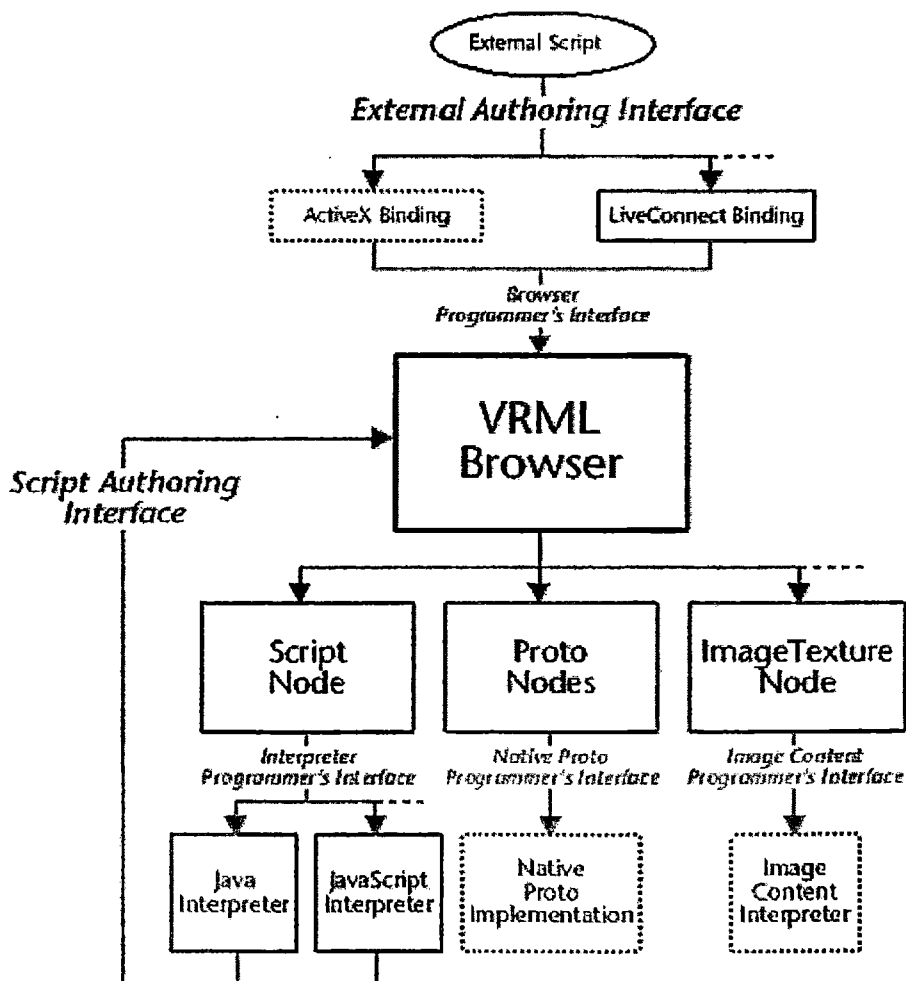
- Προσπέλαση της λειτουργικότητας του Browser Script Interface
- Αποστολή γεγονότων σε eventIns κόμβων του VRML αρχείου
- Ανάγνωση της τελευταίας τιμής που αποστέλλονται από eventOuts κόμβων του VRML αρχείου
- Ενημέρωση για την αλλαγή τιμών των πεδίων ενός κόμβου του VRML αρχείου

Ανάλογα με την λειτουργία των scripts σε ένα VRML αρχείο, το EAI επιτρέπει Προσπέλαση όλης της λειτουργικότητας του Browser Script Interface. Για παράδειγμα μπορούν να γίνουν ενημερώσεις σχετικά με την κατάσταση του browser, μπορούν να προστεθούν ή να αφαιρεθούν routes και κόμβοι. Το EAI επεκτείνει το βασικό interface του browser με διάφορες δυνατότητες όπως ανάκτηση των δηλώσεων των κόμβων.

Στην εικόνα 23 φαίνεται η αλληλεπίδραση του EAI με τον VRML κόσμο.

Ορισμένα παραδείγματα στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί το EAI είναι τα παρακάτω:

- Έλεγχος αλληλεπιδραστικών πολυμεσικών παρουσιάσεων
- Έλεγχος, σε πραγματικό χρόνο, ενός αντικειμένου του εικονικού κόσμου από ένα 2-D applet.
- Προσαρμογή των τρόπων πλοήγησης στον VRML κόσμων
- Δημιουργία πολυχρηστικών κόσμων με chat windows και άλλες δικτυακές εφαρμογές που απαιτούν ένα user interface applet.



Εικόνα11: VRML browser και EAI

### 5.3.4.9. VRML browsers

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το πρότυπο της VRML διευκολύνει την ανάπτυξη συμβατών viewers για VRML αρχεία. Οι viewers αυτοί ονομάζονται VRML browsers. Ένας προγραμματιστής που υλοποιεί έναν VRML browser θα πρέπει να ασχοληθεί με τα παρακάτω θέματα:

- Συμβατότητα με το πρότυπο της VRML

Παλιότερα λόγω έλλειψης συμβατότητας υπήρχε το πρόβλημα ότι διαφορετικοί browsers αναπαριστούσαν ένα VRML αρχείο με διαφορετικούς τρόπους. Το πρόβλημα αυτό επιλύθηκε με το πρότυπο της VRML 97. Ένας από τους στόχους του προτύπου ήταν η δημιουργία λεπτομερών και σαφώς καθορισμένων περιγραφών για την σύνταξη και την σημασιολογία της γλώσσας. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία browsers οι οποίοι αναπαριστούν τον ίδιο εικονικό κόσμο με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Για να συμβαίνει αυτό οι browsers θα πρέπει να είναι πλήρως συμβατοί με το πρότυπο.

- Δυνατότητα scripting

Ένα λεπτό θέμα είναι τα πολύ σύνθετα interfaces μεταξύ VRML και script γλωσσών προγραμματισμού όπως JavaScript. Εξαιτίας διάφορων προβλημάτων στους VRML browsers αλλά και στους γνωστούς HTML browsers η συμπεριφορά των script nodes συνήθως διαφέρει σημαντικά από την επιθυμητή. Οι προγραμματιστές για να βεβαιωθούν ότι τα scripts εκτελούνται σωστά θα πρέπει να δοκιμάσουν όλους τους δυνατούς συνδυασμούς VRML και HTML browsers, κάτι που απαιτεί χρόνο ακόμη και διπλάσιο από αυτόν της υλοποίησης.

- Δυνατότητα rendering:

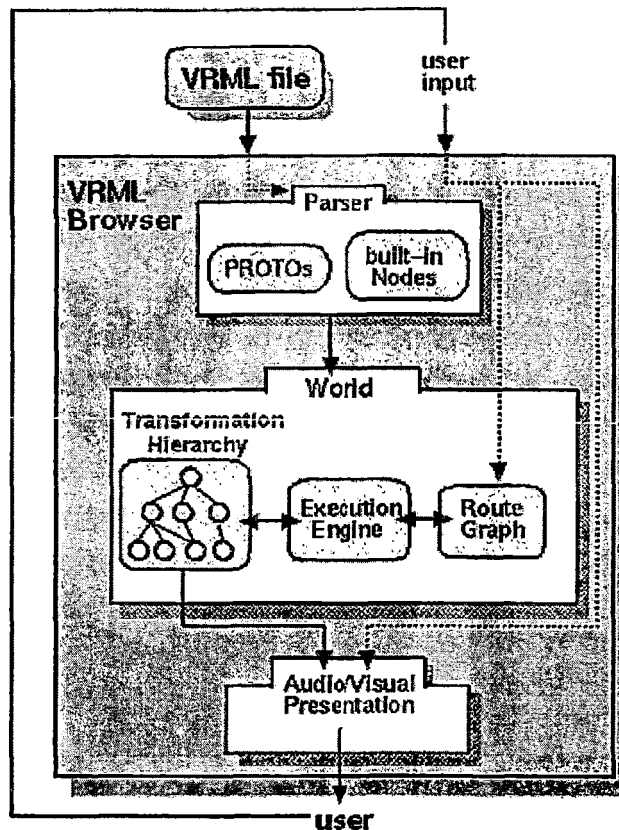
Μια από τις πιο σημαντικές ιδιότητες ενός VRML είναι η ισχύς της μηχανής αναπαράστασης που διαθέτει (render engine). Όσο πιο μεγάλο είναι το framerate τόσο πιο σύνθετος μπορεί να είναι ο κόσμος που αναπαρίσταται. Συνεπώς οι browsers πρέπει να χρησιμοποιούν hardware επιταχυντές γραφικών για να βελτιώσουν την ταχύτητα αναπαράστασης των γραφικών. Επιπλέον η ακρίβεια και η ποιότητα αναπαράστασης είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα.

Εκτός από τα παραπάνω θέματα σχετικά με την λειτουργία τους, οι VRML browsers πρέπει να παρέχουν στους χρήστες ένα εργονομικά εύχρηστο και ελκυστικό user interface. Το user interface θα πρέπει να προσφέρει στους χρήστες διάφορους τρόπους πλοήγησης στον εικονικό κόσμο. Οι δυο βασικοί τρόποι πλοήγησης είναι οι παρακάτω:

- Walking mode: όπου ο χρήστης μπορεί να περπατά στον εικονικό κόσμο και να κινείται προς όλες τις κατευθύνσεις, έχοντας την δυνατότητα να αλλάξει κατεύθυνση, να ανέβει και να κατέβει σκάλες κλπ.



- Examining mode: όπου ο χρήστης μπορεί να εξετάσει διάφορα αντικείμενα να τα περιστρέψει να κάνει zoom κλπ. Αυτός ο τρόπος πλοήγησης δεν παρέχεται πάντα στον χρήστη, αλλά μόνο σε ορισμένα αντικείμενα.



Εικόνα 12: Η δομή ενός τυπικού VRML browser

Το user interface ενός VRML browser πρέπει να προσφέρει και διάφορα επιπλέον εργαλεία τα οποία διευκολύνουν την πλοήγησή του στο εικονικό περιβάλλον. Τέτοια εργαλεία είναι η δυνατότητα εναλλαγής διάφορων viewpoints που καθορίζονται από τον προγραμματιστή του εικονικού κόσμου, και η δυνατότητα αυτόματης μετακίνησης του χρήστη μπροστά από ένα αντικείμενο που επιλέγει ή μπροστά από έναν άλλο χρήστη (σε πολυχρηστικούς εικονικούς κόσμους).

Ένας VRML browser είναι πολύ πιο σύνθετος από μια μηχανή αναπαράστασης γραφικών και αυτό γιατί πρέπει να επεξεργάζεται διάφορες ενέργειες του χρήστη, γεγονότα που συμβαίνουν στον ιδεατό κόσμο, φωνητική συνομιλία κλπ.

Η δομή ενός τυπικού VRML browser φαίνεται στην εικόνα 12

Ένας VRML browser αποτελείται από τρία τμήματα που εκτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία. Τα τμήματα αυτά είναι:

- Parser: διαβάζει και αναλύει το VRML αρχείο, και παράγει το scene graph

- **World:** περιέχει το transformation hierarchy των κόμβων και το route graph (η δομή δεδομένων που περιγράφει τις πηγές και τους προορισμούς των εισερχόμενων και εξερχόμενων γεγονότων-events). Το execution engine απαιτείται για να μεταδίδει τα γεγονότα μεταξύ των κόμβων. Επίσης χρησιμοποιείται για να λαμβάνει ενέργειες των χρηστών που ενεργοποιούν γεγονότα.
- **Audio/Visual representation:** εκτελεί την αναπαράσταση του τρισδιάστατου περιβάλλοντος. Είναι επίσης υπεύθυνο για μίξη και την αναπαραγωγή του ήχου.

Οι κυριότερες λειτουργίες που εκτελεί ένας VRML browser φαίνονται κατά σειρά στον παρακάτω αλγόριθμο:

1. Αρχικοποίηση του περιβάλλοντος εκτέλεσης.
2. Ανάγνωση του VRML αρχείου από τον VRML browser. Αν ο VRML browser είναι ένα plugin τότε VRML το αρχείο φορτώνεται από τον HTML browser.
3. Ανάλυση της σύνταξης του VRML αρχείου από τον parser.
4. Ανάλυση των ορισμών των protos. Για την υπόλοιπη διαδικασία τα protos συμπεριφέρονται σαν built-in κόμβοι.
5. Ανάκτηση των σχετικών textures, inlines και ήχων μέσω του HTML-browser. Αν ορισμένα από τα παραπάνω αντικείμενα δεν φορτωθούν, ο κόσμος φορτώνεται χωρίς όμως να εμφανίζονται τα συγκεκριμένα αντικείμενα.
6. Εσωτερική αναπαράσταση του scene graph.
7. Αναπαράσταση του κόσμου.
8. Επεξεργασία των ενεργειών του χρήστη.
9. Εκτέλεση των scripts.
10. Διανομή των γεγονότων μέσω προκαθορισμένων routes.
11. Επανάληψη των βημάτων από το βήμα 7.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο παραπάνω αλγόριθμος παρουσιάζει με έναν απλουστευμένο τρόπο την λειτουργία ενός VRML browser. Στην πραγματικότητα οι browsers χρησιμοποιούν διαφορετικά threads για την αναπαράσταση του κόσμου, την επεξεργασία των γεγονότων και των ενεργειών του χρήστη, καθώς και την ανάκτηση των σχετικών δεδομένων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α  
ΕΦΑΡΜΟΓΗ

# ΕΦΑΡΜΟΓΗ

## ΕΝΑ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΣΠΙΤΙ

Χρησιμοποιώντας τα παρακάτω εργαλεία:

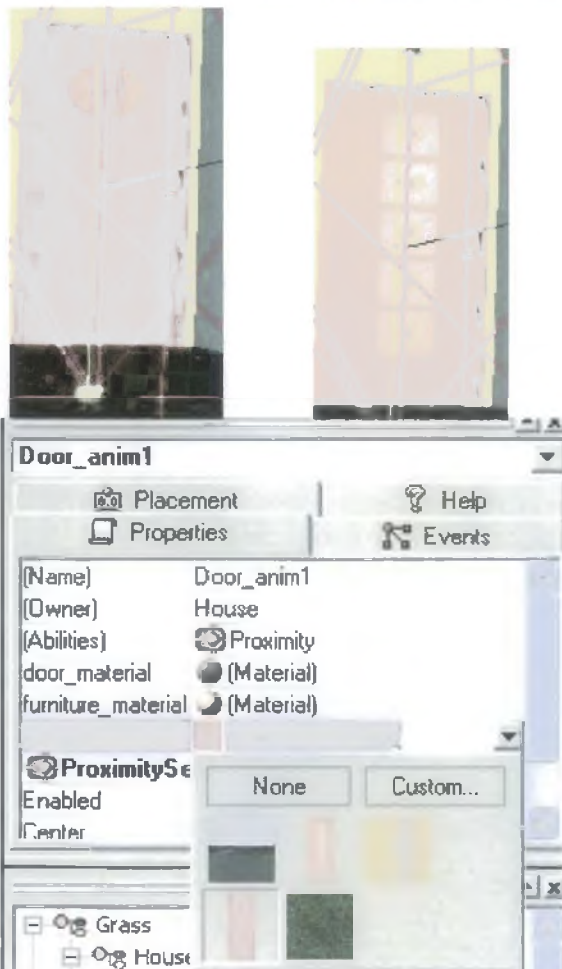
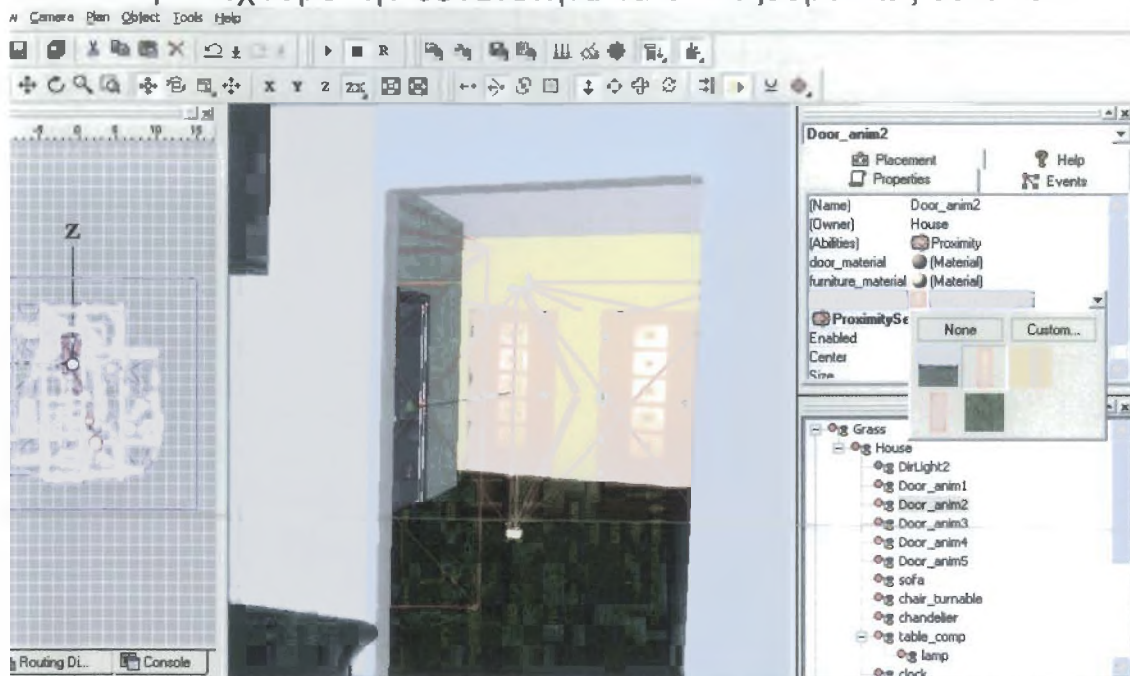
- Cortona v. 4.0 (Browser για ην αναπαράσταση 3D περιβαλλόντων)
- Parallel Graphics Interne Internet Space Builder (3D modeling tool)
- Parallel Graphics Internet Scene Assembler (3D modeling tool)

δημιούργησα μια μικρή εφαρμογή «ξενάγηση σε ένα εικονικό σπίτι»



Εικόνα 13. Το εικονικό σπίτι

Για παράδειγμα μπορούμε να βάλουμε μια πόρτα η οποία αφού τοποθετηθεί έχουμε την δυνατότητα να επιλέξουμε πως θα είναι.



Εικόνα 15. Εισαγωγή πόρτας

Χρησιμοποιώντας το Internet Scene Assembler μας δίνεται η δυνατότητα από έτοιμα αντικείμενα που διατίθενται στην μπάρα , να φτιάξουμε μια εικονική αναπαράσταση, για παράδειγμα ένα εικονικό σαλόνι:



**Εικόνα 13. Το εικονικό σαλόνι**

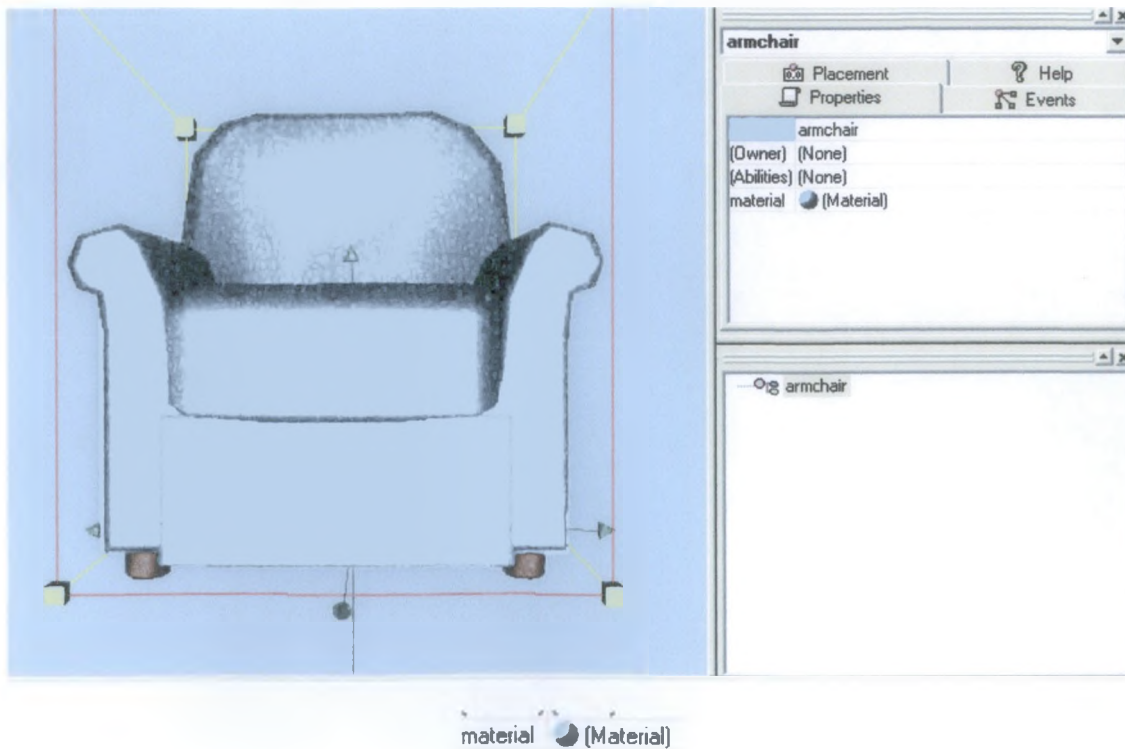
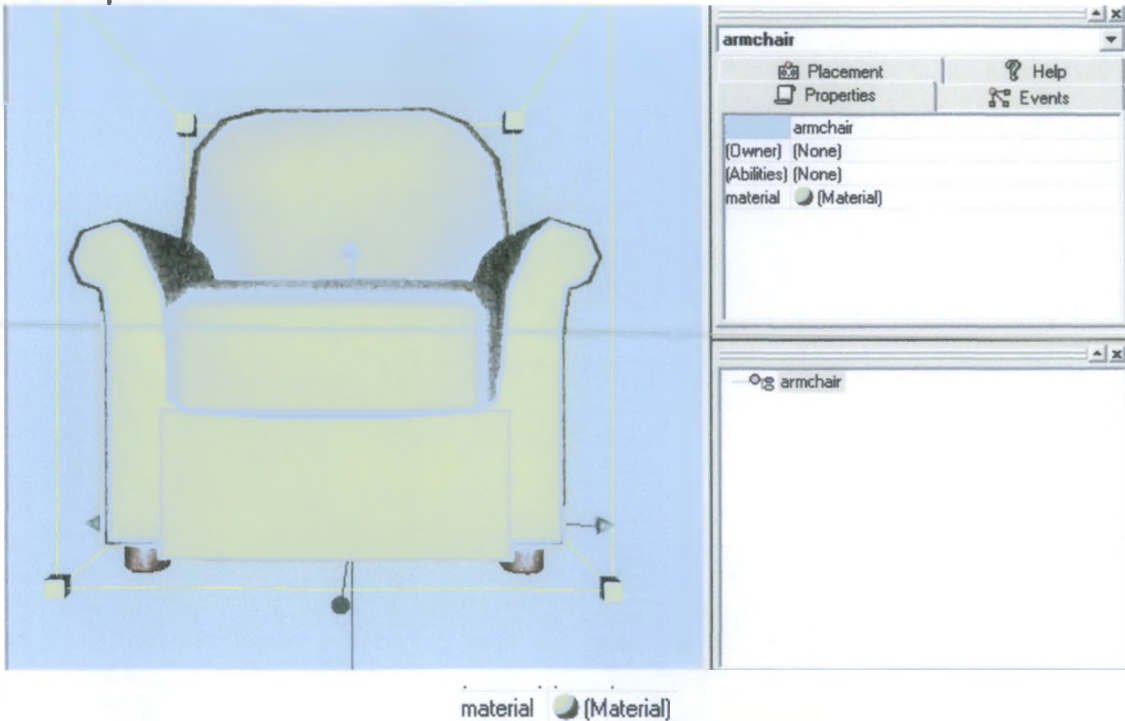
Παρακάτω βλέπουμε την μπάρα από τα έτοιμα αντικείμενα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να φτιάξουμε ένα εικονικό περιβάλλον.

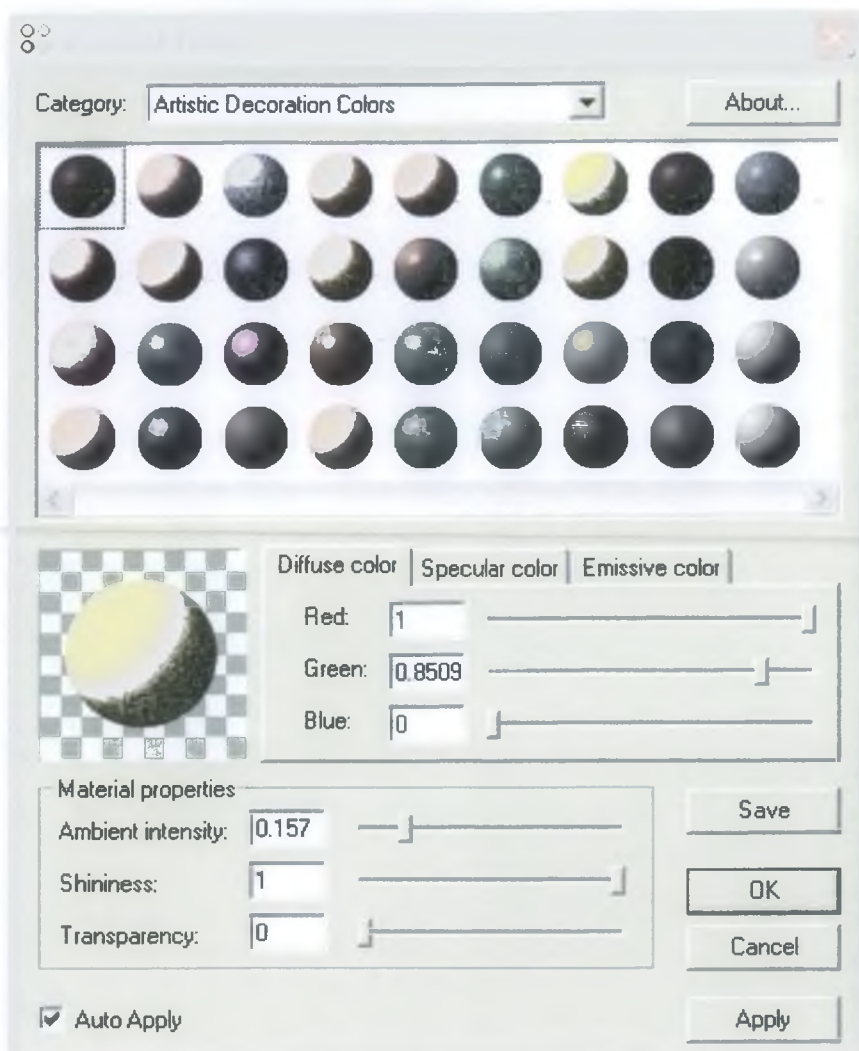


**Εικόνα 14. Μπάρα εικονικών αντικειμένων**



Όπως φαίνεται στα παραπάνω σχήματα εύκολα μέσα από την μπάρα εργαλείων μπορούμε να επιλέξουμε το σχέδιο της πόρτας που θέλουμε να έχουμε. Το ίδιο φυσικά γίνεται με όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν στην μπάρα αντικειμένων. Για παράδειγμα τη πολυθρόνα.





**Εικόνα 15. Παράδειγμα πολυθρόνας**

Parallel Graphics Internet Space Builder / Internet Scene Assembler: Το Internet Space Builder αποτελεί ένα εργαλείο για τη δημιουργία εντυπωσιακών τρισδιάστατων κόσμων και ήχων για το δίκτυο για αυτό χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση παλαιότερων και μελλοντικών κόσμων, αλλά και για εκπαιδευτικούς σκοπούς από απομακρυσμένους χρήστες. Το Internet Scene Assembler είναι ένα ανωτάτου επιπέδου τεχνικής επαναστατικό εργαλείο που επιτρέπει στον χρήστη να συγκεντρώνει τρισδιάστατες σκηνές είτε με animations είτε με διασυνδέσεις χωρίς να χρειαστεί να προγραμματίσει, για αυτό προσφέρεται για εικονικές περιηγήσεις, για παρουσιάσεις και οπτικά εγχειρίδια για μαθητές. Και τα δύο αυτά εργαλεία υποστηρίζουν το πρότυπο VRML 97 και 2.0.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β  
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ψαλτούλης Δ, «Σχεδιασμός και Υλοποίηση ενός Εκπαιδευτικού Εικονικού Περιβάλλοντος» Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής, Ιούνιος 2002
2. Ψαρούδης Χ, «Σχεδιασμός και Υλοποίηση εξυπηρετητή για διαμοιραζόμενα & κατακευματισμένα Εικονικά Περιβάλλοντα» Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής, Ιούνιος 2002
3. Δασκαλογιαννής Ν, «Ανασκόπηση τρεχόντων τεχνολογιών και προτύπων για την δημιουργία εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων», Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής, Σεπτέμβριος 2002
4. Χαρίτος Δ, Μαρκάτος Δ, «Εικονική Πραγματικότητα», Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Τμήμα Πληροφορικής Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1999
5. Singhal S., Zyda M., "Networked Virtual Environments: Design and Implementation", ISBN 0-201-32557-8, ACM Press, 1999
6. Hartman J., wernecke J., "the VRML 2.0 Handbook: Building Moving Worlds on the Web", Addison-Wesley, 1996.
7. G. Singh, L. Serra, W. Png, A. Wong, et al., "BrickNet: software toolkit for network-based virtual environments". PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments 3(1): 19-34, Winter 1994.
8. Macedonia M., Zyda R., Michael J., Pratt, David R., Barham, Paul T. and Zeswitz, Steven, "NPSNET: A Network Software Architecture for Large Scale Virtual Environments", Presence, Vol. 3, No. 4. Fall 1994
9. Cruz-Neira C., Sandin D.J., DeFanti T.A., "Surrounding projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE", proceedings of ACM SIGGRAPH, Anaheim, July 1993
10. Carlson C., Hagsand O., "DIVE-A multi-user virtual reality system", proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, pp. 394-400, September 1993

## WEB SITES

1. DIVE: <http://www.sics.se/dive/>
2. Swedish Institute of Computer Science (SICS): <http://www.sics.se/>

4. NRSNET: <http://www.npsnet.org/>
5. Naval Postgraduate School (USA): <http://www.nps.navy.mil/>
6. MASSIVE: <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/systems/>
7. WebTalk: <http://webtalk.elet.polimi.it/>
8. SPLINE: <http://www.merl.com/projects/spline/index.html>
9. VLNET: <http://miralabwww.unige.ch/~vlnet/>
10. Community Place: <http://www.community-place.com/>
11. Think Tanx development environment: <http://www.viviance.com>
12. TheU: <http://www.ccon.org/theu/index.html>
13. Contact Consortium: <http://www.ccon.org/>
14. Cybertown Campus: <http://cybertown.com/campusmt.html>
15. NICE: <http://www.evl.uic.edu/tile/NICE/>
16. Virtual Cell: <http://www.ndsu.nodak.edu/instruct/mcclean/vc/>
17. blaxxun interactive: <http://www.blaxxun.com/>
18. SENSE8: <http://www.sense8.com/>
19. Paraworld: <http://www.paraworld.com/>
20. ParallelGraphics: <http://www.parallelgraphics.com>
21. DOVRE: <http://televr.fou.telenor.no/dovre.htm>
22. Εικονική Πραγματικότητα: <http://www.geocities.com/jkostaras/vr.html>