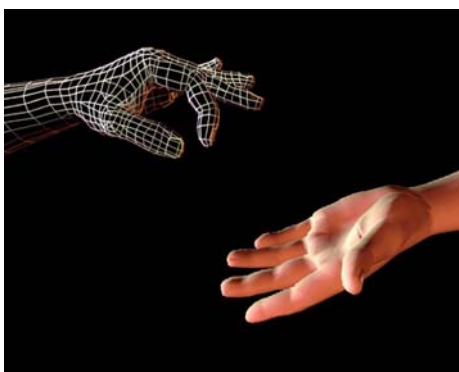


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ



Περιεχόμενα	Σελίδα
2.1. Εικονικά Περιβάλλοντα (Virtual Environments) _____	56
2.2. Εικονικά Περιβάλλοντα σε δίκτυο (Networked Virtual Environments) _____	58
2.2.1. Εικονικά περιβάλλοντα για αλληλεπίδραση _____	63
2.2.2. Εικονικοί άνθρωποι σε περιβάλλον NVE _____	63
2.2.3. Πλήρης ενσωμάτωση στο περιβάλλον και παρουσία (Immersion and Presence) _____	64
2.2.4. Η πιστότητα στα NVEs _____	66
2.3. Ανάπτυξη και ανάλυση των NVEs _____	66
2.3.1. Προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός NVE. _____	68
2.3.2. Επιλογές σχεδιασμού για τα NVEs _____	68
2.3.2.1. Αρχιτεκτονική του host _____	71
2.3.2.2. Θέματα διανομής δεδομένων _____	72
2.3.2.3. Δομή του χώρου (Space Structuring) _____	73
2.3.2.4. Τοπολογία Δικτύου (Network Topology) _____	77
2.3.2.5. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας (protocol) _____	81
2.4. Μελλοντικές βελτιώσεις _____	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2 ^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ _____	82

2.1. Εικονικά Περιβάλλοντα (Virtual Environments)

Οι ρίζες της εικονικής πραγματικότητας προσδιορίζονται στο 1962 με το «Sensorama» του Morton Heilig. Το 1968 ο Ivan Sutherland περιέγραψε μια συσκευή που προσαρμοζόταν στο κεφάλι και μπορούσε να ανιχνεύσει το χρήστη σε ένα γραφικό περιβάλλον. Η στρατιωτική έρευνα κατά τη διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου έχει να δώσει αναρίθμητες συνεισφορές στο πεδίο της εικονικής πραγματικότητας (προσομοιώσεις μάχης κ.τ.λ.).

Τα τελευταία χρόνια η εικονική πραγματικότητα με την ανάπτυξη της έκτης γενιάς των υπολογιστών δεν έχει πλέον όρια μεταξύ του χρήστη και της μηχανής. Ένας λόγος για τον οποίο η εικονική πραγματικότητα παρουσιάζει τόσο ενδιαφέρον είναι ότι προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς εφαρμογών.

Για παράδειγμα θα μπορούσαν να αναφερθούν εφαρμογές σε επικίνδυνα ή απομονωμένα περιβάλλοντα, σε διάφορα θέματα επιστημονικής φύσης, σχεδιασμού, εκπαίδευσης και έρευνας, συνεργατικής εργασίας, εξερεύνησης του διαστήματος και διασκέδασης. [14]

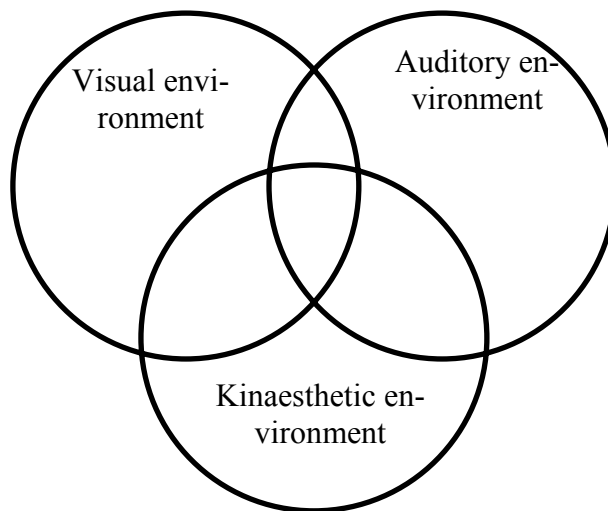
Ο Steve Ellis παρουσίασε μια σημαντική εισαγωγή στα θέματα τα σχετικά με τα εικονικά περιβάλλοντα (1991). [9] Ορίζει την εικονική πραγματικότητα (virtualization) σαν "τη διαδικασία εκείνη κατά την οποία ένας άνθρωπος είναι μέρος ενός περιβάλλοντος, διαφορετικό από το φυσικό του περιβάλλον." Επίσης, κατηγοριοποιεί την εικονική πραγματικότητα σε τρία επίπεδα: τον εικονικό χώρο (virtual space), την εικονική εικόνα (virtual image) και το εικονικό περιβάλλον (virtual environment).

Ένα παράδειγμα του εικονικού χώρου είναι μια επίπεδη επιφάνεια στην οποία αποδίδεται μια εικόνα και ο παρατηρητής μπορεί να βλέπει στο χώρο αυτό τρισδιάστατα αντικείμενα.

Η εικονική εικόνα αναφέρεται στην προοπτική του αντικειμένου, για παράδειγμα διαμέσου στερεοσκοπικών εικόνων.

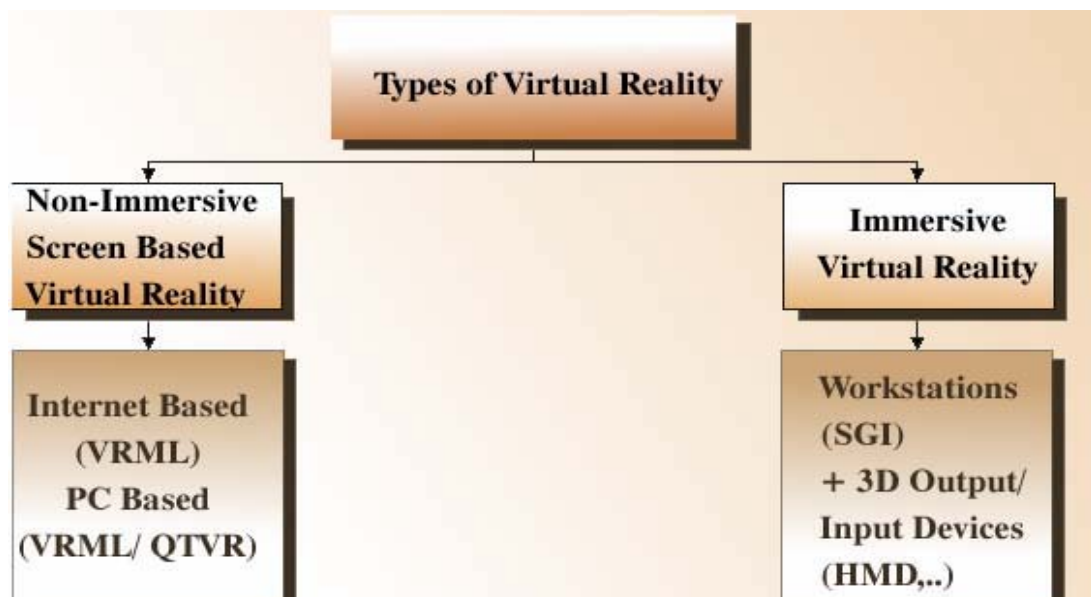
Το εικονικό περιβάλλον ενσωματώνει τον συμμετέχοντα σαν ένα τμήμα του εικονικού κόσμου, έτσι ώστε οι πράξεις του σε αυτό τον κόσμο να ανταποκρίνονται σε αυτές στο φυσικό κόσμο.

Ιδεατά, ένα εικονικό περιβάλλον, πρέπει να καλύπτει τρία στοιχεία για να ενσωματώσει κάποιον συμμετέχοντα: το οπτικό (visual), το ακουστικό (auditory) και το κινηματικό (kinesthetics). Η τομή των στοιχείων αυτών (Εικόνα 2.1) είναι πολύ σπουδαία, επειδή δείχνει ένα πλήρως αλληλεπιδραστικό περιβάλλον.



Εικόνα 2.1: Τα στοιχεία του εικονικού περιβάλλοντος
(Πηγή: [9])

Η εικονική πραγματικότητα μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κύριους τύπους, [14] ανάλογα με το βαθμό της ενσωμάτωσης του χρήστη και του περιβάλλοντος επικοινωνίας. Η παρακάτω εικόνα παριστάνει τους δύο αυτούς τύπους, δηλαδή τα συστήματα ενσωμάτωσης (immersive) και μη ενσωμάτωσης (non-immersive). Στα συστήματα ενσωμάτωσης, υπάρχει πλήρης επικοινωνία μεταξύ των χρηστών και του εικονικού χώρου. Σε τέτοιες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιούνται τα ειδικά γάντια δεδομένων (data gloves) ή και πολυμεσικές συσκευές που τοποθετούνται στο κεφάλι (multi-media head mounted display devices HMD). Τα συστήματα μη ενσωμάτωσης περιλαμβάνουν εφαρμογές που παρουσιάζονται στην οθόνη ενός υπολογιστή.



Εικόνα 2.2.: Τύποι συστημάτων εικονικής πραγματικότητας.
(Πηγή: <http://www.casa.ucl.ac.uk/planning/articles41/vrsim.htm>)

2.2. Εικονικά Περιβάλλοντα σε δίκτυο (Networked Virtual Environments)

Μέχρι πρόσφατα, η πλειοψηφία των εικονικών κόσμων ήταν συστήματα ενός χρήστη (single- user systems). [9] Η χρησιμότητα τέτοιων συστημάτων στον πραγματικό κόσμο είναι περιορισμένη επειδή δεν υποστηρίζουν τη συνεργασία μεταξύ των μελών μιας ομάδας. Τα δίκτυα σε συνδυασμό με την αλληλεπιδραστική τεχνολογία των εικονικών κόσμων θα κυριαρχήσουν στη νέα τεχνολογία των πληροφοριών. Η νέα τεχνολογία, θα πρέπει να συνδέει ανθρώπους, συστήματα, πληροφοριακά δεδομένα καθώς και διαφορετικές τεχνολογίες. Η πληροφορία θα πρέπει να κυκλοφορεί μέσα στο δίκτυο. Η ανάπτυξη εικονικών κόσμων που υποστηρίζουν τη συνεργατικότητα μεταξύ των συμμετεχόντων, απαιτεί γνώσεις στον προγραμματισμό δικτύων, στην διαχείριση αντικειμένων και συσκευών και στη σχεδίαση του πλαισίου επικοινωνίας για το χρήστη (user interface design).

Τα εικονικά περιβάλλοντα σε δίκτυο (Networked Virtual Environments - NVEs) είναι συστήματα τα οποία επιτρέπουν σε χρήστες που είναι γεωγραφικά διασκορπισμένοι να αλληλεπιδρούν σε ένα κοινό εικονικό περιβάλλον. Οι χρήστες αυτοί, παριστάνονται σαν τμήμα του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα σαν μια γραφική απεικόνιση (graphical embodiment). Ο χρήστης μπορεί να εξελιχθεί στο περιβάλλον καθώς και να αλληλεπιδράσει μαζί του.

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον (Networked Virtual Environment - NVE) είναι ένα σύστημα στο οποίο πολλοί απομακρυσμένοι (ή μη) χρήστες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. [10] Τυπικά, κάθε χρήστης χρησιμοποιεί τον υπολογιστή του (ή άλλον τερματικό εξοπλισμό) ο οποίος του προσφέρει το κατάλληλο user-interface για να προσπελάσει το υλικό ενός Εικονικού Περιβάλλοντος (Virtual Environment - VE). Τα περιβάλλοντα αυτά σκοπεύουν να προσφέρουν στους χρήστες μια αίσθηση ρεαλισμού ενσωματώνοντας τρισδιάστατα (3 Dimensional – 3D) γραφικά και στερεοφωνικό ήχο. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον διακρίνεται από τα παρακάτω γενικά χαρακτηριστικά:

1. **Διαμοίραση του χώρου:** όλοι οι συμμετέχοντες έχουν την αίσθηση ότι βρίσκονται στον ίδιο χώρο, σαν να είναι στο ίδιο δωμάτιο ή κτίριο. Αυτός ο διαμοιραζόμενος χώρος αναπαριστά μια κοινή τοποθεσία όπου μπορούν να συμβούν διάφορες αλληλεπιδράσεις 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.
2. **Διαμοίραση της παρουσίας:** κατά την είσοδο στον διαμοιραζόμενο χώρο, κάθε συμμετέχοντας παίρνει τη μορφή μιας εικονικής αναπαράστασης που 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. Ένα avatar δεν απαιτείται να έχει ανθρώπινη μορφή. Μπορεί να είναι ένα ζώο, ένα φυτό, ή οποιαδήποτε άλλη φιγούρα. Κάθε συμμετέχοντας κατά την εί-

σοδό του στο Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον μπορεί να δει τα avatars των άλλων συμμετεχόντων που βρίσκονται στο διαμοιραζόμενο χώρο ενώ και 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 που ελέγχονται από event-driven μοντέλα εξομοίωσης ή ακόμη rule-based μηχανές.

3. **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.
4. **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 την απαραίτητη αίσθηση ρεαλισμού σε ένα εικονικό περιβάλλον και είναι το θεμελιώδες στοιχείο εκπαιδευτικών συστημάτων.
5. **Έναν τρόπο διαμοίρασης:** Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παρέχουν 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.

Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον αποτελείται από τέσσερα βασικά στοιχεία:

- Μηχανές γραφικών και οθόνες
- Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας
- Επεξεργαστές
- Ένα δίκτυο δεδομένων

Τα στοιχεία αυτά συνεργάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν σε απομακρυσμένους χρήστες την αίσθηση της συνύπαρξης στο εικονικό περιβάλλον.

➤ **Μηχανές γραφικών και οθόνες**

Οι μηχανές γραφικών και οι οθόνες είναι το πιο βασικό στοιχείο του user-interface 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 αναπαράσταση γραφικών. Ακόμη, οι επεξεργαστές γραφικών υψηλής ταχύτητας είναι φθηνοί και δίνουν στους προσωπικούς υπολογιστές ισχύ για την αναπαράσταση των γραφικών, που ανταγωνίζεται μικρομεσαίους σταθμούς επεξεργασίας γραφικών. [11]

Από την άλλη πλευρά, οι παιχνιδομηχανές αποτελούν κατάλληλες συσκευές για την προβολή Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

Οι παραδοσιακές οθόνες, παρόλο που παρέχουν υψηλής ποιότητας τρισδιάστατη αναπαράσταση προσφέρουν περιορισμένο *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. [12] 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 *immersive* οθόνη γραφικών είναι το CAVE. [13] Το 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, κλπ.), χρησιμοποιώντας περιφερειακή όραση 270 μοιρών. Καθώς ο χρήστης κινείται στο εικονικό περιβάλλον, οι ανανεωμένες εικόνες προβάλλονται στους τοίχους του CAVE δίνοντας μια αίσθηση ομαλής κίνησης.

➤ **Συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας**

Οι χρήστες πρέπει να έχουν την δυνατότητα να κινούνται, να πιάνουν, να μεταχειρίζονται αντικείμενα και επίσης 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 (data glove)
- 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 τη 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 παίζει 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.

➤ 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 τη θέση των χρηστών στο εικονικό περιβάλλον αλλά και τη θέση των άλλων αντικειμένων στο περιβάλλον. Ο επεξεργαστής καθορίζει πως 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 απόλυτο immersion, κάθε διαθέσιμος κύκλος επεξεργαστή μπορεί να κατανεμηθεί για την δημιουργία υψηλότερης ποιότητας γραφικών σε ταχύτερα 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.

➤ 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 επιλέξει 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 Περιβαλλόντος (χρόνο, τοποθεσία, κλπ.). Επίσης υποστηρίζει την γραπτή, ηχητική και οπτική επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.

Για χρόνια τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα χρησιμοποιούνταν μόνο από Πανεπιστήμια, για στρατιωτικούς σκοπούς ή από Ινστιτούτα σχετικά με την βιομηχανία τα οποία είχαν γρήγορα τοπικά δίκτυα όπως Ethernet και Token Ring. Επειδή τα δίκτυα προσέφεραν περιορισμένη χωρητικότητα και τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα δεν κατάφεραν να την διαχειριστούν αποτελεσματικά, τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα μπορούσαν να υποστηρίξουν πολύ λίγους ταυτόχρονους χρήστες (λιγότερους από δέκα). Επειδή η χωρητικότητα του Internet ήταν περιορισμένη τα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα δεν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το Internet σαν δίκτυο δεδομένων. Ένα Δικτυακό Εικονικό Περιβάλλον, για να υποστηρίξει χρήστες από πολλά διαφορετικά σημεία (sites), έπρεπε να χρησιμοποιεί κάποιο ιδιωτικό δίκτυο που προσέφερε υψηλό εύρος ζώνης.

Η κατάσταση στα δίκτυα έχει αλλάξει δραματικά τα τελευταία χρόνια. Η χωρητικότητα των τοπικών δικτύων έχει αυξηθεί κατά έναν παράγοντα 100, καθώς τα δίκτυα Ethernet από 10 Mbps υποστηρίζουν 1 Gbps. Σαν αποτέλεσμα, τα τοπικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα που υποστηρίζουν εκατοντάδες ταυτόχρονους συμμετέχοντες.

Επίσης η πρόοδος στις δικτυακές τεχνολογίες επέτρεψε στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα να ξεφύγουν από τα όρια των ιδιωτικών δικτύων. Ακόμη, οι ταχύτητες που προσφέρουν τα modems έχουν τετραπλασιαστεί σε σχέση με το 1993 και οι χρήστες μπορούν να συμμετέχουν στα Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα από το σπίτι, μέσω ενός Παροχέα Υπηρεσιών Internet (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, πλέον, μια βιώσιμη πλατφόρμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα. Οι χωρητικότητες των Δικτύων Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks - WANs) έχουν αυξηθεί αισθητά όπως και ο αριθμός των χρηστών του Internet. Ταυτόχρονα, οι δυνατότητες των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων έχουν εισβάλει και στους web browsers. Για παράδειγμα η Virtual Reality Modeling Language (VRML) επιτρέπει στον χρήστη να "κατεβάσει" αλληλεπιδραστικά τρισδιάστατα μοντέλα μέσω του Παγκόσμιου Ιστού [15]. Το πρότυπο Living Worlds (LW) προσφέρει δυνατότητες πολυχρηστικής (multi-user) προσπέλασης σε αυτά τα VRML μοντέλα και το Virtual Reality Transport Protocol (vrtp) [16] αποτελεί ένα προτεινόμενο πρωτόκολλο για ανταλλαγή δεδομένων Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων. Με την χρήση τυπικών web browsers για την αναπαράσταση των Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων, το Internet πολύ γρήγορα θα εξυπηρετεί τα περισσότερα συστήματα Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων.

Τα εικονικά περιβάλλοντα σε δίκτυο είναι κατάλληλα για πολλές συνεργατικές εφαρμογές (collaborative applications), όπως: [9]

- Εικονική τηλεσυνδιάσκεψη.
- Όλα τα είδη της συνεργατικής εργασίας που περιλαμβάνουν σχεδίαση 3D.
- Περιβάλλοντα παιχνιδιών για πολλαπλούς χρήστες.
- Αγορές μέσω υπολογιστή (teleshopping), που περιλαμβάνουν μοντέλα 3D, εικόνες, ήχο (π.χ. κτηματική περιουσία, έπιπλα, αυτοκίνητα κ.τ.λ.).

- Ιατρικές εφαρμογές (π.χ. διάγνωση από απόσταση, εικονικό χειρουργείο για εξάσκηση κ.τ.λ.).
- Εκπαίδευση από απόσταση.
- Εικονικό γραφείο ταξιδίων.

2.2.1. Εικονικά περιβάλλοντα για αλληλεπίδραση

Ένα NVE, μπορεί να παρέχει ένα περισσότερο φυσικό περιβάλλον, με την υποστήριξη αλληλεπιδραστικής συνεργασίας και την ολοκλήρωση διαφορετικών μέσων σε ένα μοναδικό τρισδιάστατο περιβάλλον. Έτσι, παρέχεται αλληλεπίδραση στο εικονικό περιβάλλον, με την υποστήριξη μηχανισμών για πράξεις, διαμοίραση δεδομένων και προστασία.

Συστήματα που βασίζονται στην ανθρώπινη συνεργατικότητα είναι τα συστήματα συνεργατικής εργασίας υποστηριζόμενη από υπολογιστή (Computer Supported Cooperative Work - CSCW). Εκεί το περιβάλλον υποστηρίζει επικοινωνία μέσω εκφράσεων του προσώπου ή του σώματος, αντίληψη για την ύπαρξη άλλων χρηστών στο περιβάλλον, μηχανισμούς για διαφορετικούς τρόπους αλληλεπίδρασης (σύγχρονους, ασύγχρονους), καθώς και μηχανισμούς προστασίας.

2.2.2. Εικονικοί άνθρωποι σε περιβάλλον NVE

Οι συμμετέχοντες θα πρέπει να παριστάνονται με φυσικό τρόπο. Αυτό, περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Την οπτική αναπαράσταση (visual embodiment) του χρήστη.
- Τα μέσα αλληλεπίδρασης με τον ιδεατό κόσμο.
- Τα μέσα για την αίσθηση ποικίλων ιδιοτήτων που έχουν σχέση με την αντίληψη του εικονικού κόσμου.

Μερικές από τις βασικές λειτουργίες που πρέπει να καλύπτονται είναι οι εξής:

- Αντίληψη (το να υπάρχει η δυνατότητα αντίληψης της ύπαρξης κάποιου άλλου) (perception).
- Ικανότητα προσδιορισμού της θέσης που βρίσκεται το άλλο άτομο (localization).
- Ικανότητα αναγνώρισης του ατόμου (identification).
- Ικανότητα αντίληψης του πού κατευθύνεται η προσοχή των άλλων (visualization of others' interest focus).
- Ικανότητα αντίληψης των πράξεων των άλλων (visualization of others' actions).

Είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα πλαίσιο σύμφωνα με το οποίο θα είναι δυνατή η εισαγωγή ρεαλιστικών εικονικών ανθρώπων σε ένα περιβάλλον NVE. Το πλαίσιο αυτό θα πρέπει να περιλαμβάνει τα παρακάτω:

- Προσομοίωση ιδεατών ανθρώπων (virtual human simulation), η οποία περιλαμβάνει κίνηση σε πραγματικό χρόνο και εκφράσεις του προσώπου και σώματος.

- Προσομοίωση ιδεατού περιβάλλοντος (virtual environment simulation), η οποία περιλαμβάνει τεχνικές αναπαράστασης και βελτιστοποιήσεις πραγματικού χρόνου.
- Επικοινωνία μέσω δικτύου (networking), η οποία περιλαμβάνει μετάδοση δεδομένων διαφόρων τύπων, με διαφορετικούς ρυθμούς.
- Αλληλεπίδραση (interaction), η οποία υποστηρίζει διαφορετικές συσκευές.
- Τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence), μέσα από διαδικασία λήψης αποφάσεων και αυτόνομης συμπεριφοράς.

Μερικοί βασικοί όροι που χρησιμοποιούνται συχνά σ' ένα εικονικό περιβάλλον αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα:

Agent	Πρόκειται για λογισμικό με αυτόνομη συμπεριφορά.
Autonomy	Η ιδιότητα του να είναι κάποιος κύριος του εαυτού του.
Avatar	Μια γραφική αναπαράσταση ενός πραγματικού προσώπου σε ένα εικονικό περιβάλλον σε δίκτυο, καθώς και τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του.
Directly controlled virtual human	Ένας εικονικός άνθρωπος του οποίου το πρόσωπο και το σώμα είναι γεωμετρικές αναπαραστάσεις που ενημερώνονται από το χρήστη ή το πρόγραμμα που τις ελέγχει.
Embodiment	Ότι και το Avatar.
User- guided virtual human	Ένας εικονικός άνθρωπος, ο οποίος μπορεί να ελεγχθεί (π.χ. να μετακινηθεί σε μια θέση, να καθίσει κ.τ.λ.)
Participant	Ένα πραγματικό πρόσωπο που συμμετέχει σε ένα δικτυωμένο εικονικό περιβάλλον και παριστάνεται με ένα avatar.
Representation	Ότι και το avatar.
Virtual human	Μια γραφική οντότητα η οποία παριστάνεται ολοκληρωτικά με τη βοήθεια του υπολογιστή και μοιάζει με πραγματικό άνθρωπο.

Πίνακας 2.1. : Βασικοί όροι στα εικονικά περιβάλλοντα.
(Πηγή: [9])

2.2.3. Πλήρης ενσωμάτωση στο περιβάλλον και παρουσία (Immersion and Presence)

Η ενσωμάτωση στο περιβάλλον είναι η λέξη κλειδί για τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας και είναι σχετική με το γεγονός ότι ο χρήστης γίνεται τμήμα του προσομοιωμένου κόσμου. Τα πρώτα τέτοιου είδους συστήματα ήταν οι προσομοιωτές πτήσης.

Σύμφωνα με τον Slater, ο άνθρωπος που συμμετέχει μπορεί να ενσωματωθεί στο περιβάλλον με δύο τρόπους: πρώτα διαμέσου του συστήματος VE (Virtual Environment), αντιλαμβανόμενος το περιβάλλον γύρω του και κατά δεύτερο λόγο μέσω της δυναμικής συμπεριφοράς του ανθρώπινου σώματος και των μελών του (Virtual Body - VB). Τα περιβάλλοντα αυτά ονομάζονται Immersive Virtual Environments (IVEs). Ο βαθμός της ενσωμάτωσης αυξάνεται με την προσθήκη μεγαλύτερου βαθμού ευαισθησίας όσον αφορά τις κινήσεις του σώματος και μείωση του κενού μεταξύ των κινήσεων και των αλλαγών που προκύπτουν από αυτές.

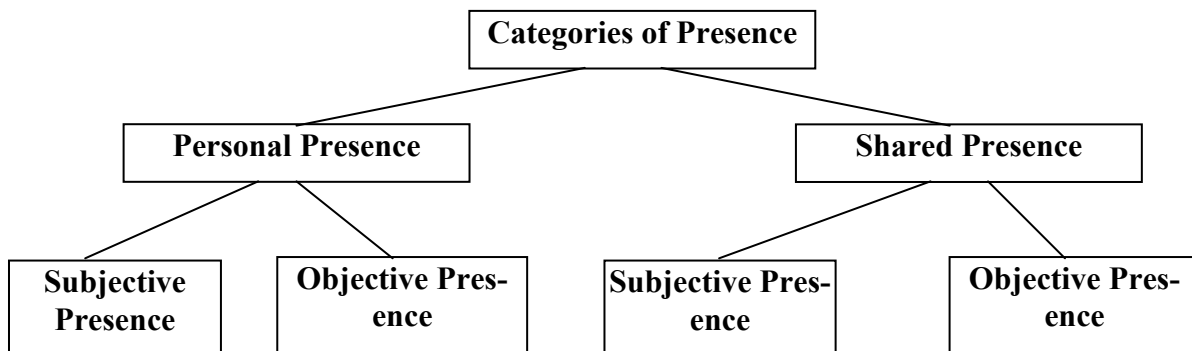
Τα παρακάτω κριτήρια είναι σημαντικά, σχετικά με την ενσωμάτωση κάποιου στον εικονικό κόσμο:

- Παρουσία (presence) με τη έννοια ότι κάποιος βρίσκεται στο περιβάλλον.
- Οι συμμετέχοντες θα πρέπει να "ξεχάσουν" στιγμιαία τον πραγματικό κόσμο και να ενσωματωθούν στον εικονικό.
- Οι συμμετέχοντες θα πρέπει να δείχνουν συμπεριφορά παρόμοια με αυτή που παρουσιάζουν στην καθημερινή πραγματικότητα.

Η προσωπική παρουσία (personal presence) έχει δύο χαρακτηριστικά: την υποκειμενική παρουσία (subjective presence) και την παρουσία συμπεριφοράς (behavioural presence). Η υποκειμενική παρουσία αναφέρεται στην παρουσία του συμμετέχοντα στον εικονικό κόσμο. Η παρουσία συμπεριφοράς περιγράφει τις μετρούμενες παραμέτρους συμπεριφοράς διαμέσου παρατηρήσεων του συμμετέχοντα. Ο Slater (1996) περιγράφει πώς η υποκειμενική παρουσία συνδέεται στην πράξη με την παρουσία συμπεριφοράς.

Ο Slater εισήγαγε την έννοια της μοιρασμένης (shared) παρουσίας στα NVEs και πρότεινε τη θεώρηση δύο στοιχείων. Πρώτα, την αίσθηση της παρουσίας άλλων ατόμων στο εικονικό περιβάλλον και έπειτα την αίσθηση του να ανήκει κάποιος σε μια ομάδα. Στη συνέχεια, υπάρχει διαχωρισμός της υποκειμενικής και αντικειμενικής όψης καθενός από τα στοιχεία αυτά. Το υποκειμενικό τμήμα (objective aspect) περιγράφει πώς αισθάνεται το κάθε άτομο, ενώ το αντικειμενικό (objective) συνδέεται με την παρατηρούμενη συμπεριφορά όλης της ομάδας καθώς και των επιμέρους μελών.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα διάφορα είδη παρουσίας.



Εικόνα 2.3.: Κατηγορίες παρουσίας
(Πηγή: [9])

2.2.4. Η πιστότητα στα NVEs

- Οπτική πιστότητα (visual realism fidelity): το περιβάλλον θα πρέπει να μοιάζει ρεαλιστικό.
- Πιστότητα αισθήσεων (sensory fidelity): η οπτική και κινηματική πληροφορία που προσφέρεται θα πρέπει να αναπαριστά τον πραγματικό κόσμο με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.
- Πιστότητα στους φυσικούς νόμους (physics fidelity): το περιβάλλον θα πρέπει να ικανοποιεί τους φυσικούς νόμους, όπως είναι η βαρύτητα, οι νόμοι της κίνησης, η κατανάλωση και η διατήρηση της ενέργειας κ.τ.λ.
- Πιστότητα ως προς το μοντέλο (modeling fidelity): τα αντικείμενα πρέπει να έχουν τις σωστές διαστάσεις και να κινούνται με ρεαλιστικές ταχύτητες.
- Πιστότητα συμπεριφοράς (actor behaviour fidelity): η συμπεριφορά των avatars θα πρέπει να μιμείται τη συμπεριφορά των πραγματικών ανθρώπων.
- Πιστότητα χρόνου (time fidelity): θα πρέπει να μεσολαβεί ελάχιστος χρόνος μεταξύ μιας ενέργειας ενός εικονικού προσώπου και της ανταπόκρισης ενός άλλου.
- Πιστότητα πληροφορίας (information fidelity): η ποσότητα της πληροφορίας θα πρέπει να είναι αρκετή ώστε να υποστηρίζεται η λήψη αποφάσεων από τους εικονικούς ανθρώπους.
- Πιστότητα συσκευής εισόδου (input device fidelity): οι συσκευές εισόδου θα πρέπει να δομούν το πλαίσιο του πραγματικού κόσμου για αλληλεπίδραση. Για παράδειγμα φρένα και ταχύτητες για ένα εικονικό αυτοκίνητο.
- Πιστότητα του συστήματος (system fidelity): αφορά τις δραστηριότητες και την ανταπόκριση των εικονικών ανθρώπων στο περιβάλλον.

2.3. Ανάπτυξη και ανάλυση των NVEs

Η ανάπτυξη και ανάλυση των NVEs συνοψίζεται στα παρακάτω:

Οι αναγκαίες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη των NVEs περιλαμβάνουν τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς από το δίκτυο καθώς και το περιβάλλον επικοινωνίας. Οι αποφάσεις σχεδιασμού (design conditions) περιλαμβάνουν τα εργαλεία και τις παραμέτρους που οι σχεδιαστές του NVE συστήματος μπορούν να ελέγξουν όπως το πρωτόκολλο επικοινωνίας και η αρχιτεκτονική του πελάτη.

Άλλα θέματα περιλαμβάνουν τεχνικές που οι σχεδιαστές θα πρέπει να εξερευνήσουν με σκοπό να χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι προϋποθέσεις, οι επιλογές σχεδιασμού και περαιτέρω βελτιώσεις σχετικά με την ανάπτυξη των NVEs.

Προϋποθέσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Στόχοι εφαρμογής • Δυνατότητες δικτύου • Αριθμός συμμετεχόντων • Είδος συσκευών εισόδου
Επιλογές Σχεδιασμού	<ul style="list-style-type: none"> • Αρχιτεκτονική του host • Θέματα διανομής δεδομένων • Τοπολογία δικτύου • Αναπαράσταση συμμετέχοντα • Πρωτόκολλο επικοινωνίας • Συγκρούσεις μεταξύ αντικειμένων - συμμετεχόντων
Περαιτέρω βελτιώσεις	<ul style="list-style-type: none"> • Δικαιώματα πρόσβασης για τη διαχείριση αντικειμένων • Ανατροφοδότηση • Βαθμός λεπτομέρειας στην αναπαράσταση • Συμπύεση μηνυμάτων • Θέματα συγχρονισμού

Πίνακας 2.2. : Στοιχεία σχετικά με τα NVEs
(Πηγή: [9])

Ο παρακάτω πίνακας δίνει ένα πλήθος εφαρμογών για NVEs.

Περιοχή	Παραδείγματα εφαρμογών
Η εμπειρία του να "είναι κάποιος εκεί"	<ul style="list-style-type: none"> • Θεραπεία φοβίας • Διασκέδαση
Ανάπτυξη και πρακτική ειδικών δυνατοτήτων	<ul style="list-style-type: none"> • Χειρουργική • Στρατιωτικές εφαρμογές • Εύρεση του "δρόμου"
Οπτικοποίηση αντικειμένων που δεν μπορεί κάποιος να δει	<ul style="list-style-type: none"> • Αρχιτεκτονική • Ροή υγρών • Νανοεπιφάνειες
Σχεδίαση	<ul style="list-style-type: none"> • Μοντέλα 3D • Πόλεις

Πίνακας 2.3.: Χώροι εφαρμογής εικονικών περιβαλλόντων
(Πηγή: [9])

2.3.1. Προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός NVE.

Η επικοινωνία μεταξύ των οντοτήτων θα γίνεται μέσω του χαμηλότερου στρώματος, του επιπέδου του δικτύου (network layer). Τα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν είναι:

- ⇒ **Η σύνδεση (connection):** αυτό επιτρέπει σε δυο σταθμούς εργασίας να στέλνουν δεδομένα διαμέσου μιας σύνδεσης. Ένα παράδειγμα είναι η ύπαρξη modem που χρησιμοποιεί μια απλή τηλεφωνική γραμμή.
- ⇒ **Unicast:** αυτό επιτρέπει σε ένα μήνυμα να στέλνεται σε κάθε οντότητα στο δίκτυο με σκοπό τη διανομή των μηνυμάτων (distributing messages). Παράδειγμα αποτελεί μια σύνδεση Internet χωρίς multicast δυνατότητες.
- ⇒ **Multicast:** ένα υποσύνολο από σταθμούς εργασίας, μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Το δίκτυο θα πρέπει να υποστηρίζει multicast λειτουργία. Ένα παράδειγμα είναι το MBONE (Multicast Backbone) που εφαρμόζεται στο Internet.

Παρόλο που ο αριθμός των συνδεδεμένων hosts αναμένεται να αυξηθεί με τις τρέχουσες εξελίξεις στην τεχνολογία δικτύου και της CPU, μπορεί να προεξοφληθεί ότι μερικές εφαρμογές θα απαιτούν μικρότερους αριθμούς συμμετεχόντων από άλλες. Αυτές οι εφαρμογές θα έχουν τυπικά καλύτερη ποιότητα παρουσίασης από τα μεγάλης κλίμακας (large-scale) NVEs.

Είναι επίσης σημαντικό να σκεφθεί κανείς τις δυνατότητες των συνδεδεμένων hosts. Η ισχύς επεξεργασίας του σταθμού εργασίας θα πρέπει να είναι αρκετή για τα μηνύματα που λαμβάνονται, καθώς και τη χρήση του περιβάλλοντος και σε απομονωμένες περιοχές, χωρίς να μειώνεται η ποιότητα.

Όσον αφορά τις συσκευές εισόδου, υπάρχουν πολλοί τύποι που χρησιμοποιούνται. Επεκτείνονται από το ποντίκι μέχρι τους μαγνητικούς αισθητήρες που προσαρμόζονται στο σώμα.

2.3.2. Επιλογές σχεδιασμού για τα NVEs

Οι αποφάσεις σχεδιασμού μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του λογισμικού, με σκοπό μια πιο αποτελεσματική προσομοίωση του εικονικού κόσμου.

Τα δίκτυα, σε συνδυασμό με την αλληλεπιδραστική τεχνολογία των εικονικών κόσμων θα κυριαρχήσουν τόσο στους υπολογιστές όσο και στην τεχνολογία πληροφοριών. Δεν είναι αρκετή η ανάπτυξη standalone εικονικών κόσμων, που αντιστοιχούν σε ένα μόνο χρήστη. Τα συστήματα θα πρέπει να συνδέουν ανθρώπους, πληροφορίες και τεχνολογίες μεταξύ τους. Οι πληροφορίες και τα δεδομένα θα πρέπει να ανταλλάσσονται μέσω δικτύων.

Αναπτύσσοντας εικονικούς κόσμους που υποστηρίζουν συνεργατικότητα μεταξύ των χρηστών:

Πρόκειται για μια διαδικασία πολύπλοκη και χρονοβόρα.

Με σκοπό τη δημιουργία τέτοιων εικονικών κόσμων, ο υπεύθυνος της ανάπτυξης, θα πρέπει να γνωρίζει θέματα όπως:

- ⇒ προγραμματισμός δικτύων
- ⇒ διαχείριση αντικειμένων
- ⇒ προγραμματισμός γραφικών
- ⇒ διαχείριση συσκευών
- ⇒ σχεδίαση του περιβάλλοντος επικοινωνίας για το χρήστη

Τα προγράμματα που αναπτύσσονται για δικτυακή εφαρμογή είναι περισσότερο δύσκολα τόσο στην εφαρμογή όσο και στη διόρθωση. Ο ρεαλισμός αποτελεί σημαντική απαίτηση για τα συστήματα που βασίζονται στη συνεργασία, όπως η συνεργατική εργασία που υποστηρίζεται από υπολογιστή (Computer Supported Cooperative Work CSCW).

Τα συστήματα CSCW απαιτούν για το περιβάλλον που υποστηρίζουν τα ακόλουθα:

- ⇒ Παροχή κατάλληλου περιβάλλοντος επικοινωνίας για νοηματική (gestural) επικοινωνία.
- ⇒ Υποστήριξη της αντίληψης των άλλων χρηστών στο εικονικό περιβάλλον.
- ⇒ Παροχή μηχανισμών για διαφορετικούς τρόπους αλληλεπίδρασης (σύγχρονος, ασύγχρονος κ.τ.λ.).
- ⇒ Παροχή μηχανισμών ή εργαλείων για αναπαράσταση δεδομένων, προστασία, κ.τ.λ..

Τα VEs μπορούν να παρέχουν ισχυρούς μηχανισμούς για συστήματα CSCW σε δίκτυο:

- ⇒ Αναπαράσταση χρηστών με avatars.
- ⇒ Μηχανισμοί με τους οποίους μπορούν να αλληλεπιδρούν οι χρήστες μεταξύ τους (γλώσσα προσώπου, σώματος κ.τ.λ.).
- ⇒ Μηχανισμοί με τους οποίους οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδρούν με το υπόλοιπο εικονικό περιβάλλον, μέσω ρεαλιστικής συμπεριφοράς, όπως το περπάτημα, η ικανότητα να "πιάνει" κάποια αντικείμενα κ.τ.λ.
- ⇒ Δυνατότητα που δίνεται στους χρήστες για αλλαγή των ιδιοτήτων των αντικειμένων.

Στοιχεία για Εικονικά Περιβάλλοντα σε δίκτυο:

- ⇒ Προσδιορισμός στόχων.
- ⇒ Το χρησιμοποιούμενο δίκτυο.
- ⇒ Αριθμός των συμμετεχόντων.

- ⇒ Τύπος των συσκευών εισόδου.
- ⇒ Αρχιτεκτονική του προγράμματος host.
- ⇒ Διακίνηση δεδομένων.
- ⇒ Τοπολογία δικτύου.
- ⇒ Προσωποποιήσεις συμμετεχόντων.
- ⇒ Πρωτόκολλο επικοινωνίας.
- ⇒ Συγκρούσεις ανάμεσα στα αντικείμενα και στους συμμετέχοντες.
- ⇒ Δικαιώματα πρόσβασης για τη διαχείριση αντικειμένων.
- ⇒ Ανάδραση.

Προσδιορισμός στόχων:

- ⇒ Αριθμός των συμμετεχόντων και των οντοτήτων που βρίσκονται ταυτόχρονα στον εικονικό κόσμο.
- ⇒ Πολυπλοκότητα των αντικειμένων και των συμπεριφορών τους .
- ⇒ Βαθμός της αλληλεπίδρασης μεταξύ των χρηστών (μπορούν να βλέπουν ο ένας τον άλλο ή όχι, μπορούν να λαμβάνουν μέρος σε πολύπλοκες δραστηριότητες κ.τ.λ.).

Οι αποφάσεις σχεδιασμού είναι παράμετροι που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη ενός συστήματος. Υπάρχουν στοιχεία τα οποία μπορεί να αλλάξουν κατά την ανάπτυξη του λογισμικού, με σκοπό την αποτελεσματικότερη προσομοίωση του εικονικού κόσμου.

Βασικό καθήκον του συστήματος NVE είναι να ενσωματώσει (immerse) το συμμετέχοντα μέσα στον εικονικό κόσμο με φυσικό τρόπο.

Τα στοιχεία που ενδιαφέρουν είναι τυπικά τα παρακάτω:

- ⇒ Θέση των οντοτήτων στο εικονικό περιβάλλον.
- ⇒ Συμπεριφορά των οντοτήτων.
- ⇒ Οι περιορισμοί που σχετίζονται με την αναπαράσταση των αντικειμένων και τη σχέση μεταξύ τους.
- ⇒ Οπτικά (visual) στοιχεία, όπως πολύγωνα που περικλείουν τα μοντέλα.
- ⇒ Ακουστικά (audio) στοιχεία που αποδίδονται στα αντικείμενα και στους συμμετέχοντες.
- ⇒ Απτές (tactile) πληροφορίες.
- ⇒ Διάφορες παράμετροι που αφορούν τα αντικείμενα.
- ⇒ Ανίχνευση συγκρούσεων.

Τα περισσότερο γνωστά ολοκληρωμένα λογισμικά είναι τα παρακάτω:

- dVS: εμπορικό σύστημα που αναπτύχθηκε από το Division Ltd UK.
- DIVE: αναπτύχθηκε στο Σουηδικό ινστιτούτο της επιστήμης των υπολογιστών.
- MASSIVE: αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Nottingham.
- SPLINE: αναπτύχθηκε στα εργαστήρια ηλεκτρικής έρευνας στο Mitsubishi.
- SIMNET: αναπτύχθηκε από το στρατό στις Ηνωμένες Πολιτείες.

- NPSNET: αναπτύχθηκε από το Naval Postgraduate School στο Monterey, California.
- BRICKNET: αναπτύχθηκε στο ινστιτούτο της Επιστήμης Συστημάτων στην Καλιφόρνια.
- VLNET: αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο της Γενεύης και στο EPFL.

2.3.2.1. Αρχιτεκτονική του host

Ένα NVE περιβάλλον προσδιορίζεται σαν ένα περιβάλλον το οποίο μοιράζεται σε πολλούς συμμετέχοντες που συνδέονται από διαφορετικούς hosts. Κάθε host επιτρέπεται στο συμμετέχοντα να έχει το δικό του avatar για να μετακινείται στο NVE. Επιπρόσθετα, το πρόγραμμα προσομοιώνει τη συμπεριφορά των οντοτήτων στον κόσμο, και ακόμη δημιουργεί μια αίσθηση του πραγματικού κόσμου με τη χρήση ενός συνόλου συσκευών εισόδου.

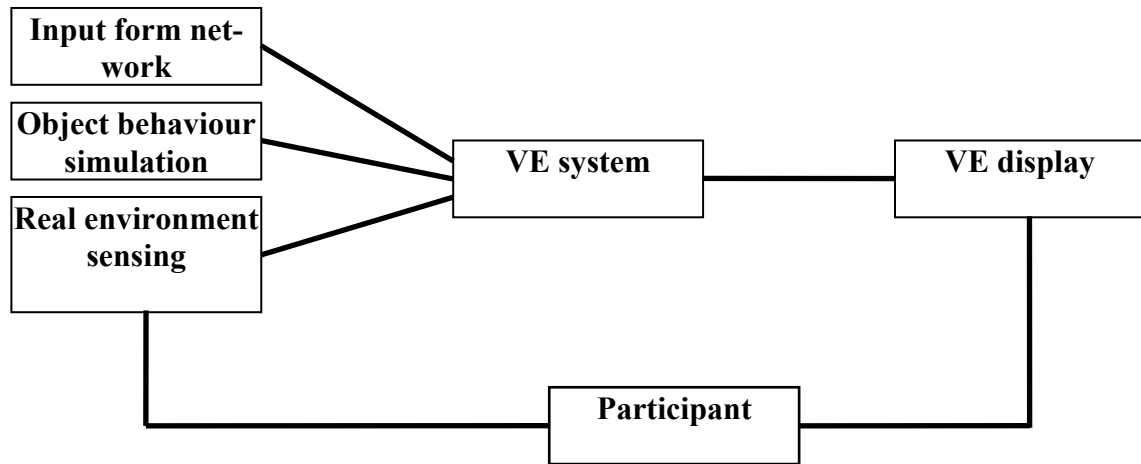
Το λογισμικό NVE έχει τους ίδιους σκοπούς με τους άλλους τύπους software:

- **Γενικότητα (generality):** το σύστημα θα πρέπει να χρησιμοποιείται για γενικές εφαρμογές.
- **Χρήση (usability):** το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στη χρήση, τόσο για τους χρήστες όσο και για τους προγραμματιστές.
- **Συμβατότητα (portability):** το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιείται και σε διαφορετικές πλατφόρμες.
- **Δυνατότητα κατανόησης (understandability):** το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στην κατανόηση τόσο για τους συμμετέχοντες όσο και για τους προγραμματιστές.
- **Αποτελεσματικότητα (efficiency):** αφορά το display, τη CPU και την επεξεργασία μέσω δικτύου.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν και άλλοι χαρακτηριστικοί σκοποί για τα NVEs:

- Γρήγορη ανάπτυξη των εφαρμογών (rapid development of applications): ένα από τα ισχυρότερα κίνητρα για τη χρήση της τεχνολογίας VR είναι η δυνατότητα δημιουργίας προσομοιώσεων σε σύντομο χρονικό διάστημα και με χαμηλό κόστος.
- Διαμορφωσιμότητα (modularity): το σύστημα θα πρέπει να είναι διαμορφώσιμο ώστε να μπορεί να συμπεριλαμβάνει νέες εφαρμογές εύκολα και γρήγορα.
- Δυνατότητα αναπαραγωγής βασικών εργασιών VE από την εφαρμογή (decoupling of main VE tasks from the application): οι περισσότερες από τις εφαρμογές VR έχουν παρόμοιες απαιτήσεις, όπως ο τρόπος παρουσίασης, η ανίχνευση σφαλμάτων κ.λ.π. Οι εφαρμογές, θα πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίζουν ένα υποσύνολο συστατικών NVE, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιούνται και σε άλλα παρόμοια περιβάλλοντα.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει ένα ολοκληρωμένο NVE σύστημα και τη σχέση του με το συμμετέχοντα.



Εικόνα 2.4.: Ένα ολοκληρωμένο σύστημα NVE.

(Πηγή: [9])

2.3.2.2. Θέματα διανομής δεδομένων

Κάθε εικονικό αντικείμενο και κάθε αναπαράσταση σε ένα περιβάλλον NVE επηρεάζει την απόδοση των διαφορετικών μερών της προσομοίωσης: δίκτυο, CPU, γραφικά. Το πρόβλημα στην απόδοση γίνεται σημαντικό όσο αυξάνει ο αριθμός των συμμετεχόντων και η πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος. Παρακάτω θα γίνει μελέτη για τον τρόπο κατανομής (sharing and distributing) του εικονικού κόσμου μεταξύ πολλαπλών συμμετεχόντων.

Με σκοπό την αύξηση της απόδοσης, είναι αναπόφευκτο το γεγονός ότι ένα υποσύνολο των δεδομένων θα πρέπει να μοιραστεί ανάμεσα στους hosts. Έτσι, για παράδειγμα, τα δεδομένα της γεωμετρίας του VE θα πρέπει να αναπαραχθούν σε κάθε host υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι τα μοντέλα μπορούν να ενημερωθούν στέλνοντας στοιχεία όπως πληροφοριακοί πίνακες, κάτι που ελαττώνει την υπερφόρτωση του δικτύου.

Η αναπαράσταση της συμπεριφοράς είναι πολύ δύσκολη δουλειά και έχουν προταθεί γι' αυτή πολλές τεχνικές:

⇒ **Η απλή συμπεριφορά (simple behaviour)** μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς να λαμβάνεται υπ' όψη η ανάγκη του συγχρονισμού (π.χ. αφού ένα αντικείμενο μεταφερθεί, δεν χρειάζεται επιπλέον επικοινωνία μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη).

- ⇒ **Η συμπεριφορά που εξαρτάται από το περιβάλλον (environment-dependent behaviour)** λαμβάνει υπ' όψη τον τρόπο ρύθμισης λειτουργίας της μηχανής, το χρόνο εκτέλεσης κ.τ.λ..
- ⇒ **Η συμπεριφορά αλληλεπίδρασης (reactive behaviour)** είναι σχετική με την αλληλεπίδραση των γεγονότων που προκαλούνται από το χρήστη ή και άλλα αντικείμενα στο εικονικό περιβάλλον.
- ⇒ **Η συμπεριφορά που βασίζεται στη δυνατότητα (capability-based behaviour)** σχετίζεται με ειδικές συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για να εκτελεστεί μια ενέργεια. Για παράδειγμα, η κατοχή ενός κλειδιού για το άνοιγμα μιας πόρτας.

Ο διαμοιρασμός των δεδομένων είναι απαραίτητος για να μειωθεί η υπερφόρτωση στη CPU ή το δίκτυο. Ακολουθούνται διάφορες τεχνικές:

- ⇒ **Χωρικός μερισμός (spatial partitioning):** βασίζεται στο μερισμό του χώρου σε περιοχές στις οποίες η επεξεργασία μπορεί να γίνει παράλληλα και ανεξάρτητα. Έτσι, οι συμμετέχοντες στο ίδιο τμήμα του εικονικού κόσμου, μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.
- ⇒ **Χρονικός μερισμός (temporal partitioning):** μερικές οντότητες μπορεί να μην απαιτούν ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο, ενώ άλλες απαιτούν. Για παράδειγμα, η οντότητα που είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση του συστήματος απαιτεί να ενημερώνεται κάθε λίγα λεπτά με σκοπό να έχει μια γενική εποπτεία του NVE.
- ⇒ **Λειτουργικός μερισμός (functional partitioning):** οι οντότητες μπορεί να ανήκουν σε μια λειτουργική κλάση όπου είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένα μήνυμα ραδιοφώνου μπορεί να σταλεί μόνο στις οντότητες που έχουν τους κατάλληλους δέκτες.

2.3.2.3. Δομή του χώρου (Space Structuring)

Το θέμα αυτό γίνεται βασικό όταν κάποιος προσπαθήσει να μοντελοποιήσει περιβάλλοντα μεγάλης κλίμακας, όπως πόλεις ή πεδία μάχης, τα οποία μπορεί να κατοικηθούν από μεγάλο αριθμό χρηστών. Η δομή του χώρου σχετίζεται με τη διαχείριση της περιοχής ενδιαφέροντος (area-of-interest management AOIM) ή το φιλτράρισμα (filtering), το οποίο αποτελεί μια στρατηγική για τη μείωση της κυκλοφορίας στο δίκτυο στέλνοντας μηνύματα στους hosts. Το AOIM αποφασίζει ποιοι hosts θα λάβουν ποια μηνύματα, ενώ αποβάλλει τα άχρηστα μηνύματα.

Καθώς το εικονικό περιβάλλον μεγαλώνει, η ακρίβεια με την οποία παριστάνονται οι συντεταγμένες πέφτει. Για παράδειγμα, ένας 32bit αριθμός, τάξης μεγέθους 10^6 έχει ακρίβεια 0.06. Αυτό σημαίνει ότι ένα αντικείμενο που τοποθετείται στο εικονικό περιβάλλον 1000km από την αρχή, έχει ακρίβεια στη θέση του μόνο κατά 6cm.

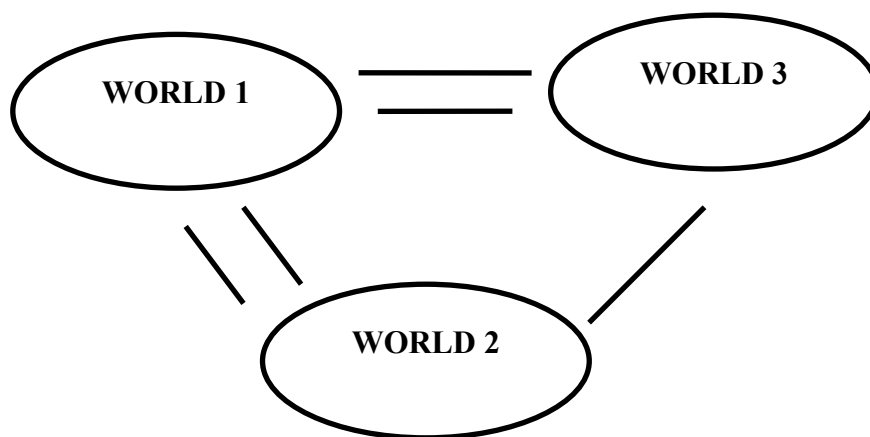
Οι στρατηγικές που ακολουθούνται για τη δομή του χώρου είναι οι ακόλουθες:

- Ξεχωριστοί servers (separate servers)

- Ομοιόμορφη γεωμετρική δομή (uniform geometrical structure)
- Ελεύθερη γεωμετρική δομή (free geometrical structure)
- Δυναμική δομή επικεντρωμένη στο χρήστη (user-centered dynamic structure)

- **Ξεχωριστοί servers (separate servers)**

Πρόκειται για την απλούστερη ιδέα που αφορά τη δομή του χώρου και μοιάζει με την οργάνωση των σελίδων στο web. Κάθε κόσμος είναι ανεξάρτητος από τους υπόλοιπους, αλλά μπορεί να έχει συνδέσμους με άλλους κόσμους, όπως ακριβώς μια σελίδα στο web έχει συνδέσμους με άλλες σελίδες (Εικόνα 2.5.).



Εικόνα 2.5. : Δομή του χώρου με τη χρήση ξεχωριστών servers.

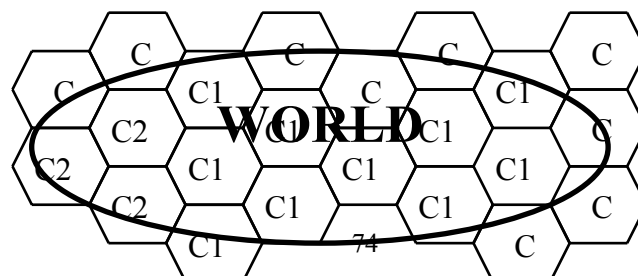
(Πηγή: [9])

Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης είναι η σχετική απλότητα της εφαρμογής και η λύση του προβλήματος της ανακρίβειας που παρουσιάζουν οι συντεταγμένες σε έναν εκτεταμένο εικονικό κόσμο. Το τελευταίο γίνεται θέτοντας ένα ξεχωριστό (και μικρότερο) σύστημα συντεταγμένων για κάθε κόσμο.

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα. Σύνδεσμοι μεταξύ των κόσμων μπορεί να υπάρχουν μόνο σε διακριτά σημεία, κάτι που καθιστά αδύνατη την ύπαρξη συνέχειας. Δεν υπάρχει επίσης η δυνατότητα να πάει κανείς πίσω μέσω των ίδιων συνδέσμων και όπως και στις web σελίδες είναι δύσκολη η συντήρηση.

- **Ομοιόμορφη γεωμετρική δομή (uniform geometrical structure)**

Σε αυτή την προσέγγιση ο κόσμος χωρίζεται σε κελιά ομοίου μεγέθους και σχήματος (Εικόνα 2.6.).



Εικόνα 2.6. : Ομοιόμορφη γεωμετρική δομή.
(Πηγή: [9])

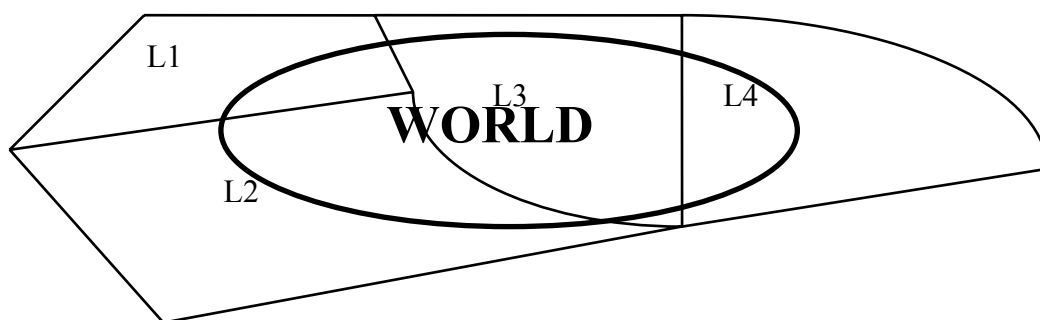
Ένα παράδειγμα τέτοιας προσέγγισης αποτελεί το NPSNET που χρησιμοποιεί εξαγωνικά κελιά. Υπάρχει μια περιοχή ενδιαφέροντος (area of interest - AOI), σύμφωνα με την οποία το εικονικό περιβάλλον διαχωρίζεται σε ένα σύνολο από λειτουργικά και μικρής κλίμακας περιβάλλοντα.

Η προσέγγιση αυτή είναι περισσότερο χρήσιμη σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας με σχετικά ομοιόμορφη δομή, όπως είναι για παράδειγμα η προσομοίωση ενός πεδίου μάχης.

- **Ελεύθερη γεωμετρική δομή (free geometrical structure)**

Σε αντίθεση με το διαχωρισμό του κόσμου σε ομοιόμορφα κελιά, εδώ εφαρμόζεται ο μερισμός σε μικρότερους κόσμους που ονομάζονται locales (Εικόνα 2.7.). Η επικοινωνία μεταξύ των locales επιτρέπεται σε γειτονική βάση.

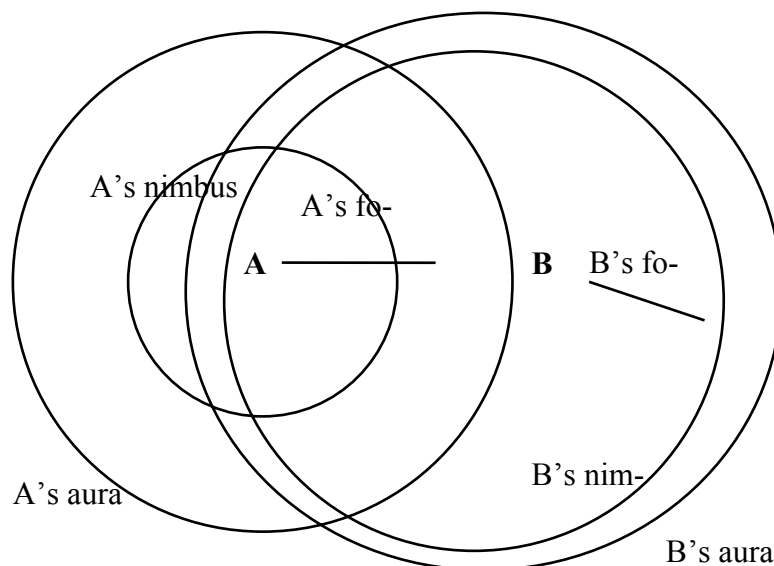
Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει μεγαλύτερη λειτουργικότητα από ότι αυτή με τα ομοιόμορφα κελιά. Οι μετασχηματισμοί από το ένα locale στο άλλο ορίζονται με τη βοήθεια πινάκων μετασχηματισμού. Κάθε locale έχει το δικό του σύστημα συντεταγμένων και έτσι λύνεται το πρόβλημα της ανακρίβειας που υπάρχει στους εκτεταμένους κόσμους.



Εικόνα 2.7. : Ελεύθερη γεωμετρική δομή
(Πηγή: [9])

- **Δυναμική δομή επικεντρωμένη στο χρήστη (user-centered dynamic structure)**

Οι Fahlen και Benford εισήγαγαν τις έννοιες της αύρας (aura), της εστίασης (focus) και του νέφους (nimbus).



Εικόνα 2.8. : Δυναμική δομή χώρου επικεντρωμένη στο χρήστη - αύρα, εστίαση και νέφος.

(Πηγή: [9])

Η βασικότερη ιδέα αυτής της προσέγγισης είναι ο χώρος ο οποίος "κατοικείται" από αντικείμενα που μπορεί να παριστάνουν ανθρώπους, πληροφορία ή και άλλα κατασκευάσματα. Κάθε αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων λαμβάνει χώρα σε ένα μέσο (medium). Το μέσο μπορεί να είναι ένα τυπικό μέσο επικοινωνίας (π.χ. ήχος, εικόνα ή κείμενο). Κάθε αντικείμενο είναι δυνατό να αλληλεπιδρά μέσω ενός συνδυασμού περιβαλλόντων επικοινωνίας.

- **Αύρα (aura)**

Το πρώτο πρόβλημα σε ένα περιβάλλον μεγάλης κλίμακας είναι να προσδιοριστεί το ποια αντικείμενα είναι δυνατό να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους σε δοσμένο χρόνο. Τα αντικείμενα "κουβαλούν" τις αύρες τους όταν κινούνται στον κόσμο. Όταν δύο αύρες συγκρουστούν τότε υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων. Όταν εμφανίζονται συγκρούσεις, το περιβάλλον παίρνει όλα τα απαραίτητα βήματα για να θέσει τα αντικείμενα σε επικοινωνία μεταξύ τους. Μια αύρα μπορεί να έχει οποιοδήποτε σχήμα και μέγεθος, ενώ δε χρειάζεται να είναι γύρω από το αντικείμενο στο οποίο ανήκει ή να είναι ομοιόμορφη στο χώρο. Επίσης, κάθε αντικείμενο έχει τυπικά διαφορετική αύρα σε διαφορετικό μέσο.

- **Εστίαση, νέφος και αντίληψη (focus, nimbus and awareness)**

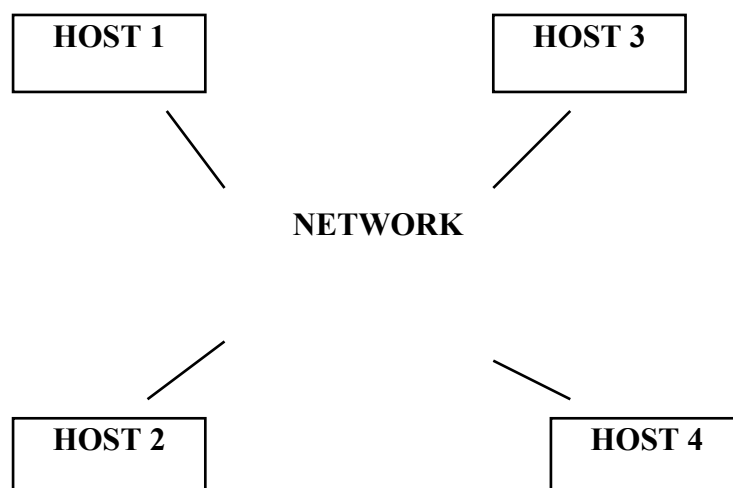
Ενώ η αύρα χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της δυνατότητας αλληλεπίδρασης μεταξύ των αντικειμένων, τα ίδια τα αντικείμενα είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο αυτών των αλληλεπιδράσεων. Αυτό πετυχαίνεται με την ύπαρξη της αντίληψης μεταξύ τους. Η αντίληψη μεταξύ δύο αντικειμένων δε χρειάζεται να είναι συμμετρική. Η αντίληψη του A για το B δε χρειάζεται να είναι ίση με την αντίληψη του B για το A. Η αντίληψη εξαρτάται από την εστίαση και το νέφος και αυξάνεται με την αύξηση αυτών. Σε γενικούς όρους το νέφος είναι ένας υποχώρος (subspace) στον οποίο ένα αντικείμενο αφήνει μια όψη του εαυτού του διαθέσιμη στους άλλους. Αυτό μπορεί να είναι η παρουσία, η ταυτότητά του ή κάποιου είδους δραστηριότητα. Η εστίαση είναι ένας τρόπος κατεύθυνσης της προσοχής και φιλτραρίσματος κάποιας πληροφορίας (π.χ. οπτική εστίαση).

2.3.2.4. Τοπολογία Δικτύου (Network Topology)

Η παρακάτω εικόνα παριστάνει σχηματικά μια σύνοδο (session) σε ένα περιβάλλον NVE με πολλούς συμμετέχοντες hosts. Αν συμβεί ένα γεγονός στον host 1, είναι απαραίτητο ένα μήνυμα σχετικό με το γεγονός αυτό να μεταδοθεί και στους άλλους hosts. Το πώς μεταδίδεται το μήνυμα αυτό είναι θέμα της τοπολογίας του δικτύου (το τι υπάρχει μέσα στο σύννεφο στην εικόνα 2.9.).

Εδώ εξετάζονται οι πιθανές τοπολογίες δικτύων για σύνδεση των clients σε ένα περιβάλλον NVE. Οι βασικές δικτυακές τοπολογίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: peer to peer και client server. Είναι επίσης πιθανό να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός από τις τοπολογίες αυτές.

Η μετάδοση ενός γεγονότος που συμβαίνει σε έναν host σε όλους τους άλλους απαιτεί μεγάλη κυκλοφορία στο δίκτυο. Ευτυχώς, κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο να γίνει για όλους τους host.



Εικόνα 2.9. : Μια απλοποιημένη άποψη για τη δικτύωση συνεργατικών εικονικών περιβαλλόντων.

(Πηγή: [9])

Παρέχεται μια λύση η οποία μπορεί να δουλέψει ανεξάρτητα από το υπάρχον δίκτυο. Για Παράδειγμα, το ATM απαιτεί 48 bytes δεδομένων για κάθε μονάδα μετάδοσης, που καλείται κελί (cell). Το πρωτόκολλο συστήματος NVE μπορεί να βελτιστοποιηθεί για ATM που αντιστοιχεί σε μήκος μηνύματος ίσο με ένα ακέραιο 48 bytes. Έχει υιοθετηθεί η λύση ώστε να στέλνονται μηνύματα καθορισμένου μήκους ανεξάρτητα από το δίκτυο, με την "ποινή" να στέλνονται πολλαπλά κελιά για κάθε πακέτο.

Για φορητότητα, χρησιμοποιούνται sockets με το πρωτόκολλο UDP/IP. Αυτό παρέχει μια γρήγορη μέθοδο για μεταφορά δεδομένων. Σε αντίθεση με το TCP/IP πρωτόκολλο, το UDP/IP παρέχει υπηρεσίες datagram χωρίς σύνδεση, όπου όμως η μετάδοση των δεδομένων δεν είναι εγγυημένη. Στο TCP/IP πρωτόκολλο ο παραλήπτης στέλνει πίσω στον αποστολέα μια επιβεβαίωση για τα μηνύματα που έχουν ληφθεί. Οι περιορισμοί που υπάρχουν ως προς το εύρος ζώνης στο UDP είναι σημαντικά χαμηλότεροι από αυτούς στο UDP/IP.

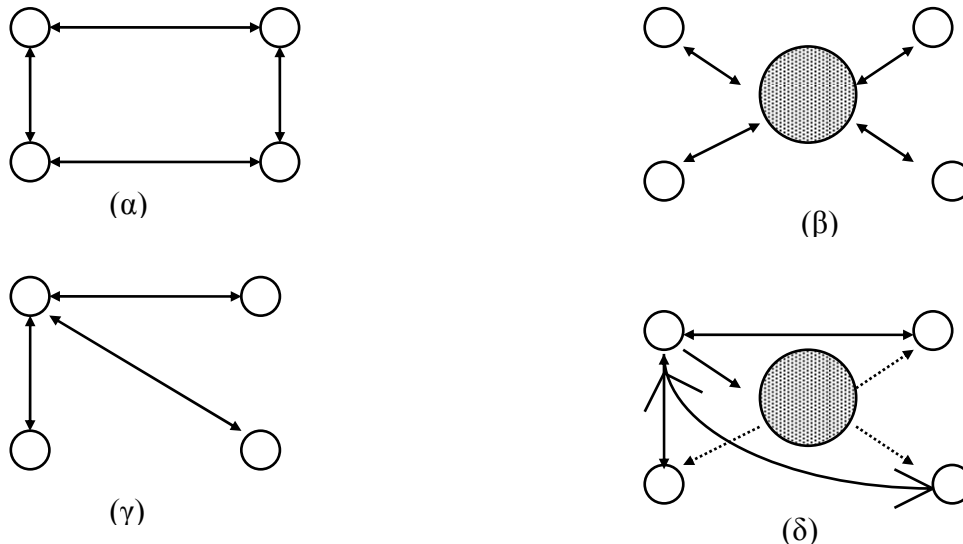
Συνήθως σε δραστηριότητες που συμμετέχουν πρόσωπα, υπάρχει γενικά ένα όριο στον αριθμό των ατόμων τα οποία μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Στις περισσότερες συγκεντρώσεις και στην πραγματικότητα μπορεί να υπάρξει αλληλεπίδραση το μέγιστο με δέκα συμμετέχοντες. Περισσότεροι άνθρωποι στον ίδιο χώρο σημαίνει ότι παρακολουθούν κάποια παρουσίαση που γίνεται από έναν συμμετέχοντα. Οι άλλοι είναι παθητικοί ακροατές, ενώ αν θέλουν να μιλήσουν θα πρέπει να ζητήσουν το λόγο. Αν λοιπόν ο αριθμός των ατόμων ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, τότε μειώνεται η ποιότητα της επικοινωνίας μεταξύ τους και ο χώρος θα πρέπει να διαιρεθεί σε ανεξάρτητους υποχώρους.

Σε ένα εικονικό περιβάλλον, αυξάνεται η πολυπλοκότητα τόσο της παρουσίασης όσο και των δικτυακών απαιτήσεων με την αύξηση του αριθμού των λεπτομερών ανθρωπινων αναπαραστάσεων. Μια λύση είναι να υπάρχουν ανεξάρτητα δωμάτια, κάτι το οποίο αποτελεί αποτελεσματική αντιμετώπιση του θέματος. Μια όψη του συστήματος μπορεί να είναι ανάλογη με την προσέγγιση IRC (Internet Relay Chat) όπου τα web κανάλια δημιουργούν όρια τα οποία διαχωρίζουν την επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων. Ο διαχωρισμός του εικονικού κόσμου σε δωμάτια έχει σαν αποτέλεσμα των ορισμό συνόρων ανάμεσα στις ομάδες. Θα πρέπει όμως να υπάρχουν βοηθητικά προγράμματα τα οποία θα ενημερώνουν τους συμμετέχοντες για το τι γίνεται δίπλα τους.

- **Τοπολογίες peer to peer**

Στο σχεδιασμό peer to peer το σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο σταθμών εργασίας που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του δικτύου, όπου ο κάθε host μπορεί να στέλνει μηνύματα απευθείας σε κάθε άλλο host.

Μια τοπολογία peer to peer μπορεί να εφαρμοστεί με τη χρήση μηνυμάτων unicast, με τη σύνδεση κάθε κόμβου με κάθε άλλο, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.10(α). Έτσι, όταν ένας συμμετέχοντας αλλάξει την κατάσταση μιας οντότητας (π.χ. μετακινήσει ένα αντικείμενο), ένα μήνυμα στέλνεται σε κάθε άλλο συμμετέχοντα.



Εικόνα 2.10. : Διάφορες τοπολογίες δικτύων: **(α)** τοπολογία peer to peer με unicast δίκτυο, **(β)** τοπολογία peer to peer με multicast δίκτυο, **(γ)** τοπολογία client server με unicast δίκτυο, **(δ)** τοπολογία client server με multicast και unicast δίκτυο.

(Πηγή: [9])

Αν υπάρχουν N hosts σε ένα περιβάλλον NVE, τότε απαιτούνται N^2 συνδέσεις. Το VEOS και το MR Toolkit είναι συστήματα peer to peer με unicast μηνύματα. Αυτή προφανώς είναι η πιο πρωτόγονη και λιγότερο πρακτική στρατηγική. Η διαχείριση μιας συνόδου είναι πολύπλοκη επειδή ένας νέος χρήστης χρειάζεται να συνδεθεί με όλους τους hosts που συμμετέχουν στη σύνοδο αυτή. Δεν είναι ξεκάθαρο το πότε ένας νέος χρήστης μπορεί να πάρει μια ενημερωμένη άποψη του εικονικού κόσμου.

Αν είναι διαθέσιμο ένα δίκτυο που υποστηρίζει multicast μηνύματα, οι hosts μπορούν να στέλνουν τα μηνυμά τους σε ένα υποσύνολο (subset) άλλων hosts άμεσα. Αυτό μειώνει την πολυπλοκότητα (Εικόνα 2.10.(β)). Το NPSNET και το DIVE είναι peer to peer συστήματα που χρησιμοποιούν multicast.

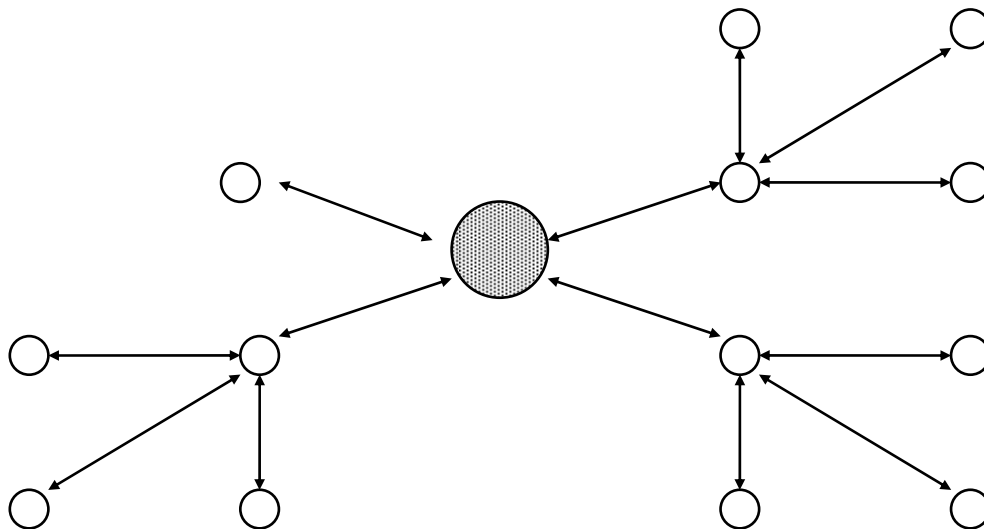
- **Τοπολογίες client server**

Στην κατηγορία αυτή, η επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών των clients μπορεί να πραγματοποιείται από server hosts. Οι clients δεν στέλνουν μηνύματα άμεσα σε άλλους clients, αλλά τα στέλνουν σε servers, οι οποίοι στη συνέχεια τα διανέμουν κατάλληλα. Η χρήση των servers επιφέρει κάποια επιπρόσθετα πλεονεκτήματα: είναι δυνατό να γίνει διαχείριση των μηνυμάτων πριν αυτά σταλούν σε άλλους clients. Για παράδειγμα, ένας server μπορεί να προσδιορίσει ότι ένα συγκεκριμένο μήνυμα σχετίζεται μόνο με ένα υποσύνολο από τους clients και να το στείλει μόνο σε αυτούς. Υ-

πάρχει λοιπόν η δυνατότητα μιας έξυπνης διαχείρισης των μηνυμάτων από το server. Η τεχνική της διαχείρισης εξαρτάται από τη φύση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των οντοτήτων στον εικονικό κόσμο (Εικόνα 2.10 (γ), (δ)).

- **Υβριδικές τοπολογίες (Hybrid topologies)**

Τα πρωτόκολλα peer to peer και client server μπορούν να συνδυαστούν σε υβριδικές τοπολογίες με σκοπό την εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων τους. Υπάρχει μια τοπολογία όπου οι clients συνδέονται με τους servers με τη χρήση unicast δικτύων. Οι servers περνούν τα μηνύματα σε άλλους servers χρησιμοποιώντας multicast τρόπο επικοινωνίας. (Εικόνα 2.11.).



Εικόνα 2.11. : Υβριδικές τοπολογίες με πολλαπλούς server που επικοινωνούν μέσω δικτύου multicast.

(Πηγή: [9])

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για πολλαπλούς servers:

- ⇒ Υποδιαίρεση του εικονικού κόσμου (virtual world subdivision), όπου ο εικονικός κόσμος υποδιαιρείται σε υποχώρους, ενώ σε κάθε υποχώρο αντιστοιχεί και ένας server. Όταν ένας client μεταβαίνει από τον ένα υποχώρο στον άλλο αποσυνδέεται από το δικό του server και συνδέεται με το server που αντιστοιχεί στο νέο υποχώρο.
- ⇒ Η υποδιαίρεση σύμφωνα με τους συμμετέχοντες (participant subdivision), παράγει ένα αντίγραφο του εικονικού κόσμου σε κάθε server και ορίζει τους συμμετέχοντες στους servers. Όταν ένας συμμετέχοντας συνδεθεί στον εικονικό κόσμο στην αρχή μιας συνόδου, επιλέγει τον πιο κοντινό και μη "φορτωμένο" server, και αυτός είναι υπεύθυνος για την ανταλλαγή των μηνυμάτων.

2.3.2.5. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας (protocol)

Οι κατασκευαστές συστημάτων NVE θα πρέπει να λάβουν υπ' όψη τους όλους τους κατάλληλους παράγοντες με σκοπό τον προσδιορισμό της αρχιτεκτονικής του συστήματος, την τοπολογία για επικοινωνία, την αναπαράσταση των avatar καθώς και τον ορισμό των οντοτήτων στο VE. Όταν ο σχεδιαστής του NVE πάρει αυτές τις αποφάσεις, θα πρέπει να εφαρμόσει στο σύστημα και το κατάλληλο πρωτόκολλο ώστε να είναι αποτελεσματική η επικοινωνία. Αυτό εξαρτάται κυρίως από τον τρόπο που παριστάνονται τόσο οι συμμετέχοντες όσο και τα εικονικά αντικείμενα αλλά και από τον τρόπο σχεδίασης του NVE. Το πρωτόκολλο, ιδεατά, θα πρέπει να περιλαμβάνει διαχείριση των συνόδων, πληροφορίες για την κατάσταση του συστήματος καθώς και για τα γεγονότα που λαμβάνουν χώρα ή και για την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων του VE.

Το σύστημα της κατανεμημένης αλληλεπιδραστικής προσομοίωσης (Distributed Interactive Simulation -DIS) παρέχει ένα πρωτόκολλο για στρατιωτικές εφαρμογές. Από την άλλη μεριά ένα γενικών σκοπών αξιόπιστο multicast πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για το συγχρονισμό των δεδομένων σε ένα περιβάλλον NVE. Υπάρχει επίσης μια προσπάθεια με το ISO SC29 MPEG-4 που βοηθά στη δημιουργία ενός στάνταρ για τη δημιουργία γραφικών εφαρμογών σε υπολογιστή (π.χ. animation προσώπου και σώματος).

2.4. Μελλοντικές βελτιώσεις

Βελτίωση στην απόδοση ενός εικονικού περιβάλλοντος μπορεί να υπάρξει με την προσθήκη των παρακάτω επιπρόσθετων χαρακτηριστικών:

- ⇒ Εξ' ορισμού παράμετροι για διαφορετικούς κόσμους (default parameters for different worlds). Το σύστημα NVE μπορεί να παρέχει εξ' ορισμό συμπεριφορά για τα αντικείμενα με σκοπό την ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας σχεδιασμού. Για παράδειγμα, η ιδιότητα της βαρύτητας δεν χρειάζεται να οριστεί ξεχωριστά για κάθε οντότητα αλλά γενικά για όλο τον εικονικό κόσμο.
- ⇒ Συγκρούσεις (collisions): αυτές μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα της προσομοίωσης του εικονικού κόσμου.
- ⇒ Δικαιώματα πρόσβασης (access rights): στα εικονικά περιβάλλοντα με μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων υπάρχει το πρόβλημα της πρόσβασης σε διαφορετικά αντικείμενα και τμήματα του εικονικού κόσμου. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να διευθετηθεί με την εισαγωγή δικαιωμάτων πρόσβασης τα οποία πρέπει να παραχωρούνται στους συμμετέχοντες.
- ⇒ Διαχείριση αντικειμένων (object manipulation): Βελτίωση μπορεί να υπάρξει και στις τεχνικές διαχείρισης των αντικειμένων.

Επίσης, οι σχεδιαστές των NVEs μπορούν να λάβουν υπ' όψη τους στοιχεία όπως ο βαθμός λεπτομέρειας στην αναπαράσταση και στην κίνηση των οντοτήτων, το φιλτράρισμα των μηνυμάτων - ώστε μόνο οι ενδιαφερόμενοι hosts να λάβουν τις πληροφορίες που αφορούν μια συγκεκριμένη οντότητα. Άλλο θέμα αποτελούν οι διαδικασίες με τις οποίες μπορούν να μειωθούν οι απαιτήσεις του δικτύου ή να ελαττωθεί το απαιτούμενο εύρος ζώνης, οι τεχνικές συγχρονισμού, έτσι ώστε κάθε μηχανή host να παρουσιάζει μια παρόμοια κατάσταση του ίδιου εικονικού κόσμου, κ.τ.λ..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

9. Tolga K. Capin, Igor S. Pandzic, Nadia Magnenat – Thalmann, Daniel Thalmann, *Avatars in Networked Virtual Environments*, Εκδόσεις John Wiley & Sons, LTD, Copyright 1999

10. Frazier C., Kempf R., *OpenGL Reference Manual: The Official Reference Document to OpenGL, Version 1.1*, OpenGL Architecture Review Board, MA: Addison-Wesley, 1997.

11. Sutherland I. E., *A head-mounted three dimensional display*, AFIPS Conference Proceedings, vol. 33, I:757-764, 1998.

12. 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.

13. Hartman J., wernecke J., *The VRML 2.0 Handbook: Building Moving Worlds on the Web*, Addison-Wesley, 1996.

14. C. Youngblut, *Educational Uses of Virtual Reality Technology*, Institute of Defense Analyses Document D-2128, January 1998.

15. Brutzman D., Zyda M., Watsen K., *Virtual reality transfer protocol (vrtp) design rationale*, and Macedonia M., In Proceedings of the IEEE Sixth International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE'97), Distributed System Aspects of Sharing a Virtual Reality workshop, 179-186, IEEE Computer Society, Cambridge, MA, June 1997

16. Dillenbourg P., *Virtual Learning Environments, Learning in the new Millennium: Building new education strategies for schools*, EUN Conference 2000 Workshop on Virtual Learning Environments