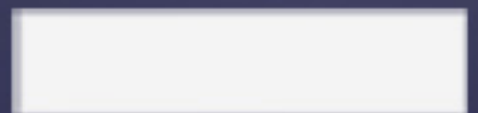
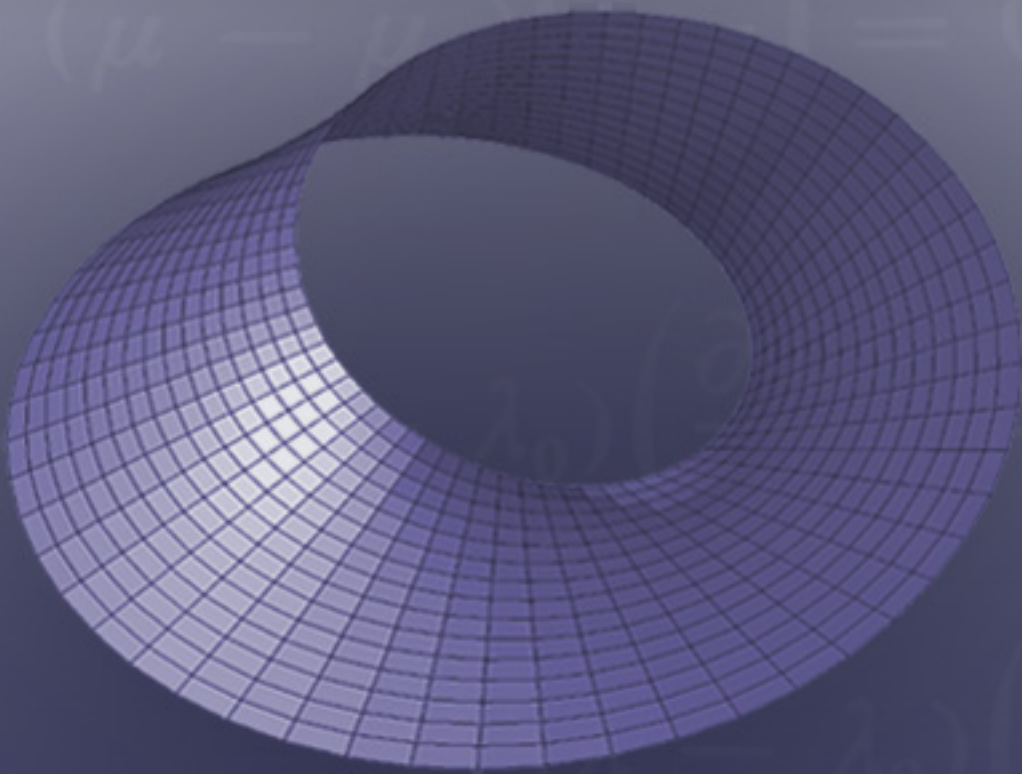


Ανάπτυξη, εφαρμογές και προοπτικές
της εικονικής πραγματικότητας



**Διεθνές Συνέδριο "From Computer Graphics to Virtual Reality"
Εκδόσεις ΑΤΕ, 1997 (υπό έκδοση)**

Μ. Μειμάρης,
Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος ΕΜΜΕ, Παν/μιο Αθηνών.

"Ανάπτυξη, εφαρμογές και προοπτικές της Εικονικής Πραγματικότητας"

1. Η Εικονική Πραγματικότητα

Πρόκειται για την δυνατότητα που παρέχει στο χρήστη ένα σύνολο τεχνολογιών, για αλληλεπιδραστική σχέση σε πραγματικό χρόνο, με τρισδιάστατα περιβάλλοντα, δημιουργήματα του ηλεκτρονικού υπολογιστή, μέσω των αισθήσεων της όρασης, της ακοής, ακόμη και της αφής.

Με τη βοήθεια συνήθως στερεοσκοπικού κράνους-κάσκας και ενός γαντιού οπτικών ινών, ο χειριστής (operator) έχει την ψευδαίσθηση της εμπύθισης σε μία νέα πλασματική, εικονική πραγματικότητα, υπολογισμένη και συνεχώς ανανεούμενη από την μηχανή, μέσα στην οποία μπορεί να δρά.

2. Ιστορικό

Μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας (VR) έδωσε η έρευνα σχετικά με θέματα προσομοίωσης πτήσεων (flight simulation). Έτσι προς τα τέλη της δεκαετίας του '60 στην αεροπορική βάση των ΗΠΑ στο Wright Patterson του Dayton του Ohio, υπό τη διεύθυνση του Thomas Furness μελετήθηκε η δημιουργία ενός εναλλακτικού τρόπου μετάδοσης πληροφοριών στον πιλότο σε συνθήκες μάχης. Το πρόβλημα ήταν η ελαχιστοποίηση του χρόνου που ο πιλότος αποσπά το βλέμμα από τον γύρω του χώρο (πεδίο μάχης) για να κοιτάξει τα όργανα ελέγχου του αεροσκάφους.

Αποτελέσματα των μελετών αυτών ήταν διαδοχικά:

- το σύστημα HUD (Heds Up Display, 1978) που επέτρεπε την γραφική παράσταση πληροφοριών σε μια γυάλινη πλάκα μπροστά από τον πιλότο (στο χειριστήριο). Μ' αυτό τον τρόπο, πάντα κοιτάζοντας εμπρός του, ο πιλότος μπορούσε να αποφασίζει πότε θα συγκέντρωνε την προσοχή του στις πληροφορίες που απεικονίζοντο στην γυάλινη πλάκα και πότε θα κοίταζε δια μέσου αυτής τον γύρω του χώρο, αγνοώντας την.

- το σύστημα VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator, 1982), εξέλιξη του προηγούμενου, όπου η διαφανής οθόνη ήταν πλέον τοποθετημένη στο κράνος του πιλότου (HMD-Head Mounted Display) και υπήρχε η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με ειδικό γάντι καθώς και με τη προφορά πολύ απλών εντολών του τύπου "ON", "OFF", "GO" κλπ.¹

Όμως η ιστορία της VR έχει τις ρίζες της σε παλιότερες εργασίες επιστημόνων και, όπως θα δούμε, πολλών άλλων, από τους οποίους απαραίτητο είναι να αναφερθούν επιγραμματικά οι παρακάτω:

Ήδη το 1953 ο Douglas C. Engelbart αναφέρθηκε στην ανάγκη για μια αντίστροφη πορεία στη "σχέση" ανθρώπου και ηλεκτρονικού υπολογιστή, στην οποία οι υπολογιστές θα έπρεπε να σχεδιάσουν με κατεύθυνση την ευκολότερη επικοινωνία με τους ανθρώπους αντί να προσαρμόζεται η ανθρώπινη προσπάθεια στις απαιτήσεις της τεχνολογίας των υπολογιστών².

Το 1960 ο J.C.R. Licklider, ηγετικό στέλεχος του Γραφείου Προγραμμάτων Προκεχωρημένης Έρευνας (Advanced Research Projects Agency-ARPA) του Αμερικανικού Στρατού, στο βιβλίο του "Man-Machine Symbiosis" μεταφέρει για πρώτη φορά εμπειρία και γνώσεις από την λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου στον τρόπο σχεδίασης των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Το 1963 η διδακτορική διατριβή του Ivan Sutherland "Sketchpad: A Man- Machine Graphic Communication System" θέτει τα θεμέλια των Γραφικών με Υπολογιστή (Computer Graphics), που τόσο χρησιμοποιούνται στην VR. Ο ίδιος, στην ομιλία του για το "Ultimate Display" στο συνέδριο της IFIP (International Federation of Information Processing) το 1965, αναφέρεται ήδη στη χρήση όλων των δυνατών καναλιών επικοινωνίας ανάμεσα στον άνθρωπο και τον υπολογιστή (όπως δηλαδή η όραση, η ακοή, η αφή), καθώς και στην ανάγκη κατανόησης ενός πλασματικού, κατασκευασμένου από τον υπολογιστή, κόσμου με τον ίδιο τρόπο που ο άνθρωπος εγκεφάλος κατανοεί τον πραγματικό κόσμο, δηλαδή μέσω των αισθήσεων. Στις εργασίες του I.Sutherland και της ομάδας του οφείλεται η δημιουργία του πρώτου συστήματος εικονικής πραγματικότητας του "Incredible Helmet". Το κράνος του συστήματος αυτού, που ήταν τόσο βαρύ ώστε να κρέμεται από την οροφή, διέθετε στερεοσκοπικές οθόνες στις οποίες προβάλετο η εικόνα που δημιουργούσε ο υπολογιστής κατόπιν ανίχνευσης, με την βοήθεια αισθητήρων, των κινήσεων του κεφαλιού του χρήστη, και που αντιστοιχούσε στο χώρο που "έβλεπε" ο χρήστης .

¹ Ο Furness είναι αυτός που αργότερα ίδρυσε το γνωστό για την έρευνά του σε θέματα VR εργαστήριο του Πανεπιστημίου Washington στο Seattle, Human Interface Technology Laboratory-HIT Lab.

² Μία από τις πρώτες προσπάθειες σχεδιασμού συστήματος επεξεργασίας της πληροφορίας με απεικόνιση αυτής οφείλεται στον Engelbart.

Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης είχε την ψευδαίσθηση ότι βρίσκεται μέσα στο κατασκευασμένο από τον υπολογιστή περιβάλλον, που δεν ήταν, την πρώτη εκείνη φορά, παρά ένα άδειο, τετράγωνο, μονοχρωματικό δωμάτιο.

Συμπληρώνοντας την παραπάνω συνοπτική ιστορική αναδρομή, θα πρέπει να αναφερθούμε σε πρωτοβουλίες σχετικές με την ανάπτυξη της VR από διαφορετική οπτική, όπως αυτές των:

- Morton Heilig το 1956, με το Sensorama που θεωρείται σαν ο πρώτος προσομοιωτής αισθήσεων,
- Myron Krueger το 1975, με το VideoPlace που επέτρεπε την επικοινωνία, μέσω γραφικών, μεταξύ ανθρώπων σε διαφορετικούς τόπους,
- και των επιστημόνων του Πανεπιστημίου της Βόρειας Καρολίνας(UNC) Frederick Brooks, Henry Fuchs και P.J.Kilpatrick με το σύστημα χειρισμού ενός μηχανικού βραχίονα μέσω της γραφικής του αναπαράστασης GROPE II.

Η δεκαετία του 1980 υπήρξε δεκαετία ταχύτατων εξελίξεων για τη VR. Το 1984 ο Jaron Lanier παρουσιάζει στο Scientific American τις βασικές αρχές μίας νέας γλώσσας προγραμματισμού, της Mandala, που χρησιμοποιεί εικόνες και ήχους αντί των συνήθισμένων αλφαριθμητικών χαρακτήρων. Το ίδιο έτος, ο William Gibson στο βιβλίο του επιστημονικής φαντασίας Neuromancer (Νευρομάντης)-το πρώτο της τριλογίας CyberPank (Κυβερνοπάνκ), χρησιμοποιεί για πρώτη φορά τον όρο Cyberspace (Κυβερνοχώρος). Στη συνέχεια τα πράγματα τρέχουν πολύ γρήγορα, ο Lanier εισάγει τον όρο Virtual Reality και δημιουργεί την εταιρεία VPL Research, ενώ ο Zimmerman τελειοποιεί το γάντι δεδομένων (Data Glove). Το 1987 το σύστημα RB2 (Reality Built for Two) της VPL επιτρέπει σε δύο ανθρώπους που βρίσκονται σε διαφορετικό τόπο να επικοινωνούν σε ένα κοινό εικονικό περιβάλλον.

3. Οι τύποι της Εικονικής Πραγματικότητας

Τα συστήματα VR μπορούν να χωριστούν σε διάφορους τύπους. Οι πέντε συνηθέστεροι είναι τα συστήματα εμβύθισης (immersive systems), τα αυξητικά-προσθετικά συστήματα (augmented systems), τα vehicle systems, τα through-the-window systems ή desk top VR και τα mirror systems.

α) Συστήματα Εμβύθισης

Σε αυτά τα συστήματα ο χρήστης φορά ένα κράνος καθώς και ειδικά γάντια. Το κράνος απομονώνει τον χρήστη από τους ήχους και τις εικόνες του γύρω περιβάλλοντος, παρέχοντάς του συγχρόνως υπολογισμένες εικόνες και ήχους, επιτυγχάνοντας κατ' αυτό τον τρόπο ένα έντονο αίσθημα παρουσίας του στο πλασματικό -υπολογισμένο από τον Η/Υ- περιβάλλον. Όταν ο χρήστης κινείται, οι σκηνές του πλασματικού κόσμου αλλάζουν ακριβώς όπως θα συνέβαινε, αν ο χρήστης κοιτούσε μια φυσική σκηνή -όπου δηλαδή μία κίνηση του κεφαλιού προς τ'αριστερά ισοδυναμεί με μία μετακίνηση του περιβάλλοντος χώρου προς τα δεξιά. Η καταγραφή των κινήσεων του χρήστη γίνεται μέσω αισθητήρων τοποθετημένων στο κράνος, οι οποίοι ονομάζονται καταγραφείς θέσης (position trackers). Ο υπολογιστής λαμβάνει τα στοιχεία από τους αισθητήρες και, ανάλογα φυσικά με τον πλασματικό κόσμο που έχει προγραμματιστεί να παρέχει, αποφασίζει κάθε στιγμή για το ποιο κομμάτι αυτού του κόσμου μπορεί να "βλέπει" ο χρήστης. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζει η τεχνολογία των immersive systems είναι κυρίως δύο, με κοινή όμως αιτία: τα συστήματα αντιδρούν σχετικά αργά στις ενέργειες του χρήστη και οι κόσμοι που δημιουργούν στερούνται ρεαλιστικών λεπτομερειών. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται στο γεγονός, ότι δεν υπάρχει ακόμη υπολογιστικό σύστημα αρκετά ισχυρό για να διαχειρίζεται, με την απαραίτητη ταχύτητα, τον όγκο των δεδομένων που απαιτείται για την ανανέωση των διαφόρων σκηνών και τη δημιουργία ενός πειστικού πλασματικού κόσμου.

β) Συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας (augmented systems)

Σε ένα σύστημα Επαυξημένης Πραγματικότητας ο πλασματικός κόσμος προβάλλεται πάνω από τον πραγματικό κόσμο και δεν τον αντικαθιστά. Ο χρήστης ενός τέτοιου συστήματος είναι εφοδιασμένος με ένα διαφανές σύστημα προβολής, ώστε να μην αποκλείεται ο φυσικός κόσμος. Το σύστημα απεικόνισης δηλαδή, προβάλλει γραφικά υπολογιστή πάνω από τον φυσικό περίγυρο. Αν εξαιρέσουμε το διαφανές κράνος, ένα σύστημα Επαυξημένης Πραγματικότητας μοιάζει αρκετά με ένα σύστημα εμβύθισης. Παρόλη όμως την ομοιότητα στο κατασκευαστικό μέρος, η οπτική γωνία είναι αρκετά διαφορετική. Τα συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας προσφέρουν ένα συγκριτικό πλεονέκτημα: πληροφορίες και οδηγίες μπορούν να προβληθούν πάνω στα φυσικά αντικείμενα. Για παράδειγμα ο Steve Feiner και η ομάδα του στο Πανεπιστήμιο Columbia κατασκεύασαν ένα τέτοιο σύστημα που δείχνει στους χρήστες, πώς μπορούν να χειριστούν έναν εκτυπωτή: βέλη δείχνουν τα βήματα που απαιτούνται για την αλλαγή χαρτιού, την αλλαγή μελανοταινίας κλπ.

Η εταιρία αεροσκαφών Boeing συζητά την κατασκευή ενός πιο φιλόδοξου συστήματος: οι μηχανικοί που αναλαμβάνουν τη συντήρηση των αεροσκαφών μπορούν, χρησιμοποιώντας ένα διαφανές σύστημα Επαυξημένης Πραγματικότητας, να παίρνουν άμεσα πληροφορίες για τις καλωδιώσεις και τα υδραυλικά συστήματα των αεροπλάνων, χωρίς να χρειάζεται να αποσπούν την προσοχή τους από το αντικείμενο της εργασίας τους για να συμβουλευθούν τα εγχειρίδια συντήρησης. Η πρακτική ωστόσο εφαρμογή αυτών των τεχνικών συναντά αρκετά εμπόδια. Πέρα από τους ήδη υπάρχοντες περιορισμούς των συστημάτων εμπύθισης, τα συστήματα Επαυξημένης Πραγματικότητας παρουσιάζουν κάποιες επιπλέον δυσκολίες: οι εικόνες που δημιουργούν δεν είναι αρκετά φωτεινές και έντονες, δεν προβάλλουν αντικείμενα σε διαφορετικό οπτικό βάθος, η καταγραφή της θέσης του χρήστη είναι σχετικά ανακριβής, κλπ. Πρέπει λοιπόν να επέλθουν ακόμη σημαντικές βελτιώσεις τόσο στις τεχνικές απεικόνισης των διαφανών μόνιτορ, όσο και στους αισθητήρες θέσης, πριν να κατασκευαστεί ένα εμπορικά αξιόπιστο σύστημα Επαυξημένης Πραγματικότητας.

γ) Vehicle Systems - Προσομοιωτές με κινούμενες πλατφόρμες και μηχανικά μέρη

Οι Μηχανικοί Προσομοιωτές παρουσιάστηκαν πρώτοι από τους υπόλοιπους τύπους VR. Οι περισσότεροι από αυτούς κατασκευάστηκαν από τη πολεμική αεροπορία για την εκπαίδευση των πιλότων. Αντί να φορά ένα κράνος, ο χρήστης κάθεται σε μια κινούμενη πλατφόρμα και κοιτάζει από "παράθυρα" έξω στον πλασματικό κόσμο. Σε ένα τυπικό προσομοιωτή, οθόνες υψηλής ανάλυσης είναι προσαρμοσμένες σε αυτά τα παράθυρα. Καθώς ο χρήστης εστιάζει στην επιφάνεια της οθόνης, το εφέ που δημιουργείται είναι παρόμοιο με αυτό που βλέπουμε κοιτάζοντας σε περιμετρική τηλεόραση. Κάποια βελτιωμένα συστήματα χρησιμοποιούν συνεχόμενες, συνδεδεμένες μεταξύ τους οθόνες, με αποτέλεσμα το οπτικό πεδίο που δημιουργείται να αυξάνεται σημαντικά. Το οπτικό αυτό εφέ είναι αρκετά πειστικό, παρόλο που απουσιάζουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης του βάθους της εικόνας.

Οι προσομοιωτές μπορούν να προσαρμοστούν πάνω σε κινούμενες πλατφόρμες, οι οποίες προσφέρουν μια ικανοποιητική ψευδαίσθηση κίνησης μέσα στο πλασματικό περιβάλλον. Η κινούμενη πλατφόρμα μπορεί να προσομοιώσει φυσικά δεδομένα της κίνησης, όπως την επιτάχυνση, την επιβράδυνση ή ακόμη και φυσικές δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο σύστημα. Οι χρήστες παραμένουν συνήθως καθιστοί, αλλά ακόμη και όρθιοι ή ξαπλωμένοι σε μερικές περιπτώσεις. Με την κίνηση του συστήματος σε συνδυασμό με τα οπτικά και ηχητικά ερεθίσματα, οι χρήστες έχουν την ψευδαίσθηση, ότι κινούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τις πραγματικές μικρές μετακινήσεις της πλατφόρμας. Κινούμενες πλατφόρμες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια και σε συστήματα ψυχαγωγίας στην Ντίσνεϋλαντ, στα στούντιο της Universal και σε αρκετά ακόμη μέρη.

δ) Συστήματα VR μέσα από μια απλή οθόνη - DeskTop Virtual Reality.

Πρόκειται για συστήματα που, υπό μορφή παραθύρων, επιτρέπουν στον χρήστη να βλέπει μέσα από την οθόνη του Η/Υ τον πλασματικό κόσμο. Συχνά συνοδεύονται από ειδικά γυαλιά που τροφοδοτούν κάθε μάτι με διαφορετική εικόνα. Όταν αυτές οι εικόνες παρουσιάζονται σε κατάλληλη συνέχεια, όπως στα κράνη VR, δημιουργείται στον χρήστη η ψευδαίσθηση του τρισδιάστατου χώρου. Ωστόσο, η ματιά μας μέσα στον κόσμο αυτό παραμένει περιορισμένη, ακριβώς όπως συμβαίνει, όταν κοιτάζουμε έξω από ένα παράθυρο. Ως εκ τούτου, ο χρήστης δεν μπορεί να έχει έντονο το αίσθημα της παρουσίας στο πλασματικό περιβάλλον. Τα συστήματα αυτά παραμένουν προς το παρόν αρκετά δημοφιλή για εμπορική εκμετάλλευση, λόγω του ότι η απουσία εξειδικευμένων εξαρτημάτων (κράνος, γάντια δεδομένων) έχει σαν συνέπεια ένα ιδιαίτερα περιορισμένο κόστος.

ε) Mirror Worlds - Συστήματα στα οποία το είδωλο του χρήστη ταξιδεύει μέσα στο πλασματικό περιβάλλον

Σε ένα τέτοιο σύστημα οι χρήστες στέκονται μπροστά από μια κάμερα και η εικόνα τους ενσωματώνεται μέσα στο πλασματικό περιβάλλον. Το αποτέλεσμα γίνεται ορατό σε μια συνηθισμένη οθόνη. Ο Myron Krueger που χρησιμοποίησε τον όρο "τεχνητή πραγματικότητα" για να περιγράψει αυτά τα συστήματα, κατασκεύασε το Videoplace: μια σιλουέτα του χρήστη προβάλλεται σε μια μεγάλη οθόνη, ενώ το σύστημα αναγνωρίζει το σχήμα των δακτύλων, ώστε ο χρήστης να βρίσκεται σε διαλογική σχέση με τα αντικείμενα του πλασματικού περιβάλλοντος. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργείται ένα έντονα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον. Η εταιρία Vivid Effects (Toronto) κατασκευάζει ένα παρόμοιο σύστημα με το όνομα Mandala, το οποίο παρουσιάζει εμπορική επιτυχία σε μουσεία και αίθουσες ψυχαγωγίας σε ολόκληρο τον κόσμο.

4) Το στερεοσκοπικό κράνος

Το πρώτο κράνος κατασκευάστηκε το 1968 από τον Ivan Sutherland στο MIT και είχε την ονομασία Δαμόκλειος Σπάθη (Sword of Damocles). Ήταν τόσο βαρύ, όπως είπαμε, που ήταν αδύνατο να το φορέσει κανείς. Έπρεπε λοιπόν να παραμένει κρεμασμένο από την οροφή πάνω από το κεφάλι του χρήστη. Περιείχε δύο οθόνες, ενώ αισθητήρες που βρίσκονταν πάνω σ'αυτό κατέγραφαν τη θέση και τις κινήσεις του κεφαλιού του χρήστη. Ο Sutherland βελτίωνε συνεχώς αυτό το αρχικό μοντέλο, καθώς σκοπός του ήταν, να κατασκευάσει ένα κράνος το οποίο να έχει τη δυνατότητα να αναπαριστά ένα "δωμάτιο" μέσα στο οποίο όλα τα αντικείμενα θα ήταν κατασκευασμένα από τον υπολογιστή και θα μπορούσε ο χρήστης να τα χειριστεί με διάφορους τρόπους.

Σημαντική υπήρξε και η δουλειά του Thomas Furness, ο οποίος το 1981 παρουσίασε το σύστημα Visually Coupled Airborne Systems Simulator, το οποίο έμεινε γνωστό ως Super Cockpit. Αυτό το σύστημα ήταν σχεδιασμένο να βοηθά στην εκπαίδευση των πιλότων. Ένα ειδικά κατασκευασμένο κράνος επέτρεπε στον πιλότο να βλέπει ένα κατασκευασμένο από υπολογιστή προσομοιωμένο περιβάλλον στην εσωτερική πλευρά του κράνους. Η "πτήση" του πιλότου μέσα σ'αυτόν τον κόσμο επιτυγχάνονταν κυρίως με προφορικές εντολές και κινήσεις των ματιών. Το γάντι του πιλότου είχε πάνω του αισθητήρες, έτσι ώστε ο πιλότος "πατώντας" σε εικονικά κουμπιά, να εκτελεί διάφορες λειτουργίες, όπως εκτόξευση πυραύλων κ.ά. Η εργασία του Furness σ'αυτόν τον τομέα υιοθετήθηκε από πολλές αεροπορικές εταιρίες. Υπάρχουν ωστόσο πολλές επιφυλάξεις σχετικά με τη χρησιμότητα παρόμοιων συστημάτων στις υπηρεσίες πολιτικής αεροπορίας, καθώς οι πιλότοι αυτών των αεροπλάνων δεν χρησιμοποιούν κράνη κάτω από πραγματικές συνθήκες, επομένως η χρησιμοποίησή τους στην προσομοίωση θα απέβαινε εις βάρος της αληθοφάνειας της όλης διαδικασίας.

Το σύγχρονο κράνος βασίζεται σε ένα παλιό τρυκ στέρεο-απεικόνισης καθώς και στο δημοφιλές παιδικό κυρίως παιχνίδι, το View Master. Τα μάτια μας βρίσκονται σε μια απόσταση το ένα από το άλλο και, επομένως, το καθένα βλέπει μια ελάχιστα διαφορετική όψη της κάθε σκηνής. Αυτό είναι και το κλειδί για να βλέπουμε τρεις διαστάσεις. Το στερεοσκόπιο του Brewster (19ος αιώνας) κρατά αυτές τις διαφορετικές όψεις σε ζεύγη εικόνων, κάθε μία ελάχιστα διαφορετική από την άλλη, αντιστοιχώντας στη διαφοροποίηση των ματιών. Όταν ο θεατής κοιτάζει ένα στερεοσκόπιο, κάθε μάτι βλέπει μια διαφορετική εικόνα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται το τρισδιάστατο εφέ. Κατά παρόμοιο τρόπο, το κράνος προβάλλει μια ελαφρά διαφορετική εικόνα σε κάθε μάτι. Δύο μικρές οθόνες καθοδικού σωλήνα ή υγρών κρυστάλων χρησιμοποιούνται για να προβάλλουν τα ζεύγη των εικόνων. Οι κατασκευαστές συστημάτων VR προσπαθούν να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο οπτικό πεδίο, με λιγότερα pixels. Το οπτικό μας πεδίο είναι περίπου 200 μοίρες πλάτος και 120 μοίρες ύψος. Στοιχεία από έρευνες αναφέρουν, ότι, όσο μεγαλύτερο μέρος από το οπτικό μας πεδίο καλύπτει η εικόνα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ψευδαίσθηση της παρουσίας μέσα στο πλασματικό περιβάλλον. Το να καλυφθεί ένα μεγάλο κομμάτι του οπτικού μας πεδίου με pixels ελάχιστου μεγέθους, απαιτεί έναν μεγάλο αριθμό pixels, πολλά περισσότερα απ'όσα είναι σήμερα εφικτό να παράγουμε. Πολλοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν οθόνες υγρών κρυστάλων που απεικονίζουν στο πλάτος τους 512 pixels, αριθμός που απέχει πάρα πολύ από το τέλειο. Στην πραγματικότητα, αν 512 pixels χρησιμοποιούνται για να καλύψουν γωνία 40 μοιρών, το μέγεθος του κάθε pixel είναι 7 φορές μεγαλύτερο από το ελάχιστο κομμάτι που μπορεί το μάτι να διακρίνει. Όσο μάλιστα αυξάνεται το οπτικό πεδίο που πρέπει να καλυφθεί, τόσο η εικόνα χάνει σε λεπτομέρεια.

Γι'αυτόν το λόγο μπορούμε να πούμε, ότι ο χρήστης είναι σχεδόν "τυφλός" στα μέχρι σήμερα υπάρχοντα συστήματα VR, καθώς δεν βλέπει λεπτομέρειες και επομένως συχνά συγχέει τα αντικείμενα μεταξύ τους και χάνει τον προσανατολισμό του.

Υπάρχει ωστόσο αισιοδοξία από την πλευρά των κατασκευαστών, ότι η τεχνολογία εξελισσόμενη θα επιτρέψει σε λίγο καιρό την ελάττωση του μεγέθους των pixels στο μισό. Ακόμη όμως κι όταν επιτευχθεί αυτός ο στόχος, θα πρέπει να μειωθεί παράλληλα το εύρος του οπτικού πεδίου που πρέπει να καλύπτεται. Σ'αυτό ακριβώς το σημείο αποσκοπεί η έρευνα για την κατασκευή αισθητήρων των κινήσεων του ματιού.

Αναλύοντας τη διαδικασία καταγραφής της θέσης και της διεύθυνσης, κάνουμε την υπόθεση, ότι η κατεύθυνση στην οποία είναι στραμμένο το πρόσωπο του χρήστη είναι και η κατεύθυνση προς την οποία αυτός/ή κοιτάζει. Αυτό φυσικά δεν είναι πάντοτε αλήθεια. Τα μάτια μας μπορούν να περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα ανεξάρτητα από την κίνηση του κεφαλιού. Στην πραγματικότητα μάλιστα, το σημείο στο οποίο κατευθύνουμε το βλέμμα μας είναι και η καλύτερη ένδειξη για το πού έχουμε στραμμένη την προσοχή μας. Πρέπει λοιπόν να καταγράφεται όχι μόνο η θέση του κεφαλιού, αλλά και η κατεύθυνση των ματιών. Η καταγραφή των κινήσεων των ματιών χρησιμοποιείται σήμερα για τον έλεγχο αναπηρικών καρεκλών και υπολογιστών από άτομα με σοβαρές αναπηρίες, καθώς επίσης και στην πολεμική έρευνα για τη χρήση του αεροσκάφους από τον πιλότο χωρίς αφή: και στις δύο περιπτώσεις ο χρήστης δίνει τις οδηγίες στον υπολογιστή που ελέγχει τα μηχανήματά του (αναπηρική καρέκλα ή χειριστήριο) κατευθύνοντας μόνο το βλέμμα του είτε προς κάποια γενική διεύθυνση είτε προς κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Υπάρχει όμως και κάτι πιο σημαντικό, το οποίο έχει να κάνει κυρίως με την κατασκευή του ανθρώπινου ματιού. Το μεγαλύτερο μέρος των οπτικών πληροφοριών που φτάνουν στον εγκέφαλο προέρχεται από την ωχρά κηλίδα. Αυτή η περιοχή βρίσκεται ακριβώς απέναντι από το πίσω μέρος του ματιού όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη συγκέντρωση φωτοδεκτών. Είναι λοιπόν προφανές, ότι μια εικόνα πρέπει να έχει μεγαλύτερη ανάλυση (λεπτομέρειες, δηλαδή) σ'εκείνο ακριβώς το σημείο στο οποίο κοιτάζει το μάτι, στο σημείο δηλαδή που η εικόνα εστιάζει στην ωχρά κηλίδα. Τα σημεία της εικόνας που βρίσκονται μακρύτερα από το σημείο εστίασης του ματιού δεν χρειάζεται να έχουν πολλές λεπτομέρειες. Λόγω του γεγονότος, ότι η ποσότητα των λεπτομερειών σε μια ψηφιακή εικόνα έχει σχέση με τον υπολογιστικό χρόνο που απαιτείται για να σχεδιαστεί αυτή η εικόνα, ένα σύστημα το οποίο καταγράφει και τις κινήσεις των ματιών μπορεί να επιτυγχάνει μεγαλύτερες ταχύτητες ανανέωσης της οθόνης.

Τα περισσότερα κράνη παρέχουν ευρύ οπτικό πεδίο, οριζόντια και κάθετα, με μια σταθερή ανάλυση εικόνας. Ωστόσο, ένα περισσότερο προηγμένο σύστημα VR θα περιορίζει το υπολογιστικό φορτίο, παρέχοντας εικόνα υψηλής ανάλυσης στο σημείο ακριβώς που εστιάζει κάθε φορά το μάτι και κρατώντας αντίστοιχα χαμηλές αναλύσεις σε όλα τα υπόλοιπα σημεία (φόντο).

Παρόλο που η καταγραφή των κινήσεων του ματιού μπορεί να αποβεί πολύ αποτελεσματική, πρέπει αρχικά να λυθούν αρκετά θέματα σχεδιασμού και λειτουργίας, που προκύπτουν από διάφορα γεγονότα, όπως για παράδειγμα, ότι δεν υπάχει ζευγάρι ματιών παρόμοιο με κάποιο άλλο. Πρέπει λοιπόν το σύστημα να έχει τη δυνατότητα να εξατομικεύεται για κάθε χρήστη. Υπάρχει επίσης πρόβλημα με κάποιες ακούσιες κινήσεις του ματιού, όπως είναι το στιγμιαίο ανοιγόκλειμα. Θα πρέπει ακόμη τα συστήματα καταγραφής των κινήσεων του ματιού να γίνουν αρκετά μικρά, ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν στα κράνη VR.

5. Τρισδιάστατος Ήχος

Η ολοκληρωμένη εμπειρία ενός πλασματικού περιβάλλοντος απαιτεί η ακοή να είναι επίσης τρισδιάστατη (να το ακούμε δηλαδή σε "χώρο"). Είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους κατασκευάζουμε ένα νοητικό μοντέλο για το χώρο γύρω μας. Τα ηχητικά "αντικείμενα" έχουν μια ορισμένη θέση, όπως ακριβώς και τα οπτικά αντικείμενα (ας σκεφτούμε πώς βασιζόμαστε στην ακοή μας, για να εντοπίσουμε ένα κουνούπι που πετά γύρω μας). Η ηχητική ρεαλιστικότητα ενός πλασματικού χώρου, απαιτεί να μπορέσουμε να αναπαράγουμε τα ειδικά χαρακτηριστικά των ήχων: για παράδειγμα, η μεταβαλλόμενη ένταση του ήχου της μηχανής ενός αυτοκινήτου που πλησιάζει τον χρήστη και τον προσπερνά, το βουητό μιας συνομιλίας από το βάθος ενός διαδρόμου κλπ. Όπως αλλάζουν οι τρισδιάστατες εικόνες, έτσι πρέπει να αλλάζουν και τα ηχητικά σήματα, καθώς οι χρήστες κινούνται ανάμεσα στις εικονικές φωνές, τα μουσικά όργανα κλπ.

Για να φανεί πως ένας πλασματικός ήχος προέρχεται από κάποιο συγκεκριμένο σημείο, ο παραγόμενος ήχος θα πρέπει να αλλάζει για να διατηρείται η ειδική σχέση ανάμεσα στα αυτιά του ακροατή και την πηγή του ήχου - ανάλογα με την περίσταση θα πρέπει να τροφοδοτείται κάθε αυτί με διαφορετικό ήχο, ώστε να είναι σε θέση ο εγκέφαλος να προσδιορίζει την προέλευση του ήχου στον τρισδιάστατο χώρο.

Εάν τα διακριτά, ως προς τη θέση, ηχητικά αντικείμενα πρόκειται να αποτελούν ένα πειστικό κομμάτι της ψευδαίσθησης, θα πρέπει, ιδανικά, να τηρούν τα παρακάτω:

- Να αντιστοιχούν στις στερεοφωνικές ιδιότητες των αυτιών του χρήστη (συχνότητες, παραμορφώσεις κλπ.).

- Να μεταβάλλονται σε σχέση με την ακουστική του χώρου, η οποία καθορίζεται από το μέγεθός του, το σχήμα του και το βαθμό απορρόφησης.
- Να μεταβάλλονται σε σχέση με τη θέση και τον προσανατολισμό του χρήστη στο χώρο.

6. Εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας

Εξαιρώντας τις περιορισμένες ακόμη εφαρμογές της Desk Top VR και της Επαυξημένης Πραγματικότητας μπορούμε να πούμε ότι οι σπουδαιότερες σημερινές εφαρμογές αφορούν τα συστήματα τηλεπαρουσίας, τα συστήματα εμπύθησης και τους προσομοιωτές πτήσεως.

Τα συστήματα τηλεπαρουσίας (Telepresence) και τηλεχειρισμού (Telecontrolling), δίνοντας την "αίσθηση" της παρουσίας σε άλλο τόπο, επιτρέπουν τον χειρισμό με ακρίβεια μηχανικών βραχιόνων, εξαρτημάτων, ρομπότ, εργαλείων κλπ. , πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο για την μακρόθεν δράση σε περιβάλλοντα εγγυμονούνται κινδύνους όπως: ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες (για την εξουδετέρωση πυρκαγιών σε χημικές βιομηχανίες και δυλιστήρια), έκθεση σε ραδιενέργεια (σε σταθμούς παραγωγής πυρηνικής ενέργειας), πίεση σε μεγάλα υποθαλάσσια βάθη (στις εξέδρες άντλησης πετρελαίου), άγνωστες συνθήκες και ατυχήματα στο διάστημα, κλπ.

Μεγάλα ποσά δαπανώνται από τον Αμερικανικό στρατό στην κατεύθυνση της τηλεχειρουργικής, όπου ο χειρουργός θα δύναται να εκτελεί, με την βοήθεια εξοπλισμού VR (κάσκα, γάντια και μηχανικοί βραχιόνες), χειρουργικές επεμβάσεις σε στρατιώτες στο πεδίο της μάχης, ευρισκόμενος ίσως και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Όμως οι εφαρμογές της VR στην Ιατρική επεκτείνονται και πέραν των συστημάτων τηλεπαρουσίας, με την χρήση της στην Ιατρική Απεικόνιση (Medical Imaging), όπου γίνεται δυνατή η οπτικοποίηση της ανατομίας και της λειτουργίας των οργάνων του ασθενούς, και στην Χειρουργική Προσομοίωση, όπου επιτυγχάνονται λεπτές εικονικές επεμβάσεις.

Εκτός όμως της Ιατρικής, η δυνατότητα της VR για πιστή αναπαράσταση μοντέλλων της πραγματικότητας σε αλληλεπίδραση με τον χρήστη σε πραγματικό χρόνο, βρίσκει εφαρμογή όταν η επιστημονική έρευνα οφείλει να αναλύσει και να ερμηνεύσει φαινόμενα που περιγράφονται από ευρύτητα και πολύπλοκα σύνολα δεδομένων. Έτσι στον τομέα της Επιστημονικής Οπτικοποίησης (Scientific Visualization) η VR επιτρέπει στον βιολόγο, τον γενετιστή, τον βιοχημικό, με το στερεοσκοπικό κράνος του, να "επισκεφθεί" τον κόσμο των ατόμων και μορίων μίας χημικής ένωσης, ενός συστατικού, ενώ με το ειδικό αλληλεπιδραστικό γάντι του μπορεί, με φυσικό τρόπο, να "μεταβάλλει" μία δομή, παρατηρώντας τα νέα μόρια που δημιουργήσε. Ηδη μεγάλες φαρμακοβιομηχανίες χρησιμοποιούν τις παραπάνω εφαρμογές.

Οι βιομηχανικές εφαρμογές της VR αφορούν κυρίως τον τομέα της βιομηχανίας αυτοκινήτων και αεροσκαφών με χρήσεις που σχετίζονται με:

- την αντικατάσταση του υψηλού κόστους φυσικών πρωτοτύπων με εικονικά.
- τη σύνδεση της ανάλυσης με την πλασματική προτυποποίηση σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, η ροή των αερίων σε ένα σύστημα κλιματισμού ή τα τεστ αντοχής σε πρόσκρουση μπορούν να υλοποιηθούν εικονικά, ενώ στόχος είναι να υπάρξει η δυνατότητα αλλαγών στο ίδιο το πλασματικό πρότυπο και ταυτόχρονα να φανούν άμεσα οι επιπτώσεις των αλλαγών.
- την απευθείας συσχέτιση ανθρώπων με μελέτες εργονομίας και απόδοσης χάρη σε επιχειρησιακές εξομοιώσεις σε VR περιβάλλον. Για παράδειγμα, επιβάτες διαφορετικών σωματικών αναλογιών θα μπορούν να εξετάζουν την άνεση και την εμφάνιση ενός αυτοκινήτου.
- τη δυνατότητα πλασματικής εξομοίωσης των διαδικασιών συναρμολόγησης, παραγωγής και συντήρησης ώστε να εμφανίζονται τα διάφορα προβλήματα από το στάδιο της σχεδίασης.
- τη χρήση της VR σαν ένα νέο μέσο επικοινωνίας που θα επιτρέπει σε ομάδες συνεργαζομένων μηχανικών να ελέγχουν ταυτόχρονα τα τμήματα της σχεδίασης, συναρμολόγησης, ελέγχου κλπ.

Στην Αρχιτεκτονική, οι εφαρμογές έχουν σαν δυνατό αποτέλεσμα, τόσο ο αρχιτέκτονας όσο και ο μελλοντικός αγοραστής-κάτοικος ενός οικήματος να μπορεί να "υπάρξει" από τώρα μέσα σ'αυτό, να περιπλανηθεί στους επι μέρους χώρους του και να επέμβει στην διαρύθμισή τους έχοντας άμεση "αντίληψη" του αποτελέσματος.

Στον τομέα της Εκπαίδευσης, το ότι μπορεί κανείς μέσω της VR να "ευρίσκεται" σε ένα εικονικό περιβάλλον που πλησιάζει κατά πολύ στο αντίστοιχο πραγματικό, ως προς πολλές των ιδιοτήτων του, και να "δρά" σ'αυτό, χωρίς όμως οι συνέπειες της δράσης του να έχουν πραγματικά αποτελέσματα, αποτελεί τη βάση της χρήσης της VR για δραστηριότητες κατάρτισης. Πέρα από τη χρήση της VR για την εκπαίδευση των μελλοντικών γιατρών και πιλότων, που αναφέρθηκε, πολλές είναι οι πρωτοβουλίες για εφαρμογές σε μορφές εκπαίδευσης που μέχρι σήμερα υποστηρίζονται κυρίως από την τεχνολογία των δικτύων και των multimedia.

Στον τομέα της Ψυχαγωγίας, ήδη από το 1989 κυκλοφόρησε με μεγάλη εμποτυχία το Power Glove της Mattel κατασκευασμένο για την κονσόλα παιχνιδιών της Nintendo και λίγο αργότερα παρουσιάστηκε στην Αγγλία το Virtuality από την εταιρεία W.Industries.

Στο παιχνίδι αυτό μπορούν να συμμετέχουν μέχρι και τέσσερες παίκτες ταυτόχρονα, αλληλεπιδρώντας σε ένα π.χ. εικονικό πεδίο μάχης, όπου υπάρχουν εικονικά άρματα μάχης, αεροπλάνα κλπ., ενώ το κοινό παρακολουθεί τα συμβαίνοντα σε οθόνες. Μεγάλη διάδοση έχουν τα συστήματα VR σε ψυχαγωγικά και τεχνολογικά πάρκα, αλλά και σε εκθέσεις και κάθε είδους δρώμενα όπου υπάρχει παρουσία Νεων Τεχνολογιών. Συχνά οι εφαρμογές αυτές ανάγονται στην έννοια των προσομοιωτών πτήσεως όπως το Star Tours στην Disneyland, όπου οι συμμετέχοντες θεατές απολαμβάνουν την εμπειρία μιάς περιήγησης με ιλιγγιώδη ταχύτητα στο ηλιακό σύστημα.

Σχετικά με την οικιακή χρήση της VR (home Virtual Reality), όπου ο χρήστης, μέσω μιάς κονσόλας VR, θα μπορεί να αλληλεπιδρά με ένα Computer Game στην τηλεόρασή του, τα παραδείγματα είναι ακόμη περιορισμένα παρά τις σχετικές υποσχέσεις κατασκευαστών όπως η SEGA. Βέβαιο πάντως θεωρείται, ότι η αγορά αυτή πρόκειται να αποτελέσει τον πιο ενδιαφέροντα από οικονομική άποψη τομέα ανάπτυξης εφαρμογών της VR, εφόσον βέβαια λυθούν προβλήματα σχετικά με το βάρος, το κόστος και την πολυπλοκότητα των περιφερειακών (κράνος, γάντι), καθώς και με τη βελτίωση της ρεαλιστικότητας των εικόνων.

Στον τομέα της Τέχνης, οι εφαρμογές επιχειρούν κυρίως να δώσουν στο θεατή τη δυνατότητα να γίνει και καλλιτέχνης-δημιουργός, μιά και μέσω της VR, συμμετέχει επεμβαίνοντας στο έργο-θέαμα. Σ'αυτή τη κατεύθυνση είναι η δημιουργία "Η Πόλη που διαβάζεται" (The Legible City) του Jeffrey Shaw στη Nagoya της Ιαπωνίας, όπου ο θεατής μπορεί να "επισκεφθεί" μιά πόλη, τα κτίρια της οποίας είναι φτιαγμένα από λέξεις που διηγούνται μιά ιστορία. Με τη βοήθεια ενός ειδικού ποδηλάτου ο θεατής, διαλέγοντας τον δικό του τρόπο περιήγησης, "διαβάζει" με ένα προσωπικό τρόπο την πόλη και τις ιστορίες που αυτή του "διηγείται". Ο πειραματισμός σε παραστάσεις διαλογικού θεάτρου (Interactive Drama), όπου το κοινό συμμετέχει στη διαμόρφωση της πλοκής του έργου καθώς και η διεύθυνση συνθετικής ορχήστρας, όπου το σύστημα αντιδρά στις, ανιχνευόμενες από κάμερα υπερέθρων, κινήσεις της μπαγκέτας του πραγματικού μαέστρου, αντλώντας στοιχεία σχετικά με το στυλ και τις ερμηνείες της μουσικής από βάσεις δεδομένων, ανάγονται επίσης στις εν δυνάμει χρήσεις της VR στο τομέα της Τέχνης.

7. Προοπτικές

Οι προοπτικές της VR τόσο σε επίπεδο τεχνολογίας όσο και σε επίπεδο εφαρμογών και χρήσεων έχουν διαφανεί από τα προηγούμενα, στους τομείς, τουλάχιστον, που έχουν ήδη αναπτυχθεί εφαρμογές και προβληματισμοί.

Η βασική προσπάθεια σήμερα έγκειται στη δημιουργία του απαραίτητου λογισμικού και της κατάλληλης υποδομής ώστε τα συστήματα VR να προσφέρουν ανάλυση αντίστοιχη των CAD (Computer Aided Design) συστημάτων. Επίσης, σε ερευνητική προτεραιότητα έχουν τεθεί θέματα όπως η βελτίωση των συστημάτων ανίχνευσης θέσης και προσανατολισμού, η κατασκευή πιο εργονομικού εξοπλισμού (π.χ. ελαφρύτερο κράνος), η επέκταση του οπτικού πεδίου καθώς και η αντιμετώπιση του ανθρώπινου παράγοντα, δηλαδή του κατά πόσο θα είναι δυνατή η χρήση του συστήματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα από τους ενδιαφερομένους χωρίς προβλήματα (π.χ. ναυτία, πονοκέφαλοι). Σημαντική ανάπτυξη στη διάδοση των συστημάτων VR μπορεί να φέρει η μείωση του κόστους τους, γεγονός που θα επιτρέψει άμεσα την ανάπτυξη του τομέα των οικιακών χρήσεων.

Θα πρέπει τέλος να επισημανθεί ότι οι δυνατότητες της δημιουργίας VRML (Virtual Reality Markup Language) μοντέλων θα δώσουν νέα ώθηση στην λειτουργία και διάδοση των διεθνών δικτύων μεταφοράς εικόνας, ήχου και δεδομένων, καθώς θα είναι δυνατόν άνθρωποι σε διαφορετικά σημεία του πλανήτη να εργάζονται από κοινού σε περιβάλλοντα VR σε πραγματικό χρόνο (Tele-Virtuality). Οι περισσότεροι αναλυτές πάντως συμφωνούν ότι, αν και η Εικονική Πραγματικότητα έχει σημαντική επιτυχία, είναι ακόμη στην παιδική της ηλικία. Η ανάπτυξή της οφείλει να περάσει από αρκετές γενιές εξέλιξης της τεχνολογίας πριν εκπληρώσει τις υποσχέσεις και τις προσδοκίες που γεννά το όνομά της.

8. Βιβλιογραφία

Engelbart, Douglas C. "A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect", In "Vistas in Information Handling", vol. 1. Edited by Paul W. Howerton and David C. Weeks. Washington, D.C., Spartan Books, 1963.

Foley, J.D. "Interfaces for Advanced Computing", Scientific American, October 1987.

Gibson, William. *Neuromancer*. New York, Ace, 1984.

Licklider, J. C. R. "Man-Computer Symbiosis", IRE Transactions on Human Factors in Electronics, HFE-1, March 1960.

Licklider, J. C. R., Robert Taylor, E. Herbert. "The Computer as a Communication Device" International Science and Technology, April 1968

Rheingold, Howard. *Tools for Thought*. New York, Simon & Schuster, 1985.

_____. *Virtual Reality*, New York, Summit, 1991.

_____. "Electronic Democracy" Whole Earth Review 71, Summer 1991, 4.

Laurel, Brenda. *Computers as Theater*. Menlo Park, Calif, Addison-Wesley, 1991.

Sutherland, Ivan. "The Ultimate Display", IFIP-1965 Proceedings.

Zimmerman, T., Lanier, J., Blanchard, C., Bryson, S. "A Hand Gesture Interface Device", CHI-1987 Proceedings.

Walker, C. "Performance Cartoons", Imagina-1992 Proceedings.

Lanier, Jaron. "Beyond the Desktop Metaphor", CHI-1990 Presentation.

Weizenbaum, J. "Contextual Understanding by Computers", Communications of the ACM, No.8, August 1967.

Nora, S and Minc, A. *L'Informatisation de la Société*, Paris, Editions du Seuil, 1978