

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (1999)

**Heft:** 6

**Artikel:** Le tecnologie di Realtà Virtuale

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-131726>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

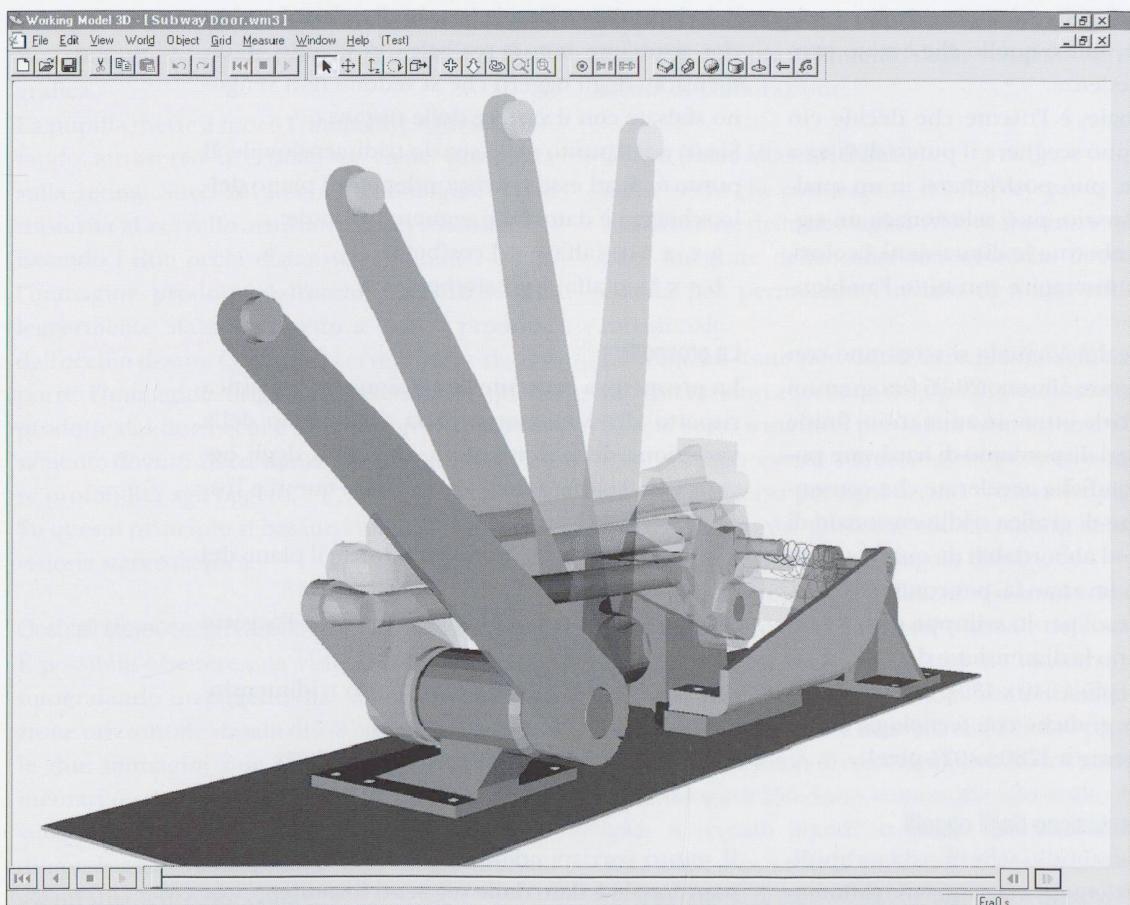
#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Le tecnologie di Realtà Virtuale



Progettazione di sistemi per l'apertura delle porte di metropolitane e treni in Realtà Virtuale

Lo scopo della Realtà Virtuale (VR) è quello di ricreare, tramite un computer, mondi e oggetti che sono la trasposizione digitale di ambienti reali o di fantasia. Inoltre, studia i metodi di interazione tra l'utente e il mondo reale come i sistemi di navigazione, gli strumenti per la visione tridimensionale, i tool per la manipolazione degli oggetti virtuali, etc. Si tratta di una simulazione che viene percepita totalmente dai nostri sensi, in particolare dalla vista, seguita dall'udito e dal tatto.

## Differenza fra Realtà Virtuale e computer grafica

Nella tradizionale elaborazione, o nella creazione,

digitale delle immagini si dà molto peso alla qualità visiva dei risultati. I programmi di rendering e di ray tracing impiegano ore, se non giorni, per elaborare una singola immagine. L'utilizzo di più fotogrammi permette di creare quelle stupende animazioni che possiamo ammirare negli effetti speciali dei films, nei videogiochi e nelle pubblicità. Nella Realtà Virtuale, le immagini non sono calcolate in precedenza ma vengono generate in tempo reale. Per ottenere un effetto sufficientemente fluido, è necessario visualizzare almeno 25 fotogrammi al secondo; in caso contrario, i movimenti nel mondo virtuale risultano essere imprecisi e

a scatti. Per questo motivo, la qualità delle immagini è lontana dalla qualità fotografica ottenuta con le tecniche di animazione digitale. Gli oggetti vengono rappresentati con poligoni sui quali, se necessario, vengono applicate delle texture per la simulazione dei materiali.

Un'altra differenza, non meno importante della precedente, è data dal meccanismo di interazione con l'utente. Nelle animazioni tradizionali, egli può decidere quale parte della sequenza di fotogrammi visualizzare, può spostarsi in avanti, ritornare all'inizio, decidere la velocità di scorimento, ma ciò che vede è quello che è stato programmato in precedenza.

Nella Realtà Virtuale, è l'utente che decide ciò che vuole vedere, può scegliere il punto di vista a lui più congeniale, può posizionarsi in un qualsiasi punto dello spazio, può selezionare un oggetto, ruotarlo, cambiarne le dimensioni, i colori, e, se abilitato, può interagire con tutto l'ambiente circostante.

I vantaggi della Realtà Virtuale si scontrano con la necessità di generare almeno 20-25 fotogrammi al secondo in modo da ottenere animazioni fluide e prive di scatti. Oggi disponiamo di hardware potente e di schede grafiche accelerate che consentono la generazione di grafica tridimensionale di buona qualità a costi abbordabili da quasi tutti gli utenti. Fino a qualche anno fa, per contenere i costi, i produttori di tool per lo sviluppo di ambienti virtuali, limitavano la dimensione dei quadri video a 320 x 200 o al più a 640 x 480 pixel. Oggi, con l'ausilio di schede grafiche con tecnologia 3-D si arriva tranquillamente a 1280 x 1024 pixel.

#### Modalità di rappresentazione degli oggetti

Gli oggetti visualizzati sullo schermo da un'applicazione di Realtà Virtuale sono oggetti tridimensionali. Gli elementi di partenza hanno coordinate tridimensionali ma vengono tracciati su un piano bidimensionale. Ogni punto dell'oggetto da disegnare, identificabile dalle coordinate  $(x, y, z)$ , viene mappato su un punto  $(a, b)$  nel piano bidimensionale dello schermo.

Le tre tecniche fondamentali per la rappresentazione di oggetti tridimensionali su un piano bidimensionale sono la proiezione, l'assonometria e la prospettiva.

#### Le proiezioni ortogonali

Si fanno assumere alle coordinate bidimensionali dello schermo solamente due delle coordinate tridimensionali dell'oggetto. Si elimina quindi una delle tre coordinate spaziali. Si ottengono tre tipi di proiezione:

- piano orizzontale:  
quando si elimina la coordinata z;
- piano verticale:  
quando si elimina la coordinata x;
- piano laterale:  
quando si elimina la coordinata y.

#### L'assonometria

Nell'assonometria l'osservatore vede l'oggetto da un punto a distanza infinita da una posizione qualsiasi dello spazio caratterizzata da due angoli: la latitudine *alfa* e la longitudine *beta*. La vista che si ottiene non è realistica in quanto le dimensioni degli oggetti che si vedono non vengono sfalsate con il variare della distanza.

Sia  $(x, y, z)$  il punto nello spazio tridimensionale. Il punto  $(a, b)$  ad esso corrispondente sul piano dello schermo è dato dalle seguenti formule:

$$a = -x * \cos(\alpha) + y * \cos(\beta)$$

$$b = x * \sin(\alpha) + y * \sin(\beta) + z$$

#### La prospettiva

La prospettiva consente una visione più realistica rispetto all'assonometria. Essa tiene conto della variazione delle dimensioni apparenti degli oggetti con il variare della distanza fra questi e l'osservatore.

Siano: *E* la distanza fra l'osservatore e il piano del disegno;

*G* la distanza tra l'osservatore e l'oggetto disegnato;

$(x, y, z)$  il punto nello spazio tridimensionale;

*alfa* la longitudine dell'osservatore;

*beta* la latitudine dell'osservatore.

Il punto corrispondente  $(a, b)$  nello spazio bidimensionale è dato dalle seguenti formule:

$$x_1 = -x * \cos(\alpha) * \cos(\beta) + y * \sin(\beta) - Z * \sin(\alpha) * \cos(\beta)$$

$$y_1 = -x * \sin(\alpha) + z * \cos(\beta)$$

$$z_1 = -x * \cos(\alpha) * \sin(\beta) + y * \cos(\beta) - Z * \sin(\alpha) * \sin(\beta) + G$$

$$a = E * (x_1 / z_1) + I$$

$$b = -E * (y_1 / z_1) + I$$

I tool di Realtà Virtuale, anche se con qualche variante, utilizzano la prospettiva per visualizzare le immagini.

#### Le tecnologie per la visione tridimensionale

Esistono due tipi di Realtà Virtuale: la Realtà Virtuale immersiva e la Realtà Virtuale non immersiva. Immersione significa interazione completa con l'ambiente virtuale. È quindi necessario supportare tutti i nostri sensi: non solo la vista, l'udi-

to e il tatto ma anche quelli che non siamo abituati a prendere in considerazione come l'orientamento. La Realtà Virtuale immersiva utilizza visori montati in prossimità degli occhi, sensori di posizione in grado di fornire l'indicazione dell'orientamento del punto di vista dell'utente, guanti dotati di sensori per manipolare gli oggetti virtuali e per simulare sensazioni tattili artificiali.

#### Perché vediamo in tre dimensioni

L'occhio umano è formato da diverse parti l'insieme delle quali può essere paragonato, per funzionalità, alle componenti di una macchina fotografica.

La pupilla mette a fuoco l'immagine. Questa, passando attraverso il cristallino, viene proiettata sulla retina. Successivamente, l'immagine viene trasferita al cervello attraverso il nervo ottico.

Essendo i due occhi distanziati di circa 7-8 cm, l'immagine prodotta dall'occhio sinistro risulta leggermente sfalsata rispetto a quella prodotta dall'occhio destro. Quando il cervello deve ricomporre l'immagine originale partendo da quelle prodotte dai due occhi è in grado, grazie allo sfasamento dovuto alla distanza interpupillare, di dare profondità agli oggetti.

Su questo principio si basano i meccanismi per la visione stereoscopica.

#### Occhiali stereoscopici a lenti colorate o polarizzate

È possibile ottenere una visione tridimensionale fotografando un oggetto due volte con una posizione orizzontale sfasata di 7-8 cm utilizzando per le due immagini due filtri con colori complementari (esempio rosso e blu). Le due fotografie vengono poi fuse insieme ottenendo una foto tridimensionale visualizzabile con degli occhiali aventi una lente per colore.

L'utilizzo di questa tecnica produce risultati scadenti con immagini a colori. Per ovviare a questo problema è possibile sostituire ai filtri e alle lenti colorate dei filtri e delle lenti polarizzate (ad esempio una lente con polarizzazione orizzontale e una con polarizzazione verticale).

#### Occhiali stereoscopici ad otturatori

Servono per ottenere una visualizzazione stereoscopica utilizzando solamente lo schermo del computer. La visualizzazione stereoscopica è possibile grazie alla visualizzazione contemporanea di due immagini, una per occhio. Gli occhiali ad otturatori montano, al posto delle lenti, dei filtri a cristalli liquidi che, se polarizzati correttamente, diventano completamente neri impedendo all'occhio di vedere attraverso essi. Le immagini

vengono mostrate in sequenza sullo schermo alternando ripetutamente i *frame* destinati all'occhio destro con quelli destinati all'occhio sinistro. In contemporanea viene inviato un segnale agli occhiali in modo da oscurare l'occhio non interessato dall'immagine presente sullo schermo. Questo implica la necessità di utilizzare macchine molto veloci, in quanto per ottenere i 25 fotogrammi al secondo è necessario visualizzare nello stesso periodo di tempo 50 immagini (25 per ogni occhio). Il vantaggio di questa tecnologia è rappresentato dall'alta definizione grafica ottenibile, dipendente solamente dalla velocità del sistema di elaborazione.

#### Gli HMD (Head Mounted Display)

Sono caschi che contengono dei display per la visualizzazione delle immagini. Al loro interno sono pure integrate delle cuffie stereofoniche di alta qualità per permettere l'utilizzo di audio tridimensionale.

Le tecniche usate per visualizzare le immagine in un HMD variano a seconda del tipo di prodotto e in base al costo sostenuto per la sua costruzione. Gli HMD possono essere stereoscopici, quando esiste un visore diverso per ogni occhio, o monoscopici, quando entrambe gli occhi visualizzano la stessa immagine presente su un singolo display.

Gli HMD di costo medio utilizzano dei mini schermi a cristalli liquidi che, allo stato attuale della tecnologia, permettono una risoluzione massima di 768x512 pixel. I sistemi di costo minore utilizzano display con risoluzione massima di 320x240 pixel. Il numero massimo di colori supportato dall'attuale tecnologia è 256. Sono, comunque, allo studio display a cristalli liquidi in grado di visualizzare 1024x768 punti con 16 milioni di colori. Purtroppo il processo di miniaturizzazione (ogni display ha una diagonale di circa 3 pollici) è molto costoso per cui gli HMD di questo tipo sono ancora allo stadio di prototipo e utilizzati solamente in applicazioni critiche (ad esempio simulazioni militari).

Il vantaggio dell'utilizzo di display a cristalli liquidi è dato dalle ridotte dimensioni degli HMD che li montano, dal basso voltaggio di esercizio e dal fatto che essi non emettono radiazioni elettromagnetiche.

Gli HMD che offrono una risoluzione maggiore con una gamma cromatica superiore utilizzano dei piccoli monitor simili a quelli montati sulle telecamere amatoriali. Questi display sono in bianco e nero in quanto la tecnologia attuale non consente la costruzione di schermi a colori di dimensioni ridotte. Per ottenere una visualizzazione policromatica si fa uso di filtri colorati (rossi, verdi e blu). Il

sistema invia al display in sequenza le immagini corrispondenti alla componente rossa, a quella blu e a quella verde e, in contemporanea, attiva i relativi filtri. Il risultato è identico a quello che si otterebbe utilizzando dei display a colori.

I vantaggi di una tale tecnologia sono rappresentati dall'alta qualità ottenibile; gli svantaggi sono dati dalle grandi dimensioni degli HMD, dall'emissione di radiazioni elettromagnetiche e dall'alto voltaggio necessario al funzionamento dei tubi catodici (nell'ordine dei 12000-20000 volts).

Sono allo studio nuovi sistemi che, mediante l'utilizzo di laser a bassa potenza, sono in grado di disegnare le immagini direttamente sulla retina dell'occhio. Esistono in commercio dei display di questo tipo in grado di visualizzare risoluzioni di 720x256 pixel in monocromatico (colore rosso). Si pensa di riuscire, nell'arco dei prossimi cinque anni, a produrre dei *device* in grado di visualizzare 4000x4000 pixel (la risoluzione delle pellicole cinematografiche) in true color.

#### Le tecnologie di tracciamento e di manipolazione

Il movimento in uno spazio tridimensionale può avvenire in tre direzioni: asse x (orizzontale), asse y (profondità) e asse z (verticale). È pure possibile eseguire una rotazione su ognuno dei tre assi. I movimenti possibili sono quindi sei (tre di traslazione e tre di rotazione). Si dice che in un ambiente tridimensionale ci sono sei gradi di libertà.

Per ottenere un valido livello di interazione con l'utente, in luogo di un mouse o di un joystick, è preferibile l'utilizzo di un dispositivo di puntaamento in grado di operare a sei gradi di libertà che riconosca, quindi, tutti i tipi di movimento e li trasferisca direttamente al computer. Nonostante siano stati creati dei mouse tridimensionali, il dispositivo migliore per operare in un ambiente 3-D è la mano dell'operatore. Si sono quindi sviluppati dei dispositivi in grado di tracciare la posizione e l'orientamento della mano in relazione agli oggetti virtuali visualizzati sullo schermo o sull'HMD. Si tratta di speciali guanti sui quali sono disposti dei sensori in grado di intercettare la posizione e il movimento di ogni singolo dito. Alcuni di questi *device* sono in grado di fornire una risposta tattile alle azioni dell'utente. Per far ciò utilizzano delle piccole scariche elettriche per stimolare le connessioni nervose sottocutanee oppure utilizzano dei materiali in grado di flettersi quando sono sottoposti all'azione di un campo elettrico. In questo modo è possibile fornire all'utente la sensazione di impugnare realmente un oggetto. In base alle tecnologie utilizzate, i sistemi per tracciare il movimento di un operatore all'interno di

un mondo virtuale, si suddividono in:

- *meccanici*: legano fisicamente l'utente alla macchina mediante un braccio snodato nelle giunture del quale sono presenti dei sensori (di solito resistenze variabili) che rilevano gli spostamenti. Sono ingombranti e scomodi da usare ma permettono un'elevata velocità operativa. La loro applicazione è confinata a sistemi di teleoperazione e guida a distanza (ad esempio il controllo a distanza del braccio meccanico di un robot).
- *ottici*: si basano sull'utilizzo di telecamere che rilevano la posizione di sorgenti di luce (di solito LED) poste sull'operatore, ed eseguono i calcoli sullo spostamento basandosi sull'elaborazione in tempo reale delle immagini acquisite.
- *ultrasonici*: sfruttano la propagazione delle onde sonore, si basano sulla rilevazione della riflessione delle onde e della deviazione che esse subiscono quando un oggetto si muove al loro interno. Il principio è simile a quello utilizzato nei sonar.
- *magnetici*: sono i sistemi più utilizzati. Una sorgente fissa genera un campo magnetico e l'operatore indossa dei dispositivi in grado di provare distorsioni all'interno di esso. La posizione dell'operatore viene determinata da sensori che rilevano le variazioni dei campi magnetici.

Le tecniche descritte possono anche essere utilizzate per determinare la posizione di ogni singola parte del corpo dell'operatore (mani, braccia, gambe, testa). Sono allo studio delle tute in grado di tracciare un intero corpo umano; per ora, i dispositivi commerciali, sono in grado di rilevare la posizione e l'orientamento della testa dell'utente (tramite sensori posizionati sugli HMD) e delle mani (tramite l'utilizzo di guanti).

#### L'audio tridimensionale

Le normali schede sonore inserite all'interno dei personal computer, a parte le nuove Sound Blaster Live, consentono limitati effetti di surround, non è cioè possibile posizionare le sorgenti sonore in un punto qualsiasi dello spazio tridimensionale. Nelle workstation per la Realtà Virtuale vengono inseriti dei processori sonori 3-D. Essi permettono di posizionare i suoni in qualsiasi punto della sfera virtuale, di direzionarli a piacere, di spostarli, di generare effetti di assorbimento e di eco, esattamente come avviene nel mondo reale. L'utente, indossando delle cuffie stereofoniche di alta qualità, è in grado di individuare la posizione delle sorgenti sonore; grazie ai processori 3-D, egli ha l'impressione che il rombo di un aereo sia posizionato sopra la sua testa, che un'automobile gli passi di fianco, ecc. Il suono si materializza, si

muove intorno a lui, si allontana, si sposta in un punto qualsiasi, e l'utente è in grado di identificare con chiarezza la posizione e le diretrici dell'eventuale spostamento.

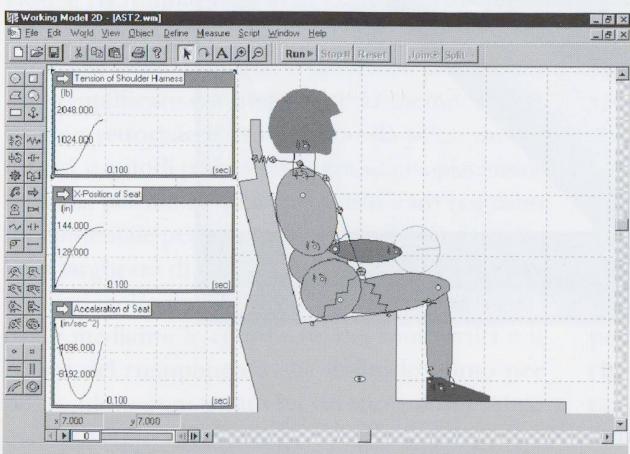
L'insieme dei *device* di visualizzazione, dei sistemi di tracciamento e dei processori sonori permette di creare mondi virtuali all'apparenza molto reali, con l'unico limite della fantasia di chi li progetta.

### Un linguaggio per costruire mondi virtuali: il VRML

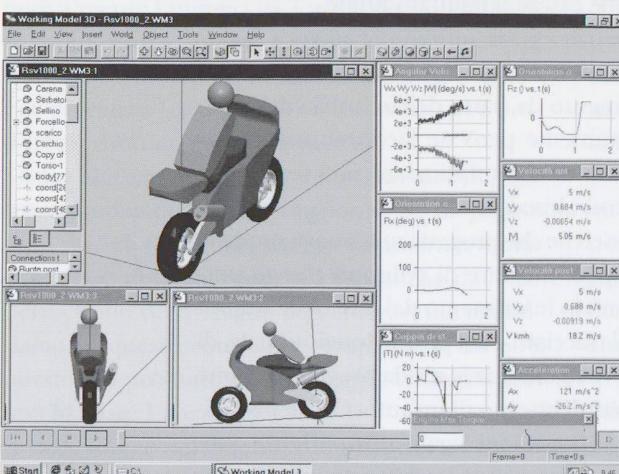
Il VRML (Virtual Reality Modeling Language) è un linguaggio di descrizione di scene tridimensionali. Un file VRML è un file ASCII che contiene tutti i comandi necessari a descrivere una mondo virtuale. Questi comandi serviranno a descrivere la forma dei singoli oggetti, il loro colore, le texture, ecc, ma anche a posizionare tali oggetti in uno spazio 3-D. Detto in questo modo, sembra che VRML non proponga nulla di diverso dai più diffusi *tool* di disegno 3-D e di *rendering* che sono anche più performanti sia come velocità che come qualità delle scene prodotte. Il vantaggio è che VRML è nato come standard per la rappresentazione di scene 3-D su Internet e quindi ha un numero potenziale di utenti molto vasto.

### Summary

*The purpose of Virtual Reality (VR) is to recreate, by means of a computer, worlds and objects that are the digital representation of real environments or of fantasy. Furthermore, Virtual Reality studies the methods of interaction between the user and the real world, like systems of navigation, the instruments of tridimensional vision, the tools for the manipulation of virtual objects, etc. It deals with a simulation that is perceived totally by our senses, particularly by sight, followed by hearing and touch. The author illustrates in detail the differences between Virtual Reality and computer graphics and then presents the different modes of representing objects and the various types of technology employed.*



Sistema di cinture di sicurezza e pretensionamento adottato dall'aviazione militare americana e simulato in Realtà Virtuale



Studio della maneggevolezza di un motovecchio in Realtà Virtuale