

Virtualna okruženja

Igor S. Pandžić, Mirko Sužnjević

Virtualna stvarnost



Pregled predavanja

- Uvod
 - Definicija
 - Povijest
 - Tržišni trendovi
- Uređaji za VR
 - Ulazni uređaji
 - Izlazni uređaji

Definicije

- Sam termin Virtualna stvarnost (engl. Virtual Reality – VR) je osmislio Jaron Lanier, direktor VPL Research kompanije **1989. godine** kako bi opisao sve projekte u kojima je radio s virtualnim okruženjima pod isti termin. Njegova kompanija je među prvima prodavala naočale, rukavice kao i cijela odijela za sustave virtualne stvarnosti
- **George Coates (1992):** Virtual Reality is electronic simulations of environments experienced via head mounted eye goggles and wired clothing enabling the end user to interact in realistic three-dimensional situations.
- **P. Greenbaum (1992):** Virtual Reality is an alternate world filled with computer-generated images that respond to human movements. These simulated environments are usually visited with the aid of an expensive data suit which features stereophonic video goggles and fiber-optic gloves.
- **Myron Krueger (1991):**The term (virtual worlds) typically refers to three-dimensional realities implemented with stereo viewing goggles and reality gloves.

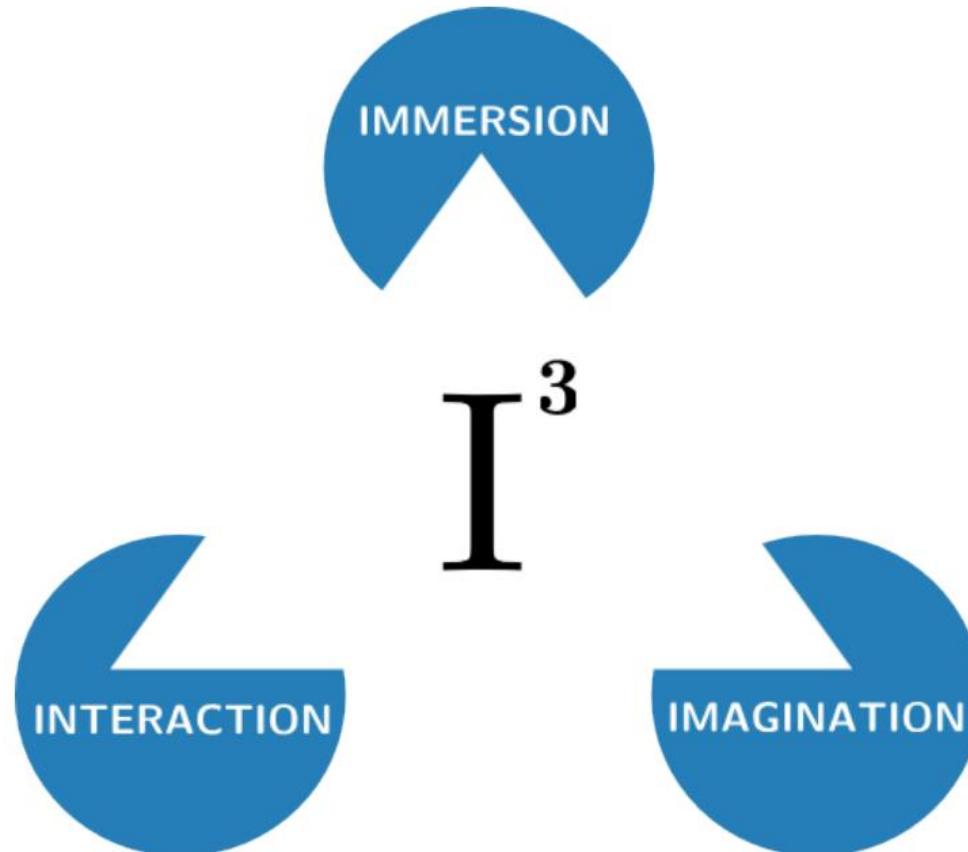
Definicije

- **Mirriam Webster:** an artificial environment which is experienced through sensory stimuli (such as sights and sounds) provided by a computer and in which one's actions partially determine what happens in the environment
- *Generalna definicija: Virtualna stvarnost je pojam za računalne simulacije kojima je cilj stvoriti osjećaj prisutnosti korisnika u virtualnom okruženju*

Prisutnost

- Prisutnost (engl. presence) – osjećaj prisutnosti u određenoj lokaciji/prostoru
- Teleprisutnost (engl. telepresence) – osjećaj prisutnosti negdje kroz komunikacijski medij
- Virtualna prisutnost – osjećaj prisutnosti u nekoj simuliranoj okolini – forma teleprisutnosti
- Virtualna prisutnost: “Is experienced by a person when sensory information generated only by and within a computer compels a feeling of being present in an environment other than the one the person is actually in” (Sheridan, 1992, pg.6)

Trokut virtualne stvarnosti



Prisutnost i/ili imerzija

- Prisutnost
 - Mentalna – potiskivanje sumnje u svijet (razmišljanje kao da je osoba u tom svijetu)
 - Tjelesna – tijelo ulazi u virtualni medij (refleksi na virtualni svijet)
- U kontekstu virtualne stvarnosti često se miješaju
 - Imerzija je objektivan opis tehnologije – karakteristike ekrana, brzina osvježavanja, prirodna sučelja i slično – imerzija je senzorski parametar koji je ovisan o razvijenosti tehnologije
 - Prisutnost je subjektivno iskustvo koje se može jedino izmjeriti kroz korisničke studije – prisutnost je kognitivni parametar ovisan o samom korisniku

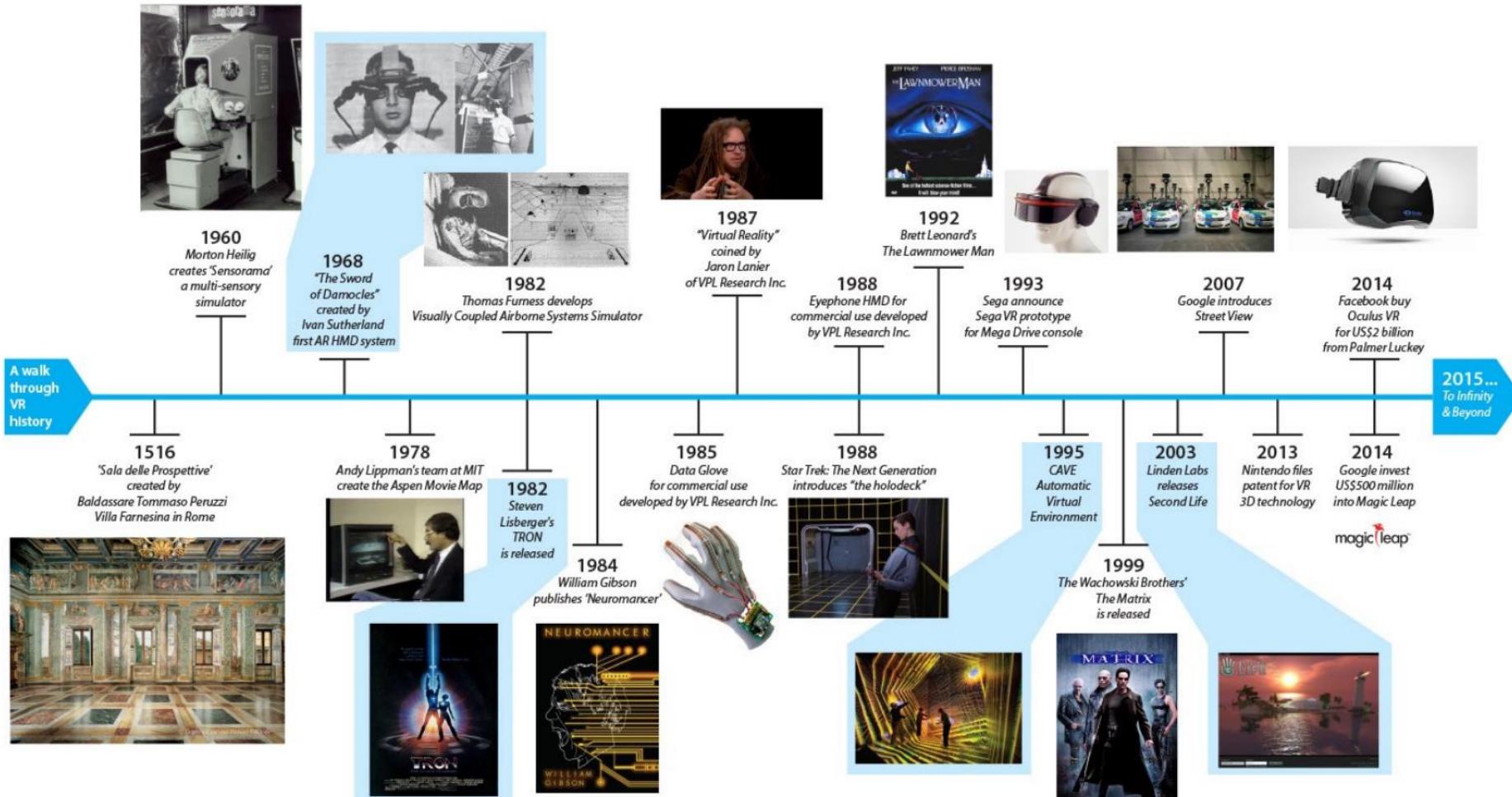


Povijest

- 1956. Morton Heilig napravio prvi VR stroj – Sensorama
 - Stroj je koristio audio, video, vibracije, vjetar i mirise
- 1960. prvi HMD patent od istog izumitelja
- 1961. prvi HMD prototip koji je imao praćenje položaja glave – koristila ga je vojska za kontrolu udaljenih kamera
- 1968. Ivan Sutherland kreira prvi HMD za virtualnu stvarnost koji je bio točno lociran korištenjem mehaničkih i ultrazvučnih slijednika glave
- 1979. razvijen prvi magnetski slijednik položaja – omogućio vrlo bitne kasnije pomake u VR tehnologijama
- 1989. NASA razvija sustav za trening astronauta
- ...
- 2012 – prva kickstarter kampanja za Oculus HMD
- 2014 – Facebook kupuje Oculus za 2 milijarde dolara
- 2016 – izlazi HTC Vive sustav koji uključuje kontrolere za interakciju u virtualnom svijetu
- 2018 – novi HMD-ovi izlaze kao samostalni uređaji (bez poveznice s kompjutorom), varifokalne (prilagodljive) leće, praćenje pogleda...

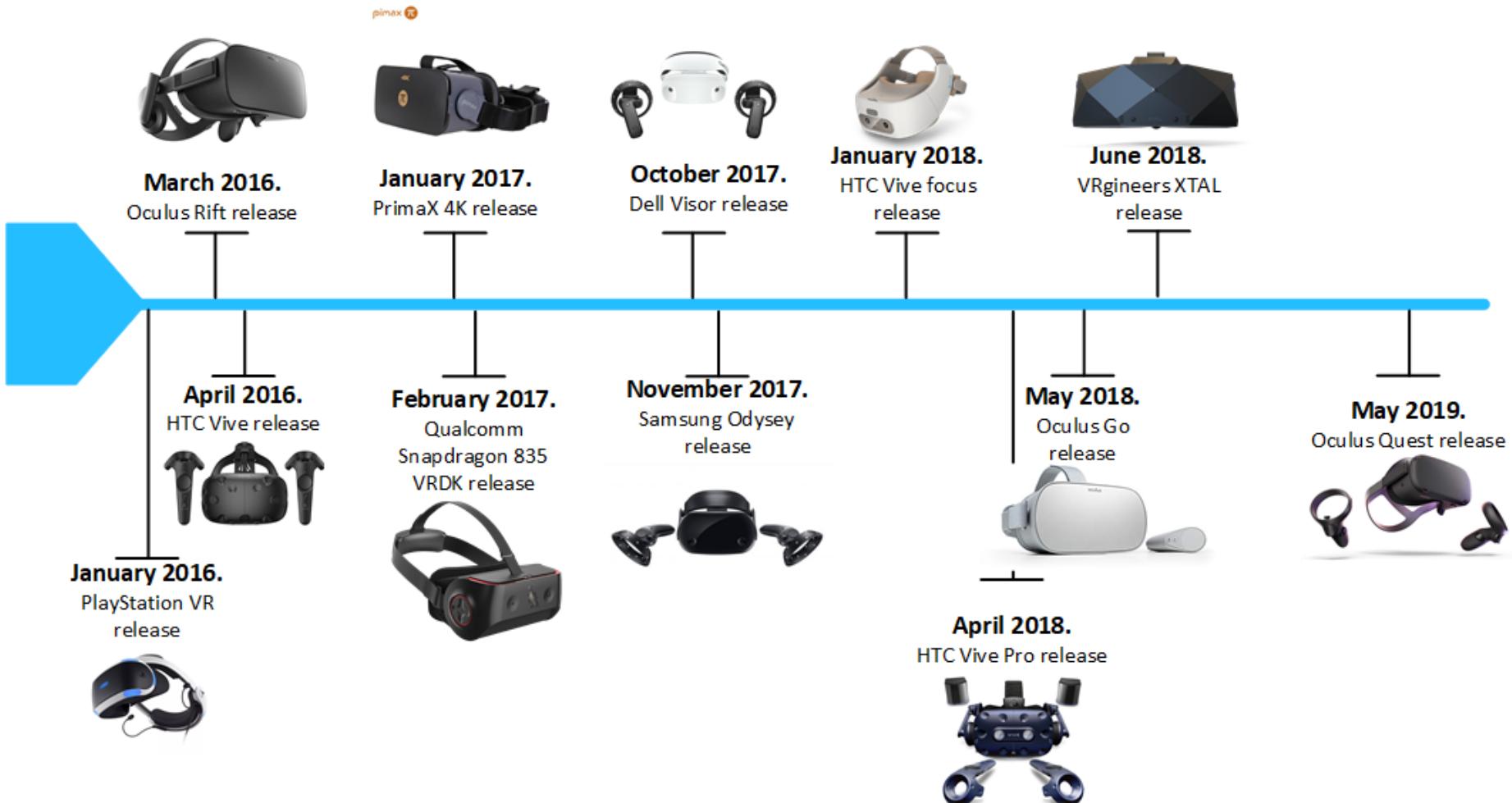


Povijest

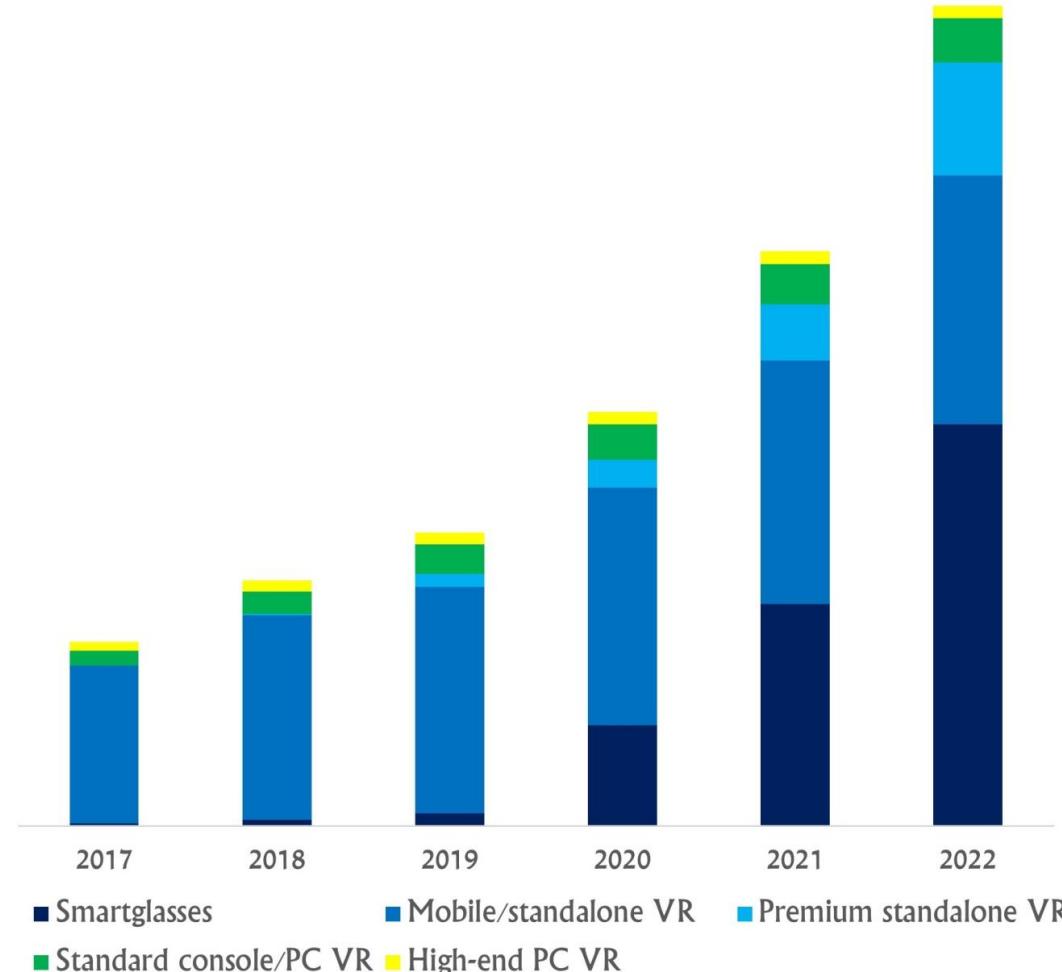


http://dsc2018.org/Docs/Keynotes/OLIVER_KEYNOTE.pdf

Povijest



Tržište – predviđanja



Primjer usluge

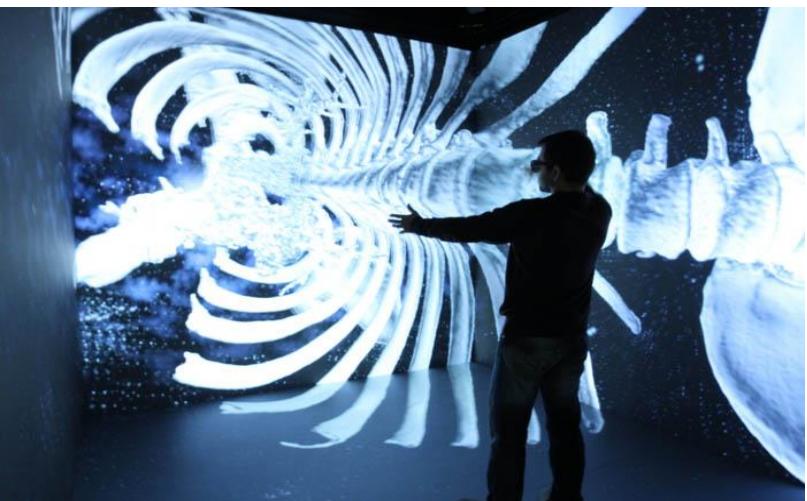
- Igra EvE Valkyre
 - Igrač je stavljen u ulogu pilota svemirskog lovca
 - U svakom trenutku iz kokpita pilotskog može gledati u svim smjerovima
 - <https://youtu.be/3SI1CB4rcf8?t=42>
- Aplikacija za proučavanje ljudskog tijela – Body VR
 - Putovanje kroz krvotok
 - Putovanje kroz pojedinu stanicu
 - Promatranje funkcije proteina i stanične jezgre
 - Proučavanje pojedinog sustava unutar tijela (primjerice probavni)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=9zTsDXMyBEY>

Princip virtualne stvarnosti

- Korisnik u zatvorenoj petlji



Sustavi za virtualnu stvarnost



Moderni sustavi za virtualnu stvarnost

- ◆ Najprodavaniji Sony PlayStation VR
- ◆ Danas za PC najpopularnija dva sustava
 - HTC Vive
 - Oculus Rift
- ◆ Osnovne komponente
 - Naočale
 - Kontroleri
 - Senzori za praćenje



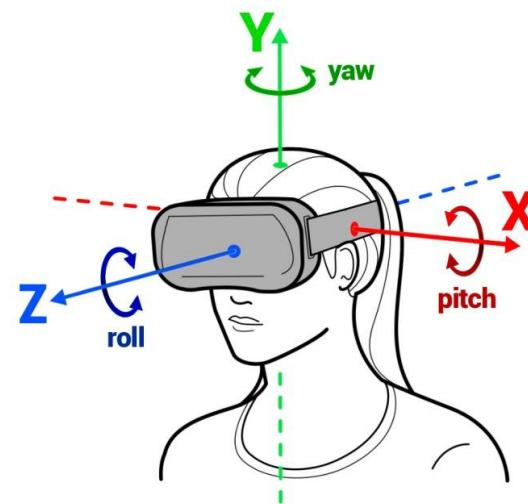
Uređaji za virtualnu stvarnost

- Ulazni – uređaji preko kojih se informacije prenose od korisnika ka računalnoj simulaciji
 - Senzori pozicije – magnetski, optički, mehanički...
 - Senzori sile – spaceball
 - Senzori položaja tijela – rukavice, kontrolери
 - Senzori pokreta – pedale, hodalice, trake za trčanje u mjestu
 - Ostalo
- Izlazni – uređaji preko kojih se informacije iz računalne simulacije prezentiraju korisniku
 - Vizualni
 - Zvučni
 - Haptički
 - Ostalo – mirisi, toplina, vjetar...



Tehnički izazov – praćenje pozicije

- Mijenjanje kuta gledanja korisnika potrebno praćenje tri stupnja slobode (engl. degrees of freedom – DOF)
- Mijenjanje kuta gledanja korisnika i kretanje korisnika u prostoru potrebno praćenje 6 DOF



Senzori pozicije

- Inercijski senzori: (engl. Intertial measurement unit – IMU)
- Nalaze se na naočalama ili kontrolerima
 - Akcelerometar – senzor koji detektira ubrzanje
 - Žiroskop – uređaj koji zadržava svoju os rotacije (u idealnom sustavu zauvijek)
 - U elektroničkim uređajima: optički žiroskop i vibracijski žiroskop
 - Magnetometri



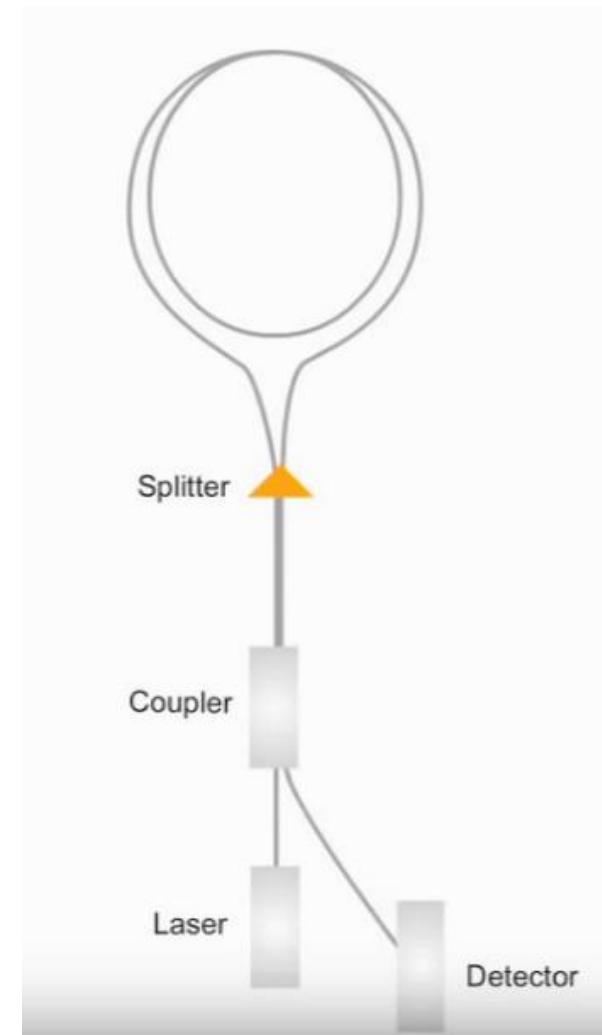
Akcelerometar

- Pizoelektrični – sastavljeni od mikroskopskih kristalnih struktura koje se naprežu prilikom ubrzanja te generiraju određenu električnu struju – struja se može izmjeriti te time i ubrzanje
- Pizootporni – mjeri se otpor između kristalnih struktura koji se mijenja tijekom ubrzanja
- Kapacitivni – dvije mikrostrukture imaju određeni kapacitet među njima u slučaju ubrzanja koje pomjera jednu od struktura kapacitet se mijenja te se može izmjeriti

Optički žiroskop

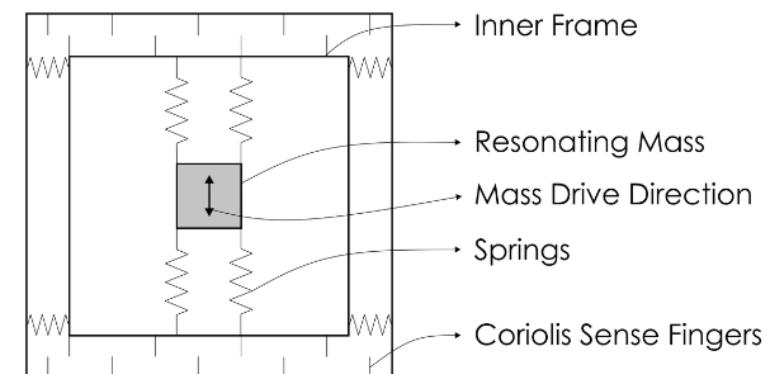
- Funkcioniranje
 - Šalju se dvije zrake svjetla u suprotnim smjerovima u zatvorenoj petlji
 - Mjeri se vrijeme koje je potrebno da se svaka zraka vrati
 - Na temelju razlike u vremenu povratka zraka može se deducirati smjer rotacije
 - Brže dolazi svjetlo koje ima kraću putanju tj. ono koje se kreće suprotno od smjera rotacije

<https://youtu.be/aO0pCbKSpvE?t=92>



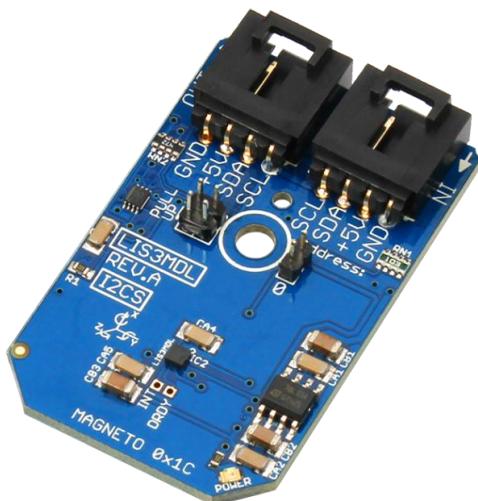
Vibracijski žiroskop

- Vibracijski žiroskop je MEMS (engl. Micro-machined Electro-Mechanical Systems)
- Funktioniranje
 - Vibracijska struktura sadrži mikro masu koja je povezana s vanjskim dijelom kroz par opruga
 - Vanjski dio je povezan s elektroničkom pločom s parom opruga koje su ortogonalne na prethodne
 - Testna masa se cijelo vrijeme sinusoidno kreće po prvom paru opruga
 - Bilo kakva rotacija sustava će inducirati Coriolisovo ubrzanje mase koje će gurnut i masu po osi na kojoj je drugi par opruga.
 - Ako se masa gura od osi rotacije gura u jednom smjeru, a ako se gura prema osi rotacija gurat će u drugom smjeru zbog Coriolisove sile



Magnetometar

- Magnetometar – mjeri magnetsko polje te na temelju njega poziciju
- Mjeri magnetsko polje zemlje na sve tri osi
- Kompas
- Problemi
 - Osjetljivost na druga magnetska polja koje generiraju željezni te magneti od nikla



Elektromagnetski sljednici (engl. tracker)

- Sastoje se od odašiljača i prijemnika
- Odašiljači generiraju elektromagnetsko polje koje se prima u prijemnicima te se njegove promjene analiziraju i na temelju toga procjenjuju pokreti korisnika
- Prednosti
 - Rad u stvarnom vremenu
- Jednostavno postavljanje
- Nedostaci
 - Kabeli (noviji sustavi bez njih)
 - Kratak domet
 - Osjetljivost na metal u okolini
 - Mali broj istovremenih slijednika

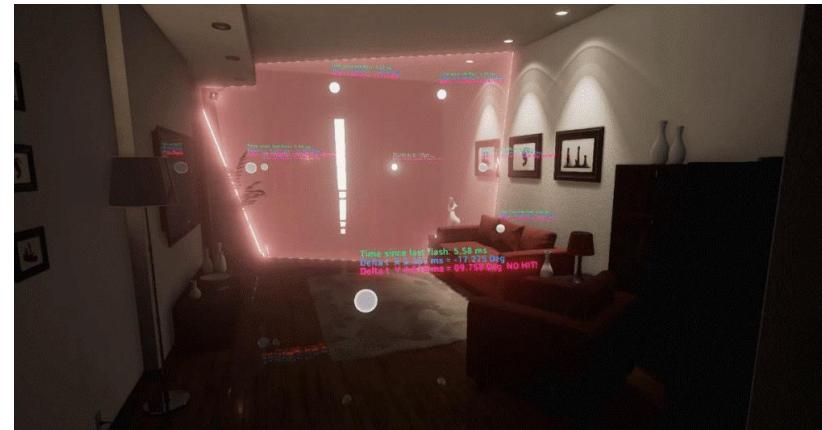
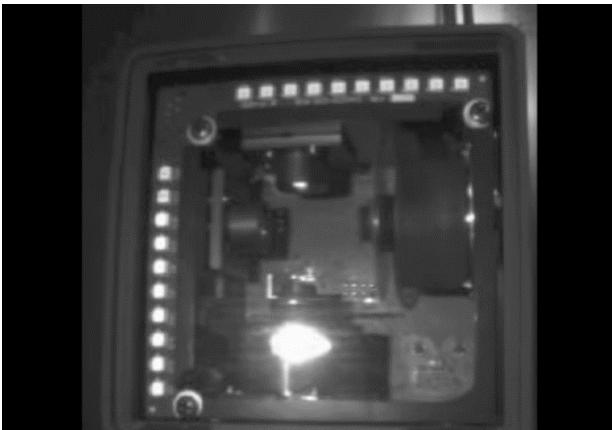
Optički sljednici

- Sustavi sa više kamera (obično infracrvene engl. infrared – IR)
- Na predmetima koje slijedimo oznake od sjajnog materijala
- Oznake se slijede u 2D u slici svake kamere
- Kombiniranjem 2D položaja u slikama svih kamera, uz znanje o položajima i karakteristikama kamera, precizno se utvrđuje 3D položaj oznake
- Constealltion sustav iz Oculus Rifta
 - Svake naočale imaju set IR LED sijalica
 - Lako se identificira položaj zbog poznatog oblika odnosno rasporeda LED sijalica
 - Više ne koristi za ovu svrhu – kamere na naočalama sada ovako pra
- PlayStation VR – koristio vidljivi spektar svjetla



Optički sljednici

- HTC Vive – Lighthouse sustav
- Senzori za praćenje nisu zapravo senzori te nisu povezani s računalom
- Emitiraju dva široka snopa IR svjetla jedan za drugim
- Snop gore-dolje, potom snop lijevo-desno
- Senzori koji se nalaze na samim naočalama te na kontrolerima mjeru vrijeme između snopova te na temelju toga izračunavaju poziciju



<https://www.youtube.com/watch?v=5yuUZV7cgd8>
<https://www.youtube.com/watch?v=oqPaaMR4kY4>

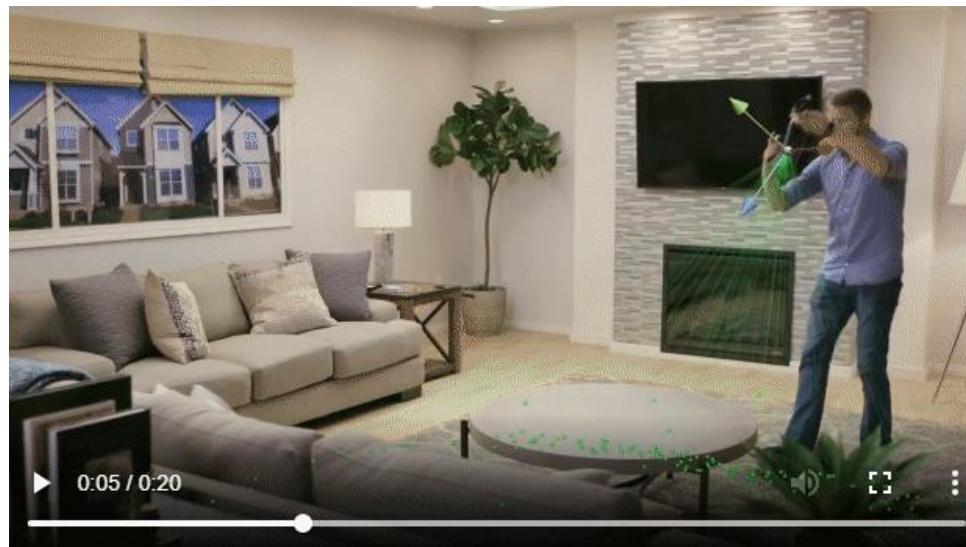
Optički slijednici

- Dubinske kamere (engl. range camera)
- Za svaku točku daje boju i udaljenost od kamere, tj. kartu dubine (engl. depth map)
- Više principa rada:
 - lasersko mjerjenje,
 - stereo slike,
 - strukturirano svjetlo.
- Karta dubine olakšava praćenje tijela; postaje moguće u stvarnom vremenu jednom kamerom
- Popularizacija 2010. g.
 - Microsoft Kinect
 - Microsoft Kinect 2 (prekinuta proizvodnja)
 - Intel RealSense
 - Azure Kinect



Optički slijednici

- SLAM (Simultaneous Location And Mapping) sustavi
- Ne koriste senzore koji su odvojeni od uređaja
- Detektiraju poziciju naočala na osnovu statičkih elemenata u prostoriji – pomak tih elementa u kombinaciji s podacima s IMU određuje položaj naočala koristeći dubinske kamere
- Sličan način rada poput Constellation sustava koristeći ili IR ili vidljivo svjetlo gdje kamere na naočalama prate LED diode na kontrolerima

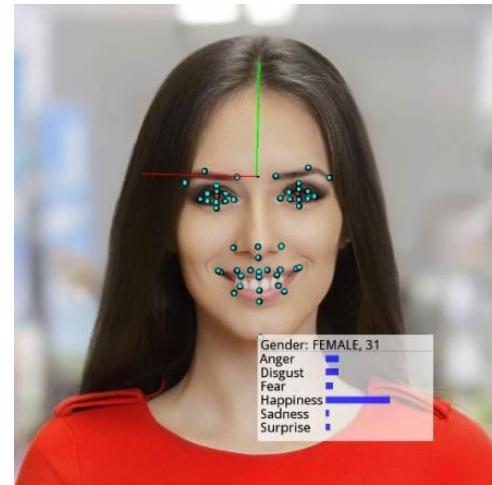


Prednosti i mane

- Constellation prednosti :
 - Niska cijena
 - Visoka točnost
 - Radi u gotovo svim okolinama
- Constellation mane:
 - Senzori moraju biti povezani s PC-em
 - Velika USB propusnost može uzrokovati probleme na matičnim pločama
 - Ograničen vertikalni FOV
- PSVR prednosti:
 - Niska cijena
 - Koristi postojeće kontrolere (PS Move)
- PSVR mane:
 - Niska točnost
 - Nema podrške za veći prostor (sobu)
- Lighthouse prednosti :
 - Nije potrebna veza s PC-em
 - Visoka točnost
 - Širok kut praćenja
- Lighthouse mane:
 - Relativno skupo za proizvodnju i integraciju
 - Potrebni vanjski senzori koji se montiraju u sobi
 - Površine koje reflektiraju svjetlo uzrokuju probleme
- SLAM prednosti:
 - Nije potreban dodatni senzor
 - Vrlo niska cijena
 - Vrlo lagano postavljanje
- SLAM mane:
 - Ne radi u mraku
 - Ne prati kontrolere ako je nešto između njih i naočala (primjerice leđa ili ruka)

Optički slijednici pokreta lica

- Unos pokreta lica za animaciju avatara
- Prije korišteni markeri, a danas tehnologija obrade slike omogućava mapiranje lica na temelju običnih kamera (Visage Technologies SDK)
- Unos pokreta lica za upravljanje – praćenjem smjera pogleda (engl. gaze control)
- Neke naočale već podržavaju kontrolu pogledom (FOVE VR), a neki ga uvode (HTC Vive Pro Eye)



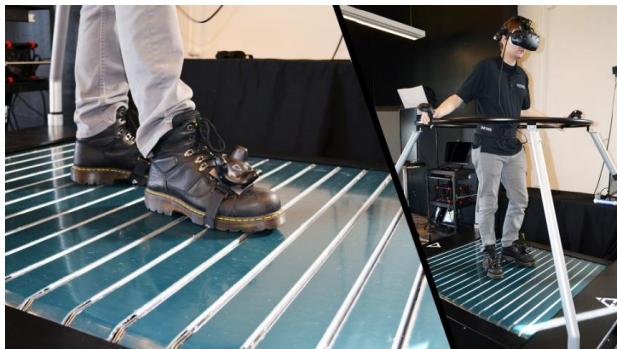
Senzori položaja tijela

- Položaj šaka i prstiju
 - Posebni senzori – Leap Motion
 - Kontroleri
 - Procjena na temelju pritisnutih gumba na kontroleru – Oculus Rift
 - Rukavice za virtualnu stvarnost
 - I ulazni i izlazni uređaji – haptički povrat informacija



Senzori kretanja

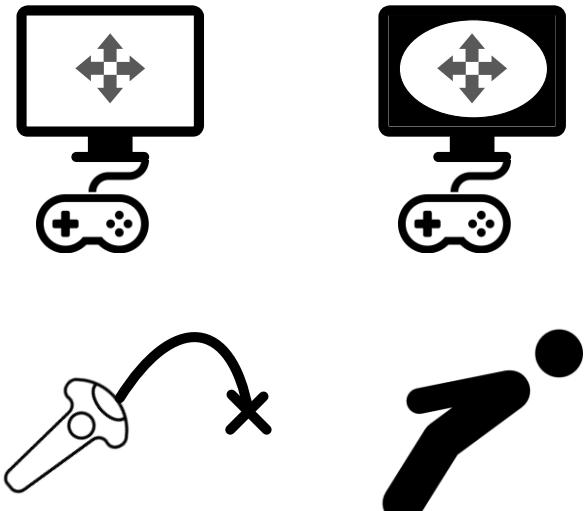
- Položaj i kretanje tijela – platforme za kretanje
 - Virtux Omni, KAT Walk VR, Infinadeck...
 - Klizanje obuće – posebna obuća
 - Pomične trake
 - Visoka cijena – još nije u rangu osobnih uređaja
 - Koriste se u zabavnim parkovima



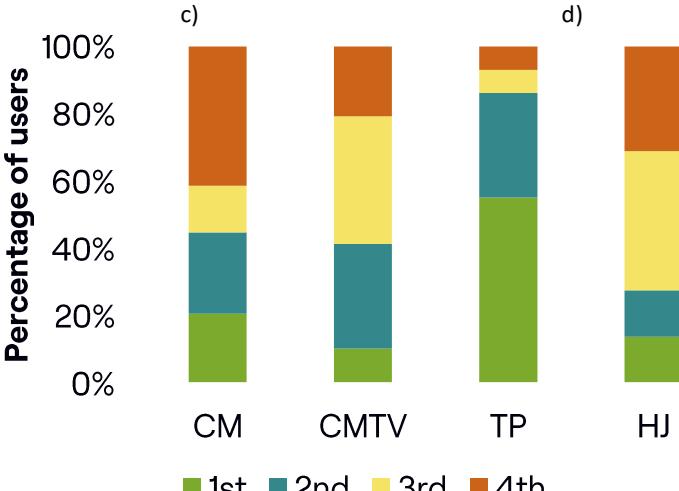
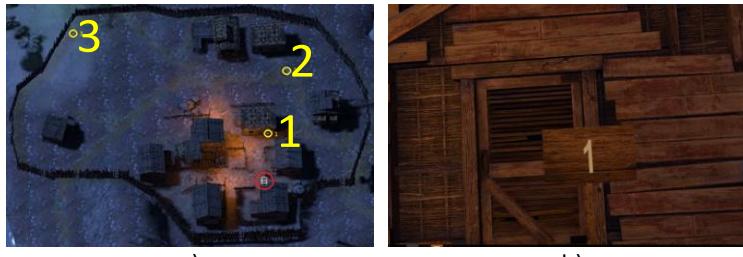
Ograničenja virtualne stvarnosti – kinetoza

- Kinetoza ili bolest kretanja je normalan odgovor na pokret kad više osjetnih sustava tijela (vidni, sustav ravnoteže, osjet za položaj u prostoru) različito doživljavaju pokret
- Kinetoza se javlja prilikom putovanja različitim prijevoznim sredstvima, ali i u virtualnoj stvarnosti – oči nam govore da se krećemo, ali tijelo ne detektira taj pokret
- Simptomi – neugoda, mučnina u stomaku, glavobolja, znojenje, povraćanje, dezorientacija...
- Kod sustava za virtualnu stvarnost – simulacijska bolest (engl. simulator sickness)
 - Kretanje u virtualnoj stvarnosti jako često uzrokuje simulacijsku bolest
 - Utječu parametri poput kašnjenja u simulaciji, frekvencije osvježavanja ekrana, rezolucije ekrana, reprezentacije avatara u odnosu na stvarni položaj tijela
 - Veliki problem za sustave virtualne stvarnosti – najčešće su današnje igre i aplikacije stacionarne odnosno imaju diskretno kretanje (teleportiranje)

Kretanje u virtualnoj stvarnosti



- Korisnicima najmanje smeta teleportiranje!

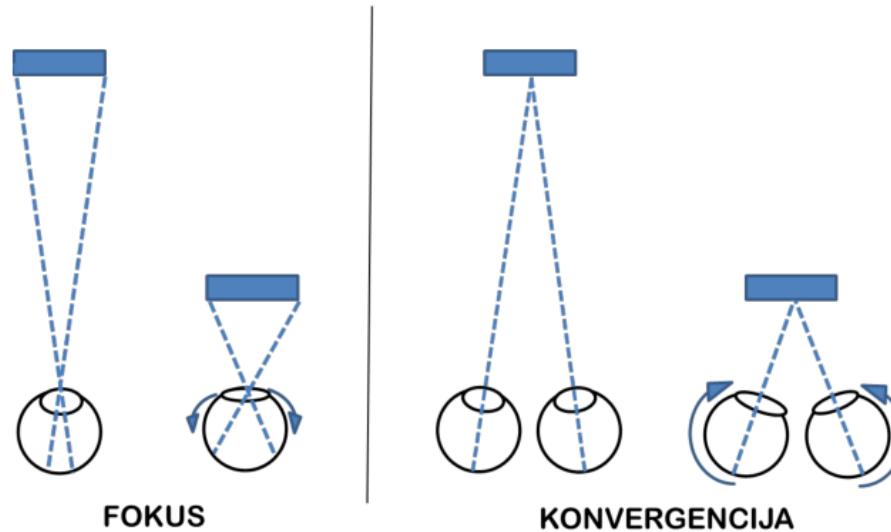


Izlazni uređaji

- Vizualni izlazni uređaji
 - Zaslon na glavi (HMD)
 - Projekcijski sustavi – stereoskopska projekcija
- Zvuk
- Haptički izlazni uređaji
 - Taktilni izlazni uređaji
 - Uređaji za povrat sile
- Pomične platforme
- Ostalo
- Miris, vjetar, toplina

Zašto se vidi 3D

- Prekrivanje predmeta
 - Sjene
 - Stereoskopska slika:
- Svako oko gleda iz druge perspektive
- Okulomotorni faktori: fokus, konvergencija
- Perspektiva: udaljeni predmeti manji
- Paralaksa gibanja: prilikom kretanja, bliži predmeti se prividno kreću brže od udaljenih



Simulacija 3D vida na računalu

- Prekrivanje predmeta: Z-spremnik i sl.
- Sjene: postoje tehnike simulacije u stvarnom vremenu
- Stereo slika: više mogućih rješenja
- Fokus i konvergencija problematični
 - Računalo ne zna na koju dubinu korisnik fokusira
 - Model kamere je idealan, nema fokusa
 - Fizički, slike svih predmeta su na istoj udaljenosti od očiju
 - U stereo slici, nema konvergencije: bliski predmeti se vide dvostruko (ukoliko se prisilimo gledati "u daljinu", predmeti "iskaču" iz ekrana)
- Perspektiva i paralaksa gibanja dobivaju se virtualnom kamerom s perspektivnom projekcijom

Zasloni na glavi

- Dva mala ekrana, po jedan za svako oko
 - Optički sustav ispred očiju, inače ekran preblizu
- Važna svojstva
 - Veličina, težina, udobnost
 - Rezolucija (danas standard 2160 x1200 pixel-per-eye)
 - Frekvencija osvježavanja (danas standard 90 sličica po sek.)
 - Vidni kut
- Montira se i sustav sljednika, tako da računalo generira sliku iz perspektive korisnika

Stereoskopski prikazi

- Stereo zasloni s izmjenjivanjem – dvije slike se izmjenjuju (obično 120 Hz)
 - Zaklopne naočale (engl. shutter glasses)
 - Mogu zatvoriti svako staklo posebno polariziranjem
 - Otvaranje sinkronizirano s pojavom slika na ekranu: desno oko otvoreno uvijek kada je desna slika na ekranu, i obrnuto
- Autostereoskopski zasloni
 - Mikro-prizme ugrađene u zaslon odbijaju sliku lijevo i desno
 - Ljeva i desna slika istovremeno prikazane na ekranu, optički sustav ih razdvaja
 - Vidimo 3D bez posebnih naočala
 - Gledatelj treba biti u određenom položaju u odnosu na zaslon (obično u sredini)
- Stereoskopska projekcija
 - Dva projektorja s polarizirajućim filterima
 - Polarizacija u okomitim smjerovima
 - Gledatelji nose naočale s polariziranim staklima
 - Jedno oko horizontalno, drugo vertikalno polarizirano
 - Svako oko vidi samo sliku s projektorja iste polarizacije
 - Relativno jednostavan i jeftin sustav (još jeftinije s filterima u boji umjesto polarizacije)

Zvuk

- Daje dodatne informacije (govor, zvučni signali)
- Doprinosi stvaranju ugodaja
- 3D zvuk – čovjek ima vrlo dobru sposobnost lokalizacije zvuka
 - To nije samo posljedica stereo slušanja!!
 - Head-Related Transfer Function (HRTF): Zvučni signali iz različitih smjerova različito se prenose u uho, uz složene efekte odbijanja na ramenima, vanjskim dijelovima uha, oko glave...
- Moguće je simulirati lokalizirani 3D zvuk

Haptički izlazni uređaji

- Taktilni izlazni uređaji
 - Simulacija dodira, najčešće vibracijama (gotovo svi današnji kontroleri)
 - Montiraju se mikroelementi koji vibriraju ili se griju, te se time korisniku daie dojam dodira
- Uređaji za povrat sile
 - Motorima na ruku i tijelo – potrebno uporište
- Pomične platforme
 - Sustavi za pomicanje čitave platforme na kojoj stoji ili sjedi korisnik ili njih više
 - Često u zabavnim parkovima – korisnici obično zatvoreni u “vozilo” na platformi, s integriranim velikim ekranom u vozilu



Programiranje za VR

- Umnogome pojednostavljeno kroz razne sustave za razvoj igara (engl. Game engine) te SDK sustave koje nude pojedini proizvođači – jednostavno “build for VR”
 - Unity
 - Unreal engine
 - Cry Engine
 - Godot (Open Source)
- Još ne postoje standardi za programska sučelja za VR
- Postoji Open Source Virtual Reality SDK

Video Game Engines with VR support

Platform	Unity	Unreal Engine	CryEngine	Godot	Platform-specific SDK
Steam VR	Yes ^[1]	Yes ^[2]	Yes, CryEngine V ^[3]	Yes ^[4]	
Oculus PC (Rift and Rift S)	Yes ^[5]	Yes ^[2]	Yes ^[6]	Yes ^[4]	Oculus PC SDK ^[4]
Oculus Mobile	Yes	Yes	No	No	Oculus Mobile SDK ^[4]
Windows Mixed Reality	Yes, Unity 2017.2 and later ^[7]	Yes, Unreal Engine 4 and later	Unknown	Unknown	
Open Source Virtual Reality	Yes ^[8]	Yes ^[9]	Yes ^[10]	Yes, via OpenHMD	OSVR SDK ^[4]

Programski paketi za razvoj VR u sustavu Unity (fokus na interakciju)

- Virtual Reality Toolkit VRTK
- Kolekcija korisnih skripti koja omogućuje jednostavniju izgradnju VR aplikacija
- Dostupan iz Asset Store kao i s githuba
 - <https://assetstore.unity.com/packages/tools/integration/vrtk-virtual-reality-toolkit-vr-toolkit-64131>
 - <http://github.com/thestonefox/vrtk>
Pokriva sljedeće funkcionalnosti
 - Kretanje u virtualnom prostoru
 - Osnovne interakcije – dodirivanje, uzimanje i korištenje objekata
 - Interakciju s Unity3D UI elementima
 - Podrška za fiziku tijela u 3D prostoru
 - 2D i 3D kontrole poput gumba, poluga, vrata, itd.
- <https://www.youtube.com/watch?v=vH5zHo6ql84>

Programski paketi za razvoj VR u sustavu Unity (fokus na interakciju)

- NewtonVR
- Omogućuje korisnicima da podignu, bace i drže objekte
- Masa objekata se uzima u obzir u izračunu interakcije
- Dostupan iz Asset Stora i githuba
 - <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/75712>
 - <https://github.com/TomorrowTodayLabs/NewtonVR>
- Podrška za SteamVR i Oculus SDK