

## TEMA 6:

Detekcija presjeka – metode testiranja da li se dva geometrijska elementa sijeku (i gdje)

Vrste presjeka:

- Presjeci sa zrakom:
  - Zraka – kugla
  - Zraka – kvadar
  - Zraka – trokut
  - Zraka – poligon
  - Ravnina – kvadar
  - Trokut - Trokut
- Presjeci obujmica:
  - Kugla – kugla
  - Kugla – kvadar
  - Kvadar - kvadar
- Presjeci obujmica s projekcionim volumenom:
  - Kugla – kvadar

Detekcija presjeka ima primjenu u detekciji sudara, odabiru (picking), iscrtavanju praćenjem zrake i odbacivanju projekcionog volumena

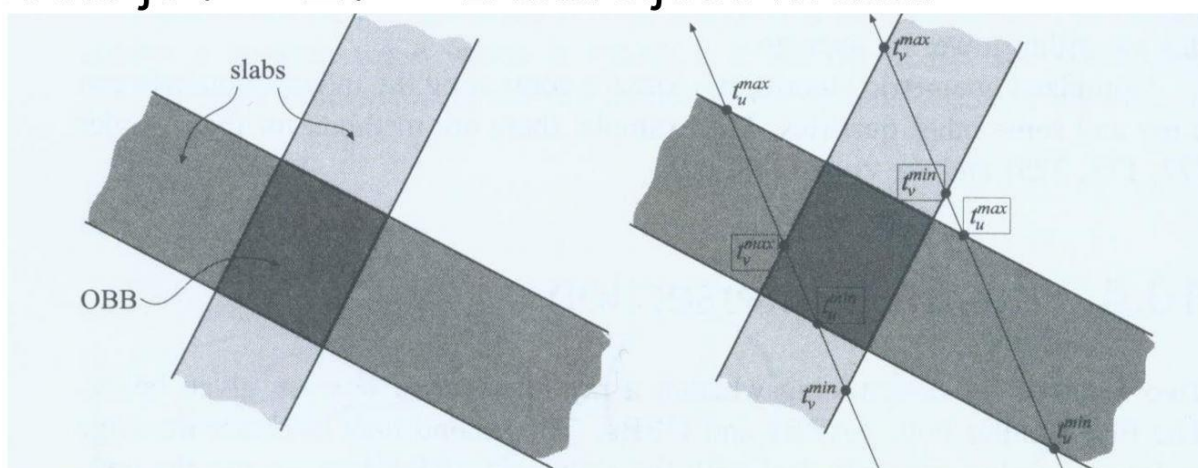
Presjeci:

Zraka – kugla :

Presjek mozemo dobiti uvrstavanjem jednadzbe zrake u jednadzbu kugle i rjesavanjem kvadratne jednadzbe dobivamo tocke presjeka zrake s kuglom, međutim postoji i jednostavniji način u kojem provjeravamo gleda li zraka prema središtu kugle ili od njega. U slučaju da ne gleda prema središtu kugle ( $d < 0$ ), a ishodište zrake se ne nalazi unutar kugle ( $|l| > r^2$ ) zraka sigurno ne siječe kuglu, ako dosad nismo ustanovili da zraka ne siječe kuglu nastavljamo s ispitivanjem u kojem provjeravamo udaljenost zrake od kugle ( $m$ ), ako je ta udaljenost veća od polumjera zraka ne siječe kuglu i postupak se prekida, u protivnom znamo da postoji presjek i postupak se nastavlja kako bi našli točke presjeka.

Zraka – kvadar:

Za ovaj presjek koristimo metodu krišaka. Kvadar zamislimo kao presjek triju krišaka, Zraka siječe te krište u dvije točke  $T_{min}$ (ulazna) i  $T_{max}$ (izlazna). Kao glavnu ulaznu točku biramo onu koja je najudaljenija od ishodišta zrake:  $T_{min} = \max(T_{min1}, T_{min2}, T_{min3})$ , te isto vrijedi i za izlaznu  $T_{max} = \max(T_{max1}, T_{max2}, T_{max3})$ . Ako je  $T_{min} > T_{max}$  zraka siječe kvadar.



### Zraka – trokut:

Presjek nalazimo korištenjem baricentričnih koordinata (opisuju bilo koju točku u ravnini trokuta linearnom kombinacijom triju vrhova po izrazu  $T(u,v) = (1-u-v)V_0 + u \cdot V_1 + v \cdot V_2$  za točke unutar trokuta ( $u,v > 0$ ,  $u+v \leq 1$ ).

Uvrštavanjem jednadžbe zrake u izraz za točku trokuta po baricentričnim koordinatama ( $V(x,y)$ ) dobivamo sustav jednadžbi s 3 nepoznanice ( $U,V,T$ ) koje definiraju točku presjeka. Ukoliko su  $U$  i  $V$  unutar  $[0,1]$  zraka siječe trokut.

### Zraka – poligon:

Presjek se računa u 3 koraka:

- Izračunamo presjek zrake s ravinom u kojoj leži poligon
- Zatim poligon i točku presjeka projiciramo u koordinatnu ravninu s najvećom površinom projekcije.
- Ispitujemo da li je preslikana točka presjeka u 2D poligonu dobivena projekcijom na ravninu. Odnosno ispituje da li je točka unutar 2D poligona. To možemo lako ispitati tako da povučemo zraku iz te točke u proizvoljnom smjeru. Ako povučena zraka siječe poligon neparan broj puta točka je u poligonu.

### Ravnina – kvadar

Ako su bilo koja dva vrha kvadra na suprotnim stranama ravnine, očito je da imamo presjek kvadra i ravnine. Uvrštavanjem bilo koje točke u jednadžbu ravnine možemo izračunati udaljenost točke od ravnine. Tu udaljenost izračunamo za svih 8 vrhova kvadra. Ako svih 8 udaljenosti ima isti predznak (odnosno s iste strane ravnine su) Tada nema presjeka. Ukoliko je jedan predznak razlicit (nalazi se s druge strane ravnine) Imamo presjek.

Postupak možemo pojednostaviti tako da ispituje samo dva vrha na dijagonali kvadra najbližoj smjeru normalne na ravninu

### Trokut – Trokut:

Presjek trokuta ispituje sljedećim postupkom: (Trokut  $T_1$  u ravnini  $R_1$  i  $T_2$  u ravnini  $R_2$ )

- Izračunamo udaljenost svih vrhova  $T_1$  do  $R_1$ , ako su udaljenosti istog predznaka nema presjeka
- Isto ponovimo za  $T_2$
- Pravac  $L$  je presjek  $R_1$  i  $R_2$ . Nalazimo presjek  $T_1$  i  $T_2$  sa  $L$  i dobijemo intervale  $I_1$  i  $I_2$ , ako se intervali preklapaju imamo presjek.

### Presjeci obujmica:

#### Kugla – kugla:

Izračunamo udaljenost središta te ju usporedimo sa zbrojem polumjera. Ukoliko je udaljenost središta veća od zbroja polumjera nema presjeka

#### Kugla – kvadar:

Usporedimo udaljenost središta kugle od kvadra s polumjerom kugle.

Ukoliko imamo opći kvadar prvo moramo transformirati centar kugle u K.O kvadra

Kvadar – kvadar (paralelni s osima):

Gledamo preklapanje po svakoj osi posebno, ukoliko nisu paralelni s osima presjek nalazimo pomocu teorema razdvajajuće plohe. Odnosno postoji ploha koja razdvaja poliedre, ako se oni ne presjecaju

Presjek obujmica – projekcijski volumen:

Koristi se za odbacivanje po projekcionom volumenu.

Sve izvan se odbacuje, a unutra se crta. Ako postoji presjek testira se sljedeća razina

Kugla – projekcioni volumen:

Za svaku stranicu volumena racunamo udaljenost ( $d$ ) od sredista kugle do stranice. Ako je  $d > r$  onda je kugla vani, ako je  $d < r$  onda je kugla unutra, za sve ostalo je presijecanje.

Kvadar – projekcioni volumen:

Slicno ko i za kuglu, testiramo svaku stranicu volumena posebno i koristimo test ravnina-kvadar

„Ako su bilo koja dva vrha kvadra na suprotnim stranama ravnine, očito je da imamo presjek kvadra i ravnine. Uvrštavanjem bilo koje točke u jednadzbu ravnine mozemo izracunati udaljenost tocke od ravnine. Tu udaljenost izracunamo za svih 8 vrhova kvadra. Ako svih 8 udaljenosti ima isti predznak (odnosno s iste strane ravnine su) Tada nema presjeka. Ukoliko je jedan predznak razlicit (nalazi se s druge strane ravnine) Imamo presjek.“

Detekcija sudara:

Detekcija sudara je metoda u kojoj se testovi presjeka koriste za ustanovljavanje sudara između predmeta i scene, te gdje i kako se sudaraju.

Detekcija sudara ima primjenu u:

- Navigaciji (spriječavamo da predmet prodje kroz scenu(zid ili nes))
- Simulaciji vozila, leta itd

Metode detekcije sudara:

- Aproksimacija predmeta zrakama
- Hijerarhija obujmica
  - Test sudara dvaju hijerarhija

## Aproksimacija predmeta zrakama:

Postavimo strateška mjesta na predmetu tj na mjesta gdje se očekuje sudar s okolinom (dno kotaca na automobilu) i trazimo presjek zrake sa scenom. Ukoliko je  $d=0$  predmet dotice scenu,  $d<0$  predmet je u scenu,  $d>0$  predmet je iznad scene/povrsine...tj nema presjeka doticaja

## Hijerarhija obujmica:

Svaki predmet predstavimo kao skup poligona. Pretvorimo ga u hijerarhiju (stablo) obujmica. Testiramo Top-Down approach. Odnosno krecemo od vrha hijerarhija. Ako se vec najvisa razina obujmica ne sijece postupak se prekida. Ukoliko se sijece nastavljamo dalje i ispitujemo obujmice A i B koje mogu biti čvorovi ili listovi. Ukoliko su listovi moramo ispitati sve poligone ispod njih, ukoliko je A list, a B čvor testiramo tj pozivamo funkciju testsudara rekurzivno za B i ispitujemo sudar sa A, i na kraju ako su oboje čvorovi svaka obujmica ispod A se ispituje na sudar sa B. Ako kroz cijelu hijerarhiju nije pronadje sudar onda ga nema....

## TEMA 7:

### Interakcija u virtualnoj sceni:

Mijenjamo scenu pomocu neakvih ulaza. Korisnik unosi neakve ulazne jedinice koje se preslikavaju na neke parametre scene npr položaja kamere i predmeta...

Vrste interakcije su:

- Odabir (odabiremo predmet kojim manipulairamo u sceni)
- Manipulacija (pomicanje predmeta najcesce)
- Navigacija (promjena položaja kamere koju korisnik dozivljava kao gibanje)

### Vrste ulaznih jedinica:

- Upravljac za igru, tablet, 3d mis, spaceball.....lalala

Općenita klasifikacija ulaznih jedinica: za svaki stupanj slobode (senzor) karakteristične su slijedeći parametri:

- ☐ Linearni ili rotacioni senzor
- ☐ Mjeri se pozicija ili sila/moment sile
- ☐ Relativno ili apsolutno mjerenje
- ☐ Smjer slobode gibanja
- ☐ Osjetljivost senzora

Predmet u virtualnoj sceni mozemo odabrati na sljedece nacine:

- Virtualnom rukom (detekcija sudara virtualne ruke(kursora) i predmeta)
- Pokazivanjem (definiramo vektor smijera s rukom i trazi se presjek odaslane zrake u smjeru vektora pokazivanja i predmeta)..ima i odabir s govorom, gumbom
- U ravnini slike (direktan odabir..klikom misa ili uokvirivanjem predmeta)
- Odabir pomocu liste ( predmeti se stavljaju u listu, ako su imenovani onda se odabiru po imenima iz liste, ili kruznim biranjem gdje se svakim pritiskom na tipku za odabir pomicemo po jedno mjesto u listi)
- Odabir govorom...

### Nedostaci navigacije:

- 3D iluzija je nepotpuna, tesko je odrediti međusobne položaje u sceni, nedostaju fizicka ogranicjenja..korisnici se lako izgube

### Načini navigacije:

- SCENA U RUCI – pokretom ulazne jedinice(misa npr) pomicemo citavu scenu
- KAMERA U RUCI – pokretom ulazne jedinice (misa) pomicemo kameru
- UPRAVLJANJE VOZILOM – pokretom ulazne jedinice (misa) upravljamo vozilom

Za snalazenje u 3D virtualnoj sceni imamo WIM...odnosno world in miniature..virtualna mapa..karta  
U 3D virtualnom okruženju moraju postojati ograničenja:

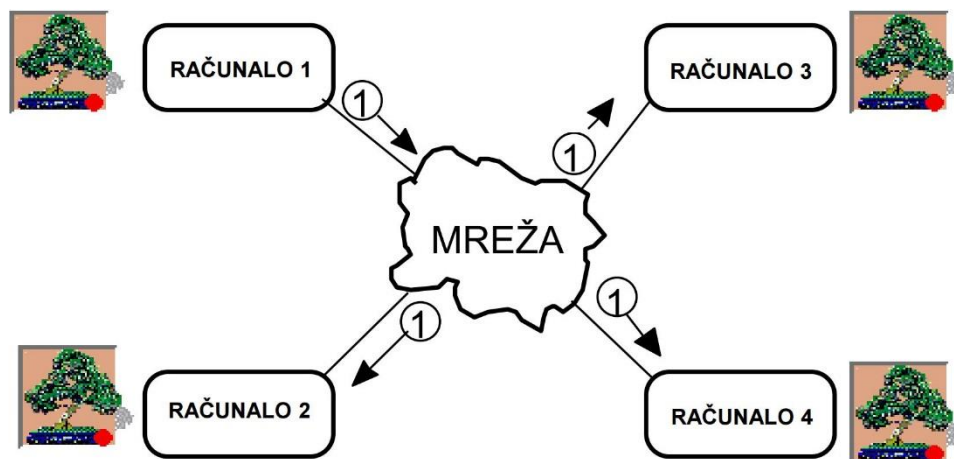
- Zabrana prolaza kroz predmete
- Ograničenje područja kretanja
- Gravitacija, hodanje po površini
- Ograničenje orijentacije

## TEMA 8:

Umrežena virtualna okruženja (UVO):

Fizicki udaljeni korisnici (igraci) sudjeluju zajedno u virtualnom okruženju (mmorpg...)

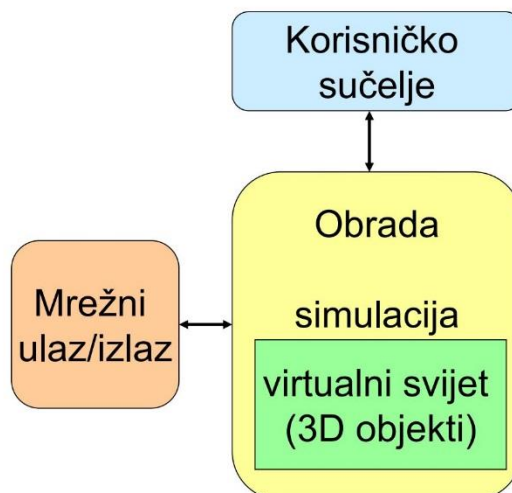
Svako računalo ima svoju lokalnu kopiju okruženja, te svaki korisnik može upravljati svojim 3D prikazom i okruženjem. Kopije se međusobno sinkroniziraju putem mreže.



## Osnovni model UVO



- ♦ korisničko sučelje, ulazni i izlazni uređaji
- ♦ skup 3D geometrijskih objekata (oblik, boja i sl.), i drugih komponenata (npr. svjetlo, zvuk) u računalu
- ♦ obrada – sadrži simulaciju vezanu uz primjenu (početne postavke, simulacijska petlja), obrada 3D grafike i zvuka
- ♦ mrežna povezanost



Kako promet raste s brojem korisnika...ne moramo slati elemente koji se ne mijenjaju u virtualnom okruženju. Ako bi slali potpune kopije imali bi velika kašnjenja.

Filtriranje prema području interesa (AOIM-Area of Interest Management):

- Prosljeđujemo samo relevantne poruke

Upravljanje dinamičkim zajedničkim stanjem:

- Zahtjev : Održati konzistentno stanje (svi igrači isto vide)
  - Rjesenje:
    - Centralizirani repozitorij informacija
    - Distribuiran pristup
    - Jaka konzistentnost – koristimo protokol za konzistentnost
    - Slaba konzistentnost – ucestalo regeneriramo stanje, koristimo predikciju i dead reckoning

Strukturiranje virtualnog prostora:

- Podijelimo virtualni prostor po jedinicama koje su prihvatljive po broju korisnika i složenosti jedinice

## Arhitektura raspodijeljene aplikacije UVO



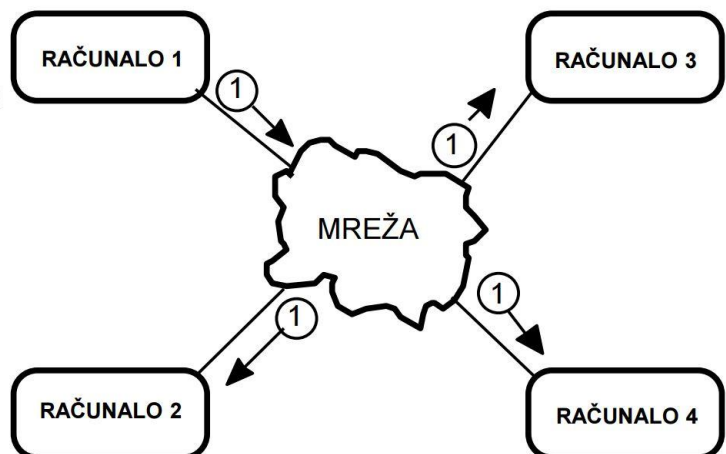
Zavod za telekomunikacije

### ♦ Zahtjevi:

- Učinkovit prijenos poruka
- Podrška za AOIM
- Upravljanje sjednicom
- Trajni zapis stanja
- Kontrola pristupa, naplata

### ♦ Rješenja:

- Klijent/poslužitelj
- Više poslužitelja
- Ravnopravni procesi (engl. peer-to-peer)



Klijent – poslužitelj vrlo učinkovita arhitektura zbog:

- Filtriranje prometa
- Kontrola sjednica
- Trajni zapis
- Kontrola pristupa i naplata izvedena na poslužitelju

Peer2peer (Ravnopravni procesi) :

Direktna komunikacija svih cvorova, međutim problem sa trajnim zapisom, AOIM, kontrolom pristupa i upravljanjem sjednicom

Prvi uveo Doom

Visenitno programsko rjesenje: Postoji zajednicka memorija, jednonitno sve se zasebno izvodi...nije efikasno

Virtualna okruzenja:

Tehnicki zahtjevi:

Velika kolicina sadrzaja, korisnici stvaraju sami svoj svijet, kada se krecu kroz svijet stalno se ucitava novi ili osvjezeni sadrzaj

## Mrežni zahtjevi

Osvježavanje stanja korisnika i slično.

Promet se smanjuje pomoću:

- Lokalnog spremanja(cache)
- UDP
- Kompresija(JPEG,zlib)

## TEMA 9 VIRTUALNA STVARNOST (VR):

Tehnologije koje korisnika "uranjaju" u virtualno okruženje

# Uređaji za VR



Zavod za telekomu

## ◆ Ulazni uređaji

- Senzori pozicije/orijentacije
- Senzori sile/momenta sile
- Senzori položaja tijela / ruke
- Senzori pokreta
- Ostalo

## ◆ Izlazni uređaji

- Vizualni izlazni uređaji
- Zvuk
- Haptički izlazni uređaji
- Ostalo

## SENZORI POZICIJE/ORIJENTACIJE (TRACKERI)

- **ELEKTROMAGNETSKI**
- **OPTIČKI**
- MEHANIČKI
- INERCIJSKI
- AKUSTIČKI

Elektromagnetski slijednici:

Imamo Izvor EM polja. EM senzori primaju signal i računa se položaj senzora unutar polja

Prednosti: Rad u stvarnom vremenu, jednostavno

Nedostaci: Kabeli(noviji sustavi bez), kratak domet, osjetljivost na metal

Optički slijednici:

Sustavi sa više kamera, prednosti su odlična preciznost, visoka frekvencija uzrokovanja podataka i mogućnost velikog broja slijednika.

Nedostaci: potreban velik prostor, složena kalibracija, cijena, složena obrada podataka.

Dubinska kamera za svaku točku daje i boju i udaljenost od kamere tj kartu dubine. Ona omogućuje lakše praćenje tijela. Popularizirao ju je 2010. godine Microsoft Kinect

# Izlazni uređaji

Zavod za telekom

- ◆ Vizualni izlazni uređaji
  - Zašto vidimo 3D
  - Zaslon na glavi (HMD)
  - Stereo zasloni
  - Projekcijski sustavi – stereoskopska projekcija
- ◆ Zvuk
- ◆ Haptički izlazni uređaji
  - Taktilni izlazni uređaji
  - Uređaji za povrat sile
  - Pomične platforme
- ◆ Ostalo
  - Miris, vjetar, toplina

Zasto i kako vidimo predmete u 3D?

- Prekrivanje predmeta
- Sjene
- Stereoskopska slika (svako oko gleda iz druge perspektive)
- Okulomotorni faktori (Fokus, konvergencija)
- Perspektiva (udaljeni predmeti manji)
- Paralaksa gibanja (prilikom kretanja, blizi predmeti se prividno kreću brže od udaljenih)

Fokus i konvergencija su problematični – računalo ne zna na koju dubinu korisnik fokusira. Model kamere je idealan i nema fokusa.

Slike svih predmeta su na istoj udaljenosti od očiju. U stereo slici nema konvergencije: Bliski predmeti se vide dvostruko

Perspektiva i paralaksa gibanja dobivaju se virtualnom kamerom s perspektivnom projekcijom



Zaslon na glavi (HMD):

Dva mala ekrana, važna svojstva (velicina, težina, udobnost, rezolucija, vidni kut)

Stereo zasloni s izmjenjivanjem (dvije slike se izmjenjuju..120HZ)

Zaklopne naočale (shutter glasses..mogu zatvoriti svako staklo posebno polariziranjem)

## TEMA 10 PROŠIRENA STVARNOST (AUGMENTED REALITY) AR:

Proširena stvarnost (engl. Augmented Reality, AR) dodaje virtualne elemente u stvarni svijet na taj način da izgledaju kao dio stvarnog svijeta

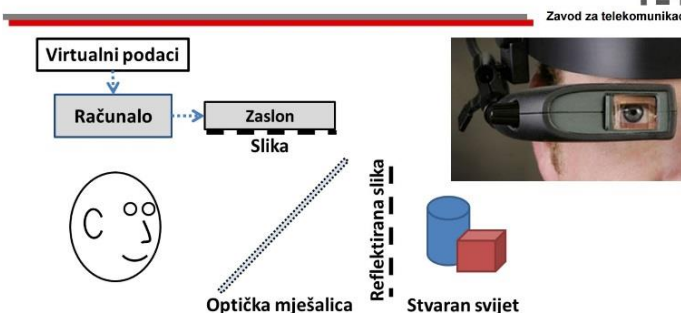
Proširena stvarnost radi na sljedeći način:

- Miješanje i prikaz slike (istovremeno prikazuje stvarnu i virtualnu sliku)
- Poravnavanje (virtualni predmeti se moraju poklapati točno sa stvarnim, te moraju i slijediti ovisno o korisnikovoj poziciji (Tracking))
- Prikupljanje podataka (sensing) (moramo dobiti korisne informacije koje će se prikazati u AR)

Načini miješanja slike:

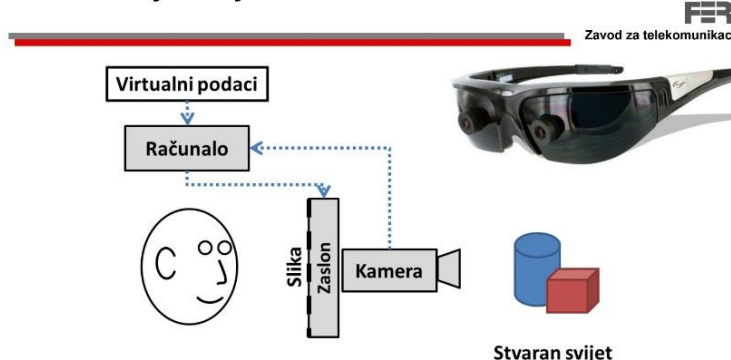
- Optičko miješanje
- Video miješanje
- Projekcijsko miješanje

### Optičko miješanje



- ♦ Optička mješalica (engl. optical combiner) je polu-prozirno ogledalo, tako da korisnik vidi dvije slike
- ♦ Po jedan monitor za svako oko – stereo slika

### Video miješanje



- ♦ Nema direktne stvarne slike; video signali stvarnog svijeta (iz kamere) i virtualnog (s računala) se miješaju

### Projekcijsko miješanje (Spatial AR)



- ♦ Virtualna slika se projicira na predmete u stvarnoj okolini
- ♦ Složeno za neravne površine
- ♦ Problemi osvjetljenja i prekrivanja

Prikaz slike: Zaslon na glavi, ruci, u oku, u prostoru, projekcijski prikaz (HMD, Smartphone..)

Poravnanje: Glavni problem AR!!! Položaj promatrača i svih predmeta mora biti poznat, zahtjeva veliku preciznost

Slijeđenje (tracking):

Postupak dobivanja pozicije/orijentacije predmeta u stvarnom vremenu

Tehnologije:

- Magnetsko, ultrazvuk, mehanicko, opticko (marker-based tracking..sa oznakama, bez oznaka marker-less tracking), GPS, hibridno

Pogreške slijeđenja:

- Statičke (uvijek pristune)
  - Pogrešni parametri virtualne kamere
  - Optičko izobličenje
  - Mehanička nepreciznost opreme
- Dinamičke
  - Kašnjenje
  - Slijeđenje, prijenos podataka, iscrtavanje
  - Ukupno kašnjenje ~100ms

Prikupljanje podataka (SENSING):

Zajedničko ime za tehnike dobivanja dodatnih podataka za prikaz u proširenoj stvarnosti (CT, MRI, ultrazvuk) (prikaz iz baza podataka)

## Primjene AR

Zavod za telekomunikacije

- ◆ Brži i kvalitetniji pristup informacijama (***intelligence amplification***)
  - Informacije direktno u stvarnom prostoru i kontekstu
- ◆ Moguća područja primjene (primjeri prikazani u uvodnom predavanju kolegija)
  - Medicina
  - Proizvodnja, održavanje, obuka
  - Arhitektura
  - Navigacija
  - Robotika
  - Vojne primjene
  - Oglašavanje i druge komercijalne primjene
  - Dodirljiva korisnička sučelja
  - Komunikacija

TEMA 5 (ORGANIZACIJA SCENE):

[http://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/OVO-P05\\_Organizacija\\_scene.pdf](http://www.fer.unizg.hr/_download/repository/OVO-P05_Organizacija_scene.pdf)

