**Vizualizacija volumena–VolVis:**  
**Voxel–Cell:**–Skup voxela:• Voxel = point sample u 3D,• Nije interpoliran–“Set of cells”•Cell–kocka•U svakom vrhu voxel•Vrijednosti unutar kocke interpolirani

**Jednostavne metode**•Slicing–Presjeci paralelni s osima–Jednostvno za regularnu mrežu–Crno–bijelo–Windowing–regulacija Kontrasta•Cuberille [Herman & Liu 1979]–Tražimo voxel kojim ide granica s iso-vrijednošću–Prikazujemo svih 6 ploha–Aliasing–Zastarjelo

**Izravna vizualizacija•**Nema među-koraka (površine)•Image order–Object order•Tehnike–Transfer function,ray casting,splatting, •Razne kombinacije vrijednosti–kompozicija,MIP,first-hit,average…

**Ray Casting•**Klasična image order tehnika•Ray-tracing–Ray-casting•Podaci:1D vrijednost u 3D prostoru•Zraka–polupravac•Vrijednosti na zraci

**Ray Casting postupak•**Odrediti C(i),α(i) 1 Odredjivanje boje i prozirnosti voxela ovisno o skalarnoj vrijednosti 2 Transfer function•Ray casting•interpolacija•Compositing–Odredjivanje boje pixela koji pripada jednoj zraci-Ubrzanje i diskretizacija-Iterativni proces,Front to Back–Back to front Back to Front (B2F)-(–Ovisno o lokalnoj prozirnosti kombinira se dosadašnja boja i novi doprinos)

**Funkcija prijelaza-Transfer Function•**Preslikavanje vrijednosti podataka na prikazivu veličinu:–boju–neprozirnost **Prikaz površina•**Eksplicitne površine•Izo-vrijednosti,Prednosti:+ percepcija oblika +standardni prikaz + oštre slike,Mane-složeni modeli

**Marching Cubes:**–Lorenson and Cline 1987,–2D slučaj–Marching,3D•256 kombinacija,• 15 osnovnih,Indeksiranje:• 8-bitna konvencija

**Vizualizacija toka–FlowVis**

**Podaci**•Izvor:–Simulcije,eksperiment s prepoznavanje uzoraka•2D/površine/3D–2Dx2D–3D strujanje oko prepreka–3D strujanje oko prepreka•Vremenski neovisni podaci•Vremenski ovisni

**Vizualizacija strelicama:**• Izravna vizualizacija•Veličina strelica / boja•2D–korisno•3D-česti problemi•Početne točke•Početne točke•Često se koristi!

**Integralne metode**:Streamlines•tangente na vektor brzine•dx/dt = v(x)•• Problem:s se nalazi s obje strane jednakosti!•Složeno analitičko rješenje,• Ideja–lokalno (jako) je rješenje linearno (otprilike)•Eulerov postupak:–U trenutnoj točki si vektora v(si ) pomaknimo se za malo (dt) naprijed.–si+1 = si + dt · v(si ),–Integracija u malim koracima,dt jako mali

**LIC–Line Integral Convolution ;•**Ideja pregled cijelog toka•Korištenje teksture,• LIC ideja:U svakoj točki teksture:–Vrijednost teksture koreliraj sa susjedima u smjeru toka–Vrijednost teksture ne koreliraj sa susjedima okomitim na smjer toka•Rezultat–korelirane vrijednosti leže na linijama toka•Tekstura–bijeli šum–nema korelacije–bit će razmazana u smjeru toka

**FlowVis temeljen:na teksturi:**• teksturu visoke frekvencije:„razmazati“ u smjeru tjeka•+intuitivno +f(t) + 2D/povrsine •-zahtjevnoat pravi 3D-feedback 4

**Primjer:Swirl & Tumble Flow–**swirl motion:characterized by motion about cylinder-aligned axis–more stable (easier) tumble motion:characterized by motion about axis orthogonal to cylinder-unstable,more difficult,Applied methods (2D,2.5D,3D):direct:overview of vector field,minimal computation,e.g. glyphs,color map texture-based:complete coverage,more computation time,implementation time geometric:compute a discrete object whose geometry reflects flow characteristics,e.g. streamlines 2D slices direct •color mapping:coverage:+ flow features:-applicability to 3D:-downstream direction •-glyphs:coverage:-flow features:-applicability to 3D:-downstream direction:+ 2D slices geometric:streamlines and tumble motion implemented via dye injection:coverage:-flow features:+,applicability to 3D:+,downstream direction:+ 2D slices texture based:TBFV and swirl motion,Image-Based FW (Van Wijk 02),coverage:+,flow features:+

**FlowVis–Feature Extraction•**Matematičkim metodama naći zanimljiva područja–npr. vir i samo to vizualizirati

**Vizualizacija–InfoVis•**Povezano sa statističkim grafovima•Preslikavanje vrlo bitno (pipeline)•Fokus+Kontekst (F+C)•Relativno jednostavni (2D) prikazi i•Relativno jednostavni (2D) prikazi i interakcija!•Visual Information Seeking Mantra:overview first,zoom and filter,then details on demand [Shneiderman 1996]•Visual Anaytics•Information visualization (InfoVis) produces (interactive) visual representations of abstract data to reinforce human cognition; thus enabling the viewer to gain knowledge about the the viewer to gain knowledge about the internal structure of the data and causal relationships in it.

**Podaci•**Najčešće apstraktni podaci•Prostor/svojstvo–nDx1D•Velika količina podataka,Hijerarhijski podaci:• Konvencionalno stablo•TreeMap•ConeTree ConeTree

**Fokus i kontekst•**Velika količina podataka–Samo fokus–teška orjentacija–Samo kontekst–nedostaju detalji•Rješenje–Fokus + Kontekst–Distorzija–Views/layers–In-place•Visual Information Seeking Mantra:overview first,zoom and filter,then details on demand [Shneiderman 1996]•Focus + kontekst vizualizacija:Integracija detalja i pregleda u jednom prikazu

**Interaktivni prikazi•**Primjeri prikaza–histogram–dijagram s točkama–paralelne koordinate paralelne koordinate–„glyphs“•Mogućnosti interakcije–povezivanje raznih prikaza–reduciranje skupa podataka

**Histogram:**• Prikazuje učestalost–X-os:jedna dimenzija podataka podijeljena u intervale–Y-os:broj elemenata u svakom intervalu

**Dijagram s točkama–**Prikazuje medjusobni odnos dvije ili tri dimenzije–Jedna koordinatna os za svaku dimenziju–Pojedinačni podaci prikazani točkama–Boja–dodatna dimenzija

**Paralelne koordinate•**Istovremeni prikaz više dimenzija podatka–Jedna vertikalna os za svaku dimenziju–Pojedini podaci su predstavljeni crtama-Korrelacija medju podacima lako uočljiva

**Glyphs•**Prikaz informacija simbolima–Metafora s prikazanim podacima

**Linking & Brushing•**Više prikaza istovremeno•Selekcija u jednom prikazu–rezulati u svima

**Tehnike ubrzavanja iscrtavanja**

**Brže iscrtavanje:**Mjera brzine iscrtavanja–broj slika u sekundi (engl. frames per second,FPS),Za interaktivnu 3D grafiku–min. 20-30 FPS,(Za brze akcijske igre poželjno i do 60 FPS),Tehnologija grafičkog sklopovlja napreduje strahovito brzo–no,sklopovlje nikad neće biti „dovoljno brzo”

**Optimalan zapis poligona** Naivan pristup–u protočni sustav šaljemo svaki trokut zasebno (3 vrha po trokutu),Mnogi vrhovi su dijeljeni među susjednim trokutima te se obrađuju višekratno–neučinkovito!,Možemo smanjiti broj vrhova organizacijom trokuta u spojenu strukturu:-Trake trokuta-Lepeze trokuta-Mreže trokuta

**Trake trokuta (triangle strip):**1. trokut zadan s 3 vrha,Idući nasljeđuje 2 vrha prethodnog,V 0,V 1,V 2,V 3 ...,Prosječan broj vrhova po trokutu = 1+2/m (m–broj trokuta),,Nije učinkovito u g.p.s. slati svaku traku vrhova zasebno (pozivi iscrtavanja su skupi),Možemo spojiti više traka u jednu,obrtanjem redoslijeda 2 zadnja vrha

**Lepeze trokuta (triangle fan)** 1 središnji vrh (V 0 ) + m vrhova (V 1-V m ) oko njega koji tvore lepezu,Prosj. broj vrhova po trokutu kao i za traku trokuta,no rjeđe se pojavljuju,Korisno za pretvorbu n-terokuta u trokute

**Mreže trokuta** Najvažnija struktura za prikaz 3D geometrije,GPU prilagođen radu s mrežama trokuta,Skup vrhova + slijed indeksa,Vrh–koordinate,normala,teksturne koord. itd.,Slijed indeksa definira trokute,Pri iscrtavanju predajemo vrhove i indekse u g.p.s.

**Iscrtavanje mreže trokuta** 2 načina predaje vrhova i indeksa:-Spremnik vrhova (vertex buffer)-Struje vrhova (vertex streams),Spremnik vrhova (+ opc. spremnik indeksa):-Slijed podataka na susjednim mem. lokacijama-Podaci za 1 vrh pohranjeni zajedno (1 blok)-Format vrha definira podatke vrha,Struje vrhova (+ opc. struja indeksa):-Polja podataka–svako polje sadrži podatke određene vrste-Npr. struja koordinata,struja normala,struja teksturnih koord. itd. Pri iscrtavanju specificiramo g.p.s. koji tip primitiva se iscrtava:( Lista točaka,Lista linija,Lista polilinija,Lista trokuta,Traka trokuta,Lepeza trokuta),O tome ovisi kako će g.p.s. interpretirati sadržaj spremnika/struja vrhova,Najčešće se koristi lista trokuta u spremniku vrhova i indeksa

**Učinkovitost indeksirane geometrije,**Spremnici vrhova i indeksa orijentirani na učinkovitost iscrtavanja,a ne pohrane,Npr. ako želimo da isti dijeljeni vrh ima više normala (npr. oštri bridovi kocke)–potrebno višestruko definirati vrh (po 1 za svaku normalu)

**Selektivno odbacivanje poligona (culling)**:Osnovna ideja:poligone koji nisu u nekom trenutku vidljivi na slici ne trebamo iscrtavati,Najvažnije metode:-Odbacivanje stražnjih poligona (backface culling)-Odbacivanje po projekcionom volumenu (view-frustum culling)-Portalno odbacivanje (portal culling)-Odbacivanje prekrivenih poligona (occlusion culling)

**Odbacivanje stražnjih poligona** Standardni dio geometrijske faze g.p.s.,Poligoni okrenuti od kamere nisu vidljivi,Okrenutost poligona određena redoslijedom njihovih vrhova (2 konvencije–u smjeru kazaljke na satu ili obrnuto),Moguća implementacija–provjera kuta normale poligona i smjera gledanja

**Odbacivanje po projekcionom volumenu:**Sve što je izvan projekcionog volumena,nevidljivo je,Za provjeru vidljivosti koriste se hijerarhije obujmice,BSP i oktalna stabla...,Npr. hijerarhija obujmica:1. Ako je obujmica potpuno izvan projekcionog volumena,odbacuje se sve u njoj 2. Ako je potpuno unutra,sve se crta 3. Ako projekcioni volumen siječe obujmicu,provjerava se sljedeća niža hijerarhijska razina obujmica-Izvodi se u aplikacijskoj fazi

**Portalno odbacivanje:**Koristi se za scene arhitekture sa sobama,Scena se dijeli na ćelije (sobe),Ćelije imaju portale (vrata) prema drugim ćelijama,Za svaku ćeliju gradimo graf susjednosti (podaci o portalima i susjednim ćelijama) Iscrtavanje je rekurzivno:1. Iscrtaj trenutnu ćeliju (uz korištenje trenutnog projekcionog volumena) 2. Na temelju vidljivih portala odredi nove,sužene projekcione volumene 3. Iscrtaj vidljive susjedne ćelije-Izvodi se u aplikacijskoj fazi

**Odbacivanje putem prekrivenosti** Predmeti često prekriveni drugim predmetima,Neće se vidjeti zbog Z-spremnika,no Z-spremnik se primjenjuje tek u fazi rasterizacije,Dubinska složenost,Ideja:prekrivenu geometriju odbaciti što ranije,Dosta složene tehnike,no neke su podržane sklopovski,Učinak ovisi o redoslijedu iscrtavanja–najbolje od naprijed prema natrag (front-to-back)

**Sklopovska provjera prekrivenosti (hardware occlusion queries)**:GPU podržava način iscrtavanja u kojem se provjerava vidljivost skupa poligona (najčešće obujmica) s obzirom na Z-spremnik,Algoritam:1. Iscrtati obujmicu u načinu provjere prekrivenosti (uključen Z-test,isključen Z-write) 2. Dohvatiti broj vidljivih piksela–ako je veći od nekog praga,iscrtati predmet (uz uključen Z-write),Najbolje u redoslijedu front-to-back,uz korištenje hijerarhije obujmica,Izvodi se u aplikacijskoj fazi (uz djelomičnu sklopovsku podršku)

**Z-odbacivanje (Z-cull)** Ugrađeno u fazi prolaza trokuta,Rasterizacija se radi u skupovima do 8x8 točaka,Ispituje je li prekriven isječak trokuta (koji odgovara trenutnom skupu) Postupak Z MAX:1. Odredi ~z T,MIN 2. Dohvati z MAX iz Z-spremnika 3. Ako z T,MIN > z MAX,isječak je prekriven

**Rani-Z (early-Z)** Nakon generiranja fragmenata,a prije sjenčanja,Uspoređuje dubinu fragmenta z F s dubinom u Z-spremniku–ako je veća,odbacuje fragment,Metode Z-cull i early-Z:-Ugrađene u graf. sklopovlje i uključene „po defaultu”-Smanjuju opterećenje procesora točaka-Posebno učinkovite kod višeprolaznog iscrtavanja (jer se Z-spremnik postavlja u 1. prolazu)-Automatski se isključuju ako pixel shader mijenja dubinu fragmenta z F

**Tehnike razina detalja:,**Engl. Level Of Detail-LOD,Ideja:smanjiti razinu detalja (broj poligona) kada je predmet udaljen od kamere-Razlika se neće primijetiti,Ako brzina padne,smanji razinu detalja,Podtehnike:-Generiranje–stvaranje jednostavnijin inačica osnovnog modela predmeta-Odabir–odluka koja verzija će se iscrtavati-Zamjena–zamjena trenutne inačice drugom

**Pojednostavljivanje mreže trokuta:,**Smanjiti broj trokuta u modelu,nastojeći pritom što manje promijeniti izgled modela,Osim za LOD,koristi se i za pojednostavljivanje vrlo složenih modela,npr. dobivenih skeniranjem,Eliminacija vrhova (starija metoda)

**Eliminacija bridova (edge collapse)** Novija i jednostavnija metoda,Općeniti postupak:1. Izračunaj funkciju troška za sve moguće eliminacije bridova; poredaj ih po trošku 2. Izvedi operaciju s najmanjim troškom 3. Ponovo izračunaj trošak gdje se mijenja; ponovi 2

**Odabir razina detalja** Kako odabrati LOD razinu koja će se u nekom trenutku iscrtavati?,U upotrebi 2 metrike:-Udaljenost predmeta od kamere-Površina projekcije obujmice

**Udaljenost predmeta od kamere,**Najjednostavnija i najčešće korištena metoda,Svaka razina LOD i ima raspon udaljenosti od kamere r i do r i+1 na kojoj je aktivna

**Površina projekcije obujmice** Kao i za udaljenost od kamere,definiraju se rasponi površina P i do P i+1,Površina projekcije se računa približnim,ali brzim postupcima

**Zamjena razina detalja,**Mora biti što neprimjetnije,Nagla zamjena modela rezultira efektom skokova (popping),Glavne metode:-Diskretne razine detalja-Miješanje razina detalja-α razine detalja-Geomorfne razine detalja

**Diskretne razine detalja:**,Koristi se više verzija istog modela,sa sve manjim i manjim brojem poligona,Kad se ispune uvjeti (npr. udaljenost od kamere),jedna inačica se zamjenjuje drugom,Jednostavna tehnika,Vrlo dobra sklopovska podrška–različite LOD inačice modela mogu se pohraniti zajedno u video mem.,Izražen efekt skokova,pogotovo ako r „oscilira” oko granice raspona,Potonje moguće ublažiti histerezom–granice promjene u jednom smjeru drukčija nego u drugom

**Miješanje razina detalja:**Ideja:kratko vrijeme iscrtavamo obje inačice istodobno,uz uključen alpha blending,Postupak:1. Iscrtaj LOD1 bez prozirnost u spremnik boje,uz uključen Z-spremnik 2. Iscrtaj LOD2 u spremnik boje uz uključenu „over” funkciju prozirnosti-Pritom linearno povećavati α od 0 do 1 3. Kad je LOD2 iscrtan uz α = 1,počni iscrtavati LOD1,uz uključen Z-test,ali isključen Z-write-Pritom linearni smanjivati α od 1 do 0--Nedostatak–kratkotrajan gubitak performansi zbog istodobnog iscrtavanja 2 inačica predmeta

**α-razine detalja** Predmet postaje prozirniji do nestajanja . Nije potrebno raditi dodatne LOD inačice . Jednostavna metoda . Eliminira efekt skokova . Ubrzanje se postiže tek po nestajanju predmeta

**Geomorfne razine detalja**:Koristi se niz modela proizveden eliminacijom bridova,Podjela vrhova–inverz eliminacije bridova,Možemo zamisliti da je složenija LOD inačica nastala nizom podjela vrhova u jednostavnijoj inačici,Ideja:za svaki vrh upamtimo njegov „vrh-roditelj”,te interpoliramo vrhove između susjednih LOD inačica,Gladak prijelaz između dviju inačica modela,Predmet neprestano mijenja oblik,što može zasmetati

**Srodne tehnike:**Ideja LOD–zamijeniti resurs (model) jednostavnijom inačicom / aproksimacijom ovisno o relativnom položaju kamere,To se može poopćiti na druge tehnike iscrtavanja,Npr. zamjena materijala/tekstura niže kvalitetnima:-Isključivanje teksture detalja-Isključivanje teksture okoline-Zamjena shadera jednostavnijom inačicom

**Varalice (impostors):**,Složeni predmet iscrtamo u teksturu,Predmet zamijenimo panoom (billboard),i na njega nalijepimo teksturu,Kod većih promjena relativnog položaja kamere potrebno ponoviti postupak

**Oblaci panoa (billboard clouds):**Složen predmet zamjenjujemo skupom panoa,Svaki pano sadrži sliku nekog dijela predmeta,Nije potrebno višekratno iscrtavati predmet

**Optimizacija protočnog sustava:**Najsporija faza stvara usko grlo (kao kod pokretne trake),Postupak 1. Pronaći usko grlo 2. Ubrzati tu fazu 3. Ponoviti postupak,Ako ne možemo ukloniti usko grlo,u ostalim fazama se može obaviti više posla i povećati kvaliteta

**Mjerenje performansi:**Brzina iscrtavanja–broj slika u sekundi (frames per second,FPS),Brzina geom. faze–broj vrhova u sekundi,Brzina rast. faze–broj točaka u sekundi,Te mjere nisu same dovoljne:-Usko grlo se često seli već unutar jedne slike,Složeni testovi (benchmark):-Prethodno isključiti dvostruko spremanje

**Traženje uskog grla:**Testirati svaku fazu posebno Aplikacijska faza:100% na CPU,Koristiti programe za prikaz tereta procesora:-Ako je procesor skoro 100% opterećen,tu smo! .-.. osim ako glavna petlja nije radno čekanje,Koristiti alate za profiliranje kôda:-AMD CodeAnalyst,VS Team System Profiler...,Eliminirati ostale faze slanjem „praznih“ naredbi-Npr. za iscrtavanje koristiti null driver-Ako nema ubrzanja,našli smo krivca! Geometrijska faza:Najčešće 100% na GPU,Glavne operacije–dohvat i sjenčanje vrhova,Testiranje dohvata vrhova:-Povećati format vrha (npr. dodati „prazne” teksturne koord.)-Ako brzina padne,bingo!,Testiranje sjenčanja vrhova:-Dodati naredbe u vertex shader-Ako brzina padne,to je to! Faza rasterizacije:100% na GPU,Glavne operacije–sjenčanje točaka i ROP,Testiranje sjenčanja točaka:-Dodati naredbe u pixel shader ili smanjiti razlučivost-Promjena brzine => tu je usko grlo,Testiranje ROP:-Smanjiti dubinu boje u spremniku boja (npr. 32-bit => 16-bit)-Ako brzina poraste,tu je problem!

**Optimizacija aplikacijske faze:**Opća pravila optimizacije koda i pristupa memoriji,Npr. izbjegavati dijeljenje,spremati podatke u memoriju redoslijedom korištenja...,Koristiti optimizacijske opcije compilera,2 važne strategije:-Koristiti paralelizam-Optimizirati promjene stanja

**Paralelizam u aplikacijskoj fazi:**Grafički algoritmi se često daju paralelizirati,Višeprocesorska protočnost (vremenski paralelizam):-Aplikacijsku fazu podijeliti u protočne podfaze-Svaka podfaza se izvodi na zasebnoj CPU jezgri-Npr. u sustavu OpenGL Performer:--APP–logika aplikacije--CULL–odbacivanje poligona--DRAW–iscrtavanje-Nedostatak–akumulacija kašnjenja zbog protočnosti-Paralelno izvođenje (prostorni paralelizam):--Pojedine algoritme zamijeniti višedretvenim inačicama--Nema akumulacije kašnjenja--Neke algoritme nije moguće učinkovito paralelizirati-Napomena:mogućnost paralelnog pristupa grafičkom API-ju iz više dretvi uvedena tek u DirectX 11!

**Optimizacija promjene stanja:**Operacije promjene stanja:Zadavanje spremnika vrhova i spremnika indeksa,Zadavanje tekstura,Učitavanje i konfiguracija shadera,Poziv iscrtavanja-Te operacije su skupe:--Izvode se na CPU--Zahtijevaju pražnjenje g.p.s. (npr. priručnih memorija) → prazan hod!-Učestale promjene stanja su danas glavni uzrok loših performansi!

,Rješenje–bolje grupirati predmete u sceni! Spajanje predmeta (batching):.Više manjih predmeta spojiti u jedan,Što ako imaju različite materijale i teksture?,Dodati ID predmeta u format vrha,te u shader grananje na temelju ID,Time se opterećenje seli u druge faze g.p.s. Instanciranje:Ako se isti predmet pojavljuje mnogo puta (npr. drveće),Predmet možemo iscrtati N puta jednim pozivom iscrtavanja,Podaci specifični za instancu (npr. transformacije) u posebnom spremniku Organizacija scene s obzirom na stanje:Neki predmeti dijele materijale,shadere i/ili teksture,Grupirati ih i iscrtavati slijedno!,Manje učinkovito (svaki predmet i dalje ima svoj spremnik vrhova),Najpraktičnije realizirati u sklopu grafa scene

**Optimizacija geometrijske faze:**Transformacije,osvjetljenje,obrezivanje,projekcija i preslikavanje na ekran,U načelu ne optimiziramo izravno,Smanjiti količinu geometrije u g.p.s. (odbacivanje,LOD),Koristiti mreže trokuta s indeksima,trake trokuta i sl.

**Optimizacija faze rasterizacije:**Koristiti odbacivanje stražnjih poligona,Isključiti Z-spremnik ako nije potreban:-Npr. crtanje pozadine,Koristiti tehnike smanjenja dubinske složenosti:-Z-odbacivanje i rani-Z ne isključivati bez razloga-Uvesti preliminarni prolaz radi inicijalizacije Z-spremnika,Miješanje boja koristiti samo kad je potrebno,Koristiti kompresiju tekstura,Smanjiti broj svjetala ili pojednostaviti sjenčanje,Imati više varijanti pixel shadera,Koristiti jednostavniji anti-aliasing,Smanjiti razlučivost iscrtavanja

**Umrežena virtualna okruženja:**Fizički udaljeni korisnici sudjeluju u zajedničkom virtualnom okruženju,Svako računalo ima lokalnu kopiju okruženja,Svaki korisnik upravlja svojim 3D prikazom i okruženjem,Sve kopije okruženja se međusobno sinkroniziraju putem mreže,Korisnici vide jedni druge jer su grafički prikazani u okruženju

**Tehnički izazovi višekorisničkih UVO:**Prikaz korisnika,Interakcija korisnika u virtualnom okruženju,Podrška za prirodnu komunikaciju,Karakteristike tehnologije i načina umrežavanja,Prilagodljivost veličini (engl. scalability)

**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 vezana uz primjenu (početne postavke,simulacijska petlja),obrada 3D grafike i zvuka-mrežna povezanost

**Upravljanje dinamičkim zajedničkim stanjem:**Zahtjev:održavati konzistentno stanje,zajedničko stanje = skup varijabli stanja svih pojedinačnih objekata u UVO-varijable za jedan objekt:položaj,orijentacija,brzina,izgled,itd.,osnovni problem:odnos konzistentnost–propusnost,Rješenja:-Centralizirani repozitorij informacija-Raspodijeljeni (distribuirani) pristupi-Jaka konzistentnost-koristi se protokol za konzistentnost u distribuiranom okruženju-Slaba konzistentnost–učestala regeneracija stanja-koristi se predikcija i dead reckoning

**Odnos konzistentnosti i propusnosti:**Za maksimalnu konzistentnost,Pero bi trebao čekati da Mirna potvrdi primitak,pa tek onda slati iduću poruku:gubitak propusnosti,Nemoguće je postići visoku dinamičnost u okruženju i visoku konzistenciju

**Središnji repozitorij informacija:**središnji repozitorij sadrži sve podatke o zajedničkom stanju UVO,svi čvorovi u svakom trenutku imaju identični pogled na zajedničko stanje,središnji repozitorij nadzire čitanje i pisanje stanja,kao i poredak pri osvježavanju stanja

**Prednosti i nedostaci središnjeg repozitorija:**Prednosti jednostavan programski model,garantirana konzistentnost,nema vlasništva nad podacima,središnji poslužitelj se brine o osvježavanju stanja i redosljedu Nedostaci:nepredvidivost što se tiče trajanja i čekanja na pristup podacima i osvježavanje,zamjetna količina dodatne obrade (overhead)–pouzdani komunikacijski protokol i/ili učestalo slanje stanja od strane poslužitelja”

**Raspodijeljeni (distribuirani) pristup**:u oba prethodna slučaja sa središnjim repozitorijem (datotečni sustav i memorija poslužitelja),konzistencija je garantirana,poslužitelj obavlja dvije funkcije:-osigurava jednoznačni poredak poruka osvježavanja stanja-razašilje novo stanje svim zainteresiranim klijentima,eliminacija poslužitelja prebacuje te zadaće na raspodijeljeni protokol za očuvanje konzistentnosti-nema više kašnjenja uzrokovanog poslužiteljem-bolja otpornost sustava (poslužitelj je bio jedinstvena točka kvara)

**Učestala regeneracija stanja:**vlasnik entiteta razašilje poruke osvježavanja “naslijepo”,tj. svim sudionicima,u pravilnim vremenskim razmacima,koristeći za dostavu nepouzdani protokol,svaka poruka osvježavanja sadrži puni opis stanja entiteta (npr. položaj,orijentaciju,izgled itd.),svaki primatelj ima lokalni spremnik,primatelji ne potvrđuju primitak poruka,a izgubljene poruke osvježavanja se nadomještaju novijima,nema očuvanja globalnog redosljeda poruka osvježavanja

**Eksplicitno vlasništvo nad objektima:**treba spriječiti da više igrača istovremeno mijenja stanje entiteta,uvodi se eksplicitno vlasništvo nad entitetom-tipičan primjer je korisnikov avatar,čiji je vlasnik korisnik koji njime upravlja-drugim objektima upravlja poslužitelj lock manager,lock manager osigurava da svaki entitet u zadanom trenutku ima samo jednog vlasnika

**Prednosti i nedostaci distribuiranih pristupa sa učestalom regeneracijom stanja:**Prednosti pristup jednostavan za izvedbu:nema centralnog poslužitelja,protokola konzistencije,niti (u nekim slučajevima) brava,može se podržati velik broj korisnika,Nedostaci:,značajni zahtjevi na propusnost,različita učestalost osvježavanja za različite entitete,posljedice mrežnog kašnjenja i kolebanja kašnjenja-problemi s kauzalnošću,odnosno,uzročno-posljedični odnosima u virtualnom svijetu-povremeno “smrzavanje” slike,neujednačenost pokreta

**Mrtva procjena (Dead reckoning):**na strani svakog čvora koristi se i simulacija i aproksimacija trenutnog stanja,aproksimacija je jednostavnija za računanje,svaki čvor za vlastite entitete šalje poruke osvježavanja samo ako razlika između simulacije i aproksimacije prijeđe zadani prag,svaki čvor radi predikciju (predviđanje) stanja udaljenih entiteta,npr. položaja i orijentacije,na temelju lokalno pohranjene informacije,pristup je pogodan za UVO s velikim brojem sudionika,algoritam mrtve procjene sastoji se od predikcije i konvergencije,uvjet za primjenu metode je (barem djelomična) predvidivost kretanja entiteta kako bi se mogla primijeniti predikcija

**Algoritam mrtve procjene:**,predikcija:uzračunavanje sadašnjeg stanja na temelju prethodno primljenih poruka osvježavanja,konvergencija:korekcija staze dobivene predikcijom na temelju novo-primljenih poruka osvježavanja (“izglađivanje”),Prednosti:smanjen promet i zahtjevi na propusnost,svaki čvor računa algoritam mrtve procjene neovisno o drugima,moguće je podržati velik broj korisnika Nedostaci:slaba konzistentnost–nema garancije da će svi čvorovi imati identično stanje istog entiteta,distribuirane simulacije su složene za izvedbu,održavanje i vrednovanje

**Oblikovanje programskog rješenja UVO**

**Strukturiranje virtualnog prostora** Podijeliti okruženje na jedinice prihvatljive po:-broju korisnika u svakoj jedinici-složenosti geometrije svake jedinice-preciznosti koordinata

**Arhitektura raspodijeljene aplikacije UVO** 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,Filtriranje prometa,kontrola sjednice,trajni zapis,kontrola pristupa i naplata izvedeni na poslužitelju,Poslužitelj usko grlo:ograničena prilagodljivost veličini

**Više poslužitelja:**Većina dobrih strana arhitekture klijent/poslužitelj,Povećava se kašnjenje-potreba za vrlo brzom vezom između poslužitelja,Izvedba relativno složena

**Ravnopravni procesi (peer-to-peer):**Direktna komunikacija između svih čvorova,Prvi sustavi UVO (npr. Doom) koristili su ovo rješenje,Problemi:trajni zapis,kontrola pristupa,AOIM,upravljanje sjednicom

**Vrste mrežnog prometa u UVO:**Učitavanje(3D predmeti,Teksture (slike),Modeli ponašanja,Modeli prikaza korisnika),Poruke sustava,Događaji,Osvježavanje stanja(Predmeti-Animacija-Deformacija,Korisnici-položaj-izraz lica-kretanje),Tekst,Zvuk,Video

**Način distribucije poruka:**Jednoodredišna komunikacija-Najčešći način povezivanja-Neučinkovitost se u praksi kompenzira izvedbom AOIM na poslužitelju,Višeodredišno razašiljanje-Učinkovitije,ali složenija izvedba

**Izvedba simulacijske petlje UVO:**Zahtjev:-Omogućiti nesmetano i efikasno izvođenje većeg broja modula Rješenja:-Višenitno programsko rješenje

**Umrežene višekorisničke igre**

**Mrežni zahtjevi:**Glavnina prometa:osvježavanje stanja,Ulazni promet na poslužitelju-Linearna ovisnost o broju igrača,Izlazni promet na poslužitelju-Očekujemo kvadratnu ovisnost-Na sreću,zbog upravljanja prometom prema području interesa dobiva se pri većem broju korisnika linearna ovisnost,Ukupni promet na poslužitelju-Procjene variraju od sustava do sustava-Red veličine 5-70 Mbit/s za 1000 istovremenih korisnika-Ne predstavlja problem za mrežnu infrastrukturu-Rekord:EVE Online,veljača 2009.–51,675 istovremenih korisnika

**Poslovni modeli:**Klasični model:kupovina igre,mjesečna pretplata-Varijacije:samo kupovina ili samo pretplata-Dodatna naplata za “proširenja”–pristup dodatnim dijelovima igre,Trgovina virtualnim dobrima-Virtualni novac-Prihod od virtualnih dobara mogao bi se izjednačiti s onim od pretplata

**Virtualni svjetovi**

**Tehnička svojstva:**Zajednički,perzistentni svijet za sve korisnike,Korisnici stvaraju svijet!,Goleme količine sadržaja koji se stalno mijenja,Korisnici kupuju “zemlju”,grade,trguju,programiraju,Kada se korisnik kreće kroz svijet,mora stalno učitavati nove ili osvježene sadržaje

**Mrežni zahtjevi:**Osvježavanje stanja korisnika:slično kao u igrama,Daleko veći promet generira učitavanje modela svijeta/predmeta i njihovo osvježavanje prilikom promjena,Načini na koje se smanjuje promet:-Lokalno spremanje (engl. cache) smanjuje promet pri drugoj i idućim posjetama istom prostoru-UDP za sve osim kritičninih poruka,npr. autentifikacija-Kompresija (JPEG,zlib)

**Poslovni modeli:-**Oglašavanje,kanal za prodaju-Pretplate--Često besplatno osnovno članstvo,naplata za “premium” članstvo-Prodaja virtualnih dobara--Virtualni novac koji se može trošiti unutar svijeta--Dodaci za avatare Ograničenja poslovnog modela s oglašavanjem Svjetovi za djecu–mnogi roditelji nisu skloni izlaganju djece reklamama,Tvrtke nisu sklone oglašavanju u nekontroliranom okruženju,Troškovi:stalna prisutnost npr. u SL zahtijeva zaposlenika

**Proširena stvarnost**

**Proširena stvarnost** dodaje virtualne elemente u stvarni svijet na taj način da izgledaju kao dio stvarnog svijeta Karakteristike AR:Kombinira stvarno i virtualno,Interakcija u realnom vremenu,Poravnavanje u 3D

**Kako radi AR?:**Miješanje i prikaz slike-Istovremeni prikaz stvarne i virtualne slike,Poravnavanje (engl. registration)-Virtualni predmeti moraju se točno pokalapati sa stvarnima-Korisnikova pozicija i svi važni predmeti moraju se slijediti (engl. tracking),Prikupljanje podataka (engl. sensing)-Potrebno je dobiti korisne informacije koje će se prikazati u AR

**Miješanje slike:**Optičko miješanje:Optička miješalica (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:Virtualna slika se projicira na predmete u stvarnoj okolini,Složeno za neravne površine,Problemi osvjetljenja i prekrivanja

**Prikaz slike:**Zaslon na glavi:Jedno od najčešćih rješenja,Slično uređajima za virtualnu stvarnost-Dodaju se kamere za video miješanje-Za optičko miješanje,drugačija konstrukcija,Zaslon u oku:Virtualni retinalni zaslon:Laser niske snage crta sliku izravno na retini,Visoka rezolucija,široki vidni kut,Jašina svjetlosti i kontrast dovoljni za korištenje na otvorenom,pri jakoj sunčevoj svjetlosti,Perspektiva:ugradnja u leće,Zaslon u prostoru:Obično veliki ekrani postavljeni u prostoru (prošireno ogledalo,engl. augmented mirror),Slijeđenje glave korisnika kako bi se na ekranu prikazala ispravna perspektiva,Stereo slika:zaklopne naočale ili autostereo. Zaslon u ruci:Pametni telefon (smartphone),tablet ili sl.,Porastom performansi i popularnosti ovih uređaja,ovo ubrzano postaje jedan od najpopularnijih vidova proširene stvarnosti Projekcijski prikaz:Obično projektor(i) postavljen(i) čvrsto u prostoru,Eksperimentalni sustavi:-Projektori na glavi,u ruci-Retroreflektivni materijali-Problem:kompenzacija deformacije slike

**Poravnavanje**: Poravnavanje stvarnih i virtualnih predmeta u 3D,Središnji problem proširene stvarnosti!,Položaj promatrača i svih predmeta u sceni mora biti poznat-To omogućava da se virtualni predmeti postave u isti koordinatni sustav sa stvarnim predmetima,te se iscrtavaju iz perspektive promatrača,Potrebna je velika preciznost: ljudsko oko detektira pomake manje od jedne kutne minute

**Slijeđenje (engl. tracking):**Postupak dobivanja pozicije/orijentacije predmeta u stvarnom vremenu,Sustavi slijeđenja prvo razvijeni za VR-Ovi sustavi obično nedovoljno precizni jer VR ima niže zahtjeve-Nove tehnike stoga razvijene za AR

**Tehnologije slijeđenja:** Magnetsko,Ultrazvuk,Mehaničko,Optičko-Sa oznakama (marker-based tracking)-Bez oznaka (marker-less tracking),GPS-Samo pozicija,do 1cm preciznosti uz korištenje diferencijalnog GPS-a–potrebno kombinirati s drugim tehnikama,Hibridno (npr. optičko + drugo)

**Pogreške poravnavanja:**Statičke pogreške:,Greške slijeđenja,Pogrešni parametri virtualne kamere (vidni kut,razmak među očima,pozicija slijednog elementa,parametri perspektivne projekcije...),Optičko izobličenje,Mehaničke nepreciznosti opreme Dinamička pogreška:,Nastupa zbog kašnjenja,Slijeđenje,prijenos podataka,iscrtavanje,Ukupno kašnjenje ~100ms,Smanjivanje dinamičke pogreške:-Smanjiti kašnjenja u sustavu-Uskladiti vrijeme zadrškom stvarne slike (kod video miješanja)-Predviđanje-Translacija slike

**Prikupljanje podataka(sensing):**Zajedničko ime za tehnike dobivanja dodatnih podataka za prikaz u proširenoj stvarnosti-Medicinske slike i 3D rekonstrukcija (CT,MRI,ultrazvuk)-Karte dubine za precizno prekrivanje stvarnih i virtualnih predmeta-Prikaz iz baza podataka (nacrti,sheme instalacija...)