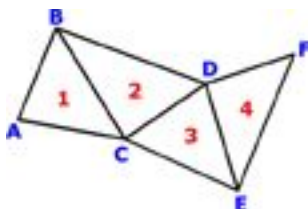


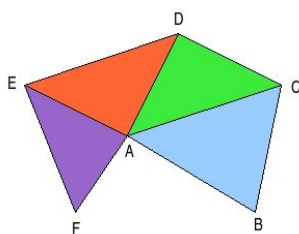
1. **Navedite i opišite tri načina slanja poligona 3D modela u protočni sustav iscrtavanja kojima se postiže bolja učinkovitost u odnosu na slanje svakog poligona zasebno.**

Trake trokuta



Prvi trokut je definiran trima vrhovima (trokut 1 – ABC). Svaki sljedeći trokut nasljeđuje zadnja dva vrha od prethodnog, te je za njega potreban samo jedan dodatni vrh (trokut 2 – AB od prethodnog, novi D). Ukupan broj potrebnih vrhova za M trokuta je 3 za prvi trokut i M-1 a ostale trokute. Za broj trokuta M prosječni broj potrebnih vrhova $V = (3 + (M - 1)) / (M)$. Za veliki M, $V \rightarrow 1$.

Lepeze trokuta



Lepeze trokuta sastoje se od jednog središnjeg vrha (A) i M vrhova (B, C, D, E, F) koji oko njega tvore lepezu. Prosječan broj vrhova po trokutu je isti kao i kod trake trokuta, no u općenitoj mreži poligona lepeze se pojavljuju rjeđe nego trake. Korisno je koristiti lepeze kada scena sadrži četverokute, peterokute, itd. a potrebno ju je transformirati u trokute.

Mreže trokuta

Najvažnija i najučinkovitija struktura za prikaz 3D geometrije. Moderno sklopovlje je prilagođeno za rad s ovom strukturom. Mreža trokuta je predstavljena skupom vrhova i slijedom indeksa. Podaci koji čine vrh su koordinate koje određuju njegov položaj te niz drugih dodatnih opcionalnih informacija (UV koordinate i slično). Slijed indeksa definira kako su vrhovi međusobno povezani u trokute. Iscrtavanje se radi tako da u sustav pošaljemo vrhove i indekse, a iscrtava se u listu ili traku trokuta (rjeđe i lepezu).

2. **Objasnite osnovnu ideju selektivnog odbacivanja poligona i ukratko opišite barem dvije metode.**

Osnovna ideja selektivnog odbacivanja poligona (culling) je da ne šaljemo kroz cijeli sustav i ne obrađujemo (sjenčamo) SVE poligone koji se nalaze u sceni, već samo one koji su vidljivi iz trenutnog pogleda.

Metode koje se koriste:

- Backface culling
 - U geometrijskoj fazi
 - Odbacuju se poligoni koji su okrenuti od kamere. Pretpostavka je da se oni nalaze s „druge“ strane predmeta pa ih ne treba crtati. Orijentaciju trokuta određuje redoslijed vrhova

- View-frustum culling
 - Odbacuju se svi poligoni koji su izvan projekcijskog volumena
- Portal culling
 - Scena se dijeli na ćelije koje imaju portale/vrata.
 - Rekurzivno se odbacuju dijelovi scene i iscrtavaju se samo vidljivi dijelovi ćelija
- Occlusion culling
 - Koristi se Z-buffer (dubina) kako bi se odbacili prekriveni predmeti (early-Z)

3. Na kojoj se ideji temelje tehnike razine detalja (LOD)? Objasnite kako nastaje problem skokova (popping) kod diskretnih razina detalja. Kako se on rješava?

Ideja je da se predmeti koji su udaljeniji od kamere mogu zamijeniti jednostavnijim modelom (manje poligona) bez da korisnik uoči razliku u detaljima radi udaljenosti samog predmeta, a pritom se povećavaju performanse.

Kod diskretnih razina detalja imamo za jedan predmet npr. 3 modela različite detaljnosti. Na različitim granicama udaljenosti predmeta od kamere se učitavaju različiti modeli (udaljenije – manje detaljni modeli). Prilikom prelaska te granice simo-tamo (recimo igrač trza naprijed-natrag) uočljivo je da se događaju promjene modela. To se rješava histerezom – granica za učitavanje manje detaljnog modela nije ista kao i granica na kojoj se taj manje detaljni model natrag zamjenjuje više detaljnim modelom. Problem se dodatno rješava miješanjem razina detalja. Na kratko vrijeme su učitana oba modela predmeta te se između njih izvodi miješanje po prozirnosti (alpha-blending). Moguće je još i napraviti morphing iz jednog modela u drugi ili vršiti eliminaciju bridova kako je predmet sve udaljeniji.

4. Opišite osnovni princip rada umreženih virtualnih okruženja i navedite neke primjere. Što je to filtriranje prema području interesa (Area Of Interest Management)?

Korisnik pred sobom ima pogled u virtualno okruženje. Svi podatci koji su potrebni za predstavljanje objekata (modeli, teksture i sl.) se nalaze kod njega lokalno. Na korisnikovom računalu se naravno izvršava u iscrtavanje scene. Međutim, u pozadini se vrši sinkronizacija položaja pomičnih objekata / drugih igrača sa centralnim poslužiteljem. Centralni poslužitelj vrši sinkronizaciju između svih klijenata te im dojavljuje sve potrebne informacije o stanju objekata kako bi ih klijenti mogli prikazati na ispravan način / na ispravnom mjestu.

Npr. kod igre Unreal Tournament igra se Capture The Flag, 5 igrača u jednom timu protiv 5 igrača u drugom timu. Svi su spojeni na zajednički poslužitelj koji od svih igrača prima informacije o njihovim akcijama (micanje, pokupljanje predmeta i slično) te u određenim intervalima sve te informacije šalje svim drugim igračima kako bi oni znali kamo se koji igrač micao. Također se npr. bilježi i svima šalje pozicija svake od zastava, kako bi svi igrači znali koji igrač trenutno nosi zastavu ili je zastava u bazi.

Area Of Interest Management – u velikim online virtualnim okruženjima ne mora svaki igrač u svakom trenutku znati informacije o cijelom svijetu. Neke stvari su možda toliko udaljene da nemaju na njega utjecaja, a vrlo vjerojatno ih niti ne može vidjeti jer su ili iza neke prepreke ili su van projekcijskog volumena. Poruke koje poslužitelj šalje klijentima mogu se filtrirati tako da klijenti dobivaju samo one poruke koje na njih mogu imati utjecaja. Time se smanjuje količina prometa koja se šalje.

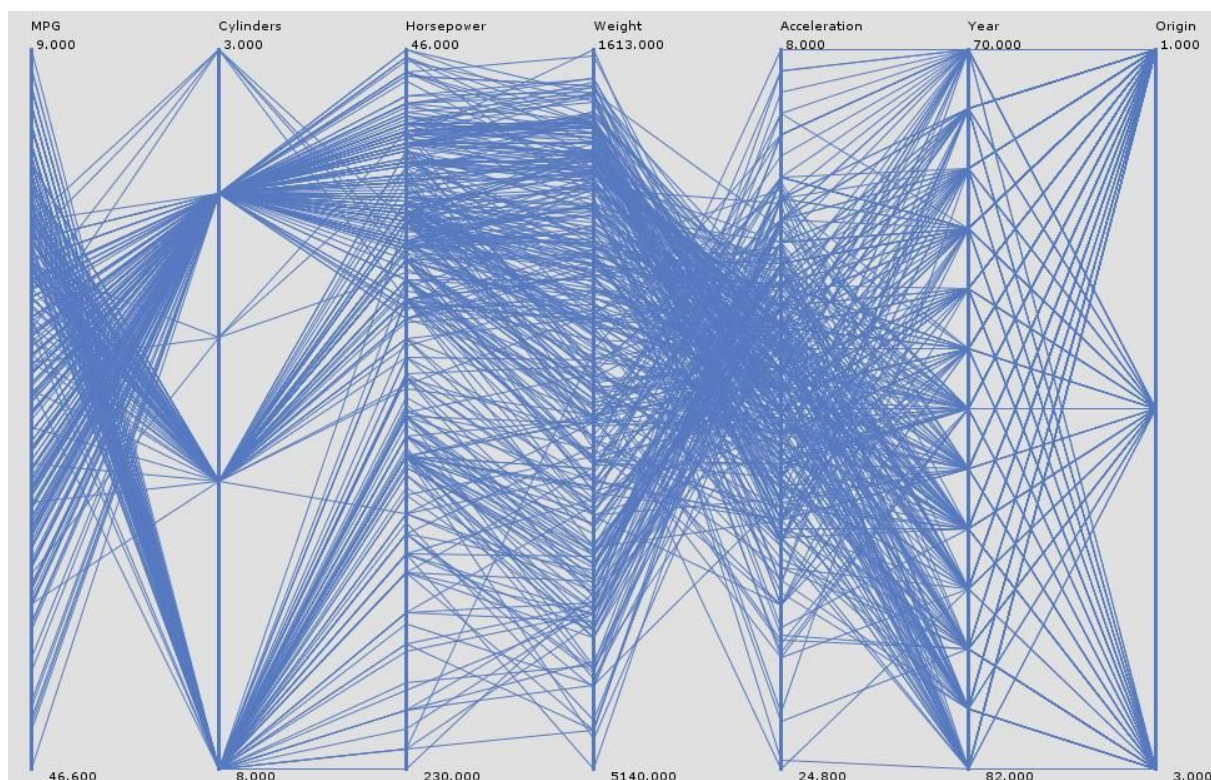
5. Što je to vizualizacija informacija i kakvim vrstama podataka se bavi? Navedite dva primjera primjene ovog postupka. Spada li primjer dijagrama s točkama (scatter plot) u vizualizaciju informacija ili znanstvenu vizualizaciju?

Vizualizacija informacija se tradicionalno bavi apstraktnim podacima u n-dimenzionalnom prostoru koji nemaju direktnu vezu s fizičkim prostorom. Primjeri takvih podataka su rezultati upitnika i anketa, podaci o grafovima, podaci o software-u, itd.

Scatter plot spada u vizualizaciju informacija (spominje se u poglavlju 15.4, gdje se govori o vizualizaciji višedimenzionalnih podataka, a to spada u vizualizaciju informacija).

6. Što su to paralelne koordinate i koji problem rješavaju u kontekstu vizualizacije informacija? Ukratko objasnite na proizvoljnom primjeru skicom.

Problem koji se javlja kod vizualizacije informacija je višedimenzionalnost, a nama je teško prikazati i shvatiti sve iznad 3 dimenzije. Paralelne koordinate se baziraju na tome da imamo 2D ili 3D sliku koja u dijelovima prikazuje ovisnosti između raznih dimenzija. Ideja je za svaku dimenziju nacrtati jednu vertikalnu OS i onda se vrijednosti jednog zapisa spoje izlomljenom crtom na svim osima.



Primjer sa slike ima 7D podatke o automobilu (potrošnja, broj cilindara, snaga, težina, ubrzanje, godina, zemlja proizvodnje). Iz grafa možemo uočiti neke ovisnosti. Pogledajmo recimo ovisnost između broja cilindara (od 3 do 8) i potrošnje (miles per gallon od 9 do 46.6, viši MPG znači manju potrošnju). Uočimo da auti s manje cilindara (npr. 4, imamo jednu crtu od 4 cilindra sve do 46600MPG, što je mala potrošnja) troše manje (viši MPG) od automobila s više cilindara (npr. 8, imamo jednu crtu od 8 cilindara sve do 9000MPG, što je velika potrošnja).

7. Što je to proširena stvarnost? Spada li primjer dodavanja specijalnih efekata u scenu snimljenu kamerom u filmskoj industriji u proširenu stvarnost? Što je s primjerom dodavanja 3D reklama na panoje/zidove u TV prijenosu sportskog sadržaja? Objasniti odgovore.

Proširena stvarnost je sustav koji se sastoji od triju glavnih karakteristika:

- Kombinacija stvarnog svijeta i virtualnih podataka
- Interakcija u stvarnom vremenu
- 3D poravnavanje virtualnog sa stvarnim

Elementi virtualnog svijeta se dodaju u stvarni svijet na način da izgledaju kao dio stvarnog svijeta.

Dodavanje specijalnih efekata u filmove nije AR jer nema interakcije u stvarnom vremenu.

Dodavanje reklama na npr. teren nogometnog igrališta tako da izgleda kao da su reklame pod nogama igrača i tako da se vidi sjena igrača na reklami spada u AR. Jednostavno „lijepljenje“ slike preko ekrana uz nagib bez poravnavanja ne spada u AR. Isto tako, ako su reklame poravnate s panoima uz out-liniju nogometnog terena i ako se poravnavaju s tim pločama kako se kamera miče, to je AR.

U proširenoj stvarnosti postoje tri načina miješanja slike (koji su usko vezani s prikazom slike): optičko, video i projekcijsko miješanje. Navedite koji od navedenih postupaka miješanja ima sljedećih problema pri izvedbi proširene stvarnosti:

- **Slika virtualnog svijetla kasni u odnosu na stvarni svijet**
 - KASNI: optičko, projekcijsko
 - kod video miješanja isto kasni ako se ne sinkronizira i kašnjenje samog videa
- **Virtualni objekti ne prekrivaju posve stvarne objekte**
 - optičko, projekcijsko
- **Korisniku je smanjeno vidno polje**
 - video (jer mora gledati kroz ekran)
 - ako se pod „vidno polje“ smatra dio u kojemu je AR, onda i optičko ograničava vidno polje (jer mora gledati kroz zrcalo), međutim nije mu ograničeno vidno polje stvarnog svijeta

Koju vrstu miješanja koristi sustav proširene stvarnosti na zaslonu u ruci?

Video miješanje – video slika iz kamere uređaja.

8. Zašto se javlja problem kauzalnosti kod umreženih virtualnih okruženja? Objasniti algoritam mrtve procjene.

Problem kauzalnosti je vezan uz uzročno-posljedične događaje. Ako događaj A ovisi o događaju B, konačno stanje sustava će biti drugačije ako se A dogodi prije B ili ako se B dogodi prije A. Kod umreženih VO do tog problema dolazi radi kašnjenja u mreži.

Algoritam mrtve procjene kompenzira gubitak paketa i njihovo kašnjenje tako da za objekte koji miruju pretpostavlja da će i dalje ostati mirovati sve dok ne dobije paket koji javlja da se taj objekt miče. Ako se objekt miče, pretpostavlja se da će se nastaviti micati i dalje jednakom brzinom (ili jednakim momentom). Sinkronizacija se vrši kada algoritam procjene počinje daleko odstupati od stvarnih podataka. Dio koji simulira kretanje je dio predikcije algoritma, a dio koji ispravlja lokaciju nakon primitka nove poruke o izmjeni je dio konvergencije.

9. Objasni paradigmu petlje kod virtualne stvarnosti. Nabroji 3 ulazna i izlazna uređaja koji se koriste kod VR.

1. korisnik
2. ulazne jedinice
 - a. senzori položaja/rotacije
 - i. elektromagnetski sljednici (InterSense)
 - ii. akustični sljednici (InterSense)
 - iii. optički sljednici (Microsoft Kinect)
 - iv. mehanički sljednici (MicroScribe)
 - v. inercijski sljednici
 - b. senzori sile/momenta (Spaceball)
 - c. senzori položaja ruke/tijela (CyberGlove)
 - d. senzori pokreta (Sarcos)
3. simulacija
4. izlazne jedinice
 - a. vizualni (razni zaslone)
 - b. zvuk (razni zvučnici/slušalice)
 - c. haptički (vibratori)
 - d. ostalo (vjetar, miris, toplina)

Petlja ide tako da korisnik preko ulaznih jedinica napravi neku akciju (npr. pomak glave). Taj pomak glave se simulira u virtualnom okruženju (npr. translacija, rotacija kamere nakon što je korisnik pomaknuo glavu) te se rezultat simulacije prikazuje korisniku na izlaznoj jedinici (npr. scena iscrtana iz nove pozicije kamere).

10. Koja je glavna razlika između virtualne i proširene stvarnosti?

Proširena stvarnost dodaje elemente virtualnog svijeta u stvarni svijet, dok virtualna stvarnost radi samo s elementima virtualnog svijeta (uz podražaje preko ulaznih jedinica). Gotovo sve što je potrebno za ostvariti virtualnu stvarnost je potrebno i za ostvariti proširenu stvarnost.

11. Objasni optičko, video i projekcijsko miješanje slike kod AR.

Optičko

Središnji element je poluprozirno zrcalo kroz koje korisnik vidi stvarni svijet, ali također i virtualnu sliku koja je na to zrcalo projicirana. (npr. Google Glass)

Video

Snima se stvarni svijet te se video obrađuje kako bi se pronašli markeri koji se koriste za pozicioniranje virtualnih objekata. Moguće je i bez markera, ali je teže. (npr. AR aplikacije na mobilnim telefonima koje koriste kameru i markere)

Projekcijsko

Na stvarni svijet se projiciraju virtualni predmeti. (npr. zid postaje zaslon osjetljiv na dodir)

12. Navedi 3 načina modeliranja prikladna za modeliranje ljudskog tijela. Objasni ručno digitaliziranje i fotogrametriju. Što je strukturirano svjetlo?

- Parametarske plohe
- Razdjelne plohe
- Mreža poligona

Ručno digitaliziranje je postupak prenošenja 3D točaka s fizičkog modela na računalo, čime nastaje 3D model predmeta na računalo.

Fotogrametrija, ili modeliranje zasnovano na slikama, uključuje razne metode dobivanja 3D oblika iz njegovih 2D slika. Često se koriste dvije ortogonalne slike, iz kojih se kombinacijom mjerenja određuju 3D koordinate neke točke.

Strukturirano svjetlo je metoda kod koje se poznati uzorak svjetla projicira na predmet koji se želi digitalizirati, te se iz oblika uzorka svjetla određuju 3D točke modela. Najčešće se koristi projektor koji projicira niz crta na predmet.

13. Navedi 3 načina modeliranja ljudske glave. Što je to skinning?

- Ručno digitaliziranje
- Fotogrametrija
- Lasersko skeniranje
- Ručna izrada
- Modifikacija postojećih modela

Skinning je animacija kostiju. Radi se o vrlo popularnoj metodi u 3D animaciji. Simulirane "kosti" se spajaju u određenim točkama s modelom koji se želi animirati te se pokretanjem kostiju pomiče model. Može se primijeniti i na animaciju lica korištenjem većeg broja imaginarnih "kostiju". U 3D alatima/engineima se to te kosti često zovu "skeletal mesh".

14. Objasni problem poravnavanja u AR. Objasni razliku između dinamičkih i statičkih pogrešaka poravnavanja.

Poravnavanje je središnji i najteži problem proširene stvarnosti. Radi se o tome da je potrebno precizno poravnati stvarne i virtualne predmete, i to ne na zaslonu, nego u 3D prostoru. Dakle, položaj promatrača i svih predmeta u sceni mora biti poznat. Virtualna scena se tada konstruira s koordinatnim sustavom koji točno odgovara koordinatnom sustavu stvarnog svijeta. Na taj način se položaji stvarnih predmeta mogu izravno prenijeti u virtualnu scenu i virtualni predmeti se mogu postaviti u odnosu na njih.

Prilikom poravnavanja može doći do čitavog niza pogrešaka koje rezultiraju krivim položajem virtualnih predmeta u odnosu na stvarne. Pogreške mogu biti statičke i dinamičke.

Statičke pogreške prisutne se stalno, a dinamičke se pojavljuju prilikom gibanja korisnika ili predmeta, a nestaju čim je scena nepomična.

Uzroci statičkih pogrešaka su:

- Greške slijeđenja
- Pogrešni parametri virtualne kamere
- Optičko izobličenje
- Mehaničke nepreciznosti opreme

Dinamička pogreška nastaje zbog kašnjenja virtualne slike. Na ovo kašnjenje utječe više elemenata sustava:

- Postupak slijeđenja
- Prijenos raznih podataka do računala
- Kašnjenje samih mjernih instrumenata (npr. spora kamera / neki drugi senzor)
- Iscrtavanje virtualne slike također unosi kašnjenje (10-100ms, ovisno o brzini 3D sklopovlja)

15. Koja je razlika između animacije lica na niskoj i visokoj razini? Navedi 3 metode animacije lica na niskoj razini.

Animacija lica na niskoj razini je pomicanje geometrije lica pomoću skupa parametara. Bitno je odabrati skup parametara koji dobro opisuje lice i koji omogućuju dobro preslikavanje na geometriju lica i omogućuju dobru animaciju.

Animacija lica na visokoj razini je proizvodnja slijeda animacijskih parametara koji tvori animacijsku sekvencu. Tu spadaju ručna produkcija, audio-vizualna sinteza govora, animacija pomoću glasa, lutkarske tehnike i animacija primjerom.

Dakle na niskoj razini proučavamo strukture podataka koje su potrebne za animaciju, a na visokoj razini gledamo kako tim strukturama upravljati / kako mijenjati parametre da bi se postigao željeni efekt animacije.

16. Navedi glavne razlike između znanstvene vizualizacije i vizualizacije informacije.

Vizualizacija informacija radi nad n-dimenzionalnim podacima koji nisu nužno direktno vezani uz stvarni svijet. Znanstvena vizualizacija koristi podatke od nekih mjerenja koji se zatim u 2D ili 3D svijetu vizualiziraju (npr. vizualizacija toka zraka kod aerodinamike automobila na temelju mjerenja iz wind-tunnela)