

Lösningförslag till Omtentamen TNM008, 3D datorgrafik och VR

Grupp: MT2 och NO2MT
Datum: Onsdagen den 23 april 2003
Tid: 14.00-18.00
Sal: DMAT
Hjälpmedel: inga
Ansvarig lärare: Stefan Gustavson, ITN, 011-363191

Förslag, inte facit

Detta är mina *lösningförslag*, inget fullständigt facit. Svar med väsentligen samma innehåll som dessa har bedömts med full poäng i rättningen. Andra svar kan emellertid också ge full poäng, förutsatt att jag dels tolkar svaret som korrekt och tillräckligt fullständigt, dels anser att svaret är relevant för den fråga som ställdes.

Tentamen betygsätts med underkänt (U), godkänt (G) eller väl godkänt (VG).
För betyget G krävs minst 25 poäng av 50 möjliga.
För betyget VG krävs minst 35 poäng av 50 möjliga.

Av redovisningstekniska skäl registreras betygen i LADOK som 3 för G och 5 för VG. Samma sak gäller för projektuppgiften. Slutbetyget i kursen blir därigenom lika med det aritmetiska medelvärdet av betygen för de båda delmomenten. Praktiskt, eller hur?

Uppgift 1 (6 p)

a) Den fula renderingen på avstånd beror på att det rutiga mönstret blir så litet att varje ruta upptar mindre än en pixel i bilden, men varje pixel samplas fortfarande bara på ett ställe och sätts alltid till helt svart eller helt vit. Små detaljer (höga frekvenser) i bilden återges inte korrekt i en samplad digital bild, utan ger bruslikande störningar och felaktiga mönster. Detta kallas med ett ord för aliasing. (2 p)

b) För att få en mer korrekt återgivning av det rutiga planet kan man sampla varje pixel på flera ställen och beräkna pixelvärden utifrån ett medelvärde av flera intilliggande sampel. Problemet med aliasing försvinner inte helt i och med detta, men det blir mycket mindre framträdande. Att ta flera sampel per pixel innebär mycket mer arbete än att ta ett enda. För att göra det mindre tungt kan man ta flera sampel bara där det behövs, antingen baserat på lokala kontraster i bilden, eller i detta fall kanske ännu hellre på det kända avståndet till planet.

Ett annat, bättre sätt att bli av med aliasingen just för en textur är att göra en förfiltrering av texturen, exempelvis genom att skapa en mipmappad texturbild. På längre avstånd används då inte det skarpa rut-mönstret, utan en utsuddad variant av detsamma. Med denna metod kan man få bort aliasingen helt och hållet till en mycket låg kostnad. Vissa förberäkningar krävs, men renderingen förblir enkel.

Eftersom detta rör sig om en proceduriell textur behöver man inte skapa mipmappar explicit, utan man kan göra en övertoning i själva funktionen för ytans färg som gradvis övergår i mellangrått när avståndet till texturen ökar.

Andra metoder som kan hjälpa något är stokastisk sampling eller "fogging" (se litteraturen).(4 p)

Uppgift 2 (4 p)

I stället för att modellera varje liten ojämnheter i skalet bör man använda en "bump map". Modellen görs enkel och slät med rätt form i stort, och sedan används en textur för att lokalt förändra normalen i ytan. På litet avstånd ger detta rätt ljusspel och ser ut som en knottrig yta. Att modellen egentligen är slät syns bara på mycket nära håll i flack vinkel, samt längs konturen på frukten om man tittar noga.

Uppgift 3 (4 p)

För varje punkt i scenen som skall renderas kollar man först vilka ljuskällor som är skymda av andra objekt. Detta görs genom att skicka ut en stråle från punkten i riktning mot varje ljuskälla, för att se om den strålen träffar något annat objekt innan ljuskällan. I den lokala shadingekvationen räknar man sedan bara med ljusbidragen från de ljuskällor som var synliga från punkten ifråga.

På plussidan kan nämnas att raytracade skuggor blir skarpa och geometriskt korrekta, de är rimligt enkla att beräkna, och de kräver inget extra lagringutrymme, komplicerade förberäkningar eller extra inställningar. Däremot är det förhållandevis svårt att få mjuka kanter på skuggorna, vilket är en klar nackdel. (4 p)

Uppgift 4 (4 p)

De mer avancerade funktioner som utförs är framför allt transformationer av koordinater (matrismultiplikationer av stora mängder tredimensionella vektorer), ljussättning med en lokal ljusmodell (t ex Phongs modell) och texturering. Hårdvaran sköter även den mindre avancerade men nog så viktiga renderingen av enskilda pixels: dels utförs interpolation av färgvärden enligt Gouraud eller Phong shading, dels skapas en z-buffert för enkel borttagning av skymda ytor. Detta görs med snabba lokala bildminnen och en hög grad av parallell bearbetning för att ge hög datahastighet. (4 p)

Uppgift 5 (4 p)

a) Känslan beror på att balanssinnet och synsinnet ger motstridiga besked om vad som händer i världen. Vid åksjuka säger synen att man står stilla, men balanssinnet meddelar att kroppen rör på sig. Här är det tvärtom - synsinnet säger att man rör sig, men balanssinnet anser att man står stilla. (2 p)

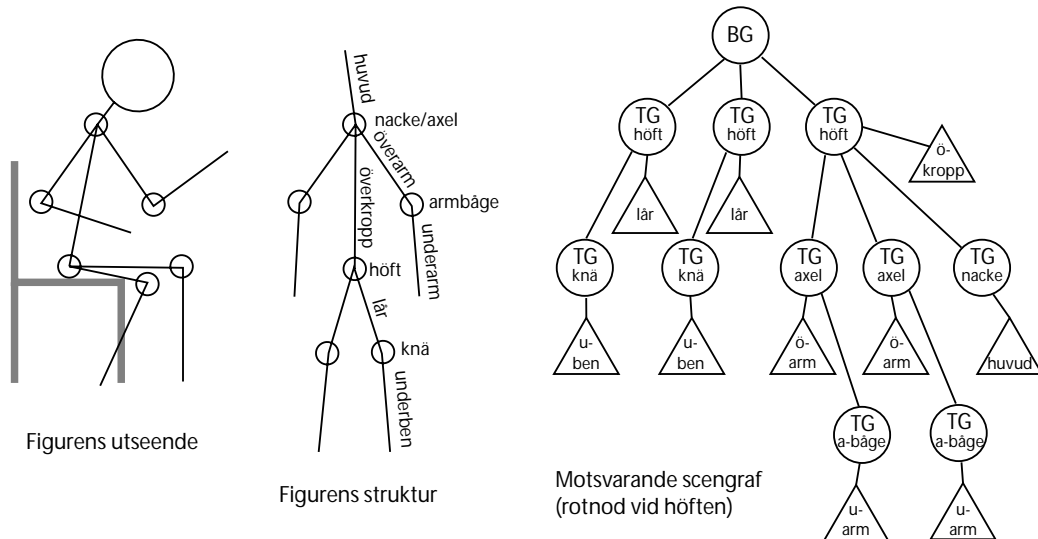
b) Viktiga ledtrådar kan även ges av rörelseparallax, perspektiveffekter, skärpedjup och avståndsberoende ljuseffekter som t ex dis eller dimma. (2 p)

Uppgift 6 (4 p)

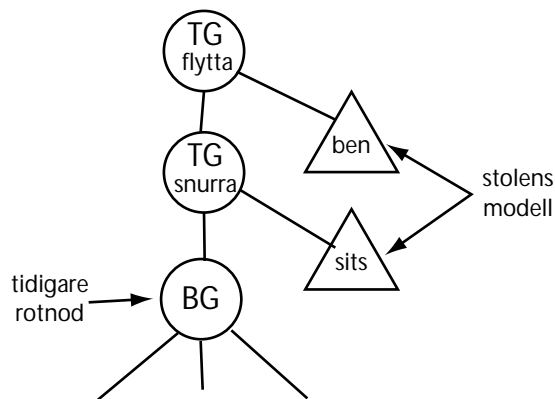
- Fysikalisk modellering ger förmodligen ett bra resultat med ett minimum av arbete här.
- Ett så pass detaljstyrt händelsförlopp görs förmodligen bäst med keyframing..
- För en så komplicerad mänsklig rörelse är det lämpligt att använda motion capture.
- Handens (och spelpjäsens) rörelse är det centrala här. Använd invers kinematik för armen.

Uppgift 7 (5 p)

a)



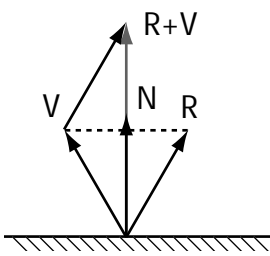
- b) Ditt svar blir “Nejdå, det är inte alls svårt, det går jättefort”. (Eller så säger du “det blir svårt, men det skall nog gå”, gör ändringen på tio minuter och sitter sedan och slappar resten av dagen.)
Scenrafen för den tidigare modellen läggs helt enkelt oförändrad som barn till två nya transformation-
snoder: en för translationen över golvet och en för rotationen av stolen: (2 p)



Uppgift 8 (8 p)

- Brytning i genomskinliga ytor modelleras exakt.
- Highlights från ljuskällor modelleras approximativt med en lokal belysningsmodell.
- Speglingar och brytningar i godtyckligt antal nivåer modelleras exakt.
- En spegling som belyser en diffus yta modelleras inte alls. Detta kan göras med så kallad forward ray tracing, även kallat “photon mapping”.
- Skuggor modelleras exakt, om ljuset är parallellt eller kommer från punktformiga ljuskällor. Solen ger i det närmaste parallella strålar på den skala vi talar om här.
- Diffusa interreflexioner modelleras inte alls. Detta kan göras med radiosity.

Uppgift 9 (7 p)

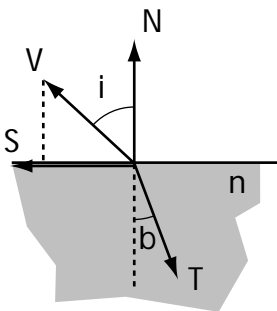


a) Riktningen för den reflekterade strålen \hat{R} fås med hjälp av vidstående figur och vektoralgebra:

$$\hat{R} + \hat{V} = 2(\hat{N} \cdot \hat{V})\hat{N}$$

$$\hat{R} = 2(\hat{N} \cdot \hat{V})\hat{N} - \hat{V}$$

där $\hat{V} = \frac{\vec{e} - \vec{x}}{|\vec{e} - \vec{x}|}$ enligt beteckningarna i uppgiften.



b) Riktningen för den transmitterade, brutna strålen \hat{T} beräknas utifrån figuren, litet trigonometri och en del ytterligare vektoralgebra samt Snells brytningslag: $\frac{\sin i}{\sin b} = n$. Sambandet $\cos i = \hat{N} \cdot \hat{V}$ och enkel trigonometri ger

$$\sin b = \frac{1}{n} \sin i = \frac{1}{n} \sqrt{1 - \cos^2 i} = \frac{1}{n} \sqrt{1 - (\hat{N} \cdot \hat{V})^2}, \text{ samt därtill}$$

$$\cos b = \sqrt{1 - \sin^2 b} = \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}(1 - (\hat{N} \cdot \hat{V})^2)}$$

Konstruera en vektor i planet enligt $S = \hat{V} - (\hat{V} \cdot \hat{N})\hat{N}$, $\hat{S} = \frac{S}{|S|}$. Vi har $\hat{T} = -\hat{S} \sin b - \hat{N} \cos b$. (Puh!)

Uppgift 10 (4 p)

a) Direkt insättning ger $Q(u) = (1-u)^3 P_0 + 3u(1-u)^2 P_1 + 3u^2(1-u) P_2 + u^3 P_3$

b) $B_0(u) = (1-u)^3 = 1 - 3u + 3u^2 - u^3$, $B_1(u) = 3u(1-u)^2 = 3u - 6u^2 + 3u^3$,

$B_2(u) = 3u^2(1-u) = 3u^2 - 3u^3$, $B_3(u) = u^3$ ger direkt summan

$B_0(u) + B_1(u) + B_2(u) + B_3(u) = 1 - 3u + 3u^2 - u^3 + 3u - 6u^2 + 3u^3 + 3u^2 - 3u^3 + u^3 = 1$. OK.

Motivering av villkoret $0 \leq B_i(u) \leq 1$ får göras grafiskt eller delvis intuitivt mot en poängs avdrag.

För full poäng krävs formellt bevis, exempelvis enligt nedan:

Vi observerar att $B_i(u)$ har nollställen endast för $u = 0$ och $u = 1$. Det räcker därför att visa att maxvärdet för $B_i(u)$ inom intervallet $0 \leq u \leq 1$ är positivt men mindre än eller lika med 1. Derivering ger att

$B_0(u)$ och $B_3(u)$ saknar lokala extremvärden i intervallet. Insättning av ändpunkterna ger $B_0(0) = 1$,

$B_0(1) = 0$, $B_2(0) = 0$, $B_2(1) = 1$. Alltså är maxvärdet i intervallet för dessa två lika med 1. OK.

För de övriga två ger nollställena för derivatan positionen för lokala extrempunkter. och tecknet på andraderivatan ger karaktären hos dessa:

$B_1'(u) = 3 - 12u + 9u^2$, har nollställen i $u = \frac{2}{3} \pm \frac{1}{3}$, $B_1''(u) = -12 + 18u$, $B_1''(\frac{1}{3}) < 0$, $B_1''(1) = 0$

ger lokalt maximum i $B_1(\frac{1}{3}) = \frac{4}{9}$, samt en inflexionspunkt (sadelpunkt) i $B_1(1) = 0$. OK.

$B_2'(u) = 6u - 9u^2$ har nollställen i $u = \frac{1}{3} \pm \frac{1}{3}$, $B_2''(u) = 6 - 18u$, $B_2''(\frac{2}{3}) < 0$, $B_2''(0) = 0$

ger lokalt maximum i $B_2(\frac{2}{3}) = \frac{4}{9}$, samt en inflexionspunkt (sadelpunkt) i $B_2(0) = 0$. OK.

Den kubiska Béziér-kurvan håller sig alltså inom det konvexa höljet av kontrollpunkterna, VSV.