

Tentamen TNM061, 3D-grafik och animering för MT2

Torsdag 18/8 kl 14-18, SP33

Inga hjälpmedel

Tentamen innehåller 7 uppgifter, vilka tillsammans kan ge maximalt 49 poäng.

För betyg G (registreras som sifferbetyg 3) erfordras minst 25 poäng.

För betyg VG (registreras som sifferbetyg 5) erfordras minst 37 poäng.

Deluppgifterna bygger inte direkt på varandra, så läs t ex b) även om du inte svarar på a).

Svara kortfattat men rimligt fullständigt på uppgifterna. Förutsätt inte att läsaren redan kan svaret, utan visa med ditt svar att *du* kan ämnet och att du förmår förklara det för andra. Förklara införda beteckningar och ekvationer, och redovisa eventuella beräkningar. Rita figurer där det gör svaret tydligare. För uppgifter som ger många poäng vill jag se rimligt utförliga svar för full poäng, men för uppgifter med enstaka poäng räcker det med korta svar.

Jag kommer att besöka tentamenslokalen flera gånger under tentamenstiden för att svara på eventuella frågor. Kontakta tentamensvakten för att få tag i mig mellan dessa tillfällen. Efter kl 17 kommer jag tyvärr inte att vara garanterat anträffbar.

Lycka till!

Stefan Gustavson

Uppgift 1 (10 p). Phongs klassiska lokala reflexionsmodell med tre termer för allmänljus, diffus reflexion och spekulär reflexion brukar traditionellt presenteras med följande förenklade ekvation:

$$I = I_a k_a + I_d k_d (\hat{N} \cdot \hat{L}) + I_s k_s (\hat{R} \cdot \hat{V})^n$$

Om man verkligen ska implementera modellen i programkod måste man däremot tänka på flera saker som inte framgår av den förenklade ekvationen:

- Ekvationen beskriver reflektionen som en skalär intensitet, I . Hur hanterar man färgat ljus och färgade ytor? Visa tydligt med en förklarad ekvation för åtminstone en av de tre termerna. (2 p)
- Skalärprodukterna ger vinkelberoendet för de diffusa och spekulära termerna. Vad händer om vinkeln mellan de båda vektorerna är större än 90 grader? Hur hanterar man det? Hur väl motsvarar det vad som händer i verkligheten? (2 p)
- Ekvationen beskriver inverkan av en enda ljuskälla. Hur hanterar man flera ljuskällor? Svara med en modifierad ekvation. (2 p)
- Samtliga ingående parametrar beror på olika sätt av vilken punkt $\vec{p} = (p_x, p_y, p_z)$ på ytan av ett visst objekt som man räknar på, men det framgår inte av ekvationen. För den diffusa termen, förklara hur I_d , k_d , \hat{N} och \hat{L} alla kan bero av \vec{p} ! (4 p)

Uppgift 2 (8 p). En central operation i raytracing är att beräkna riktningen för en ljusstråle på dess väg genom scenen.

- Visa hur man kan beräkna den reflekterade strålens riktning \hat{R} om man känner till den infallande strålens riktning \hat{V} och ytans normalriktning \hat{N} . (2 p)
- Vid passage av en genomskinlig yta kommer strålen vanligtvis att brytas, ändra riktning. Snells brytningslag anger sambandet mellan infallsvinkeln och utgångsvinkeln enligt $\eta_1 \sin \varphi_1 = \eta_2 \sin \varphi_2$, där φ_1 och φ_2 är infallsvinkeln respektive utgångsvinkeln mot ytnormalen, och η_1 och η_2 är brytningsindex för mediet strålen går ut ifrån respektive för mediet det går in i.
Visa hur man med hjälp av detta samband kan beräkna den transmitterade strålens riktning \hat{T} om man endast känner till den infallande strålens riktning \hat{V} och ytans normalriktning \hat{N} samt η_1 och η_2 . (4 p)
- För vissa fall ger Snells brytningslag ingen lösbar ekvation. Man får ett villkor $\sin \varphi_2 = a$ där $a > 1$. Vad händer då? (2 p)

Uppgift 3 (4 p). I ett diskussionsforum på Internet hävdade en anonym person nyligen att *"procedurella texturer kommer aldrig att vara lämpliga för 3D-appar på mobila plattformar"*. Det är naturligtvis allmänt olämpligt att säga något så kategoriskt som "aldrig" när mobila plattformar utan tvivel kommer att bli mycket kraftfullare i en ganska nära framtid, men uttalandet var mycket mer fel än så. Ange minst två anledningar varför procedurella texturer visst kan vara intressanta för mobila plattformar redan i dag! (Med begreppet "mobila plattformar" avses både små och stora mobiltelefoner samt pekplattor, med Internetkontakt antingen via mobiltelefonnätet eller trådlöst nätverk. De anledningar du ger skall vara någorlunda specifika för just dessa plattformar.)

Uppgift 4 (6 p). Vid animering längs förutbestämda banor används ofta Béziérkurvor för att beskriva banan. I vissa tillämpningar används kvadratiske Béziérkurvor snarare än kubiska. I ekvationen nedan betecknar $p(t)$ positionen längs ett sådant kurvsegment som funktion av tidsparametern t , och p_i är de tre kontrollpunkterna för segmentet.

$$p(t) = (1-t)^2 p_0 + 2t(1-t) p_1 + t^2 p_2, \quad 0 \leq t \leq 1$$

En enkel men viktig funktion inom animering är att beskriva en rörelse med konstant hastighet längs en rät linje, exempelvis i x-led från $x=0$ till $x=1$. Går det att beskriva en sådan rörelse med en Béziér-kurva enligt ekvationen ovan? Var ska de tre kontrollpunkterna i så fall placeras? Visa med beräkningar att din föreslagna metod fungerar som avsett, eller visa att det inte går att beskriva en sådan rörelse med denna metod.

Uppgift 5 (8 p). Nedanstående programkod ritar en enkel scen med OpenGL. Funktionen `renderObject(X)` består av många olika OpenGL-kommandon som tillsammans ritar upp objektet som beskrivs av datastrukturen `X`.

```
glTranslatef(10.0f, 5.0f, 1.0f);
glRotatef(45.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
drawObject(upperbody);
glPushMatrix();
glTranslatef(0.0f, 0.0f, 1.1f);
glRotatef(19.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
drawObject(head);
glPopMatrix();
glPushMatrix();
glTranslatef(0.5f, 0.0f, 1.0f);
glRotatef(30.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
drawObject(leftupperarm);
glTranslatef(0.5f, 0.0f, 0.0f);
glRotatef(15.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
drawObject(leftlowerarm);
glTranslatef(0.4f, 0.0f, 0.0f);
glRotatef(45.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
drawObject(lefthand);
glPopMatrix();
glPushMatrix();
glTranslatef(-0.5f, 0.0f, 1.0f);
glRotatef(25.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
drawObject(rightupperarm);
glTranslatef(0.5f, 0.0f, 0.0f);
glRotatef(35.0f, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
drawObject(rightlowerarm);
glTranslatef(0.4f, 0.0f, 0.0f);
glRotatef(-30.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);
drawObject(righthand);
glPopMatrix();
```

a) Rita en scengraf för att beskriva samma scen i ett scengrafsbaserat API, exempelvis Java3D. (6 p)

b) Transformationerna för objekten består av flera matriser som läggs samman. De flesta delobjekt har både en translation och en rotation. OpenGL gör exakt som man säger i programkoden i exakt den ordning man anger det, men i Java3D så kommer sammansatta transformationer längs samma gren att slås ihop till en enda matris när man kompilerar scenrafen, detta för att göra scenrafen mer effektiv. En sådan hopslagning är däremot olämplig om någon av de ingående matriserna skall kunna ändras under programkörningen. Hur löser man det problemet i Java3D? (2 p)

Uppgift 6 (5 p). Du sitter och animerar en mycket enkel musikvideo till M A Numminens högst egensinniga version av Lill-Babs gamla 50-talshit ”Som en gummiboll”. Videon ska visa en gul boll med en smiley på som rör sig i en enkel inomhusscen. Du har ont om tid och låten är ganska lång, så du vill hitta det enklaste och snabbaste sättet att göra animeringarna. För var och en av följande scener, ange en lämplig metod. Ange gärna namnet på metoden om du kommer ihåg det, men förklara framför allt kortfattat hur metoden fungerar och varför den passar att använda.

- En boll kastas mot en inomhusvägg, studsar mot väggen och inredningen utan att det är så noga exakt vart den tar vägen.
- Bollen studsar nerför en trappa, med en studs på varje trappsteg och exakt en studs per taktslag, tajmat med musiken.
- Bollen åker hiss, och ligger på golvet och vaggas fram och tillbaka i takt med musiken, samtidigt som den deformeras sig litet (också i takt) som om den är otålig i väntan på att hissen ska stanna.
- Bollen rullar fram sakta längs golvet, studsar lätt mot ett par stillastående fötter och stannar en liten bit ifrån dem.
- Smileyn på bollen blinkar precis innan musiken tystnar och videon tonar ut.

Uppgift 7 (8 p). Det är blåbärsäsong, och årets skörd verkar ha blivit särskilt mumsig. Se bild. Du drabbas av inspiration och sätter dig för att modellera en stor hink med blåbär i 3dsMax.



a) Du fokuserar till att börja med på materialet, som du applicerar på ett stort antal små sfärer. Det mest framträdande hos blåbären i bilden är att de är mörkt blå och blanka där ytan är fuktig, men ljusare gråblå och betydligt mattare där ytan är torr. (Detaljer som att vissa bär är skrynkliga eller mosade, och att det lyser fram en rödlila saftig insida där stjälken suttit, kan du strunta i här.) Beskriv hur du skulle göra ett sådant material! Ange vilka texturverktyg du skulle välja att använda, och skissa på ett ungefär hur texturerna skulle se ut. (Ditt svar behöver inte vara specifikt för 3dsMax – de flesta 3D-program innehåller liknande verktyg. Huvudsaken är att du förklarar hur du menar.) (3 p)

b) För mapparna i a) ovan, skulle du välja att rita dem, skapa dem med utgångspunkt från fotografier, eller göra dem procedurerna? Motivera ditt svar noggrant. (2 p)

c) Dina blåbär ser tyvärr mest ut som små, blå druvor. Riktiga blåbär har i ena änden en karakteristisk rund fördjupning med ringar (se detaljbild till höger), som behöver finnas även på dina virtuella bär. Du funderar på att använda bump mapping för att lösa problemet, men tvekar. Beskriv för- och nackdelar med bump mapping för detta ändamål! (3 p)

