

Tentamen

TNM077 3D-datorgrafik och animering

2006-08-21 kl 14-18, DMAT

Inga hjälpmedel

Denna tentamen innehåller 5 uppgifter som tillsammans kan ge maximalt 46 poäng.

För betyget G (registreras som sifferbetyg 3) krävs minst 23 poäng.

För betyget VG (registreras som sifferbetyg 5) krävs minst 34 poäng.

Uppgifterna står inte i någon särskild ordning, så läs igenom samtliga uppgifter innan du börjar. Svara kortfattat men rimligt uttömmande på frågorna. Rita tydliga figurer där det gör framställningen klarare. Förklara införda beteckningar och motivera eventuella beräkningar så att de är lätta att följa.

Om något är oklart, fråga mig. Jag kommer in vid flera tillfällen under tentamenstiden för att svara på eventuella frågor.

Lycka till!

Stefan Gustavson

Uppgift 1 (13 p)

Phongs reflexionsmodell är en enkel men ofta använd modell för ljusreflexion. En vanlig form för denna modell är:

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

- Förklara vad de fyra olika vektorerna står för, med hjälp av en tydlig figur och en kortfattad beskrivning! (3 p)
- Vad händer i modellen enligt ovan när ytan är vänd bort från ljuskällan? Vad behöver man göra för att resultatet skall bli helt korrekt? (2 p)
- Modellen är en så kallad *lokal reflexionsmodell*. Vad innebär det? (2 p)
- För att bättre efterlikna verkligheten kan i stället en *global reflexionsmodell* användas. Globala modeller av olika slag kan modellera åtminstone några av de fysikaliska effekter som Phongs modell inte kan hantera. Ge exempel på några sådana effekter, och förklara för var och en varför en strikt lokal modell inte kan hantera dem! (3 p)
- L , N och V i ekvationen ovan är alltid givna av scenens geometri, men R behöver beräknas. Härled ett uttryck för R ur de kända vektorerna. Rita figur och motivera alla steg i beräkningen. (3 p)

Uppgift 2 (10 p)

Cirklar kan inte representeras exakt med Béziér-kurvor, men perfekta cirklar är viktiga inom mekanisk konstruktion (CAD). Det skulle till vara ohållbart om hjul bara var *nästan* runda, och om *nästan* runda axlar bara *nästan* passade i *nästan* runda hål.

En klass av kurvor som däremot *kan* representera cirkelbågar exakt är så kallade *rationella Béziér-kurvor*. En rationell kvadratisk Béziérkurva har ekvationen:

$$\bar{p}(u) = \frac{(1-u)^2 \bar{p}_0 + 2u(1-u)w\bar{p}_1 + u^2 \bar{p}_2}{(1-u)^2 + 2u(1-u)w + u^2}, \quad 0 \leq u \leq 1$$

Där w , ett tal större än noll, är den så kallade *vikten* för den mittersta kontrollpunkten. (För $w = 1$ blir nämnaren konstant 1 och kurvan blir en vanlig, icke rationell Béziérkurva.)

- En kvartscirkel i första kvadranten ($x \geq 0$, $y \geq 0$) med centrum i origo kan representeras med kontrollpunkterna $\bar{p}_0 = (0, 1)$, $\bar{p}_1 = (1, 1)$, $\bar{p}_2 = (1, 0)$. För en viss vikt w blir då kurvan en exakt cirkelbåge. Beräkna detta värde på w ! Tips: du har bara en obekant att lösa ut, nämligen w , så det räcker med att räkna på en enda punkt längs kurvan, till exempel mittpunkten där $u = 1/2$. För att kurvan skall vara en cirkelbåge skall radien vara konstant. (5 p)
- Visa att ditt funna värde på w verkligen gör att kurvan blir en cirkelbåge *i hela intervallet* $0 \leq u \leq 1$! (Ja, det står att det blir så i uppgiften ovan, men *visa* det.) (5 p)

Uppgift 3 (10 p)

Den klassiska skrivbordslampan "Luxo" har numera blivit ett slags maskot för Pixar Animation Studios. "Luxo Jr." var huvudperson i en tidig datoranimerad kortfilm (se bilden här bredvid), och förekommer i vinjetten till alla deras senaste filmer.

Du har säkert sett en sådan skrivbordslampa. Den består av en vridbar lampskärm längst ut på en rörlig arm med två segment. Rörelsefriheten liknar en mänsklig arm, och det är lätt att ställa in lampan så att den lyser i rätt vinkel utan att vara i vägen. En bild av en förenklad modell i Lego av en sådan lampa ser du i figuren här nedan. Modellen finns även i tentamenslokalen för att du tydligt skall kunna se hur den rör sig.



a) Konstruera en scengraf för denna förenklade modell av en Luxo-lampa! Scengrafen skall tillåta samma rörelser som den verkliga modellen, varken mer eller mindre. Rita en enkel men tydlig skiss över vilka delar som ingår och hur du väljer deras koordinataxlar. Förklara tydligt vilken transformation som utförs i varje nod och vad den är till för. Ange rotationsaxlar för alla rotationer och translationsriktningarna för alla translationer. (6 p)

b) Varje transformationsnod representerar en transformationsmatris. Sätt beteckningar på dina matriser och teckna ett uttryck för lampans position i världens koordinatsystem. Lampan antas befinna sig i origo i det lokala koordinatsystemet för den yttersta objektnoden (Shape-noden). (2 p)

c) När man skall ljussätta scenen räknar man ut vektorn från punkten som skall ljussättas till lampan. En skrivbordslampa lyser inte lika mycket åt alla håll, så man behöver dessutom ta reda på riktningen från lampan till den belysta punkten, uttryckt i lampans lokala koordinatsystem. Teckna ett uttryck för vektorn från lampan till en godtycklig position \vec{p} i världens koordinatsystem, där vektorn anges i lampans koordinatsystem! (2 p)

Uppgift 4 (8 p)

Klassisk raytracing (invers raytracing, “Whitted ray tracing”) är en global belysningsmodell som kan vara bra att använda i vissa sammanhang.

- a) Förklara vilka beräkningar som behöver utföras av raytracingalgoritmen för att rendera en scen. Rita en tydlig och förklarande figur. (5 p)
- b) Raytracingalgoritmen i sin ursprungliga form lämpar sig inte särskilt väl för scener inomhus och scener med företrädesvis diffust reflekterande ytor. Resultatet blir då inte så värst realistiskt, utan bilderna brukar beskrivas som “hårda” och “för perfekta”. Förklara varför! (3 p)

Uppgift 5 (5 p)

Animerade scener skapas med en lång rad olika tekniker beroende på materialet och vad man vill uppnå. Ett enkelt och fortfarande mycket använt sätt är att använda så kallad keyframing med interpolation mellan några nyckelpositioner. Till sin hjälp i sådan animering kan man ha invers kinematik (IK). Andra sätt är att definiera eller programmera en matematisk funktion av tiden som bestämmer rörelsen (ibland kallat “scripting”), att noggrant simulera fysikaliska egenskaper hos objekt för att beräkna ett komplicerat skeende på ett realistiskt sätt, eller att använda enklare simuleringar med partikelsystem. En allt vanligare metod numera är dessutom så kallad “motion capture”.

För var och en av uppgifterna nedan, förklara vad du anser är en lämplig animeringsmetod och varför! Även om du tycker att flera metoder kan vara lämpliga, välj en och motivera den. (5 p)

- a) Steven Seagal producerar ett nytt fighting-spel med sig själv som hjälte, och man skall animera ett stort antal av hans slag, sparkar och hopp från de kampsporter han praktiserar. Spelet blir förmodligen lika uselt som de flesta av hans filmer, men det har fått en enorm budget.
- b) Man vill spränga en tegelvägg i en svenskproducerad lågbudgetfilm utan att behöva vare sig bygga eller riva väggen i verkligheten. Det skall vara en stor smäll där det flyger tegelstenar åt alla möjliga håll och ryker och dammar rejält när väggen rasar. Scenen kommer inte att vara mer än några sekunder lång och skall ses på håll.
- c) Man vill animera en modelltågbanan där lok och vagnar körs längs spåren.
- d) Två modelltåg frontalkrockar med varandra så att vagnar och lok hamnar huller om buller i en trave i landskapet. Scenen skall visas i slow motion för att göra det hela extra dramatiskt.
- e) En leksaksboll rullar fram och tillbaka på ett barnkammargolv på ett kusligt sätt som om den vore styrd av en osynlig hand. (Scenen skall användas i en dålig skräckfilm.)