

Omtentamen

TNM077 3D-datorgrafik och animering

(samt även TNM008 3D-datorgrafik och VR)

2005-06-10 kl 8-12

Inga hjälpmedel

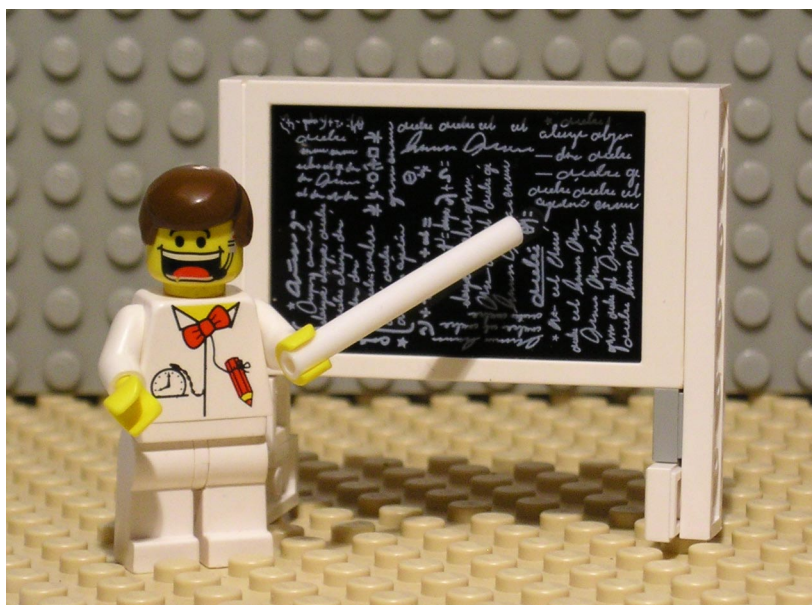
Denna tentamen innehåller 7 uppgifter som tillsammans kan ge maximalt 40 poäng. För betyget G (registreras som sifferbetyg 3) krävs minst 20 poäng. För betyget VG (registreras som sifferbetyg 5) krävs minst 30 poäng.

Uppgifterna står inte i någon särskild ordning, så läs igenom samtliga uppgifter innan du börjar. Hoppa inte över en hel uppgift bara för att du inte löst a-uppgiften, delfrågorna bygger inte direkt på varandra. 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. Dina svar skall visa på förståelse, inte bara faktakunskaper.

Flera uppgifter kräver beräkningar. Någon uppgift eller två kräver dessutom ett visst mått av eftertanke och egna idéer med teorin som grund. Samtliga uppgifter kan lösas med endast de grundkunskaper som kursen avsett att förmedla, självklart med förkunskaperna som stöd.

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 (7 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 den fysikaliska och matematiska bakgrunden till skalärprodukten $(N \cdot L)$. Använd figur och relevanta matematiska uttryck. (2 p)
- Reflexionsvektorn R kan beräknas ur N och L . Härled uttrycket för R . (2 p)
- Såväl k_d som k_s beskriver andelen ljus som reflekteras av ytan. Varför sätter man då inte helt enkelt alltid $k_d = k_s$? (1 p)
- Ekvationen ovan anger hur man beräknar en intensitet för ljusreflexionen i en yta, men ett intensitetsvärde för varje renderad pixel beskriver bara en svartvit bild. Visa hur ekvationen kan modifieras eller omtolkas för att även gälla färgbilder. (2 p)

Uppgift 2 (8 p)

Ett segment av en kubisk Béziérkurva har ekvationen

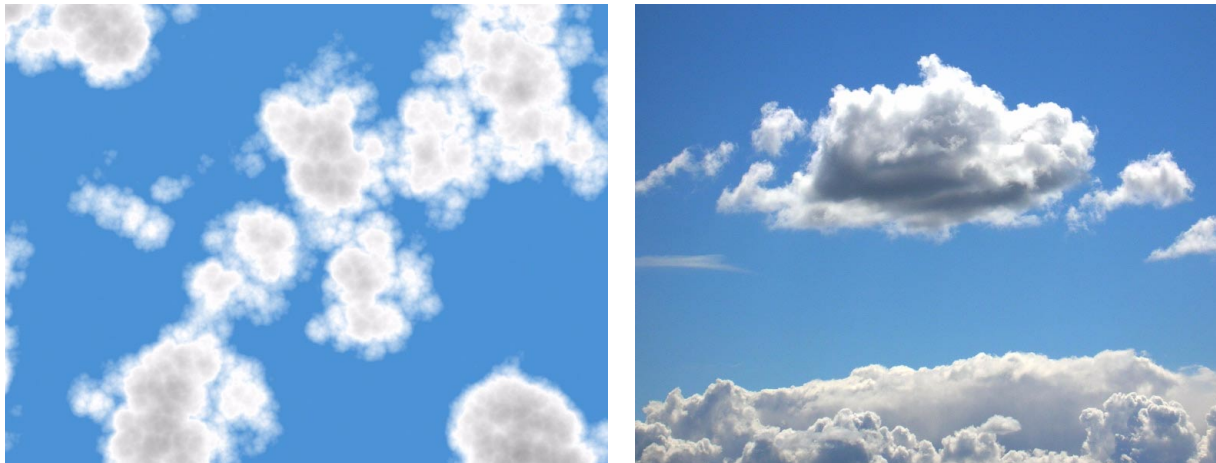
$$\bar{p}(u) = \sum_{i=0}^3 B_i(u) \bar{p}_i, \quad 0 \leq u < 1$$
$$B_0(u) = (1-u)^3, \quad B_1(u) = 3u(1-u)^2$$
$$B_2(u) = 3u^2(1-u), \quad B_3(u) = u^3$$

- Man vill animera en kamera så att den rör sig längs en Béziér-kurva, och samtidigt hela tiden siktar längs kurvans tangent. Man vill därför beräkna en vektor som i varje punkt längs kurvan pekar i kurvans tangentriktning. Härled det fullständiga uttrycket för denna tangentvektor, och förklara hur de ingående parametrarna skall tolkas för att uttrycket verkligen skall avse en 3D-vektor! (3 p)
- Förutom punkten på kurvan och tangentens riktning i den punkten behöver man något mer för att fullständigt ange en kameras position och orientering. Vad saknas? Hur kan man ange det som saknas? (2 p)
- När den fria parametern animeras som en funktion $u(t)$ bestäms kamerans momentana hastighet längs kurvan av tangentvektorns belopp. Man vill att kameran skall röra sig med konstant hastighet från början till slutet på kurvan under ett tidsintervall om tio sekunder, $0 < t < 10$. Kan man då helt enkelt animera parametern u som en linjär funktion av tiden, $u = t/10$, så att den ökar sitt värde linjärt från 0 till 1? Motivera ditt svar, antingen med en beräkning, med ett tydligt resonemang eller ett övertygande exempel! (2 p)

Uppgift 3 (4 p)

I animerade, helt syntetiska utomhusscener är ofta himlen ett ganska svårt problem. En helt klarblå himmel är inte särskilt visuellt intressant, och inte heller trovärdig om man avser att modellera en typisk svensk sommardag. Man vill oftast ha åtminstone några enstaka molntussar på himlen.

Delvis genom medvetet letande, delvis genom en lycklig slump har du hittat en mycket användbar procedurrell textur i 3dsmax som heter "Cellular noise". Om man klickar i kryssrutan "Fractal" och låter mappen tona över litet lagom mellan blått, vitt och grått genom att ställa in färgerna och nivåerna rätt så blir resultatet ett ganska hyfsat, slumpmässigt molnmönster som man kan använda för att rendera en blå himmel med några mindre molntussar på. Ett exempel på vad man kan få fram efter några minuters pillande ser du i bilden nedan till vänster.



Någon som tyvärr är chef säger att din textur inte ser ut som riktiga moln, går ut med sin nyköpta digitalkamera och visar dig en bild tagen på ett verkligt moln. Bilden ser du ovan till höger. "Så där skall det se ut. Använd den bilden som textur, eller ta en själv om du tror du har en bättre kamera." säger denna person till dig, och tror på fullaste allvar att det är ett gott råd.

Som så många andra som inte är så insatta i 3D-grafik behöver denna person få veta varför problemet inte löser sig fullt så lätt som att bara ta en bild och använda den som textur för himlen. Du inser att om du inte berättar på ett enkelt men korrekt sätt vad problemet är så kommer denna chefsperson att fortsätta tro att alla anställda är idioter som inte kan fixa de enklaste saker. Gör en behjärtansvärd insats för att göra denna chef till en bättre chef, genom att kortfattat men tydligt förklara varför en procedurrell textur ändå kan vara att rekommendera här. Försök att hitta så många fördelar du kan, så att du framstår som en välinformerad och kunnig anställd och får din chef att förstå att du är kompetent och mån om att hitta en bra lösning, inte bara lat och dum. (4 p)

Uppgift 4 (3 p)

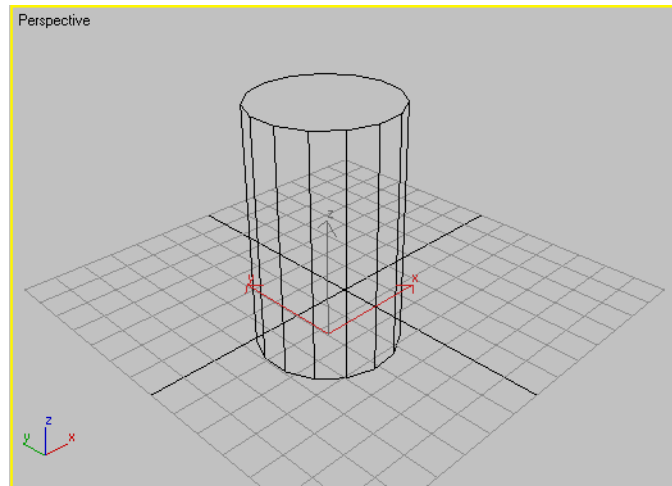
En polygonmodell av ett objekt innehåller en lista med koordinater för hörnpunkterna och en lista över hur punkterna binds samman till trianglar.

a) För att kunna rendera en ljussatt bild av objektet så måste man lägga till ytterligare data till objektbeskrivningen. Vilka? (2 p)

b) För att lägga en textur på objektet behöver man ännu mer data. Vilka? (1 p)

Uppgift 5 (6 p)

Polygonmodeller används ofta inom 3D-grafik för att approximera mjukt krökta ytor. Du jobbar med ett litet animeringsprojekt och bestämmer dig för att approximera en cylinder med ett ganska litet antal trianglar enligt figuren nedan. En ytligt bekant till dig som läst en kurs i mekanisk konstruktion med CAD ser vad du gör och säger "Så kan du absolut inte göra, du måste modellera cylindern som en mjuk parametrisk yta".

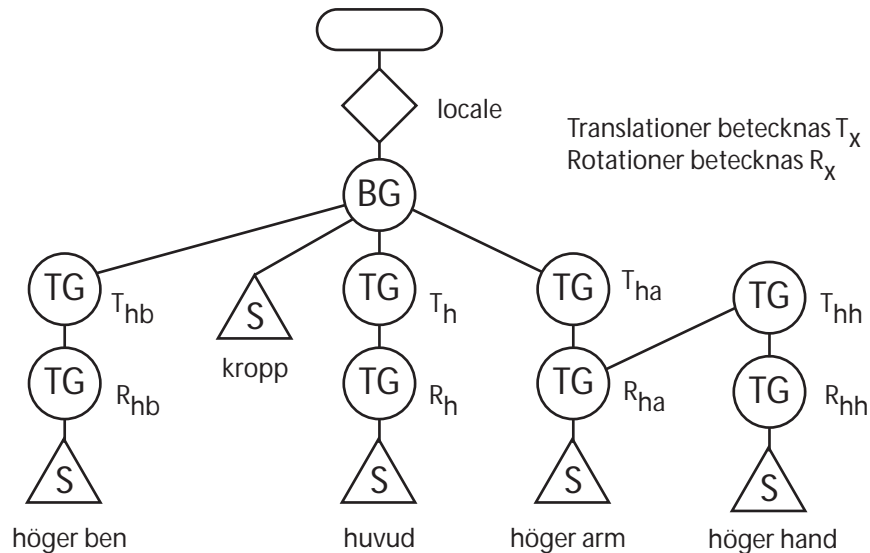


a) Du är på ditt snällaste och mest pedagogiska humör och bestämmer dig för att förklara för denna person varför det i just detta fall är helt OK att göra som du tänkt, och samtidigt visa att du förstår varför det inte skulle vara OK för en CAD-tillämpning. Förklara detta någorlunda utförligt med ord och bilder som förutsätter att läsaren har grundläggande kunskaper om algebra och olika sorters objektrepresentationer för 3D-grafik, men inte kan särskilt mycket alls om rendering och ljusberäkningar. Förklaringen skall vara korrekt och tydlig, men den behöver inte vara lång. Tänk dig att du har omkring tio minuter på dig och kan rita några enkla figurer på ett papper. (4 p)

b) Personen som fått din förklaring under a) envisas ändå, och säger att en parametrisk representation av en krökt yta i alla fall alltid är det *bästa* att göra. Det är bara lata animatörer som du som inte orkar lära sig verktygen för att göra rätt, eller så är verktygen dåliga. Du har fortfarande tålamod med denna arroganta person, eftersom du inser att arrogansen bottnar i okunskap. Ge minst två goda och motiverade skäl till varför en parametrisk yta inte alltid är den bästa representationen av ett 3D-objekt för animering, så att personen ger sig, och förhoppningsvis lär sig något på köpet. (2 p)

Uppgift 6 (5 p)

En Lego-figur, en så kallad “minifig” har några få leder med mycket begränsad rörlighet, och går därför att beskriva som en förhållandevis enkel scengraf enligt nedan. (Endast höger ben och höger arm visas för tydlighets skull, grenarna för vänster sida har samma struktur.) Några exemplar av en verklig minifig finns i tentasalen. En bild på en minifig finns även på första sidan.



a) När scenen renderas kommer transformationerna i TG-noderna att utföras på de objekt som länkas till dem. Med de beteckningar för transformationsmatriserna som ges i figuren, ange ett uttryck för de slutliga transformerade globala koordinaterna för höger hand. Höger hand representeras av en Shape-nod med de lokala koordinaterna för objektets hörnpunkter lagrade som vektorer \bar{x}_i . (2 p)

b) I det nyligen släppta spelet “Lego Star Wars, the video game” spelar man som små Lego-figurer. För att få spelkaraktärernas rörelser att se någorlunda bra ut har man i modellerna ökat rörligheten väsentligt mot en verklig minifig. Till exempel har armens rörelser utökats så att axlarna kan röra sig som riktiga mänskliga axelleder, och man har gjort det möjligt för figuren att böja på ambågen. Visa hur en scengraf för en sådan mer ledad arm skulle se ut, och förklara vad alla de olika noderna gör! Du behöver bara rita scengrafén för en arm, men förklara var den skall bindas ihop med resten av grafén. (3 p)

Uppgift 7 (8 p)

De enkla lokala belyningsmodellerna från datorgrafikens tidiga historia på 1970- och 1980-talen används fortfarande ofta för realtidstillämpningar, men i sammanhang där man har längre tid på sig för renderingen tar man numera nästan alltid hjälp av någon eller några globala belyningsmodeller (global illumination models), exempelvis “radiosity”.

a) Förklara vad radiosity kan tillföra i en renderad bild som är svårt eller omöjligt att göra med lokala ljusmodeller liknande Phongs belyningsmodell från uppgift 1. (2 p)

b) Förklara på ett tydligt sätt (gärna med en figur, och med minst en ekvation) hur den grundläggande radiosity-ekvationen modellerar dessa effekter! Du behöver inte tala om hur man löser ekvationen, det räcker med att ställa upp den och förklara vad parametrarna står för. (4 p)

c) Radiosity som renderingsmetod har inte bara fördelar. Ange minst två klara brister med metoden. (2 p)