

# 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

## Anvisningar

Denna tentamen består av 10 uppgifter, vilka tillsammans kan ge maximalt 50 poäng. Uppgifterna står inte i någon särskild ordning, så lös dem i den ordning du själv vill, men skriv varje uppgift på separat papper och lägg uppgifterna i nummerordning när du lämnar in dem. Skriv namn, och helst även personnummer, på varje papper du lämnar in.

De flesta uppgifter är av beskrivande karaktär. Några har en handfast praktisk prägel, andra kräver mer matematiska eller teoretiska resonemang, och några enstaka uppgifter kräver även vissa beräkningar.

Svara rimligt uttömmande men kortfattat på frågorna. Använd fullständiga meningar. Rita gärna figurer där du tycker det är lämpligt. Förklara införda begrepp och beteckningar, och motivera beräkningar så att de är lätta att följa.

Om du undrar hur mycket du skall skriva på någon fråga, titta på det antal poäng den kan ge. Uppgifter med många poäng kräver mer ingående svar för full poäng.

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.

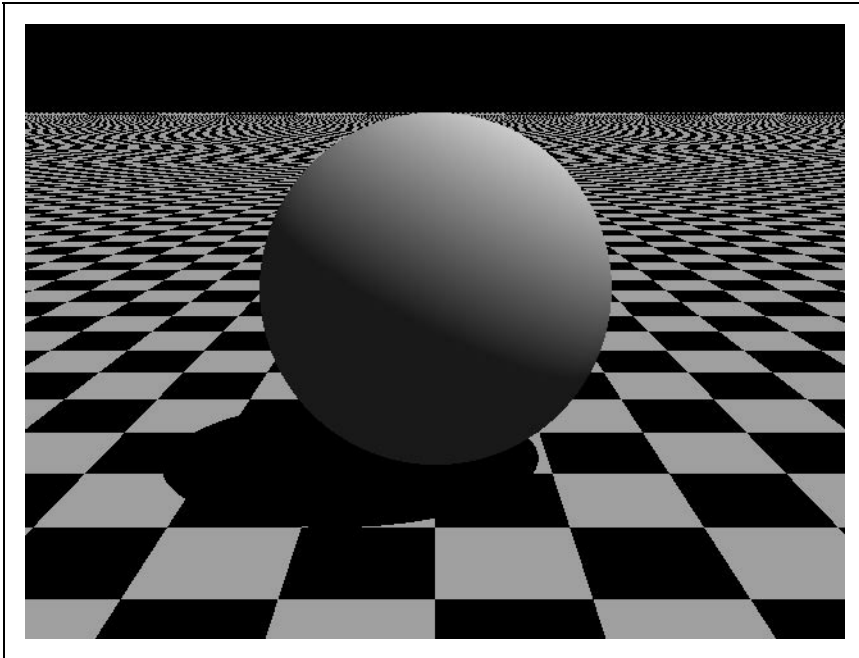
Jag kommer att titta in minst ett par gånger under tentamenstiden för att svara på frågor om eventuella oklarheter.

*Lycka till!*

Stefan Gustavson

### Uppgift 1 (6 p)

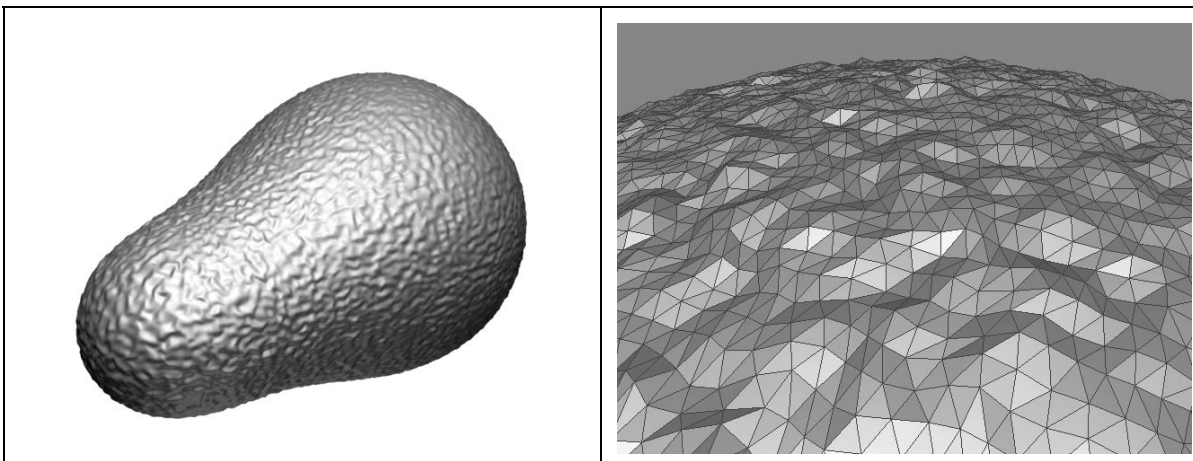
Bilden visar en naiv, rättfram raytrace-rendering av en sfär på ett stort (närmare bestämt oändligt stort) schackrutigt plan. Varje pixelvärde baserar sig på ett enda sampel, taget i mitten av den kvadrat som respektive pixel upptar, och mönstret på planet är definierat som en enkel funktion av koordinaterna  $s$  och  $t$  i planet: om heltalsdelen av  $s$  plus heltalsdelen av  $t$  är ett udda tal så sätts färgen till svart, annars till vitt. Som synes blir mönstret på planet väldigt fult och felaktigt renderat på långt avstånd.



- Förklara vad den fula renderingen på avstånd beror på, och sätt ett namn på fenomenet! (2 p)
- Föreslå minst två sätt att åtgärda eller åtminstone lindra problemet, och kommentera något om hur mycket mer arbete dina föreslagna lösningar kräver jämfört med den fula originalbilden ovan. Om du föreslår någon standardlösning ur litteraturen, ange inte bara namnet på metoden, utan förklara även kort vad den går ut på. (4 p)

### Uppgift 2 (4 p)

Den vänstra bilden nedan visar ett välmenat men missriktat försök att modellera en avokado - som bekant en småknottrig, blank frukt. Modellen innehåller tyvärr hundratusentals polygoner - se den förstörade detaljbilden till höger. Denna virtuella avokado tål förvisso att granskas på en millimeters håll från en fruktflugas horisont, men fullt så extrema närbilder krävs inte i den aktuella tillämpningen. Det räcker om frukten ser bra ut på någon meters håll, reflekterar ljuset på rätt sätt och har rätt form. Föreslå ett sätt att väsentligt förenkla modellen, och förklara hur din föreslagna metod fungerar!



### Uppgift 3 (4 p)

Även för en scen som i första hand renderas med andra metoder kan skuggorna beräknas med raytracing. Förklara principen för hur detta går till, och beskriv någon fördel och någon nackdel med denna skuggalgoritm. (4 p)

### Uppgift 4 (4 p)

Moderna grafikkort för persondatorer har nästan alltid egna grafikprocessorer som framför allt hjälper till med att rita upp snabb 3D-grafik på skärmen. Förklara kortfattat men i någorlunda detalj vilka funktioner som utförs av en sådan grafikprocessor. (4 p)

### Uppgift 5 (4 p)

- Man kan bli åksjuk i en VR-miljö, även om man står alldeles stilla. Varför? Förklara både likheten och skillnaden mellan orsakerna till denna så kallade "cyber-sickness" och vanlig åksjuka. (2 p)
- Stereoskopi används ofta för att ge en illusion av djup i VR, men det finns åtskilliga andra viktiga ledtrådar som kan ge starka intryck av djup i en scen. Ange minst två av dessa. (2 p)

### Uppgift 6 (4 p)

Det finns många olika sätt att animera 3D-modeller. Några av dessa är direkt keyframing, invers kinematik, fysikalisk simulering och motion capture. I en animering där två personer spelar "Fia med knuff" ingår följande delscener. Ange för var och en av delscenerna någon av dessa fyra metoder som bör vara lämplig för uppgiften. Motivera dina svar kortfattat! (1 p per rätt svar)

- Man ser en tärning som nyss kastats. Den rullar och studsar en bra bit över ett bord.
- Tärningen ses i närbild precis när den stannar. Den ligger och väger precis mellan en trea och en sexa, och faller efter en stunds olidlig spänning över till en sexa.
- Personen som slog sexan hoppar upp från stolen och utför en spontan, komplicerad glädjedans.
- Man ser spelplanen. En arm sträcks fram, och handen flyttar en spelpläs sex steg framåt.

### Uppgift 7 (5 p)

Du får i ett programmeringsprojekt till uppgift att i Java3D programmera en animerad figur som skall sitta med baken stilla på en stol men kunna röra på överkroppen, huvudet, armarna och benen.

- Ange hur din scengraf skulle se ut. Du behöver inte modellera alla leder i människokroppen, utan tänk dig att du animerar en tredimensionell streckgubbe utan händer och fötter. Rita en fullständig scengraf för denna enkla modell, och ange för varje nod vad den representerar. (3 p)
- Den konstnärlige ledaren för projektet rusar in, viftar vilt med armarna och säger i extas att han fått en ny vision: figuren skall inte sitta på en vanlig tråkig stol, utan på en *snurrbar* kontorstol med *hjul*. Figuren skall nu alltså även kunna rotera och förflytta sig över golvet. Det blir jättemycket bättre så, försäkras han, och du är böjd att hålla med. Han lugnar sig sedan något och frågar trevande om det skulle vara svårt och ta lång tid att förändra programmet för detta ändamål. Vad blir ditt svar? Rita upp hur du skulle förändra scenrafen i ditt program! (2 p)

### Uppgift 8 (8 p)

Raytracing (Whitted raytracing, invers raytracing) är en global belysningsmodell som modellerar interaktionen mellan ljus och objekt i en scen. Nedan beskrivs några olika slags ljuseffekter i en belyst scen föreställande en uppdukad picknick i vårsolen. Ange för var och en om de modelleras noggrant, om de modelleras approximativt eller om de inte modelleras alls i grundversionen av algoritmen. (6 p)  
Där effekten inte modelleras alls, nämn hur man kan utöka algoritmen för att åtgärda det. (2 p)

- En rutig duk ses genom en tom glasflaska.
- Solljuset reflekteras mot glasflaskan och ger ett ljust blänk i dess yta.
- Effekten i a) ses som en spegelbild i en blank ståltermos.
- Den blanka termosen reflekterar solljuset och ger en oregelbunden ljus fläck på den rutiga duken.
- Den blanka termosen kastar en skugga på den rutiga duken.
- Den rutiga duken reflekterar solljuset diffust och lättar upp skuggan under byxbaken på dem som sitter på den litet underifrån.

### Uppgift 9 (7 p)

Du söker jobb på Digital Domain som trainee på avdelningen för teknisk utveckling, och blir under anställningsintervjun ombedd att litet snabbt visa på skrivtavlan att du verkligen förstår hur reflexion och brytning av en ljusstråle i en genomskinlig yta går till. Givet ljusstrålens utgångspunkt  $\vec{e}$ , punkten  $\vec{x}$  där strålen träffar ytan, normalen  $\hat{N}$  för ytan i denna punkt och brytningsindex  $n$  för materialet, ange ett uttryck för följande vektorer:

- Riktningen för den reflekterade strålen  $\hat{R}$ . (2 p)
- Riktningen för den transmitterade, brutna strålen  $\hat{T}$ . (5 p)  
(Uppgift b har alla sökande till platsen hittills gått bet på, så om du fixar den ligger du väldigt bra till.)

### Uppgift 10 (4 p)

Parametriska kurvor beskrivs oftast som en funktion  $Q(u)$  av parametern  $u$ , kontrollpunkterna  $P_i$  och ett antal interpolationspolynom  $B_i(u)$ , enligt

$$Q(u) = \sum_{i=0}^N P_i B_i(u)$$

En vanlig klass av parametriska kurvor är *Béziér-kurvor*, där interpolationspolynomen ges av

$$B_i(u) = k_i u^i (1-u)^{N-i}, \quad N \text{ anger kurvans gradtal och } k_i = \binom{N}{i} = \frac{N!}{i!(N-i)!}.$$

- Teckna hela ekvationen för en kubisk Béziér-kurva som funktion av  $P_0, P_1, P_2, P_3$  och  $u$ . (1 p)
- En behändig egenskap hos parametriska kurvor för interaktiv kurvritning, t ex i ritprogram, är att kurvan håller sig inom det så kallade *konvexa höljet* av kontrollpunkterna. Beskrivet i ord innebär detta att om man tänker sig att man spänner en gummisnodd runt alla kontrollpunkter, så kommer hela kurvan att hålla sig innanför gummisnodden och aldrig korsar den. Beskrivet med matematik innebär det att

$$\sum_{i=0}^N B_i(u) = 1 \text{ och att } 0 \leq B_i(u) \leq 1. \text{ Visa att detta gäller för en kubisk Béziér-kurva! (3 p)}$$