

Populärvetenskaplig introduktion till avhandlingen

Forskningen som presenteras i min avhandling handlar till stor del om nya effektivare metoder för att beräkna hur *ljus* studsar och interagerar med olika material. Sådana beräkningar används ofta i datorgrafik, där syftet är att framställa realistiska bilder av en virtuell tredimensionell värld. Användningsområdena är många – avancerad datorgrafik används till exempel i designen av nya produkter, för att simulera ljussättningen i nya spännande byggnadsverk, och för att skapa specialeffekter och animerade filmer. Metoderna vi har utvecklat utför dessa beräkningar på ett effektivare sätt än vad som tidigare var möjligt. Detta spar datorkraft och därmed energi. Alternativt kan våra metoder användas för att göra mer avancerade simuleringar möjliga till samma kostnad som tidigare, vilket breddar användningsområdena ytterligare.

Grundproblemet vi försöker lösa är att på ett mycket noggrant sätt simulera ljusets väg från olika ljuskällor (t ex lampor eller solen) till en betraktares öga eller objektivet på en kamera. Genom att samla in ljuset från alla olika synliga riktningar skapas en bild av den virtuella verkligheten precis som när man tar ett foto med en riktig kamera. Om simulationen görs tillräckligt exakt är det möjligt att skapa bilder som t o m är svåra att särskilja från verkliga fotografier. Detta brukar kallas för *fotorealism*, och är ett viktigt mål i många tillämpningar. Med fotorealistisk grafik går det exempelvis att skapa realistiska bilder och filmer av kommande bilmodeller långt innan de finns som verkliga produkter, vilket är ett viktigt hjälpmedel i industrin. En annan spännande tillämpning är att göra specialeffekter till långfilmer. Här är det av yttersta vikt att de datorgenererade sekvenserna inte sticker ut, utan är perfekt integrerade med det filmade materialet. Inom filmindustrin går en betydande del av budgeten numera till att framställa datorgrafik, även inom traditionella filmer som inte innehåller t ex sago- och framtidsmiljöer.

För att uppnå fotorealism krävs traditionellt sett en enorm beräkningskraft. Varje möjlig väg för ljuset måste simuleras. En ljusstråle som, till exempel, träffar en blank yta reflekteras och ändrar riktning och eventuellt färg beroende på materialet, men fortsätter i övrigt i stort sätt oförändrad. Ljus som däremot träffar matta ytor sprids i ett diffust ljussken, som sedan reflekteras i andra ytor och sprids igen ett stort antal gånger. Så kallade *Monte Carlo* metoder brukar användas för att lösa den här typen av problem. Grundidén är att lösa slumpmässigt utvalda enklare delproblem, t ex hur en enskild ljusstråle färdas. Genom att göra ett stort antal sådana enklare beräkningar och ta medelvärdet av resultaten fås en uppskattning av lösningen på det svårare problemet. Nackdelen är att uppskattningen har en viss slumpmässig variation. I praktiken syns detta som brus eller kornighet i bilderna, om inte ett mycket stort antal beräkningar görs. Målet med forskningen vi presenterar är att minska den här variationen genom att på smartare sätt välja ut vilka delproblem som ska lösas. Genom att minska variationen är det möjligt att också minska mängden beräkningar som måste utföras, vilket spar både tid, energi och pengar.

Vi har fokuserat på så kallade *hierarkiska* metoder för att minska variationen. Med detta menas matematiska metoder som först arbetar på en övergripande nivå och sedan successivt fokuserar beräkningarna till de delar där de bäst behövs. På så sätt undviks mycket onödigt arbete. I vårt arbete har flera nya hierarkiska metoder utvecklats för att lösa den typen av problem som fotorealistisk datorgrafik brottas med. Mycket av vårt arbete är dock av teoretisk natur som också går att applicera inom andra områden.

I avhandlingen ingår sju artiklar som publicerats i ledande vetenskapliga journaler och på vetenskapliga konferenser, vilka sammanfattar vår forskning inom området. Fyra av artiklarna presenterar nya kompletta metoder för att minska variationen i Monte Carlo simuleringar. De resterande tre sammanfattar relaterade tekniker som vi har utvecklat för att förenkla olika delar av problemet. Huvuddelen av forskningen har utförts på institutionen för datavetenskap på Lunds universitet. En stor del av arbetet har utförts i internationella samarbeten, båda inom industrin och i samarbete med andra universitet.

Forskningen som presenteras i avhandlingen finansierades delvis av Stiftelsen för Strategisk Forskning (SSF) och delvis av Intel Corporation.

Petrik Clarberg
Lunds universitet
2012