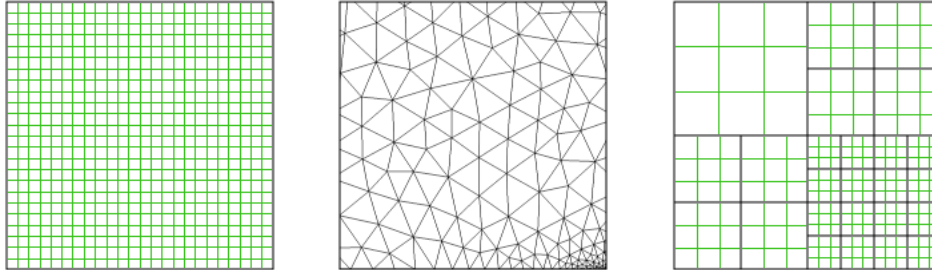


Vinkelräta former kan vara framtiden inom simuleringar av flöden



Genom att endast använda sig av kvadrater och kuber som byggstenar i simulerings-domäner, kan prestandan öka jämfört med dagens mest använda ostrukturerade nät.

Text: Robin Qvarfordt, 06.05.11

CFD (Computational Fluid Dynamics) är ett vetenskapligt område som helt är fokuserat på datorsimuleringar. Simulering av luftflöden runt flygplansvingar är ett vanligt exempel, men simuleringar kan göras på allt som berör flöden av någon substans eller energi.

Kraven på vad som ska kunna simuleras har ökat efter hand som tekniken går framåt. Tidigare har fokus legat på att använda experimentella metoder för att analysera stora komplexa system. Idag pratas det om hur CFD blir ett alltmer attraktivt alternativ till experimentella metoder. Vindtunnlar, i vilka flygplan testas, kan mer eller mindre ersättas med simuleringar. Detta skulle dock kräva mycket datorkapacitet.

Visserligen har datorn prestanda de senaste 10 åren förbättrats 1000 gånger, men det räcker ändå inte riktigt för att med full tillit låta simuleringar utvärdera så komplexa och stora maskiner som flygplan. Frågan är då om vi bara ska luta oss tillbaka och invänta att datorns

prestanda tillmötesgår kravet på den noggrannhet som ställs för dessa komplexa maskiner. Eller finns det kanske genvägar?

För att besvara den ställda frågan krävs att vi tittar på hur själva domänen där simuleringen ska göras, ser ut. Fram till idag har man delat upp domänen i celler av olika former och storlekar för att dessa celler sedan ska få tilldelade värden. T.ex. om man vill veta temperaturen i varje cell kan dessa räknas ut i varje sådan cell. Problemet är att det tar för lång tid att generera ett sådant ostrukturerat nät av celler¹ och beräkningarna som görs med sådana celler är mycket långsammare än om cellerna skulle vara kubiska.

Visst ser det tilltalande ut att fritt kunna variera former och storlekar på dessa celler hur man vill för att få celler precis där man vill ha dem. Men problemet är att mycket beräkningar krävs för att det ska

¹ Bilden under artikelns titel visar exempel på 3 olika typer av nät. Nätet i mitten visar ett ostrukturerat nät, medan det vänstra nätet är ett strukturerat kartesiskt nät

bli sammanhängande och tillräckligt noggrant. Vad är då alternativet till dessa ostrukturerade nätet? Svaret är kuben. Enkla kubiska celler sammansatta till ett strukturerat nät är känt för att vara mer noggrant än en domän av ostrukturerade celler. Anledningen till att detta inte är lika utspjitt som det ostrukturerade alternativet är att det är svårt att variera kubernas storlekar på ett smidigt sätt. På samma sätt som man vill ha olika storlekar på de ostrukturerade cellerna, vill man kunna ha olika storlekar på kuberna. Problemet är alltså att nätet mer eller mindre blir ostrukturerat i alla fall. Därför har en ny metod föreslagits som tycks lösa den biten. Metoden kallas BCM (Building Cube Method) och går ut på att dela upp de kubiska cellerna i olika större kuber beroende på hur stora de kubiska cellerna är². Sedan kan varje sådan större kub simuleras var för sig. BCM har implementerats som en del i ett examensarbete vid LTH.

Som nämndes innan så har datorns prestanda förbättrats 1000 gånger på de senaste 10 åren. Mycket av den förtjänsten ligger hos datorns allt fler kärnor (processorer) som kan jobba parallellt med varandra. Detta är en viktig del när simuleringar ska snabbas upp och göras riktigt effektiva. Själva domänen som ska simuleras kan delas upp mellan olika processorer och lösas var för sig, parallellt.

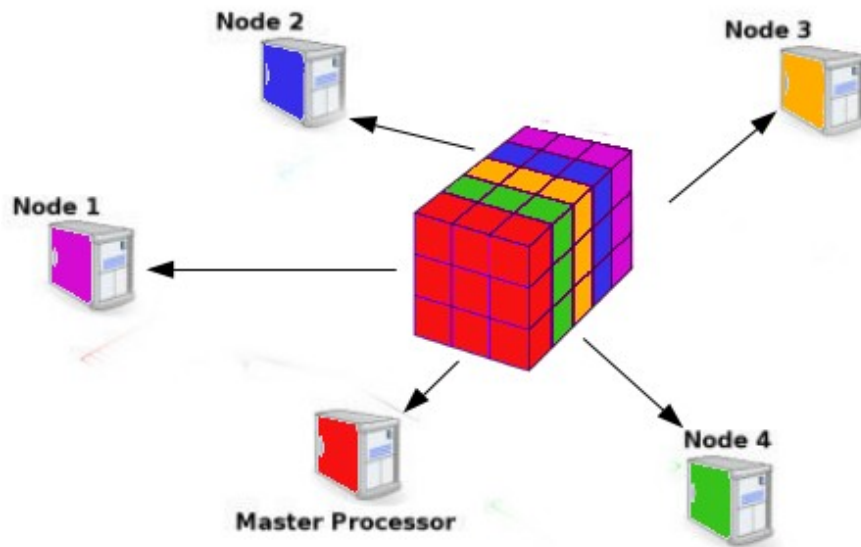
För att vidare jämföra skillnaden mellan det strukturerade och det ostrukturerade nätet görs här ett litet tanke-experiment. Figur 1 visar hur den kubiska lila domänen kan delas upp mellan olika processorer. Tänk att varje processor i bilden är ett barn som kan bygga Lego. Varje barn är lika bra på att bygga Lego. Först får varje barn varsin låda med Legobitar av olika storlekar och former, samt varsin manual över hur de ska

bygga upp sin del av domänen som ser exakt likadana ut, se färgerna i figur 1. Varje barn har alltså samma förutsättningar att bygga upp sin del av domänen. Tiden för detta tas. Nästa uppgift barnen får är att göra exakt samma sak, fast med mindre kuber i olika storlekar. Det är ingen tvekan om att det bör gå mycket snabbare.

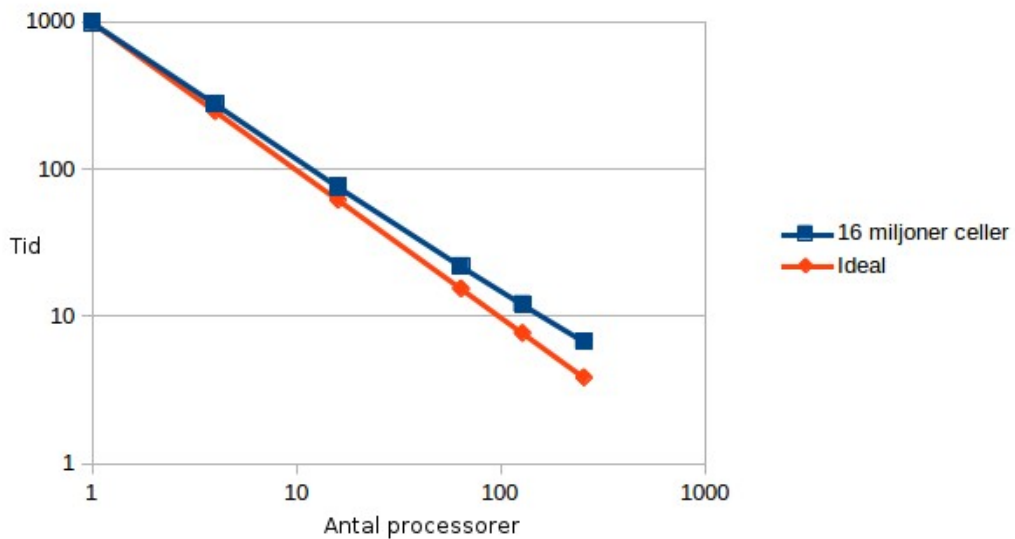
På ungefär samma sätt som i ovan nämnda tanke-experiment är det mer tidskrävande för varje processor att skapa sin del av domänen om ett ostrukturerat nät av oregelbundna celler skulle användes istället för endast strukturerade kubiska celler.

Som nämndes har BCM löst problemet som fanns med olika storlekar på de kubiska cellerna genom att dela upp dem i större kuber beroende på dess storlek. Eftersom endast kuber finns med i domänen, borde enligt ovan nämnda resonemang, metoden prestera bra vid parallella simuleringar. I figur 2 visas ett resultat av hur simulerings-tiden avtar efterhand som antalet parallella processorer ökar upp till 256 stycken.

² Nätet till höger i bilden under artikelns titel visar ett tvådimensionellt exempel på ett nät genererat med BCM



Figur 1: Beräkningsdomänen delas upp mellan 5 olika processorer



Figur 2: Visar hur simulerings-tiden avtar med antalet processorer, upp till 256 stycken. Den röda ideal linjen visar fallet där ingen kommunikation mellan processorerna sker.