

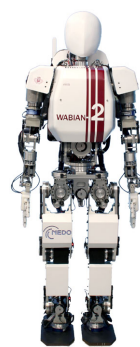
Människolik robotgång med genetiska knän

Anders Johansson

24 maj 2006

Japan är nog det land där det forskas mest om robotar. Det finns robotar som spelar flöjt och trumpet, robotar som bär människor upp och ner för trappor, sjukhusrobotar som tar pulsen på patienter och underhållningsrobotar i hundform för hela familjen. De är alla mer eller mindre specialiserade på sin uppgift och kan inte göra mycket annat. Men hur skulle det vara om man gjorde en människorobot som kan arbeta i mänskliga miljöer, och som kan använda våra redan existerande verktyg? Vem skulle inte vilja ha en universalmedhjälpare hemma eller på kontoret, som städade, diskade och kokade kaffe? Sådana robotar står förmodligen och väntar redan bakom nästa teknologiska hörn, men ännu finns det ett mycket mer grundläggande problem än att lära dem dammtorka före dammsugning: Att lära dem gå som människor.

I september 2005 åkte jag till Waseda University i Tokyo, Japan, för att försöka lära en människorobot just detta. Roboten heter WABIAN-2 och har ungefär samma anatomiska utformning och rörelsemöjlighet som en människa, se Figur 1. Det finns flera andra gående robotar i världen, till exempel Hondas receptionistrobot Asimo, men till skillnad från människor går de helt utan att sträcka på benen vilket



Figur 1 – Människoroboten WABIAN-2

ger stora belastningar på knälederna, kräver mer energi och begränsar deras hastighet. Ett utsträckt ben innebär nämligen en förlorad frihetsgrad, eftersom foten inte längre kan flyttas i riktning mot höftleden, och ekvationerna som styr roboten faller ihop. WABIAN-2 kringgår problemet genom att använda förbestämda knävinklar, och på så sätt undvika den ogenomförbara delen av beräkningen. Därmed kan roboten sträcka på benen, och har de mekaniska förutsättningarna för att gå som en människa. Problemet blir istället att hitta de förprogrammerade knävinklarna. Min uppgift har varit att automatiskt generera knämönster som är så människolika som möjligt. Vad som är människolikt är naturligtvis subjektivt, men eftersom roboten är människo-

lik kan man argumentera att alla mönster som tillåter roboten att gå över huvud taget måste vara något sänär människolika.

För att hitta människolika knämönster använde jag genetiska algoritmer, en optimeringsmetod som är baserad på Darwins teori om naturlig utveckling. Potentiella lösningar (knämönster) till problemet lagras som gener i en population av virtuella individer. Dessa får sedan para sig, korsa sina gener och bilda avkomma som förhoppningsvis innehåller de bästa egenskaperna från sina föräldrar, det vill säga en bättre lösning till problemet. Genetiska operatörer styr utvecklingen: En urvalsoperator väljer vilka individer som får para sig utifrån hur välanpassade de bedöms vara, en korsningsoperator korsar individernas gener för att skapa avkomma, en muteringsoperator inför slumpmässiga förändringar i generna och en överlevnadsoperator avgör vilka individer som ska bilda nästa generation, varefter proceduren upprepas.

Individernas anpassning, eller *fitness*, beräknas med en funktion som poängsätter dess gener. Baserat på olika antaganden om människors gångteknik testades ett antal olika fitnessfunktioner. Varje funktion fick bygga upp knämönster som ansågs bra enligt dess kriterier. Bäst fungerade att minimera summan av alla leders moment i kvadrat och alla länkars rörelsemängdsmoment i kvadrat, vilket gav relativt människolika, men framförallt fungerande knämönster för flera olika steglängder.

Nästa steg var att välja genetiska parametrar och operatörer. Olika samhörande alternativ testades mot varandra medan de ickerelaterade hölls konstanta. På detta sätt fann jag bland annat att det bästa urvalet var att låta fem slumpmässiga

individer tävla om varje parningsmöjlighet (tournament selection, $k=5$), att slumpmässiga istället för glidande mutationer var att föredra (random mutations), och att det sätt som snabbast gav bra lösningar var att slumpmässigt dela ut föräldrarnas gener till avkomman (uniform crossover) istället för att ta hela segment från varje förälder. Överlevnadsoperatören fungerade bäst när den bäst poängsatta hälften av avkomman överlevde och resten ersattes av nya helt slumpmässiga individer för att hela tiden införa nytt genetiskt material. Men det som absolut gjorde störst skillnad på framgången var populationsstorleken: Ju fler individer desto bättre. I övriga experiment användes 20 individer i varje generation, vilket alltid resulterade i mer eller mindre felaktiga rörelsemönster med mycket avvikelser och brus. För 1 000 individer blev knämönstren mer regelbundna och människolika.

Men ingen inställning gav perfekta knämönster. För att kunna testa resultatet på roboten, skapades ett mönster som istället var inspirerat av de mönster som algoritmen genererat. Som jämförelse användes det knämönster som brukar användas vid demonstrationer av roboten. Skillnaderna mellan gångstilarna var mycket liten. Det nya mönstret gav en något jämnare gång, men framförallt visade det sig använda 30% mindre energi för benen. Detta är kanske ett större framsteg och en större fördel än människolikheten i det nya mönstret!

Metoden fungerar alltså i princip, men kräver mer arbete för att ge bra och pålitliga resultat. Och så länge roboten måste förprogrammeras inför varje minsta rörelse, går det förmodligen betydligt snabbare att diska själv.