

Nu kommer vardagsrobotarna, den andra generationens autonoma agenter. De tänker inte alls, men de fungerar. Deras föregångare tänkte för mycket och fungerade inte i verkligheten. Framtidens robot blir en intelligent maskin som kombinerar mycket reaktion med litet reflektion.

AV PAUL DAVIDSSON

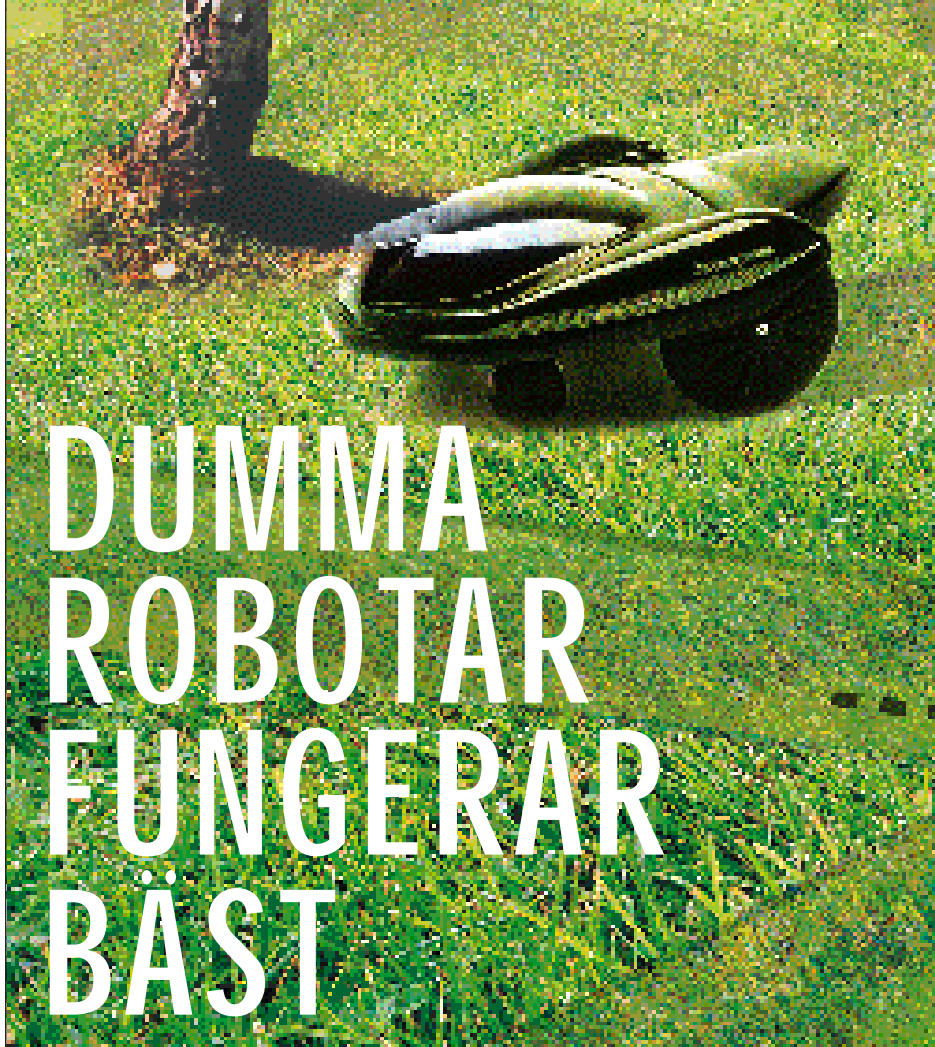
Isommar lanserar Husqvarna andra generationen av sin robotgräsklippare. En liten maskin som själv klipper gräset, ansvarar kanterna och sedan går till uttaget i väggen och laddar batterierna.

Samtidigt lanserar Stiga sin första automatiska gräsklippare; en större maskin, utvecklad i Israel och som delvis bygger på en annan princip.

I våras presenterade dessutom Electrolux en självgående dammsugare. De är alla våra första självgående robotar, också kallade autonoma agenter.

Knappast associerar man till de intelligenta robotar vi ser i sciencefiction-filmer. Men även om våra nya hushållsrobotar är långt ifrån intelligenta, och till och med så enkla att de ligger på gränsen för vad som kan kallas autonoma agenter, så ger de ändå en fingervisning om vad som är på gång. För just nu tycks ett genombrott vara på väg för de verkligt autonoma agenterna.

Till de mer avancerade projekten hör djuphavsfarkoster som på egen hand kan utföra räddningsaktioner, spaningsuppdrag eller utforska havsbotten. Man försöker också konstruera satelliter som själva kan sätta ihop sig ute i rymden och även klara enklare reparationer. Självgående farkoster som utforskar ytan på Mars och andra planeter har vi redan sett prov på. Mer jordnära till-



DUMMA ROBOTAR FUNKERAR BÄST

1 Två principer klipper gräset. Till skillnad från den gröna roboten skaffar sig den gula en bil

lämpningar är robotar som kan sköta underhåll och reparationer i giftiga eller strålskadade miljöer. Inte minst personer med handikapp kommer att kunna dra nytta av utvecklingen. Det finns t ex redan fungerande prototyper av mekaniska "ledhundar" för personer med nedsatt syn.

En självständig hjälpreda

Det finns många likheter mellan en robot och en autonom agent. En autonom agent ska dock kunna reagera självständigt på förändringar i sin miljö, medan t ex en industrirobot oftast är programmerad för en mycket begränsad uppgift som den utför utan att bry sig om vad som händer i dess omgivning. Autonom agent är samtidigt ett vidare be-

grepp än robot i den meningen att en autonom agent inte behöver vara fysisk, utan kan vara ett datorprogram. Den kallas då ofta för mjukvaruagent. En sådan kan t ex söka och sammanställa information på Internet.

Karakteristiskt för en autonom agent är att den arbetar på egen hand, utan att kontrolleras av en människa, och i en miljö som inte är speciellt anpassad för agenten. För att kunna göra detta behöver den sensorer som kan känna av omgivningen och effektorer som kan påverka omgivningen. Däremellan behöver den en kognitiv enhet som beslutar vilka handlingar som ska utföras. Sensorerna uppfattar omgivningen och vidarebefordrar dessa sinnesintryck till den kognitiva en-



1 av gräsmattan. När den krockat med trädet minns den det och kan återkomma och klippa

het som avgör vilka handlingar som ska utföras. Effektorerna utför sedan dessa handlingar.

Människans sensorer är hennes sinnesorgan som ögon och öron, medan armar och ben är hennes effektorer. Den kognitiva enheten är förstas hjärnan. I en robot utgörs sensorerna av t ex videokameror och radar. En robotarm för att greppa saker, och hjul eller insektsliknande ben för förflyttning, är exempel på effektorer.

Planerande agenter

Det som gör en autonom agent just autonom är den kognitiva enheten, agentens hjärna. Ju bättre dator och program, desto autonomare agent. Därför är också en stor del av forskningen inom artificiell intelligens

just nu fokuserad på autonoma agenter.

Det traditionella sättet att konstruera självständiga robotar utvecklades redan under 1960- och 70-talen. Enligt detta paradigm består den kognitiva enheten av två komponenter: en modell av världen och en planerare (bild 2). Världsmodellen är en beskrivning av agentens omgivning, den värld som roboten arbetar i. Denna beskrivning påverkas kontinuerligt av informationen som sensorerna levererar. Planeraren utnyttjar denna beskrivning för att utarbeta en plan för hur agenten ska kunna uppnå sitt mål. Planen utförs sedan av effektorerna.

En av de första autonoma agenterna som verkligen fungerade konstruerades vid dåvarande Stanford

Research Institute runt 1970 och kallades för Shakey. Shakeys värld var ett par rum som var alldeles kala förutom ett antal hinder i form av stora målade klossar. Shakey fick uppgifter i denna anpassade värld, som t ex att flytta en viss kloss till en bestämd plats. Beroende på uppgift och omständigheter tog sig Shakey självständigt från rum till rum, den gick runt klossar, flyttade dem ur vägen eller flyttade dem till bestämda platser.

En autonom agent som Shakey följer alltså hela tiden samma mönster: känner av omgivningen, uppdaterar sin modell, planerar och handlar. Detta verkar ju vara ett vettigt beteendemönster, och det fungerar bra om agentens värld är mycket enkel och anpassad som i Shakeys fall. Men om omgivningen är mer komplex och inte så anpassad fungerar det sämre; agenten blir helt enkelt för långsam. Planeringen blir ganska snart oöverstiglig. Tiden som går åt för att lösa problemet växer exponentiellt i förhållande till problemets storlek och omgivningens komplexitet. Det betyder att det inte tar dubbelt så lång tid för Shakey om man dubblar antalet rum, utan kanske tio gånger så lång tid. Hur snabb robotens dator än är kommer det ganska snart att visa sig vara omöjligt att lösa ett problem inom rimlig tid.

Ett annat problem är att det är mycket svårt för en agent att konstruera en detaljerad världsmodell av en omgivning som inte är speciellt anpassad för agentens sensorer.

Agera utan att fundera!

Om du just har avslutat en måltid och ska ställa in ett mjölkpaket i kylskåpet, så utarbetar du inte en fullständig plan över hur du ska gå till väga, där varje steg i processen är noggrant analyserat – res dig upp, greppa mjölkpaketet, gå bort till kylskåpet, öppna kylskåpsdörren, ställ in mjölkpaketet på en hylla där det finns plats, släpp greppet om paketet, stäng kylskåpsdörren. Snarare är det så att du inte alls tänker medve-

tet på uppgiften. Du bara utför den. Även mer avancerade uppgifter, som att köra bil, verkar vi till stor del utföra utan planering – förutom när vi är nybörjare och fortfarande försöker lära oss. Man har uppskattat att över 95 procent av vår vardagliga aktivitet består av den här sortens rutinbeteende.

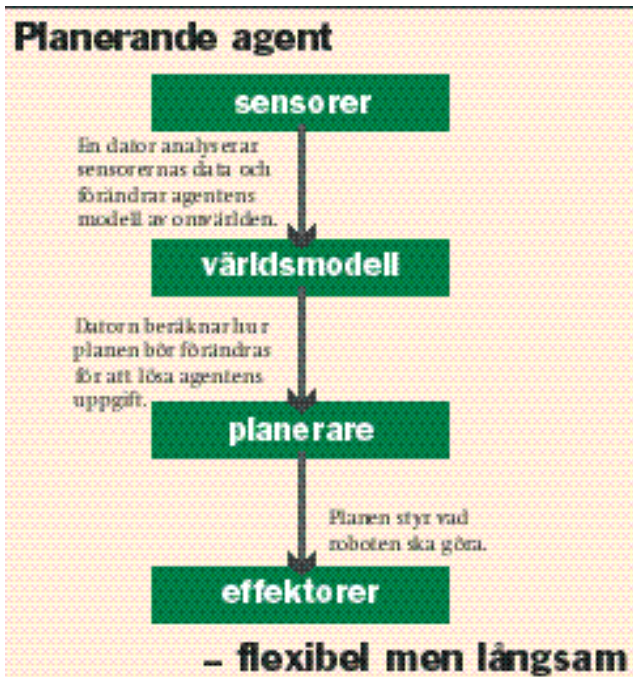
Denna insikt inspirerade några forskare att i mitten av 1980-talet prova ett helt nytt sätt att konstruera autonoma agenter. De struntade helt enkelt i att ha världsmodeller och att göra detaljerade planer. I stället lät de agenterna reagera på förändringar i omgivningen genom enkla sk stimulus-responsregler. Det innebär att sensorerna kopplas direkt till effektorerna via regler av typen: om kameran ser ett hinder i färdvägen, sväng åt höger. Agenter av denna typ kallas ofta reaktiva agenter (bild 2). Man låter agenten utnyttja världen direkt, inte en beskrivning av den, när den ska bestämma vad den ska göra härnäst.

Litet överraskande visade det sig att denna typ av agenter, trots sin enkla uppbyggnad, faktiskt kan utföra en del avancerade uppgifter. Det ledande forskningscentrumet för reaktiva agenter har varit Massachusetts Institute of Technology, MIT, i Boston. En av dess robotar,

2 Tes och antites blir syntesrobot. Med sensorer, som kameror och kontakter, känner agenten av omvärlden. På olika sätt, beroende av vilken typ av agent det är, bestämmer sedan agentens dator vad effektorerna, i form av t ex hjul och robotarm, ska göra.

Herbert, har som uppgift att vandra omkring i kontorsmiljöer, gå in på folks kontor och ta tomma läskburkar från deras skrivbord. Allt han har för att lyckas är några få enkla regler för att undvika hinder, följa väggar och känna igen läskburkar.

Till skillnad från en planerande robot kommer den reaktiva aldrig att få något problem med tiden. Den planerar helt enkelt aldrig och utför därför det den ska i tid. Nackdelen med den reaktiva agenten är att den är ointelligent. Den kan inte göra något som verkligen kräver att man kan planera. Om vi återknyter till exemplet med mjölkpaketet så är



det förmodligen möjligt att konstruera en reaktiv agent som klarar att ställa in paketet i kylskåpet om det finns en ledig plats. Men hur går det om kylskåpet är så fullt att det krävs att man stuvor om för att få plats med mjölkpaketet? Så långt vi kan se i dag är det omöjligt att konstruera reaktiva agenter som kan klara så komplexa problem. Inte heller klarar de uppgifter som kräver att de tar hänsyn till saker som för tillfället inte uppfattas av sensorerna. Om agenten just har ställt in mjölkpaketet i kylskåpet så har den ändå ingen aning om var paketet är eftersom den inte längre kan se det. Man kan säga att reaktiva agenter är helt fångade i omgivningen. De klarar inte de återstående fem procenten av en människas vardagliga aktivitet som verkligen kräver en planerande förmåga.

Planering och reaktivt beteende

För att någonsin kunna nå upp till människans förmåga menar en del forskare att en autonom agent måste ha både de planerande agenternas resonerande förmåga och de reaktiva agenternas snabba stimulus-re-

KALLA ROBOTEN KALLE

Vi vill ha hemrobotar! Så kan resultatet av en enkät gjord vid Centrum för autonoma system och Interaktions- och presentationslaboratoriet vid Tekniska högskolan i Stockholm sammanfattas.

– Inställningen till robotar är mer positiv än vi trodde, berättar Zayera Khan, en av dem som genomfört studien.

En majoritet, 66 procent, anger att de skulle lita på en robot som utför olika uppgifter i hemmet.

Hela 89 procent kan t ex tänka sig att ha en robot som tvättar fönster. Bara 25 procent upplever att roboten skulle kränka deras integritet.

De flesta, 82 procent, kan tänka sig att prata med roboten och 76 procent vill kalla på robotens uppmärksamhet genom att ropa ett namn, som Kalle eller Robban.

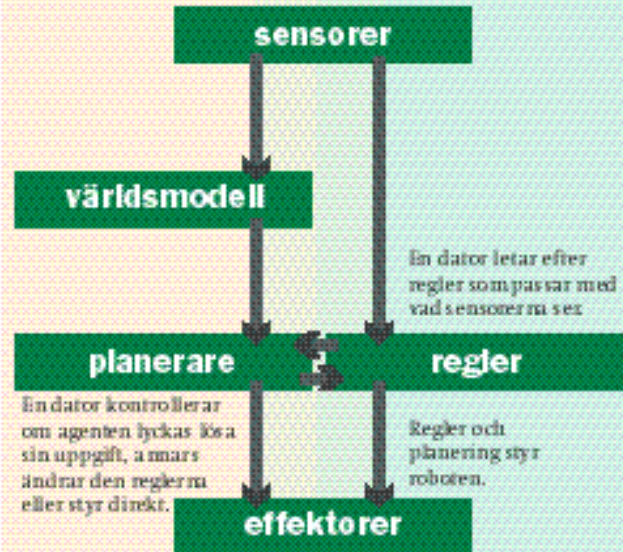
Vissa tjänster är de tillfrågade dock mer tveksamma till. Bara 20 procent kan tänka sig en robot som barnvakt och 40 procent kan tänka sig att roboten lagar mat. ■

Reaktiv agent



- snabb men oflexibel

Blandagent



- både snabb och flexibel

sponsbetende. Man har därför under de senaste åren försökt att konstruera agenter som kombinerar dessa båda förmågor, en blandrobot. Man delar helt enkelt upp den kognitiva enheten i en reaktiv och en planerande komponent (bild 2). Den reaktiva komponenten fungerar enligt ovan och ska sköta det rutinmässiga beteendet. Den planerande komponenten, som arbetar parallellt med den reaktiva, tar hand om de mer övergripande och långsiktiga målen.

En robot som har både en reaktiv och en planerande komponent klarar normalt att ställa in ett mjölkpaket i kylen enbart genom att använda den reaktiva komponenten. Men om kylskåpet är fullt kommer den planerande komponenten att upptäcka att agenten är på väg att misslyckas med sin uppgift och börjar i stället att utarbeta en plan för hur sakerna i kylskåpet ska flyttas om för att mjölkpaketet ska få plats. Den planerande komponenten styr sedan den reaktiva så att den följer denna plan. Man kan säga att den planerande komponenten reflekterar över den reaktiva komponentens

beteende och vid behov ger kommandon till denna. Den planerande, smartare komponenten kanske till och med gör permanenta förändringar av stimulus-responsreglerna.

Vid Högskolan i Karlskrona/Ronneby prövar vi en idé som bygger på att agenten försöker förutse vad som kommer att inträffa i framtiden och utnyttjar detta för att fatta beslut om hur den ska bete sig. Denna typ av agenter, som kallas anticipatoriska, bygger på att den reflekterande komponenten gör förutsägelser för hur världsmodellen kommer att förändras. Den ser in i framtiden för att kunna upptäcka situationer som den reaktiva komponenten inte klarar av. När den upptäcker en sådan situation, försöker den formulera en ny regel som klarar situationen. Den nya regeln läggs till den reaktiva komponentens samling av stimulus-responsregler. På så sätt kommer agenten att klara av situationen då den uppkommer i verkligheten. Vi har inte byggt någon robot ännu men kunnat testa idén i datorsimuleringar och sett att denna typ av agenter klarar sina uppgifter bättre än de reaktiva.

Ett helt annat sätt att styra roboten vore att låta den kognitiva enheten utgöras av ett konstgjort neuralt nätverk.

Var sitter intelligensen?

Ett av de mest kritiska problemen vid robotkonstruktion är hur agenten själv ska kunna skapa en användbar världsmodell. Problemet är även kopplat till den övergripande frågan om var gränsen mellan människor och maskiner går, om det nu över huvud taget finns en sådan.

Den reflekterande komponenten är framför allt beroende av en mycket bra modell av verkligheten när den ska förändra, dvs programmera om, den reaktiva komponenten. En möjlighet vore förstås att programmera in en i det närmaste perfekt världsmodell redan från början. Men förutom att det är mycket svårt att konstruera en sådan, kommer den reflekterande komponenten att betrakta modellen endast som en samling meningslösa symboler. Roboten kan aldrig "förstå" en modell som den inte har skapat själv. Den kan i och för sig manipulera dessa symboler på ett mycket sofistikerat

SÅ KLIPPER ROBOTEN GRÄSET

– Det är den första hemrobot som verkligen fungerar, som löser sin uppgift. Den klipper gräset.

Det säger Lars Andersson, en av utvecklarna bakom Husqvarnas robotgräsklippare, en av två robotgräsklippare som nu finns på den svenska marknaden (bild 1).

Robotklipparen fungerar som ett elektriskt får. Som fåraherde programmerar du in en starttid och en stopptid, mer krävs inte av dig. Fåret vandrar kors och tvärs över gräsmattan och har efter tillräckligt många turer faktiskt täckt in hela gräsmattan. Den klipper litet, litet varje dag, hela sommaren.

Som autonom agent tillhör gräsklipparen gruppen reaktiva agenter. Den har ingen plan över gräsmattan, den vet inte var den befinner sig och den planerar inte vad den ska göra. Det enda gräsklipparen minns är hur jobbigt i genomsnitt det är att klippa gräset. En sensor känner av motståndet i kniven. Om det blir trögare stannar den kvar och klipper lite mer systematiskt där det behöver klippas mer.

Roboten har ytterligare tre sensorer. En sensor känner av om gräsklipparen krockar med något. Maskinen väljer i sådana fall en ny helt slumpmässig färdriktning. Det gör den också om en annan sensor känner att gräsklipparen är i närheten av den slinga som markerar kanten på gräsmattan. En tredje sensor känner hur laddat batteriet är och styr gräsklipparen till batteriladdaren när så behövs.

Dum men bra

Lars Andersson tycker inte att ett systematiskt beteende skulle vara mer intelligent.

– Klippetekniken är helt avgörande. Om man klipper gräset systematiskt, som en människa brukar, måste inte bara programmet vara mer komplext, dessutom måste maskinen vara kraftigare. Och med det följer en mängd nya problem, som t ex oljud och större risk när gräsklipparen krockar.

Det är till viss del den väg Stiga har valt att gå. Tillsammans med ett företag i Israel har man utvecklat vad man kallar världens första in-

telligenta gräsklippare.

Det är fortfarande en i princip reaktiv agent, utan förmåga att planera när något oförutsett inträffar. Den skaffar sig till skillnad från Husqvarnas gräsklippare en bild av gräsmattan medan den klipper. När den stöter på ett hinder registreras det och gräsklipparen har en klippstrategi där den senare kommer att försöka klippa bakom hindret.

För att klara detta mer systematiska beteende har klipparen två sensorer. Med hjälp av en kompass styr den spikrakt över gräsmattan och vänder 180 grader vid gräsmattans kant. Dessutom räknar den hjulvarv och kan på det viset veta hur långt den gått. Eftersom maskinen är tyngre än Husqvarnas har den också en ultraljudsradar som känner av hinder före den krockat.

Fördelen med en gräsklippare av Stigas modell är att den klipper snabbare och mer effektivt när den väl klipper, nackdelen är att den måste startas och antagligen behöver mer hjälp vid mer komplexa gräsmattor. ■

PATRIC HADENIUS

sätt, bli skapa avancerade planer och eventuellt, beroende på programmerarens skicklighet, förknippa symbolerna med objekt i omgivningen. Men den enda existerande tolkningen av symbolerna är den som programmeraren hade då han eller hon programmerade agenten. Så fort en situation uppkommer som programmeraren inte har kunnat förutse kommer den reflekterande komponenten i svårigheter, eftersom den inte vet vad symbolerna egentligen betyder.

En förutsättning är att agenten själv bygger sin världsmodell med sina egna sensoriska data. Ännu är det dock ingen som riktigt vet hur detta ska göras och om det är möjligt att helt klara sig utan förpro-

grammerade symboler. Dessutom är det oklart om enbart sensoriska data är tillräckliga för att den reflekterande komponenten ska kunna tolka dem på det sofistikerade sätt som vi människor kan.

Samma problem har man i sk multiagentsystem. Det är system där flera agenter samarbetar för att lösa en uppgift. För att klara av detta har man utvecklat speciella språk som gör att agenterna kan kommunicera med varandra. Problemet är återigen hur en agent ska kunna tolka och i viss mening förstå meddelanden från en annan agent.

Vi agentforskare kommer att kunna konstruera autonoma agenter som kan bete sig allt mer mänskligt, men som datorutvecklingen

hittills har visat är det mest kvantitet och inte så mycket kvalitet i datorernas och även robotarnas beteende. Kruxet tycks vara människans förmåga att kunna tolka symboliska beskrivningar. Och då har vi bara diskuterat observerbara beteenden och inte kommit in på de svårjämbärliga subjektiva upplevelserna som utgör en så stor del av det vi menar med mänskligt. ■

PAUL DAVIDSSON

ÄR UNIVERSITETSLEKTOR VID HÖGSKOLAN I KARLSKRONA/RONNEBY.
HANS FORSKNING FINANSIERAS AV BL A BLEKINGE FORSKNINGSTIFTELSE OCH ENERSEARCH AB.