

F. Het slimme hoopje

MIERENGEDRAG INSPIREERT COMPUTERONTWERPEN EN MICROROBOTS

Overgenomen uit NRC Handelsblad W&O p. 4, 15 jul 2000

Rob van den Berg

Een mier gebruikt slechts een paar simpele regels, maar samen vertonen mieren heel intelligent gedrag. Dit principe wordt inmiddels toegepast in centrales en fabrieken. De computersimulaties hebben zelfs al ideeën opgeleverd waar ook de mier zijn voordeel mee zou kunnen doen.

Zo op het eerste gezicht lijkt het gekrioel van mieren in een mierenhoop volstrekt chaotisch, maar bij nauwkeuriger bestudering blijkt de kolonie een strak georganiseerd geheel te vormen: er worden plannen uitgewerkt, er wordt gehoorzaamd aan bevelen en gereageerd op informatie van buiten. En dat zonder enige supervisie. Het is de mierenhoop als geheel die “intelligent gedrag” vertoont, niet de mieren zelf. Sinds een paar jaar is uit onderzoek duidelijk geworden dat dit soort zelforganisatie (die wel met de term *swarm intelligence* wordt aangeduid) spontaan kan ontstaan zolang individuen zich aan simpele gedragsregels houden. Inmiddels vormt dit mierengedrag dan ook een inspiratiebron voor het oplossen van ingewikkelde problemen met behulp van de computer. Ant Colony Optimisation is dé nieuwe mode in de computerwetenschappen en heeft bovendien al een aantal toepassingen gevonden. Telefoonmaatschappijen gebruiken het om gesprekken zo efficiënt mogelijk door een netwerk te sturen, banken om beter inzicht te krijgen in de kredietwaardigheid van hun cliënten en fabrikanten om hun productieproces te optimaliseren. In *Nature* van 6 juli bieden drie pioniers op dit gebied, Eric Bonabeau, Guy Théraulaz en Marco Dorigo, een overzicht van deze ongewone tak van research.

Een van de eerste voorbeelden van swarm intelligence waar onderzoek naar is gedaan, is het foerageergedrag van mieren. Zo ontdekte Jean-Louis de Deneubourg van de vrije Universiteit in Brussel dat de mierenkolonies in de keuken ontstaan omdat individuele mieren op weg naar een voedselbron een geurspoor achterlaten. Het is dus niet verwonderlijk dat de mieren elkaar zo keurig volgen. Maar het geurspoor biedt meer voordelen. Deneubourg liet eind jaren tachtig zien dat het achterlaten van een geurspoor ook een goede methode is om de kortst mogelijke weg te vinden. In het laboratorium bood hij mieren van de soort *Linepithaema humile* twee mogelijke wegen naar een voedselbron, waarbij de een veel langer was dan de andere. Aanvankelijk werden beide paden door de mieren bewandeld, maar aangezien de kortste weg als eerste door een dubbel geurspoor werd aangegeven, trok dat meer nieuwkomers aan, met als resultaat dat de langere route op den duur werd verlaten. Als Deneubourg echter de langere route eerder openstelde dan de kortere, kozen de mieren wél voor de omweg, omdat die nu eenmaal als eerste met een dubbel geurspoor was gemarkeerd. Mieren hebben voor dit probleem nog geen oplossing gevonden, de mens inmiddels wel, door het dubbele geurspoor te vervangen door een spoor dat alleen op de terugweg wordt achtergelaten en dat in sterkte afhankelijk is van de afgelegde afstand.

Geurspoor

Dit idee komt van de van oorsprong Italiaanse computerwetenschapper Marco Dorigo die het principe van het achterlaten van een geurspoor ging toepassen op het klassieke handelsreizigerprobleem. Hierbij moet een vertegenwoordiger langs de kortst mogelijke route een aantal steden bezoeken. Hoewel er al een groot aantal algoritmen is bedacht om dit probleem op te lossen, wordt er voortdurend gezocht naar betere. Het aantal mogelijke routes neemt namelijk enorm toe met het aantal steden: voor slechts vijftien steden zijn er al miljarden mogelijkheden. Dorigo

creëerde in een computersimulatie een aantal mieren, dat niet anders hoefde te doen dan van stad naar stad te gaan, waarbij dichtstbijzijnde locaties de voorkeur hadden. Zodra elke mier alle steden heeft bezocht, keert zij op haar schreden terug en legt een geurspoor, waarvan de sterkte omgekeerd evenredig is met de afgelegde afstand. Ze kan zo'n spoor alleen op de terugweg achterlaten, omdat ze eerst moet weten hoe lang de door haar gevolgde route is geweest. Op deze manier hebben efficiënte routes de sterkste geur. Als veel mieren van stad naar stad reizen, zal het geurspoor van efficiënte verbindingen tussen steden des te sterker worden. Zo kan betrekkelijk snel de kortste route die alle steden met elkaar verbindt worden gevonden. Net als in de vrije natuur geldt hier dat de individuele mieren geen intelligent verdrag vertonen, maar dat ze met elkaar wel een ingewikkeld probleem oplossen. Om te voorkomen dat op deze manier een niet optimale oplossing wordt gevonden, introduceerde Dorigo de mogelijkheid om het spoor langzaam te laten verdampen. Langere paden zijn daardoor nog sterker in het nadeel en vallen op den duur af. Dit idee van het langzaam verdampen van het geurspoor zou ook voor echte mieren een uitkomst zijn: zoals het nu gaat vinden zij niet altijd de ideale oplossing. De natuur heeft deze oplossing echter nog niet 'ontdekt': de moleculen die het geurspoor vormen verdampen daarvoor veel te langzaam.

Mierenalgoritme

Al gauw vond de methode, die Dorigo in zijn proefschrift had beschreven, brede toepassing. Zo bleek het mogelijk om een chemisch productieproces, zoals zich dat in een fabriek van Unilever voltrok, te optimaliseren en wordt ook het transport van benzine in het Italiaanse deel van Zwitserland tegenwoordig met behulp van een mierenalgoritme geregeld. Een ander belangrijk voordeel van deze methode is dat het niet alleen de kortste route vindt, maar ook een aantal andere die maar een heel klein beetje langer zijn. Mocht er dus in het dagelijks netwerk iets gebeuren (werkzaamheden, een ongeluk) dan kan daar direct op gereageerd worden. Het meest extreme voorbeeld hiervan is wel een telecommunicatienetwerk. Dat verandert bijvoorbeeld met de dag, omdat er nieuwe abonnees bijkomen en andere afgesloten worden. Bovendien wordt het geconfronteerd met ongelukken (kabelbreuk) maar vooral dient het adequaat te kunnen reageren op piekbelastingen.

'VIND DE DOOS, GA DUWEN'

Ook andere gedragskenmerken van sociale insecten hebben inmiddels onderzoekers weten te inspireren. Vele mierensoorten kennen een vorm van samenwerking om voorwerpen die te groot zijn voor een individuele mier toch in het nest te krijgen. Eerst worden soortgenoten gerekruteerd, waarna de groep een tijdje rond het voorwerp krioelt zonder veel vooruit te komen. Op een zeker moment ontspringt er echter spontaan een vorm van samenwerking, waarna het voorwerp met vereende krachten naar het nest wordt gedragen. Dit gedrag wordt heel mooi nagebootst door een verzameling robotjes aan de Universiteit van Albera die een doos naar een verlicht doel duwen. Ronald Kube en Hong Zhang gaven hen maar een paar eenvoudige instructies mee: vind de doos, verplaats je zodat de doos tussen jou en het

doel is, begin te duwen. Wie op de website (<http://www.cs.ualberta.ca/Kube/crip.cgi>) de video bekijkt die van dit experiment is gemaakt, zal getroffen worden door de overeenkomst met het gedrag van mieren. Hoewel er natuurlijk veel efficiëntere manieren zijn om een doos vooruit te duwen, gebeurt het in dit geval zonder dat vooraf afspraken worden gemaakt en ook zonder dat enige communicatie plaatsvindt.

Larven

Soms vraagt het een creatieve geest om mierengedrag te vertalen naar een alledaagse toepassing. Zo zijn er bepaalde mierensoorten die hun nakomelingen in het nest op grootte sorteren. Eieren en microlarven in het centrum, de grootste larven aan de buitenkant en de poppen daar tussenin. Jean-Louis Deneubourg opperde dat dit gedrag ontstaat doordat de mieren iets oppakken of juist neerleggen al naar gelang de afmetingen van de voorwerpen die er omheen liggen. Hoewel deze hypothese niet kon worden bevestigd, vormde zij de inspiratie voor een heel nieuwe methode om systematisch naar grote gegevensbestanden te kijken. Banken doen dat bijvoorbeeld om te bepalen welke klanten kredietwaardig zijn. Computermieren groeperen de klanten aan de hand van gegevens die bij de bank bekend zijn, zoals leeftijd, geslacht, huwelijkse staat, maar ook aan de hand van de diensten waarvan een klant al gebruik maakt. Zo ontstaan op natuurlijke wijze clusters, zonder voorwaarden vooraf.