

In juli vindt het negende wereldkampioenschap RoboCup plaats in Osaka, Japan. RoboCup is een internationale competitie waarbij in verschillende categorieën robots tegen elkaar voetballen. De Universiteit van Amsterdam (UvA) zal voor de zevende keer deelnemen aan dit evenement. In dit artikel beschrijft Jelle Kok kort iets over de geschiedenis van RoboCup en zijn ervaringen met het simulatieteam UvA Trilearn.

# JELLE KOK MSC

## ROBOCUP EN UVA TRILEARN



Schaken is jarenlang een standaardprobleem van de AI geweest. Het voordeel van een standaardprobleem is dat het mogelijk is om verschillende technieken met elkaar te vergelijken en dat de vooruitgang meetbaar is. Toen halverwege de jaren 90 de schaakcomputers het niveau van de wereldtop bereikt hadden, hebben een aantal Japanse wetenschappers een nieuw standaardprobleem voor de AI geïntroduceerd: RoboCup. Zij gaven als doel op om in 2050 met een team van volledig autonome humanoïde robots van de menselijke wereldkampioen voetbal te winnen. Dit probleem verschilt in veel aspecten van het abstracte schaakprobleem en bevat veel eigenschappen die je in de normale wereld tegenkomt. Voorbeelden zijn de aanwezigheid van meerdere agenten, een dynamische omgeving (die slechts beperkt waargenomen kan worden) en het nemen van real-time beslissingen.

Sinds 1996 nemen nu elk jaar voetballende robots het tegen elkaar op tijdens nationale en internationale toernooien om dichterbij het einddoel te komen. Het grootste evenement is het wereldkampioenschap. Dit jaar nemen er ongeveer 280 teams deel en worden er in totaal 200.000 bezoekers (over vijf dagen) verwacht. Behalve een competitie wordt er ook een symposium georganiseerd waar wetenschappelijke artikelen gepubliceerd worden die de technieken van de verschillende teams beschrijven. Een belangrijk aspect van RoboCup is ook om de AI, de robotica en gerelateerde onderzoeksgebieden te promoten.

RoboCup bestaat uit veel verschillende categorieën die allemaal een ander subprobleem van het einddoel proberen op te lossen. Zo is er de humanoïde categorie (mensachtige robots die voetbalgerelateerde opdrachten moeten uitvoeren), middle size (twee gedistribueerde autonome teams van vier robots op een veld van 12x8 meter), small size (vijf tegen vijf kleine robots met centrale sensorverwerking en centrale aansturing van de robots), 4-legged (vier tegen vier Aibo-hondjes) en de simulatie categorie (waarover hieronder meer). Tenslotte is er ook nog de RoboCup Junior speciaal bedoeld om scholieren bekend te maken met de robotica. Naast de verschillende voetbalcategorieën heb je ook nog de Rescue competitie, waarbij zowel met echte hardware als in simulatie gesimuleerde rampscenario's worden nagespeeld. Nederland is vertegenwoordigd in bijna alle categorieën. We zullen ons in dit verhaal echter beperken tot de simulatie categorie.

### **SIMULATIE CATEGORIE**

Deze competitie maakt gebruik van een simulator die een dynamische multi-agent omgeving simuleert. Deze simulator houdt de posities van alle objecten op het veld bij en voorziet elke speler van de relatieve positie en snelheid van alle objecten (bal en spelers) die in hun gezichts-

## “Na een teleurstellend 0-7 verlies in onze openingswedstrijd wisten we de volgende negen wedstrijden te winnen.”

veld staan. Aan de hand van deze informatie kunnen de spelers een laag-niveau actie (draaien, vooruit/achteruit bewegen en schieten) bepalen en terugsturen naar de simulator. Deze past vervolgens de posities van de objecten aan. Dit gehele proces is volledig gedistribueerd: elke speler ontvangt zijn waarnemingen en stuurt zijn opdrachten onafhankelijk van de andere spelers. Dit is een groot verschil met commerciële voetbalspellen, waarbij één centraal proces alle spelers aanstuurt. Een ander verschil is dat verschillende vormen van ruis en onzekerheid aan de simulatie zijn toegevoegd. De posities die een speler ontvangt, worden bijvoorbeeld onnauwkeuriger naarmate de objecten verder weg staan en ook de ontvangen acties worden nooit precies uitgevoerd.

De abstractie van de simulator maakt het mogelijk voor de onderzoekers om zich te richten op AI-concepten als leertech- niken, de coördinatie tussen de verschillende spelers en het modelleren van tegenstanders. Elke team speelt anders, bijvoor- beeld heel aanvallend of heel verdedigend, en het is zaak om goed te spelen tegen elke tegenstander. In de andere categorieën besteedt men (nog) veel minder aandacht aan dit soort aspecten van het spel, aangezien men daar vooral bezig is met de sensor- verwerking en het aansturen van de robots.

### **UVA TRILEARN**

De Intelligent Autonomous Systems Group (onderdeel van het Informatica Instituut van de UvA) heeft een grote historie in de simulatie categorie. Het team Windmill Wanderers behaalde tij- dens het tweede WK in 1998 gelijk de derde plaats. Helaas over- leed de teamleider Emiel Corten in het daaropvolgende jaar en kon deze lijn niet worden doorgezet (gedeelde 9e plek in 1999 en geen deelname in 2000). Eind 2000 werd dit project weer nieuw leven ingeblazen met een gecombineerd afstudeerproject van Remco de Boer en mijzelf. Aanvankelijk gebeurde dit onder begeleiding van Frans Groen, maar al snel werd dit overgenomen door Nikos Vlassis. In dit project lag de nadruk op het opzetten van de architectuur van het team en het definiëren van de lagere niveaus. Voorbeelden hiervan zijn het creëren van een wereld- model met schattingen van de posities en de snelheden van alle spelers op het veld, het implementeren van de basisacties zoals dribbelen, het onderscheppen van de bal en het passen van de bal naar een medespeler. Met ons team UvA Trilearn behaalden we in 2001 een vierde plek op het WK in Seattle. Dit was een mooie ervaring. Voor dit kampioenschap hadden zich 42 teams

uit verschillende landen gekwalificeerd. Na een teleurstellend 0-7 verlies in onze openingswedstrijd tegen de latere Chinese winnaars TsinghuAeolus wisten we de volgende negen wedstrij- den te winnen. Uiteindelijk verloren we in de halve finale van de winnaar van 2000, FC Portugal. Dit resultaat ging wel ten koste van onze nachtrust. De verschillende wedstrijden zijn verspreid over vijf dagen en elke nacht werd er hard gewerkt om het team te verbeteren.

Na dit afstudeerproject bleef ik voor mijn promotie, nog steeds onder begeleiding van Nikos Vlassis, werken aan het UvA Trilearn. De nadruk kwam nu meer te liggen op de coördina- tie tussen de verschillende spelers; hoe kunnen de individuele spelers hun acties zo kiezen dat de groep als geheel het beste presteert? Dit in tegenstelling tot spelers die allemaal zelf probe- ren zo goed mogelijk te presteren: het welbekende f-jes voetbal, waarbij iedereen op de bal afstormt. Om dit op te lossen, defi- niëren we voor een bepaalde toestand (handmatig) specifieke ‘payoff’ functies. Deze functies geven aan hoe goed een bepaalde actie(-combinatie) voor een agent is. Deze ‘beloning’ kan geba- seerd zijn op een individuele actie van een speler (dribbelen met bal, onderscheppen van de bal, etc) maar ook op gecoördineerde acties van meerdere spelers, zoals het passen van de bal en het gelijktijdig vrijlopen van de ontvangende speler. Tijdens een wedstrijd wordt voor de huidige toestand bepaald welke functies toepasbaar zijn. Functies gerelateerd aan het spelen van de bal zijn bijvoorbeeld alleen geldig voor de speler die het dichtst bij de bal is, terwijl gecoördineerde passfuncties alleen geldig zijn voor spelers die zich binnen een bepaalde afstand van de bal be- vinden. De afhankelijkheden tussen de agenten worden vervol- gens gerepresenteerd met een coördinatiegraaf. In een dergelijke graaf stelt elke knoop een agent voor en verbindingen tussen de agenten geven aan dat hun acties afhankelijk zijn. Dat wil zeggen dat hun acties in minstens één payoff functie gezamen- lijk voorkomen. Met behulp van een speciaal algoritme worden dan de individuele acties bepaald die de som van de beloningen maximaliseert. Dit algoritme voert voor elke agent in de graaf een lokale maximalisatie uit die alleen afhankelijk is van zijn burens in de graaf. Dit zorgt er uiteindelijk voor dat iedere speler weet welke actie hij het beste uit kan voeren.

Een eerste versie van deze aanpak werd tijdens het WK in 2002 gebruikt en resulteerde in de winst bij de German Open en opnieuw een vierde plek bij het WK. Dit WK werd in Fukuoka, Jap- an gehouden en maakte mij duidelijk hoe bezeten de Japanners

“Zij gaven als doel op om in 2050 met een team van volledig autonome humanoïde robots van de menselijke wereldkampioen voetbal te winnen.”

van de robotica zijn. In vier dagen tijd kwamen er circa 117.300 bezoekers op af. Bussen vol met kinderen waren geïnteresseerd in de verschillende competities en exhibities, maar ook in de vele aanwezige buitenlanders waarmee ze duidelijk nog niet vaak in aanraking waren gekomen. Sommige kinderen hadden zelfs boekjes bij zich waarin ze de handtekeningen van personen uit de verschillende landen verzamelden.

In 2003 was het coördinatie model volledig geïmplementeerd en won UvA Trilearn het wereldkampioenschap in Padova. De spelers van de andere teams reageerden vooral (individueel) reactief op de dynamische omgeving, terwijl onze spelers, met name tijdens het passen, hun acties gecoördineerd kozen. Dit was een groot voordeel. De spannende finale, waarin wij met 1-3 achterkwamen maar uiteindelijk met 4-3 revanche namen op TsinghuAeolus, was dan ook een wedstrijd waarbij de spelers veelvuldig samenspeelden.

Sindsdien ligt de nadruk meer op de theoretische inhoud van

mijn proefschrift en is er minder tijd voor UvA Trilearn. Voor het WK van 2004 hadden we een aantal uitbreidingen in de coördinatie toegevoegd, maar het resultaat (zevende plek) in 2004 viel tegen. Dit had ook te maken met het feit dat de teams duidelijk veel getest hadden op ons winnende team van 2003.

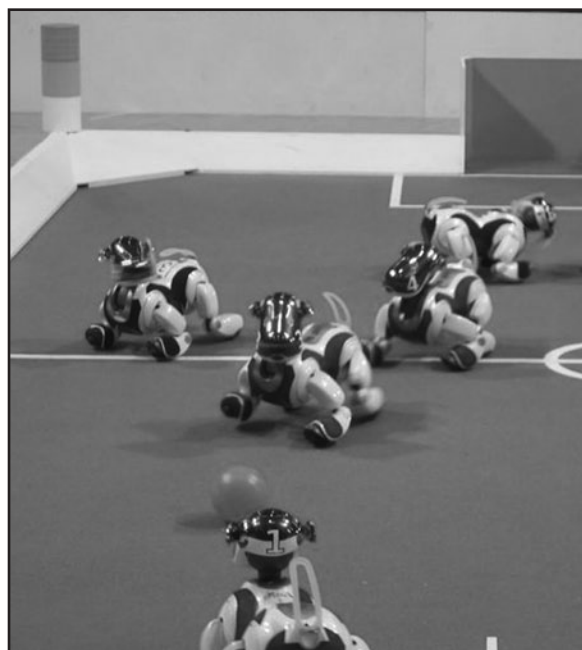
Voor het aankomende WK in Osaka zijn we bezig met het onderzoeken van alternatieve (en snellere) methodes om de beste individuele acties te kiezen. Op die manier hopen we meer en specifiekere coördinatie functies te kunnen toevoegen waardoor de spelers nog realistischer gedrag vertonen. Aangezien ik dit jaar ook hoofd van de organisatiecommissie van de simulatie categorie ben, is het nu zaak om er voor te zorgen dat het team speelklaar is voordat de competitie begint op 12 juli. In Japan zal daar waarschijnlijk niet veel meer van komen.  $\emptyset$

#### MEER INFORMATIE

<http://connectie.org/links.php>



VOETBALLENDE ROBOTS IN DE MIDDLE SIZE CATEGORIE



DE AIBO-HONDJES UIT DE 4-LEGGED CATEGORIE