

Robots in het veld; makers voor het leven

dr. ir. E.J.A. van Zijderveld*
D.M. Brongers – luitenant-kolonel der cavalerie*

Inleiding

In de verre toekomst, zo rond 2025, zou het militaire optreden wel eens drastisch kunnen veranderen door de introductie van multi-robot-systemen (MRS). Deze MRS zijn groepen robots die samenwerken met elkaar en met mensen. Het typerende van MRS is onderlinge coördinatie en afstemming tussen de robots, waarbij ze elkaar aanvullen en versterken met individuele waarnemingen en acties.

Een voorbeeld is het bewaken van een – door mensen aangewezen – gebied door een groep robots, die vervolgens het gebied gecoördineerd onderverdelen en bij een verdacht voorwerp gecoördineerd elkaars hulp inroepen om dat voorwerp vanuit meerdere hoeken beter te kunnen waarnemen; indien nodig alarmeren de robots de mens voor verdere actie.

Deze systemen staan nog in de kinderschoenen, maar het onderzoek loopt. Vooral in de Verenigde Staten, maar ook in bijvoorbeeld Frankrijk. De NAVO heeft een speciale werkgroep in het leven geroepen om tussen de NAVO-partners kennis uit te wisselen over de ontwikkelingen.

* De auteurs zijn respectievelijk als wetenschappelijk medewerker verbonden aan TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium; commandant van het Kenniscentrum Grondgebonden Manoeuvre (OTCMAN).

Fictie?

Scout 1 en 2 geven zachtgroen licht, soldaat Brian kan dus zonder gevaar de hoek om. De voorkant van de Sabaneese ambassade ligt volledig in puin na de nachtelijke beschietingen. In de laatste uren hebben de rebellen zwaar geschut gebruikt tegen de nationalistes, en 'en passant' de noordelijke stad in puin gelegd.

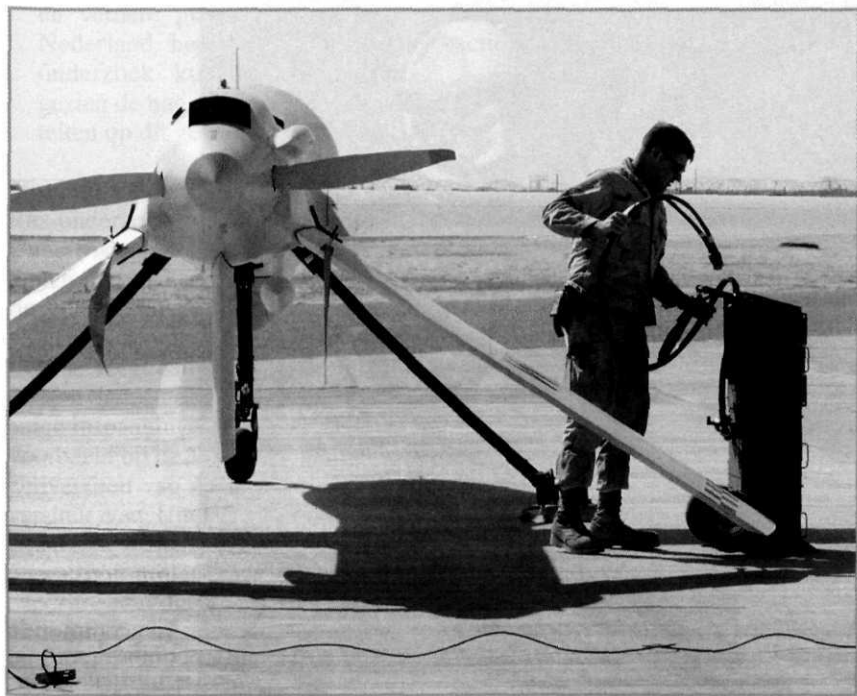
Veel rebellen zijn vroeg in de ochtend de stad ontvlucht, maar de verwachting is dat diverse rebellen verborgen zitten in de ruïnes. Geruchten gaan dat sommige rebellen zelfs burgers in gijzeling hebben en die als menselijk schild willen gebruiken. Andere burgers houden zich naar verwachting nog verscholen in de huizen.

Brian heeft als taak om zoveel mogelijk burgers te evacueren. Als lid van de VN Special Forces moet hij ook achtergebleven rebellen in de gebouwen lokaliseren, die de gespecialiseerde arrestatieteams later voor hun rekening nemen. Voor Brian gaan twee scouts Mark II uit die hem begeleiden op weg door de stad. De scouts baseren zich op informatie over het wegennet die ze doorkrijgen van de al uren boven de stad zwevende HawkEyes, autonome verkenners die iedere beweging waarnemen en direct doorgeven aan die scouts die zich in de risicozone van de beweging bevinden.

Bij risicopunten gaan de scouts op Brian vooruit en scannen de directe omgeving op levensvormen en gifgassen. Met kleurcodes geven ze aan wat ze vinden. Regelmatig nemen de scouts automatisch en onderling gecoördineerd nieuwe formatieposities ten opzichte van elkaar in. Hierdoor kunnen ze een verdacht object vanuit meerdere posities tegelijkertijd waarnemen en op die manier beter het risico van het object bepalen dan vanuit één positie mogelijk is.

Bij twijfelgevallen, wat in deze stad voor het meeste gedetecteerde leven geldt, tonen de scouts aan Brian het gedetecteerde leven met licht- en infraroodbeelden, waarop Brian zijn plan kan trekken. In geval van nood kan Brian de scouts enige tientallen meters vooruitsturen en ze traangas of een rookscherm laten afgeven. De scouts zoeken daarbij onderling gecoördineerd de beste posities op.

De scouts blijven plichtsgetrouw bij Brian, maar ook de drie Pevacuators die hij heeft meegekregen volgen zijn verrichtingen en rijden in een nette formatie achter Brian aan. Deze gepantserde 'People Evacuators', zoals ze volledig heten, gebruikt Brian om gevonden burgers veilig af te voeren tot buiten de stad. Zodra Brian burgers vindt, laat hij ze instappen in één van de Pevacuators en als ze vol zijn gaan ze op commando van Brian gedrieën autonoom en in formatie terug naar de rand van de stad.



Operatie Iraqi Freedom. Sergeant J. Barr start de motor van de onbemande RQ-1 Predator voor diens vlucht (Foto: USAF, K.J. Tomasik, bron: IMG/KI)

Fictie of werkelijkheid? De komende jaren of zelfs tientallen jaren, valt een optreden van trouwe robots, zij-aanzij van soldaat Brian, niet te verwachten. Maar daarna, zo vanaf 2025, zou het operationele optreden wel eens drastisch kunnen veranderen...

¹ H. Schmidt en E. Bovio - GOATS: Autonomous vehicle networks. In *Proceedings, Intl. Conf. Manoeuvring and Control of Marine Craft*. International Federation for Automation and Control, Aalborg, Denemarken, 2000.

² L.E. Parker, K. Fregene, Y. Guo en R. Madhavan - Distributed heterogeneous sensing for outdoor multi-robot localization, mapping, and path planning. In *Proceedings from the 2002 NRL Workshop on Multi-Robot Systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.

³ A.W. Stroupe - Mission-relevant collaborative observation and localization. In *Proceedings from the 2002 NRL Workshop on Multi-Robot Systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.

⁴ J.T. Feddema, D.A. Schoenwald - Stability analysis of decentralized cooperative controls. In *Proceedings from the 2002 NRL Workshop on Multi-Robot Systems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.

De eerste ontwikkelingen rond MRS

Multi-robotssystemen (MRS) staan nog in de kinderschoenen. Daar waar de

industrie en de krijgsmacht delen nog worstelen met de inzet van enkelvoudige robots, zijn er ook al initiatieven om grote robots met elkaar en met mensen te laten samenwerken.

De eerste ontwikkelingen rond MRS zijn uiteraard nog niet direct toepasbaar, maar zijn wel degelijk interessant voor het militaire optreden. Zo lopen er onderzoeken om zeemijnen in ondiep water te detecteren met vele kleine onderwaterrobots, die onderling gecoördineerd een zoekpatroon kunnen doorlopen en door hun grote aantal veel efficiëntere opsporingsantennes (verticale in plaats van horizontale arrays) kunnen gebruiken dan grote robots en door hun kleine omvang uitstekend in kuststroken kunnen opereren.¹

Een andere aanpak is het gecoördineerd bewaken van een terrein door meerdere robots, die alarm slaan bij een verdacht object en vervolgens samen met de andere robots een beter beeld proberen te krijgen van dat object dan met slechts één robot mogelijk is.^{2,3,4} Weer een andere ontwikkeling betreft een mijnenveld dat bestaat uit robots met een mijnlading die zelf, gecoördineerd, zorgen voor optimale dekking van een veld. →



Operatie Iraqi Freedom. Een RQ-1 Predator van het 15th Expeditionary Reconnaissance Squadron staat klaar voor zijn volgende missie

(Foto: USAF, K.J. Tomasik, bron: IMG/KI)

Deze robots zijn zelfs in staat om springend ('hoppend') een eventueel gemaakte doorgang in het mijnenveld geheel zelfstandig te repareren.

Ook is het met deze hoppelende mijnen in principe mogelijk voor bevriende troepen automatisch een (tijdelijke) doorgang te creëren door de mijnen te 'vragen' tijdelijk opzij te hopen.

Bij soldaat Brian zien we het multi-robotaspect op een paar plaatsen terug. Er zijn vier plaatsen rondom onze soldaat met de voor MRS kenmerkende coördinatie tussen robots.

- Tussen de HawkEyes onderling, om onderling het te verkennen gebied te verdelen, en om een complex of verdacht gebied tijdelijk met meerdere HawkEyes tegelijkertijd meer in detail te beschouwen.

- Tussen de HawkEyes en de scouts, om de scouts gericht verkenning-informatie te geven over het stratenplan en deelgebied waar de scouts op dat moment zijn. Ditzelfde geldt voor het leveren van verkenning-informatie aan de Pevacuators als zij autonoom terugrijden.

- Tussen de scouts onderling, om gezamenlijk een door de scout als verdacht aangemerkt object vanuit meerdere hoeken waar te nemen, om gecoördineerd een breed blikveld te krijgen en om gecoördineerd vanaf meerdere locaties een rookscherm te leggen.

- Tussen de Pevacuators onderling, om gezamenlijk en in formatie terug te rijden.

Onderzoek naar MRS

Momenteel bestaan diverse initiatieven om de ontwikkeling van MRS te stimuleren. Enkele voorbeelden hiervan:



Een commando omhangen met uitrusting die nodig is voor een HALO- ('High Altitude, Low Opening') parachute-sprong

(Foto: Directie Voorlichting MvD, H. Keeris; bron: IMG/KI)

a. De universitaire wereld heeft de RoboCup in het leven geroepen, een jaarlijks georganiseerd internationaal evenement, waarbij robotteams tegen elkaar voetbal spelen.⁵ Dit onschuldige spelletje is belangrijker dan op het eerste gezicht lijkt, want meerdere robots moeten samenwerken om één gezamenlijk doel te halen. Er bestaan mogelijkheden voor specialisaties binnen één team, en de robots moeten het gedrag van de vijandelijke partij inschatten en hierop reageren.

b. In de vs bestaan diverse omvangrijke stimuleringsprogramma's, voor een aanzienlijk deel vanuit de mili-

taire wereld gefinancierd. Deze programma's richten zich zowel op theoretische onderzoeken als praktische en experimentele taken. Als voorbeeld voor de omvang kan het stimuleringsprogramma voor het Amerikaanse 'Office of Naval Research' (ONR) dienen, dat ongeveer 30 miljoen USD bedraagt, verdeeld over vijf jaar.

c. De NAVO heeft een gespecialiseerde werkgroep opgericht om ontwikkelingen op het gebied van MRS tussen NAVO-partners onderling uit te wisselen en samenwerking te stimuleren.⁶

Eén van de voorlopige resultaten van deze werkgroep is een tweejaarlijkse workshop waarin onderzoekers en bedrijven van over de hele wereld hun vorderingen

⁵ Zie <http://www.robocup.org/>

⁶ Zie <http://www.rta.nato.int/ISTET015/Main.htm>

en verdere plannen presenteren.⁷ Nederland heeft hier nog geen onderzoek kunnen presenteren, gezien de nog zeer beperkte activiteiten op dit gebied van ons land.

Geografisch is de inspanning voor MRS-onderzoek zeer scheef verdeeld. Onbetwist aan top staan de Verenigde Staten met hun omvangrijke stimuleringsprogramma's. Op grote afstand volgen landen als Frankrijk en Japan. Daarna volgt een grote groep niet zo actieve landen. Nederland kent wel enige inspanningen op dit gebied, bijvoorbeeld bij de Vrije Universiteit, de Universiteit van Amsterdam, de Universiteit van Utrecht, de Technische Universiteit Delft en TNO, maar staat vooralsnog mijlenver af van de MRS-experimenten die in de VS lopen.

Wat zijn robots?

Er zijn veel verschillende definities van een robot in omloop. De elektronische Van Dale definieert een robot als een 'mechanisme dat al of niet de gedaante van een mens heeft en verrichtingen of arbeid kan uitvoeren'. Deze definitie laat veel ruimte voor interpretatie, waardoor zelfs een tijdgeschakelde koffiemachine een robot zou kunnen zijn: hij begint immers op een bepaald moment vanzelf koffie te zetten.

In de praktijk zijn robots overwegend mechanismen die een vooraf door mensen gedefinieerde taak uitvoeren, met een variabele mate van vrijheid in de uitvoering. In veel gevallen zal de robot in staat zijn zich voort te bewegen, maar dat is zeker niet altijd zo.

Kenmerkend voor een robot lijkt te zijn dat hij specifieke informatie uit de omgeving verzamelt en daarop zelf zijn gedrag aanpast.

⁷ Zie <http://www.pao.nrl.navy.mil/robots/> voor nadere informatie over de workshop, en <http://www.wkap.nl/prod/b/1-4020-0679-9> voor informatie over de eerste proceedings.

Een robot heeft dus een zekere interactie met zijn omgeving.

Waarom robots?

De motivatie voor de huidige inspanningen om robots en zelfs multi-robots te ontwikkelen, komt uit twee totaal verschillende bronnen. De eerste bron is de techniek. Onderzoekers met technische kennis zijn gefascineerd door de mogelijkheden van

robotica en zoeken naar geld en faciliteiten om hun kennis tastbaar te maken en te verbeteren.

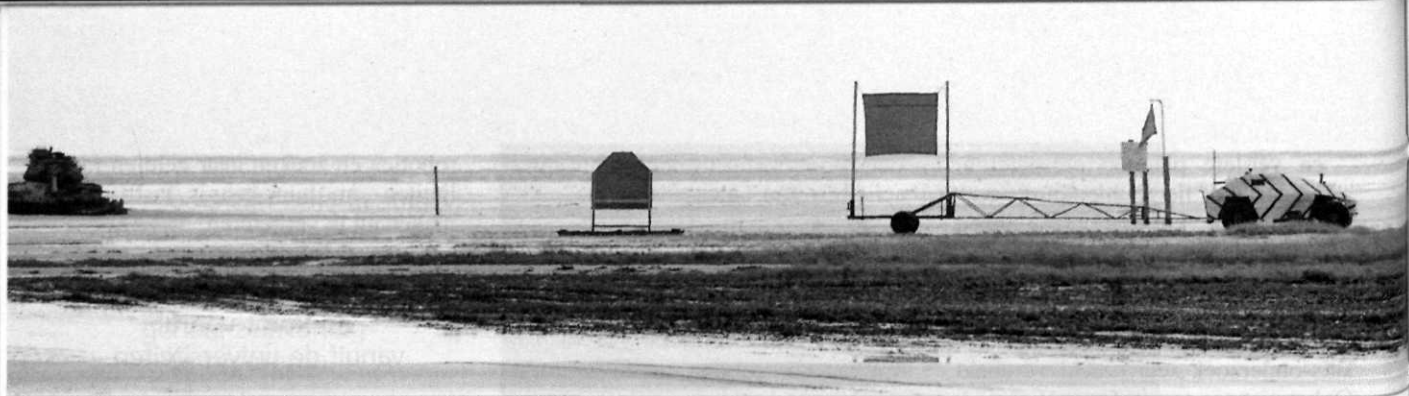
Dit is de 'technology push' en komt vooral vanuit de universiteiten.

De tweede bron is de toepassingsvisie. Professionals zien de gebreken in hun dagelijkse taakuitvoering en de belofte van nieuwe technologieën om



Binnenkort kunnen wellicht robots worden ingezet, in plaats van honden, bij het opsporen van mijnen (Bosnië, 2001)

(Foto: CAVDKM, H. Westendorp; bron: IMG/KI)



Vlieland, 2002. Het Opleidingscentrum Manoeuvre hield voor het eerst een schietserie met de Leopard 2 A6 gevechtstank. De Mooncat is een onbemand voertuig dat doelen met zich mee trekt in het schietgebied

(Foto: Directie Voorlichting MvD, P. Wiezorek; bron: IMG/KI)

deze gebreken op zijn minst ten dele weg te nemen.

Dit is de 'demand pull' en komt vanuit bedrijven en militairen.

Deze twee gezichtspunten moeten naar elkaar toe groeien. De 'technology push' moet nieuwe technologieën ontwikkelen en ter beschikking stellen aan de toepassers. Deze moeten de geleverde basistechnologieën dan nog wel bijschaven om ze werkelijk geschikt te maken voor de toepassingen.

Belangrijk is echter wel om deze twee verschillende groepen in gedachten te houden voor het goed kunnen plaatsen van de huidige ontwikkelingen. Beide groepen hebben elkaar nodig: de onderzoekers hebben de toepassers direct of indirect nodig voor financiering, en de toepassers hebben de onderzoekers nodig voor de broodnodige basistechnieken.

Militaire toepassers zien de toepassing van robots vooral in taken die te gevaarlijk of monotoon zijn voor mensen.

Denk hierbij aan het ruimen van AP-mijnen, het aanvullend verkennen van vijandelijk gebied of het langdurig bewaken van een terrein.

Autonomie van robots

Een hardnekkig misverstand is dat alle robots volledig zelfstandig hun gang gaan en dat mensen daardoor nooit controle over hun gedragingen hebben. Dit is niet correct.

'Tele-operated'

Autonomie van robots kent vele vormen. Het meest eenvoudig is 'tele-operated'. In dat geval bedient de mens op afstand de robot en in die gevallen dat een robot volledig 'tele-operated' is, is het maar de vraag of hij nog de naam robot verdient. Het andere uiterste is de volledig autonome robot. Deze zeer complexe vorm

is volledig zelfstandig en is in staat zonder tussenkomst van een mens zijn – door de mens opgedragen – missie te volbrengen.

De mate van creativiteit die de autonome robot hierbij aan de dag legt, kan sterk variëren. Zeker de eerste autonome robots volgen veelal strikte, door de mens gedefinieerde regels. In de verre toekomst zullen waarschijnlijk vormen ontstaan met meer ruimte voor 'eigen initiatief' van de robot.

Volledige autonomie is momenteel nog een zeldzaamheid voor grote robots.



'Host Nation Support' in de haven van Rotterdam bij het transport van Amerikaans materieel ten behoeve van operatie Iraqi Freedom

(Foto: Mediacentrum KI, K. van Berkesteijn; bron: IMG/KI)

Tussenvormen

Tussen autonoom en 'tele-operated' bevindt zich nog een schier oneindig scala van tussenvormen, waarin de robot ten dele autonoom is, maar ook ten dele wordt bestuurd door de mens. Dit heet dan 'semi-autonoom'. Een voorbeeld hiervan is een vliegtuig dat op afstand van mensen abstracte vliegorders krijgt, zoals het bewaken van een aangewezen gebied en de mensen inlichten zodra hij iets verdachts ziet. Vanaf dat moment neemt de mens op afstand handmatig de

minder gedetailleerd ingrijpen. Neem als voorbeeld een autonoom vliegtuig dat iets verdachts ziet en dit meldt aan de mens. De mens kan hierna het vliegtuig bijvoorbeeld in de 'tele-operated' modus zelf gaan besturen, maar ook nieuwe vlieg instructies geven, die het vliegtuig dan weer autonoom uitvoert.

Ook ingrepen die grote consequenties hebben – zoals het vanuit de lucht onder vuur nemen van een door het vliegtuig gedetecteerd doel – zullen

missie van een vliegende verkenners die door mensen naar een specifiek gebied wordt gestuurd en waarbij de mensen in geval van een door de robot gedetecteerd verdacht object, volledige controle willen hebben over de nadere inspectie van dat object.

De robot stijgt in eerste instantie 'tele-operated' op. Dit betekent dat de mens op afstand onder andere de stand van gashandle en hoogteroeer bepaalt, bijvoorbeeld omdat de robot dit tijdens de lastige start nog onvoldoende betrouwbaar zelf afkan.

Na het opstijgen is de robot prima in staat om autonoom een door de mensen opgegeven koers te vliegen, en daarvoor de stand van onder andere gashandle en hoogteroeer te bepalen. Tevens bepalen mensen op basis van beelden die de robot vanaf grote hoogte continu doorgeeft, een specifiek gebied dat de robot moet gaan bewaken. Hierbij is de robot semi-autonoom, omdat hij weliswaar zelfstandig vliegt, maar de mens aangeeft welk gebied hij moet verkennen. Het bewaken doet de robot weer volledig autonoom, totdat hij een verdacht object detecteert en dit doorgeeft aan de mensen. Vanaf dat moment nemen mensen de volledige besturing van de robot over, om precies de door hen gewenste detailinspectie van het object uit te voeren.



Een Mooncat doelsleepvoertuig tijdens een schietoefening op Vlieland (2002) (Foto: Mediacentrum KI, A. Baak; bron: IMG/KI)

besturing van het vliegtuig over om gericht aanvullende informatie te vergaren.

Een ander voorbeeld is een vliegtuig dat weliswaar autonoom kan vliegen, maar tijdens het moeilijke opstijgen en landen tijdelijk 'tele-operated' is.

Belangrijk is dat de mate van autonomie van robots tijdens een missie continu kan variëren. Taken die de robot zelf goed kan, mogen geen beslag leggen op menselijke capaciteit. Maar zodra de taken te complex of te risicant worden, moet de mens meer of

alleen op expliciet commando van de mens kunnen gebeuren.

Autonomie
is dus een continuüm.

Dit geldt zowel voor de mogelijkheden van verschillende robots, als voor de modus waarin één individuele robot zal opereren gedurende één missie.

De autonomie kan zelfs gedurende één missie wijzigen. Bijvoorbeeld van de

Impact van robots op het militaire optreden

Historisch gezien heeft de technische vooruitgang altijd een grote invloed gehad op het militaire optreden. Voorbeelden zijn de ontwikkeling van gemotoriseerde voertuigen en vliegtuigen, maar ook de introductie van computerchips voor het nauwkeuriger richten van vuurmonden. In een aantal gevallen is het militaire apparaat zelfs de aanjager geweest van de technische vooruitgang; denk aan de stormachtige ontwikkeling van radar en straalvliegtuig tijdens de Tweede Wereldoorlog. →

De geschiedenis zal zich gaan herhalen voor robotica.

Net zoals de introductie van gemotoriseerde voertuigen de militaire mogelijkheden dramatisch hebben veranderd, zullen ook robots onvermijdelijk hun intrede doen in zowel het civiele als het militaire toepassingsgebied.

In eerste instantie zullen slechts enkelvoudige robots hun intrede doen. De eerste, experimentele vormen hiervan komen langzaam in beeld, zij het dat ze nog verre van perfect werken.

Voorbeelden van de eerste militaire robots zijn het Amerikaanse autonome voertuig DEMO III, het Amerikaanse autonome spionagevliegtuig Predator, het tele-operated vliegtuig Sperwer en het Nederlandse doelsleepvoertuig Mooncat op Ameland.^{8,9} De huidige stand van de techniek zorgt ervoor dat de succesvolle varianten van deze enkelvoudige robots óf zeer eenvoudige taken in een zeer eenvoudige omgeving uitvoeren, óf tele-operated zijn.

Het herhaaldelijk neerstorten van de Predator in Afghanistan is voor een belangrijk deel te wijten aan het nog onvoldragen autonoom gedrag tijdens het starten en landen. Ook de huidige vormen van tele-operated robots zijn nog verre van ideaal, zoals bij de Sperwer, waarvoor op de grond wel drie mensen nodig zijn om één vliegtuig op afstand te bedienen!

Enkelvoudige robots

Enkelvoudige militaire robots zullen vooral een rol spelen bij essentiële, maar relatief eenvoudige taken. Voorbeelden hiervan zijn:

- vanuit de lucht of vanaf de grond verkennen van een gebied;
- uitvoeren van logistieke transporten;
- ruimen van mijnen.

In deze zin zullen enkelvoudige militaire robots weliswaar een impact hebben op het militaire optreden, maar deze is vooralsnog vrij beperkt. Voordelen van goede, enkelvoudige robots zijn het wegnemen van gevaarlijke taken voor mensen (zoals mijnen ruimen), het verlichten van de menselijke werkdruk door taken uit te voeren waarbij de menselijke aanwezigheid niet heel veel toevoegt (zoals het uitvoeren van verkenningen vanuit de lucht) en het verbeteren van de resultaten (zoals lagere voertuigen met afwijkende vormen voor verkenningmissies die minder snel worden opgemerkt door de vijand).

Enkelvoudige robots lopen echter tegen hun grenzen aan als hun taak te groot of te complex wordt. Neem bijvoorbeeld het verkennen van een groot gebied vanuit de lucht. Een enkelvoudige vliegende robot die het gehele gebied in een korte tijd moet verkennen, zou heel hoog moeten vliegen (voor meer overzicht) of heel snel moeten vliegen (voor meer verkend gebied per tijdseenheid). In beide gevallen leidt dit tot hoge eisen aan de sensoren van de vliegende robot én aan zijn vliegprestaties.

Of neem bijvoorbeeld een robot die een verkenning moet uitvoeren in vijandelijk gebied met moeilijk terrein (ravijnen, bossen, stenen, rivieren en hellingen) waarbij de robot moet zoeken naar schuilplaatsen van vijandelijke eenheden en naar opslagplaatsen van chemische en biologische wapens. Dit leidt tot een zeer complexe en kwetsbare robot waarop tal van sensoren zijn gecombineerd met de mogelijkheid om in zeer complex terrein zijn weg (en zijn weg terug!) te vinden.

Ook zijn deze enkelvoudige robots kwetsbaar bij het uitvoeren van een missie: één welgemikt schot van de vijandelijke luchtafweer volstaat om de hoogwaardige verkenner uit te schakelen.

In dergelijke gevallen zijn enkelvoudige robots duidelijk niet de optimale oplossing. Wel is er een tendens dergelijke gevaarlijke taken door robots te willen laten uitvoeren.

Multi-robotsystemen

Multi-robotsystemen kunnen hiervoor een oplossing zijn. Deze MRS zullen vooral een rol gaan spelen bij meer gecompliceerde taken. Essentieel hierbij zijn de volgende eenvoudige principes:

- verdeel een te grote taak over meerdere deeltaken;
- verdeel een te complexe taak over meerdere specialismen.

Bij het verkennen van het grote gebied vanuit de lucht met MRS, is het niet langer nodig om een zeer hoog of snel vliegende luchtrobot in te zetten. In plaats daarvan is het mogelijk meerdere kleine luchtrobots te gebruiken die ieder op vrij geringe hoogte en met niet al te hoge snelheid vliegen. De robots coördineren dan zelf onderling een efficiënt zoekpatroon en kunnen desgewenst de hulp van 'collega' robots inroepen om een verdacht object vanuit meerdere hoeken tegelijkertijd waar te nemen.

Zo kunnen ze gezamenlijk een betere (driedimensionale en eventueel multi-sensor) inschatting van dat object krijgen, dan met één losse robot mogelijk is. Voordeel is de eenvoudiger en goedkopere constructie door de lagere vereiste prestaties van de aandrijving en de waarnemingssensoren. Een voordeel is ook de verbeterde robuustheid van de verkenning. Wanneer één luchtrobot om wat voor

⁸ DEMO III: zie <http://robotics.jpl.nasa.gov/people/arankin/98.auvsi/sld001.html>

⁹ Predator: zie http://www.fas.org/spp/military/docops/defense/actd_mp/MAE.htm

reden dan ook uitvalt, verkennen de overige luchtrobots nog steeds hun eigen gebied, maar zullen ze automatisch ook het gebied van de uitgeval- len robot overnemen.

Bij het verkennen van een moeilijk terrein met MRS, kunnen één of meerdere luchtrobots vanuit de lucht een overzicht van het terrein doorgeven aan meerdere verkennende robots op de grond. De grondrobots krijgen zo relevante informatie waar zich bijvoorbeeld ravijnen, rivieren of te steile hellingen bevinden, waardoor zij een betere route kunnen plannen die de hindernissen omzeilt.

Ook kunnen de grondrobots ieder gespecialiseerd zijn in een eigen type waarneming, bijvoorbeeld één voor chemische sporen, één voor biologische sporen en één voor vijandelijke schuilplaatsen. Bij alarm van één van deze robots delen zij deze informatie met elkaar en met de thuisbasis. Dergelijke gespecialiseerde robots kunnen door deze opzet stuk voor stuk eenvoudiger blijven dan één grote robot die alle taken moet uitvoeren.

Dergelijke voorbeelden van toekomstige taken geven de impact van MRS op het militaire optreden weer. Het wordt eenvoudiger om meer en gedetailleerdere informatie te vergaren, waardoor het militaire optreden doeltreffender wordt. Essentieel is daarbij dat de robots niet klakkeloos alle ver- gaarde informatie doorgeven aan de mens en zo een onwerkbare 'information overload' creëren, maar de ver- gaarde informatie op intelligente wijze filteren en alleen de essentiële informatie op hoofdlijnen doorgeven.

Ook nemen de persoonlijke risico's van militairen af door betere informatie en door het inzetten van robots voor gevaarlijke taken.

Het militaire optreden wordt daarmee dus verfijnder en schoner. Wel nemen de eisen aan de militairen zelf toe,

aangezien zij in toenemende mate in staat moeten zijn om goed met deze technologieën om te gaan.

De MRS zullen dus vooral een ondersteunende taak krijgen in het militaire optreden, zij het dat die ondersteuning veel verder gaat dan wat de huidige hulpmiddelen op het slagveld ons kunnen bieden.

Het bij veel mensen levende beeld dat bewapende robots straks de strijd volledig zullen overnemen en met zwaar geschut automatisch de oorlog uitvechten, is derhalve niet correct.



Nederlandse ISAF-militairen in Afghanistan, 2002

(Foto: Mediacentrum KL, A. Baak; bron: IMG/KL)

Robots uitrusten met dodelijke wapens is de komende tijd nog niet aan de orde.

Eén oorzaak is de voorlopig nog te beperkte zekerheid dat robots in een werkelijk optreden inderdaad de juiste keuzen maken. Denk bijvoorbeeld aan de gevolgen als een gerobotiseerde bommenwerper de verkeerde doelen identificeert en vervolgens gaat bestoken. Of aan de gevolgen van een autonome communicatie-'jammer' die per abuis besluit het eigen communicatienetwerk te gaan storen. En

dan is nog niet eens gesproken over de mogelijkheid dat een vijandelijke partij onze met wapens uitgeruste robots bemachtigt en hun gedrag in haar voordeel modificeert.

'Technology push' en 'demand push'

De militaire inzet van MRS moet passen binnen het militaire optreden. Echter, dit militaire optreden met MRS is niet hetzelfde als het huidige optreden. MRS voegen nieuwe mogelijkheden toe, waarvan militairen over

enige jaren – als de gedachten er rijp voor zijn – waarschijnlijk graag gebruik maken. Wel moeten deze nieuwe mogelijkheden passen in de totale inzet.

Om hier grip op te krijgen vallen dezelfde wegen te bewandelen als bij de ontwikkeling van robots in zijn algemeenheid: 'technology push' en 'demand pull'. Onder 'technology push' verstaat men het in het wilde weg bedenken van militaire toepassingsmogelijkheden van MRS en kijken hoe deze zijn in te passen in de bestaande doctrines. Onder 'demand pull' valt het vanuit militaire doctrines zoeken naar kansen om op een

zinnvolle manier MRS in te zetten, hetzij voor nieuwe taken, hetzij om bestaande taken te vereenvoudigen of te verbeteren.

De 'technology push' leeft bij de gratie van enkele enthousiastelingen die zomaar nieuwe toepassingen bedenken en voorstellen. In de praktijk hebben deze ideeën, behoudens enkele uitzonderingen, echter bitter weinig kans tot een werkelijk succes. De reden is het meestal niet goed ingepast zijn in bestaande doctrines en het ontbreken van draagvlak op de juiste niveaus.

De 'demand pull' vereist het gestructureerd en serieus kijken naar mogelijkheden om MRS in te zetten binnen de huidige of toekomstige doctrine. Dergelijke ideeën hebben een veel grotere kans om een succes te worden, aangezien het draagvlak vanaf het begin groter is (ze zijn immers bedacht door diegenen die tot taak hebben de doctrine te ontwikkelen) en ze naadloos worden ingepast in de doctrine.

Deze 'demand pull' vereist echter ook dat groepen militaire deskundigen die zich bezighouden met doctrineontwikkeling de mogelijkheden van MRS meenemen bij het bepalen welke middelen nodig zijn om de door de doctrine voorgeschreven effecten te bereiken. Hierbij valt te denken aan de vele mogelijkheden om robottechnieken toe te passen bij het verkrijgen van een zo groot mogelijke 'situational awareness'. Uiteindelijk is dit de basis voor iedere militaire operatie/ actie.

Maar ook bij het sorteren van effecten op basis van de gecreëerde 'situational awareness' kunnen robots een rol spelen. Omdat de mens altijd de verantwoordelijkheid zal moeten dragen voor de toegebrachte effecten zullen deze 'effect-robots' minder autonoom kunnen zijn.

n het 'Future Combat System', dat een sleutelrol speelt in het toekomstige Amerikaanse leger ('objective force'), zal ook gebruik worden gemaakt van robottechnieken.

Huidige stand van zaken

Voorlopig kunnen we MRS nog niet inzetten. Daarvoor loopt de huidige generatie enkelvoudige robots nog tegen te veel problemen aan. Zo is het autonoom opstijgen en landen van vliegende robots nu nog van zodanige kwaliteit, dat de Predator in Afghanistan daarbij vaker dan ons lief is neerstort. Ook het rijden van landrobots door ruw terrein en het zelf vinden van een route gaat nu nog beslist niet van een leien dakje.

Zelfs een oude ezel
komt in ruw terrein
een stuk beter uit de verf
dan een autonoom
landvoertuig.

Dit ligt ten eerste aan de fysieke (on)mogelijkheden van rups- en wielvoertuigen in ongestructureerd terrein, maar ten tweede ook aan de beperkingen om geautomatiseerd, zelfstandig de weg (heen en terug) te vinden in ruw terrein, vooral in terreinen waarvan geen digitale kaarten bestaan.

Onvoorspelbaar gedrag

Essentieel voor de inzetbaarheid van MRS is hun voorspelbaarheid. Dit betekent dat van tevoren heel zeker is vast te stellen hoe ze zich in het veld zullen gaan gedragen, terwijl de operationele omstandigheden van tevoren maar matig zijn vast te stellen. Vergelijk het met een mens, die zijn eerste levensjaren nodig heeft om te leren om te gaan met van tevoren ongedefinieerde omstandigheden. De mens doet dit, eenvoudig gezegd, door doorgemaakte situaties te abstraheren tot typen situaties en vervolgens in werkelijke situaties één of meer van deze typen te herkennen en daarnaar te handelen. Dit is ervaring.

Daarnaast is de mens in staat om van anderen kennis over te nemen van situaties die hij zelf nog nooit heeft

meegemaakt, maar met die kennis wel in de praktijk die situaties kan herkennen en ernaar te handelen. Dit is cognitief leren. Bovendien is de mens in staat dit gedrag continu te verfijnen en zichzelf te verbeteren. Uiteindelijk stabiliseert dit leergedrag samen met de intrinsieke kenmerken van het individu zich tot een min of meer stabiel patroon, waardoor mensen een zekere mate van voorspelbaarheid krijgen.

Robots zijn nog verre
van voorspelbaar in complexe
praktijksituaties.

Als robots al voorspelbaar zijn, dan is hun gedrag in het algemeen te eenvoudig om van werkelijke waarde te zijn. Er is dus nog een lange weg te gaan. Het zal daarom nog heel lang duren voordat een robot autonoom een wapen mag bedienen.

Communicatieproblemen

De interface tussen robots en mens is momenteel ook nog een struikelblok. Mensen hebben grote moeite om robots snel en efficiënt duidelijk te maken welke taken ze moeten uitvoeren. Andersom hebben robots grote moeite om de door hen verzamelde informatie op een compacte en toch complete manier aan mensen te presenteren. Met de huidige interfaces zoals toetsenborden en LCD-schermen is dat ook niet verwonderlijk.

Om deze moeizame relatie
te verbeteren moeten
zowel de interface van mens
naar robot, als de interface
van robot naar mens
ingrijpend verbeteren.

Mogelijkheden voor een betere interface van mens naar robot zijn het door de robot begrijpen van menselijke spraak, gebaren en gezichtsexpressie, maar ook het kunnen omgaan met op hoog abstractieniveau aangegeven taken.

Voorbeeld van een dergelijke verbeterde interface is een robot een bepaald gebied te laten bewaken door eenvoudigweg dat gebied aan te wijzen en hem te zeggen: 'bewaak dit gebied en rapporteer mij alle verdachte objecten'.

De betere interface van robot naar mens zorgt ervoor dat de robot begrijpelijk wordt voor de mens. Denk aan de lichtgroen oplichtende scouts van soldaat Brian die met die kleurcodes hun bevinding over de veiligheidssituatie aan hem doorgeven. Hierop zijn natuurlijk nog vele variaties te bedenken, maar het sleutelwoord is dat robots in staat zijn om informatie te abstraheren tot een niveau waar de mens mee uit te voeren kan.

In het voorbeeld van soldaat Brian, bijvoorbeeld, zou het minder van nut zijn als de scouts alleen op een scherm een compleet beeld zouden tonen van de situatie die zij om de hoek waarnemen. De waarde ligt juist in het door robots interpreteren van de veelheid aan informatie tot een voor mensen relevant begrip, zoals 'het is veilig' of 'zware chemische vervuiling geconstateerd'. Zonder deze interpretatie verlichten de robots niet zozeer de taken van de mens, maar verzwaren deze eerder. Ook dit ver-

werkingsproces moet uiteraard zeer controleerbaar en voorspelbaar zijn om echt van waarde te kunnen zijn.

Technische beperkingen

Andere nog te nemen hindernissen zijn van meer basaal technische aard. Communicatie tussen robots onderling en naar mensen bijvoorbeeld vraagt, volgens de huidige radiotechnieken, bandbreedte. Deze is schaars en relatief eenvoudig te storen. Dit betekent dat de beschikbare ruimte slim moet worden gebruikt, bijvoorbeeld door zo min mogelijk informatie onderling uit te wisselen. Ook dit wijst naar communicatie op hoog abstractieniveau in plaats van het uitwisselen van vele detailgegevens.

Robots moeten dus
in staat zijn om zelf
detailgegevens te verwerken
tot bruikbare informatie
op een hoog
abstractieniveau.

Ook de energievoorziening is nu nog een probleem, aangezien de huidige systemen leiden tot een hoog gewicht en beperkt bereik (batterijen) of tot eenvoudig te detecteren warmte- en gasuitstoot (diesel).

Conclusies

Het hele veld van multi-robotsystemen (MRS) overziend, staan deze systemen nog in de kinderschoenen. Zelfs de inzet van enkelvoudige robots in praktijksituaties is momenteel nog problematisch. Maar over zo'n twintig jaar kan de situatie geheel anders zijn. De kans is reëel dat dan de eerste vormen van samenwerkende robots gaan verschijnen.

Deze samenwerkende robots zullen de eerstkomende tijd zeker nog niet geheel autonoom zijn.

Spookbeelden van
een slagveld waarop alleen
robots tegen elkaar vechten
zitten er niet in.

Wel zullen robots steeds eenvoudiger gaan samenwerken met mensen, en de mens steeds meer taken uit handen nemen. Daarbij zullen deze samenwerkingsverbanden van robots en mensen een meer geraffineerd en doelgericht optreden laten zien door het vergaren van steeds betere en meer op de behoeften van de mens afgestemde informatie.

Om de gedachten over inzet van MRS in het militaire optreden te laten rijpen, is het goed dat alvast initiatieven bestaan zoals de investeringen van de Amerikaanse overheid en de NAVO-werkgroep. Dit kan echter niet goed zonder de integratie van MRS in doctrineontwikkelingen. Het meenemen van specifieke MRS-mogelijkheden in scenariostudies is een goede aanpak om het MRS gedachtegoed een logische en waardetoevoegende plaats te geven in militaire doctrines.

Groeiende aandacht voor multi-robotsystemen in de ontwikkeling van het militaire denken is de komende jaren dan ook een 'must'. Alleen dan zal soldaat Brian een Nederlander kunnen zijn.



'Ook het rijden van landrobots door ruw terrein (...) gaat nu nog beslist niet van een leien dakje.' Nederlandse ISAF-militairen in Afghanistan, 2002

(Foto: Mediacentrum KL, A. Baak; bron: IMG/KL)