

27 MAART 1985

G. A. SCHWIPPERT en G. K. STEENVOORDEN

ONDERZOEK NAAR BETERE SENSOREN MOET ROBOTS FLEXIBELER MAKEN

Ook de robots van de zogeheten 'tweede generatie' – die zijn uitgerust met micro-processoren en opnemers (sensoren) – zijn niet flexibel genoeg. Ze reageren nog steeds onvoldoende snel op wijzigingen tijdens het productieproces. Een verandering bijvoorbeeld in de ruwheid van het aangevoerde materiaal, of een transportband die iets sneller gaat draaien.

Ir. G. A. Schwippert en ir. G. K. Steenvoorden zijn medewerkers van respectievelijk het Centrum voor Micro-Elektronica Delft (CME-Delft) en de Technisch Fysische Dienst TNO-TH (TPD). De beide Delftse auteurs schrijven onder meer over het zogeheten 'speerpuntproject' Industriële Sensoren. Wetenschappelijk onderzoek moet leiden tot betere sensoren die onontbeerlijk zijn voor een intelligente automatisering van de industriële productie.



G. A. Schwippert (48) studeerde elektrotechniek aan de Technische Hogeschool Delft. Sinds 1964 is hij in dienst van TNO, eerst als medewerker van wat nu de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO (MT-TNO) is. Ruim twee jaar geleden, begin 1982, werd hij hoofd van het Centrum voor Micro-Elektronica Delft (CME-Delft). Dit centrum, een van de drie die ons land telt, is een zelfstandig onderdeel van de Hoofdgroep Technisch-Wetenschappelijke Diensten TNO (TWD-TNO), maar is tevens gelieerd met de landelijke Stichting Centra voor Micro-Elektronica (SCME).

Verbetering van de kwaliteit van het produkt en verdere automatisering kunnen slechts tot stand worden gebracht door het inzetten van 'intelligente robots' in met behulp van computers gestuurde fabricagesystemen. Robots dus die zijn voorzien van opnemers (sensoren) en een (micro-)processor als geheugen hebben.

Zo'n tien jaar nu worden robots op een wat grotere schaal gebruikt voor eenvoudige processen. Voor het aan- of afvoeren van materialen bijvoorbeeld, of voor lassen en spuiten.

De zogeheten 'eerste generatie robots' zijn robots die bestaan uit een mechanisch gedeelte dat de beweging verzorgt, aangedreven door elektrische motoren of een hydraulisch mechanisme, en een deel dat bestuurt. Dit laatste gedeelte bestaat bijvoorbeeld uit nokken op een programmawals. Robots van de eerste generatie kunnen slechts een zeer beperkt aantal stappen in een programma uitvoeren.

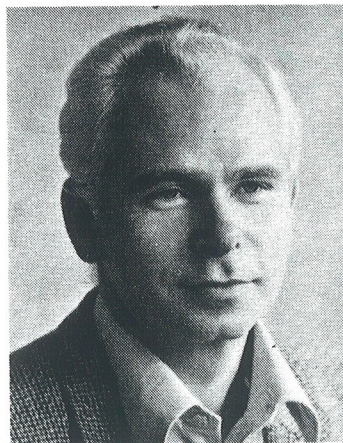
Tweede generatie

Het beschikbaar komen van micro-processoren leidde tot een belangrijke verbetering. Het geheugen van robots van de twee-

de generatie kan een aanzienlijk groter programma bevatten en is makkelijker te veranderen (programmeren). Door het gebruik van opnemers (sensoren) die de positie van de arm meten is niet alleen een besturing van punt naar punt mogelijk, maar ook een goede regeling van de beweging van de arm zelf. Dit wordt een gecontroleerde vloeiende beweging.

De tweede generatie robots is echter nog steeds beperkt inzetbaar. Voor een meer uitgebreide toepassing van deze machines, met name in de vaak kleine series fabricerende Nederlandse industrie, is een grotere flexibiliteit van de robots vereist.

Pas als robots in staat zijn te reageren op snel veranderende omstandigheden in het productieproces is een grotere flexibiliteit bereikt. Bij deze veranderingen in het productieproces gaat het niet alleen om wijzigingen in de eigenschappen van de te bewerken materialen, zoals afmetingen of mate van ruwheid. De veranderende omstandigheden kunnen ook betrekking hebben op de positie van onderdelen, op transportsnelheden, uitgeoefende krachten en dergelijke.



G. K. Steenvoorden (40) studeerde eveneens aan de TH Delft. Hij is wetenschappelijk medewerker van de Technisch Fysische Dienst TNO-TH in dezelfde stad. Bij de TPD is ir. Steenvoorden belast met de leiding van de afdeling Elektronica. Tevens is hij wetenschappelijk coördinator van het 'speerpuntproject' Industriële Sensoren van het CME-Delft en coördinator van het 'stimuleringsprogramma' Sensoren en Actuatoren van de Stichting voor Technische Wetenschappen.

Sensoren

Sensoren (opnemers) moeten deze wijzigingen buiten de robot zelf waarnemen en meten. Kenmerk van een sensor is dat een fysische grootte zoals druk of snelheid wordt omgezet in een elektrisch signaal. Dit signaal is dan een maat voor een verandering in die grootte.

De door de sensor afgegeven signalen kunnen een zeer eenvoudig karakter hebben. Dan kan het gaan om twee mogelijkheden: aan of uit, wel of geen spanning (1 bit informatie). Een zeer ingewikkeld karakter is echter ook mogelijk, zoals het geval kan

zijn bij beeldvorming van onderdelen tijdens automatische assemblage. Daarbij is een informatie-niveau van bijvoorbeeld ruim 500 000 bit (256 x 256 punten of meer met ieder 8 bit informatie) zeker geen uitzondering. Hierbij kunnen meerdere beelden per seconde aangeboden worden, waardoor de snelheid waarmee de informatie verwerkt moet worden problemen met zich mee kan brengen.

Een vergelijking met de menselijke zintuigen dringt zich op. In analogie met deze zintuigen (ogen, tastzin, oren en neus) kan bij robots onderscheid worden

gemaakt tussen verschillende soorten sensoren:

- *optische sensoren* voor beeldherkenning, zogeheten 'robotvision', en wel in twee of drie dimensies;

- *tast- en krachtsensoren*, de 'vingers' van een robot;

- *akoestische sensoren*, die geluid uitzenden en opnemen (transducenten) of geluid alleen opnemen (bijvoorbeeld de menselijke stem);

- *reuksensoren* voor het waarnemen en het meten van de concentratie van gassen.

Bij menselijk waarnemen is van groot belang de communicatie tussen zintuigen en hersenen. Dit geldt ook voor het transport van gegevens (data) tussen de metende sensoren en het verwerkende bestuursorgaan.

Een ernstige beperking van de genoemde systemen is dat de bewerking vrijwel altijd beperkt is tot tweedimensionale beelden. Het kunnen interpreteren van driedimensionale beelden is een opgave die de komende jaren veel aandacht zal opeisen.

Robotvision

De waarde van het optisch kunnen herkennen van voorwerpen en omstandigheden is reeds lang onderkend. Op dit gebied is dan ook al veel onderzoek gedaan en is veel onderzoek gaande. In Delft is een Centrum voor Beeldbewerking opgericht waar de Technische Fysische Dienst TNO-TH (TPD), de afdeling Technische Natuurkunde en de afdeling Elektrotechniek van de Technische Hogeschool Delft op het brede gebied van beeldbewerking samenwerken.

'Speerpuntprojecten' zijn projecten die op iets langere termijn toepasbare resultaten (als produkt of als systeem) moeten opleveren voor het Nederlandse bedrijfsleven, maar nu nog niet commercieel haalbaar zijn.

De sensor die gebruikt wordt is over het algemeen een T.V.-camera of een zogeheten 'solid state camera' (een camera die werkt met een halfgeleider als opneemelement). De beelden worden in beeldpunten (pixels) verdeeld en de grijswaarde (een intensiteitswaarde tussen licht en donker) van een punt wordt bepaald. Wordt een meer continue informatie gewenst, dan kan gebruik worden gemaakt van een zogenoemde P.S.D. (position sensitive device), een silicium sensor gebaseerd op het laterale foto-diode effect (het effect waarbij de fotostroom in horizontale richting over de sensor wordt verdeeld).

De opgenomen beelden bevatten zeer veel informatie. Voor het trekken van de juiste conclusie is daarom een belangrijke vermindering van de hoeveelheid gegevens noodzakelijk. Dit moet wor-

den gecombineerd met een krachtige microprocessor. Problemen treden op als de gewenste informatie nog tijdens de produktie, en dus snel, beschikbaar moet komen.

Het verwezenlijken van een snel werkend visionsysteem met goede gebruiksmogelijkheden voor een redelijke prijs is een uitdaging aan degenen die zich op dit gebied hebben begeven.

Een activiteit van het Centrum voor Micro-Elektronica Delft is het onderzoeken van de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden van de P.S.D. Dit in samenwerking met de vakgroep Elektrotechnische Materialen van Prof. S. Middelhoek van de TH Delft.

Een ernstige beperking van de genoemde visionsystemen is dat de bewerking vrijwel altijd beperkt is tot tweedimensionale beelden. Het kunnen interpreteren van driedimensionale beelden is een opgave die de komende jaren veel aandacht zal opeisen.

Het gebruik van reuksensoren is niet erg ontwikkeld. Ook al omdat betrouwbare sensoren op dit gebied nauwelijks te verkrijgen zijn.

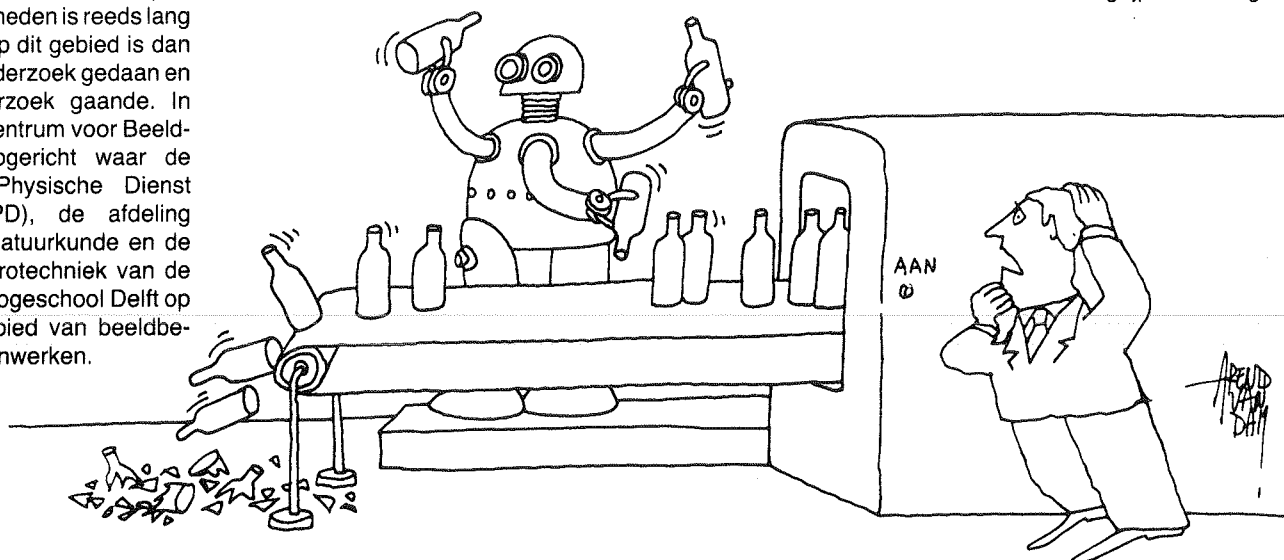
Enerzijds ligt hier een optisch probleem: hoe wordt betrouwbaar en nauwkeurig de derde dimensie omgezet in een optisch signaal? Anderzijds neemt de informatiestroom toe en worden de eisen die aan de microprocessoren zullen gaan worden gesteld uitzonderlijk. Oplossingen worden gezocht in bijzondere elektronische schakelingen en in 'artificial intelligence' (AI, kunstmatige intelligentie).

Een ander aandachtspunt betreft de kleur- en contourenherkenning van voorwerpen. Bij automatiseringsproblemen en kwaliteitsbeheer zoals het sorteren van fruit is dit aspect van groot belang.

Tast- en krachtsensoren

De grijper van de robot is een van de onderdelen die zeer in de aandacht van de onderzoeker staat. Door de vingers van de grijper een soort 'gevoel' te geven is de robot in staat de vorm van onderdelen te herkennen en te bepalen in welke positie een onderdeel zich in de grijper bevindt. Een veel voorkomende manier is krachten die op de vingers worden uitgeoefend te meten door middel van rekstrookjes.

Nieuwe ontwikkelingen maken gebruik van piëzo-elektrische folie. Het Kunststoffen en Rubber Instituut TNO (KRI-TNO) onderzoekt samen met de afdeling Technische Natuurkunde van de TH Delft een grijpersensor geba-



seerd op het piëzo-elektrische PVDF (polyvinylideen fluoride). De sensor zal uit ongeveer 16x16 elementen van ieder 1mm² bestaan.

Bij het geautomatiseerd monteren is de bepaling van de krachten die op de gripper worden uitgeoefend ook een belangrijk gegeven om de positie van onderdelen ten opzichte van elkaar te bepalen. Kunnen meten hoe het krachterspel zich afspeelt bij bijvoorbeeld het positioneren van een as in een gat is een belangrijk gegeven om terug te koppelen naar de besturingseenheid. Het verwerken van de signalen van een array (een matrix, dat wil zeggen een rij van bv. een of twee dimensies) van krachtopnemers lijkt op dat van het verwerken van een beeld. Wel zal het bij krachtsensoren vaker voorkomen dat slechts een gedeelte van het voorwerp wordt waargenomen. Zodat dan de bepaling van de gewenste informatie aanzienlijker gecompliceerder is.

Ultrageluid en spraak

Voor het bepalen van de afstand van de gripper tot een voorwerp kan ook gebruik worden gemaakt van ultrageluid, uitgezonden én gemeten door transducenten (omzetten van elektrische naar akoestische energie en omgekeerd). Een korte puls van bijvoorbeeld 100 kHz wordt uitgezonden. Uit de looptijd en de vorm van het gereflecteerde signaal kan de sensor de afstand en eventueel de vorm van het voorwerp bepalen.

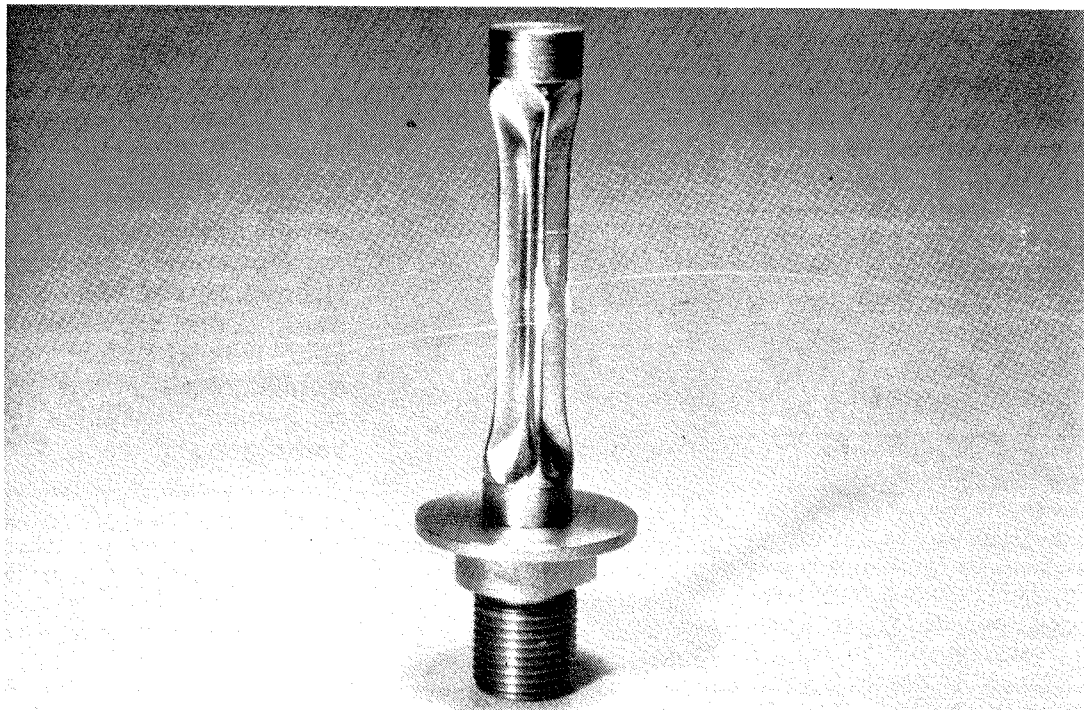
Het onderzoek richt zich op de ontwikkeling van zogeheten breedbandige transducenten, respectievelijk een array van transducenten, en een geavanceerde signaalbewerking met behulp van microprocessoren. De TPD en het Centrum voor Micro-Elektronica Delft voeren een zogeheten speerpuntprogramma uit op het gebied van akoestische sensoren.

Een andere manier geluid te gebruiken is het geven van opdrachten met de menselijke

stem. Voordelen zijn een snelle en weinig vermoeiende interactie tussen mens en machine, terwijl de handen vrij kunnen worden gehouden. Ook uit veiligheidsoverwegingen kan een aanzienlijk betere situatie ontstaan.

Tot nu toe zijn geen industriële robots met deze faciliteit uitgerust, tenzij een schrijfmachine met stemherkenning tot de robots zou worden gerekend. Wel is de haalbaarheid op overtuigende wijze aangetoond, inclusief terugmelding met een kunstmatige stem, zoals in Atlanta

Glasvezelsensor



(USA) in forensentreinen nu te beluisteren is.

Detectie van gassen

Het gebruik van reuksensoren is niet erg ontwikkeld. Ook al omdat betrouwbare sensoren op dit gebied nauwelijks te verkrijgen zijn. En omdat het dikwijls gaat om het selectief detecteren van minimale hoeveelheden gas of damp. Toepassingsgebieden van reuksensoren zijn het bewaken van de samenstelling van afvoergas-

De tweede generatie robots is nog steeds beperkt inzetbaar. Voor een meer uitgebreide toepassing van deze machines, met name in de vaak kleine series fabricerende Nederlandse industrie, is een grotere flexibiliteit van de robots vereist.

sen waarbij zowel milieutechnische als economische voordelen kunnen worden behaald. Het Centrum voor Micro-Elektronica Delft is actief op dit gebied met de ontwikkeling van een

etheensensor voor het automatisch bepalen van de rijpheid van fruit (in samenwerking met de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO) en met de ontwikkeling van gassensoren op basis van zogeheten 'surface acoustic wave-technieken' tezamen met de TH Delft.

Speerpuntproject

De drie Nederlandse centra voor micro-elektronica (in Eindhoven, Enschede en Delft) hebben on-

derlinge afspraken gemaakt over de verdeling van de zogeheten 'speerpuntprojecten'. Dat zijn projecten die op iets langere termijn toepasbare resultaten (als produkt of als systeem) moeten opleveren voor het Nederlandse bedrijfsleven, maar nu nog niet commercieel haalbaar zijn. Het Delftse centrum initieert en coördineert het onderzoek op het gebied van industriële sensoren. Dat verbaast niet. Op het gebied van sensoren, met name van sensoren gebaseerd op de silicium-technologie, bestaat bij de Delftse TH een uitgebreide basiskennis. Deze basiskennis vormt, gecombineerd met toegepast wetenschappelijk onderzoek op het gebied van opnemers door de verschillende insti-

tuten van TNO, het uitgangspunt voor de speerpuntprojecten 'Industriële sensoren' van het CME-Delft.

Het wetenschappelijk onderzoek in het kader van dit project is inmiddels in uitvoering. De resultaten ervan zullen zeker bijdragen tot het beschikbaar komen van industriële sensoren die een meer intelligente automatisering van de productie in Nederlandse bedrijven mogelijk zullen maken.