

Technologische ONTWIKKELINGEN VOOR ROBOTS en andere TOEPASSINGEN

Interview met prof. Dr. Ir. S. Stramigioli

Yolande Holthuijzen
Henk van der Bijl

Dit artikel is ontstaan uit een bewerking van de inaugurele rede, uitgesproken op 6 april 2006 aan de Universiteit van Twente, en een interview met Prof. Dr. Ir. S. Stramigioli, hoogleraar Advanced Robotics, Faculteit Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science.

Wat is het ideaal van Stramigioli?

De faculteit waaraan Stefano Stramigioli is verbonden kent een aantal aandachtsgebieden, waarbinnen zijn groep van actief is:

- heptics en telemanipulatie,
- microrobotica (siliciumtechnologie, micro electronic mechanical systems (MEMS),
- simultaneous localization and mapping (SLAM), met als aandachtspunten de gestructureerde versus de ongestructureerde ruimte en compliant sturing, dat wil zeggen het niet schokkend laten bewegen van een apparaat.

Het ideaal van Stefano Stramigioli is de droom die veel mensen verwezenlijkt zouden willen zien: het bestaan van menselijke robots. Maar hoe moet deze nieuwe soort eruit gaan zien? Een nieuwe humanoïde moet voldoen aan het volgende (R.I.S.E.): Robuust om stabiel te kunnen lopen en in staat kunnen zijn om te herstellen van een val, Intelligent om zich aan zijn omgeving aan te passen en in te springen op veranderingen, Sociaal en zacht voor een veilig contact en interactie met mensen en niet te vergeten Energie efficiënt, zodat de humanoïde ook een toepasbaar apparaat is in de praktijk. De sleutel om dit te bereiken, aldus Stramigioli, wordt verkregen door een verregaande kennis van analytische mechanica en dynamica te hebben, tezamen met een goede kennis van technisch ontwerpen. Hij is er van overtuigd dat het oplossen van lastige vraagstukken voor het ontvangen en tot stand komen van humanoïden een impuls kan krijgen door de toepassing van port-based technieken. Stefano Stramigioli is naast miniaturisatie geïnteresseerd in de mechanica van multi-body mechanics en hun fysische interactie met hun omgeving en de controle systemen die daarvoor gebruikt moeten worden om ingewikkelde bewegingen te verkrijgen: [1] en [2]. Om zijn kennis hierover te kunnen verdiepen is intensief gebruik gemaakt van de geometrische mechanica van de Lagrangische en Hamilton systemen, maar in het bijzonder van het Port Hamiltonian systeem zoals dat door Prof. Arjan van der Schaft en Prof. Bernhard Maschke in 1992 geïntroduceerd is [3], [4], [5], [6].

Het begrip “robot”

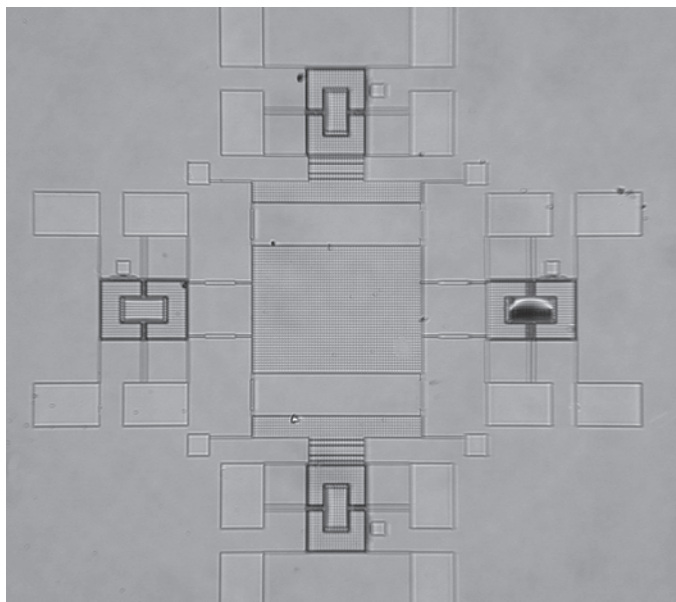
Voor het ontwerpen van robots zijn vele vakgebieden betrokken. De robot, die in Wikipedia beschreven staat als “a mechanical device which can perform complex tasks either according to direct human control, partial control with human supervision, or autonomously (that is fully under computer control)”, vraagt gezien deze complexiteit om de inzet vanuit informatica, artificiële intelligentie, elektronica, zoals sensoren en real time hardware en mechanica.



Fig. 1. Intuïtief Chirurgisch DaVinci Systeem

Fundamenteel onderzoek: een must om je wereldpositie te behouden

Fundamenteel onderzoek is een vereiste om de diepgang te verkrijgen en verder te komen bij het ontwerpen van humanoïden. Vanaf de Griekse oudheid bogen geleerden zich al over manieren om robots te ontwikkelen die zonder menselijk ingrijpen konden bewegen. Een eerste idee komt van de Griekse filosoof, mathematicus, astronoom, staatsman, strateeg en legeraanvoerder Achytas (428 BC – 347 BC), een goede vriend van Plato, die een mechanische vogel (“The Pigeon”) ontwierp, die vloog en voortbewogen werd door stoom. Vanaf die tijd vindt er een geleidelijke evolutie plaats



Figuur 2. uSPAM: Twee DOF bewegende plaatjes voor opslag ir. Mihai Patrascu

van gerobotiseerde systemen. Een bijzonder staaltje van vernuft is afkomstig uit 1737 van de hand van Jacques de Vaucanson, die ondermeer the Digesting Duck bouwde, een mechanische eend die 400 bewegende delen had, zijn vleugels kon uitslaan, water kon drinken, graan kon eten en dit digesteerde tot faeces.

Ook anderen lieten zich niet onbetuigd: Charles Babbage wordt door velen gezien als één van de "founding fathers" van de computertechnologie. In 1822 stelde Babbage een ontwerp van de eerste programmatisch aangestuurde computer voor. Nikola Tesla stond aan de basis van de moderne wisselstroom krachtsystemen en ontwierp in 1898 een op afstand bestuurd boot en wordt gezien als de eerste wetenschapper die op afstand een robot aan kon sturen. Robots fascineren mensen en wereldberoemd is het robotverhaal "Runaround" geworden van de in Rusland geboren Amerikaanse Joodse Auteur Isaac Asimov dat in 1941 in één van de afleveringen van Astounding Science Fiction verscheen.

Stefano Stramigioli breekt een lans om fundamenteel onderzoek in ons land te behouden. Onze voorsprongpositie die we hebben, moeten we behouden. Met fundamenteel onderzoek ben je in staat nieuwe wegen in te slaan en behoud je een voorsprong op de concurrentie. Op praktisch gebied worden we ingehaald door landen met goedkope arbeidskrachten (India, China) en verliezen we terrein. Het toegepast onderzoek is ook niet goed in staat om zich op de hoogte te houden van de stand van zaken in het fundamentele onderzoek, mist kansen en borduurt te lang voort op "oude technieken". Als voorbeeld van het gebruik van oude techniek noemt Stramigioli de harde schijf, floppy's, disk, CD. Er wordt nu al 40 jaar gebruik gemaakt van razendsnel ronddraaiende schijven, waarboven een lees-/schrijfkop is gemonteerd. Met fundamenteel onderzoek kan deze status quo doorbroken worden, onder andere door het werk van Mihai Patrascu die promotieonderzoek ("Microspan") uitvoert voor het versnellen van dit soort processen.

Momenteel wordt veel verwacht van de filosofie van de techniek: filosofische vragen zouden de ontwikkelingsrichting moeten bepalen en in dat kader is in Nederland € 50 miljoen ter beschikking gesteld aan de Centres of Excellence, waarvan de groep van Stramigioli deel uitmaakt. Het Centre of Excellence haalt naast het vakgebied van Stefano Stramigioli, High Tech Systems, zijn kennis uit de nanotechnologie, computer & informatie technologie, de technologie van "Fluids and Solids" en het vakgebied Sustainable Energy.

Het gebruik van robotica in het dagelijks leven

Robots worden op veel plaatsen al ingezet: in de medische wereld, in de dienstverlening, voor het behoud en vergroten van de veiligheid, in de ruimte en in de ontspanningsindustrie.

Een succesverhaal is het veelgebruikte "Da Vinci" systeem (zie <http://www.intuitivesurgical.com>), waarbij door het gebruik van robots minimale ingrepen mogelijk worden bij operaties (Figuur 1). Een andere medische toepassing is het gebruik van robotisering bij tumorbehandeling, waarbij de X-ray straal op een bepaald punt gericht blijft, maar waarbij de straal van richting verandert, zodat vanuit verschillende hoeken bestraling mogelijk wordt.

In de dienstensector wordt gebruik gemaakt van de robot Manus, die gehandicapten ondersteunt. Voor gemakdoel-einden zijn tennisbalvangers ontworpen, stofzuigers en grasmaaimachines die zelf hun wegen zoeken, zwembadschoonmaakrobots en automatische tanksystemen.

Op het gebied van veiligheid en defensie heeft één van de marktleiders, IRobot, die onder andere de stofzuiger Rumba produceert, voor het Amerikaanse Ministerie van Defensie robotica geïmplementeerd in wapens die gebruikt worden in operaties in Irak. Een andere spraakmakende ontwikkeling voor militaire operaties is de Big-DOG, ontworpen door Boston Dynamics, een spin-off van MIT.

Het veroveren van de ruimte was zonder het bestaan van robotica niet van de grond gekomen. Als voorbeeld worden genoemd de wagentjes van JPL en ESA, de Robonaut van NASA en binnenkort zal Dutch Space de ERA ARM uitbrengen.

In de komende tijd wordt veel verwacht van de toepassing

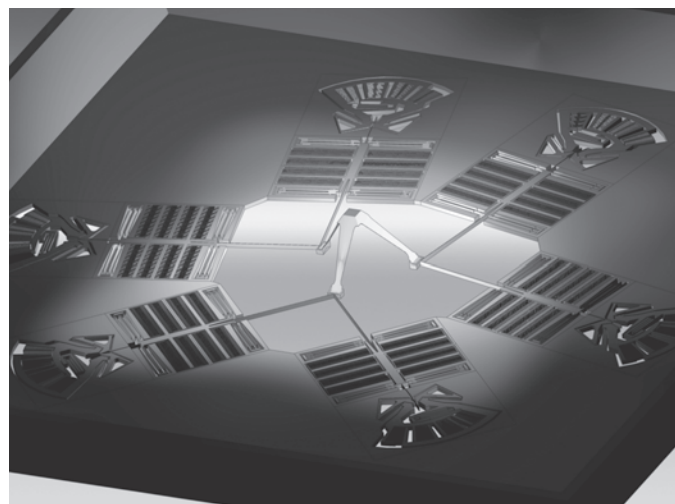


Fig.3 MAMS: 6 dof platform ontworpen door ir. Dennis Brouwer



Fig. 4. GEOPLEX: the robot Dribble gemaakt door ir. Gijs van Oort en ir. Edwin Dertien, en de 3D Tracker

van robotica in de ontspanningsindustrie en grote Japanse ondernemingen zoals Honda en Fujitsu investeren flink in deze markt.

Voor huishoudelijk en persoonlijk gebruik wordt verwezen naar de site van de Japanse Robotics Association (<http://www.jara.jp>), waarin aangegeven wordt welke sprongen voorwaarts in deze markt verwacht worden.

Welke projecten lopen er op dit moment?

Stefan Stramigioli noemt vier projecten waarbij zijn vakgroep betrokken is:

- Het STW project micro-SPAM (Figuur 2), dat door dr. Leon Abelmann gecoördineerd wordt, richt zich op het ontwikkelen van een nieuw opslagmedium, waarbij per cm² Gbytes kunnen worden opgeslagen met een werksnelheid (access time) onder de 3 milliseconden.
- Het door het IOP gesubsidieerde project MAMS (Multi Axis Micro Stage) (Figuur 3), gecoördineerd door Prof. Herman

Soemers richt zich op de ontwikkeling van een manipulator met zes vrijheidsgraden, die moet passen binnen de 2-3 mm magnetische lenzen van een transmissie elektronen microscoop.

- Een door NWO gesubsidieerd project LOPES, Lower Limb Powered Exo Skeleton, gecoördineerd door dr. Van der Kooij heeft als doel een nieuw exoskelet te maken ten behoeve van het herstel van mensen die een herseninfarct hebben gehad.
- Het project dat Prof. Stefan Stramigioli zelf coördineert sinds 2002 voor de EC, is Geoplex (Figuur 4): Geometric Network Modelling and Control of Complex Physical Systems [7], [8], [9]. Het doel van dit project is diverse fysische systemen te bestuderen die gebruik maken van de Port Hamiltonian theorie.

- 1) Stramigioli, S. (1998), From differentiable manifolds to interactive robot control, PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands. ISBN 909011974-4.
- 2) Stramigioli, S. (2000), 'Intrinsically passive control and ipc-supervisor architecture', MIROS Journal of Control, Special Issue on "Force Control of Advanced Robotic Systems" 2.
- 3) Stramigioli, S. & Duindam, V. (2004), Port based modeling of Spatial Visco-Elastic Contacts', European Journal of Control 10(5), 505-514.
- 4) Stramigioli, S., van der Schaft, A., Maschke, B. & Melchiorri, C. (2002), 'Geometric scattering in robotic telemanipulation', IEEE Trans. On Robotics and Automation 18(4), 588-596.
- 5) Stramigioli, S., Secchi, C., van der Schaft, A. & Fantuzzi, C. (2005), 'Sampled data systems passivity and discrete port-hamiltonian systems', IEEE Transactions on Robotics 21(4), 574-587.
- 6) B. Maschke, A.J. van der Schaft, "Port-controlled Hamiltonian systems: modelling origins and system theoretic properties", pp. 282-288 in Proceedings 2nd IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems (NOLCOS 2004), Ed. M. Fliess, Bordeaux, France, June 1992.
- 7) Stramigioli, S. (2004), Geoplex: A systematic approach to mechatronics, in 'VDI-Berichte 1842', Vol. 1842, VDI, Darmstadt, pp. 1-8.
- 8) Diolaiti, N., Melchiorri, C. & Stramigioli, S. (2005), Contact impedance estimation for robotic systems', IEE Transactions on Robotics 21(5), 925-935.
- 9) Duindam, V. & Stramigioli, S. (2004), "Port-Based Asymptotic Curve Tracking for Mechanical Systems", European Journal of Control 10(5), 4111-420.