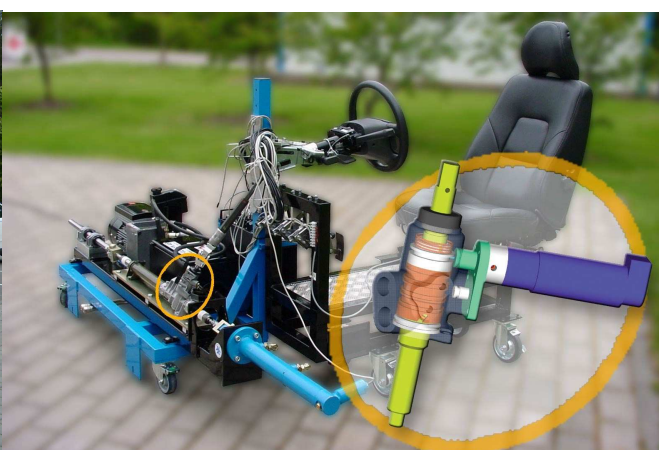


Slutrapport CENIIT - projekt 99.8: Sensorbaserad styrning för intelligenta maskiner

Jonas Nygårds, IKP, jonny@ikp.liu.se, tel. 013-281789
(mobil 0705-212326)



Figur 1 Till vänster: SIREOS-projektets sensor plattform vid de första flygande experimenten tidig höst 2004. Till höger: Bilz-plattformen från SAAB Dynamics instrumenterad för "multi body machines"-experiment under examensarbetet "Telestyrning av bakande bandfordon med gyrostabiliserad trailer" hösten 2004.



Figur 2 Till vänster Evolve-projektets plattform från Volvo med elektriskt styrservo genomför autonom parkering med hjälp av ultraljudssensorer. Till höger test rigg för "Active-pinion" servostyrning.

Vetenskapliga resultat

Viktiga beståndsdelar i sensorstyrda rörliga maskiner som berörts och beforskats i varierande grad är:

- Ett ramverk är under upprättande för att studera hantering av rörelseosäkerhet inom grupper av samverkande robotar. Delar av detta förväntas kunna generaliseras till andra decentraliserade sensor och reglersystem.
- Navigering och inmätning med optiska sensorer stödda av tröghetssystem på den mobila plattformen.
- Styrlagar för dockning med avståndssensorer.
- Styrning av flexibla armar med återkoppling från avståndssensorer.
- Användning av simulering & modellering i design processen för mekatroniska system.
- Active pinion – ett nytt koncept för hydrauliska styrservon som tillåter digital styrning av bilar för till exempel ”automatparkering” och ”lane-keeping-aid”

Projektet har varit baserat på experimentell forskning. Liksom forna tiders fysiker var tvungna att bygga sina mätinstrument har det varit viktigt inom projektet att ha tillgång till egenutvecklade experimentella plattformar där resultaten kan utvärderas se Figur 1 och Figur 2.

I och med att sensorplattformarna nu är tillgängliga kommer CENIIT-projektet fortsätta att bidra till vetenskaplig verksamhet under lång tid framöver även om det direkta finansiella stödet nu upphör.

Att bygga integrerade system med begränsade finansiella resurser tar tid, både SIREOS plattform och Bilz-plattformen har tagit över 3 år innan de blev riktigt produktiva. Dock byggs värdefull domänkunskap upp inom forskargruppen under tiden. Riktigt produktiv vetenskapligt är dock gruppen först i dagsläget där SIREOS plattformen förmodligen är unik i världen i sina möjligheter.

I huvudsak har resultaten hittills varit begränsade till det som varit möjligt att studera via simulering och modellering. Framtagningen av ”Active pinion – konceptet” är här ett intressant exempel på hur simulering & modellbaserad design kan användas för att på ett tidigt stadium generera idéer om nya produkter. Det är dock först i dagsläget som utrustning finns uppbyggd för att göra experimentell utvärdering av systemet Figur 2.

Projektet har haft en lång uppstartssträcka, på grund av den goda arbetsmarknaden vid projektets start som försvårade rekrytering av doktorander men också på grund av projektets inriktning mot experimentell verksamhet och systemintegration.

Examina och befordringar som projektet bidragit till

Projektet har bidragit till två licentiatexamina som tagits av projektmedarbetarna Marcus Rösth och Lars Andersson som båda valt att fortsätta sina doktorandstudier med planerade doktorsexamina 05-06. Dessutom planeras docent examen för Jonas Nygårds under hösten 2005 (något försenat p.g.a. nyblivet tvillingföräldraskap)

Marcus Rösth, Hydraulic Power Steering in Passenger Cars: Analysis, Modeling and New Functionality, Sept, 2003. Planerar att doktorera Hösten 2005

Lars Andersson, Information Sharing in Mobile Robot Teams: Deployment with Uncertainty Consideration, Maj, 2004. Planerar att doktorera Våren 2006

Examensarbeten som genomförts inom ramen för projektet.

Jonas Carlstedt, Kristoffer Johansson, Telestyrning av backande bandfordon med gyrostabiliserad trailer, LiTH-IKP-EX--04/2204—SE, Linköping 2004

Jonas Göransson, Restoring Track Driven Heavy Duty Sensor Plattform to Operational Status, LiTH-IKP-EX-2087, Linköping 2003

Henrik Karlsson, Efficient Region Tracking and Target Position Estimation in Image Sequences using Kalman Filters, LiTH-IKP-EX-1936, Linköping 2002

Christoffer Söderberg, Vibrationsoberoende optisk planhetsmätning med hjälp av multilinje analys, LiTH-IKP-EX-1835, Linköping 2001

Henrik Winberg, Improving steering capability of a track driven robot by introducing a scanning device and a model for skid-steering LiTH-IKP-EX-1810, Linköping 2000

Lars Andersson, Stefan Bergström, Bikesimulator in VR-environment, LiTH-IKP-EX-1705, Linköping 2000

FOI handledda examensarbeten

Rickard Björström, Information.Theoretic Approach for Path Planning of a Moving Platform with Bearing-only Sensor, Dept. of Automatic Control, Lund Institute of Technology, october 2004

Per Holmberg, Sensor Fusion with Coordinated Mobile Robots, LiTH-ISY-EX-3387, Linköping 2003

Jonas Kjellander, Positioning and Mapping using Range Finding Laser, LiTH-ISY-EX-3388, Linköping 2003

Per Skoglar, Modellering och reglering av IR/EO-gimbal för övervakning med UAV, LiTH-ISY-EX-3258, 2002

Personer som finansierats av projektet

Jonas Nygårds 1999-2004

Karl-Erik Rydberg 1999-2000

Thomas Högström 1999-2000

Marcus Röstth 2001-2004

Lars Andersson 2002-2004

Dessutom har projektet finansierat examensarbeten och/eller projektanställning för Stefan Bergström, Henrik Winberg, Jonas Göransson och Jonas Kjellander

Industrikontakter

Projektet har resulterat i ett flertal olika industrikontakter allt ifrån personalunioner, examensarbeten och konsultverksamhet till att företagen bidragit med plattformar, material mätdata och problemformuleringar.

Under hela projektet har projektledaren jobbat deltid vid FOI vilket medfört anslag från FOI direkt till verksamhet vid universitetet. Tidigt under projektet fanns också stor samverkan med Scandicraft AB, dels genom personalunion via Thomas Högström, samt att Scandicraft även var involverat i FOI-projektet SIREOS.

Även NDC AB (numera del av Danaher Motion AB) deltog tidigt i projektet dels genom att låna ut en laborationsplattform i form av en auto-truck, dels genom att bidra med sina problem.

SAAB Dynamics har bidragit med en mobil sensorplattform (värde c:a 2,5 Mkr) för utomhus bruk.

Volvo har bidragit till projektet dels i ett tidigt skede med medel från Volvo Research Foundation. De senaste åren har Volvo Personvagnar bidragit med försöksplattformar och direkt ekonomiskt stöd till studentutbildningens "Evolve-projekt". Under det innevarande året har vi tillsammans med Volvo Construction Equipment (VCE) sökt många bidrag varav två är beviljade (från PFF och Energi myndigheten). De ställer nu en ny stor sensorbestyckad hjullastare till förfogande för att användas som laborationsplattform, med leverans i februari 2005.

I fallen Volvo och NDC har resultat överförts dels i rapportform men även genom lyckade demonstrationer och företagen har deltagit i nära samarbete med studenterna i studenternas projektarbeten.

I utvecklingen av "Active Pinion principen" har Volvo bidragit med material och mätdata samt direkt ekonomiskt stöd. Kunskapsöverföring sker nu i form av ett examensarbete. Samarbetet har lett fram till en patentansökan.

NOKIA har delfinansierat Lars Andersson fram till licentiatexamen.

Shapeline AB har dels varit involverad i form av examensarbeten men har även haft en kurs från CENIIT projektet.

Även BT och Atlas Copco har visat intresse för resultat från forskningen och diskussioner har förts om examensarbeten men utan att resultera i några konkreta projektförslag.

Ett rent mätuppdrag har utförts för Ångpanneföreningen.

Kontakter med andra CENIIT-projekt

Projektet hade initialt en del kontakter med äldre projekt men de avslutades under de första åren utan särskilda resultat.

Forskargruppering

En informell forskargrupp har uppstått kring CENIIT-projektet och FOI:s strategiska forskningsprojekt SIREOS. I gruppen ingående medlemmar och personer knutna till gruppen är:

från IKP: Jonas Nygårds, Lars Andersson

från FOI: Bengt Boberg (Lic. IKP/RAMeS, potentiell doktorand), Morgan Ulvklo (Projekt ledare SIREOS, Doktorand Bildbehandling), Jörgen Karlholm (Doktor Bildbehandling 1996), Jörgen Ahlberg (Doktor Bildkodning 2002), Per Skoglar.

Gruppen disponerar nu över två intressanta laborationsplattformar utrustade med sensorer för tröghetsnavigering, GPS och optroniska sensorer se Figur 1. Plattformarna har den nödvändiga sensorbestyckning som krävs för vettiga experiment inom telestyrning och samverkande plattformar.

Gruppen har via sina unika, plattformar, erfarenheter och industrikontakter, goda förutsättningar att få medel från ett särskilt FoT program (Forskning och Teknik) inom försvarsmakten som förväntas utlysas under 2005-2006 inom området Autonomi.

Inom IKP har projektets medlemmar tagit del i ett större ProViking projekt finansierat från SSF.

Publikationer

Licentiat Avhandlingar

Marcus Rösth, Hydraulic Power Steering in Passenger Cars: Analysis, Modeling and New Functionality, LIU-TEK-LIC-2003:35, Sept, 2003. Planerar att doktorera Hösten 05

Lars Andersson, Information Sharing in Mobile Robot Teams: Deployment with Uncertainty Consideration, LIU-TEK-LIC-2004:34, Maj, 2004. Planerar att doktorera Våren 06

Tidskriftsartiklar:

J. Nygårds, P. Skoglar, M. Ulvklo, T. Högström, "Navigation Aided Image Processing in UAV Surveillance: Preliminary Results and Design of an Airborne Experimental System", *Journal of Robotic Systems Volume 21, Issue 2*, pp. 63 – 72, Wiley, 2004

B. Nilsson, J. Nygårds, U. Larsson and Å. Wernersson, "Control of Flexible Mobile Manipulators: Positioning and Vibration Reduction using an Eye-in-Hand Range Camera," *Control Engineering Practise 7*, pp. 741-751, Elsevier, 1999.

B. Nilsson, J. Nygårds and Å. Wernersson, "On-Range Sensor Feedback for Mobile Robot Docking Within Prescribed Posture Tolerances," *Journal of Robotic Systems* Vol. 14 No. 4, pp. 297-312, 1997.

Internationella konferenser:

M. Ulvklo, J. Nygårds, J. Karlholm, and P. Skoglar, "Image processing and sensor management for autonomous UAV surveillance", *SPIE conf. on Airborne Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (ISR) Systems and Applications*, SPIE vol 5409, pp. 50-65, 13-14 april, 2004, Orlando, USA

Lars Andersson , Jonas Nygårds, "Effects on Uncertainty Utilizing Formation-Planning in Robot Teams," in *Proc. of The 5th Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, IAV 2004*, Lisbon, Portugal, 5th–7th July 2004.

Lars Andersson, Jonas Nygårds, "On Utilizing Geometric Formations for Minimizing Uncertainty in 3 Robot Teams," in *Proc. of The 8th Conference on Intelligent Autonomous Systems, IAS-8* , pp. 100–110, Amsterdam, Netherlands, 10th–12th March 2004.

F. Berefelt, B. Boberg, J. Nygårds, P. Strömbäck, S.-L. Wirkander, "Collaborative GPS/INS Navigation in Urban Environment", *ION 2004 National Technical Meeting*, San-Diego, USA, January 26-28, 2004

A. Zachrisson , M. Rösth, J. Andersson and R. Werndin, "Evolve- a vehicle based test platform for active rear axle camber and steering control", in *SAE International Congress & Exhibition, Paper No. 2003-01-0581*, Detroit, Mi, USA, March 2004.

Rösth M, Palmberg J-O: "Active pinion - a cost effective solution for enabling steering intervention in road vehicles", presented at the conference "Power Transmission and Motion Control 2003, Bath, UK, Sept 10-12, 2003

Jonas Nygårds, Lars Andersson, "On Sensor Fusion Between a Pair Of Heterogeneous Robots" *FUSION 2003, International Conference on Information Fusion*, Cairns, Australien, July 8-11, 2003

Jonas Nygårds, Morgan Ulvklo Per Skoglar Tomas Högström, "Navigation aided image processing in UAV surveillance - Preliminary results and design of airborne experimental system", *Proc. First Workshop on Integration Of Vision And Inertial Sensors, 11th International Conference on Advanced Robotics, ICAR'03*, Coimbra, Portugal June 2003.

Rösth M, Pohl J and Palmberg J-O: " Modeling and simulation of a conventional hydraulic powersteering system for passenger cars", in proceedings of the 8th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP03, Tampere, Finland, vol 1, pp 635-650, May 7-9, 2003

Rösth M, Pohl J and Palmberg J-O: "Linear Analysis of a Conventional Power Steering System for Passenger Cars", presented at 5th JFPS International Symposium on Fluid Power, Nara, Japan, November 12-15 2002

H., Karlsson, J. Nygårds, "Robust and Efficient Tracking in Image Sequences using a Kalman Filter and an Affine Motion Model", *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems IROS'02*, Lausanne, Okt, 2002.

J. Nygårds, Å. Wernersson, "On Model based Fusion of Laser and Camera: Visualizing Uncertainty" *Proc. 2002 International Conference on Distributed Multimedia Systems*, San Fransisco Valley, Sept., 2002

Johansson A, Rösth M, Rydberg K-E; "Simulation-Based Design of Control Systems for a Hydro-Forming Press using Optimization", pp 167-180 in Vol 3 of the Proceedings of the Seventh Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'01, Linköping, Sweden, May 30 - June 01, 2001

J. Nygårds, Å. Wernersson U. Larsson and J. Forsberg, "On Control of Large Machines: feedback from optronics/lasers in the tool" *7th Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'01*, Linköping, May 30 - June 01, 2001

Nyman J; Rydberg K-E; "Energy Saving Lifting Hydraulic Systems", pp 163-177 in Vol 2 of the Proceedings of the Seventh Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'01, Linköping, Sweden, May 30 - June 01, 2001

Yong Y, Shan W, Rydberg K-E; "Double-Fuzzy Adaptive Control with an On-line Neural Network Applied on an Electro-Hydraulic Actuator", The Seventh Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'01, Linköping, Sweden, May 30 - June 1, 2001

Yong Y, Rydberg K-E; "Fuzzy Variable Structure Control with a Harmonizing Mechanism and Its Applications on an Electro-hydraulic Servo System", the Fifth Int. Conference on Fluid Power Transmission and Control, ICFP'2001, Hangzhou, China, April 3-5, 2001

J. Nygårds and Å. Wernersson, "Docking to Pallets with Feedback from a Sheet-of-Light Range Camera", *IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems IROS2000*. Takamatsu, Japan, 2000

M. Rösth, M. Renberg, L. Blackman, "Pump pressure control in hydraulic system, modelling and simulation of dynamic behaviour" *2000 SAE Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition*, Milwaukee, WI, USA, Sep 2000

J. Nygårds and Å. Wernersson. "Model Based Fusion of Laser and Camera: Range Discontinuities and surface intersections" *FUSION 2000 3rd International Conference on Information Fusion*, Paris, France, July 10-13, 2000

J. Nygårds and Å. Wernersson, "Docking to Pallets using Sheet-of-Light Range Camera", *Scandinavian Symposium on Robotics '99*, Oulu, Finland, October 14-15, 1999.

L. Carlsson, M., Karlsson, A., Lauberts, S., Nilsson and J. Nygårds, "Multiple Target Tracking Using Staring IR and Staring Millimetre-Wave Radar", *Proc. IEE/DERA Int. Data Fusion Conf. Eurofusion '99*, Stratford-upon-Avon, UK, 5th-7th October 1999.

FOI rapporter:

J. Nygårds, P. Skoglar, J. Karlholm, M. Ulvklo, R. Björström, "Towards Concurrent Sensor & Path Planning - A Survey of Planning Methods Applicable to UAV surveillance", I tryck Vinter 2005

M. Ulvklo, J. Nygårds, J. Karlholm, and P. Skoglar "A signal processing framework for autonomous UAV surveillance", FOI-R--1207-SE, april 2004

P. Skoglar, M. Ulvklo, J. Nygårds "Towards a framework for airborne EO/IR surveillance An introduction to simultaneous localisation and map building.", *FOI-R--1031—SE*, 2003

J., Nygårds, T. Högström, M. Ulvklo, "The QWIP/MASP system: An airborne experiment plattform with georeferenced EO/IR sensors for research on image processing in UAV applications", *FOI-R--0505SE*, June 2002

J. Karlholm, M. Ulvklo, J. Nygårds, M. Karlsson, S. Nyberg, M. Bengtsson, L. Klasén, A. Linderhed and M. Elmqvist "The target detection and tracking processing chain: a survey of methods with special reference to EO/IR sequences", *FOA-R—00-01767-408,616—SE*, December 2000

M. Karlsson, A. Lauberts, D. Letalick, S. Nilsson, J. Nygårds "Laserradar/IR /Millimetervågsradar i målsökare. En förstudie av olika kombinationer.", *FOA-R--00-01552-314—SE*, Linköping, FOA 2000

Nationella konferenser & Workshops:

M. Ulvklo, J. Nygårds, J. Karlholm, and P. Skoglar, "Image analysis and sensor management in UAV surveillance", *SSBA, Proceedings Symposium on Image Analysis*, pp. 134-137. Uppsala, 11-12 march 2004.

L. Andersson, J. Nygårds, "On sensor fusion and navigation for a pair of heterogeneous robots", *SWAR 2002, Second Swedish Workshop on Autonomous Robotics*, KTH, Stockholm, October 11-12, 2002

J. Nygårds, T. Högström, M. Ulvklo, "SIREOS: A Navigation Application for Georeferenced Cameras", *Svenska Navigeringsdagar (workshop)*, Apr. 24-25, 2002, Stockholm

H., Karlsson, J. Nygårds, "A Kalman Filter for Efficient Region Tracking in Image Sequences using the Affine Model", *SSAB02, Symposium on Image Analysis*, pp89-94, Lund, Mars 2002

Larsson, U., Forsberg, J., Wernersson, Å., Nygårds, J., and Rydberg, K.-E., "Styrning av hydraularm med återkoppling från retro-reflektorer på armen", *Hydraulikdaggar'99*, Linköping, 18-19 maj, 1999.