

System av system för fjärrstyrning av automatiserade vägfordon

Publik rapport



Författare: Jonas Jansson

Datum: 2019-02-25

Projekt inom FFI - Systems-of-Systems for Smart Urban Mobility

FFI Fordonsstrategisk
Forskni
Innovat

VIRNOVA

Emerging technologies

TRAFIKVERKET

Bild från projektet!

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	4
5 Mål	4
6 Resultat och måluppfyllelse	5
7 Spridning och publicering	6
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	6
7.2 Publikationer.....	Error! Bookmark not defined.
8 Slutsatser och fortsatt forskning	6
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	6

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Förstudien har utrett förutsättningarna för en satsning på kompetens- och kunskapsutveckling inom området system-av-system för fjärrstyrning av vägfordon. Projektet har i alla väsentliga avseenden följt den ursprungliga projektplanen.

Arbetet omfattade en litteraturgenomgång, teknisk genomförbarhetsstudie och program- och färdplansarbete. Projektet har genomförts av de tre avtalsparterna Carmenta, Einride och VTI, men på workshopar och i programarbete har flera andra aktörer involverats däribland NEVS, KTH/ITRL, Ericsson, Volvo AB, CEVT, Scania, RISE.

Litteraturgenomgången visade att det finns väldigt få vetenskapliga publikationer på fjärrstyrning av vägfordon. Däremot finns mycket publicerat inom andra domäner så som flyg-, sjöfart, militära tillämnningar m.m. Slutsatsen är att vi inom Sverige är tidigt ute på detta område och att det finns goda möjligheter att, genom en sammanhållen satsning, ta en framskjuten position på området, både akademiskt och industriellt.

Den tekniska förstudien samverkade med andra pågående satsningar till exempel EU-projektet Nordic-way 2, för att konceptuellt pröva integration av olika forsknings och utvecklingsverktyg. Genom att kombinera och anpassa pågående utveckling med existerande testplattformar finns möjlighet att skapa en mycket kraftfull testbädd som omfattar simulatorer, miniatyr (RC)-fordon och utvecklingsfordon på provbana och som är väl lämpad att adressera frågeställningars kopplade till fjärrstyrning av vägfordon. En sådan miljö kan användas av företag, forskare, doktorander och studenter för att driva teknikutveckling och kunskapsläget inom Sverige.

Projektet utvecklade också en färdplan för önskad nationell utveckling inom området fjärrstyrning. Färdplanen fångar bl.a. behov av testmiljöer, genomförande av demonstrationer både i labbmiljö och på väg, kompetensutveckling och vetenskapliga resultat för vidare utveckling av lagar och regelverk.

2 Executive summary in English

Remote control of vehicles is used in different domains e.g. Unmanned Aerial vehicles [2][3], Under water vessels, often referred to as, ROVs [4], Unmanned ground vehicles for military applications [5], naval applications [6], remotely operated aircrafts in construction sites, and in the operations of machinery. Distributed control of multiple entities in mixed environments (between real and virtual) is carried out on a large scale in simulation (military training, systems engineering, etc.) and gaming applications. In the road transport system traffic control is a well-established field, but still an area for research and innovation. Traffic control centers are sometimes established, especially in larger cities to monitor the traffic situation and to control the traffic by controlling the traffic signals and possibly dispatching rescue operations.

In the on-road applications remote control has not been adapted because of technical and human limitation. However, the development of data communication through cellular network (5G), connected vehicles and automation technology makes remote control (technically) plausible. Also new proposed regulation [1], raises the question of the drivers' role vehicles remotely from a control center or from another vehicle.

This pre-study has investigated opportunities to create activities for validating potential effects Of smart urban mobility solutions based on remote control/teleoperation of (autonomous) vehicles in a Systems-of-Systems (SoS) setting and creating a knowledge base for SoS engineering in the urban transportation domain.

The project conducted a literature review, a technical feasibility study, held workshops and developed a strategically road map for desired efforts in the area of remotely controlled road

vehicles.

The Remote pre-study literature review was comprehensive. Over 1000 articles dealing with remote operation of vehicles were found and reviewed. For the on-road application, however, only very few articles were found [7]–[21]. Out of these only 3 were published before 2016.

The conclusion drawn from the Remote pre-study is that area is under rapid development and that there is a very good opportunity both for Swedish industry and research to take a leading role in the area.

3 Bakgrund

Fjärrstyrning av fordon har funnits under en lång tid inom olika domäner så som obemannade flygfarkoster, obemannade undervattensfarkoster, militärfordon m.m. För tillämpning på väg och i trafik är fjärrstyrning av fordon en relativt ny företeelse. Fjärrstyrning av vägfordon kan vara en viktig möjliggörare för att möjliggöra tjänster med autonom körning (där fjärrstyrningen fungerar som back-up för den automatiserade kör-funktionen), vid provningsverksamhet och utveckling av automatiserad körning och som en egen tillämpning där automatisering är svår eller för dyr.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Förstudien har utrett förutsättningarna för en satsning på kompetens- och kunskapsutveckling inom området system-av-system för fjärrstyrning av vägfordon.

Arbetet omfattade en litteraturgenomgång, teknisk genomförbarhetsstudie och program- och färdplansarbete. Projektet har genomförts av de tre avtalsparterna Carmenta, Einride och VTI, men på workshopar och i programarbete har flera andra aktörer involverats däribland NEVS, KTH/ITRL, Ericsson, Volvo AB, CEVT, Scania, RISE.

5 Mål

Målet med projektet är att skapa en sammanhållen nationell satsning på området fjärrstyrning av vägfordon. Ett specifikt syfte är därmed att ansöka om ett större fullskaligt projekt inom FFI/SoSUM utlysningen som adresserar flera olika aspekter av fjärrstyrning av fordon.

Aspekter som skall beaktas är:

- System-av-system-arkitektur för teleopererad körning och situationsmedvetenhet för trafiksystem i fjärrstyrningstillämpningar på väg
- Människans förmågor och begränsningar i fjärrstyrningstillämpningar
- Lagar och regler
- Testplattformar och demonstrationer

För att komma vidare i dessa frågeställningar har projektet haft som delmål att:

- Skapa ett bättre kunskapsläge, framförallt avseende vetenskaplig publicering
- Skapa samsyn om fruktsam och möjlig nationell utveckling
- Etablera gemensamma begrepp, bilder och SoS arkitektur.

6 Resultat och måluppfyllelse

Projektet har i alla väsentliga avseende uppnått utsatta mål. En ansökan skickades dock ej in till SoSUM i dec 2018. Konsortiet beslutade att ytterligare tid behövdes för att kunna erbjuda deltagande till fler partner.

Litteraturstudie – En bred litteratursökning genomfördes av VTIs bibliotek. Över 1000 träffar med relevans hittades inom olika tillämpningsområden. Av dessa handlade 14 artiklar om fjärrstyrda vägfordon, de flesta av de 14 artiklarna var nya d.v.s från 2016–2018.

Den tekniska förstudien utvecklade en konceptuell lösning för integration av olika forsknings och utvecklingsverktyg. Genom att kombinera och anpassa pågående utveckling med existerande testplattformar finns möjlighet att skapa en mycket kraftfull testbädd som omfattar simulatorer, miniatyr(RC)-fordon och utvecklingsfordon på provbana. En sådan miljö är tänkt att användas av företag, forskare, doktorander och studenter för att driva teknikutveckling inom Sverige. Projektet utvecklade en färdplan för önskad nationell utveckling inom området fjärrstyrning av fordon samt en prognos för global utveckling på området.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	En litteraturstudie som belyser kunskapsläget
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	En förstudie som syftar till att genererar aktiviteter som stötar teknisk utveckling på området.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		Syftar till att skapa resultat/kunskap/testbäddar som industrin kan använda för satsningar på området
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	x	En förstudie som syftar till att generera aktiviteter som kan ge kunskapsunderlag för regelverk m.m.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Litteraturgenomgången visade att det finns väldigt få vetenskapliga publikationer på fjärrstyrning av vägfordon. Däremot finns mycket publicerat inom andra domäner så som flyg-, sjöfart, militära tillämnningar m.m.

Samtidigt finns mycket test och demonstrationsverksamhet i uppstartsfasen både i Sverige och globalt.

Slutsatsen är att vi inom Sverige är tidigt ute på detta område och att det finns goda möjligheter att, genom en sammanhållen satsning, ta en framskjuten position på området, både akademiskt och industriellt.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

VTI (projektledare), Carmenta, Einride

Kontakt: Jonas Jansson

Email: jonas.jansson@vti.se

Mob: 0703-720735



carmenta
superior situational awareness



EINRIDE

10 Referenser

- [1] Del, "Vägen till självkörande fordon - introduktion Del 1," 2018.
- [2] T. Shmelova, Y. Sikirda, and Y. Kovalyov, "Decision making by remotely piloted aircraft system's operator," in *2017 IEEE 4th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)*, 2017, pp. 92–99.
- [3] A. Majka, "Remotely piloted aircraft system with optimum avoidance maneuvers," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part G J. Aerosp. Eng.*, vol. 232, no. 7, pp. 1247–1257, Jun. 2018.
- [4] K. D. Le, H. D. Nguyen, D. Ranmuthugala, and A. Forrest, "Artificial potential field for remotely operated vehicle haptic control in dynamic environments," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part I J. Syst. Control Eng.*, vol. 230, no. 9, pp. 962–977, Oct. 2016.
- [5] A. Ma-Wyatt, D. Johnstone, J. Fidock, and S. Hill, "Cognitive Implications of HMIs for Tele-operation and Supervisory Control of Robotic Ground Vehicles," in *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction - HRI '18*, 2018, pp. 189–190.
- [6] K. Wróbel, J. Montewka, and P. Kujala, "System-theoretic approach to safety of remotely-controlled merchant vessel," *Ocean Eng.*, vol. 152, pp. 334–345, Mar. 2018.
- [7] A. Gohar and S. Lee, "A fast remote driver selection mechanism for remote-controlled driving systems," in *2018 International Conference on Information Networking (ICOIN)*, 2018, pp. 902–905.
- [8] J. H. Yang, S. Y. Choi, and K. Park, "Development of an Operability Evaluation Framework for Remotely Controlled Ground Combat Vehicles in a Simulated Environment," *Int. J. Automot. Technol.*, vol. 19, no. 5, pp. 915–922, Oct. 2018.
- [9] T. Tang, P. Vetter, S. Finkl, K. Figel, and M. Lienkamp, "Teleoperated Road Vehicles – The "Free Corridor" as a Safety Strategy Approach," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 490–491, pp. 1399–1409, Jan. 2014.
- [10] J. Wallner, T. Tang, and M. Lienkamp, "Development of an Emergency Braking System for Teleoperated Vehicles Based on Lidar Sensor Data," in *Proceedings of the 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, 2014, pp. 569–576.
- [11] "A System Design for Teleoperated Road Vehicles," in *Proceedings of the 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, 2013, pp. 231–238.
- [12] J.-S. Kim and J.-H. Ryu, "Shared teleoperation of a vehicle with a virtual driving interface," in *2013 13th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2013)*, 2013, pp. 851–857.
- [13] T. Tang, J. Kurkowski, and M. Lienkamp, "Teleoperated Road Vehicles: A Novel Study on the Effect of Blur on Speed Perception," *Int. J. Adv. Robot. Syst.*, vol. 10, no. 9, p. 333, Sep. 2013.
- [14] L. Kang, W. Zhao, B. Qi, and S. Banerjee, "Augmenting Self-Driving with Remote Control," in *Proceedings of the 19th International Workshop on Mobile Computing Systems & Applications - HotMobile '18*, 2018, pp. 19–24.
- [15] B. Rouzier, M. Hazaz, N. Toshiyuki Murakami, and W. Xu, "Application of Active Driving Assist to Remotely Controlled Car in Collision Avoidance," *IEEJ J. Ind. Appl.*, vol. 7, no. 4, pp. 289–297.
- [16] A. Marcus, W. (Design manager) Wang, and N. . International Conference on Human-Computer Interaction (20th : 2018 : Las Vegas, *Design, user experience, and usability : designing interactions : 7th International Conference, DUXU 2018, held as part of HCI International 2018, Las Vegas, NV, USA, July 15-20, 2018, Proceedings. Part II.* .
- [17] R. Liu, D. Kwak, S. Devarakonda, K. Bekris, and L. Iftode, "Investigating Remote Driving over the LTE Network," in *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '17*, 2017, pp. 264–269.
- [18] M. Bout, A. P. Brenden, M. Klingegård, A. Habibovic, and M.-P. Böckle, "A Head-Mounted Display to Support Teleoperations of Shared Automated Vehicles," in *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications Adjunct - AutomotiveUI '17*, 2017, pp. 62–66.

- [19] K. Sakai and T. Murakami, "A fusion control of master steering input and automatic assisted control for teleoperated electric vehicle," in *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2016, pp. 469–474.
- [20] A. Hosseini, F. Richthammer, and M. Lienkamp, "Predictive Haptic Feedback for Safe Lateral Control of Teleoperated Road Vehicles in Urban Areas," in *2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, 2016, pp. 1–7.
- [21] X. Shen *et al.*, "Teleoperation of On-Road Vehicles via Immersive Telepresence Using Off-the-shelf Components," Springer, Cham, 2016, pp. 1419–1433.
- [22] J. A. Michon, "A Critical View of Driver Behavior Models. What Do we Know, What Should we Do?," in *Human Behavior and Traffic Safety*, L. Evans and R. Schwing, Eds. New York: Plenum Press, 1985.