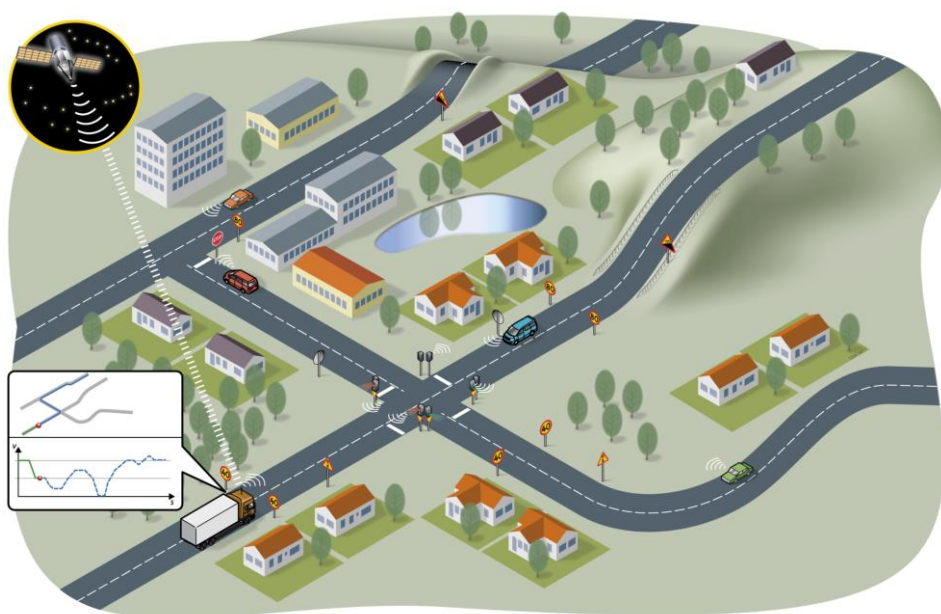


Streetsmart

Publik rapport



Författare: Oscar Flärdh, Manne Held, Jonas Mårtensson
Datum: 2020-10-29
Projekt inom Elektronik, mjukvara och kommunikation

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	3
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	3
5 Mål	4
6 Resultat och måluppfyllelse	4
7 Spridning och publicering	5
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	5
7.2 Publikationer.....	5
8 Slutsatser och fortsatt forskning	6
8.1 Slutsatser	6
8.2 Fortsatt forskning	6
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	7

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

Projektets syfte har varit att ta fram styrstrategier för prediktiv hastighets- och drivlinestyrning för körning i dynamiska omgivningar såsom till exempel körning med tunga fordon i närhet av städer eller i gruvor. Mer specifikt skall dessa strategier implementeras en lastbil och utvärderas vid körning på väg.

Ett viktigt mål har varit att visa på att minst hälften av den teoretiska besparingen kan uppnås vid implementering och utvärdering i lastbil. Detta har uppnåtts med råge, då experimenten visade på en besparing på 16% jämfört med de teoretiskt beräknade 18%.

Ett annat mål har varit kompetensuppbyggnad och samverkan mellan akademien och Scania, vilket har uppnåtts på många plan. Projektet har också lett till en examinerad doktor.

2 Executive summary in English

The purpose of the project has been to develop and implement control strategies for predictive speed- and powertrain control of heavy duty vehicles in dynamic settings such as vicinity of cities or in mines. The goal of the project was to realize half of the theoretical fuel savings in experiments. A reduction of 16% compared with the theoretical 18% was achieved, this goal was thus surpassed with a large margin.

The project has mainly been carried out by an industrial PhD student. It has been a successful way to combine knowledge about products and services with academic research.

The project has resulted in 5 scientific papers, as well as a PhD Thesis and a graduated doctor. It has also led to a significant competence increase at and knowledge transfer between KTH and Scania. The result has also been spread within Scania and has been very useful there.

3 Bakgrund

Scania har jobbat med forskning och produktutveckling av system och funktionalitet för ADAS (Advanced Driver Assistant Systems) i drygt 10 år. Detta har delvis skett tillsammans med akademien. Det har också gett en produktutveckling som resulterat i produkter som ger bränslereducering och ökad säkerhet.

Streetsmart är en fortsättning på ett annat FFI-projekt (Dnr 2015-02325, Prediktiv hastighetsstyrning i dynamisk omgivning). I det projektet lades den teoretiska grunden för de algoritmer som implementerades i Streetsmart. Syftet med dessa båda projekt har varit att utöka funktionaliteten till mer dynamiska miljöer, till skillnad från den motorvägskörning som tidigare varit i fokus.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektets syfte har varit att utreda hur bränsleförbrukningen i tunga fordon kan sänkas genom att styra fordonens longitudinella rörelse baserat på information om framtida förhållanden. Detta görs specifikt i detta projekt för fordon som kör i miljöer där dess hastighet varierar på grund av yttre faktorer som antingen kräver variationer i hastigheten, eller som gör det bränsle-effektivt att

variera den. Dessa yttre faktorer kan t.ex. vara varierad laglig hastighet, kurvor, backar, trafikljus och annan trafik. Några forskningsfrågor som framförallt studerats är:

- Hur ska tunga fordon styras i miljöer med faktorer som varierar hastigheten för att minimera bränsleförbrukningen?
- Hur stora är de möjliga bränslebesparingarna och hur beror dessa på hur mycket hastigheten tillåts variera?
- Hur väl överensstämmer de besparingar som kan åstadkommas vid simulering med de som kan realiseras i ett verkligt fordon?

Den metod som framförallt använts i projektet är att formulera körningen av det tunga fordonet som ett optimalt styrproblem. En stor utmaning ligger i att översätta fordonets egenskaper, styrproblemets mål, och påverkan från yttre faktorer till matematiska kriterier och villkor. Genom att sedan lösa det optimala styrproblemet erhålls t.ex. optimala hastighets-trajektorier och de styrande krafter som behövs för att följa dessa.

5 Mål

Projektet har haft som mål att bidra till de övergripande FFI-målen:

- *Att öka forsknings- och innovationskapaciteten i Sverige* genom att utbilda en industridoktorand i reglerteknik som förstärker den redan höga kompetensen på Scania,
- *Att utveckla internationellt uppkopplade och konkurrenskraftiga forsknings- och innovationsmiljöer i Sverige* genom samverkan inom de starka forskningsmiljöerna på ITRL (Integrated Transport Research Lab) och WASP (Wallenberg Autonomous Systems and Software Program.)

Projektet har haft som mål att bidra till målen för delprogrammet Elektronik, Mjukvara och Kommunikation, främst inom programområdet Technology for Green, Safe & Connected function, genom att ta fram och utvärdera funktioner för minskad bränsleförbrukning. Ett konkret mål var att realisera åtminstone halva teoretiska besparingen i fordonstest på provbana.

Projektet hade även ett mål att utreda och utvärdera arkitektur för förhållandet mellan hastighetsstyrning och hybridsystem. Detta mål har tonats ner då hybridsystem är lägre prioriterat på Scania till förmån för helt elektriska drivlinor.

Projektmålen var följande:

- Implementering av resultaten från det pågående projektet i lastbil för test under verkliga förhållanden.
- Kompetensuppbyggnad hos universitet och industri inom implementering av optimeringsbaserade reglerstrategier .
- Kunskaps- och tekniköverföring mellan akademi och industri.
- Vetenskapliga artiklar.
- En doktorsavhandling.
- Tydlig inriktning för vidare utveckling mot högre TRL-nivåer och produktifiering inom området omgivningsstyrd hastighetsreglering.
- Ett gränssnitt mellan hastighetsstyrning och hybridsystem.

6 Resultat och måluppfyllelse

På programnivå har Scantias kompetens stärkts med den industridoktorand som utbildats och examinerats. Projektet bidrar väsentligt till att stärka samarbetet mellan KTH och Scania inom ett viktigt forskningsområde. Samverkan inom ITRL och WASP bidrar till starka forsknings- och innovationsmiljöer där Scania har en framträdande roll.

Målet att påvisa minskad bränsleförbrukning har nåtts med råge. Experiment på provbana har visat på möjliga besparingar på upp till 16% jämfört med de 18% som erhållits i teoretiska beräkningar för samma körfall. Detta genom att ta hänsyn till drivlinans komponenter och spara energi och CO2 genom hastighetsstyrning och frihjulning.

Frågan om hybridsystem har inte utretts på den nivå det var planerat. Dels påverkades det av pandemin då detta var planerat till senvåren 2020. Men det finns delresultat som visar att bromsättervinningssegenskaperna påverkar hastighetsprofilen, och ger en ökad förbrukningsvinst.

Projektmålen har uppfyllts väl

- Implementering av resultaten i lastbil för test under verkliga förhållanden har genomförts och visat goda resultat.
- Kompetensuppbyggnad hos universitet och industri inom optimeringsbaserade reglerstrategier och styralgoritmer för bränslebesparing, och värdefull kunskapsuppbyggnad hos industrin inom implementering av desamma.
- Kunskaps- och tekniköverföring mellan akademi och industri genom utbildning av doktorand och genom samverkan inom ITRL och WASP.
- Vetenskapliga artiklar har publicerats: 5 st refereegranskade artiklar har publicerats inom projektet.
- En doktorsavhandling har lagts fram och försvarats offentligt.
- Projektet har gett en gedigen teoretisk grund och dessutom visat på den stora potentialen även i fordonstester. Detta ger en bra inriktning inför vidare arbete med produktifiering.
- Viktiga komponenter i ett gränssnitt mellan hastighetsstyrning och hybridsystem har tagits fram, dock nådde projektet inte hela vägen till en komplett arkitektur.

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	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Refereegranskat

1. Manne Held, Oscar Flärdh, and Jonas Mårtensson. Optimal Speed Control of a Heavy-Duty Vehicle in Urban Driving. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 20(4):1562–1573, 2019. ISSN 15249050. doi: 10.1109/ TITS.2018.2853264
2. Manne Held, Oscar Flärdh, and Jonas Mårtensson. Optimal Speed Control of a Heavy-Duty Vehicle in the Presence of Traffic Lights. In 54th IEEE Conference on Decision and Control, Miami Beach, 2018

3. Manne Held, Oscar Flärdh, Fredrik Roos, and Jonas Mårtensson. Implementation of an Optimal Look-Ahead Controller in a Heavy-Duty Distribution Vehicle. In 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pages 2202–2207, Paris, 2019. ISBN 9781728105604
4. Manne Held, Oscar Flärdh, and Jonas Mårtensson. Optimal Freewheeling Control of a Heavy-Duty Vehicle Using Mixed Integer Quadratic Programming. In 21st IFAC World Congress, Berlin, 2020. URL <https://arxiv.org/abs/2002.05944>
5. Manne Held, Oscar Flärdh, and Jonas Mårtensson. Experimental Evaluation of a Look-Ahead Controller for a Heavy-Duty Vehicle with Varying Velocity Demands. Submitted to Control Engineering Practice, 2020

Övrigt

6. Held, M. (2020). Fuel-Efficient Look-Ahead Control for Heavy-Duty Vehicles with Varying Velocity Demands (PhD dissertation). KTH Royal Institute of Technology. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-273416>

8 Slutsatser och fortsatt forskning

8.1 Slutsatser

Potentialen för bränslebesparing genom bränsleeffektiv hastighets- och drivline-styrning av tunga fordon i körmiljöer med varierad hastighet är mycket stor. Beroende på fordonsmodell och vilken look-ahead information som är tillgänglig visar våra simuleringar och experiment på ca 10-26% bränslebesparing jämfört med ett fordon som inte tillåts variera sin hastighet i samma utsträckning. Detta kan jämföras med liknande lösningar för motorvägskörning på 3-6% som rapporterats i vetenskapliga artiklar och i kommersiella produkter.

Projektet har visat att bränslebesparingarna framförallt kommer till genom att planera fordonets hastighet så att bromsning undviks. Detta görs ofta om att sänka farten inför t.ex. nedförsbackar, kurvor, sänkning av vägens hastighetsgräns och trafikljus med röd signal. Sänkning av hastigheten görs antingen genom att bränsleinsprutning stoppas (släpning) eller att drivlinan öppnas och motorn går på tomgång eller stängs av (frihjulning). I vissa specialfall kan sänkningen göras med broms, t.ex. för att passera ett trafikljus vid grön signal med så hög bevarad rörelseenergi som möjligt.

8.2 Fortsatt forskning

Uppkoppling, autonomi och elektrifiering är idag ständigt återkommande ledord när framtiden för branschen diskuteras. Inom alla dessa områden finns utrymme för forskning som bygger vidare på detta projekt.

Uppkoppling

Vi har inom projektet tittat på hur ett fordon kan utnyttja tillgång till information om framtida sekvenser av signalerna från trafikljus eller information om ett framförvarande fordons planerade hastighet. Vi har antagit att denna information finns tillgänglig och undersökt hur bränslebesparingarna beror på hur tidigt vi har tillgång till informationen. Vi har däremot inte tittat specifikt på hur dagens tekniska lösningar ser ut och anpassat oss efter dem. I fortsatt forskning skulle man kunna gå in mer på detaljnivå i vehicle-to-x kommunikation för att styra forskningen mot de kommunikationsvägar och den information som finns tillgänglig i dagens och framtidens teknik.

Autonomi

Helt autonoma tunga fordon på vägar med annan trafik, cyklisterna, gångtrafikanter o.s.v. ligger fortfarande långt in i framtiden. Däremot finns autonoma fordon i begränsade miljöer som gruvor och hamnar redan idag. Inom detta projekt har vi framförallt fokuserat på fordon i distributionskörning genom val av fordonsmodell och körcykler. En möjlig fortsättning är att istället titta specifikt på t.ex. autonoma fordon

inom gruvdrift. Då denna körning körs på avgränsade områden bör hastighetsvariationerna kunna tillåtas vara betydligt större än på allmän väg. Detta projekt har visat att större tillåtna hastighetsvariationer ger stora bränslevinster. Autonoma bussar är ett annat område där utvecklingen går snabbt framåt. I den typen av tillämpningar är det troligt att säkerhet och komfort viktas högre på bekostnad av bränslebesparing jämfört med andra tillämpningar.

Elektrifiering

Elektrifiering av tunga fordon är en omvandling som i högsta grad pågår just nu. Utveckling av hybrida och helt elektriska drivlinor är högt prioriterat bland fordonsutvecklarna. Med dessa drivlinor behöver problemformuleringen ändras för look-ahead styrning. T.ex. kan bromsenergi regenereras vilket gör det mindre kostsamt att bromsa. Hur mycket energi som kan regenereras beror på verkningsgrader i de elektriska komponenterna vilka i sin tur beror på bl.a. på bromseffekt. Även kostnad för slitage på elektriska komponenter är en viktig aspekt att inkludera i problemformuleringen. Olika grader av elektrifiering, t.ex. i termer av storlek på batteriet, innebär att strategier för optimalt utnyttjande av dessa skiljer sig åt för olika drivlinor. Med hänsyn till alla dessa faktorer finns potential för mycket intressanta optimeringsproblem vars lösning bör vara av stort intresse för akademi och industri.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Oscar Flärdh, PhD.

Senior Engineer
Powertrain Control Strategy
Scania CV AB

Phone: +46 8 553 892 03

oscar.flardh@scania.com



Manne Held, PhD.

Development Engineer
Powertrain Control Strategy
Scania CV AB

Phone: +46 8 553 712 08

manne.held@scania.com



Jonas Mårtensson

Associate professor
Department of automatic control
Kungliga Tekniska Högskolan

<https://www.kth.se/profile/jonas1>

jonas.martensson@ee.kth.se

