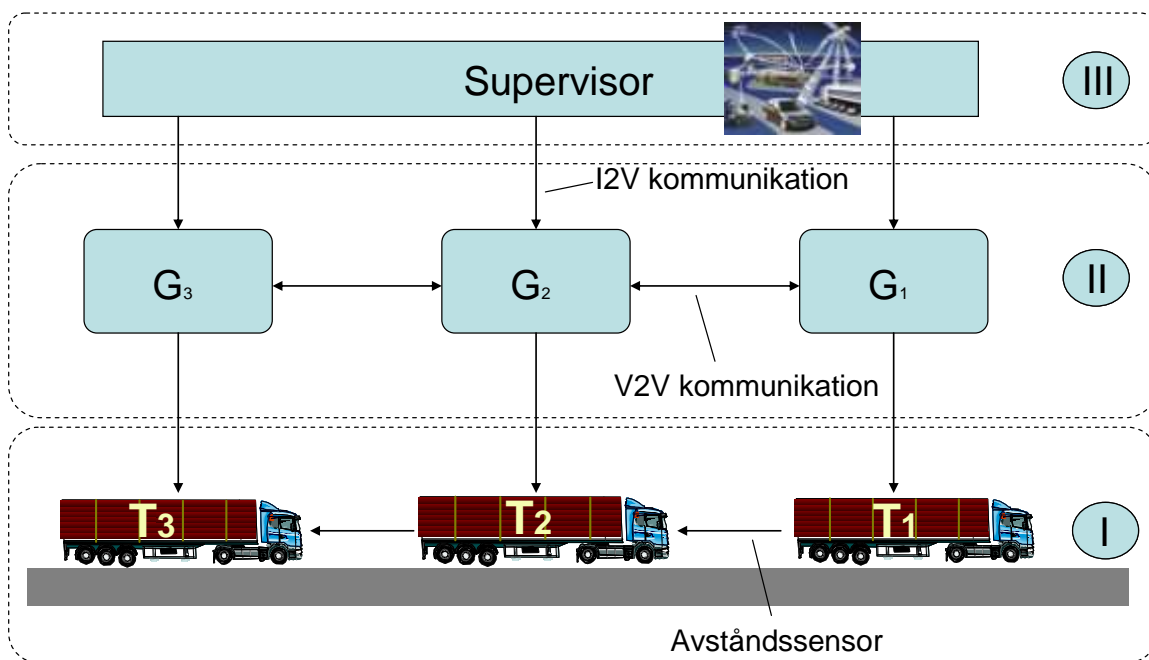


## Distribuerad Reglering av Fordonståg II, Slutrapport



Författare Henrik Petterson Scania CV AB

Datum 2014-03-24

Delprogram Transporteffektivitet

## Innehåll

<b>1. Sammanfattning.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Syfte.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Genomförande.....</b>	<b>5</b>
<b>5. Resultat .....</b>	<b>5</b>
5.1 Bidrag till FFI-mål .....	6
<b>6. Spridning och publicering.....</b>	<b>6</b>
6.1 Publikationer .....	6
<b>7. Slutsatser och fortsatt forskning.....</b>	<b>7</b>
<b>8. Deltagande parter och kontaktpersoner .....</b>	<b>8</b>

### Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

## 1. Sammanfattning

Övergripande syftet med projektet har varit att studera hur fordonståg med tunga fordon kan realiseras utan att påverka trafiksäkerheten. Fordonståg är ett möjligt medel för att minska energiåtgången vid godstransporter, detta genom möjliggörandet av korta avstånd mellan fordonen vilket leder till minskat luftmotstånd.

Fordonståg kan även öka trafikflödeskapaciteten på trafiktäta vägar, delvis genom de kortare avstånden men framförallt genom att reglera fordonen synkront vilket leder till minskade hastighetssvängningar.

Projektet har genomförts i samarbeten mellan Scania CV AB och Reglerteknik, KTH och bygger på resultat som togs fram i projekt ”Distribuerad Reglering av Fordonståg”, diarienummer 2009-01424.

Projektet har varit en viktig del i att bygga upp kunskap kring

- Praktiska aspekter kring fordonståg
- Utveckling av strategier för hantera mellan fordonstågets medlemmar varierande prestanda med avseende på topografi
- Utveckla strategier för hantera package loss i V2V-kommunikationen

Projektet har varit en viktig grund för att stärka samarbetet mellan KTH och Scania CV AB; direkt genom doktorandarbetet finansierat genom projekt, indirekt genom att resultat från projektet legat till grund för andra projekt och samarbete, ex FFI projektet iQFleet och RelCommH.

## 2. Bakgrund

Fordonståg (eng. platoon) har länge diskuterats som en möjlighet att effektivisera transporten av gods. Med fordonståg menas här ett antal fordon som körs med korta avstånd mellan varandra och framförs som en enhet. Det är ett välkänt faktum att bränsleförbrukningen drastisk minskar med avståndet till framförvarande fordon pga att luftmotståndet minskar.

Studier har visat att bränsleåtgången på det ledande fordonet kan reduceras med 2 till 10 % och för det följande fordonet 15 till 20 % [ # ] jämfört med ett ensamt fordon. Detta under förutsättning att avståndet mellan lastbilarna är 8 - 16 meter och att de färdas i 80 km/h. Den minskade bränsleåtgången ger en motsvarande reduktion i CO2 utsläpp.

Förare utnyttjar detta välkända faktum redan idag med en sänkt trafiksäkerhet som följd. En grundläggande fråga kring fordonståg är hur tidsluckan mellan fordon kan minskas från rekommenderade 3 sek ner till mellan 0,5 och 1 sekund utan att påverka trafiksäkerheten.

# Bonnet. C. och Fritz. H., ”Fuel Consumption Reduction in a Platoon: Experimental Results with Two Electronically Coupled Trucks at Closed Spacing”, In 2000 Futer Transportation Technology Conference, Costa Mesa, California, USA August 21-23, 2000

Den rekommenderade tidsluckan är idag baserad på

- Förarens reaktionstid
- Fördröjningar i fordonets bromssystem
- Fordonets stoppsträcka

Med avståndssensorer och kameror kan förarens reaktionstid elimineras, en typ av teknik använd redan idag av system som ACC (Adaptiv Cruise Control) och LKA (Lane Keeping Assistance).

En begränsning är dock att avståndssensorer och kameror kräver fri sikt till målet vilket gör det svårt att detektera händelser mer än ett par fordon framåt i kön. Ytterligare begränsning är att de ej kan reagera proaktivt, dvs reagera på händelser som ej haft någon markant påverkan på trafikrytmen.

Kommunikation mellan bilar ger dock en möjlighet att lösa dessa problem. Där framförvarande fordon i fordonståget kan

- Skicka information om den egna bilens tillstånd, dvs vikt, hastighet, motoreffekt, position.
- Skicka information om åtgärder som påverkar omgivande trafik, ex om man bromsar.
- Agera prob för bakomvarande fordon genom att rapportera iakttagna trafikhändelser bakåt i fordonståget.

Sammantaget, skulle fordonståg vara en viktig del i att öka transporteffektiviteten, förutsatt att trafiksäkerheten ej påverkas negativt.

### 3. Syfte

Det övergripande syftet med projektet har varit att studera hur en distribuerad fordonsstyrning av ett fordonståg kan realiserats med hjälp av sensorer och kommunikation mellan fordon (V2V) och mellan fordon och infrastruktur (V2I).

En viktig förutsättning för arbetet har varit att utgå från kravbilderna från fordonsindustrin och att systemet skall vara praktiskt implementerbart med idag tillgänglig teknik. Arbetet i ”Distribuerad Reglering Av Fordonståg II” har byggt på resultat och arbeten som gjordes i ”Distribuerad Reglering Av Fordonståg”.

I ”Distribuerad Reglering Av Fordonståg” specificerades följande delmål för att uppnå det övergripande målet

- En lämplig systemarkitektur måste fastslås.
- En forskningsplattform måste utformas.
- Utvärdering och design av en optimal styrningsalgoritm inom fordonståg.
- En klar kravbild måste fastställas för ett fordonståg.
- Praktisk realisering av de erhållna kunskaperna.

- Administrering av fordonståget med avseende på omgivande trafik och intern dynamik.
- Resultatverifiering i en fysisk realiserbar miljö.

Arbete i ”Distribuerad Reglering Av Fordonståg II” baserades på resultat från dessa delmål och fokuset i arbetet har varit på

- Praktiska aspekter kring fordonståg
- Utveckling av strategier för hantera mellan fordonstågets medlemmar varierande prestanda med avseende på topografi
- Utveckla strategier för hantera package loss i V2X-kommunikationen

”Distribuerad Reglering Av Fordonståg II” har även haft syftet att slutföra det i ”Distribuerad Reglering Av Fordonståg ” på började doktorandarbete.

## 4. Genomförande

Projektet har genomförts i form av ett doktorandarbete, med en på Scania CV AB anställd doktorand som bedrivit sina studier vid Reglerteknik, KTH.

Doktoranden har handläts av en huvudhandledare och en bihandledare från Reglerteknik, KTH samt två bihandledare från Scania CV AB.

Huvuddelen av arbetet har genomförts av doktoranden, dock har Scania CV AB bistått med resurser i form av fordon, förare, ingenjörstid under framförallt tester.

## 5. Resultat

Resultaten från projektet baseras på två huvudarbeten som genomförts under året som ”Distribuerad Reglering Av Fordonståg II” löpt.

- En simuleringsstudie av fordonståg med varierande prestanda med avseende på topografin.
- Fullskalliga tester på testbana och på väg med tre 40 ton fordon.

Syftet med simuleringsstudien var att bestämma den optimala styrstrategin för fordonen i ett fordonståg med avseende på vägens topografi och enskilda fordonens prestanda och konfiguration. Resultatet och en osäkerhetsanalys med avseende på fel i fordonsdatan har presenterats på 16th International IEEE Conference on Intelligent Transport Systems, (se 6.1 Publikationer).

De fullskalliga testerna hade två syften

- Verifiera resultat och modeller som erhållit och använts under simulerings arbete. Detta gjordes på en avstängd testbana under kontrollerade former.
- Tester i trafik på väg med syfte att fastsälla bränslebesparing i en realistisk trafik och väg situation.

Testerna på väg genomfördes under en period på 2 veckor i november 2013. Sträckan som kördes var E20 mellan Läggesta (avfart Mariefred) och Eskilstuna och tillbacks. Sträckan kördes fyra gånger varje testdag och fordonen inbördes ordning i fordonståget varierades enligt ett förutbestämt schema.

Testerna på väg visade att man fick en bränslebesparing på 5-8 % på sträckor där vägens lutning var måttlig. Resultat från dessa mätningar kommer att publiceras i artikel "Experimental Evaluation of Decentralized Cooperative Cruise Control for Heavy-Duty Vehicle Platooning" .

## 5.1 Bidrag till FFI-mål

Projektet har visat på hur fordons tåg kan realiseras på ett trafiksäkert sätt samt hur stor energibesparingspotensialen är. Projektet har även bidraget till att öka kunskapen kring V2x kommunikation och optimal reglering. Kunskap som är av vikt vid framtagande av ny produkteter och funktioner baserade på kooperativitet mellan fordon och/eller kräver adaption till omgivningen. Exempel på sådana funktioner skulle kunna var adaptiva farthållare, nödbromssystem, osv.

Projektet "Distribuerad Reglering av Fordonståg II" har varit en viktig grund för att stärka samarbetet mellan Scania CV AB och KTH, genom doktorandprojektet. "Distribuerad Reglering av Fordonståg II" och "Distribuerad Reglering av Fordonståg" har även gett viktig kunskaper och erfarenheter. Kunskaper som kunna tas med in i ett antal andra projekt och satt fokus på ett antal till nya frågeställningar. Exempel projekt är FFI-projekten iQFleet och RelCommH.

## 6. Spridning och publicering

### 6.1 Publikationer

"Look Ahead Cruise Control for Heavy Duty Vehicle Platooning"  
16th International IEEE Conference on Intelligent Transport Systems, Hague, October, 2013

Artiklar ännu ej publicerade :

“Experimental Evaluation of Decentralized Cooperative Cruise Control for Heavy-Duty Vehicle Platooning”, A, Alam J. Mårtensson K.-H. Johansson

“Cooperative Control with Preview Topography Information under System Uncertainties for Heavy-Duty Vehicle Platooning”, A, Alam J. Mårtensson K.-H. Johansson

“System Architecture and Control of Heavy-Duty Vehicle Platooning: Experimental Evaluation”, A, Alam J. Mårtensson K.-H. Johansson

## 7. Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har visat att det är möjligt att realisera fordonståg och att man med en distribuerad regler arkitektur kan skapa ett stabilt och robust system, ett system som kan hantera ex störningar i den trådlösa kommunikationen.

Projektet har även visat att det finns en signifikant energi besparingspotential i att köra i fordonståg. En potential som även vid relativt stora avstånd mellan fordonen existerar.

Projektet har även visat på hur variationer i prestanda mellan fordonen i fordonståget påverkar bränslebesparingspotentialen. Dock har projektet även visat på en strategi för att hantera detta.

Sagt detta, så är detta inte en klar produkt eller ett färdig forskat område. Från ett akademiskt perspektiv finns frågor kring

- Hur indata om omgivande trafik skall skapas, sensor fusion, associering
- Hur skall fordon grupperas i ett fordonståg och när skall de slås ihop
- HMI frågor kring hur förare kommer att reagera på att köra i en platoon

Från ett produktperspektiv finns frågor kring

- Hur skall funktionen säljas
- Vad säger föraren
- Hur ser betalningsmodellerna ut
- Lag och försäkringsfrågor

## 8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Scania CV AB

Henrik Pettersson

REPI  
Scania CV AB  
151 87 Södertälje

Tel +46-8-553 503 66

E-mail:

[henrik\\_x.pettersson@scania.com](mailto:henrik_x.pettersson@scania.com)

KTH Automatic control

Prof. Karl Henrik Johansson

School of Electrical Engineering  
Automatic Control  
KTH Royal Institute of Technology  
Osqudas v. 10  
100 44 Stockholm - SE

Tel +46-8-7907321

E-mail:

[kallej@kth.se](mailto:kallej@kth.se)