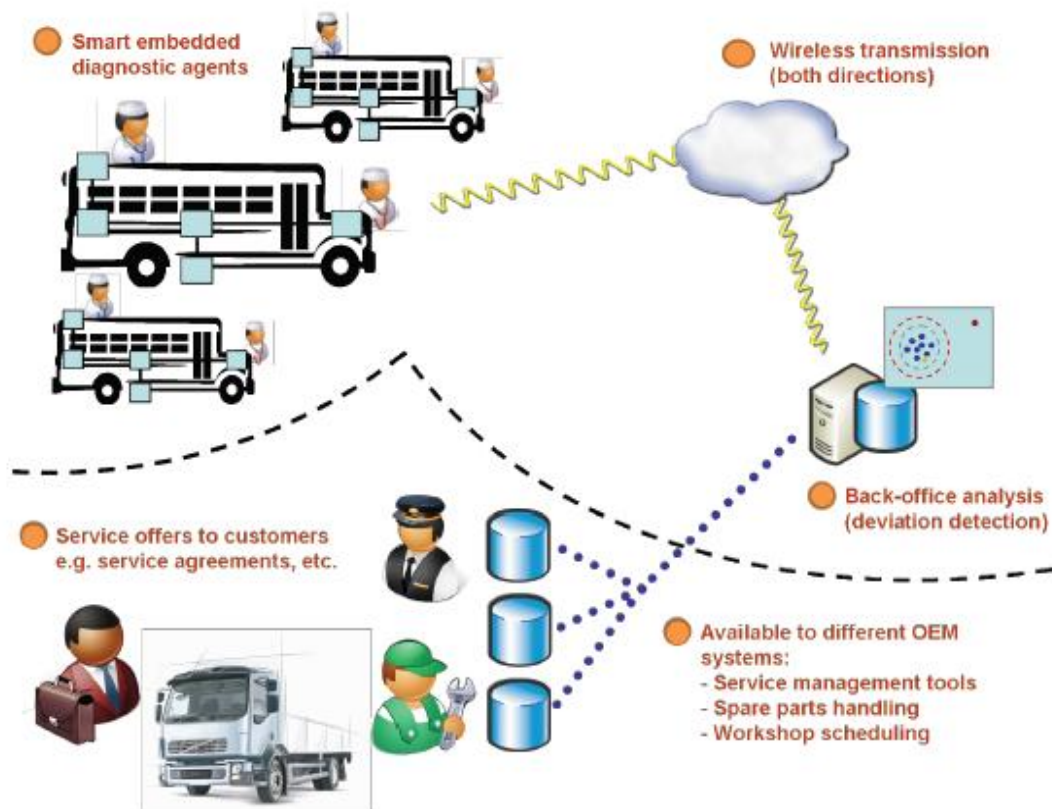


Data Driven Modeling for Uptime



Författare Magnus Svensson
 Datum 2011-12-31
 Delprogram Transporteffektivitet

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	4
3. Syfte.....	7
4. Genomförande.....	7
5. Resultat	9
5.1 Bidrag till FFI-mål	9
6. Spridning och publicering.....	9
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	9
6.2 Publikationer	10
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	10
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	11

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

1. Sammanfattning

Projektet fokuserar på att utveckla och förfinas metoder för avvikelsetektering av system eller komponenter på fordon. Vi går mot allt högre krav på fordonstillgänglighet (uptime) vilket kräver att bättre metoder för att detektera om någonting håller på att gå sönder måste tas fram. Idag finns det metoder för att detektera om någonting har gått sönder på fordonen, föraren kan få upp ett meddelande i instrumentklustret att det är ett fel på en viss komponent, on-board diagnostics. Det är även möjligt att logga data på fordonen för att sen när fordonet kommer in till verkstaden läsa ut den loggade datan för att kunna identifiera servicebehovet. Dessa metoder är bra men de baseras på att det finns någon som har suttit och bestämt vilka fel som kan uppstå på förhand, innan fordonet har börjat att produceras. Detta medför en rad begränsningar, speciellt vid uppdateringar av fordonen eller när nya varianter tas fram så kräver det att även diagnosfunktionerna uppdateras.

För att bli bättre på att skatta servicebehovet och fordonets hälsostatus är det önskvärt att vi hittar ett sätt att kunna övervaka olika system utan att på förhand ha bestämt vilka signaler vi ska mäta och vilka tröskelvärden vi ska sätta på specifika signaler. Vi skulle helt enkelt vilja ha en metod som bygger på ”unsupervised monitoring”, vilket innebär att vi inte baserar våra modeller på tidigare experiment eller någon fysikalisk modell utan vi bygger våra modeller av hur systemen verkligen fungerar i fordonsapplikationen. Modellerna byggs genom självlärande algoritmer (modeller) vilket innebär att vi endast definierar vilken typ av modeller vi är intresserad av att bygga och en uppsättning signaler som är relevanta för att övervaka systemet.

De självlärande algoritmerna tar fram en lågdimensionell representation av det system som undersöks (en modell). Denna modell baseras alltså på signalrelationer som beskriver hur det verkliga systemet fungerar i verkligheten. Den framtagna modellen (framförallt modellparametrarna) kan sedan jämföras med andra fordon. Metoden består av 3 steg:

- 1) Ta fram de mest relevanta signalerna som beskriver systemet
- 2) Ta fram en modell av som beskriver systemet av de valda signalerna
- 3) Jämför modellparameterarna från olika fordon eller från ett fordon över tid.

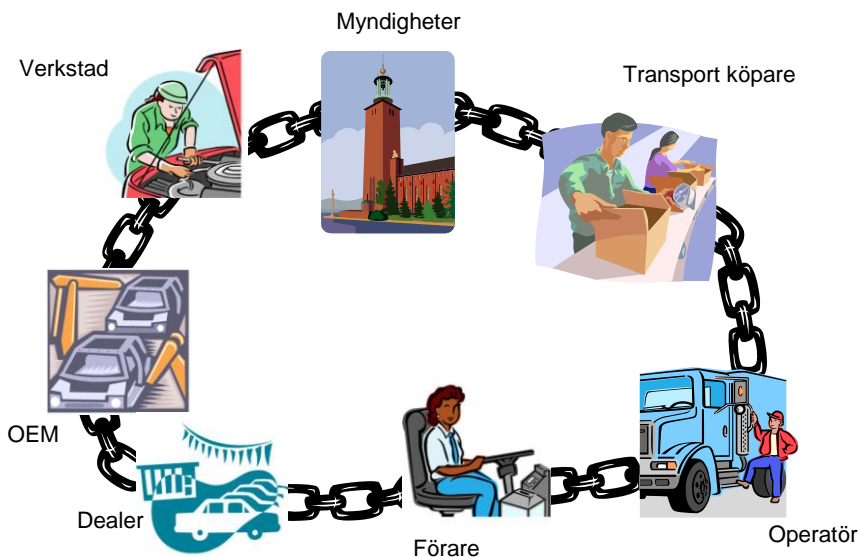
Det finns ett stort behov att utveckla metoder för att detektera om någonting håller på att gå sönder på fordonen, proaktiv diagnos istället för reaktiv diagnos. Kan vi se till att vi gör service på fordonen när det verkligen behövs förbättrar vi för alla intressenter inom området.

Målen i detta projekt är att utveckla metoderna för ”unsupervised monitoring” för att kunna skatta om något system kommer att gå sönder. Detta görs i nära samarbete med akademien och en akademisk examen var planerad i projektet tillsammans med ökad kunskapsuppbyggnad inom området.

De resultat som vi har fått fram i projektet är att metoden fungerar på olika system på fordonet men utvärderingen pågår fortfarande. De system som vi har tittat närmare på och skrivit artiklar utifrån är framförallt baserad på data med injicerade fel.

2. Bakgrund

Det finns ett stort behov av att få bättre kunskap om fordonens hälsostatus för att förbättra för alla intressenter. Det är inte bara föraren och åkaren som är intresserad av bättre övervakning av fordonen. Det är även fordonstillverkaren som vill ha mer information om hur fordonen fungerar i verkligheten. Verkstäderna är också intresserade av att få så mycket information som möjligt om hälsotillståndet för att kunna säkerställa att det finns reservdelar och att det är en effektiv schemaläggning i verkstäderna. Även myndigheterna har intresse av att fordonen inte stannar utmed vägarna och att efterbehandlingen av avgaserna fungerar och uppfyller lagkraven. Figur 1 visar de olika intressenterna och de är alla sammankopplade.



Figur 1. Olika intressenter inom fordonsindustrin kring diagnostjänster.

Krav på diagnostik funktioner

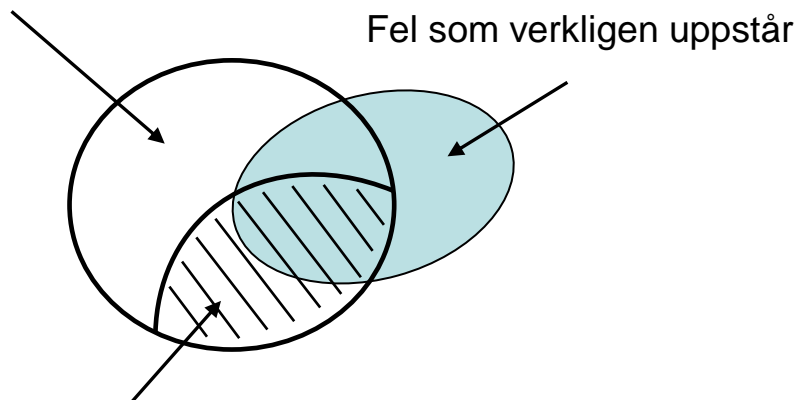
De krav som ställs på diagnosfunktioner är att de ska vara:

- Implementerbara
- Exakta
- Lätta att uppdatera

Dessa tre kravställningar skapar ofta en konflikt kring de diagnosfunktioner som ska tas fram. För att funktionerna (algoritmerna) ska vara implementerbara så blir de ofta ganska så enkla vilket gör att de inte är så exakta. Funktionerna ska vara lätta att uppdatera vilket gör att de ska vara generella vilket gör att man måste välja en relativt hög nivå på funktionerna för att täcka in olika fordonskonfigurationer.

Detta gör att när man bestämmer vilka funktioner (diagnosalgoritmer) som ska finnas på fordonet så måste man välja de fel som är mest relevanta och som man kan implementera på ett inbyggt styrsystem. Detta medför i sin tur att de fel som väljs ut blir ofta generella och är endast en delmängd av de fel som man tänkte sig kunde uppstå. Dessutom så uppstår fel som man inte tänkte på från början, figur 2 illustrerar detta.

Tänkbara fel som kan uppstå



Utvalda fel för diagnosfunktioner

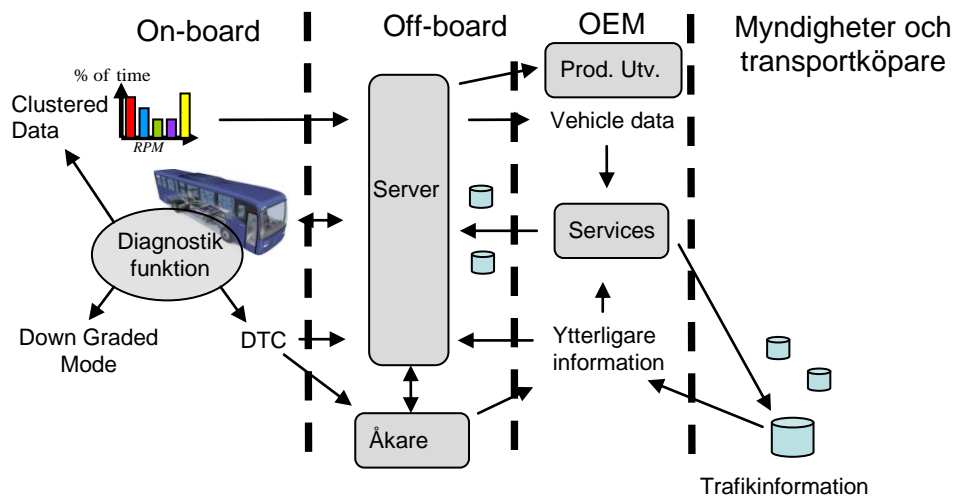
Figur 2. När ett nytt fordon tas fram så tänker man ut vilka fel som kan uppstå och en delmängd av dessa fel tar man fram diagnosfunktioner för.

Egentligen så skulle vi vilja ha en funktion som detekterar om någonting håller på att gå sönder på varje komponent men det är inte rimligt att göra. De begränsningar som vi har på ett fordon med inbyggda styrsystem är framförallt:

- Fel som ska detekteras bör ha en tydlig och känd felkaraktistik
- Diagnosfunktioner som måste uppdateras vid fordonsuppdateringar, nya fordonskonfigurationer alternativt anpassningar till olika marknader
- Verifiering av diagnosfunktioner, detta måste göras före produktionsstart och är kostnadskrävande

Big Picture

Idag finns det mycket information som på fordonen som skickas på datalänkarna. Denna information skulle kunna användas för att göra diagnos på fordonen. Traditionellt så ligger diagnosfunktionerna i de olika ECU:erna som är kopplade till de specifika systemen som övervakas. Det finns även mycket data från andra ställen än från själva fordonet bland annat från olika databaser kopplade till verkstäderna. All denna data (inklusive datan från fordonen) skulle kunna användas för att extrahera ut den mest relevanta informationen för att skatta hälsostatusen på fordonen. Figur 3 visar hur de olika dataflödena är sammankopplade.



Figur 3 Dataflöden som kan användas för diagnostikfunktioner

3. Syfte

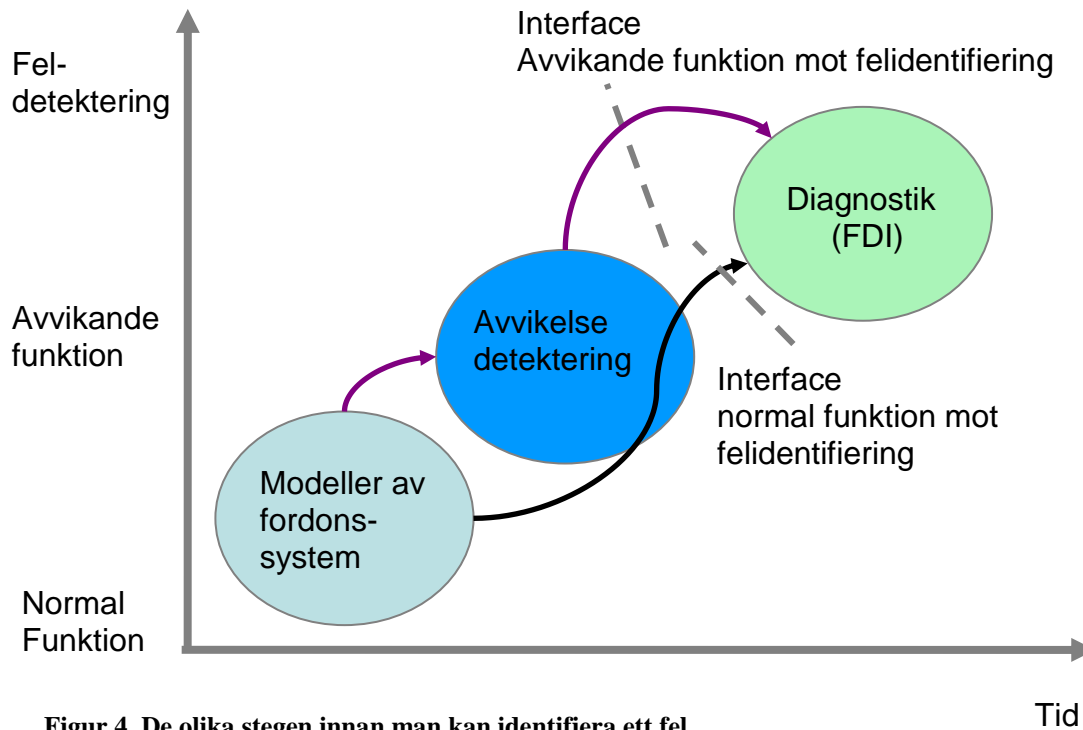
Syftet med projektet är att hitta ett sätt att kunna förbättra skattningen av fordonens hälsostatus så att serviceplaneringen kan förbättras. Genom att i ett tidigt skede kunna avgöra om någonting håller på att gå sönder så ska det bli känt för att säkerställa att det inte blir några oplanerade stopp eller att följdfel uppstår.

Detta medför att vi får bättre kostnadskontroll på transportuppdragen samtidigt som det hjälper alla intressenter.

4. Genomförande

Det tekniska genomförandet i projektet går ut på att på fordonen lägga funktioner som är självlärande och automatiskt tar fram en beskrivning (genom signalkorrelationsbeskrivning) av de olika systemen/komponenterna på fordonet. Denna beskrivning (modell) kan sen användas för att jämföra med andra fordon. Det gör att vi kan säga om vi har ett fordon som har avvikande beteende på något system. Observera att vi inte säger att det är ett specifikt fel utan att vi säger att vi endast har en avvikelse. Istället för att gå direkt till att hitta felet så går vi vägen via att först göra en avvikelsetektering, se figur 4.

De självlärande modellernas parametrar skickas tillbaka till en server där dessa parametrar jämförs med parametrar från samma modeller fast på liknande fordon. Figur 5 visar de olika stegen i den föreslagna metoden.



Figur 4. De olika stegen innan man kan identifiera ett fel.

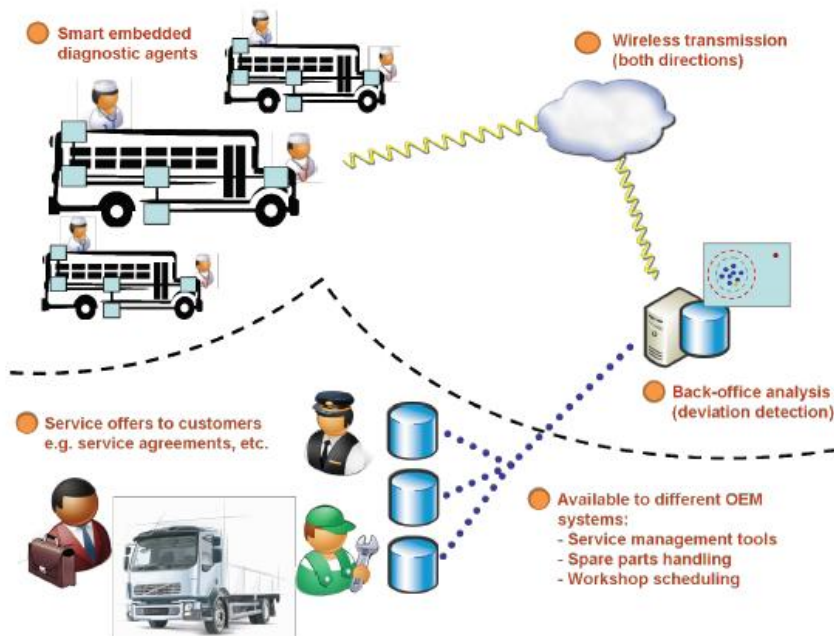


Figure 5. Den föreslagna metoden. Först så skickas agenter ut till fordonen som ta fram en lågdimensionell beskrivning av fordonssystemen. Modellparametrarna jämförs sen med modellparameterar från liknande system. Om något fordon har avvikande modellparametrar så flaggas det fordonet som avvikande.

5. Resultat

5.1 Bidrag till FFI-mål

- *Kompetensuppbyggnad* – en doktorsexamen är planerad till 2012 och en rad publikationer och presentationer har genomförts. Vi har också arrangerat två ”special session” på ITS-WC både 2010 och 2011. Projektet har även presenterats vid en institution på MIT (Massachusetts Institute of Technology). Projektet har även bidragit med samarbete mellan Universitet i Japan och i Sverige.
- *Minskade res- och transporttider genom färre störningar och ökad framkomlighet* – den metod som har tagits fram och förfinats i projektet bidrar till att vi får ökad kännedom om fordonens hälsostatus och kan på så vis minska antalet oplanerade stop och förbättra serviceplaneringen. Detta bidrar starkt till färre störningar och ökad framkomlighet.
- *Ökad konkurrenskraft för svensk fordonsindustri* – den metod som vi har jobbat med är unik i sitt slag och har stor potential att användas inom fordonsindustrin på såväl mogna marknader som på tillväxtmarknader.
- *Förbättrad service, underhåll samt förbättrade produkter och tjänster* – Genom att vi tar fram en metod vars syfte är att skatta servicebehovet på olika system på fordonet så kan vi använda den informationen för att återkoppla till produktutveckling och till att ta fram nya tjänster.
- *Nya affärsmöjligheter skapade* – Med en metod som den framtagna så har vi möjligheter att hitta nya användningsområden. Just nu har vi fokuserat på att ta fram uptime relaterade tjänster på fordonen men vi skulle på samma sätt kunna ta fram nya tjänster kopplade till andra system, både inom och utanför fordonsindustrin. Vi har bland annat visat att metoden kan appliceras för att användas för att skatta om en hårddisk kommer att gå sönder.
- *Andelen fordon i fordonsflottan som är ”uppkopplade” ökas till 50% till 2020* – Den metod som har utvecklats i projektet har bidragit till att öka motiveringen och värdet av att ha trådlös kommunikation genom att demonstrera fördelar med uppkopplade fordon.

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Den föreslagna metoden är mångt och mycket baserad på att fordonen är uppkopplade. Genom att vi får bättre trådlös kommunikation kan denna metod få större

genomslagskraft. En annan sak som kommer att skynda på denna typ av angreppssätt är ökad beräkningskapacitet i de inbyggda styrsystemen.

Vi har också arrangerat två ”special session” på ITS-WC både 2010 och 2011 där vi har diskuterat och presenterat projektresultat. Projektet har även presenterats vid en institution på MIT (Massachusetts Institute of Technology)

6.2 Publikationer

Tidskrift

- S. Byttner, T. Rögnvaldsson and M. Svensson, ”Automatic fault detection with self-organizing models and vehicle telematics”, Engineering Applications in Artificial Intelligence, 2011.

Paper

- Mosallam, S. Byttner, M. Svensson, T. Rögnvaldsson, ”Nonlinear Relation Mining for Maintenance Prediction” to be presented at IEEE Aero Conference AIAA, Montana, USA, Mars 5-12, 2011
- G. Vachkov, S. Byttner, M. Svensson, ”Incremental Classification of Process Data for Anomaly Detection Based on Similarity Analysis” to be presented at IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, Paris, April 10-15 2011
- S. Byttner, M. Svensson and T. Rögnvaldsson, ”Finding the Odd-One-Out in Fleets of Mechatronic Systems using Embedded Intelligent Agents” AAAI Spring Symposium, Stanford, CA, March 22-24 2010.
- M. Svensson, M. Forsberg, S. Byttner and T. Rögnvaldsson, ”Deviation Detection by Self-organized On-line Models Simulated on a Feed-back Controlled DC-motor”, IASTED conference on Intelligent Systems and Control, Cambridge, MA, Nov. 2-4, 2009.
- M. Svensson, T. Rögnvaldsson, S. Byttner, M. West and B. Andersson, ”Un-supervised deviation detection by GMM – A simulation study”, IEEE International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, Bologna, Italy, September 5-8, 2011

7. Slutsatser och fortsatt forskning

Vi har visat att den föreslagna metoden kan användas för att förbättra skattningen av fordonens hälsostatus. Vi tror att en metod lik denna har potential att förbättra övervakningen av mekatroniska system och då inte enbart fordonssystem.

Denna metod kommer inte att ersätta de metoder som används i dag helt och hållet utan kommer mer att vara ett komplement, framförallt för system som åldras över tid.

I och med att forskningen kring självlärande system är relativt ung och många gånger är applicerad på system utan större begränsningar på datakapacitet så finns det stor utvecklingspotential för fordonsapplikationer. Samtidigt som fordonen blir mer och mer uppkopplade och det ställs större krav på tillgänglighet på fordonen så blir det än mer viktigt att snabbt detektera möjliga störningar.

Hitintills har vi visat att metoden fungerar i liten skala, många forskningsfrågor återstår kring modellval och så vidare men även kring hur man ska integrera en sådan lösning med andra eftermarknadssystem. Utöver detta så finns det många forskningsfrågor kring olika affärsmodeller på olika marknader och hur man presenterar resultaten för de olika intressenterna.

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Volvo Technology – Magnus Svensson (Magnus.Svensson@volvo.com)

Högskolan i Halmstad – Stefan Byttner (Stefan.Byttner@hh.se)



FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Adress: FFI/VINNOVA, 101 58 STOCKHOLM
Besöksadress: VINNOVA, Mäster Samuelsgatan 56, 101 58 STOCKHOLM
Telefon: 08 - 473 30 00