



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Säkerhetssystem för att undvika avkörningsolyckor



Författare: Claes Olsson

Datum: 12-10-17

Delprogram: Fordons- och trafiksäkerhet

Innehåll

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

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 avser att utvidga befintlig forskning och teknik inom området "lane keeping aid/assistance". Utvidgningen består i att försöka minska behovet av filmarkeringar, dvs. förhindra avkörningsolyckor även då inga filmarkeringar finns närvarande, samt att möjliggöra autonoma ingrepp i samband med högre dynamiska situationer.

Här följer en resumé av aktiviteter och resultat från projektet sedan starten hösten 2007.

2007

Projektet inleddes med en litteraturstudie av befintlig teknologi och parallellt med en studie av olycksstatistiken. Anledningen till utvärdera olycksstatistik var att få insikt i orsakerna till vägavkörningar samt ta reda på de vanligaste situationer som föregår en vägavkörning, på engelska kallade "pre-crash scenarion".

2008

Förlora kontrollen i en kurva visade sig vara ett vanlig "pre-crash scenario" så vi bestämde oss för att börja med att betrakta denna typ av olyckor. Inledningsvis studerade vi grundläggande fordonsdynamik. I synnerhet genomfördes en studie där bilmodeller med varierande grad av modellerad dynamik jämfördes. Studien sammanfattades i ett papper som presenterades vid Reglermötet. Papperet utvidgades senare och skickades till 21st International Conference on Enhanced Safety of Vehicles.

Vi utvecklade vidare en metod som bygger på mätningar av fordonets tillstånd samt information om vägen framför fordonet, utvärderar om ett fordon kan stanna på vägen samtidigt som fordonets stabilitet bibehålls. Ett system som förebygger vägavkörningar kan använda denna metod som en bas för att besluta om insatser som hjälper föraren. Detta arbete har resulterat i en patentansökan och metoden presenterades vid IEEE Intelligent Vehicle Symposium (2009).

2009

Vi definierade ett komplett system bestående av en övre nivå med hotutvärdering samt en lägre nivå bestående av funktionalitet för aktivering. Den lägre nivåns regulator-funktionalitet konstruerades baserat på reglermetodiken "Model Predictive Control", och hela systemet utvärderades både experimentellt samt med hjälp av simuleringar. Arbetet presenterades vid "21st International Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, August 2009". Under senare hälften av 2009 etablerades ett samarbete med forskare på Chalmers för att utveckla en allmän ram för hotbedömning. Parallellt genomfördes arbete med metoder för känslighetsanalys av aktiva säkerhetssystem.

2010

Under vintern och början av våren 2010 lades mycket fokus på att skriva en avhandling för licentiatexamen. Licentiatuppsatsen försvarades framgångsrikt av Mohammad Ali den 19:e maj.

2011

Under slutet av 2010 och början av 2011 implementerades de tidigare utvecklade algoritmer för att kunna exekveras i realtid i en prototypbil. Experiment på en frusen sjö i norra Sverige genomfördes i mars 2011. En tidskriftsartikel presenterar resultaten i "IEEE Transactions on intelligenta transportsystem".

Vi har även undersökt (i) hur hotutvärderingsmetoder baserade på "reachability"-teori kan utökas för att hantera icke-linjär systemdynamik samt eventuellt olinjära, ickekonvexa begränsningar samt, (ii) hur hotutvärderingsmetoder baserade på dessa metoder kan justeras för att ta hänsyn till osäkerheter i modellparametrar, tillståndsskattningar, samt observationer av störningar.

Problemet (i) har hanterats medelst intervallaritmetik som vanligen används vid feldetektering. En preliminär studie presenterades vid IFAC World Congress. Experimentella resultat sammanställdes senare vilket tillsammans med en beskrivning av metodiken resulterade i en tidskriftsartikel.

Problemet (ii) har också hanterats. Fallet med parameterosäkerheter i modellen är speciellt utmanande eftersom det resulterar i ett icke-konvext problem. De utvecklade algoritmerna för att hantera osäkerheter i modellparametrar presenterades vid den kombinerade konferensen "IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference". På detta område har också en tidskriftsartikel författats.

2012

I mars och april, besökte Mohammad Ali UC Berkeley som gästforskare. Baserat på tidigare resultat från detta projekt har en MPC-regulator utvecklats som hanterar både hotutvärdering samt ingreppsreglering samtidigt. Detta innebär att endast ett optimeringsproblem måste lösas för att både avgöra om föraren behöver hjälp och hur man kan hjälpa föraren. Detta eliminerar också behovet av att byta logik mellan manuellt och assisterat läge.

Vidare modifierades MPC-regulatorn för att även hantera stationära hinder vid väggkanten. En omvandling av systemdynamiken infördes vilket möjliggör ett enkelt sätt att beskriva randvillkoret att undvika ett hinder.

Arbetet i projektet sammanfattades i Mohammad Alis doktorsavhandling som framgångsrikt försvarade 21 september. En lista över publikationer och sammandrag av projektets resultat kan hittas i avhandlingen. Avhandlingen kan laddas ner från: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/162548.pdf>

2. Bakgrund

Medans vägtrafiken har möjliggjort en enorm transportkapacitet, samt ovärderliga sociala och ekonomiska fördelar, är detta också förknippat med negativa konsekvenser. Idag mer än någonsin, investeras enorma summor i forskning och utveckling för att minska dessa negativa effekter som tex. trafikolyckor, växthusgaser samt trafiköverbelastningar.

När man jobbar med att eliminera de negativa effekter vägtrafiken orsakar, behöver man oundvikligen också se till problemet att upprätthålla en acceptabel transportprestanda. Här i ligger själva utmaningen. Detta projekt behandlar denna utmaning med avseende på fordonssäkerhet. I synnerhet fokuserar vi på problemet med att förebygga olyckor orsakade av vägavkörningar genom automatiska säkerhetsfunktioner utan att försämra fordonets ursprungliga prestanda.

3. Syfte

Volvo Personvagnar ska bli världens ledande biltillverkare i bilsäkerhet. Detta kräver att Volvo kan erbjuda världsledande aktiv-säkerhetsteknologi, som avsevärt minskar risken för kollisioner. Effektiva säkerhetssystem för att förhindra vägavkörningar är därmed en nödvändighet.

4. Resultat

4.1 Bidrag till FFI-mål

FFI-programmet har som övergripande mål att bidra till utvecklingen av fordon med en optimal kombination av aktiva och passiva system som minskar antalet olyckor och dess konsekvenser.

Mot bakgrund av ovanstående bidrar resultaten av detta projekt klart och tydligt till att uppfylla målen. Resultaten är i huvudsak tillämpbara på fordon, men det finns ingen begränsning till personbilar.

Detta arbete har fokuserat på problemet med att förbättra fordonssäkerheten samtidigt som en godtagbar fordonsprestanda bibehålls. Metoder för att bedöma graden av hot, fastställa åtgärder samt kontrollera fordonets rörelse har utvecklats för att förbättra fordonssäkerheten. För att undvika degraderad fordonsprestanda genom alltför stora säkerhetsmarginaler har de utvecklade metoder utformats så att insatser sätts in endast om det kan garanteras att situationen är kritisk. Följande har beaktats:

1. En ny säkerhetsfunktion som använder förhandsinformation om väggeometrin för att undvika förlust av kontroll över fordonet, har presenterats.

2. Algoritmer för hotutvärdering har utvecklats. Algoritmerna använder matematiskt modeller av fordon och förare för att på ett adekvat sätt ta hänsyn till begränsningar i fordonets och förarens kapacitet.

3. En algoritm för skattning av parametrarna i en förarmodell har tagits fram. Förarmodellering används som en integrerad del av algoritmerna för hotbedömning.

4. En hotbedömning har utvecklats för att kunna hantera också osäkerheter i tillstånd, störningar, samt i skattningar av olika systemparametrar

5. Hotbedömningsmetoder har vidare modifierats för att också kunna hantera icke-linjär systemdynamik. Utöver detta har icke-linjär dynamik hanterats samtidigt som teoretiska garantier för att falska hot inte detekteras.

6. Ett nytt ramverk för beslutsfattande i allmänhet för kollisionförhindrande fordonssystem har utvecklats. Ramverket möjliggör integration av ett brett spektrum av kontrollstrategier från helt självständig till samordnad bromsning och styrning.

7. Alla metoder som presenteras i arbetet har validerats experimentellt.

5. Spridning och publicering

5.1 Kunskaps- och resultatspridning

Inom området aktiv säkerhet, finns en tydlig trend mot mer fokus på utvärdering av prestanda hos aktiva säkerhetssystem. Både från institut, men även från fordonspressen samt andra bilklubbar och andra sammanslutningar. För ett varumärke som Volvo, är det av yttersta vikt att resultatet av dessa tester faller ut till våran fördel. Följaktligen kommer denna trend att ha påverkan på hastigheten samt inriktning på utvecklingen av området.

5.2 Publikationer

2012

M. Ali, P. Falcone and J. Sjöberg, Threat Assessment Design under Driver Parameter Uncertainty, IEEE Conference on Decision and Control, December 2012, Maui, USA.

A. Gray, M. Ali, Y. Gao, K. Hedrick, F. Borrelli, Semi-Autonomous Vehicle Control for Roadway Departure and Obstacle Avoidance, IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, September 2012, Sofia, Bulgaria.



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

A. Gray, M. Ali, Y. Gao, K. Hedrick, F. Borrelli, Integrated Threat Assessment and Control Design for Roadway Departure Avoidance, IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, September 2012, Anchorage, USA.

2011

Ali, Mohammad; Falcone, Paolo; Sjöberg, Jonas (2011)
Model-Based Threat Assessment for Lane Guidance Systems. American Control Conference, San Francisco, CA, USA, June 29-July 01, 2011.

Ali, Mohammad; Falcone, Paolo; Sjöberg, Jonas (2011)
Model-Based Threat Assessment in Semi-Autonomous Vehicles with Model Parameter Uncertainties. 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference, Orlando, FL, USA, December 12-15, 2011.

Ali, Mohammad; Olsson, Claes; Sjöberg, Jonas (2011)
Real-time Implementation of a Novel Safety Function for Prevention of Loss of Vehicle Control. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference 2011.

Falcone, Paolo; Ali, Mohammad; Sjöberg, Jonas (2011)
Predictive Threat Assessment via Reachability Analysis and Set Invariance Theory. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,

Gelso, Esteban R.; Ali, Mohammad; Sjöberg, Jonas (2011)
Threat assessment for driver assistance systems using interval-based techniques. 18th IFAC World Congress.

2010

Ali, Mohammad (2010)
On Automotive Roadway Departure Prevention. Lic Thesis: Chalmers University of Technology.

Falcone, Paolo; Ali, Mohammad; Sjöberg, Jonas (2010)
Set-Based Threat Assessment in Semi-Autonomous Vehicles. IFAC Symposium Advances in Automotive Control, Munich, Germany, 12 - 14 July 2010.

Nilsson, Jonas; Ali, Mohammad
Sensitivity Analysis and Tuning for Active Safety Systems. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference. s. 161-167. ISBN 978-1-4244-7657-2 ISSN 2153-0009

Sjöberg, Jonas; Coelingh, Erik; Ali, Mohammad; Brännström, Mattias; Falcone, Paolo (2010)
Driver Models to Increase the Potential of Automotive Active Safety Functions. Proceedings of 18th European Signal Processing Conference 2010, Aalborg, Denmark, August 23-27 2010.

2009

Ali, Mohammad; Sjöberg, Jonas (2009)

Impact of Different Vehicle Models on Threat Assessment in Critical Curve Situations. 21st International Conference on Enhanced Safety of Vehicles.

Ali, Mohammad; Olsson, Claes; Sjöberg, Jonas (2009)

Towards Predictive Yaw Stability Control. IV'09 - 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium.

Ali, Mohammad; Falcone, Paolo; Sjöberg, Jonas (2009)

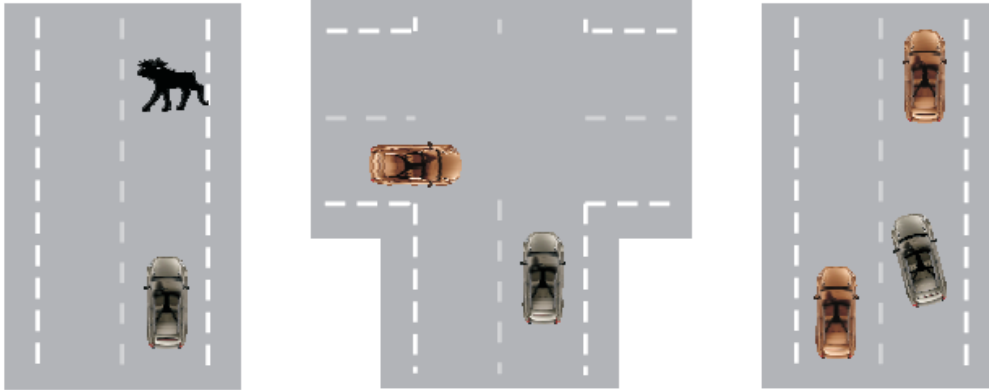
A Predictive Approach to Roadway Departure Prevention. 21st IAVSD Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, Stockholm, 17-21 August 2009.

6. Slutsatser och fortsatt forskning

Vidareutveckling av de förebyggande system för undvikande av vägavkörningar för industrialisering är en möjlig inriktning på ett fortsatt arbete. Detta innebär modifieringar av koden för att kunna exekveras i realtid samt genomförande av omfattande tester av algoritmernas prestanda i verklig trafik.

En annan fortsättning av projektet består i att ytterligare förbättra prestanda samt ytterligare utvidga de utvecklade metoderna för hotbedömning. Detta kan uppnås genom att modifiera de modeller som har använts för att ta hänsyn till ett bredare spektrum av scenarier. Några exempel på detta visas i Figur 1.

Utvidgning av tillämpningsområdet kan utföras genom att använda de metoder som har föreslagits i denna avhandling och justera modellerna för att ta hänsyn till ett bredare spektrum av olycksscenarier. I detta avseende är modellering av förarnas beteende särskilt utmanande. Förarmodellen som beaktats i detta arbete ger tillförlitliga prognoser på t.ex. motorvägar eller landsvägar, när det inte finns några andra inblandade fordon. Den tar dock inte hänsyn till t.ex. interaktion med andra fordon, hastighetsanpassning till kurvor eller mer komplexa beteende från t.ex. vägkorsningar. Ytterligare modellering och beräkning av förarens beteende för att hantera, i synnerhet, förarnas longitudinella påverkan på fordonet skulle vara värdefull, både för att öka prestanda av de metoder som behandlas i avhandlingen men och också för att utvidga tillämpningsområdet till mer allmänna situationer.



Figur 1: Exempel på trafiksituationer som kan leda till olyckor.

7. Deltagande parter och kontaktpersoner

Volvo Car Corporation

Dr. Claes Olsson, projektledare, tel. +46-31-325 13 10

Dr. Mohammad, Ali, tel. +46-31-597941

Chalmers University of Technology, Signals and Systems

Prof. Jonas Solberg, +46 31 772 18 55