

Förbättrad säkerhetseffekt av kollisionsundvikande styrande system

Publik rapport

Författare: [Claes Olsson, John Dahl, Jonas Fredriksson](#)
Datum: [2020-01-31](#)
Projekt inom [Trafiksäkerhet och automatiserade fordon](#)

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	6
6 Resultat och måluppfyllelse	7
7 Spridning och publicering	9
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	9
7.2 Publikationer.....	9
8 Slutsatser och fortsatt forskning	10
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	10
10 Referenser.....	11

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

Fordonssystem som automatiskt styr för att undvika kollisioner med oskyddade trafikanter eller andra fordon är sedan några år ute på marknaden. Generellt sett är detta en attraktiv innovation, men den har vissa begränsningar, som kan ha negativ inverkan på den verkliga effektiviteten på systemet. En av dessa begränsningar är att styringreppen är relativt svaga för att inte störa eller distrahera föraren. De svaga styringreppen är en följd av otillräcklig förmåga att prediktera ego och kringvarande fordons framtida position.

De faktorer som bidrar till att reducera prediktionsförmågan är dels mätosäkerheter i signalerna från sensorerna, men den främsta orsaken är att det är svårt att bedöma förarnas framtida beteende. Förarbeteenden tenderar att skifta snabbt när nya intryck når föraren och det finns även en koppling till vilken trafiksituation föraren befinner sig i.

Det övergripande syftet med detta projekt har varit att identifiera signifikant bättre prediktionsmetoder för att komma till rätta med denna den största begränsaren i dagens system som använder automatiska styringrepp för att undvika en trafikolycka.

En sammanfattande studie har genomförts där olika prediktionsmetoder undersöktes och utvärderades utifrån deras respektive för och nackdelar. Från denna studie valdes två koncept ut för ytterligare analys:

- En metod baserad på en kombination av en dynamisk modell och robust modell-prediktiv reglering. Vår slutsats är att ett sådant system är robust mot osäkerheter, men att det behövs betydande kunskaper om osäkerheterna, vilket ofta inte är fallet. Specifikt gäller detta i fallet där osäkerheter kan kopplas till en förarens framtida beteende. Baserat på detta valde vi att inte gå vidare med denna metod.
- En alternativ ansats där det undersöktes hur ett artificiellt neuronät (ANN) kunde förbättra prediktionsprestandan. Detta eftersom det är vida känt att neuronät har förmågan att lära sig komplexa, ofta olinjära, samband emellan in- och utdata, baserat på numeriska exempel, där den underliggande funktionen är okänd. I en jämförelse med en kinematisk konstanthastighetsmodell, som utgör "state-of-the art" i de system som finns på marknaden, visade det sig att neuronätet kunde öka den relativa prestandan med ca 22% i att detektera filurkörningar givet en prediktionshorisont om 1.25-1.5 sekunder. En signifikant förbättring som motiverar att fortsatt studera hur man bäst tillämpar ANN för att förbättra prediktioner i olika situationer.

Projektet har bedrivits av Zenuity, som är huvudansökare, i form av ett industridoktorandprojekt i tätt samarbete med Chalmers tekniska högskola. Denna rapport sammanfattar de första fyra åren av det industridoktorandprojekt som kommer pågå ytterligare ett år.

2 Executive summary in English

Zenuity AB is actively carrying out research and development of collision avoidance systems relying on automatic steering interventions, to avoid accidents involving vulnerable road users and other vehicles. All of today's ADAS (Advance Driver Assisted Systems) systems, including the ones developed by Zenuity, suffer from the problems related to unreliable external sensing information as well as a lack of understanding of the driver behaviors. The vast part of today's research within active safety is concentrating on positive performance, i.e. performance under ideal conditions, and not so much on performance when the systems are subjected to

disturbances and uncertainties, related to sensor noise or variations in driver behavior [2]. Only a few publications address the question about driver interaction, see [3] and [4].

The overall objective of this project is to reach an understanding of what it takes to increase the availability and the overall effectiveness of the systems. The ultimate vision is to be able to give support by applying automatic steering interventions in such a way that the driver does never need to override or compensate for misjudgments of the systems.

In the project, it was concluded that a fundamental limitation of today's collision avoidance by steering systems, is the ability to accurately predict the evolvement of an emerging conflict situation. Therefore, a study where all relevant methods for threat prediction were identified and analyzed, were carried out. The methods were scrutinized in terms of their underlying assumptions, pros and cons with respect to robustness, implementation complexity as well as their ability to handle specific situations. The results were published in a journal paper [2] where it was also concluded that one of the largest and trickiest uncertainties to describe (i.e. model), is the one related to the drivers' behaviors. It was further stated that a good method must be able to take into account the dependency between driver behavior and the traffic situation, e.g. that the behavior is different when driving on a curvy country road compared to a straight highway. An effective method for predicting the future path or position needs to take advantage of available insights about present uncertainties and at the same time, being simple enough for implementing and executing in real time in an embedded vehicle safety system.

In this work, two different strategies for predicting the future of a traffic situation have been studied. First, it was investigated how a robust model predictive control approach using a dynamic model could be used to improve the prediction accuracy by incorporating the known uncertainties [5]. The method was implemented and applied in a simulation study. Such an approach is robust to uncertainties but there is a potential drawback in that the uncertainties must be fairly known, which is not always the case, and especially not when we are dealing with uncertainties associated to drivers' behaviors. Based on these results, it was decided to not proceed with this method.

In a second attempt, an artificial neural network's (ANN) ability to improve the prediction performance, was investigated [6]. This was decided based on the widely accepted knowledge that an ANN has a great ability to learn complex, often non-linear relations, between in- and outputs, based on experimental data where the underlying relations are unknown. To study the real potential, an ANN was implemented and trained on real world driving data to detect unintended lane departures. The results were compared with today's state-of-the-art which is a constant velocity model, and it was concluded that the neural network approach gave a relative improvement of 22% in the ability of detecting lane departures given a prediction horizon of 1.25-1.5 seconds.

The promising results obtained, motivates future work to further understand how to best apply a neural network and maximize its prediction ability for use in a collision avoidance system. Important aspects are keeping the number of inputs to a minimum to obtain reasonable large networks from a computational perspective. Therefore, it is important to understand the minimum set of input signals to use, and how to choose past samples of those signals. The fundamental characteristics of neural networks to always give an output even with the input data doesn't belong to the set of data used for training the network, also needs thorough considerations to allow for use in real vehicles. In future work, an important question is therefore to understand how the uncertainty in the output of the network can be estimated and made use of.

The results from the project, has been made officially available in form of three international publications. A continuation of the project is also planned for at least one year. During this time, two more articles and one PhD thesis are expected.

Dahl, J., Rodrigues de Campos, G., Olsson, C. and Fredriksson, J., "Collision Avoidance: A Literature Review on Threat-Assessment Techniques", IEEE Transactions on intelligent vehicles, volym 4, utgåva 1, 2019.

Klintberg, E., Dahl, J., Fredriksson, J., and Gros, S., "An improved dual Newton strategy for scenario-tree MPC", IEEE Conference on Decision and Control, Las Vegas, 12-14 December, 2016

Dahl, J., Jonsson, R., Kollmats, A., Rodrigues de Campos, G. and Fredriksson, J., "Automotive Safety: a Neural Network Approach for Lane Departure Detection using Real World Driving Data", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Auckland, 27-30 October, 2019.

3 Bakgrund

De flesta fordonstillverkare har idag system under namnet "Lane Keeping Aid" (LKA) ("filhållningshjälp" på svenska), [1], som syftar till att minska risken för kollisioner med mötande fordon eller vägavkörningar. Generellt gäller att dessa system gör nytta men att de också lider av ett antal funktionella begränsningar som negativt påverkar den uppnåbara säkerhetsnyttan:

- I dagens system används konservativa (låga) nivåer på överlagrat styrmoment. Orsaken är framförallt att man vill säkerställa att föraren inte blir irriterad på systemet och stänger av det.
- Vidare förlitar sig dagens system för reglering av bilens laterala position på att det finns en ständigt tillgänglig referensmätning av något som inte rör sig, t.ex. filmarkeringar. Som en konsekvens behöver berörda system vara robusta mot fel som uppstår i referensmätningarna. Att säkerställa hög tillgänglighet är även det utmanande.

Den tillverkare som lyckas göra framsteg i arbetet med att förbättra dessa egenskaper kommer att kunna erbjuda system som avsevärt bidrar till ökad säkerhetseffekt.

Zenuity arbetar med forskning och utveckling för att ta fram system som syftar till faktiskt styra bilen automatiskt för att undvika kollisioner med objekt såsom andra fordon och oskyddade trafikanter. De flesta system utvärderade av Zenuity, lider av samma problem som rör tillgänglighet av tillförlitlig sensorinformation och identifiering av förarbeteenden. Dagens forskning inom området aktiv säkerhet och kollisionsundvikande system koncentrerar sig i huvudsak på positiv prestanda, d.v.s. prestanda under ideala förhållanden, och inte så mycket på prestanda under störningar, t.ex. från sensorer och/eller förare, eller på andra begränsningar som påverkar systemet, se [2]. Endast ett fåtal publikationer tar upp frågan om förarens inblandning, se t.ex. [3] och [4].

Detta projekt syftar till att försöka förstå vad som behöver göras för att få tillgängligheten, effektiviteten och användandet av systemen att öka. Visionen är att kunna applicera autonoma styringrepp där föraren inte kan (och därmed i princip inte någonsin behöver) motverka syftet med ingreppet. Detta kräver i grunden en nästintill perfekt bedömning samt prediktion av trafiksituationen.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Detta projekts övergripande syfte är att studera metoder för att signifikant förbättra dagens krockundvikande aktiva stödsystem som baserar sig på styrning. Dessa system är framförallt effektiva i konfliktsituationer med höga skillnadshastigheter samt där en liten lateral justering av bilen är tillräcklig för att eliminera konflikten. Exempel på situationer är mötandeolyckor, vägavkörningar, samt väja för fotgängare. Det som gör dessa system principiellt olika de som använder bromsning, är att avstånd, men även den tid, på vilka beslut om aktivering av

stödsystemet behöver fattas är signifikant längre. Detta leder till att prediktionen av en begynnande konfliktsituation blir betydligt mer utmanande.

Även om flertalet av de vanligaste och allvarligaste olyckstyperna har adresserats av dagens avancerade förarstödsystem, finns fortfarande stor potential för att öka deras effektivitet. Inom detta projekt har vi identifierat att det, när det gäller system baserat på semi-autonom styrning, i huvudsak handlar om att skapa förutsättningar för en mer precis situationsprediktion

Med utgångspunkt i metoderna som används i dagens system, där Zenuity ligger i framkant av utvecklingen, samt tillgänglig forskning, analyserades och undersöktes det brett vilka metoder som skulle kunna lämpa sig för att öka prestandan i prediktionen av olika typer av LKA-situationer. Metoderna sammanställdes och utvärderades utifrån vilka antaganden de var baserade på samt vilka för och nackdelar de har i form av robusthet, implementationskomplexitet och hur väl de kan hantera olika situationer

Utifrån insikterna från den inledande breda sammanställningen av tillgängliga metoder och deras för respektive nackdelar, valdes två olika metoder ut som lovande.

Först undersöktes hur en dynamisk fordonsmodell tillsammans med robust modell-prediktiv reglering (känt som "Model Predictive Control, MPC", kunde användas för att öka prediktionsprestandan genom att väva in kunskaper om de osäkerheter som finns kända.

Sedan, undersöktes hur ett artificiellt neuronnät (ANN) kunde förbättra prediktionsprestandan [6], detta då det är vida känt att neuronnät har förmågan att lära sig komplexa, ofta olinjära, samband emellan in- och utdata, baserat på numeriska exempel, där den underliggande funktionen är okänd.

Efter vidare analys, drogs slutsatsen att ANN som metodik är mer lämpad för att hantera osäkerheter som inte låter sig lätt modelleras. Vilket är fallet med förarbetenden. För att testa verklig prestanda så implementerades ett ANN som tränades på verkliga data till att detektera oavsiktliga filurkörningar. Tillgång till verkliga data som är insamlad med tanke på att spegla alla varianter av trafikmiljöer, väder, tider på dygnet, samt geografiska områden (USA, Europa, Asien), har varit en viktig parameter i metodiken liksom det faktum att denna data innehåller just de beteenden och situationer vi vill låta våra ANN lära sig bedöma.

5 Mål

Ökad förståelse för vilka steg som måste tas för att kunna göra kraftigare styringrepp kommer att vara en av nycklarna till inte bara nästa generations kollisionundvikande system utan även framtidens autonoma fordon. Metoderna som utvecklas kommer att vara till nytta för FFIs strategiska satsning "Trafiksäkerhet och automatiserade fordon", och säkerställer att Sverige, kan ta en världsledande roll inom utvecklingen av intelligenta fordon. Att projektet leds i ett tätt samarbete med Chalmers möjliggör en hög forskningskvalitet och underlättar kompetensutbytet mellan industrin och akademien. Tillsammans skapar dessa faktorer en unik möjlighet för snabb utveckling och tidig lansering av dessa fordon på svenska vägar.

Projektet kommer specifikt att bidra till målen för FFI programmet "Fordons- & Trafiksäkerhet" genom att

- skapa metoder för Fordons- och trafiksäkerhetsanalys med fokus på kollisionundvikande system
- skapa effektiva och robusta metoder för autonoma styringrepp för att kunna undvika kollision med mötande eller upphinnande fordon och/eller vägavkörningar

Den utvecklade metoden kommer genom akademiska publikationer och samarbetsprojekt att delvis tillgängliggöras för andra företag och universitet. Detta kan skapa nya jobb inom akademien och industrin, stärka regionens konkurrenskraft och utveckla kompetens inom området. Publicering innebär även utvärdering av resultat genom referentgranskning.

Ett övergripande mål med projektet är att identifiera de utvecklingssteg som behöver tas för att vi skall ta oss från dagens system med relativt mycket funktionella begränsningar, som bl.a. kan kopplas till konservativt låg ingreppsstyrka, till system som ger avsevärt högre säkerhetsnytta.

Mer specifikt omfattas:

- Metoder för dödräkning i fordonstillämpningar
- Styrning utan fast global referens.
- Ingreppsmetodik och systemsäkerhet
- Förbättrad säkerhetseffekt genom styringrepp.

Ovanstående målsättningar är taget direkt ur ansökan för projektet. Under projektets gång har vi framförallt fokuserat på grundläggande metodik för prediktioner/dödräkningar samt säkerhetseffekterna av applicering av den i projektet studerade metoden. Dvs punkt 1 och 4 i listan ovan.

”Styrning utan fast global referens” har vi beaktat när vi valt ut lovande metoder att undersöka, men inte hunnit med att behandla. Dock har vi kommit fram till slutsatsen att kännedom om väggeometrin är en viktig information för att prediktera den framtida utvecklingen av en trafiksituation. Det kan tom vara så att det är nödvändigt, vilket gör frågeställningen mindre intressant. Även utvecklingen mot självkörande fordon driver noggrann information i realtid om både vägens geometri samt bilens position på vägen, vilket också talar för att problemet med begränsad tillgång till en global fast referens bör minska över tid.

Målsättningarna med avseende på ”Ingreppsmetodik och systemsäkerhet” har inte heller hunnits med. Området handlar om att finna lösningar och identifiera krav för att möjliggöra användandet av obegränsade momentnivåer hos de kollisionssundvikande styringreppen. Detta är ett område som är relativt oberoende av problemställningen i punkt 1 och 4, varför vi valt att fördjupa oss mer istället för att bredda projektet. Det är också mer lämpligt eftersom projektet bedrivits som ett doktorandprojekt med krav på vetenskapliga resultat med mycket nyhetsvärde (stor höjd). Samtidigt leder våra resultat till att möjliggöra högre nivåer av styrmoment eftersom dagens system inte bara begränsar momentet utifrån ett säkerhetsperspektiv, utan också för att föraren inte skall uppleva omotiverade ingrepp som störande. Det senare problemet har vi reducerat genom att vi med hjälp av metoderna som tagits fram i projektet har möjliggjort system med betydligt färre omotiverade styringrepp.

6 Resultat och måluppfyllelse

I detta projekt har vi undersökt vilka metoder som skulle kunna passa för att öka prestandan i att prediktera olika typer av LKA-situationer. Metoderna har sammanställts och utvärderats i en tidskriftsartikel utifrån vilka antaganden de var baserade på samt vilka för och nackdelar de har i form av robusthet, implementationssvårigheter och hur väl de kan hantera olika situationer [2]. Slutsatsen från denna sammanställning var att förarens beteende är en av de svåraste osäkerheterna att modellera på ett bra sätt. Det framkom att det behövs en metod som kan hantera att förarbeteendet varierar för olika trafiksituationer, t.ex. att beteendet för att köra på en kurvig landsväg är olikt det att köra på en rak motorväg. En effektiv metod för att prediktera en framtida position behöver kunna dra nytta av de insikter som finns gällande osäkerheter men samtidigt vara enkel nog för att implementera i ett fordon.

Två olika ansatser för att förbättra systemets förmåga att prediktera framtiden har undersökts. I den första ansatsen undersöktes hur en dynamisk fordonsmodell tillsammans med robust

modell-prediktiv reglering kunde användas för att öka prediktionsprestandan genom att väva in kunskaper om de osäkerheter som finns kända [5]. Metoden implementerades i kod och användes för en simulationsstudie. Det visade sig att ett sådant system är robust mot osäkerheter, men att det behövs betydande kunskaper om osäkerheterna, vilket ofta inte är fallet. I den andra ansatsen undersöktes hur ett artificiellt neuronät (ANN) kunde förbättra prediktionsprestandan [6], då det är vida känt att neuronät har förmågan att lära sig komplexa, ofta olinjära, samband emellan in- och utdata, baserat på numeriska exempel, där den underliggande funktionen är okänd. För att testa verklig prestanda så implementerades ett ANN som tränades på verkliga data till att detektera oavsiktliga filurkörningar. Den grundläggande konfliktsituation som bäst hanteras av kollisionundvikande system som använder sig av styrning, vilken också dagens LKA-system är konstruerade att förhindra. Resultaten jämfördes med en kinematisk konstanthastighetsmodell, vilken får anses vara "state-of-the art". Det visade sig att neuronätet kunde öka den relativa prestandan med ca 22% i att detektera filurkörningar givet en prediktionshorisont om 1.25-1.5 sekunder.

Projektet har bidragit till följande två av FFI:s tre övergripande mål:

- Minska antalet skadade och dödade i trafiken
- Stärka den internationella konkurrenskraften.

Samtidigt bidrar detta projekt till Delprogrammet Fordons- och trafiksäkerhets mål om att bidra till utvecklingen av så kallade "nollvisionsfordon". Dvs fordon med system som minskar antalet olyckor, och minskar konsekvenserna av de olyckor som trots allt sker.

Projektet har även bidragit till följande av delprogrammet Fordons- och trafiksäkerhets mål:

- Att teknik utvecklas med potential att svara för en signifikant del av den minskning av antalet trafikdödade som samhället fastslår. Den svenska riksdagen har beslutat om ett etappmål för trafiksäkerheten som innebär att antalet dödade skall halveras och antalet allvarligt skadade minska med en fjärdedel från 2007 till 2020. Motsvarande mål på EU-nivå är en halvering av antalet trafikdödade mellan 2010 och 2020.
- Att de svenska fordonsföretagen förblir världsledande när det gäller utvecklingen av säkra fordon och system för fordonssäkerhet.

Detta då de metoder för hotutvärdering som utvecklats i projektet är en viktig pusselbit för att nå en ny nivå på effektiviteten hos framtidens kollisionundvikande system.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatsspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Resultat finns beskrivna i publikationer som presenterats på internationella konferenser samt i ett fall, hamnat i en internationell tidskrift.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Projektet kommer att fortsätta bedrivas som ett forskningsprojekt ytterligare minst ett år.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	I närtid kommer resultaten fortsättas att jämföras med befintliga metoder inom produktutvecklingen på Zenuity. Det för att förstå om påvisade fördelar överväger nödvändiga insatser kopplat till förändringar av algoritmer, samt ökat behov av CPU-kraft, mm.
Introduceras på marknaden	X	Högst troligt i någon form, även om dagens hårdvara behöver bli kraftfullare, vilket det finns en tydlig trend som kan kopplas till den centralisering av plattformar för aktiv säkerhet som pågår. Realisering av system för självkörande bilar, kommer möjliggöra beräkningskraft som finns tillgänglig i manuell körning för den typ av algoritmer som studerats i projektet.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

Resultaten från projektet har offentliggjorts i form av tre internationella publikationer, se nedan. Eftersom detta projekt planeras fortgå ytterligare ett år, förväntas cirka två publikationer samt en doktorsavhandling med mer resultat från fortsättningsstudien, på så vis göras offentligt tillgängliga.

Dahl, J., Rodrigues de Campos, G., Olsson, C. och Fredriksson, J., "Collision Avoidance: A Literature Review on Threat-Assessment Techniques", IEEE Transactions on intelligent vehicles, volym 4, utgåva 1, 2019.

Klintberg, E., Dahl, J., Fredriksson, J., och Gros, S., "An improved dual Newton strategy for scenario-tree MPC", IEEE Conference on Decision and Control, Las Vegas, 12-14 December, 2016

Dahl, J., Jonsson, R., Kollmats, A., Rodrigues de Campos, G. och Fredriksson, J., "Automotive Safety: a Neural Network Approach for Lane Departure Detection using Real World Driving Data", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Auckland, 27-30 October, 2019.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Insikter som dragits från detta projekte motiverar till att fortsätta undersöka hur man kan dra än mer nytta av neuronnetet för att förbättra prediktionsförmågan för kollisionundvikande system.

Viktiga aspekter som har konstaterats är att antalet insignaler till neuronnetet bör minimeras för att skapa förutsättningar för att kunna köra systemet i realtid i ett fordon. Detta medför att det måste undersökas vilka insignaler, t.ex. fordonets position på vägen, hastighet m.fl., som signifikant bidrar till en bra prestanda. Det samma gäller insignalernas minnesdjup, som motsvarar hur många gamla sampel av varje insignal som ska skickas in till neuronnetet.

Ett vanligt neuronnet tränas till att alltid producera utsignaler givet specifika insignaler, men det är för användaren oklart huruvida neuronnetet känner igen insignalerna eller ej. Då neuronnetet alltid ger utsignaler, kan det leda till att den beslutsfattande rutinen luras till att aktivera automatiska styråtgärder då de inte behövs, vilket potentiellt kan irritera föraren men även bidra till att en situation förvärras. Det är därför viktigt att undersöka huruvida neuronnetet osäkerhet kan estimeras och utnyttjas i rutinen för beslutsfattande.

Vidare är det tilltalande att industrialisera det utvecklade systemet baserat på ett neuronnet och testa det i verklig körning på väg för att kunna bedöma dess verkliga potential. Det medför att anpassa implementationen till att kunna köras på fordonets hårdvara och integreras med de övriga systemen så som sensorplattformen. När systemet körs i verklig trafik kan dess effektivitet utvärderas i form av antalet korrekta detektioner av onormalt förarbeteende men också subjektivt bedömas från ett förarperspektiv.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Zenuity AB

Claes Olsson

claes.olsson@zenuity.com

John Dahl

Gabriel Rodrigues de Campos



Volvo Car Corporation AB

Project started at Volvo Cars but it was completely transferred, with all involved personnel, to Zenuity.



Chalmers

Jonas Fredriksson

Jonas.fredriksson@chalmers.se



CHALMERS

10 Referenser

- [1] Rajamani, R. "Vehicle Dynamics and Control", Springer, 2006.
- [2] Dahl, J., Rodrigues de Campos, G., Olsson, C. och Fredriksson, J., "Collision Avoidance: A Literature Review on Threat-Assessment Techniques", IEEE Transactions on intelligent vehicles, volym 4, utgåva 1, 2019.
- [3] Braeuchle, C. et al. "Driver Influence on Active Pedestrian Protection Systems with Combined Braking and Steering," FAST-zero '13, September 22-26 2013, Nagoya.
- [4] Katzourakis, D., Olsson, C., et al. "Driver Steering Override Strategies for Steering based Active Safety Systems", FAST-zero '13, September 22-26 2013, Nagoya.
- [5] Klintberg, E., Dahl, J., Fredriksson, J., och Gros, S., "An improved dual Newton strategy for scenario-tree MPC", IEEE Conference on Decision and Control, Las Vegas, 12-14 December, 2016
- [6] Dahl, J., Jonsson, R., Kollmats, A., Rodrigues de Campos, G. och Fredriksson, J., "Automotive Safety: a Neural Network Approach for Lane Departure Detection using Real World Driving Data", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Auckland, 27-30 October, 2019.