

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

**PERCEPTION OCH NAVIGERING AV
AUTOMATISERADE KÖRSYSTEM MED HJÄLP
AV KAMERA, LIDAR OCH MASKININLÄRNING**

KANDIDATARBETE, PLANERINGSRAPPORT

Oskar Andersson
Daniel Karlberg
Daniel Kem
Mateo Raspudic
Felix Rosén
Alexander Sandberg

Handledare:
Elad Michael Schiller

15 februari 2019

Innehåll

1 Bakgrund	2
2 Syfte	3
3 Problem	3
3.1 Vägdektetktering (Road detection)	3
3.1.1 Körfältsmarkeringar (Lane markings)	4
3.1.2 Detektering av körbanan (Roadway detection)	4
3.2 Objektdetektering och spårning (Object detection and tracking)	4
4 Avgränsningar	5
5 Metod	5
5.1 Utförande	6
5.2 Hårdvara	6
5.2.1 WifiBot	6
5.2.2 Tamiya Volvo FH med trailer	7
5.2.3 Light Detection and Ranging (LiDAR)	7
5.2.4 Kamera	7
5.2.5 Inbyggda system	8
5.3 Programvara och programspråk	8
5.3.1 Python, C++	8
5.3.2 Tensorflow	8
5.3.3 Robot Operating System (ROS)	8
6 Samhälleliga och etiska aspekter	8
7 Tidsplan	9

1 Bakgrund

Enligt Statistiska centralbyrån (SCB) omkom 253 personer i vägtrafikolyckor i Sverige under 2017 [1]. Samma år omkom 25 700 personer i vägtrafikolyckor inom EU:s 28 medlemsländer. Samtidigt rapporterar världshälsoorganisationen (WHO) att ungefär 1 350 000 personer dör varje år i vägtrafikolyckor och att denna siffra förväntas vara fortsatt hög [2]. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) studerade anledningen till trafikolyckor i USA där de kom fram till att 94% ($\pm 2.2\%$) av olyckorna orsakades av mänskliga fel. Orsakerna bakom de mänskliga felet var följande: [3].

- Distrakterade och uppmärksamma förare (41%).
- Att föraren valt en för hög hastighet för vägförhållandena, falska antagande om andra fordons hastigheter samt olagliga manövreringar (33%).
- Bristande fordonskontroll (11%).
- Sömnbrist (7%).
- Övriga förarfel (8%).

För att minska antalet trafikolyckor har forskningen och intresset kring autonoma fordon ökat. Genom att minska den mänskliga faktorn i fordonskörsystemet minskar vi även den faktorn som orsakar mest trafikolyckor. Studier från National Renewable Energy Laboratory (NREL) visar även att självkörande fordon kan ha positiva effekter på övriga delar av samhället. Exempelvis för miljön och ekonomin genom att bidra med ett mer energieffektivt transportsystem som har möjligheten att göra kollektivtrafik mer tillgänglig och samtidigt sänka transportkostnaderna genom smartare körsystem som gör att transporten får en mindre bränsleförbrukning [4].

Tekniker för automatisering av fordonskörande har varit under utveckling sedan slutet av 1980-talet när man började implementera enklare förarstöd som farthållare, även kallade ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems). Sedan dess har andra teknologier kontinuerligt utvecklats för att göra fordonen säkrare att framföra. De tekniker som existerar i dagens fordon inkluderar t.ex. adaptativa farthållare, elektroniska stabilitets system, intelligenta självparkerings system och system som hjälper föraren att hålla sig inom vägmarkeringarna. De allra senaste fordonen kan till en bra förmåga automatisera motorvägskörning nästan helt och hållat, men kräver fortfarande förarens uppsikt. En rapport från det brittiska transportdepartementet drar slutsatsen att helt automatiserade fordon som inte kräver uppsikt från föraren kommer realiseras under 2020-talet [5].

Nuvarande system som finns implementerade på produktions- och forskningsfordon är ännu inte helt felfria och säkra. Systemen som finns installerade på dessa fordon kan misslyckas med att identifiera rätt vägmarkeringar eller detektera hinder och objekt vilket har lett till dödsolyckor i trafiken där autonoma system varit inblandade. Exempel på detta är bl.a. misslyckad vägdektering av en Tesla samt Ubers forskningsbil som inte kunde detektera en fotgängare. Området har fortfarande stora utmaningar framför sig innan fullständig automatisering kan realiseras [6][7].

2 Syfte

Syftet med projektet är att designa, utveckla och testa ett system som kan ge autonoma fordon förmågan att analysera sin omgivning och anpassa sig därefter, på ett säkert sätt. Systemet ska kunna köras i separata självständiga instanser av flera fordon, utan att dessa fordon behöver kommunicera sinsemellan.

3 Problem

Ett autonomt eller självkörande fordon ska kunna uppfylla samma syfte som ett vanligt fordon, utan att vara beroende av en mänsklig förare. Det kan uppnås detta genom att med hjälp av sensorer samla in information och bilda sig en uppfattning om sin omgivning och därmed navigera säkert utifrån detta.

Nollvisionen, som är målet att ingen ska skadas allvarligt eller avlida i trafiken, introducerades 1995 i Sverige [8]. Det finns liknande perspektiv på trafikolyckor och mål för att minska dem från både EU och UN [9][10]. För att uppnå dessa mål krävs ett samspelet mellan förare, fordon och väg där de tre faktorerna är anpassade efter varandra. Eftersom att autonoma fordon kan eliminera den mänskliga faktorn bakom ratten så kan de främja nollvisionens mål.

Poängen med ett självkörande fordon är att det måste kunna manövrera sig självt med så lite mänsklig hjälp som möjligt. För att uppnå detta är det viktigt för fordonet att kontinuerligt bilda en uppfattning om hur den nuvarande omgivningen ser ut, som görs med hjälp av sensorer. Sensorerna som används måste kunna utföra en rad olika uppgifter. Exempelvis måste man kunna skilja på olika vägmarkeringar som heldragna och streckade linjer, samt skapa regler för hur fordonet ska hantera dessa. Systemen och sensorerna måste även kunna urskilja fordon från varandra samt andra objekt som kan befina sig på vägbanan för att undvika olyckor. Systemen måste även kunna känna igen och behandla trafikljus och trafikskyltar samt agera på korrekt sätt baserade på de regler som systemet blivit lärd.

LiDAR kommer att användas ihop med en kamera för att analysera omgivningen och genom utnyttjandet av bildbehandling kommer fordonet att kunna navigera säkert i sin miljö. Eftersom både LiDAR och kameror har sina för- och nackdelar så kommer användningen av de båda teknikerna att behövas balanseras. Se sektion 5.2.3 och 5.2.4 för de olika begränsningarna hos verktygen.

3.1 Vägdektering (Road detection)

I den miljö fordonet kommer befina sig i finns begränsningar, som rent konkret definierar fordonets körfält. För att kunna utveckla självkörande fordon behöver de kunna känna av och uppfatta dess körfält. Ett problem blir därför hur ett fordon ska kunna avgöra vilka begränsningar som råder i den nuvarande miljön med hjälp av de sensorer som fordonet har tillhandा.

3.1.1 Körfältsmarkeringar (Lane markings)

För att kunna detektera ett körfält så krävs det två saker. För det första så behövs själva körfältet, och för det andra krävs det tekniker för att korrekt kunna identifiera det som ett körfält. Körfältet är redan givet och för att kunna göra iakttagelser så utrustas fordonet med en LiDAR och även en kamera. Dessa kommer sedan att samla in data om fordonets omgivning. Därefter kommer djuplärningsalgoritmer användas för klassificering. Så kallade Convolutional neural networks (CNN:s) kan komma att användas då de har visat sig vara ypperliga för att lösa problem relaterat till bildigenkänning [11].

3.1.2 Detektering av körbanan (Roadway detection)

Vägkroppsdetektering tillåter det autonoma fordonet att bestämma dess tillgängliga utrymme. Det vill säga det utrymmet som fordonet kan använda sig utav, det som ej har några hinder. Hinder i denna mening består utav saker som kan blockera fordonets väg.

3.2 Objektdetektering och spårning (Object detection and tracking)

Pålitlig objektdetektering är en nödvändig egenskap för att framställa självkörande fordon. Här kommer återigen fordonets sensorer in i bilden: en kamera och en LiDAR. Kameran tillhandahåller 2D-bilder, medan LiDAR tillhandahåller 3D-bilder. 2D-bilderna och 3D-bilderna har olika användningsområden, då de har olika fördelar. Exempelvis är 2D-bilderna fördelaktiga i situationer då plötslig nødbromsning krävs då de kan framställas och behandlas relativt snabbt, medan 3D-bilderna gör det möjligt att uppnå automatisk manövrering samt kollisionsriskestimation då dessa även ger information om avstånd.

Även objektspårning kommer behövas göras. Objektspårning, till skillnad ifrån objektdetektering, är metoden att avgöra hur andra objekt rör sig i rummet och hur deras framtida positioner kan komma att påverka ens egna [12].

4 Avgränsningar



Figur 1: Projektets Testmiljö

Projektet kommer att avgränsas till lösningar på problemen som kan realiseras på den hårdvara som projektgruppen innehåller. Den hårdvaran som projektgruppen innehåller består främst av mikrotyrversioner av ledande kommersiella tunga fordon. Mer om hårdvaran finns i sektion 5.2. Lösningarna på problemen ska även kunna demonstreras i testmiljön (se figur 1).

5 Metod

I samarbete med Volvo Global Trucks som har intresse för vårt projekt på grund av deras egna forskning på området kring kommunikation och automatisering av tunga ledgående fordon, kommer projektet att undersöka hur autonoma fordon kan analysera sin omgivning med hjälpa av olika verktyg och tekniker. Genom analyseringen av omgivningen ska fordonet kunna positionera samt navigera sig i den uppställda testmiljön.

För att uppfylla projektets syfte implementeras mjukvara som löser problemen som togs upp under sektion 3 (Problem). Programkoden som gruppen tar fram laddas upp på ett privat repository på GitHub som varje medlem i gruppen har tillgång till. På så sätt kan individerna i gruppen få en översikt av projektets framsteg. För att utföra tester av programvara och hårdvara

utnyttjas labbsalen, bild på testmiljön finns i figur 1 under sektion 4 (Avgränsningar). Gruppen använder sig utav Slack för att koordinera projektet och kommunicera med varandra, och har även regelbundna möten där medlemmarna i gruppen diskuterar framsteg, motgångar och frågor. För att genomföra arbetet kommer gruppen följa Gantt-schemat där vissa moment sker parallellt som finns under sektion 7 (Tidsplan). Dessutom används ett agilt arbetssätt för att producera en anpassad slutprodukt på relativt kort tid, vilket innebär att arbetet bedrivs inkrementellt och iterativt.

5.1 Utförande

Uppgiften är att få fordonen, sektion 5.2.1 och 5.2.2, till att på egen hand anpassa sig till sin omgivning på ett så säkert sätt som möjligt. För att uppnå detta syfte kommer utförandet att bli en iterativ process där man låter fordonen köra runt i labbmiljön. Hela denna körning spelas in av både en LiDAR, sektion 5.2.3, och kameran, sektion 5.2.4. Med hjälp av denna inspelning kommer vi simulera miljön i ROS, sektion 5.3.3, där vi utvecklar algoritmer vars syfte är att skapa en uppfattning om miljön, samt att skapa lämpliga reaktioner på denna uppfattning. Därefter testas dessa algoritmer i labbmiljön, där nya inspelningar tas, och processen börjar om.

5.2 Hårdvara

Hårdvaran som finns att tillgå i detta projekt består av två sorters fordon, i en mindre skala, som i sin tur är utrustade med olika typer av sensorer.

5.2.1 WifiBot



Figur 2: WifiBot med LiDAR

Ett fordon som kommer vara med i detta projekt är en WifiBot. Denna WifiBot är utrustad med en Hokuyo UST-30LX LiDAR. WifiBot är en 'Multi-Purpose' robot framtagen av Nexter

Robotics som har förmågan att köra både Linux och Windows [13].

5.2.2 Tamiya Volvo FH med trailer



Figur 3: Tamiya Volvo FH med trailer

Ett annat fordon som kommer att vara en del av detta projekt är lastbilsmodellen Tamiya Volvo FH som drar på en trailer. Denna lastbil är utrustad med en Raspberry Pi 3 som kör linux, samt en kamera.

5.2.3 Light Detection and Ranging (LiDAR)

Enligt tidigare kommer en LiDAR att användas inom detta projekt. En LiDAR använder sig av laserpulser som den skickar ut, vilka reflekteras på olika objekt i omgivningen och återkommer till sensorn. Med hjälp av den insamlade data tillåter detta sensorn att mäta distansen till dessa objekt, samt att måla upp en 3D-bild av omgivningen. Den specifika LiDAR som kommer att användas i projektet är en Hokuyo UTM-30LX [14]. Ett par fördelar med denna LiDAR är att den inte behöver någon ljuskälla för att kunna uppfatta sin omgivning, då den framställer egna ljuskällor, med hjälp av sin laser. Den har även förmågan att avgöra mycket exakta avstånd till de objekt som finns i omgivningen. Nackdelar med denna LiDAR är att de 3D-bilder som skapas innehåller stora mängder data, vilket gör att man inte kan bearbeta data i realtid. Den har även inte förmågan till att uppfatta färger i omgivningen. Där nackdelarna tar vid, tar kameran över.

5.2.4 Kamera

Projektet kommer att använda en kamera som komplement till LiDAR. Jämfört med LiDAR så har en kamera förmågan att se färger och vilket gör att kameran kan identifiera bokstäver, trafikskyltar och trafikljus. Kameran kommer att fånga 2D-bilder som jämfört med 3D-bilder innehåller mindre data vilket leder till att en kamerabild kommer vara enklare att bearbeta i realtid. Genom

att kameran kan se färger kommer den att användas för att identifiera och tolka trafikskyttar och trafikljus, detta sker genom att låta 2D-bilderna genomgå bildbehandlingsprocesser som bryter ner bilden till hanterbar data. Det går även med 2D-bilder att låta algoritmer kvalificerat gissa avstånden till vägmarkeringar och dylkt.

5.2.5 Inbyggda system

En NVIDIA Jetson TX2 GPU kommer att monteras på WiFi-botten och kommer sedan att användas för att träna våra neurala nätverk [15]. Tamiya Volvo FH fordonet kommer en Raspberry Pi 3 användas för att kontrollera fordonet genom att ladda upp kod till enheten [16].

5.3 Programvara och programspråk

När det kommer till programvara och programspråk har vi en del verktyg för att tackla de problem vi står inför, vilket framgår i sektionerna nedan.

5.3.1 Python, C++

Det finns två alternativa programspråk som kan användas inom detta projekt, nämligen Python och C++. Trots att C++ är snabbare vid exekvering blir valet här att använda sig av Python som standard, främst för att det är ett enklare språk att sätta sig in i, samt att de flesta gruppmedlemmar vill lära sig detta språk. I mån av tid, och beroende på de olika preferenser som vissa gruppmedlemmar har, används även C++ under utvecklingen.

5.3.2 Tensorflow

Tensorflow är ett bibliotek utvecklat för maskininlärning [17]. Tensorflow kommer att användas för att konstruera neural networks som kommer att tränas med datan ifrån sensorerna.

5.3.3 Robot Operating System (ROS)

ROS är en *open-source* programvara som tillhandahåller ett flertal tjänster som tillåter en att utveckla logik för olika sorters robotar. Exempelvis finns i ROS tjänster så som meddelandeöverföring mellan processer, enhetsstyrning på en låg nivå, hårdvaruabstraktioner, med mera. En kort och konkret förklaring på hur ROS kommer att användas inom detta projekt framgår under sektion 5.1 (Utförande) [18].

6 Samhälleliga och etiska aspekter

Som syftet antyder är säkerhet kring automatiserade vägfordon en av de grundläggande anledningarna till varför projektet utförs. Visserligen sker all utveckling och testning inom projektet på förminskat skala utan risk för allvarliga personskador, men om de system som kommer att framställas skulle implementeras i verlig skala så skulle alla säkerhetsfrågor vara av allt större vikt.

Från en socioekonomisk synvinkel så kan autonomisering av kommersiella fordon ha både positiva och negativa följer. Personer som inte kan köra bil eller som kunde använda sin tid på något mer produktivt än att köra skulle ha stor nytta av självkörande fordon. Å andra sidan så skulle många vars jobb är att köra bussar, lastbilar, taxi eller dylikt riskera att förlora dessa jobb.

Även från en ekologisk synvinkel finns det en positiv aspekt med automatiserade fordon. Utan en mänsklig förare kan de optimeras till att alltid köra med maximal bränsleeffektivitet eller med minimalt slitage på däck och bromsar, och därmed minimera resurskonsumtion och utsläpp.

7 Tidsplan



Figur 4: Gantt-schema

Referenser

- [1] Statistiska centralbyrån - '*Vägtrafikskador 2017*' - 25 Mar 2018 - [https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/2017/vagtrafikskador-2017-blad.pdf?](https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/vagtrafikskador/2017/vagtrafikskador-2017-blad.pdf)
- [2] World Health Organization (WHO) - '*Global Status report on road safety 2018*' - 2018 - <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf?ua=1>
- [3] National Highway Traffic Safety Administration - '*Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*' - Feb 2015 - <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>
- [4] National Renewable Energy Laboratory (NREL) - '*Autonomous Vehicles Have a Wide Range of Possible Energy Impacts*' - 16 Jul 2013 - <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/59210.pdf>
- [5] Department of transport (UK) - '*The Pathway to Driverless Cars*' - Feb 2015 - https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/401562/pathway-driverless-cars-summary.pdf
- [6] National Transportation Safety Board - '*Preliminary Report Issued for Investigation of Fatal, Mountain View, California, Tesla Crash*' - 7 Jun 2018 - <https://www.ntsb.gov/news/press-releases/pages/nr20180607.aspx>
- [7] Sam Levin - '*Uber crash shows 'catastrophic failure' of self-driving technology, experts say*' - The Guardian - 22 Mar 2018 - <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/22/self-driving-car-uber-death-woman-failure-fatal-crash-arizona> (Hämtad: 10 Feb 2019)
- [8] Trafikverket - '*This is Vision Zero*' - <https://www.trafikverket.se/en/startpage/operations/Operations-road/vision-zero-academy/This-is-Vision-Zero/> (Hämtad: 12 Feb 2019)
- [9] European Transport Safety Council (ETSC) - '*Ranking EU Progress On Road Safety*' - Jun 2018 - https://etsc.eu/wp-content/uploads/PIN_AR_2018_final.pdf
- [10] UN News - '*UN launches initiative to improve road safety worldwide*' - 12 Apr 2018 - <https://news.un.org/en/story/2018/04/1007151> (Hämtad: 13 Feb 2019)
- [11] A. Krizhevsky, I. Sutskever, G.E. Hinton - '*ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*' - University of Toronto - 2012 - <http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>
- [12] Chalmers University & Volvo Trucks - '*Perception for Automated Driving Systems using Camera, LiDAR and Machine Learning*' - 2019
- [13] Nexter Robotics - '*Wifibot - networked robotics*' - <http://www.wifibot.com/> (Hämtad: 14 Feb 2019)

- [14] Hokuyo automatic co. - '*UTM-30LX*' - <https://www.hokuyo-aut.jp/search/single.php?serial=169> - (Hämtad: 14 Feb 2019)
- [15] Nvidia Corporation - '*Jetson TX2 Module*' - <https://developer.nvidia.com/embedded/buy/jetson-tx2> - (Hämtad: 14 Feb 2019)
- [16] Raspberry Pi Foundation - '*Raspberry Pi*' - <https://www.raspberrypi.org/> (Hämtad: 14 Feb 2019)
- [17] TensorFlow - '*Get Started with TensorFlow*' - <https://www.tensorflow.org/tutorials> - (Hämtad: 14 Feb 2019)
- [18] Open Source Robotics Foundation - '*What is ROS?*' - <http://wiki.ros.org/ROS/Introduction> - (Hämtad: 14 Feb 2019)