

Självkörande bilar - En studie om framtidens bilar

Oscar Andersson - os8218an-s@student.lu.se & Pontus Jaensson - po5265ja-s@student.lu.se

7 januari 2019

Abstract—Inom några år kommer det med största sannolikhet finnas självkörande bilar i samhället. Stora framsteg har gjorts och den nödvändiga teknik som krävs är snart färdigutvecklad. Det finns dock vissa hinder kvar så som den externa kommunikationen mellan fordon, latens vid beslutsfattande och vissa etiska aspekter som man måste hitta en lösning för innan dessa fordon kommer finnas på våra gator.

I. INLEDNING

Enligt en rapport publicerad av World Health Organization omkom 1,25 miljoner människor världen över i trafikolyckor år 2013 [1]. Siffran motsvarar nästan 2,4 personer omkomna per minut. Under tiden som du läser denna rapport kommer det alltså i genomsnitt att dö 17 personer i trafiken. Dock menar forskare att en potentiell lösning kan komma att vara tillgänglig inom ett par år - den självkörande bilen [2].

Biltillverkarna Ford och Volvo har satt 2021 som mål för självkörande bilar på marknaden [2]. Men det är inte bara bilföretagen som satsar stora summor på självkörande bilar. Tidigare i år meddelade Intel att de tillsammans med Nissan, BMW, Volkswagen och flera företag satsar på att utveckla en självkörande bil så fort som möjligt [3]. Samtidigt har Googles självkörande bil *Waymo* kört i USA i mer än 9 år [4].

II. BAKGRUND

A. Historik

Den tyska uppfinnaren Siegfried Marcus lyckades år 1870 konstruera den första bensindrivna förbränningsmotorn, något som kan ses som ett första steg mot den moderna bil vi känner till idag [5]. Några år senare byggde den tyska ingenjören Karl Benz en trehjuligt fordon med en encylindring bensinmotor som drivkraft, Benz fick sedan det generella erkännandet som den moderna bilens fader [6].

På andra sidan Atlanten grundande amerikanen Henry Ford företaget Ford Motor Company år 1902. 1908 producerade företaget den berömda bilen T-Forden, en bil vars syfte var att alla skulle kunna ha råd att köpa den [7]. T-Forden är den första bilen som fabriksstillverkades på löpande band [8].

Sedan dess har utvecklingen mot dagens moderna bil gått i en rask takt. Några uppfinningar som har förändrat bilindustrin tills idag har varit; den första manuella växelspaken som tillverkades till modellen *Alvis Speed 20* 1932. General Motors tillverkade 1962 modellen *Oldsmobile Tornado* som introducerade det första elektroniska anti-lock breaking systemet (ABS) samt airbag för omvärlden. 1997 tillverkade det japanska företaget Toyota modellen *Prius* som blev den bäst säljande hybrid-bilen någonsin. Mitsubishi i-MiEV blev

2009 den första högpresterande massproducerade bilen som drevs av enbart elektricitet [5].

Som det beskrivs i inledningen finns det alltså många aktörer på marknaden idag. De traditionella bilföretagen konkurrerar och samarbetar med stora IT-företag för att utveckla framtidens bilar.

B. Varför vill man ha självkörande bilar?

Fördelarna med självkörande fordon är många, en av de viktigaste är att trafiksäkerheten avsevärt skulle förbättras [9]. Med artificiell intelligens och sensorer på bilarna skulle antalet skadade och dödade i trafikolyckor minska betydligt. Det i sin tur skulle resultera i att samhället skulle spara stora summor pengar. En annan positiv effekt av självkörande fordon är att passagerare skulle ha möjlighet att kunna göra något helt annat än att just köra bilen, de skulle till exempel kunna arbeta, läsa en bok eller sova etc.

Idag finns det ungefär 800 miljoner fordon runt om i världen. Dessa fordon står parkerade 90% av tiden. Med självkörande bilar möjliggörs en slags kollektivtrafik som skulle kunna reducera antalet bilar med 92%. Denna avsevärda minskning skulle reducera utsläppen samt frigöra stora parkeringsytor i städer [2].

C. Principerna bakom självkörande fordon

Precis som en mänsklig förare måste en självkörande bil kunna besvara fyra frågor i trafiken; Var är jag? Vad finns runt mig? Vad händer härnäst? Vad ska jag göra härnäst? För att exemplifiera hur en självkörande bil kan fungera kommer Googles självkörande bil *Waymo* att användas i detta avsnitt. När bilen kör använder den *Light detection and ranging* (LIDAR). LIDAR eller LADAR som det även kallas skickar varje sekund flera miljoner ljusstrålar. Genom att mäta hur lång tid det tar innan varje ljusstråle kommer tillbaka till bilen kan bilen få en 360 graders 3D-bild av sin omgivning [4].

Bilen använder även radar för identifiera omgivande objekt och dess hastighet, sensorer används för att hitta objekt i sin direkta omgivning. För att kunna identifiera skyltar och trafikljus använder bilen en kamera med hög upplösning. För att skapa sig en uppfattning om vart bilen själv befinner sig använder den sig av ett GPS-system.

Datort i bilen kombinerar datan från LIDAR, sensorer, radarn, GPS och kameran för att få en uppfattning om hur dess omgivning ser ut och beter sig. Den kan då identifiera objekt runt sig så som bilar, cyklar eller människor och förutse hur objekten kommer bete sig [4].

III. MÅL MED UNDERSÖKNINGEN

Målet med undersökningen är att skapa en övergripande förståelse för hur självkörande fordon fungerar och interagerar med sin omgivning. Detta innefattar hur kommunikationen sker internt och externt i bilen. Undersökningen ska även beröra frågor om etik, ekonomi och framtidsutsikter för den här typen av teknologi.

IV. METODBESKRIVNING OCH BEGRÄNSNINGAR

För att uppfylla målsättningarna med undersökningen kommer en grundläggande förståelse kring området skapas med hjälp av vetenskapliga artiklar och Wikipedia. Därefter kommer informationen sammanställas och presenteras i detta whitepaper. Precis som liknande undersökningar har även den här vissa begränsningar. Ett medvetet val är att avgränsa undersökningen till bilar för att kunna bemöta de krav som finns beskriven i uppgiftsbeskrivningen. En annan faktor som spelar in i valet är att det för tillfället är just bilar som är mest aktuellt.

V. KOMMUNIKATION INOM FORDON

A. Electronic Control Unit

Electronic Control Unit (ECU) är ett förprogrammerat kontrollsystem inom fordonet som kontrollerar ett eller flera elektriska system eller subsystem. Syftet med den här typen av kontrollsystem är att förbättra komforten inom fordonet samt dess precisionen då vissa kommandon ska utföras. Några olika typer av ECU:er inom ett fordon är *Break Control Module* (ABS), *Engine Control Unit* (ECM) och *Speed Control Unit* (SCU) [10].

B. Controller Area Network

Controller Area Network (CAN)-protokollet är en databuss som låter olika delar av bilen att kommunicera med varandra utan en värddator. Det vill säga att protokollet är ett multi-master-protokoll. Det kan liknas vid människokroppens nervsystem som låter olika kroppsdelar kommunicera med varandra. Alla noder i nätet är parallellkopplade till två gemensamma ledare. Detta visas i figur 1. Protokollet är ett meddelandebaserat protokoll och kommunikation sker *seriellt*, vanligtvis över en partvinnad koppartråd. Med seriellt menas att informationen skickas som en serie bit-signal.

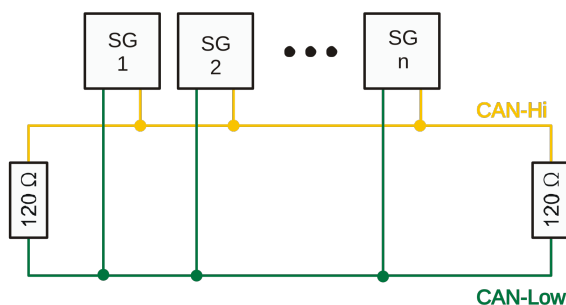


Fig. 1. Bilden illustrerar hur noderna är parallellkopplade till två ledare[11].

CAN används i motorstyrning, manövrering av växellådor, bromssystem (ABS), krockkuddsystem (SRS), antisladdsystem och antikrocksystem.

I CAN finns det fyra olika meddelandetyper:

- Data frame - Ett meddelande som innehåller data från avsändaren.
- Remote frame - En begäran från en annan nod om att få ett meddelande.
- Error frame - En nod har upptäckt ett fel.
- Overload frame - En begäran att bromsa meddelanden och message requests.

Varje nod i CAN är en ECU eller en sensor och protokollet kan abstraheras ner till tre nivåer;

1) *Applikationslagret*: Här sker själva utförandet av modulens funktion. Det kan vara att skicka ett meddelande till ett annat delsystem.

2) *Kommunikationslagret*: I kommunikationslagret sker felhantering, synkronisering, message framing etc. Vid utgående data gör kommunikationslagret i ordning data för avsändning. Datan görs till en serie av bitar som innehåller identifierare, kontrollsummor och checkbitar. Kommunikationslagret ansvarar även för omsändning. Det kontrollerar också att inkommande data inte är fel genom kontrollsummor och checkbitar. När fel uppstår kommer en begäran att skicka om den inkommande datan innan den kan skickas vidare till applikationslagret.

3) *Det fysiska lagret*: Det fysiska lagret ansvarar för överföring från bitar till elektriska signaler och vice versa. När de elektriska signalerna har översatts till bitar lämnas bitarna till kommunikationslagret [11], [12], [13].

C. FlexRay

För att bilar skulle fortsätta utvecklas i en positiv riktning med högre prestanda och en mindre miljöpåverkan krävdes det att kommunikationshastigheten mellan bilens olika ECU:s avsevärt förbättrades [14]. Det dåvarande protokollet CAN som levererade data med en hastighet på 1 Mbit/s ansågs inte tillräckligt snabbt utan biltillverkare och ledande tekniker inom området bestämde sig för att utveckla FlexRay-protokollet. Likt CAN är även FlexRay en databuss, men FlexRay utvecklades för att vara ett feltollererande och höghastighetspresterande bussystem. Idag kan FlexRay hantera kommunikationen inom ett fordon med en hastighet på 10Mbit/s, alltså 10 gånger snabbare än CAN. Dock har FlexRay ännu inte blivit en standard utan idag används båda systemen inom bilen.

Ytterligare skillnader mellan FlexRay och CAN är förutom den tidigare benämnda hastighetsskillnad även en markant skillnad på den payload som protokollen kan hantera. CAN har en payload på 8 bytes medan FlexRay har en payload som är mer än 30 gånger större, närmare 256 bytes. FlexRays relativa hastighet i kombination med att en betydligt större mängd data kan hanteras har gjort att kostnaden för att använda FlexRay är högre än för CAN [14].

VI. KOMMUNIKATION MELLAN FORDON

Forskare från *California Partners for Advanced Transit and Highways* utförde ett experiment där de lät tre bilar

broadcasta ett kommunikationsprotokoll mellan varandra i syfte att se när fordonen befann sig i kollisionsrisk [15]. Var 20:e ms skickades information mellan fordonen som bestod av vilken hastighet, samt vilken acceleration, bilen för närvarande hade. Utifrån denna information kunde sedan bilarna avgöra vad som var ett säkert avstånd att hålla till bilen framför. Fordonen kommunicerade med varandra genom att utbyta radiosignaler på ett liknande sätt som mobiltelefoner använder trådlösa Bluetoothprotokoll. Dock finns det idag protokoll som är avsedda för att hantera kommunikationen till och från bilar. Ett samlingsnamn för de här protokollen är Vehicle-to-everything (V2X) [16].

A. Vehicle-to-everything

V2X-kommunikation kan delas upp i cellulär-och WLAN-baserad kommunikation. Den WLAN-baserade V2X-kommunikationen (IEEE 802.11p) möjliggör kommunikation mellan bilar (V2V) och mellan bilar och infrastruktur (V2I). Kommunikationen sköts med hjälp av *Dedicated Short Range Communication* (DSRC). DSRC är en standard som är speciellt framtagen för kommunikation mellan fordon inom ett avstånd på cirka 300 meter. En fördel med WLAN-baserad V2X-kommunikation är den låga fördröjning som WLAN erbjuder.

Cellulär V2X-kommunikation (C-V2X) bygger på LTE och ska möjliggöra kommunikation över större avstånd samt Vehicle-to-network-kommunikation (V2N). En fördel med C-V2X är att både kommunikation mellan fordon (V2V, V2I) och cellulär kommunikation (V2N) stöds. Ytterligare en faktor som talar för utveckling av C-V2X är utvecklingen av 5G-nät. 5G kan uppnå överföringshastigheter uppemot 10 Gbps. Dagens 4G uppnår hastigheter runt 100 Mbps. Ytterligare en fördel med 5G är den avsevärt mycket lägre fördröjningen i jämförelse med 4G. Fördröjningen på ett 5G-nät beräknas vara 1 ms kontra de 50 ms fördröjning som dagens 4G har [17], [18], [19], [20], [21], [22].

B. Vehicle-to-vehicle

Vehicular ad-hoc network (VANET) är en variant av mobila ad-hoc-nät (MANET). Ett mobilt ad-hoc-nät innehåller mobila noder som direkt kan kommunicera med varandra utan någon basstation. Dessutom är ad-hoc-nät självkonfigurerande. I VANET används en geografisk broadcast (geocast) som innebär att meddelande skickas till alla noder inom ett visst geografiskt område.

Eftersom VANET är självkonfigurerade och använder geocast möjliggör VANET V2V. V2V låter fordon broadcasta information så som dess GPS-position, hastighet, acceleration och styrriktning [22].

C. Vehicle-to-infrastructure

I V2I har infrastrukturen en slags koordineringsroll för fordonen. Genom att samla och broadcasta information om den nuvarande trafiksituationen och olika vägförhållanden till fordonets förare kan bästa möjliga rutt väljas. Med det här protokollet hoppas man kunna minska utsläppen av

koldioxid, minska bränslekonsumtion och förhindra stora köer och störningar i trafiken.

Lämpliga komponenter som är tänkta att användas som sändare av den här informationen är gatlycktor, trafikljus, trafikkameror och trafikskyltar. Tanken är att V2I kommunikation ska vara trådlös och duplex, alltså att informationen utbyts över ett ad-hoc nätverk. Vissa experter har förutspått att innan 2020 kommer en första version av den här typen av system vara tillgänglig [16].

En lättolkad bild över V2V och V2I visas i figur 2.

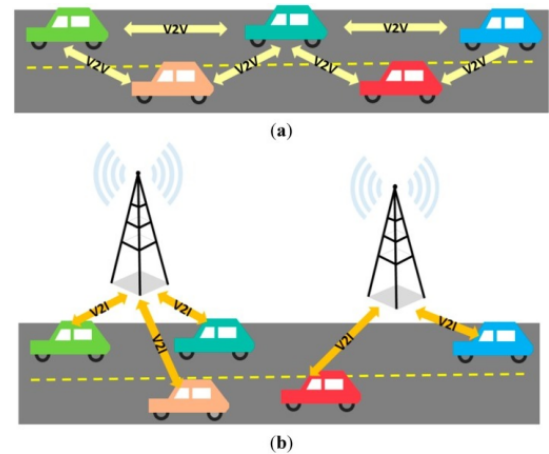


Fig. 2. Figur (a) visualiserar hur V2V fungerar och (b) hur V2I fungerar

D. Navigation - GPS

Global Positioning System (GPS) är ett satellitbaserat navigationssystem som idag har blivit en del av många människors vardag [23]. Dock visar det sig att GPS endast kan visa dina position med en precision på en till två meter, en felmarginal som är alldeles för stor för att självkörande bilar ska kunna använda den [24]. För att bemöta det här problemet håller forskare nu på att utveckla mer sofistikerade matematiska algoritmer samt högupplösta kartor för att kunna lokalisera exakt vad fordonet befinner sig med bara några centimeters felmarginal.

En möjlig lösning på problemet kan i framtiden vara att bilar använder sig av ett slags *particle filter*, en sofistikerad trianguleringsmetod. Där fordonet hela tiden mäter sitt avstånd till vissa specifika mätpunkter så som lyktstolpar och trafikljus. Sedan genom att jämföra dessa avstånd med den faktiska kartan över området kan den få en överblick med bara några centimeters felmarginal [24].

VII. EKONOMISK SITUATION

Den teknik som beskrivs i II-C som kommer krävas för att ett fordon ska bli självkörande kommer naturligtvis också påverka priset på fordonet. Priset för hårdvaru- och mjukvarupaket idag för att göra en bil självkörande beräknas mellan \$70.000 - \$150.000 [25]. Dock tror man att teknologin i framtiden kommer kosta mellan \$5000 - \$15.000 exklusive fordonets själva baspris. Anledningen till att det kan ses som ett relativt stort intervall är att man helt enkelt inte kan

förutspå vad den här tekniken kommer kosta i framtiden. Den laser som Google använde till sin bil *Waymo* kostade vid tiden för utvecklingen \$75.000 jämfört med de \$20.000 som priset för lasern är idag. Därför är det svårt att förutse ett definitivt pris för tekniken då flera andra faktorer, så som utvecklingen av produkterna hos underleverantörerna, kommer påverka det totala priset [26].

VIII. MORALISKA OCH ETISKA DILEMMAN

I framtiden kan teoretiskt sätt en mycket svårt moraliskt scenario uppstå för självkörande bilar. Att antingen tvingas gira skarpt åt vänster och köra på en åtta år gammal flicka eller tvingas gira skarpt åt höger och köra på en 80 år gammal farmor. Hur bilen än agerar har den en sådan hastighet att kollisionen kommer vara dödlig oavsett vilket håll den svänger. En naturlig första instinkt hos många kommer att vara att den bör undvika den unga flickan eftersom hon har hela livet framför sig. Det finns också argument för att man inte kan jämföra olika livs värde, alltså att det inte går att fastslå att den äldre kvinnans liv är mindre värt än flickans. Ytterligare en aspekt på scenariot är om bilen skulle ta hänsyn till sina passagerare, då hade det varit rimligt att köra på ett lättare objekt (flickan). Eller bör bilen veta att det är den som har ansvaret och försöka sätta allmänhetens säkerhet framför sina egna passagerare?

Den etiska poängen med detta resonemang är oavsett hur mjukvaran, som bestämmer fordonets beslut, programmeras så kommer valet av vilket objekt fordonet ska krocka med likna en *targeting algorithm*. En slags algoritm som ska förutse vilket beslut som kommer få minst betydande konsekvenser [27]. Följdfrågan blir då rimligtvis; hur väger man konsekvenser mot varandra?

IX. SLUTSATS

Med utvecklingen av 5G tror vi att C-V2X-kommunikation kommer konkurrera ut den WLAN-baserade V2X. Dessutom tror vi att Controller Area Network kommer ersättas helt av en färdigutvecklad FlexRay. Den teknik som används i V2I tror vi även kan användas till den trianguleringsmetod som beskrivs i VI-D.

Utvecklingen av självkörande bilar påverkas av flera faktorer. En avgörande faktor är 5G som kommer möjliggöra kommunikation på större avstånd med större bandbredd samt mindre latens. Utan 5G tror vi inte att självkörande bilar kommer standardiseras. Med det sagt tror vi dock inte att det är en fråga om självkörande bilar kommer köra i städerna, utan när detta kommer att ske.

REFERENCES

- [1] W. H. Organization, *Global Status Report on Road Safety 2015*. World Health Organization, 2015.
- [2] S. Linus Broholt, "Forskare: "självkörande bilar förändrar städerna inom bara några år"." <https://www.svt.se/nyheter/vetenskap/forskare-sjalvkorande-bilar-forandrar-staderna-inom-bara-nagra-ar>, 2018.
- [3] I. PR, "Intel partners with bmw, nissan, saic motor, volkswagen, paramount pictures, ferrari north america to showcase power of data at ces," januari 2018.

- [4] Wikipedia, "Waymo — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Waymo&oldid=872173658>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [5] Wikipedia, "History of the automobile — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History\%20of\%20the\%20automobile&oldid=872247333>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [6] Wikipedia, "Car — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Car&oldid=871454693>, 2018. [Online; hämtad 07-December-2018].
- [7] C. Ryytty, "Bilens historia." <https://www.so-rummet.se/kategorier/bilens-historia>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [8] Wikipedia, "Ford Model T — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ford\%20Model\%20T&oldid=872221398>, 2018. [Online; hämtad 07-december-2018].
- [9] E. B, "The pros and cons of self driving cars." <https://qatar.yallamotor.com/car-news/the-pros-and-cons-of-self-driving-cars-4955>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [10] Wikipedia, "Electronic control unit — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electronic\%20control\%20unit&oldid=845268146>, 2018. [Online; hämtad 04-december-2018].
- [11] Wikipedia, "Controller Area Network — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Controller\%20Area\%20Network&oldid=43155194>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [12] Wikipedia, "CAN bus — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=CAN\%20bus&oldid=872435595>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [13] "Can bus explained - a simple intro(2018)." <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en>.
- [14] "Flexray automotive communication bus overview." <http://www.ni.com/white-paper/3352/en/>, 2016. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [15] W. Jones, "Keeping cars from crashing," *IEEE Spectrum*, vol. 38, 2001.
- [16] Wikipedia, "Vehicle-to-everything — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Vehicle-to-everything&oldid=871510451>, 2018. [Online; hämtad 10-December-2018].
- [17] Wikipedia, "Self-driving car — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Self-driving\%20car&oldid=872372837>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [18] Wikipedia, "5G — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=5G&oldid=872347849>, 2018. [Online; hämtad 07-december-2018].
- [19] Wikipedia, "Vehicle-to-everything — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Vehicle-to-everything&oldid=871510451>, 2018. [Online; hämtad 10-December-2018].
- [20] Huawei, "5g is now." <https://www.huawei.com/en/industry-insights/outlook/mobile-broadband/5g>. [Online; hämtad 10-December-2018].
- [21] Wikipedia, "Dedicated short-range communications — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Dedicated\%20short-range\%20communications&oldid=870520483>, 2018. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [22] U. D. of Transportation, "Vehicle-to-vehicle communication," 2017. [Online; hämtad 30-november-2018].
- [23] Wikipedia, "Global Positioning System — Wikipedia, the free encyclopedia." <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Global\%20Positioning\%20System&oldid=872328254>, 2018. [Online; hämtad 07-december-2018].
- [24] D. Silver, "How self-driving cars work." <https://medium.com/udacity/how-self-driving-cars-work-f77c49dca47e>, 2017.
- [25] P. Lienert, "Self-driving costs could drop 90 percent by 2025, delphi ceo says." <https://www.reuters.com/article/us-autos-delphi/self-driving-costs-could-drop-90-percent-by-2025-delphi-ceo-says\%20idUSKBN1DY2AC>, 2017. [Online; hämtad 07-december-2018].
- [26] R. Krause, "How google can race ahead of the pack in self-driving cars." <https://www.investors.com/news/technology/self-driving-car-waymo/>, 2018. [Online; 30-november-2018].
- [27] P. Lin, *Autonomous driving - Technical, legal and social aspects*. Springer open, 2016. pp. 69-85.