



Autonomisen liikenteen kehitys ja teknologia

Roope Sillanpää

OPINNÄYTETYÖ
KESÄKUU 2022

Tieto- ja viestintäteknikka
Ohjelmistotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma
Ohjelmistotekniikka

SILLANPÄÄ, ROOPE:
Autonomisen liikenteen kehitys ja teknologia

Opinnäytetyö 30 sivua
Kesäkuu 2022

Autonominen liikenne yleistyy nopealla tahdilla. Viime vuosina se on noussut näkyvästi esille liikenteen kehityksessä.

Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin autonomisen liikenteen kehitykseen ja teknologiaan. Työn menetelmänä oli kirjallisuuskatsaus erityisesti verkkolähteiden avulla. Näin saatiin ajantasainen ja viimeaikainen tilanteen kuvaus autonomiseen liikenteeseen.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat, mitä autonominen liikenne yleisesti tarkoittaa ja miten siitä voidaan hyötyä tulevaisuudessa. Työn pääpainopiste oli autojen teknologiassa ja ohjelmoinnissa. Autonomisten autojen teknologia sisältää monia eri järjestelmiä ja sensoreita, joiden avulla auto pystyy havainnoimaan ympäristöään ja olemaan yhteydessä muuhun liikenneinfrastruktuuriin. Itsenäisten autojen ohjelmointi perustuu vahvasti tekoälyyn ja koneoppimiseen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattava kuvaus autonomisen liikenteen maailmaan. Autonominen liikenne on selvästi yksi tulevaisuuden liikenteen merkittävimmistä trendeistä. Autonomiseen liikenteeseen liittyy vielä monia haasteita, mutta askel kerrallaan ne saadaan ratkaistua.

Tutkimuksen suurimpia haasteita olivat suhteellisen uudesta keksinnöstä johtuva tutkimustulosten vähäisyys ja julkisesti saatavilla olevan ohjelmakoodin puute.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in ICT Engineering
Software Engineering

SILLANPÄÄ, ROOPE:
Development and technology of autonomous traffic

Bachelor's thesis 30 pages
June 2022

The purpose of this bachelor's thesis was to become familiar with the development and technology of autonomous traffic. In this thesis, numerous related online sources were studied from many different perspectives.

This thesis covers what autonomic traffic means at a general level and how it can be used in the future. The focus of the thesis was on automotive technology and programming. The technology of autonomous cars includes many different systems and sensors, which allow the car to observe its surroundings and communicate with other traffic infrastructure. Autonomous car programming is strongly based on artificial intelligence and machine learning.

The result of this thesis is a comprehensive description of the world of autonomous traffic. Autonomous traffic will clearly be one of the most significant trends in the future. There are many unsolved challenges revolving around the autonomous traffic, but they can be solved, one step at a time.

Key words: autonomous driving, infrastructure, artificial intelligence

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	Autonominen liikenne yleisesti	7
	2.1 Autonominen liikenne	7
	2.2 Autonominen ajaminen	7
	2.3 Autonomisen ajamisen eri tasot	7
	2.3.1 Taso 1	8
	2.3.2 Taso 2	8
	2.3.3 Taso 3	9
	2.3.4 Taso 4	9
	2.3.5 Taso 5	9
3	Kehitys	10
	3.1 Globaali kehitystyö	10
	3.2 Kehitystyö Suomessa	10
	3.3 Autoteknologian kehitys	11
4	Teknologia	13
	4.1 Sensorit	13
	4.1.1 Kamerateat	13
	4.1.2 Tutkat	14
	4.2 Paikannus	15
	4.2.1 SLAM	16
5	Ohjelmointi	17
	5.1 Tekoäly	18
	5.2 Neural Networks	18
6	Käyttöönoton ja kehityksen haasteet	22
	6.1 Liikenneinfrastruktuuri ja sääolosuhteet	22
	6.2 Tietoturva	23
	6.3 Etiikka	23
7	Hyödyt	25
8	Pohdinta	26
	LÄHTEET	27

LYHENTEET JA TERMIT

ACEA	The European Automobile Manufacturers' Association
ADAS	Advanced Driving Assistance Systems
AI	Artificial Intelligence
GPS	Global Positioning System
Lidar	Light detection and ranging
Radar	Radio detection and ranging
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping
Sonar	Sound detection and ranging
4G	Neljännän sukupolven matkapuhelinverkko

1 JOHDANTO

Autonominen liikenne on yksi tulevaisuuden merkittävimpiä muutoksia, jolla pystytään esimerkiksi vähentämään onnettomuuksia, helpottamaan ruuhkia ja lisäämään matkustusmukavuutta. Vaikka ajoneuvoteknologia kehitty huimaa vauhtia, tarvitaan autonomisen liikenteen läpimurtoon vielä paljon. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää yleisesti mitä autonominen liikenne tarkoittaa ja miten eri tavoin sen voisi toteuttaa. Työssä tutustutaan myös jo olemassa olevaan teknologiaan työn pääpainon ollessa autoissa ja yksityisliikenteessä.

Tietotekniikan kehittyminen on mahdollistanut suurta prosessointitehoa tarvitsevan autonomisen auton kehittämisen. Monet suuret autonvalmistajat ovatkin läheneet mukaan kehitystyöhön. Lähes kaikissa uusissa autoissa löytyy jo autonomisen ajamisen alempien tasojen järjestelmiä, kuten esimerkiksi hätäjarruavustin tai adaptiivinen vakionopeudensäädin.

Opinnäytetyön alussa luvussa kaksi käydään läpi mitä autonominen liikenne yleisesti tarkoittaa. Luku kolme käsittelee autonomisten autojen kehitystä. Luvuissa neljä ja viisi on esitetty ajoneuvojen tekniikkaa ja ohjelmointia. Itsestään ajavien ajoneuvojen ohjelmointi on hyvin vahvassa suhteessa tekoälyn kanssa. Työn loppuosassa luvuissa kuusi ja seitsemän tutkitaan autonomisen liikenteen haasteita ja hyötyjä.

2 Autonominen liikenne yleisesti

2.1 Autonominen liikenne

Autonominen liikenne tarkoittaa nimensä mukaisesti itsenäistä liikennettä. Autonomisessa liikenteessä kuljettajaa ei siis tarvita. Kun kuljettajaa ei ole, ideaalisessa tilanteessa liikenneonnettomuudet vähenevät huomattavasti. Autonominen liikenne ei kuitenkaan koske pelkästään yksityisautoilua, sillä sitä voidaan soveltaa myös esimerkiksi julkiseen liikenteeseen, kuten linja-autoihin tai takseihin.

2.2 Autonominen ajaminen

Automaattinen ajaminen ei vielä tarkoita samaa, kuin täysin autonominen auto. Täysin autonominen liikenne tai ajaminen tarkoittaa sitä, että ajoneuvo pystyy tarvittaessa kulkemaan lähtöpisteestä haluttuun kohteeseen ilman kuljettajaa. Käytännössä tähän tarvitaan joko autoa, joka on varustettu tekniikalla, joka pystyy ymmärtämään ympäristöään ja hallitsemaan autoa itsenäisesti. Autonomisen liikenteen voi toteuttaa myös infrastruktuurin avulla, jossa ajoneuvot ja infrastruktuuri vaihtavat tietoa keskenään.

2.3 Autonomisen ajamisen eri tasot

Autonominen ajaminen voidaan jaotella viiteen tai kuuteen eri tasoon, riippuen siitä lasketaanko taso 0, eli ajoneuvo, jossa ei ole laisinkaan kuljettajaa avustavia järjestelmiä mukaan asteikkoon.



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION™

Learn more here: sae.org/standards/content/j3016_202104

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	

Copyright © 2021 SAE International.

	These are driver support features			These are automated driving features		
What do these features do?	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions

Kuva 1. Autonomisen ajamisen eri tasot (SAE 2018).

2.3.1 Taso 1

Ensimmäinen taso, eli autonomisen ajamisen matalin taso, jossa ajoneuvossa on vähintään yksi kuljettajaa tukeva järjestelmä. Tämä järjestelmä voi olla esimerkiksi adaptiivinen vakionopeudensäädin. Adaptiivinen vakionopeudensäädin pyrkii ylläpitämään turvallisen etäisyyden edellä menevään liikenteeseen jarruttamalla ja kiihdyttämällä ilman että kuljettajan tarvitsee tehdä mitään. Myös kaistaavustin lasketaan tason yksi kategoriaan.

2.3.2 Taso 2

Taso kaksi koskee ajoneuvoja, joissa on engl. ADAS (advanced driving assistance systems), eli kehittyneet ajoapujärjestelmät (J.D. POWER 2021). Toisella

tasolla ajoneuvo voi ohjata, kiihdyttää ja jarruttaa tietyissä ajotilanteissa. Kuljettajan on kuitenkin oltava valmiina puuttumaan ajoon kaikissa tilanteissa.

Tason kaksi järjestelmiä löytyy jo monilta autovalmistajilta eri nimillä. Esimerkkeinä eri autonvalmistajien kaupallisista järjestelmistä mainittakoon vaikka Volvon Pilot Assist, Teslan Autopilot ja BMW:n Driving Assistant Plus.

2.3.3 Taso 3

Kolmas taso, eli ehdollinen automaatio eroaa tasosta kaksi jo huomattavasti. Tason kolme ajoneuvossa kuljettaja voi ajon sijasta keskittyä muihin asioihin, mutta tarvittaessa kuljettajan on kyettävä ohjaamaan ajoneuvoa. Tason kolme kohdalla ajoneuvo pystyy tekoälyn avulla ratkomaan ajoneuvon ympärillä tapahtuvia muuttuvia tilanteita.

2.3.4 Taso 4

Korkean tason automaatissa, eli tasolla neljä ajoneuvon tulisi selvitä lähes kaikista ajotilanteista täysin itsenäisesti. Ajoneuvo osaa pysäyttää itsensä tienreunaan vikatilanteissa. Tason neljä ajoneuvo vaatii kuljettajan läsnäolon, mutta kuljettajan ei tarvitse aktiivisesti seurata ajoneuvon toimintaa.

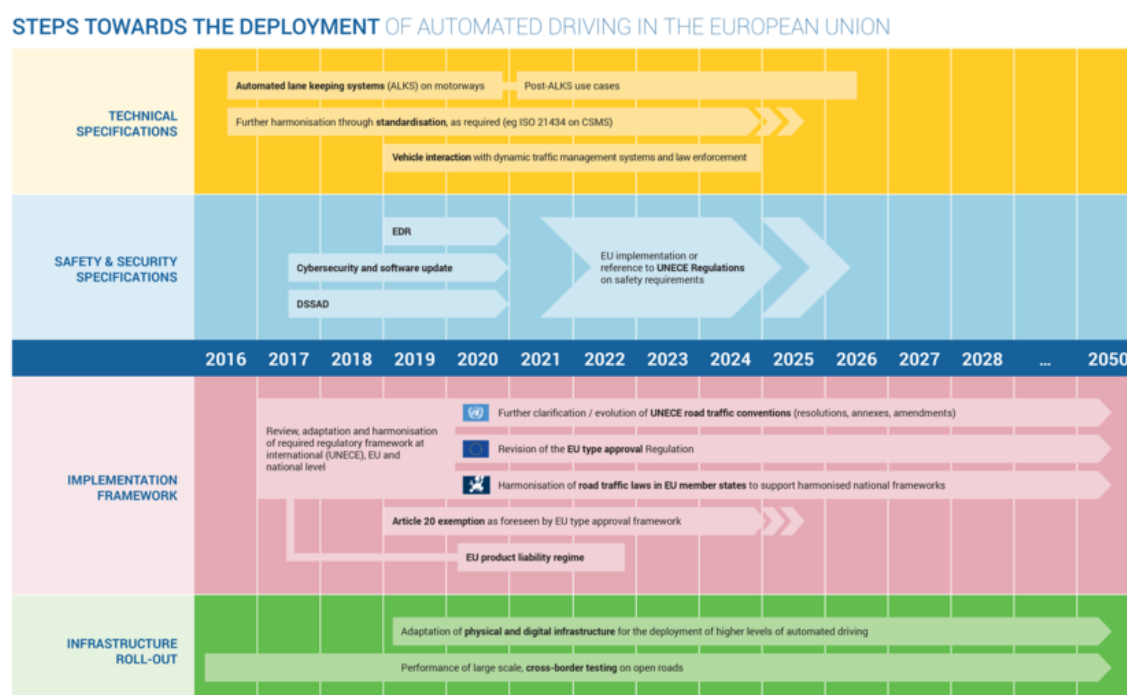
2.3.5 Taso 5

Tasolla viisi ajoneuvo on täysin autonominen, eikä tarvitse kuljettajaa enää missään tilanteissa. Tason viisi ajoneuvossa ei tarvitse olla ohjauspyörää tai polkimia.

3 Kehitys

3.1 Globaali kehitystyö

Jotta autonomisen ajamisen kehityksessä päästään eteenpäin, tarvitaan siihen yhtä lailla panostuksia autonvalmistajilta, kuin valtiollisiltakin tahoilta. Euroopan autovalmistajien yhdistys (ACEA) on laatinut tiekartan autonomisen liikenteen kehittämistoimenpiteistä (ACEA 2019).



Kuva 2. ACEA tiekartta (Acea 2019).

ACEA:n tiekartan mukaan tarvitaan merkittäviä investointeja fyysiseen ja digitaaliseen liikenneinfrastruktuuriin. Tämän lisäksi autonomisen liikenteen mahdollistavaa lainsäädäntöä pitää vielä kehittää.

3.2 Kehitystyö Suomessa

Suomessa liikenne- ja viestintävirasto Traficom edistää tieliikenteen automatisoitumista kokeilujen kautta rohkeasti ja vastuullisesti. Automaattiautojen kokeilusta kiinnostuneet tahot voivat hakea lupaa Traficomilta (Traficom 2021).

Liikennevirastolla on käynnissä NordicWay2-hanke, jossa tavoitellaan turvallisempaa liikennettä maiden rajojen yli toimivien olosuhde- ja häiriöviestipalveluiden avulla sekä tulkitaan tieliikenteen automaatiota arktisissa olosuhteissa (Traficom 2022).

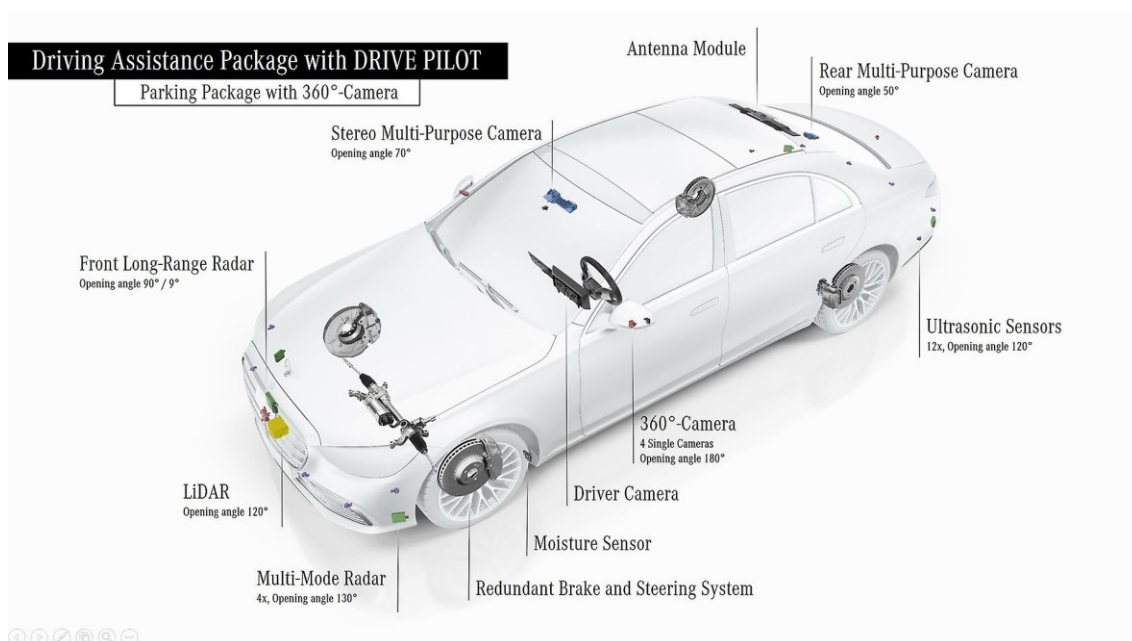
Suomi mahdollistaa erinomaiset puitteet itseajavien autojen kehitykselle etenkin haastavissa talvisissa sääolosuhteissa.

3.3 Autoteknologian kehitys

Vaikka valtiolliset tahot vastaavat infrastruktuurin kehityksestä ja lainsäädännöstä, on autonomisen ajamisen tärkein osa itse ajoneuvo. Caranddriver sivuston mukaan itsestään ajavien autojen kehitystyö olisi maksanut jo 16 miljardia dollaria vuoteen 2020 mennessä (Caranddriver 2020).

Markkina-arvoltaan suurin autonvalmistaja Tesla (Briefly 2021) on jo pitkään kehittänyt täysin itsestään ajavaa autoa. Teslan toimitusjohtaja Elon Muskin mukaan Tesla todennäköisesti pääsee autonomisen ajamisen tasolle neljä vuonna 2023 (Elon Musk 2022).

Mercedes-Benz aikoo tuoda tason kolme Drive Pilot -järjestelmän Saksan moottoriteille vuonna 2023. Järjestelmä kykenee ajamaan itsestään aina 60 km/h nopeuteen asti. Tason kolme mukaisesti järjestelmä ottaa huomioon reitin, reitillä tapahtuvat tapahtumat ja liikennemerkkit (etn 2022).



Kuva 3. Mercedes-Benz DRIVE PILOT (Mercedes-benz 2021).

Kuvassa kolme on esitetty erilaisia sensoreita, kameroita ja tutkia, joita Drive Pilot järjestelmä tarvitsee toimiakseen.

4 Teknologia

4.1 Sensorit

Kaikki autonomiset ajoneuvot tarvitsevat tekniikkaa. Siinä missä tason yksi ajoneuvo voi pärjätä yhdellä sensorilla, kuten tutkalla, saatetaan tason viisi ajoneuvoon tarvita useita kymmeniä erilaisia ympäristöä havainnoivia sensoreita. Mitä enemmän sensoreita ajoneuvolla on käytössä, sitä paremman kuvan ajoneuvo pystyy luomaan ympäristöstään.

Koska sensorit tuottavat liikenneympäristöstä suuria määriä tarkkaa tietoa, voidaan dataa jatkokäsitellä ja käyttää monitahoisesti esimerkiksi tieolosuhteiden tarkkailuun, karttatietojen jatkuva-aikaiseen päivittämiseen ja liikenteen sujuvuuden optimointiin (Maanmittauslaitos 2021).

4.1.1 Kameran

Auton kameroita voisi verrata ihmisen silmiin, ilman näkökykyä liikkuminen on huomattavasti haastavampaa. Kameroiden avulla autolle voidaan välittää tarkkaa kuvaa auton ympäristöstä. Mistään uudesta keksinnöstä ei kuitenkaan puhuta, sillä ensimmäisen kerran kameroita on käytetty autoissa jo vuonna 1956 peruuskameran muodossa (Peek 2021).

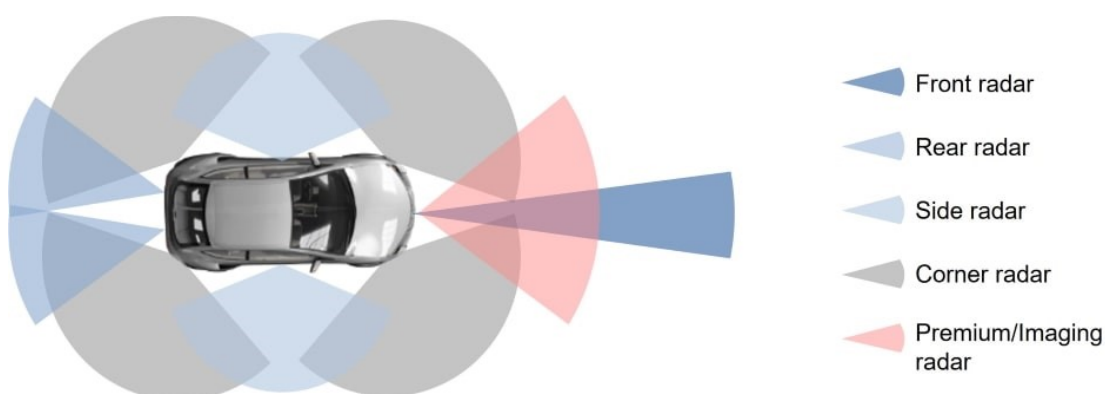
Kamerat ovat yksi tärkeimmistä sensoreista nykyautoissa. Ne ovat halpoja, ja pystyvät havaitsemaan 2D muotoja, sekä värejä. Infrapunavalon avulla kamerat pystyvät lukemaan kaistaviivoja ja -merkintöjä myös öisin (Autocrypt 2021).

Kameroilla on kuitenkin heikkoutensa. Huonossa säässä, kuten sumussa, hiekka-, tai lumimyrkyssä kamerat eivät näe sen pidemmälle, kun ihmissilmäkään.

4.1.2 Tutkat

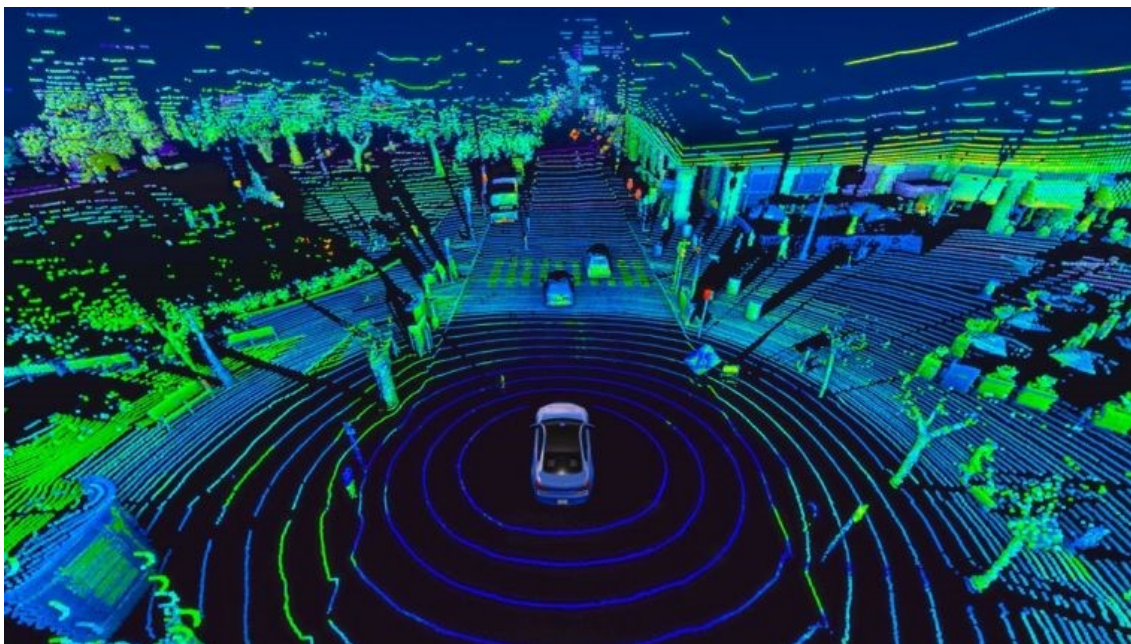
Ajoneuvoissa voidaan käyttää useita erilaisia tutkia. Tutkat voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan seuraavasti: Radar (Radio detection and ranging), LiDAR (Light Detection and Ranging), ja Sonar (Sound navigation and ranging).

Radar (suom. tutka) on radiotekninen mittauslaite, joka perustuu lähettimeen ja vastaanottimeen. Lähetin lähettää voimakkaita radioaaltoja haluttuun suuntaan, jotka sitten heijastuvat takaisin esineisiin osuessaan. Tutka mittaa ja tulkitsee takaisin heijastuneita aaltoja, joiden avulla se voi laskea kohteen etäisyyden, suunnan, sekä nopeuden. Tutka täydentää hyvin esimerkiksi auton kamerajärjestelmää, sillä sääolosuhteet eivät vaikuta tutkan toimintaan (Autocrypt 2021). Tutkia käytetään ajoneuvoissa usein muiden tielläliikkujien havainnointiin, jolloin tutkat mahdollistavat esimerkiksi adaptiivisen vakionopeudensäätimen ja kuljettajaa varoittavat apujärjestelmät, kuten automaattisen hätäjarrutusjärjestelmän.



Kuva 4. Auto, joka on varustettu monella tutkalla (Semiengineering 2022)

LiDAR eli valotutka toimii samalla peruseriaatteella, kuin tutka, mutta radioaaltojen sijasta LiDAR käyttää valoa, useimmiten laservaloa. LiDARia kutsutaan usein myös nimellä laserkeilaus. LiDAR lähettää lasersädepulsseja ympärilleen ja mittaa, kuinka kauan säteiden palaaminen kestää. Järjestelmän avulla voidaan luoda 3D-kuvaa ympäristöstä ja havaita pieniä esineitä suurella tarkkuudella. Huonot sääolosuhteet voivat heikentää valotutkan toimintaa (Udacity 2021). Kuvassa neljä on esitetty Velodyne teknologiayrityksen Alpha Prime LiDAR sensorin tuottama LiDAR-kuva.



Kuva 5. LiDAR tutkan luoma 3D kuva ympäristöstä (Velodyne 2020).

Sonar eli kaikuluotaus toimii ikään samalla peruseriaatteella, kuin tutka, mutta radio- tai lasersäteiden sijaan kaikuluotauksessa käytetään ultraääniaaltoja. Kai-
kuluotausta käytetään lähinnä apuna parkkeerauksessa, sillä kaikuluotaus tun-
nistaa hyvin suuret kiinteät esineet (Udacity 2021).

4.2 Paikannus

Nykyisen GPS (engl. Global Positioning System) järjestelmän avulla voidaan
käyttäjän sijainti määrittää yleensä muutaman metrin tarkkuudella. GPS-satelliit-
tien avulla saatu tarkkuus riittää mainiosti reittinavigointiin, mutta autonomiseen
ajamiseen satelliittipaikannuksen tarkkuus ei ole kuitenkaan riittävä (Maanmit-
tauslaitos 2021).

Tarkan paikannuksen lisäksi autonominen ajoneuvo tarvitsee tarkat karttatiedot.
Tieverkostot muuttuvat uusien teiden ja liikennejärjestelyjen myötä, joten ajoneu-
von karttatiedot pitää päivittää verkon välityksellä. Paikannuksen ongelmia hel-
pottamaan on kehitetty SLAM-menetelmä.

4.2.1 SLAM

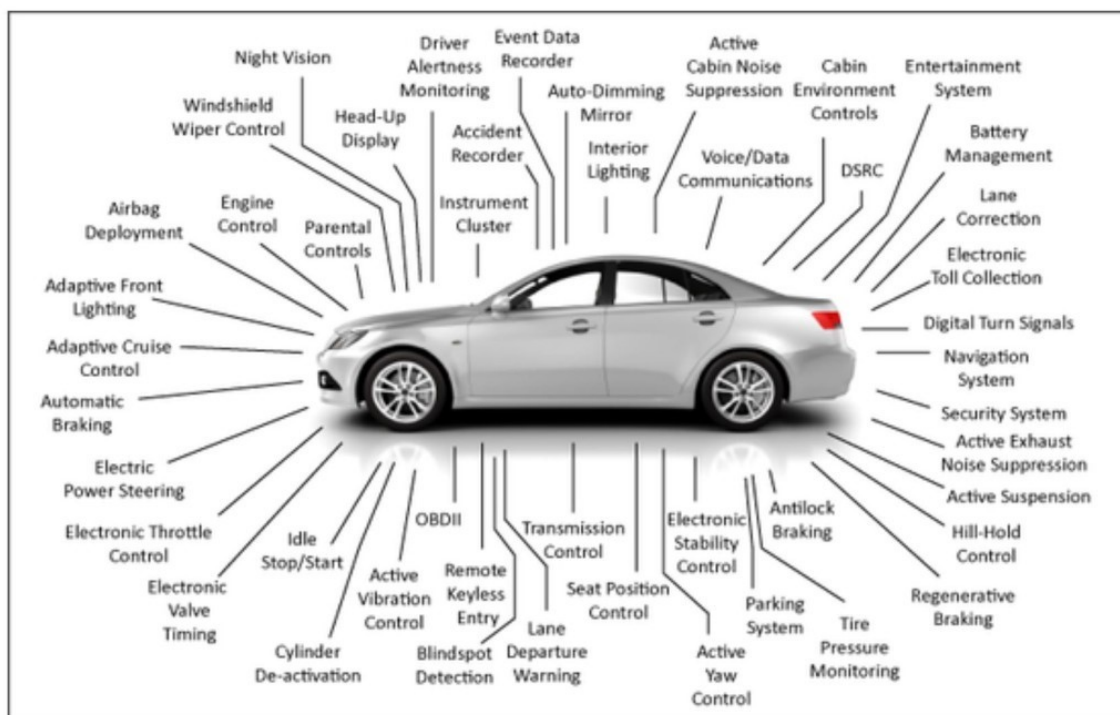
Paikoissa, joissa GPS on liian epätarkka tai kartat eivät ole aivan ajan tasalla täytyy hyödyntää reaaliaikaista paikannusta ja kartoitusta. Juuri tätä tarkoitusta varten on kehitetty SLAM-menetelmä (Simultaneous Localization and Mapping).

SLAM-menetelmässä kohde paikannetaan, sekä ympäristöä kartoitetaan samanaikaisesti. Ajoneuvon laserkeilaimen, kameroiden ja muiden sensorien antamasta informaatiosta ratkaistaan yhtäaikaisesti ajoneuvon suhteellinen liike sekä luodaan sensorimittauksiin pohjautuva kartta lähialueesta (Maanmittauslaitos 2021).

SLAM-menetelmän sijaintivirhe riippuu pääosin sensorien mittaustarkkuudesta. Karttapohjaisia korjausalgoritmeja käyttämällä virhe saadaan pienennettyä lähes olemattomaksi, jolloin satelliittipaikannusta ei tarvita välttämättä lainkaan. Tarkkuuden parantamiseksi autonomisessa järjestelmässä voidaan käyttää toisiaan tukevia paikannusmenetelmiä. Satelliittipaikannuksen, inertiasuunnistuksen eli kiihtyvyyksiin perustuvan navigoinnin ja SLAM-menetelmän yhdistämällä paikannus onnistuu tarkasti vaikeissakin toimintaympäristöissä (Maanmittauslaitos 2021).

5 Ohjelmointi

Nykyajan autoissa ohjelmoinnin merkitys on valtava. Useimpien autovalmistajien ohjelmakoodi on salassa pidettävää tietoa, joten tarkkoja lukuja yhden auton koodin määrästä ei voida tietää. Kaikista kehittyneimmissä autoissa ohjelmistokoodia on kuitenkin yli 200 miljoonaa riviä. (Degerman 2020) Mihin tällaista koodimäärää sitten tarvitaan?



Computers in modern cars monitor many different systems

Kuva 6. Auton ohjelmoituja toimintoja (Macheforum 2021).

Kehittyneimmissä autoissa lähes kaikki toiminnot ovat kytkeytyneet auton tietoteknisiin järjestelmiin. Kun auton kaasupoljinta painetaan, auton elektroninen kaasunsäätö välittää tiedon moottorinohjaukselle, jolloin auto kiihtyy. Tai kun kuljettaja säätää ilmastointiasetuksia välittyy tieto auton mikroprosessorille, joka asettaa ilmastoinnin haluttuun tilaan.

Autonominen ajaminen tuo lisää haasteita ohjelmointiin. Suuren sensorimäärän tuottaman datan prosessointiin tarvitaan hyvin paljon laskentatehoa. Jotta auto kykenee tekemään ratkaisuja sensorien tuottaman datan pohjalta, tarvitaan tekoälyä.

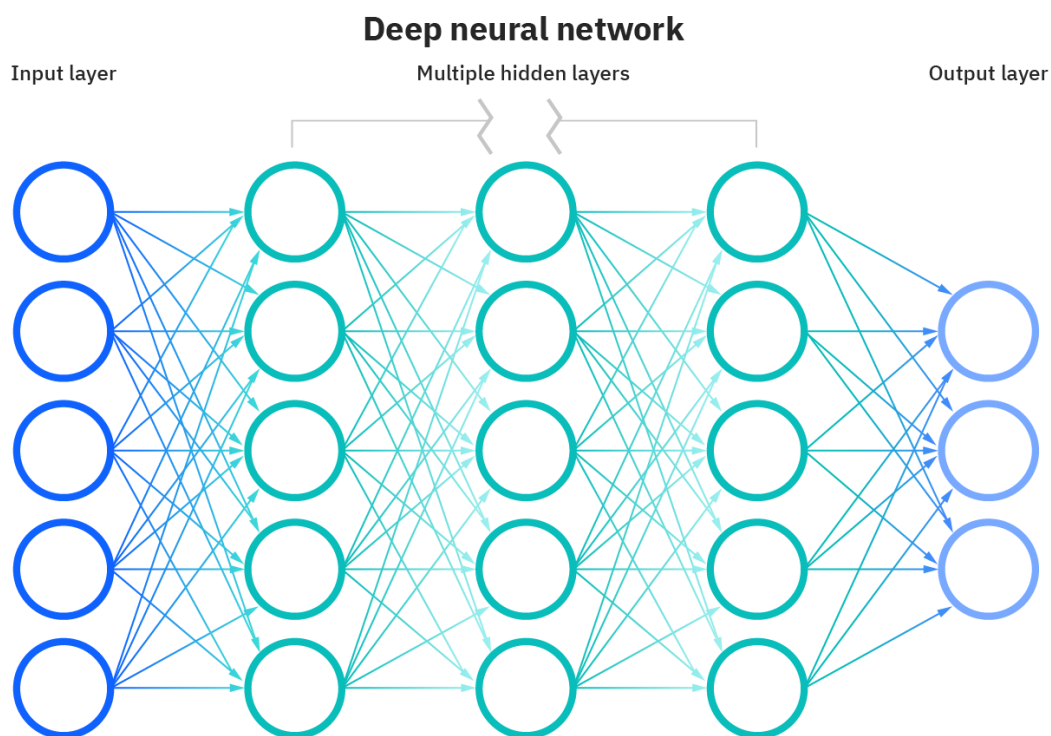
5.1 Tekoäly

Tekoäly (engl. artificial intelligence, AI) tarkoittaa koneen kykyä jäljitellä inhimillistä päättelyä (cgi n.d.) Tekoälyn avulla autot voivat päätellä, suunnitella ja oppia ihmisen tavoin. Kun auton sensorit yhdistetään tekoälyyn voi auto havainnoida ympäristöään ja käsitellä sensorien tuottamaa dataa.

Tekoäly voidaan jaotella vahvaan ja heikkoon tekoälyyn. Heikko tekoäly perustuu ennalta määrättyihin tehtäviin ja logiikkaan, kun taas vahva tekoäly kykenee ajattelemaan itsenäisesti ihmisen tavoin ja saavuttamaan tietoisuuden itsestään. Vahva tekoäly on vielä teoreettinen, eikä sellaista olla vielä pystytty luomaan (Khillar 2020).

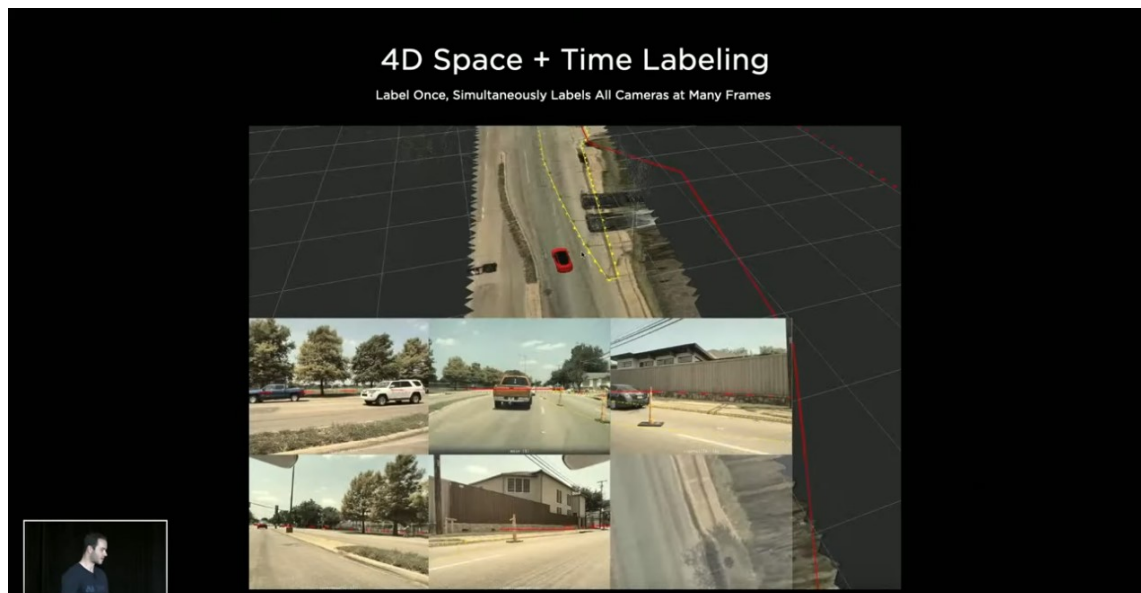
5.2 Neural Networks

Neural Networks eli neuroverkot ovat yksi koneoppimisen muodoista. Neuroverkko koostuu yksinkertaisista prosessointiyksiköistä, jotka yhdistetään verkostoksi siten, että järjestelmän prosessoima tieto kulkee niiden läpi vuoron perään (Elements of AI n.d.). Kone ei osaa vastata suoraan haastaviin kysymyksiin, mutta monia yksinkertaisia kysymyksiä ketjuttamalla saadaan ratkaisu hankaliinkin ongelmiin.



Kuva 7. Neuroverkko rakenne (lähde)

Neuroverkot täytyy "kouluttaa" syöttämällä niille suuret määrät dataa. Esimerkiksi Teslan on helppo kerätä dataa neuroverkkojen kehittämiseen, sillä Teslalla on ollut vuonna 2019 jo 500 000 tarpeellisella sensoriteknikalla varustettua autoa liikenteessä (Bouchard 2019). Autojen tallentamaan dataan täytyi asettaa "dataetiketti" (engl. data label) kaikille esineille, jotka haluttiin tunnistaa. Tämä osoittautui hyvin työlääksi, joten Tesla kehitti ongelman ratkaisemiseksi järjestelmän, jolla pystyttiin antamaan etiketti monen eri kameran peräkkäisiin kuviin samanaikaisesti kuvan kahdeksan mukaisesti. Vaikka uusi järjestelmä helpotti manuaalista kuvien analysointia, osoittautui datamäärä silti liian suureksi. Tähän ratkaisuksi Tesla on kehittänyt automaattisen datan analysoinnin, manuaalisen analysoinnin tueksi (Tesla 2021).

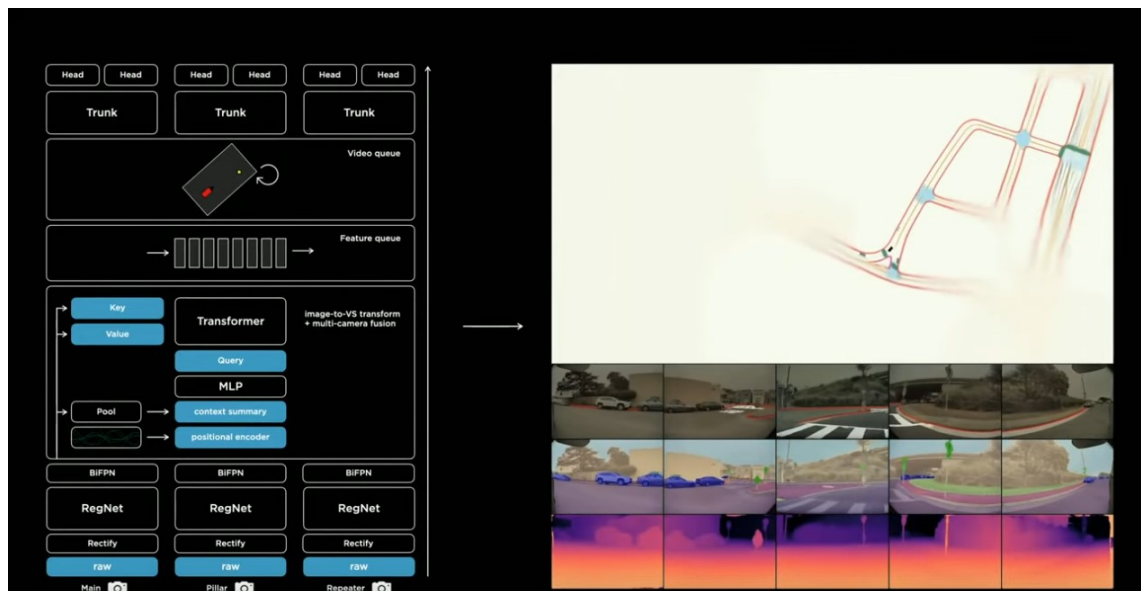


Kuva 8. Teslan manuaalinen "4D Space Labeling" järjestelmä (Tesla AI Day 2021)



Kuva 9. Teslan havainnointi yhdestä kuvasta (lähde)

Kuvassa yhdeksän on kuvattu Teslan vanhaa järjestelmää, jossa kamerakuvasta ajoneuvo tunnistaa eri objekteja, kuten ajoneuvoja, liikennemerkkejä ja kaistaviivoja. Teslan mukaan edellä mainittu järjestelmä ei ollut riittävän hyvä autonomiseen ajoon (Tesla 2021). Kuvassa numero kymmenen voi nähdä miten Teslan uusin tekoälyyn, neuroverkkoihin ja moniin sensoreihin perustuva arkkitehtuuri toimii. Järjestelmä visualisoi kuvaa ylhäältä päin sitä mukaa, kun auto etenee.



Kuva 10. Teslan ympäristön hahmoitus 2021 (Tesla AI Day 2021)

6 Käyttöönoton ja kehityksen haasteet

Ennen kuin vaivattomasta ja turvallisesta matkustamisesta itsestään ajavien autojen kyydissä päästään nauttimaan, on edessä vielä ainutlaatuisia haasteita. Suomen haastavat sääolosuhteet, byrokratia, auton ongelmanratkaisukyky ja etiikka toimivat esimerkkinä tällaisista haasteista.

6.1 Liikenneinfrastruktuuri ja sääolosuhteet

Itsestään ajavat autot asettavat suuria vaatimuksia nykyiselle liikenneinfrastruktuurille. Suomessa on noin 50 750 kilometriä päällystettyä maantietä ja valtio vastaa tämän tieverkon kunnossapidosta (Vayla 2021). Liikenneverkoston korjausvelka on vuonna 2022 jo 2,5 miljardin euron suuruinen (Valtioneuvosto n.d.). Käytännössä suuri korjausvelka tarkoittaa teiden kunnan heikentymistä. Heikkokuntoiset tiet ja kuluneet kaista- ja suojaatiemaalaukset vaikeuttavat huomattavasti itsestään ajavien autojen toimintaa.

Suomessa on aikaisemmin ollut käytössä keltaiset sulkuviivat, jotka kesäkuussa 2020 voimaan tulleen tieliikennelain myötä vaihdetaan valkoisiksi (Järveläinen 2021). Kaistaviivojen värin vaihtoa perusteltiin osittain sillä, että konenäkö erottaa valkoisen värin keltaista paremmin (Saarinen 2017). Talviaikaan kaistat ovat kuitenkin usein lumen peitossa, eikä kaistaviivoja näy laisinkaan. Lumi tuo omat haasteensa myös auton tutkille ja kameroille esimerkiksi keulaan pakkautuessaan.

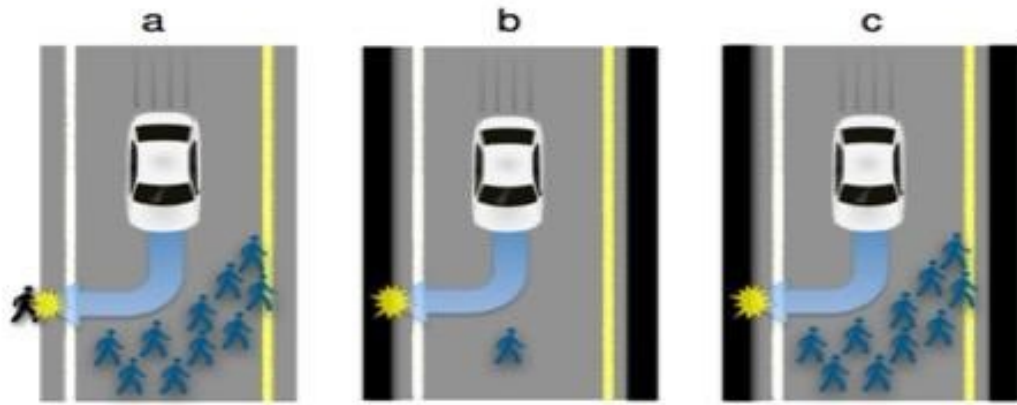
Suomen viestintäverkko on maantieteellisesti kattava. Langaton 4G-verkko on käytössä jo suuressa osassa maata (Traficom 2022). Korkealaatuinen ja laajalle levinnyt verkko luo hyvän pohjan tulevaisuuden digitaaliselle ja verkottuneelle liikenteelle.

6.2 Tietoturva

Tietotekniikan yleistyminen autoissa tuo mukanaan ikävän ongelman – tietoturvan. Uudet autot ovat kasvamassa määrin yhteydessä ympäristöönsä ja toisiin autoihin. (Kuvaja 2020). Kaikki verkkoon yhdistetyt laitteet ovat alttiita mahdollisille hakkereille (engl. hacker). Jos auton tietoturvassa on aukkoja, voivat hakkerit saada autosta kalasteltua esimerkiksi kuljettajan paikkatiedon tai kohdeosoitteen. Henkilökohtaisten tietojen lisäksi voi hakkeri pahimmassa tapauksessa saada auton ohjauslaitteet hallintaansa. Jotta mahdollisilta tietoturvariskeiltä välttyään, täytyy kehitysvaiheessa panostaa myös tietoturvallisuuteen.

6.3 Etiikka

Kuvitellaan tilanne, jossa auto ilman joutuu tilanteeseen, jossa mikään oletettava vaihtoehto ei tuota positiivista lopputulosta. Uhraako auto esimerkiksi yhdellä kaistalla kulkevan lapsen, toisella kaistalla kulkevan vanhuksen vai ajaako auto puuta päin mahdollisesti uhraten kuljettajan. Kuka saa päättää miten auto tulisi ohjelmoida toimimaan välttämättömissä onnettomuustilanteissa? Tulisiko auton suojella aina matkustajia vai pyrkiä minimoimaan kuolemat? Asiaa on pohdittu lukuisissa keskusteluissa ja monia erilaisia ratkaisuja on ehdotettu. Yksi ratkaisu voisi olla lainsäädäntöön perustuva logiikka. Lainsäädöllisen ratkaisun ongelmaksi muodostuu eri valtioiden mahdollisesti erilaiset eettiset näkökulmat. Jos kuljettaja ajaa toiseen valtioon tuleeko auton ominaisuuksien muuttua? Toinen autonomisiin autoihin liittyvä eettinen kysymys on vastuu. Kuka on vastuussa, jos autonominen auto ajaa kolarin?



Kuva 11. Eettinen ongelma (Etiikka, 2017)

Autonomisten autojen yleistyessä ja kehittyessä päivitetään myös lainsäädäntöä, joka toivottavasti auttaa löytämään vastauksia autonomisten autojen niin sanotulle harmaalle alueelle. Suomessa on käynnistynyt automaation sääntelyhanke, joka tavoittelee turvallista ja eettisiä periaatteita omaavaa automaatiota liikenteessä (Traficom 2022).

7 Hyödyt

Autonomisen liikenteen potentiaali on suuri. Automaatiolla uskotaan voitavan vähentää huomattavasti onnettomuuksia liikenteessä, mutta aiheesta on vielä hyvin vähän tutkimustuloksia (Traficom 2022). Verkottumisen ansioista tulevaisuudessa autot voivat mahdollisesti optimoida reitin määränpään niin, että liikenne sujuu tehokkaasti, ruuhkattomasti ja mahdollisimman päästöttömästi.

Euroopassa menehtyi liikenteessä arvioilta 19 800 henkilöä vuonna 2019 (European Commission 2022). Liikenneonnettomuuksista yli yhdeksässä kymmenestä on kuljettajan virhe ollut vähintään osasyylinen onnettomuuteen (Traffic Safety Facts 2017). Autonomisten autojen avulla inhimilliset virheet pystytään karsimaan pois, jolloin liikenteestä tulee huomattavasti aikaisempaa turvallisempaa.

Yhdysvalloissa tyypillinen kuljettaja käytti vuonna 2016 keskimäärin 17 600 minuuttia auton ratissa (Gross 2016). Kun luku muutetaan vuorokausiksi, saadaan hieman yli 12 vuorokautta. Itsestään ajavien autojen ansioista kuljettaja voisi ajamisen sijaan hyödyntää säästetyn ajan muihin puuhiin.

Autonomiset ajoneuvot mahdollistavat auton hankinnan myös fyysisiä rajoitteita omaaville henkilöille. Kun auto hoitaa ajamisen itsenäisesti, ei esimerkiksi kuulo- tai näköhäiriö ole enää esteenä auton hankinnalle.

8 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin itsenäistä liikennettä yleisellä tasolla. Projekti oli hyvin opettava ja palkitseva. Opinnäytetyön tärkeimpinä tavoitteita oli selvittää, miten autonominen liikenne toteutetaan ja mitä siitä hyödytään tulevaisuudessa. Tavoitteet saavutettiin hyvin. Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja etenkin johtavien valmistajien esittelyt omista järjestelmistään olivat kiinnostavia.

Autonominen ajaminen on varmasti osa liikennettä tulevaisuudessa. Matka täysin itsenäiseen ajamiseen on kuitenkin vielä pitkä, mutta kehitystyö on jo kovassa vauhdissa. Autonominen ajamisen kehitys on tuonut ihmisten arkiin jo huomattavan määrän kuljettajaa avustavaa teknologiaa. Teknologian kehityksen myötä ajaminen siirtyy portaittain vääjäämättä kohti itsenäistä ajamista.

Mikäli autonominen liikenne laajenee julkiseen liikenteeseen ja logistiikkaan, on mahdollista, että ammatikseen ajavien henkilöiden työmarkkinat heikkenevät. Sen sijaan liikennejärjestelmien ylläpito, autonomisten autojen kehittäminen ja uusi teknologia tulee luultavasti tuomaan mukanaan lisää työpaikkoja.

Olisi ollut mielenkiintoista tutustua tarkemmin eri valmistajien toteutustapoihin, mutta ohjelmakoodia oli vaikea löytää. Olen kuitenkin tyytyväinen työhön ja työn tuloksiin. Toivottavasti tulemme näkemään itsenäisiä autoja liikenteessä jo lähi-tulevaisuudessa.

LÄHTEET

SAE. 2018. Levels of Driving Automation. Viitattu 1.5.2022.

<https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update>

Wardlaw, C. 2020. What does ADAS Stand for? Viitattu 1.5.2022.

<https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-does-adas-stand-for>

Acea. 2019. Roadmap for the Deployment of Automated Driving in the European Union. Viitattu 2.5.2022. <https://www.acea.auto/publication/roadmap-for-the-deployment-of-automated-driving-in-the-european-union/>

Traficom. 2021. Verkottunut ja automatisoituva tieliikenne. Viitattu 2.5.2022.

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/verkottunut-ja-automatisoituva-tieliikenne>

Traficom. 2022. Verkottuneen ja automatisoituneen liikenteen kokeilut Suomessa. Viitattu 3.5.2022.

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/verkottuneen-ja-automatisoituneen-liikenteen-kokeilut-suomessa>

Baldwin, R. 2020. Self-Driving-Car Research Has Cost \$16 Billion. What Do We Have to Show for it? Viitattu 4.5.2022. <https://www.caranddriver.com/news/a30857661/autonomous-car-self-driving-research-expensive/>

Chester-Londt, L. 2021. Top 10 biggest car companies in the world by revenue in 2021. Viitattu 5.5.2022. <https://briefly.co.za/107238-top-10-biggest-car-companies-world-by-revenue-2021.html>

Musk, E. 2021. Lex Fridman Podcast. Viitattu 6.5.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=DxREm3s1scA>

etn. 2022. Mersuun saa ensivuonna autopilotin – lähtöhinta 5000 euroa. Viitattu 7.5.2022. <https://etn.fi/index.php/13-news/13546-mersuun-saa-ensi-vuonna-autopilotin-laehtoehinta-5000-euroa>

Mercedes-benz.com. 2021. Ready for the next level. Viitattu 8.5.2022.

<https://group.mercedes-benz.com/magazine/technology-innovation/easy-tech-drive-pilot.html>

Maanmittauslaitos. 2021. Autonominen ajaminen. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/autonominen-ajaminen>

Peek, J. 2021. Looking back: Rearview cameras have been around longer than you think. Viitattu 10.5.2022. <https://www.hagerty.com/media/automotive-history/looking-back-rearview-cameras-have-been-around-longer-than-you-think/>

<https://www.hagerty.com/media/automotive-history/looking-back-rearview-cameras-have-been-around-longer-than-you-think/>

Autocrypt. 2021. Camera, Radar and LiDAR: A Comparison of the Three Types of Sensors and Their Limitations. Viitattu 11.5.2022. <https://autocrypt.io/camera-radar-lidar-comparison-three-types-of-sensors/>

<https://autocrypt.io/camera-radar-lidar-comparison-three-types-of-sensors/>

Vazquez, M. Radar For Automotive: Why Do We Need Radar? Viitattu

11.5.2022. <https://semiengineering.com/radar-for-automotive-why-do-we-need-radar/>

Udacity. 2021. How Self-driving Cars Work: Sensor Systems. Viitattu 12.5.2022.

<https://www.udacity.com/blog/2021/03/how-self-driving-cars-work-sensor-systems.html>

Velodyne Lidar. 2020. Velodyne Lidar's Alpha Prime Ready for Prime Time. Viitattu

13.5.2022. <https://velodynelidar.com/blog/velodyne-lidars-alpha-prime-ready-for-prime-time/>

Maanmittauslaitos. 2021. Satelliittipaikannus. Viitattu 14.5.2022.

<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>

Degerman, R. Nykyauto on pyörillä kulkeva tietokone – se voi paljastaa sinsuta

henkilökohtaisia asioita tietämättäsi. Viitattu 15.5.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11200949>

Macheforum. 2021. How many computer chips in a car? Viitattu 16.5.2022. <https://www.macheforum.com/site/threads/how-many-computer-chips-in-a-car.6623/>

CGI. n.d. Mitä on tekoäly? Viitattu 17.5.2022. <https://www.cgi.com/fi/fi/mita-on-tekoaly>

Khillar, S. 2020. Difference Between Strong and Weak AI. Viitattu 18.5.2022. <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-strong-and-weak-ai/>

Elements of AI. n.d. Neuroverkkojen periaatteet. Viitattu 19.5.2022. <https://course.elementsofai.com/fi/5/1>

Bouchard, Y. 2019. Tesla's Deep Learning at Scale: Using Billions of Miles to Train Neural Networks. Viitattu 20.5.2022. <https://towardsdatascience.com/teslas-deep-learning-at-scale-7eed85b235d3>

Tesla. 2021. Tesla AI Day. Viitattu 21.5.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=j0z4FweCy4M>

Vayla. 2021. Teiden kunnossapito. Viitattu 22.5.2022. <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito>

Valtioneuvosto. n.d. "Suomen infraverkko maalla, merellä, sisävesillä ja lentoliikenteessä tukee tasapainoisesti koko maan kestävästä kehitystä". Viitattu 23.5.2022. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/liikenneverkon-kehittaminen>

Järveläinen, V. 2020. Tiemerkinntät menevät uusiksi – keltaiset viivat jäävät historiaan. Viitattu 24.5.2022. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/tiemerkinnat-menevat-uusiksi-keltaiset-viivat-jaavat-historiaan/7796402>

Saarinen, J. 2018. Sulkuviiva muuttumassa keltaisesta valkoiseksi – mutta tarvitseeko robottiauto sitä? Viitattu 25.5.2022. <https://moottori.fi/liikenne/jutut/sulkuviiva-muuttumassa-keltaisesta-valkoiseksi-mutta-tarvitseeko-robottiauto-sita/>

Traficom. 2022. Viestintäverkot ovat digitalisaation perusta niin Suomessa kuin muuallakin. Viitattu 26.5.2022. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/blogit/viestintaverkot-ovat-digitalisaation-perusta-niin-suomessa-kuin-muuallakin>

Kuvaja, P. 2020. Nykyauto on pyörillä kulkeva tietokone – se voi paljastaa sinusta henkilökohtaisia asioita tietämättäsi. Viitattu 27.5.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11200949>

Rydenfelt, H. 2017. Tekoäly ja tunteet. Viitattu 28.5.2022. <https://etiikka.fi/tekoaly-ja-tunteet/>

Traficom. 2022. Mitä kuljettajalle tapahtuu automaation lisääntyessä: toimiiko ihmisen ja auton yhteispeli? Viitattu 29.5.2022. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/blogit/mita-kuljettajalle-tapahtuu-automaation-lisaantyyessa-toimiiko-ihmisen-ja-auton>

European Commission. 2022. Road safety in the EU: fatalities in 2021 remain well below pre-pandemic level. Viitattu 30.5.2022. https://transport.ec.europa.eu/news/preliminary-2021-eu-road-safety-statistics-2022-03-28_en

Traffic Safety Facts. 2017. 2016 Fatal Motor Vehicle Crashes: Overview. Viitattu 31.5.2022. <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812456>

Gross, A. 2016. Americans Spend an Average of 17,600 Minutes Driving Each Year. Viitattu 1.6.2022. <https://newsroom.aaa.com/2016/09/americans-spend-average-17600-minutes-driving-year/>