

Joonas Huovinen

**AUTOJEN OHJELMISTOJEN TUOMA ARVO SEKÄ  
NIISTÄ AIHEUTUVAT ONGELMAT KULUTTAJAN  
NÄKÖKULMASTA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2020

# TIIVISTELMÄ

Huovinen, Joonas

Autojen ohjelmistojen tuoma arvo sekä niistä aiheutuvat ongelmat kuluttajan näkökulmasta

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 18 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Marttiin, Pentti

Autojen kehitys on ottanut viime vuosina suuria harppauksia. Teknologia on lisääntynyt ja lisääntyy koko ajan kiihtyvällä tahdilla ajoneuvoissa. Nämä kehitysaskeleet ovat lisänneet matkustusmukavuutta sekä tuonut paljon lisää autojen turvallisuuteen sekä suorituskykyyn. Useat keksinnöt autoissa voivat olla jo vuosikymmenien takaa, mutta vasta nyt niitä on pystytty hyödyntämään autoteollisuudessa. Kuitenkin teknologian lisääntyminen on tuonut myös uhkia, joita välttämättä moni kuluttaja ei tiedosta. Tässä tutkielmassa tarkastellaan kirjallisuuskatsauksen keinoin erilaisia hyötyjä ja ongelmia, mitä kuluttajat kokevat lisääntyneestä teknologiasta autoissa. Tutkielmassa tarkastellaan autoja turvallisuuden, suorituskyvyn ja infotainment-järjestelmien näkökulmista sekä autojen IoT-mahdollisuuksia. Tutkielmassa paneudutaan myös erilaisiin autoihin liittyviin tietoturvaan ja mitä ratkaisuja niihin ollaan kehitetty.

Asiasanat: Autojen ohjelmistot, infotainment, autojen teknologia

## **ABSTRACT**

Huovinen, Joonas

The value and problems of the car software from the consumers' point of view

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 18 p.

Information Systems Science, Bachelor's degree

Thesis Supervisor: Marttiin, Pentti

Technology in cars has grown rapidly in past decade. This evolution has increased travel comfort and enhanced safety and performance in vehicles. However there are also some problems and threats in the increased number of car softwares that the consumer might not even know about. In this study, we examine different benefits and problems of the car softwares from the consumer point of view. This literature review examines car softwares in different aspects: safety, car performance, infotainment and IoT in cars. This study will also look up data security threats in cars and what kind of solutions there are to these threats.

Keywords: Automotive software, infotainment, automotive technology

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO.....	5
2 TEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN AUTOISSA.....	7
2.1 Autojen historia.....	7
2.2 Autojen teknologisten ominaisuuksien tiedonsiirto.....	8
3 AUTOJEN OHJELMISTOT ERI NÄKÖKULMISTA.....	10
3.1 Autojen ohjelmistot turvallisuuden ja suorituskyvyn näkökulmasta .....	10
3.2 Infotainment .....	11
3.3 IoT autoissa ja tietoturvatekijät.....	13
4 YHTEENVETO .....	15
LÄHTEET .....	17

# 1 JOHDANTO

Viimeisten vuosikymmenten aikana autojen elektroniset järjestelmät ovat lisääntyneet autoissa eksponentiaalisesti (Leen & Heffernan, 2002). Nykyään autot eivät ole pelkästään mekaanisia liikkumisvälineitä, vaan nykyautoissa on satoja elektronisia ohjausyksiköitä ja ohjelmistoja, joiden avulla autot ovat osa ympäristöään (Eiza, & Ni, 2017). Nykypäivänä autojen ohjelmistot ovat hallitseva osa autoteollisuudessa (Broy, 2006). Tämä vaikuttaa paljon myös kuluttajiin.

Autot pystyvät tarjoamaan käyttäjälleen mieluisan matkakokemuksen infotainment-järjestelmien avulla (Choi, Jung, Kim & Park 2019). Samalla kuitenkin autojen pitää pystyä olemaan myös turvallisia kuljettajalle ja matkustajille (Gonter & Seiffert, 2013). Näitä kaikkia toimintoja ohjataan erilaisilla ohjelmistoilla. Kuluttajat käyttävät autoissa monia ohjelmistoja ajaessaan, mutta eivät välttämättä edes tiedosta niiden olemassa oloa.

Tämä tutkielma on suoritettu kirjallisuuskatsauksena ja sen tarkoitus on selvittää, mitä arvoa autojen ohjelmistot tuovat kuluttajalle ja minkälaisia ongelmia niistä voi tulla. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mitä hyötyä autojen ohjelmistot tuovat autoilijalle ja mitä ongelmia niistä voi syntyä?

ja

2. Miten autojen tietoturva on pyritty parantamaan?

Tutkimuksen otsikossa on mainittu sana arvo. Forsman, Wecksell, Havu ja Salovaara (1925-1928) määrittelevät tietosanakirjassa arvon hyödykkeen pitämistä parempana kuin toisen. Heidän mukaansa suurin arvo annetaan sellaiselle asialla, joka tyydyttää voimakkainta tarveamme. (Forsman, Wecksell, Havu & Salovaara, 1925-1928). Autojen ohjelmistojen tuoma arvo voidaankin ajatella tässä tutkimuksessa siten, millä tavalla ohjelmisto parantaa auton toimintaa tai helpottaa sen käyttämistä. Ongelmat kattavat tässä tutkielmassa lähinnä

ohjelmistoista tulevia häiriötekijöitä itse ajamiseen ja tietoturvan haavoittuvuutta. Kuluttajalla tässä tutkielmassa tarkoitetaan autojen käyttäjiä. Ne voivat olla yksityisautoilijoita tai ammattiautoilijoita. Myös matkustajat käyttävät autoista löytyvää teknologiaa ja heihin myös vaikuttaa auton turvallisuus, joten he kuuluvat myös tarkasteltavaan kohderyhmään, vaikka pääpaino onkin auton kuljettajissa.

Tutkimuksessa keskitytään kolmeen olennaiseen osaan autoissa: suorituskyky ja turvallisuus, infotainment sekä autojen IoT ja niiden tietoturva. Autojen lisääntynyt teknologia tuo kuluttajalle paljon hyötyjä esimerkiksi matkanteon mukavoituessa ja auton suorituskyvyn ja turvallisuuden parantuessa. Kuitenkin näistä tulee myös ongelmia: autojen lisääntynyt viihde-elektroniikka vie kuljettajan huomiota pois itse ajamisesta. Myös internetin lisääminen autoon luo uhan tietoturvahyökkäyksille. Tutkielmassa selvitetään, millaisin keinoin näitä ongelmia ja niiden vaikutuksia pystytään minimoimaan.

Toisessa luvussa luomme lyhyen katsauksen näiden osa-alueiden historiaan autojen osalta sekä tarkastelemme, minkälaista teknologiaa nykyautoista löytyy. Tämän luvun tarkoituksena on havainnollistaa autojen kehitystä ja luoda hieman pohjaa autosta teknologisena laitteena.

Kolmannessa luvussa näitä edellä mainittuja osa-alueita käsitellään tapauskohtaisesti. Luvussa esitellään erilaisia järjestelmiä ja ohjelmia, jotka vaikuttavat autoilijaan sekä matkustajiin. Siinä käsitellään myös tietoturvahaukia ja ratkaisuja niihin.

Neljäs luku on yhteenveto, missä tapahtuu itse pohdinta näistä arvoista ja ongelmista, mitä autojen ohjelmistot tuovat.

Lähdemateriaalina on käytetty Google Scholarista löytyviä tutkimusartikkeleita. Alussa käytin pääasiallisina hakusanoina "automotive technology" ja "automotive software". Tutkimuksen edetessä halusin myös tietoa autojen historiasta sekä turvallisuudesta ja laajensin hakusanoiksi "automobile history" ja "automotive safety systems". Lähteitä löytyi paljon, mutta tutkimukseni kannalta oli vaikea seuloa relevantit lähteet. Käytin lopulta tutkimuksessani 21 lähdetä. Pyrin käyttämään mahdollisimman tuoreita lähteitä, mutta autojen kehitys on ollut nopeaa, ja tutkimustieto ei ole pysynyt tämän suhteen ajan tasalla. Sain kuitenkin kerättyä tutkimustani tukevat lähteet kasaan. Myös vanhempia tutkimuksia valitsin tutkielmaani, sillä varhaista autojen historiaa tutkivat tutkimukset ovat olleet relevantteja jo pidemmän aikaa.

## 2 TEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN AUTOISSA

Karl Benz kehitti polttomoottorikäyttöisen automobiilin vuonna 1886 (Akamatsu, Green, & Bengler, 2013). Tästä lähti liikkeelle autojen kehitys, joka on välillä otanut huimia askelia. Reilussa sadassa vuodessa autot ovat muuttuneet prototyypeistä ja rikkaiden ylellisyydestä meidän jokaisen arkipäiväiseksi kulkemisyönteiksi. Nykyään autot pystyvät jopa itsenäisesti kommunikoimaan keskenään (García-Magariño, Sendra, Lacuesta & Lloret, 2018). Nykypäivän autojen ohjausyksiköt voivat sisältää kymmeniä miljoonia riviä koodia ja ne ovat linkitettyinä toisiinsa (Broy, Kruger, Pretschner & Salzmann, 2007). Autojen teknologinen kehitys tähän pisteeseen on tapahtunut pikkuhiljaa vaiheittain.

### 2.1 Autojen historia

Alkuajan autot ovat tuskin muistuttaneet nykypäivän autoja. Esimerkiksi aikaisissa autoissa ohjauspyörän tilalla oli vain varsi, jota kääntämällä etupyörät kääntyivät. Tätä oli helppo käyttää hitaassa vauhdissa ja keveissä autoissa, mutta kun nopeutta tuli lisää ja samalla autojen paino kasvoi, alkoi tämä ohjaustyyli käydä raskaaksi, jolloin uudenlainen ohjauspyörä esiteltiin vuonna 1895 (Akamatsu ym., 2013). Vuonna 1908 ohjauspyörä alettiin sijoittaa amerikkalaisissa autoissa vasemmalle puolelle, sillä tämä oli paras ratkaisu oikean puoleiselle liikenteelle (Flink, 1985). Vuonna 1894 ilmestyi myös jarrupoljin autoihin. Alkujaan jarrun virkaa hoiti hevuskärryistä tuttu käsijarru, joka vipua vetäessä painoi puupalan yhteen pyörään kiinni jarruttaen tätä (Akamatsu ym., 2013). Jarrupolkimen ansiosta kuljettaja pystyi pitämään molemmat kätensä ohjauspyörässä. 1903 autoihin omaksuttiin kehittyneemmät kaasuttimet, joiden avulla auton moottoriin virtaavaa bensiiniä ja ilman sekoitusta voitiin säätää polkimesta (Flink, 1985). Ensimmäiset mittarit ilmestyivät autoihin vasta 1900-luvun taitteessa ja niistä ensimmäisenä tuli öljypumpun mittari. Myös nopeusmittarit alkoivat yleistyä autoissa 1900-luvulla, mutta niiden ensisijainen tarkoitus alkuun oli vain korostaa auton maksiminopeutta (Akamatsu ym., 2013). 1910-luvulla autoihin lisättiin myös jäähdytysjärjestelmä ja sen jälkeen muita ominaisuuksia kuten kierroslukumittari ja kello. Lisääntyneiden mittareiden määrä toi autoon myös kojelaudan, johon mittarit jatkossa sijoitettiin (Akamatsu ym., 2013).

Akamatsu, Green ja Bengler (2013) kertovat tutkimuksessaan, että 1920- ja 1930-luvuilla autojen kontrollilaitteet ja monitorit jatkoivat kehittymistä. Samalla autoihin tuli yleiseksi myös äänimerkit ja mittaristot sijoitettiin yhteen paikkaan, kuskin eteen, josta niitä oli helppo lukea. Myös vinkkarit eli kääntymisestä ilmoittavat, pienet mekaaniset merkkitikut ilmestyivät autoihin. Nämä kehittyivät edelleen nykyisiin käytettyihin suuntavilkkuvaloihin 1950-luvulla. (Akamatsu ym., 2013.)

Autojen turvallisuus kolaritilanteessa otti ison askeleen vuonna 1949, kun Nash Motors asensi ensimmäisenä valmistajana autoonsa turvavyön ja tämä levisi myös muihin amerikkalaisiin autoihin 1950-luvulla (Akamatsu ym., 2013). 1959 Volvo esitteli ensimmäisenä valmistajana autossa vielä nykyisin käytetyn kolmipisteturvavyön ja samana vuonna American Motors varusti automallinsa niskatuella estämään retkahdusvaurioita peräänajotilanteessa (Akamatsu ym., 2013). Turvallisuutta autoissa lisäsivät myös 1970-luvulla esitelty ABS-järjestelmä (Antilock braking system), joka estää jarrujen lukkiutumisen jarrutuksen aikana, elektroninen ajonvakautusjärjestelmä (ESC) 1990-luvulla sekä 1980- ja 1990-luvuilla käyttöön otetut turvatyynyjärjestelmät (Akamatsu ym., 2013).

Varsinaiset autojen ohjelmistot alkoivat kehittyä 1970-luvulla. Aluksi ne olivat hyvin paikallisia ja eristettyjä toisistaan, ja ohjasivat vain tiettyä toimintoa, kuten esimerkiksi moottorin toimintaa. Tämä loi perustan autojen ohjelmistoarkkitehtuurille ja niitä ohjaaville yksiköille. Nämä yksiköt olivat nimeltään elektroniset ohjausyksiköt (electronic control unit). Ohjausyksiköiden kehittyessä ne alkoivat käsitellä dataa erilaisista auton sensoreista ja käyttölaiteista, jonka jälkeen ohjausyksiköt alkoivat myös keskustella keskenään ja vaihtamaan tietoa. (Broy, 2006.) Elektroniset ohjausyksiköt siis käynnistivät autojen ohjelmistojen kehityksen.

## 2.2 Autojen teknologisten ominaisuuksien tiedonsiirto

Nykypäivän autot sisältävät todella suuren määrän teknologiaa. Brandt (2013) toteaa tutkimuksessaan, että autot ovat kehittyneet puhtaasta liikkumisvälineestä informaatio-objekteiksi. Ne antavat tietoa auton liikkeistä ja matkan kulusta, mahdollistavat kommunikoinnin maailmaan auton ulkopuolella ja tarjoavat paljon eri viihdykkeitä autossa matkustaville. (Brandt, 2013.) Näitä kaikkia infotainment-järjestelmiä ja auton toimintaan vaikuttavia toimintoja ohjataan myös teknologialla ja usein niiden takana on jonkinlainen ohjausyksikkö.

On selvää, että teknologian lisääntyessä missä tahansa, myös sen vaatimat sähköjärjestelmät ja johdotukset lisääntyvät. Sama pätee myös autoissa. Auto voi sisältää useamman elektronisen ohjausjärjestelmän (ECU), jotka ohjaavat esimerkiksi moottoritoimintaa tai infotainment-järjestelmiä. Niiden pitäisi pystyä myös kommunikoidaan keskenään. Tätä ongelmaa helpottaakseen, Bosch kehitti 1980-luvun puolivälissä CAN-väylän (controller area network), joka ohjaa elektronisia toimintoja autossa (Leen & Heffernan, 2002). Se on eräänlainen tietoverkko auton sisällä, mikä yhdistää eri elektroniset ohjausjärjestelmät toisiinsa (Woo, Jo, & Lee, 2014). Leen & Heffernan (2002) kertovat, että CAN-väylä on jaettu hitaaseen ja nopeaan väylään. Hitaaseen väylään on kytketty auton mukavuutta lisäävät toiminnot kuten penkin tai ikkunoiden sähkösäätö ja muut käyttöliittymät. Tätä pitkin kulkevat siis kaikki data, mikä ei ole itse ajamiseen liittyvää. Nopeassa CAN-väylässä kulkevat ajamiselle tarpeelliset toiminnot, kuten ABS-jarrujärjestelmä tai ajonvakautusjärjestelmä. Tämä siis välittää tietoa järjestelmistä, mitkä ovat tärkeitä itse ajamisen kannalta. (Leen & Heffernan, 2002.)



Kuitenkin, jotkut tietyt toiminnot vaativat paljon tarkemman tiedonsiirtoväylän. Tällöin käytetään X-by-wire -järjestelmää (Leen & Heffernan, 2002). X-by-wire -järjestelmää käytetään nykyisissä automalleissa korvaamaan ennen hydraulisella tai mekaanisella periaatteella toimivia tehtäviä. Näitä ovat esimerkiksi jarrujen toiminta tai ohjaaminen. Muuttamalla nämä mekaaniset ja hydrauliset toiminnot elektronisiksi pystytään parantamaan auton turvallisuutta, käytännöllisyyttä sekä pudottamaan auton kokonaishintaa. Kuitenkin X-by-wire -järjestelmät tarvitsevat silti osittain myös mekaanista apua, joko varmistamaan tärkeiden osioiden toimimisen (esimerkiksi takaamaan jarrujärjestelmän toimimisen) tai toimimaan yhteistyössä elektroniikan kanssa (robottivaihteisto, missä elektronisuus ohjaa vaihdettavia vaihteita, mutta robotti vaihtaa ne mekaanisesti). (Wilwert, Navet, Song, & Simonot-Lion, 2005.)

### 3 AUTOJEN OHJELMISTOT ERI NÄKÖKULMISTA

Autojen perusvaatimuksia on, että ne tarjoavat turvallisen ja mukavan kuljetuksen yhdistettynä ympäristöystävällisyyteen ja vähäiseen polttoaineen kulutukseen (Kiencke & Nielsen, 2000). Nykypäivänä näitä vaatimuksia toteutetaan vanhoilla keksinnöillä, mutta tietokoneohjatusti. Esimerkiksi ABS (Anti-lock Braking System) on itsessään vanha keksintö, mutta ollut hankala toteuttaa mekaanisesti (Kiencke & Nielsen, 2000.) Autot ovat siis menneet viime vuosina enemmän elektroniseen suuntaan kuin mekaaniseen. Sähköjärjestelmät autoissa ovat lisääntyneet autojen kehityksen myötä. Vuonna 1955 autoissa oli keskimäärin 45 metriä sähköjohtoja, kun 2000-luvun alussa johdotuksia saattoi löytyä jo useita kilometrejä. (Leen & Heffernan, 2002.) Autoihin on siis tullut paljon lisää sähköjärjestelmiä sekä ohjelmistoja, jotka ohjaavat niin auton suorituskykyä ja turvallisuutta kuin viihdepuolta.

#### 3.1 Autojen ohjelmistot turvallisuuden ja suorituskyvyn näkökulmasta

1970-luvulla autoihin tuli ensimmäiset ohjelmistot, kun niihin asennettiin ensimmäisiä elektronisia ohjausyksiköitä, lyhyemmin sanottuna ECU. Pikkuhiljaa näitä erillään olevia ohjausyksiköitä alettiin kytkeä toisiinsa kiinni, ja ne pystyivät vaihtamaan dataa. (Broy, ym., 2007.) Tähän päivään mennessä olemme tulleet pitkän matkan koskien autojen ohjelmistoja. Matkustajien näkökulmasta ehkä tärkeimmät, mutta samalla myös vähiten esillä olevat, ohjelmistot liittyvät matkustusturvallisuuteen sekä auton suorituskykyyn.

Turvallisuustekijät autoissa on jaoteltu kahteen pääryhmään: onnettomuuden ehkäisy sekä vaurioiden ja vammojen lieventäminen. (Gonter & Seiffert, 2013.) Onnettomuuden ehkäisy on aktiivista turvallisuutta, missä pyritään ihmisten, teknologian ja ympäristön avulla ehkäisemään onnettomuuksia, kun taas vammojen lieventäminen pyrkii passiivisesti vähentämään vaurioita juuri ennen onnettomuutta, sen aikana ja sen jälkeen. Autojen järjestelmät ja ohjelmistot vaikuttavat näissä ehkäisevästi esimerkiksi erilaisen avustimien avulla, kuten viireystilantarkkailulla tai kaista-avustimella. Vaurioita lieventäviä järjestelmiä taas ovat esimerkiksi turvavöiden järjestelmä ja turvatyynyjärjestelmä. (Gonter & Seiffert, 2013.)

Aktiiviset turvallisuutta lisäävät järjestelmät voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: ehkäisevät järjestelmät, dynaamiset ajonhallintajärjestelmät ja törmäyksen estävät järjestelmät (Gustafsson, 2009). Nämä järjestelmät ovat kytketty sensoreihin, mitkä välittävät autosta ja kuljettajasta saatavaa dataa (esimerkiksi renkaiden pyörimisnopeutta tai kuljettajan viireystilaa) ohjausyksiköihin, jotka sitten tekevät ratkaisuja perustuen näiden informaatioiden kokonaisuuteen. Ne voivat valvoa kuljettajan ajoaikaa ja ilmoittaa tauon tarpeesta tai havainnoida itse

ajotilannetta ja siinä tapahtuvia muutoksia. Esimerkki tällaisesta järjestelmästä on ABS (Anti-lock braking system). Tämä järjestelmä pyrkii säilyttämään auton ohjattavuuden liukkaalla kelillä estämällä renkaiden lukkoon menemisen jarruttaessa. Sen ohjausyksikkö havainnoi renkaiden pyörimisnopeutta ja huomatesaan jonkun renkaan nopeuden äkillisen putoamisen, se vähentää jarrutuspainetta siitä estäen sen lukkiutumisen. Tämä helpottaa kuljettajaa pitämään auton hallinnassa ja mahdollisesti väistämään esteitä tiellä. (Gonter & Seiffert, 2013.)

Passiiviset turvajärjestelmät autoissa taas tekevät työtä vähentääkseen vaurioita ja vammoja. Nämä järjestelmät toimivat nykyajan autoissa usein myös yhtäaikaaisesti aktiivisten turvajärjestelmien kanssa tai välittömästi niiden jälkeen. Yllättävän esteen tullessa tielle, auton keulassa oleva tutka havaitsee tämän ja mahdollisesti ilmoittaa kuljettajalle tästä varoitusvalolla ja äänellä. Mikäli kuljettaja ei kerkeä näihin reagoimaan, jarruttaa auto automaattisesti hätäjarrutuksen. Kuitenkin, jos nämä aktiiviset turvajärjestelmät eivät kykene törmäystä estää, auton törmäyssensorit havaitsevat törmäyksen ja sen ohjausyksikkö laukaisee turvatyynyjärjestelmän sekä kiristää turvavöitä törmäystä varten. (Gonter & Seiffert, 2013.) Näiden turvallisuusjärjestelmien ja niitä ohjaavien ohjausyksiköiden tärkeys on siis todella suuri kuljettajalle, vaikka hän havaitseekin niiden toiminnan usein vasta vaaratilanteessa.

Polttomootorilla toimivat ajoneuvot polttavat moottorissa polttoainetta ja muuttavat tästä palamisesta saatavan energian liike-energiaksi. Ennen tämä polttoaineen syöttäminen tapahtui kaasuttimien kautta, mutta nykyään tätä koko palamisreaktiota ohjaa ajoneuvoissa moottorinohjausyksikkö (engine control unit, lyhenteeltään myös ECU). Moottorinohjausyksikkö säätelee sylinteriin syötettävän polttoaineen määrää, sen ajoitusta sekä sytytysennakkoa. (Mendonça, Luceiro, Martins & Bisogno 2017.) ECU parantaa moottorin suorituskykyä, mutta samalla myös vähentää polttoaineen kulutusta kuin myös moottorin päästöjä. Moottorinohjausyksikkö itsessään on mikroprosessori, joka vastaanottaa signaaleja erilaisista antureista. Näitä antureita ovat esimerkiksi kaasun asennon sensori, tuloilman lämpötila-anturi ja jäähdytysnesteen lämpötila-anturi. Näiden eri signaalien avulla ECU laskee muun muassa optimaalisen polttoaineenmäärän suhteutettuna syötettävään ilmaan ja näin ollen pystyy hallitsemaan moottorissa tapahtuvaa palamisreaktiota. (Mendonça, ym., 2017.) Moottorinohjausyksikkö on ehkä tärkein yksittäinen ohjelmisto parantamaan auton suorituskykyä ja ekologisuutta, mutta kuten hyvin monet turvallisuutta lisäävät ohjelmistot autoissa, myös moottorinohjausyksikön toiminta on auton käyttäjälle piilossa peltien alla, eikä moni tämän yksikön toimintaa edes tiedä tai tiedosta. Silti sillä on huomattava osuus auton toiminnassa.

### 3.2 Infotainment

Nykyajan autot sisältävät paljon erilaista viihdykettä ja tietoa tarjoavia laitteita ja teknologiaa. Näistä yleisesti voidaan puhua nimellä autojen infotainment (In-Vehicle Infotainment tai IVI). Nämä IVI-laitteet tarjoavat auton käyttäjälle erilaisia

palveluita, kuten elokuvia, pelejä, navigaatiopalveluita tai muita palveluita, mitkä voi olla myös liitettynä matkapuhelimiin. Infotainment sanana muodostuu englannin kielen sanoista information (informaatio, tieto) ja entertainment (viihde). (Choi, ym., 2019.)

Monet kuluttajat ovat tottuneet muokkaamaan omia laitteitaan ja niiden käyttöjärjestelmiä sekä laitteiden sisältäviä ohjelmia itselleen sopiviksi, mutta autojen osalta tässä tulee esiin turvallisuuskysymys; infotainment-laitteiden muokkaaminen voi vaikuttaa auton liikkumiseen tai sen perus turvallisuus- ja informaatiojärjestelmiin. Infotainment-järjestelmät eivät myöskään saa häiritä itse ajamista. (Macario, Torchiano, & Violante, 2009.) Kuljettajan ajamiseen keskittymistä on pyritty parantamaan muun muassa HUD-näytöillä (Head-Up Display). HUD-näytöt yleensä heijastavat ajamista koskevaa informaatiota suoraan kuljettajan näkökenttään, esimerkiksi tuulilasiin. Ne voivat näyttää esimerkiksi ajonopeuden tai navigaatioon liittyvää informaatiota. Weinberg, Harsham ja Medenica (2011) suorittivat kokeen, missä mitattiin ajosimulaattorin avulla käyttäjien ajosuoritusta, henkistä rasittavuutta ja käyttäjätyytyväisyyttä kolmen eri navigaatiojärjestelmän avulla: HUD-näyttö, HDD-näyttö (Head Down Display, perinteinen näyttö auton kojelaudassa) sekä pelkästään ääniohjaava järjestelmä. Kaikkia järjestelmiä pystyi ohjaamaan äänikomennoin sekä kahta näytöllistä järjestelmää myös erillisen ratissa olevan ohjaimen avulla. Tulokset ilmaisivat, että käyttäjäkokemuksen mukaan HUD-näyttö oli suosituin. Kuitenkin ajosuoritusta mitattaessa, ääniohjaava järjestelmä oli paras. HDD-näyttö jäi hänelle sekä käyttäjäkokemusta että ajosuoritusta mitattaessa. (Weinberg, Harsham, & Medenica, 2011.)

Strayer, Cooper, Goethe, McCarty, Getty ja Biondi (2017) suorittivat myös samantapaisen kokeen kuin Weinberg, Harsham ja Medenica. He testasivat 24 koehenkilön avulla 30 auton (kaikki vuoden 2017 mallia eri valmistajilta) infotainment-järjestelmiä ja heidän pääkohteinaan oli itse ajamiseen liittymättömät tehtävät kuten musiikin säätäminen, puhelinsoitto, tekstiviestien lähetys ja navigaatiojärjestelmän käyttö. He halusivat selvittää, lisäsivätkö tietyt tehtävät kuljettajien työkuormaa enemmän kuin toiset ja olivatko autojen järjestelmien käytössä eroavaisuuksia eri valmistajien välillä. He huomasivat, että audiolaitteiden käyttö ja puhelun soittaminen olivat huomattavasti vähemmän rasittavia tehtäviä kuin tekstiviestin lähettäminen tai navigaatiojärjestelmän käyttö. Huomattava etu oli myös siinä, että pystyikö näitä toimintoja hallitsemaan ainakin osittain ääniohjauksella, jolloin kuljettaja pystyi pitämään katseensa paremmin tiessä. Myös autovalmistajien välillä huomattiin todella suuria eroja. Automallit, missä infotainment-järjestelmän käyttö vaati suurta työkuormaa, vaativat myös pidemmän käyttöajan eli kuljettajan keskittyminen itse ajamiseen oli silloin alentunut. 12 automallia 30 auton otannasta vaati suuren kokonaiskeskittymisen kuljettajilta infotainment-järjestelmän käyttöön. Näistä suurin osa tarjosi mahdollisuuden osoitteen vaihtamiseen navigaattorissa ajon aikana. Myös osassa ison keskittymisen vaativissa järjestelmissä oli esimerkiksi internetin käyttö ajon aikana mahdollista. Tutkimuksessa painotettiinkin tärkeämpänä häiriötekijänä sitä, mitä toimintoja auton infotainment-järjestelmästä voi käyttää auton ollessa

liikkeenä kuin sitä, mitä toimintoja autossa yleensäkin on tarjolla. (Strayer, Cooper, Goethe, McCarty, Getty ja Biondi, 2017.)

### 3.3 IoT autoissa ja tietoturvatekijät

Lee ja Lee (2015) määrittelevät IoT:n teknologiaksi, jossa erilaiset laitteet muodostavat globaalin verkon keskenään ja pystyvät sitä kautta olemaan vuorovaikutuksessa keskenään (Lee & Lee, 2015). Kuluttajat ovat voineet huomata IoT:n lisääntymisen viime vuosina arkipäiväisissä tuotteissa: nykyään myynnissä on kodinkoneita ja kodin viihde-elektroniikkaa internet-yhteydellä varustettuna. Autot eivät tee poikkeusta tässä asiassa. IoT:n avulla autot voivat kommunikoida keskenään tai liikenneinfrastruktuurin kanssa, esimerkiksi estääkseen törmäyksiä tai liikenneuhkien syntymistä. IoT mahdollistaa autoissa myös niiden etäkäyttöä. Marosi, Lovas, Kisari ja Simonyi (2018) esittävät, että autoissa voidaan hallita etänä muun muassa niiden ilmastointia esimerkiksi autoa viilentääkseen ennen liikkeelle lähtöä tai auton voi jopa käynnistää etänä esimerkiksi älypuhelimien kautta. He myös esittelevät IoT:n luovan mahdollisuuden autojen jakamispalveluun (Car Sharing), jossa auton omistaja voi antaa etänä jollekin toiselle ihmiselle mahdollisuuden käyttää ja ajaa autoa älypuhelimien kautta. (Marosi, Lovas, Kisari & Simonyi, 2018.)

Krasniqi ja Hajrizi (2016) määrittelevät tekstissään autonomisen auton sel-laiseksi, mikä kykenee itse kiihdyttämään, jarruttamaan ja ohjaamaan itseään joko rajoitetulla vuorovaikutuksella kuljettajan kanssa tai kokonaan ilman tätä. He jakavat autonomiset autot eli itseohjautuvat autot kahteen kategoriaan. Puoliautonomiset autot kykenevät kiihdyttämään, jarruttamaan ja ohjaamaan, pitämään kaistan ajettaessa ja seuraamaan välimatkaa edellä ajavaan autoon. Ne kuitenkin vaativat kuljettajaa, joka vastaa autolla ajamisesta. Toinen kategoria on täysin autonomiset autot, jotka voivat liikkua paikasta A paikkaan B ilman min-käänlaista kuljettajan vuorovaikutusta. (Krasniqi & Hajrizi, 2016.) Idea itseohjautuvista autoista on ollut jo pitkään tiedostettu, mutta vasta IoT:n myötä on tämä pystytty toteuttamaan.

García-Magariño, Sendra, Lacuesta & Lloret (2018) esittävät, että yksi iso riski itseohjautuvissa, jossa esimerkiksi auto voi kääntyä tai jarruttaa itsenäisesti, ja internetiin yhteydessä olevissa autoissa on se, että ne ovat alttiita tekemään päätöksiä saadessaan väärää tietoa toisten autojen sijainnista. Yksinkertaisesti tämä tarkoittaa sitä, että auto, joka joutuu tietoturvahyökkäyksen kohteeksi, ilmoittaa sijaintinsa väärin. Tällöin autot, jotka ovat kommunikoineet tämän auton kanssa, tekevät ajamiseen liittyviä ratkaisuja väärän tiedon perusteella ja näin aiheuttavat vaaratilanteita liikenteessä. Tutkimuksessa todettiin, että yksi tehokas tapa tämän välttämiseen, on priorisoida autojen omien sensoreiden toimintaa sekä kuljettajien tekoja ratin takana ja jakaa tätä tietoa muihin autoihin. He osoittivat, että tällä toiminnalla, autot jotka eivät ole kaapattuja, voivat keskenään kommunikoida ja niin sanotusti ilmiantaa kaapatun auton. Tällöin muiden

autojen IoT-järjestelmät voivat vähentää kaapatun auton valheellisten signaalien huomioon ottamista. (García-Magariño, ym., 2018.)

Eiza ja Ni (2017) ovat tekstissään tutkineet erilaisia mahdollisia keinoja autojen tietoturvahyökkäyksiä vastaan. Yksi näistä keinoista olisi eristää täysin autojen eri toiminnot toisistaan, jolloin yhden järjestelmän joutuessa hyökkäyksen kohteeksi, se ei vaikuttaisi koko autoon. Kuitenkaan tämä ei ole tarkoituksen mukainen keino, kun näiden internetiin yhdistettyjen autojen eri järjestelmien täytyy pystyä myös kommunikoidaan keskenään. Heidän mukaansa on olemassa kaksi hyvää keinoa autojen tietoturvaan. Ensimmäinen keino on parantaa internetiin yhdistettyjen autojen pilviverkkoa ja sen tietoturvaa. On helpompi kehittää yhtä kokonaisuutta sen sijaan, että alettaisiin keskittää resursseja jokaisen autovalmistajan ja yksittäisen auton tietoturvaan. Toinen vaihtoehto on Yhdysvaltain liittovaltion liikenneturvallisuusviraston aloittama hanke. Se koostuu kerrosratkaisusta, missä keskitytään neljään eri osioon. Ensimmäinen osa-alue on eristää auton toiminnalle kriittiset järjestelmät muusta toiminnasta, jolloin kokonaisvaltainen hyökkäys autoon ei ole mahdollinen. Toinen osa-alue on lisätä autoihin järjestelmä, joka havaitsee mahdollisia hyökkäyksiä reaaliaikaisesti. Kolmas osa-alue on pyrkiä pitämään kuljettajan hallinta autoonsa, vaikka se joutuu hyökkäyksen kohteeksi. Neljännessä ja viimeisessä osa-alueessa autoihin onnistuneista hyökkäyksistä pitäisi jakaa tietoa eri toimijoiden välillä, jolloin niitä pystytään keräämään ja analysoimaan paremmin. (Eiza, & Ni, 2017.)

## 4 YHTEENVETO

Tutkielman tarkoitus oli selvittää, mitä arvoa autojen ohjelmistot tuovat kuluttajalle ja mitä ongelmia niistä voi tulla. Autojen ohjelmistot ja erilaiset järjestelmät ovat lisääntyneet viimeisten vuosikymmenten aikana nopeasti ja ne niiden kehitys jatkuu koko ajan. On siis selvää, että tämä muutos näkyy myös kuluttajien toiminnassa ja heidän ajamisessaan.

Ensimmäinen tutkimuskysymys tässä tutkimuksessa oli, mitä hyötyä autojen ohjelmistot tuovat autoilijalle ja mitä ongelmia niistä voi syntyä. Autojen ohjelmistojen kehittäminen, samoin kuin mikä tahansa muu kehitys, tähtää parannukseen. Autoissa yksi tärkein kehityksen kohde on turvallisuus. Matkanteon täytyy olla turvallista ja onnettomuuden sattuessa, vahingot on pyrittävä minimoimaan. Ohjelmistot autoissa pyrkivät parantamaan turvallisuutta ehkäisemällä onnettomuuksia edellä mainittujen aktiivisten ohjelmistojen avulla sekä minimoimaan vahingot passiivisilla järjestelmillä. Autojen suorituskykyyn vaikuttavat ohjelmistot taas parantavat moottorin käymistä sekä sen hallittavuutta. Näillä ohjelmistoilla saadaan myös vähennettyä esimerkiksi polttoainenkulutusta tai auton päästöjä. Lisäksi tämä moottorin toiminnan parantaminen pidentää myös sen käyttöikä.

Autojen infotainment-järjestelmät pyrkivät tekemään matkanteosta mahdollisimman mukavaa. Kuljettaja pystyy tarkkailemaan matkanteon kulkua ja käyttämään navigaattoria oikean osoitteen löytämiseksi samalla kuunnellen lemppimusiikkiaan. Kuitenkin autojen lisääntynyt infotainment on kasvattanut riskiä onnettomuustilanteisiin, sillä kuljettajan säätäessä esimerkiksi musiikkia tai syötäessään määränpäättä navigaattoriin ajon aikana, hänen keskittymisensä ei ole ajamisessa. Toisaalta taas auton turvallisuusjärjestelmät pyrkivät seuraamaan kuljettajaa ja huomauttamaan alentuneesta keskittymistilasta.

Internetiin yhdistetyt autot ovat koko ajan lisääntyneet liikenteessä. Niiden pyrkimys on parantaa auton käyttäjien mukavuutta tarjoamalla entistä parempia infotainment-mahdollisuuksia. Niiden tavoite on myös parantaa ajokokemusta tarjoamalla ajantasaista tietoa liikenteestä, jolloin kuljettaja pystyy esimerkiksi välttämään liikenneuhkia. Nämä autot luovat myös mahdollisuuden liikenteeseen, jossa kuljettajia ei enää tarvita. Toisaalta autojen liittäminen internetiin luo autoihin kohdistuvan tietoturvaan.

Toinen tutkimuskysymykseni liittyikin autojen tietoturvaan, eli miten autojen tietoturvaa on pyritty parantamaan. Vaikka autojen ohjausyksiköt eivät ole itsessään alttiita hyökkäyksille, sillä se vaatisi auton ohjausyksikköön fyysistä tunkeutumista, niin älypuhelimien liittäminen autoon tai auton yhdistäminen internetiin mahdollistaa hyökkäyksen (Woo, ym., 2014). Tietoturvahyökkäyksiä vastaan onkin pyritty kehittämään erilaisia keinoja. Varmin keino olisi eristää eri ohjelmistot toisistaan, jolloin auton kokonaisvaltainen haltuunotto ulkopuolisen toimesta ei olisi mahdollista. Tämä kuitenkin ei ole mahdollista, sillä autojen ohjelmistojen on tarpeellista kommunikoida keskenään. Autoja pyritäänkin kehittämään itse tunnistamaan mahdolliset hyökkäykset tai hyökkäyksen

kohteeksi joutuneet muut ajoneuvot. Toinen hyvä keino tietoturvan parantamiseen on parantaa pilviverkkoa mihin autot ovat liittyneenä. Myös eräänlainen yhdistelmä ohjelmistojen eristämistä, hyökkäyksen tunnistamista ja tiedon jakamista hyökkäyksistä on hyvä keino parantaa tietoturvaa. Kuitenkin olennaisin asia on, että vaikka auto joutuisi hyökkäyksen kohteeksi, olisi kuljettajalla aina itsellään mahdollisuus ohittaa saastuneet ohjelmistot sekä niiden toiminta ja ottaa auto haltuunsa, jotta matkanteko voidaan turvallisesti keskeyttää.

Johtopäätös tässä tutkielmassa on siis, että autojen ohjelmistot tuovat paljon arvoa kuluttajalle, mutta ne tuovat myös merkittäviä ongelmien uhkia. Kaikki tutkimuksessa käytetyt lähdeaineistot eivät suoranaisesti mitanneet kuluttajien kokemaa arvoa tai ongelmia autojen ohjelmistoista ja tämä olisikin yksi jatkotutkimuksen aihe. Saatavilla oleva aineisto lähinnä käsitteli mahdollisia ongelmia ja uhkia, mutta ei niinkään mitannut, miten kuluttajat nämä kokevat. Moni kuluttaja ei varmastikaan tarvitse kaikkia ominaisuuksia, mitä nykyajan autoissa on tarjolla. Jatkotutkimusta kannattaisi myös osoittaa kuluttajien kokemaan rahalliseen menetykseen: olisi kiintoisaa tietää, minkälaisia lisäkustannuksia autojen ohjelmistoista muodostuu kuluttajalle. Ohjelmistot vaativat aina päivittämistä, ja autojen huoltaminen on vaikeutunut, kun teknologiaa on tullut enemmän.



## LÄHTEET

Akamatsu, M., Green, P., & Bengler, K. (2013). Automotive technology and human factors research: Past, present, and future. *International journal of vehicular technology*, 2013.

Brandt, T. (2013). Information Systems in Automobiles—Past, Present, and Future Uses. *Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems*, Chicago, Illinois, August 15-17, 2013.

Broy, M. (2006, May). Challenges in automotive software engineering. In *Proceedings of the 28th international conference on Software engineering* (pp. 33-42).

Broy, M., Kruger, I. H., Pretschner, A., & Salzmänn, C. (2007). Engineering automotive software. *Proceedings of the IEEE*, 95(2), 356-373.

Choi, D. K., Jung, J. H., Kim, J. I., & Park, J. (2019). In-Vehicle Infotainment Management System in Internet-of-Things Networks. In *2019 International Conference on Information Networking (ICOIN)* (pp. 88-92). IEEE.

Eiza, M. H., & Ni, Q. (2017). Driving with sharks: Rethinking connected vehicles with vehicle cybersecurity. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 12(2), 45-51.

Flink, J. J. (1985). Innovation in Automotive Technology: After a long interval of stagnation, automotive technology may be entering a period of renewed creativity. *American scientist*, 73(2), 151-161.

Forsman J., Wecksell J. A., Havu I. & Salovaara H. (1925-1928). *Pieni Tietosanakirja*, Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava

García-Magariño, I., Sendra, S., Lacuesta, R., & Lloret, J. (2018). Security in vehicles with IoT by prioritization rules, vehicle certificates, and trust management. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(4), 5927-5934.

Gustafsson F. (2009). Automotive safety systems. *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 26, no. 4, pp. 32-47, July 2009

Kiencke, U., & Nielsen, L. (2000). Automotive control systems: for engine, driveline, and vehicle. *Measurement Science and Technology*, Volume 11, Number 12

Krasniqi, X., & Hajrizi, E. (2016). Use of IoT technology to drive the automotive industry from connected to full autonomous vehicles. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 269-274.

Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431-440.

Leen, G., & Heffernan, D. (2002). Expanding automotive electronic systems. *Computer*, 35(1), 88-93.

Macario, G., Torchiano, M., & Violante, M. (2009, July). An in-vehicle infotainment software architecture based on google android. In *2009 IEEE International Symposium on Industrial Embedded Systems* (pp. 257-260). IEEE.

Marosi, A. C., Lovas, R., Kisari, Á., & Simonyi, E. (2018, January). A novel IoT platform for the era of connected cars. In *2018 IEEE International Conference on Future IoT Technologies (Future IoT)* (pp. 1-11). IEEE.

Mendonça, L. S., Luceiro, D. D., Martins, M. E. S., & Bisogno, F. E. (2017, March). Development of an engine control unit: Implementation of the architecture of tasks. In *2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)* (pp. 1142-1146). IEEE.

Strayer, D. L., Cooper, J. M., Goethe, R. M., McCarty, M. M., Getty, D., & Biondi, F. (2017). Visual and cognitive demands of using in-vehicle infotainment systems. *AAA Foundation for traffic safety*.

Weinberg, G., Harsham, B., & Medenica, Z. (2011, November). Evaluating the usability of a head-up display for selection from choice lists in cars. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications* (pp. 39-46).

Wilwert, C., Navet, N., Song, Y. Q., & Simonot-Lion, F. (2005). Design of automotive X-by-Wire systems. *The Industrial Communication Technology Handbook*, CRC Press, 2005.

Woo, S., Jo, H. J., & Lee, D. H. (2014). A practical wireless attack on the connected car and security protocol for in-vehicle CAN. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 16(2), 993-1006.