

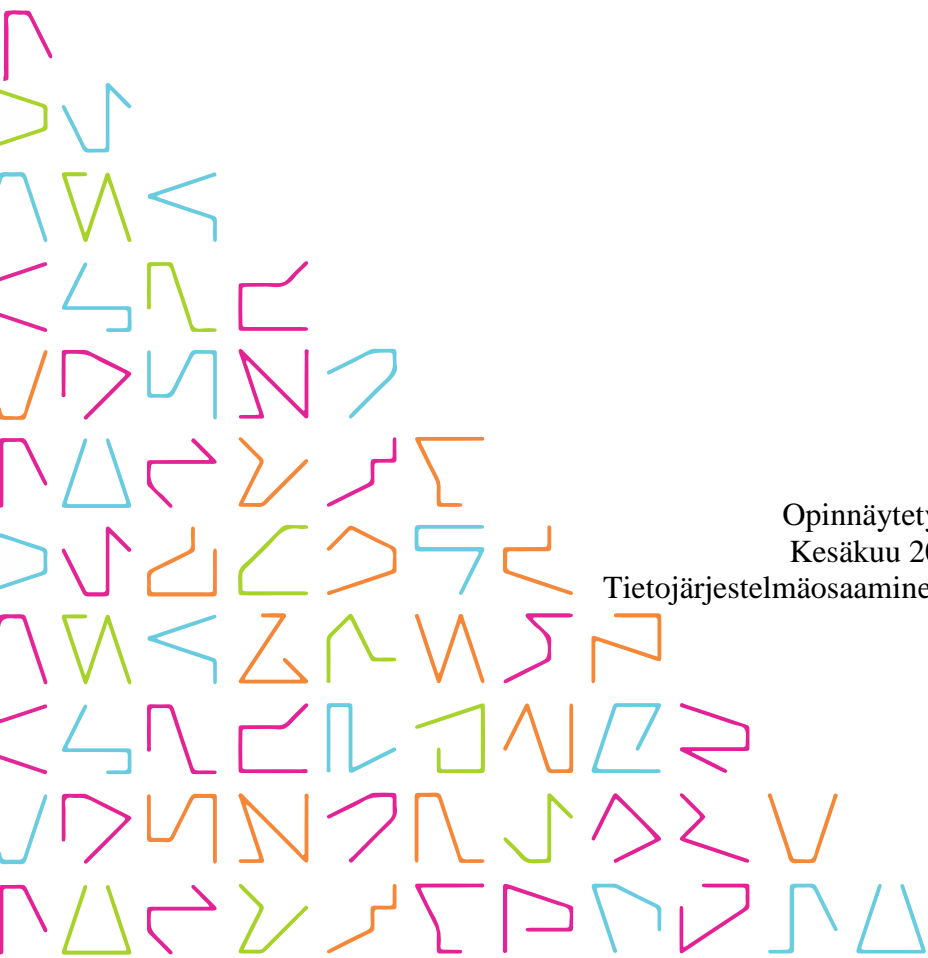


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

V2X-VERKOTTUNEIDEN AJONEUVOJEN HALLINTA

Jukka Piironen

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2017
Tietojärjestelmäosaaminen, ylempi AMK



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietojärjestelmäosaaminen, ylempi AMK

PIIROINEN, JUKKA:
V2X-verkottuneiden ajoneuvojen hallinta

Opinnäytetyö 65 sivua, joista liitteitä 15 sivua
Kesäkuu 2017

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Tieto Finland Support Services Oy, joka tarjoaa hyvin erilaisia tuotekehityspalveluita. Tämä opinnäytetyö tehtiin älykkäitä liikenne- ja ratkaisuista tuottavaan yksikköön, jossa verkottuneiden ajoneuvojen kehitystyöhön liittyvät palvelut ovat yksi osa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää verkottuneiden ajoneuvojen hallinnassa tarvittavia toimijoita ja heidän roolejaan, kuinka järjestelmä voidaan ottaa käyttöön ja kuinka sitä voidaan hallinnoida Suomessa. Tavoitteena oli myös selvittää, miten ajoneuvojen välisen kommunikoinnin hallintaprosessi tulisi näkymään käyttäjälle sekä miten ajoneuvojen välisen kommunikoinnin tietoturva ja yksityisyyden hallinta voitaisiin järjestää tässä järjestelmässä.

Opinnäytetyössä taustoitettiin kehitystyön historiaa, miksi verkottuneita ajoneuvoja tarvitaan ja miten järjestelmä parantaa liikenneturvallisuutta. Raportissa esitellään käytettävät teknologiat standardien ja kehitystyöhön osallistuvien tahojen tuottamien tutkimusten avulla. Lisäksi käytiin läpi viranomaisten toimenpiteet kehitystyön tukemiseksi ja tuotettiin järjestelmää käyttävien toimijoiden roolikuvauksia ja kuvattiin myös järjestelmän käyttötappauksia. Tutkimuksessa tehtiin myös suoria teemahaastatteluja viranomaisille.

Lopuksi todetaan, että järjestelmä mahdollistaa parantuneen liikenneturvallisuuden yhdessä muiden tämän hetken ajoneuvoissa käytettävien teknologioiden kanssa. Teknologia on riittävän hyvällä tasolla niin, että reaaliaikainen kommunikointi ajoneuvojen välillä on mahdollista toteuttaa. Viranomaisten panostukset ovat mittavia, mutta määrittely ja lainsäädäntö vievät vielä muutaman vuoden, ennen kuin järjestelmä on mahdollista ottaa käyttöön.

Opinnäytetyö on asiasta kiinnostuneelle lukijalle helppo mahdollisuus tutustua ajoneuvoissa käytettävään tulevaisuuden teknologiaan.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Information System Competence

PIIROINEN, JUKKA:
Management of V2X Connected Vehicles

Master's thesis 65 pages, appendices 15 pages
June 2017

The commissioner of this thesis work is Tieto Finland Support Services Oy, which provides a wide variety of product development services. More specifically, this thesis was done for the unit which provides product development services for intelligent transportation systems and the vehicles connected to them. Purpose of this thesis work was to investigate what instances are involved in the management of the connected vehicles backend system and what their roles are, and to examine the deployment of the system and how the management of the system can be organized in Finland. Visibility of the management process in the vehicles, privacy aspect and information security were also important priority in the investigation.

Discussion is provided on the background of the development history, covering topics such as the purpose of connected vehicles systems and how this system can improve traffic safety. A number of technologies are introduced, based on studies provided by manufacturers and other parties involved in the development and standardization of connected vehicles. Moreover, action of public authorities for the support of the system development are represented. The roles of the involved parties were defined and use cases of the system were also produced. Public authorities were also interviewed for this study.

According to the results, the connected vehicles system is feasible and improves traffic safety together with other safety technologies currently in use. Technology is feasible and the maturity of the system is at good level for successful real-time communication between the vehicles. Before the system can be deployed, additional specification work, preparation by public authorities and enactment of new laws is needed. Because of this it may take a few years until the system is ready for deployment.

This study provides a good overview for readers who are interested about the future traffic and vehicle technologies.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ÄLYKÄS LIIKENNE	9
2.1	Nykytilanne.....	9
2.2	Liikenteen tulevaisuus	10
2.3	Verkottuneet kulkuneuvot.....	10
3	VIRANOMAISTOIMENPITEET KEHITYSTYÖN EDISTÄMISEKSI	12
3.1	EU:n ITS-direktiivi ja EU-komission toimenpiteitä.....	12
3.2	EU-komission C-ITS strategia.....	13
3.2.1	C-ITS strategiassa määritetyt palvelut	14
3.2.2	Priorisoidut C-ITS kehitystyön painopistealueet	14
3.3	C-ITS väliraportti Suomi, 2014	16
3.4	Liikenneviraston toimenpideohjelma tieliikenteen automatisoinnin edistämiseksi	17
4	AJONEUVOJEN VÄLINEN KOMMUNIKOINTI	19
4.1	ITS-kehitystyön taustaa	19
4.2	ETSI ITS-laitteen standardi	20
4.3	ITS-laitteen viitearkkitehtuuri.....	21
4.4	V2X-kommunikaation radioteknologia.....	23
4.5	V2X-kommunikaatiossa käytettävät sanomat	24
4.6	ITS-laitteen sanomien oikeellisuus	26
5	KESKUSJÄRJESTELMÄ JA VERKKOARKKITEHTUURI.....	28
5.1	V2X-kommunikaation verkkoarkkitehtuuri.....	28
5.2	Sertifikaatti ja sen käsittely.....	29
5.3	Julkisen avaimen infrastruktuuri (PKI).....	31
5.4	Keskusjärjestelmäpilotti (USA).....	32
6	ITS-LAITTEKANNAN HALLINNOINTI	35
6.1	ITS-laitteiden hallinta	35
6.2	Laitteidenhallinnan toimijat ja käyttäjäroolit.....	36
6.3	Järjestelmähallinnan prosessikuvaus ja roolien kuvaukset.....	38
6.4	Käyttötapaukset	40
6.4.1	Ilman taustajärjestelmän toimintaa	40
6.4.2	Taustajärjestelmä käyttöön otettu	41
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	44

LÄHTEET	47
LIITTEET	51
Liite 1. Lyhenteet ja termit.....	51
Liite 2. Teknologiahämmäskätköt verkottuneiden- ja autonomisten autojen kehityksessä (Lumiaho & Malin 2016, 21-27.).....	56

1 JOHDANTO

Valtioneuvosto on tehnyt periaatepäätöksen vuonna 2012 tieliikenteen turvallisuuden parantamisesta. Periaatepäätöksen tavoitteena on toteuttaa suunnitelmallista ja tavoitteellista liikennepolitiikkaa ja sen edellytyksenä on, että kaikki hallinnonalat ottavat periaatepäätöksen huomioon omia toimia suunnitellessaan. Liikennejärjestelmän toimivuuden ohella tavoitteet ovat liikenteen päästöjen vähentäminen, kestävän kehityksen edistäminen ja liikenneturvallisuuden parantaminen arjen sujuvan liikkumisen turvaamiseksi. Päätöksessä on otettu huomioon EU:n parlamentin päätöslauselma Euroopan liikenneturvallisuudesta 2011-2020. Tavoite on, että liikennejärjestelmät on toteutettava niin, ettei kukaan kuolisi tai loukkaantuisi vakavasti liikenteessä.

Liikenneturvan vuoden 2015 tilaston mukaan Suomen liikenteessä loukkaantui vakavasti 477 ja kuoli 270 henkeä (Liikenneturva 2015). Kuolleiden määrä on selkeästi laskeva vuosien 2001-2011 välisenä aikana, jolloin määrät vähenivät 433:sta 292:een. Tavoite vuoteen 2020 mennessä on kehittää tieliikenteen turvallisuutta niin, että kuolemaan johtavien onnettomuuksien määrä laskee alle 136 henkilön. Vuoden 2004 hoitokustannustilaston mukaan kaikkien liikenteessä loukkaantuneiden hoitokustannukset olivat tuolloin noin 32,5 miljoonaa euroa vuodessa, ja tämän päivän kustannustaso on vähintään nelinkertainen. Tuohon summaan on huomioitu vähintään 20 vrk hoitoa saaneet potilaat. WHO:n raportin mukaan maailmassa kuolee vuosittain 1,25 miljoonaa ihmistä ja vammautumiseen johtavia kolareita arvioidaan tapahtuvan 20 – 50 miljoonaa (WHO 2015). Iso arvioväli johtuu maiden erilaisista tilastointikäytännöistä.

Liikenteen turvallisuuden tähänastiset kehittämiskohteet ovat liittyneet pääosin tieinfrastruktuurin parantamiseen, kulkuneuvoissa olevien ominaisuuksien jatkokehittämiseen ja aivan viimeisimpänä trendinä ajoneuvojen älykkyyden kehittämiseen kohti autonomista autoilua. Mutta uusin asia liikenteenturvallisuuden saralla on laittaa kulkuneuvot keskustelemaan toistensa kanssa, jolloin ne jakavat toisilleen tietoa liikkeistään ja aikeistaan. Tätä toimintoa voidaan kutsua ajoneuvojen väliseksi kommunikoinniksi, jossa ajoneuvot muodostavat ad-hoc -verkon toistensa ja tien varsilla olevien verkkoelementtien kanssa, vaihtaen WLAN-pohjaisella laitteella V2X-kommunikointiin määritettyjä sanomia. V2X-kommunikointi tarkoittaa ajoneuvosta ajoneuvoon tai taustajärjestelmään tapahtu-

vaa sanomanvälitystä. Tällä teknologialla tavoitellaan tieliikenteen turvallisuuden parantamista kohti kolaritonta liikennettä ja luodaan ajoneuvoille kykyä ”nähdä” nurkan taakse.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Tieto Finland Support Services Oy. Yrityksellä on palvelutarjontaa useilla eri toimialoilla liittyen ohjelmistojen tuotekehityspalveluihin. Autoiluun ja liikenteeseen liittyvää tuotekehitystä tehdään Internet of things and traffic-yksikössä, jossa verkottuneet ajoneuvot (Connected car and traffic) ovat yksi osa-alue palvelun tarjonnassa. Tuotekehitys- ja tutkimustarjonnassa keskitytään V2X-sovellusten ja taustajärjestelmien ja ITS-G5-standardin testaus- ja sertifikaatiopalveluiden kehittämiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa ehdotuksia V2X-kommunikoinnissa käytettävän taustajärjestelmän toimijoista ja heidän rooleistaan, kuinka järjestelmä voidaan ottaa käyttöön ja kuinka sitä voidaan hallinnoida. Opinnäytetyössä lukija tutustetaan V2X-kommunikoinnissa tarvittavaan teknologiaan ja lukijalle esitellään standardointijärjestöjen tuottamat aineistot ja viranomaisten toimenpiteet, miksi tieliikenteen turvallisuuden kehitys tarvitsee kuvattua järjestelmää, mitä viranomaiset ovat tehneet asian hyväksi ja mitä tullaan tekemään. Tärkeänä asiana esitellään myös osapuolet: ketkä tätä kehitystyötä ovat ohjaamassa ja mikä heidän roolinsa on kehitystyössä.

Toimeksiantajan asettamat tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Miten autojen välisen kommunikaation käyttöönotto- ja hallintaprosessi liikennehallinnon näkökulmasta voidaan suunnitella ja ottaa käyttöön?
- 2) Miten prosessi näkyy ajoneuvon käyttäjälle rekisteröinti-, käyttöönotto- ja liikennekäytössä?
- 3) Kuinka autojen välisen kommunikaation tietoturvan ja yksityisyyden hallinta voidaan järjestää palveluarkkitehtuurin ja toimijoiden roolin näkökulmasta?

Lähdeaineistona käytetään viranomaisdokumenteja, lainsäädäntöä, valmistajien tuottamaa dokumentaatiota ja ITS-kehitystyön (Intelligent Transport System) tuotoksena syntyneitä standardeja. Toimeksiantajan edustajalta sekä Liikenneviraston ja Trafín viranomaistahoilta on pyydetty asiantuntijamielipiteitä ja ohjausta. VTT:n asiantuntijaa on

myös haastateltu C-ITS (Cooperative Intelligent Transport System) kehitystyön tilanteesta tällä hetkellä. Haastatellut asiantuntijat osallistuvat ITS-kehitystyötä ohjaaviin C-ITS työryhmiin, mutta heidän mielipiteitään ei julkaista määrittely- ja kehitystyön keskenäisyyden vuoksi.

Opinnäytetyön tutkimuksen tuloksena tunnistetut viranomaisten roolit ja tehtävänjako järjestelmän käyttäjinä ovat kirjoittajan ehdotuksia ja oletuksia, joita käsitellään luvussa 6. Lukijalle opinnäytetyö tarjoaa helpon mahdollisuuden tutustua älykkäiden liikennejärjestelmien kehitykseen viitteineen.

2 ÄLYKÄS LIIKENNE

2.1 Nykytilanne

Tieliikenteessä olevien kulkuneuvojen kuljettajaa tukevia järjestelmiä on kehitetty niin kauan kuin autoteollisuutta on ollut olemassa. Automatiikan määrä kasvaa ja teknologian kehittymisen myötä yhä monimutkaisemmilla järjestelmillä varustettuja kulkuneuvoja tulee liikenteeseen.

Nykyisissä kulkuneuvoissa oleva anturiteknologia avustaa kuljettajaa havaitsemaan liikenteen riskitekijöitä ennen kuin vaaratilanne pääsee syntymään. Tällaisista teknologioista kuolleen kulman tunnistin, hätäjarrujärjestelmä ja kuljettajan vireyttä valvovat järjestelmät ovat käytössä jo monen valmistajan autoissa. Lisäksi nopeuden mukaan mukautuvilla vakionopeussäätimillä, kaistavahtijärjestelmillä ja erilaisilla tutkajärjestelmillä varustettuja kulkuneuvoja on markkinoilla useimmilla valmistajilla.

Anturiteknologioista Boschin valmistama MRR-anturi (Mid-Range Radar) mahdollistaa mukautuvan vakionopeussäätimen, jossa järjestelmä säilyttää automaattisesti sekä kuljettajan valitseman nopeuden että ohjelmoidun turvavälin edellä kulkevaan ajoneuvoon. Tämän anturin yhdistäminen peräänajosta varoittavaan järjestelmään voi vähentää voimakkaita jarrutuksia arviolta 67 prosentilla moottoriteillä ja puskurissa kiinni ajamista jopa 73 prosentilla.

Liikennemerkkien tunnistamiseen liittyvä teknologia on myös kehitetty parantamaan liikenneturvallisuutta. Monitoimikamerat tunnistavat liikennemerkkit vertailemalla niitä ajoneuvon tietokantaan tallennettuihin liikennemerkkeihin ja ne pystyvät varoittamaan kuljettajaa mittariston tai navigaattorin näytössä. Yleisimmät liikennemerkkit, joita järjestelmät tunnistavat ovat nopeusrajoitus-, ohituskielto- ja liikennemerkkin vaikutusalueen päätymisen taulut. Kameroiden rinnalle on tullut ulkoisia häiriöitä paremmin suodattava LIDAR-tutkateknologia, joka laservalon avulla mittaa kohteen määreet tarkemmin ja nopeammin kuin perinteinen kamerateknologia. LIDAR-tutkan toimintaperiaate on kohteen etäisyyden mittaaminen laserpulssin avulla. LIDAR-tutka muodostaa kuvan kohteesta mittaamalla valopulssin lähteyksen ja paluun välisen ajan erotuksen.

2.2 Liikenteen tulevaisuus

Ilman ulkoista tiedonsiirtoa kulkuneuvo ”näkee” noin 100 metrin päähän, mikä tarkoittaa sadan kilometrin tuntinopeudella noin 3 sekunnin aikaa. Aikaikkuna reagoida mahdollisiin liikenteen vaaratilanteisiin on suhteellisen lyhyt. Tämän takia ulkoisen tiedonsiirron kautta saatu lisäinformaatio liikenneympäristöstä on tärkeää, jotta kulkuneuvo pystyy operoimaan maantienopeuksilla ja katveisessa ympäristössä turvallisesti.

Verkottuneen kulkuneuvon sovelluksia ovat kuljettajaa avustavat sovellukset ja järjestelmät, turvallisuussovellukset, viihdejärjestelmät ja kulkuneuvon hallintasovellukset, joilla valvotaan esimerkiksi kulkuneuvon teknistä toimivuutta. Kulkuneuvoja varten tehtyjen sovellusten määrä kasvaa ja arvion mukaan tällä hetkellä sovelluksissa olevien koodirivien määrä on noin 100 miljoonaa.

Älyliikenteeseen on kehitetty erilaisia pilotti- ja testisovelluksia, joita voidaan käyttää erilaisissa liikenneympäristöissä sekä ajoneuvoluokissa ja -tyypeissä. GovTech (2015), Lumiaho ja Malin (2016, 21-27) ovat listanneet teknologialäpimurrot, jotka edesauttavat verkottuneiden ja autonomisten autojen markkinoille tuloa. Lista on tehty GovTech, 10 Milestones for Driverless Cars artikkelin mukaan (liite 2).

Liikenteen automaation ennustetaan kasvavan nopeasti, sillä Mercedes Benz, Nissan ja General Motors ovat tuomassa markkinoille automaattiseen ajamiseen kykenevän ajoneuvon jo vuonna 2020. Ennusteissa on arvioitu, että 70 % liikenteessä olevista autoista on täysin automaattisia vuoteen 2030 mennessä. Liikenneturvallisuuden kannalta on olennaista turvallisuuden parantuminen ja onnettomuuksien ennaltaehkäiseminen. Arvion mukaan jo 10 % automaattisten autojen käyttöasteella on vaikutusta liikenneturvallisuuden parantumiseen. (Innamaa 2014.)

2.3 Verkottuneet kulkuneuvot

Kulkuneuvojen verkottuminen mahdollistaa kulkuneuvon ”näkökyvyn” laajentamisen 100 metristä jopa 1000 metriin. ”Näkökyvyn” laajentamisen arvioidaan alentavan vakaviin vammautumisiin johtavien kolareiden määrää huomattavasti. Lisäksi liikenteessä liikkuvien, perinteisesti ihmisten ohjaamien autojen ja autonomisten autojen yhteispeli

vaatii kulkuneuvojen välisen kommunikointiteknologian olemassaoloa. Liikenteessä ihmillisen virheen aiheuttaja on todennäköisesti ihminen, ei autonominen auto. Tässä autonomisella kulkuneuvolla tarkoitetaan ”robottiautoa”, joka kykenee itsenäiseen päätöksentekoon ja ajamiseen muun liikenteen joukossa ilman kuljettajaa.

Ulkoisella kommunikaatiovalmiudella varustetut kulkuneuvot voivat ennakoida alla olevan kuvan (kuvio 1) mukaisia liikenteen riskitilanteita ”näkökykynsä” ansiosta.

Scenario and warning type	Scenario example
<p>Rear end collision scenarios</p> <p>Forward collision warning Approaching a vehicle that is decelerating or stopped.</p> <p>Emergency electronic brake light warning Approaching a vehicle stopped in roadway but not visible due to obstructions.</p>	<p>The diagram illustrates two rear-end collision scenarios. In the first, a car is approaching a car that is decelerating or stopped, with a yellow warning triangle above the leading car. In the second, a car is approaching a stopped truck that is obscured by a large white obstruction, with a yellow warning triangle above the truck.</p>
<p>Lane change scenarios</p> <p>Blind spot warning Beginning lane departure that could encroach on the travel lane of another vehicle traveling in the same direction; can detect vehicles not yet in blind spot.</p> <p>Do not pass warning Encroaching onto the travel lane of another vehicle traveling in opposite direction; can detect moving vehicles not yet in blind spot.</p>	<p>The diagram illustrates two lane change scenarios. In the first, a car is beginning to change lanes into the blind spot of another car traveling in the same direction, with a yellow warning triangle above the car in the blind spot. In the second, a car is encroaching onto the travel lane of a bus traveling in the opposite direction, with a yellow warning triangle above the bus.</p>
<p>Intersection scenario</p> <p>Blind intersection warning Encroaching onto the travel lane of another vehicle with whom driver is crossing paths at a blind intersection or an intersection without a traffic signal.</p>	<p>The diagram illustrates a blind intersection warning scenario where a car is encroaching onto the travel lane of another car at a blind intersection without a traffic signal, with a yellow warning triangle above the car in the blind spot.</p>

Source: GAO analysis of Crash Avoidance Metrics Partnership information.

Kuvio 1. Kolari skenaariot (NHTSA 2014)

Kuvassa olevat kolariskenaariot ovat yleisimpiä liikennetilanteita, joita Suomenkin olosuhteissa tapahtuu melko usein. Kaupunki- ja valtatieliikenteen peräänajotilanteet liian pienen turvavälin, kuljettajan huomiokyvyn herpaantumisen tai keliolosuhteen takia ovat yleisimpiä. Kaistanvaihto- ja ohituskolarit ovat seuraavaksi yleisimmät. Risteysajossa varomattomuus, liikenteen vaarantaminen, on yleisin syy kolariin johtaneissa turmissa. Kulkuneuvot, jotka on varustettu kommunikointiin pystyvällä teknologialla, voivat välttää yllä olevat kolaritilanteet kokonaan varoittamalla kuljettajaa tai suorittamalla automaattijarrutuksen, jos kulkuneuvo on varustettu automaattijarrutusominaisuudella. Tätä verkottuneiden kulkuneuvojen kehitystyötä kutsutaan nimellä *ITS, Intelligent Transportation System/verkottuneet kulkuneuvot/kommunikointi ad-hoc -verkossa*.

3 VIRANOMAISTOIMENPITEET KEHITYSTYÖN EDISTÄMISEKSI

3.1 EU:n ITS-direktiivi ja EU-komission toimenpiteitä

EU direktiivi 2010/40/EU hyväksyttiin 7. heinäkuuta 2010. Tällä päätöksellä aloitettiin ITS-järjestelmän viitekehysten rakentaminen tavoitteenaan innovatiivisten liikenneteknologioiden jalkautumisen edesauttaminen Euroopassa. Direktiivin tarkoituksena on helpottaa ITS-toteutustyötä koordinoitusti. Direktiivillä on tavoitteena tarjota yhteensopivat ja saumattomat ITS-palvelut, joista EU-jäsenmaat voisivat itsenäisesti päättää minkälaisiin ITS-palveluihin kukin investoi. Direktiivin tavoitteena on taata, että ITS-määrittely ja laitevalmistuksen standardi valmistuvat ja, että ne ovat yhteensopivia eurooppalaisissa maissa. Ohjaustyön kohteet ovat liikenne- ja matkustusinformaation, eCall-ajoneuvojen hätä-hälytysjärjestelmän, rekka-autojen älykkään parkkeerausjärjestelmän ja ITS-laitteiden hallinnassa tarvittavan taustajärjestelmän rajapinnan kehittämisessä. Euroopassa älykkäiden kulkuneuvojen välisen kommunikoinnin kehitystyö nimettiin: Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). (Mobility and transport 2017.)

Amsterdamin julistuksella 2016 Euroopan liikenneministerit vaativat Euroopan komissiota kehittämään koko Eurooppaa koskevan strategian liittyen kulkuneuvojen väliseen kommunikointiin ja autonomisiin kulkuneuvoihin. Samoin valmistajat ilmoittivat, että heidän tarkoituksenaan on aloittaa ITS-ominaisuuksilla varustettujen kulkuneuvojen myynti vuonna 2019 ja siksi koko Eurooppaa koskeva ITS-hankkeiden koordinointi tulisi aloittaa keskitetysti.

Lisäksi EU:n komissio on muodostanut yhdessä eurooppalaisten autoteollisuuden edustajien kanssa työryhmän, jonka tavoitteena on vastata autoteollisuuden tulevaisuuden haasteisiin kilpailukyvyn parantamiseksi globaalissa markkinaympäristössä. Työryhmä lanseerattiin vuonna 2016 nimellä GEAR 2030. Työryhmä keskittyy autoteollisuuden tulevaisuuden haasteiden kartoittamiseen, automaattisten ja toistensa kanssa kommunikoiden ajoneuvojen kehitystyöhön ja eurooppalaisen autoteollisuuden kilpailukyvyn parantamiseen. Yhteistyöllä tavoitellaan eurooppalaisen teollisuuden teknologisen johtoseman parantamista, joka on muuttunut globalisaation myötä. (Commission launches GEAR 2030... 2016.)

3.2 EU-komission C-ITS strategia

EU:n strategian mukaisen C-ITS-koordinoidun käyttöönoton tavoitteena on yhtenäistää EU:n sisäisiä markkinatoimenpiteitä ja tarjota synergiaetuja eri ITS-toimijoiden välille. Strategia keskittyy suunnittelu- ja kehitystyössä tunnistettuihin kriittisiin kohtiin kuten kyberturvallisuus, tietoturvallisuus, yhteensopivuus ja suositellut käytännöt. Alustava tavoiteaikataulu C-ITSin käyttöönotolle on vuosi 2019.

Ensimmäinen vaihe käynnistettiin marraskuussa 2014. Raportissa pyrittiin tunnistamaan kehitystyön esteitä, analysoimaan hyötyjä suhteessa kustannuksiin ja ehdotettiin ratkaisuja C-ITS käyttöönotolle. Raportti C-ITS Platform, final report julkaistiin tammikuussa 2016. (C-ITS Platform... 2016.) Toinen vaihe käynnistettiin heinäkuussa 2016 ja se täydentää C-ITS ensimmäisen vaiheen käyttöönottosuunnitelmaa. Jatkotoimenpiteet on jaettu 9 eri aihealueen alle, joita jatkjalostetaan eri työryhmissä. Kehitystyön painopistealueet ovat: C-ITS tietoturva, vaatimustenmukaisuuden arviointi, datan suojaaminen ja yksityisyys, C-ITS ja kulkuneuvojen automaattisuus, fyysinen ja digitaalinen tiestön infrastruktuuri, kehittynyt liikenteen järjestelmähallinnointi, turvallisuus ja säännöt liikenteessä, kaupunkiliikenteen automatisointi ja yleisön mielipiteet kehityksestä ja markkinoista. Työryhmien loppuraportti valmistuu syyskuu 2017 mennessä. (Work Programme Second... 2016.)

EU:n komissio on tehnyt suositukset ja määritellyt toimenpiteet eri tahoille EU-tasoisien C-ITS-palveluiden käyttöönotolle vuonna 2019. Palveluiden jatkuvuus ja saatavuus loppukäyttäjille koko EU:n alueella on priorisoinnissa saanut suuren painoarvon koordinoitussa käyttöönotossa. Tavoitteena on, että käyttöönotetut palvelut ovat laajasti käytettävissä niin infrastruktuurin kuin ajoneuvojenkin näkökulmasta katsottuna. Ensimmäisessä vaiheessa käyttöönotettujen palveluiden osalta kehitystyöhön ja käyttöönottoon kuuluvien investointien arvioidaan tuottavan takaisin kolminkertaisesti siihen sijoitettu rahamäärä vuosina 2018 – 2030.

Lisäksi EU:n komissio lanseerasi 12.12.2016 C-Roads-ohjelman, jolla pyritään ohjaamaan C-ITS määrittely- ja kehitystyötä. Työn tavoitteena on tehdä valintoja ja hyväksyä eri ITS-järjestelmien suositukset ja ehdotukset, jotta järjestelmiä päästään testaamaan ja pilotoimaan eri maissa ja näin edistämään ITS-järjestelmien yhtenäistä käyttöönottoa. Ohjelman päätavoite on taata palveluiden toimivuus ja saatavuus yli EU:n maarajojen

loppukäyttäjän tarpeita silmällä pitäen. EU, INEA, maaedustajat ja laitetoimittajat ohjaavat ja valvovat C-Roads -ohjelman työryhmien toimintaa. (C-Roads Website 2016.)

3.2.1 C-ITS strategiassa määritetyt palvelut

Palvelujen käyttöönottoa on porrastettu kahteen vaiheeseen, koska määrittelyt ja standardit eivät tule olemaan valmiita vielä 2019. Ensimmäiseen vaiheeseen ehdotetut palvelut on valittu teknologiakypsyyden ja hyödyllisyyden näkökulmasta. Toiseen vaiheeseen jäävät palvelut otetaan käyttöön, kun saavutetaan määrittelyjen riittävä taso ja teknologiakypsyys. Alla on luettelo toteutettavista palveluista. (COM(2016) 766 final 2016.)

Ensimmäisessä vaiheessa toteutetaan liikenteen vaaratilanteisiin liittyviä ilmoituspalveluja ja opastavia sovelluksia. Liikenteen vaaratilanteisiin liittyvistä palveluista mainittakoon mm. ruuhkavaroitukset, tietyö-, sää- ja hätäjarrutusvaroitukset ja lähestyvän hälytysajoneuvon varoitus. Opastaviin sovelluksiin liittyviä palveluita ovat mm. nopeusrajoitusilmoitukset, prioriteettipyyntö valo-ohjattuihin risteyskisiin viranomaisajoneuvoille ja valoristeysten ”vihreä aalto” -opastus. (COM(2016) 766 final 2016.)

Toisessa vaiheessa toteutettavia palveluita ovat mm. ajoneuvojen tankkaus- ja latauspistetietopalvelu, kadunvarsiparkkeerauksen hallinta- ja tietopalvelu, parkkialuetietopalvelu, navigointitietopalvelu kaupunkiympäristöön, liikennetilannetietopalvelu ja älykäsreitityspalvelu. (COM(2016) 766 final 2016.)

Ensimmäisen vaiheen palveluiden toteutuksesta vastaavat EU-jäsenvaltioiden paikalliset viranomaiset, ajoneuvovalmistajat, tiestöistä vastaavat operaattorit ja ITS-laitevalmistajat. EU-komissio tukee I-vaiheen käyttöönottoa ja tarjoaa tukea ja rahoitusta II-vaiheen tutkimus- ja tuotekehitystyöhön. (COM(2016) 766 final 2016.)

3.2.2 Priorisoidut C-ITS kehitystyön painopistealueet

EU-tasoisena kehitystyön tuloksena on tunnistettu seuraavat kehityskohteet, jotka tarvitsevat erityistä huomiota ja yhteistyötä C-ITS-palveluiden määrittelyssä. Kuljetusjärjestelmien digitalisaation myötä järjestelmiltä vaaditaan korkean tason tietoturva, jotta voidaan suojautua järjestelmien hakkerointi- ja kyberhyökkäyksiä vastaan. Tässä päätavoite

on EU-tasoinen, tarvitaan yhtenäinen tietoturvapoliittikka C-ITS-kommunikoinnin ja julkisen tietoinfrastruktuurin käyttöön, joka perustuu julkisen avaimen teknologiaan PKI (Public Key Infrastructure). C-ITS-tietoturva- ja sertifikaattipoliittikka julkaistaan 2017. (COM(2016) 766 final 2016.)

Käyttäjien yksityisyydensuoja ja henkilökohtaisten tietojen suojaaminen ovat edellytys onnistuneelle ITS-käyttönotolle. Loppukäyttäjien täytyy pystyä luottamaan järjestelmään siten, ettei käyttäjien henkilökohtaisia tietoja voida kytkeä ITS-laitteiden lähettämiin liikennetietoihin. Komissio julkaisee yksityisyyden suojaan liittyvän ohjeistuksen vuoden 2018 aikana. (COM(2016) 766 final 2016.)

ITS-laitteissa käytettävä kommunikaatioteknologia ja viestinnässä käytettävät radiotaajuudet ovat myös päätösvaiheessa. Tällä hetkellä on tunnistettu tarve hybridijärjestelmälle, jotta kulkuneuvojen välinen kommunikointi toimisi kaikissa olosuhteissa. Vahvimmin ehdolla on ETSI-standardoinnin (European Telecommunications Standards Institute) ehdotus ITS-G5-järjestelmästä, jossa käytettäisiin WLAN 802.11p, radiotaajuudella 5,9GHz ja alueilla, joissa WLAN-verkkoa ei tueta, käytettäisiin mobiiliverkon palveluita, alustavasti 5G tasoisena palveluna. Näiden osalta EU-tasoiset päätökset tehdään standardien valmistuttua yhteistyössä valmistajien ja päättävien tahojen kanssa. (COM(2016) 766 final 2016.)

ITS-järjestelmien yhteensopivuuden ja toimivuuden takaamiseksi EU on lanseerannut C-Roads -ohjelman, jolla yhteensopivuus- ja toimivuusmäärittelyitä pyritään harmonisoidaan. C-Roads-ohjelman tavoitteena on pilotoinnin ja testaamisen avulla taata yhtäläiset palvelut kaikille loppukäyttäjille EU:n alueella. C-Roads-ohjelmalla pyritään ITS-toimijoiden väliseen tiedonjakoon kehitystyössä ja määrittelyssä. (C-Roads Website 2016.)

EU-tasoinen ohjaus on välttämätön, jotta saavutetaan vuoden 2019 aikataulu ensimmäisen vaiheen palveluiden käyttönotolle ja taataan C-ITS palveluiden jatkuvuus ja jatkokehitys. Teollisuudelle on tärkeää kansainvälisen yhteistyön jatkaminen ja kehittäminen tutkimuksen, tietoturvan ja standardien harmonisoinnin osa-alueilla, minkä tavoitteena on, että EU-alueella tuotekehitystä tekevät toimijat olisivat jakamassa ITS-markkinoita globaalisti. (COM(2016) 766 final 2016.)

3.3 C-ITS väliraportti Suomi, 2014

Liikenne- ja viestintäministeriö on julkaissut Suomen osalta syksyllä 2014 väliraportin, jossa todetaan, että ITS-direktiivi pantiin täytäntöön lailla tieliikennelain (253/2013) muuttamisesta. Sen nojalla voidaan valtioneuvoston asetuksilla antaa tarvittaessa tarkempia säännöksiä komission direktiivin nojalla antamien ensisijaisia aloja koskevien säästösten täytäntöönpanemiseksi. Direktiivin huomioonottaminen kirjattiin tieliikennelakiin pykälään 12.4.2013/253, lukuun 1a tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönotto tieliikenteessä sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapinnoilla (Tieliikennelaki 2013, luku 1a, pykälät 5a ja 5b). Toimeksippanosta päävastuu on määrätty liikennevirastolle, joka on liikenne- ja viestintäviraston alainen valtionvirasto. Vuosina 2011 – 2014 aloitettuja hankkeita ovat mm. tie-, liikenne- ja matkadatan optimaalinen käyttö, liikenteen- ja rahtitoimintojen hallintaan liittyvien ITS-palvelujen jatkuvuus, tieliikenteen turvallisuuteen liittyvät ITS-sovellukset ja ajoneuvojen yhdistäminen liikenneinfrastruktuuriin. (Liikenne- ja Viestintäministeriö 2014.)

Ensimmäinen Suomessa julkaistu älystrategia liikenteelle julkaistiin 25.11.2009, ja sen tavoitteena oli uuden teknologian ja innovatiivisten palveluiden avulla lisätä liikkumisen turvallisuutta ja ympäristöystävällisyyttä sekä tehostaa liikennejärjestelmän toimintaa. Strategiaa päivitettiin 2013 ”Kohti uutta liikennepolitiikkaa – Älyä liikenteeseen ja viisautta liikkujille”, Liikenne- ja viestintäministeriön älystrategiaraportti, jossa olennaisin ITS:ään liittyvä olivat älykkään liikennearkkitehtuuriin toimenpidehankkeet. (Liikenne- ja Viestintäministeriö 2013, 22). Viimeisin liikenne- ja viestintäministeriön strategiaraaportti on julkaistu 2016, jossa tieliikenteeseen liittyviä ohjaavia toimenpiteitä ovat liikenneturvallisuuden ja tietoliikenneinfrastruktuurin liittyvät panostukset tukea liikenteen ja viestinnän palvelumarkkinoiden kehitystä Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusviraston Trafim toimesta. (Liikenne- ja Viestintäministeriö 2016.)

3.4 Liikenneviraston toimenpideohjelma tieliikenteen automatisoinnin edistämiseksi

Liikennevirasto on julkaissut 2016 toimenpideohjelman, jonka tavoitteena oli laatia tieliikenteen automatisoinnin etenemissuunnitelma ja käynnistää hankkeita automaattiajamisen edistämiseksi ja mahdollistamiseksi Suomessa 2016 – 2020. Raportti on ehdotusluonteinen eli ehdotetut toimenpiteet eivät ole työssä mukana olleiden virastojen virallisia näkemyksiä. Lisäksi tavoitteena oli kuvata tieliikenteen automaation etenemisen tilanne useasta näkökulmasta ja tehdä johtopäätökset ja suositukset siitä, miten Suomessa tulisi valmistautua kehitykseen ja minkälaisiin toimenpiteisiin tulisi ryhtyä. (Lumiaho & Malin 2016.)

Suunnitelman tavoite oli tunnistaa ja ajoittaa tärkeimmät julkisen sektorin toimenpiteet, joita tarvitaan autonomisen autoilun edistämiseksi ja mahdollistamiseksi Suomessa vuoteen 2020 mennessä. Etenemissuunnitelmassa toimenpideohdotukset on jaettu neljään kategoriaan, jotka ovat julkisen sektorin hallinnonalan vastuulla. Ylätason kategoriat ovat poliittis-strategiset-, väyläpidon-, liikenteen- ja viestintäinfrastruktuurin toimenpiteitä.

Lumiaho ja Malin (2016, 47-76) listaavat tietoliikenneinfrastruktuuriin liittyviä toimenpideohdotuksia, jotka voidaan johtaa ITS-kehitystyön taustajärjestelmiin liittyviksi. Näitä toimenpideohdotuksia ja joita myös tässä tutkimuksessa käsitellään ovat:

- 1) automaattiajamisessa tarvittavien tukijärjestelmien kehittämistoimenpiteet mm. paikkatietojärjestelmät ja tieverkon varustaminen tarvittavalla laitteistolla
- 2) kulkuneuvoihin tarvittavat järjestelmät ja niissä tarvittavien tietojen ja teknologioiden määrittäminen
- 3) automaattiajamisessa tarvittavien palveluiden määrittäminen
- 4) tietoturvaan ja yksityisyyden suojaan liittyvät kysymykset

Toimenpideohdotuksista langaton tiedonsiirto matkaviestinverkkojen 5G-verkkoteknologian avulla on tärkeässä roolissa liikenteen tiedonvälitykseen automaattiajamiseen osoitettavalla tieverkolla. 5G-standardointi on arvioiden mukaan valmistumassa vuoden 2019 aikana.

Toimenpide-ehdotukset on siirretty liikenteestä vastaavien virastojen työohjelmiin ja joidenkin toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus on jo aloitettu ko. hankkeen aikana. Lisäksi viranomaiset pyrkivät olemaan mukana alansa kansainvälisessä yhteistyössä ja työryhmissä liittyen pääasiassa Euroopan Unionin liikennepolitiikkaan ja säädösten valmisteluun. (Lumiaho & Malin 2016.)

4 AJONEUVOJEN VÄLINEN KOMMUNIKOINTI

4.1 ITS-kehitystyön taustaa

ITS-kehitystyön tavoitteet ovat liikennekuljetusten turvallisuuden, yleisen liikkumisen ja tuottavuuden parantaminen kehittyneiden kommunikointiteknologioiden avulla. ITS-tekniologiassa käytetään hyväksi sekä langattomia että kiinteitä tietoverkkoyhteyksiä laitteiden välisessä kommunikoinnissa. Näitä teknologioita käyttämällä voidaan ehkäistä ruuhkien syntymistä, parantaa liikkumisen turvallisuutta ja alentaa liikennekuljetusten kustannuksia, kun ajoneuvot ja liikennejärjestelmät varustetaan käyttämään tiedonsiirtoon ja kommunikointiin soveltuvaa radioteknologiaa. (NHTSA 2014.)

Älykkäiden liikennejärjestelmien kehitystyö on aloitettu Pohjois-Amerikassa 1990-luvulla, jolloin kehitystyö aloitettiin nimellä IHVS (Intelligent Highway Vehicle Systems). Ajatuksena oli valjastaa ajoneuvot käyttämään sopivaa tietotekniikkaa, kun laitteiden teknologinen kypsyys on riittävällä tasolla koskien prosessorien laskentatehoa, kulkuneuvoissa tarvittavia sensoreita, tiedonsiirtoteknologioita ja kehittyneitä matemaattisia algoritmeja. Ennen varsinaista V2X-kommunikointikehitystä erinäisiä hankkeita oli useita, mutta vaadittavan teknologian kypsyys ei ollut vielä riittävällä tasolla, jotta ajoneuvojen välillä olisi voitu kommunikoida reaaliaikaisesti. (NHTSA 2014.)

Department of Transportation (DOT) aloitti ensimmäiset tutkimushankkeet ajoneuvojen välisen kommunikoinnin (V2V, Vehicle-To-Vehicle) kehittämistä vuonna 2003. Ajatuksena oli kehittää ajoneuvojen välinen kommunikointi tasolle, jolla pystyttäisiin tunnistamaan mahdolliset kolaritilanteet ja ilmoittamaan kuljettajalle liikenteen riskitilanteista. Vuonna 2006 oltiin päädytty ratkaisuun, jossa kommunikointi tapahtuisi Wi-Fi-pohjaisesti, DSRC (Dedicated Short-Range Communication) langatonta kommunikointiprotokollaa hyväksi käyttäen. Tässä ratkaisussa ajoneuvon sensorit havainnoisivat ympäristönsä 360-astetta ja näin ollen tunnistaisivat mahdolliset riskitilanteet välttääkseen liikennekolarin. DSRC:n avulla ajoneuvot viestisivät keskenään kulkusuunnastaan ja etäisyydestään suhteessa toisiin kulkuneuvoihin.

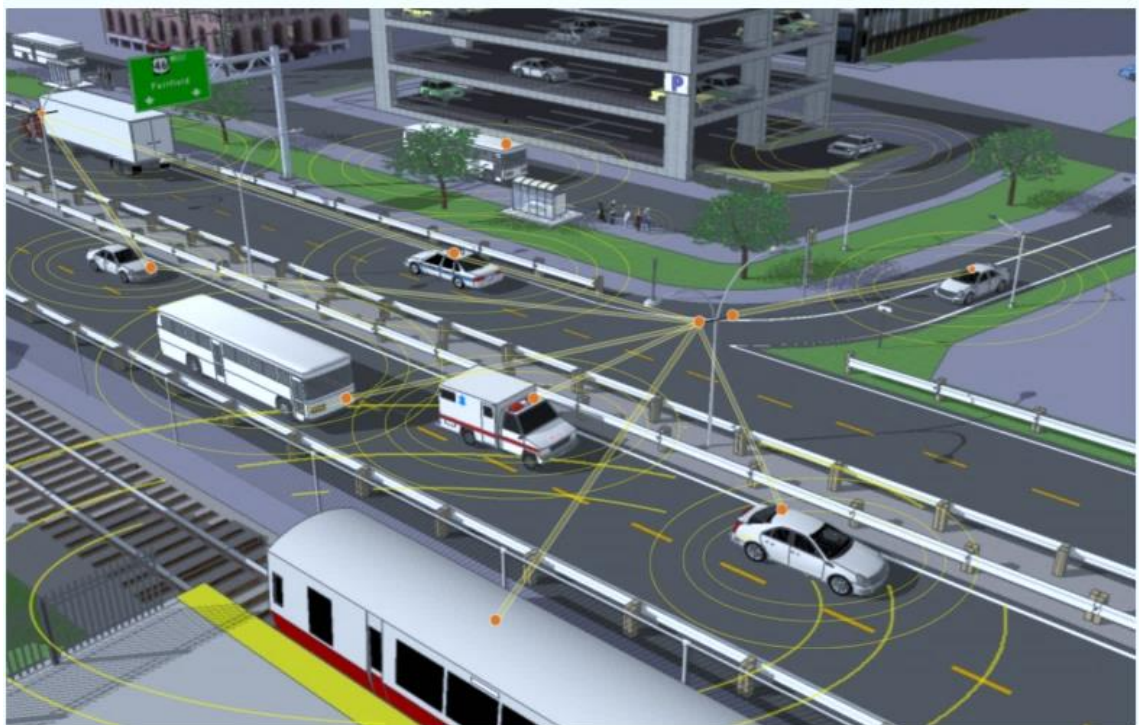
Vuoden 2006 konseptoinnin testaamisessa, jossa pääpaino oli tienvarsiyksiköiden (Roadside Equipment, RSE) ja ajoneuvoissa olevien ITS-yksiköiden kommunikointi DSRC-langattomalla yhteydellä, todettiin, että järjestelmä on mahdollinen ja toteutettavissa. Testistä saatuja havaintoja pohjalta jatkossa tulisi kiinnittää huomiota seuraaviin kehitettäviin kohtiin:

- 1) antennien sijoittelu niin tienvarsiyksiköissä (RSE) kuin ajoneuvoissa
- 2) GPS-paikannuksen tarkkuus
- 3) tietoturva langattomassa tiedonsiirrossa ja taustajärjestelmien tietoturva

Lisäksi todettiin, että mobiiliverkon käyttö kulkuneuvojen ja taustajärjestelmän välisessä kommunikoinnissa on lisättävä järjestelmän vaatimuksiin. (NHTSA 2014.)

4.2 ETSI ITS-laitteen standardi

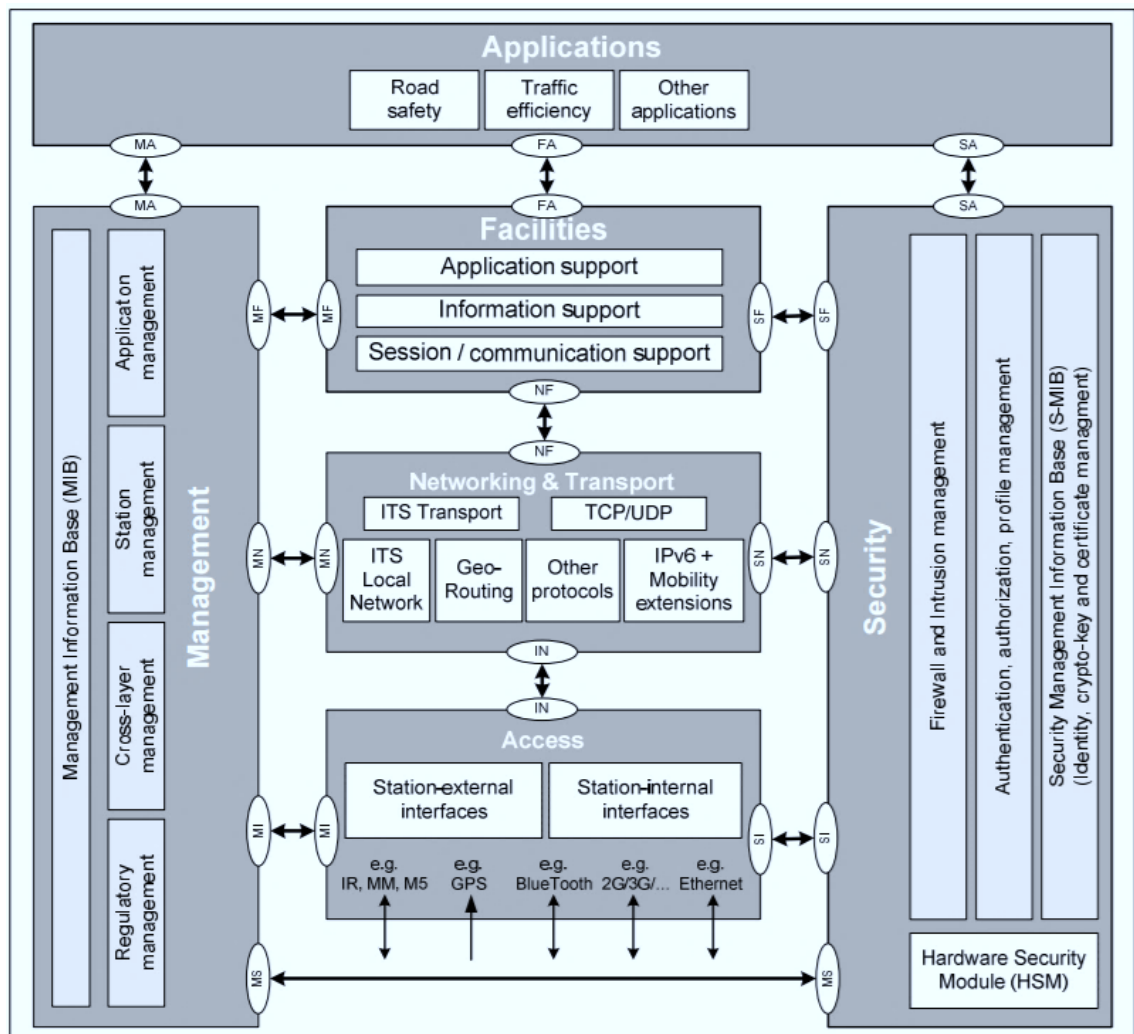
Euroopassa ETSI-standardisointiorganisaatio perusti teknisen komitean (TC, Technical Committee) ITS-kehitystyötä varten vuonna 2007. Tavoitteena oli tuottaa ITS-laitteen standardi ja määrittely informaatio- ja kommunikointiteknologiaa varten. Pääosin standardisoinnin aktiviteetit painottuvat langattoman viestinnän kehittämiseen V2X- (V2V, V2I) kommunikoinnissa (kuvio 2).



Kuvio 2. V2X-kommunikoinnin hahmotuskuva (NHTSA 2014)

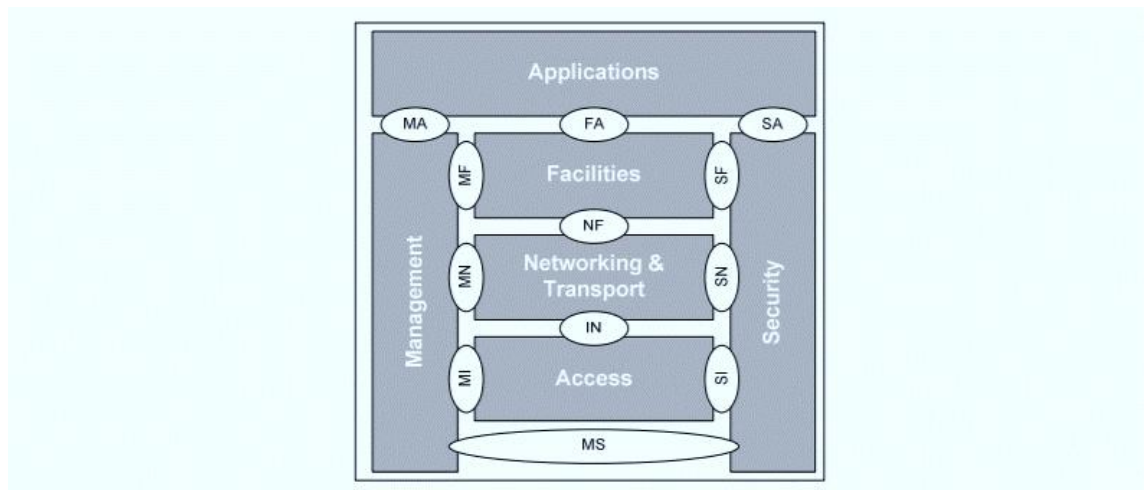
4.3 ITS-laitteen viitearkkitehtuuri

ITS-laitteen viitearkkitehtuurissa (ETSI EN 302 665 -standardi) kuvataan toiminnallisuudet, jotka ovat osa ITS-laitteen alijärjestelmää. Arkkitehtuuri mukailee OSI-mallin (Open Systems Interconnection model) periaatteita (ETSI TS 102 723-1 -standardi), jossa on kerroksittainen kommunikointiprotokolla, johon on lisätty ITS-toiminnollisuuksia toteutettavat osuudet (kuvio 3).



Kuvio 3. Esimerkki mahdollisista elementeistä ITS-laitteen viitearkkitehtuurissa (ETSI EN 302 665 -standardi)

ITS-laitteen viitearkkitehtuuri, jolla ITS-kommunikointia pystytään tekemään, on kaikissa alijärjestelmissä samanlainen. Kuviossa 4 on ITS-laitteen viitearkkitehtuuri.

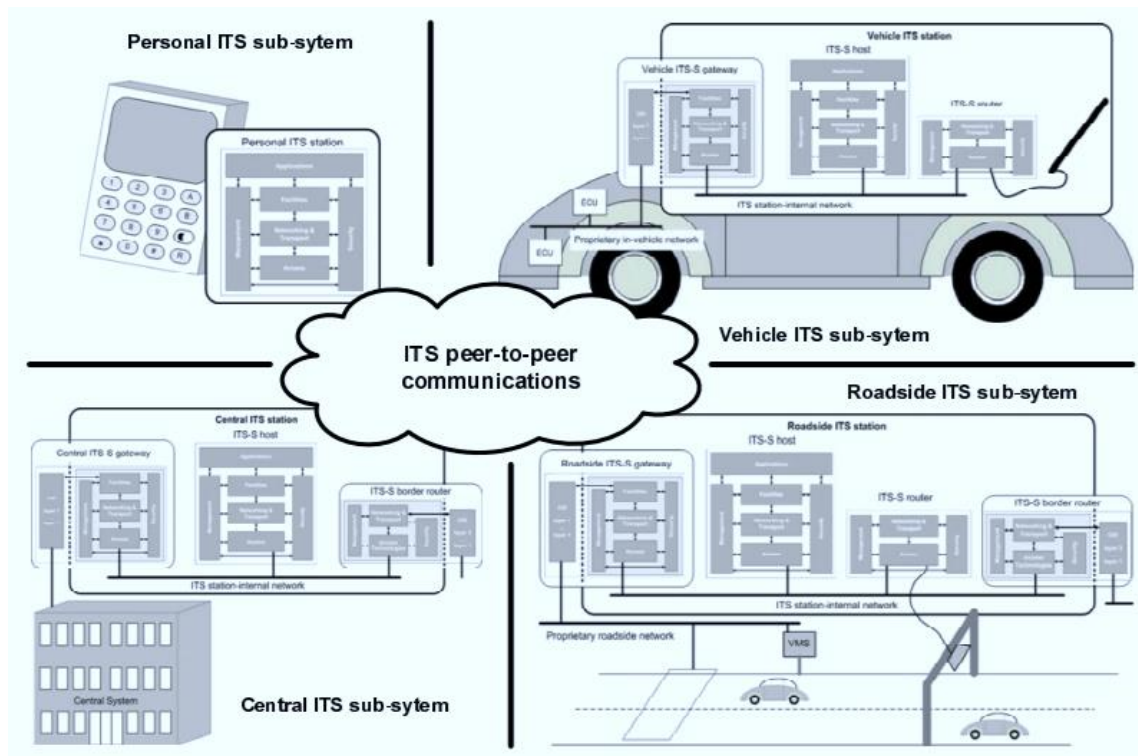


Kuvio 4. ITS-laitteen viitearkkitehtuuri, ITS-S (ETSI EN 302 665 -standardi)

Access vastaa ITSC:n OSI-kerroksia 1 ja 2. Networking & Transport vastaa ITSC:n OSI-kerroksia 3 ja 4. Facilities vastaa ITSC:n OSI-kerroksia 5, 6 ja 7. Applications-taso mahdollistaa eri ITS-laitteiden palveluiden välittämisen toisille ITS-laitteille. Management-taso vastaa kommunikoinnin hallinnasta ITS-laitteessa. Security-taso tarjoaa tietoturva-palveluja OSI-kommunikaatioprotokollalle. Security-taso voidaan katsoa myös kuuluvaksi hallinto-osioon.

ITS-alijärjestelmään (kuvio 5) kuuluvat osat ovat:

- henkilökohtainen ITS-alijärjestelmä, mobiililaite (Personal ITS sub-system)
- keskusjärjestelmä, ITS taustajärjestelmä (Central ITS sub-system)
- ajoneuvon ITS-alijärjestelmä, henkilöauto, kuorma-auto, paikallaan oleva tai liikkuva (Vehicle ITS sub-system)
- tienvarsijärjestelmä (Roadside ITS sub-system)



Kuvio 5. ITS-alijärjestelmät (ETSI EN 302 665 -standardi)

Kulkuneuvoihin liitettävät ITS-laitteet tarvitsevat minimissään kaksi DSRC-radioantennia sanomien lähetykseen ja vastaanottoon, GPS-antennin ja prosessointikykyä laskeakseen sijaintinsa ja liikkumisen suunnan. Välitettävän tiedon laadun parantamiseksi kulkuneuvot varustetaan joukolla erilaisia antureita ja tutkia, joiden keräämää tietoa voidaan välittää muihin kulkuneuvoihin tai tienvarsiyksiköihin.

4.4 V2X-kommunikoinnin radioteknologia

V2X-tekniikan kypsyyttä ja standardin valmiutta arvioitiin DOT-organisaation ”Safety Pilot Program”, Michigan pilotissa vuonna 2012 (NHTSA 2014). Saatujen tulosten pohjalta ITS-järjestelmän toimivuutta ja realistisuutta pystyttiin arvioimaan, kuinka mahdollinen järjestelmä on ja onko radioteknologia riittävällä tasolla toimiakseen. Pilotin testauksen pääpaino oli radioteknologiassa, laitteissa, jotka pystyivät lähettämään ja vastaanottamaan DSRC:n avulla määriteltyjä sanomia kulkuneuvosta toiseen tai tienvarsiyksikköön.

Radioteknologia, joka näissä laitteissa on, perustuu IEEE 802.11p -standardiin (IEEE 802.11p -standardi), joka on nimetty DSRC, taajuudella 5.9 GHz. Standardi 802.11p on

päivitetty versioksi 802.11-2012 -standardiksi, joka sisältää kaikki vuosina 2007 – 2011 tehdyt lisäykset 802.11p:hen. Euroopassa standardi on ETSI-organisaation määrittelemä ITS-G5 (ETSI EN 302 663 -standardi), joka pohjautuu IEEE 802.11p -standardiin. ITS-G5 -standardi määrittelee V2V-kommunikointiprotokollan ja radiotaajuudet käytettäväksi Euroopassa, mikä sisältää myös hajautetun sanomienruuhkautumisen kontrollin (DCC) (ETSI TS 102 687 -standardi) verkon epävakaan toiminnan välttämiseksi. Radiolaitteiden taajuudeksi on varattu 5.850 – 5.925 GHz ja laitteen maksimikantama on 1000 metriä. Datan välityskyky tulee olemaan 6 – 27 Mbps.

ITS-kommunikointiin varattua 5.9 GHz taajuusaluetta (taulukko 1) on pilkottu pienempiin osiin eri käyttötarkoitusta varten:

Taulukko 1. ITS-G5-sovellukset ja -taajuudet

Sovellukset	Taajuudet
ITS-G5A – ITS-turvallisuus sovellukset	5 875 - 5 905 MHz
ITS-G5B - ITS ei-turvallisuuteen liittyvät sovellukset	5 855 - 5 875 MHz
ITS-G5C - RLAN (BRAN, WLAN)	5 470 - 5 725 MHz
ITS-G5D - Varaus tulevaisuuden ITS-sovelluksille	5 905 - 5 925 MHz

4.5 V2X-kommunikoinnissa käytettävät sanomat

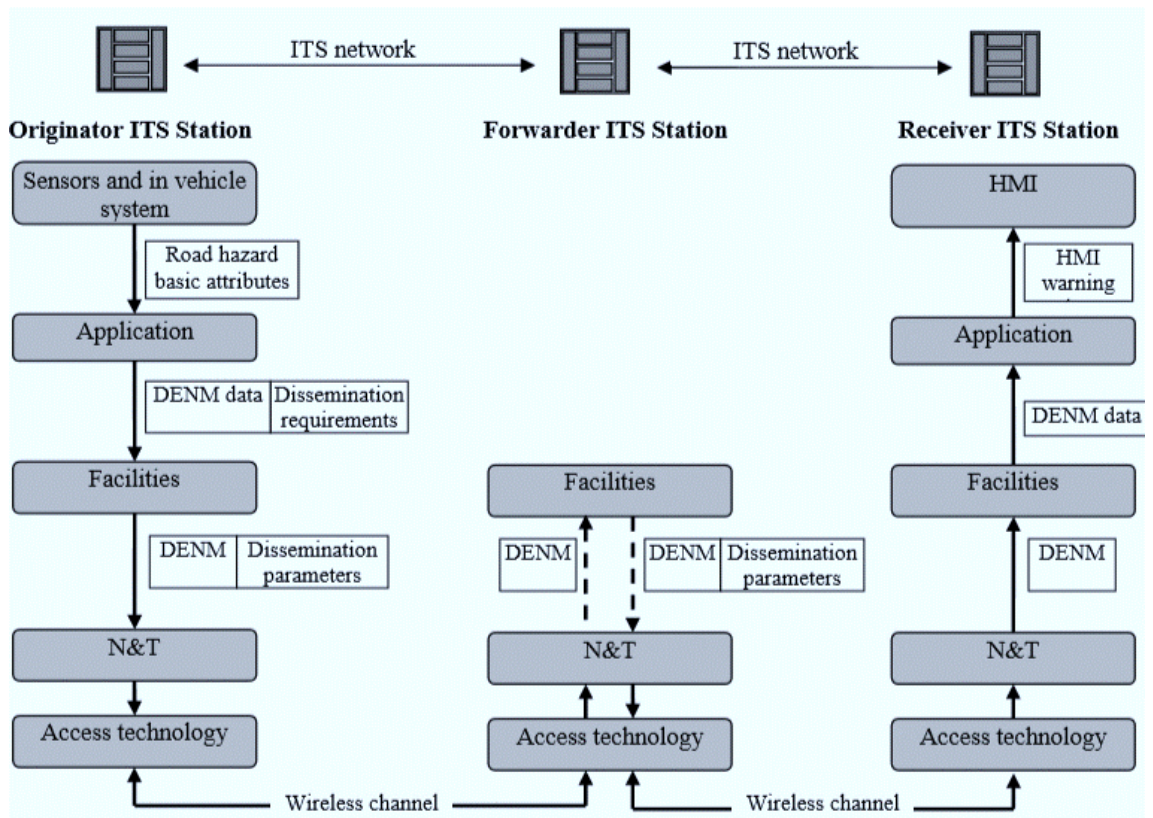
ITS-laitteille määritetyt sanomat, joita välitetään kulkuneuvosta toiseen tai kulkuneuvosta tienvarsiyksikköön ja päinvastoin ovat määritetty SAE (Society of Automotive Engineers) J2735 -standardissa. Standardi määrittelee 15 sanomasettiä, joista DSRC:n käyttöä ajatellen BSM (Basic Safety Message) sanomamäärittelyt ovat tärkeimmät. Euroopassa ITS-järjestelmän BSM-sanomat ja niiden käytön on määritellyt ETSI-standardointiorganisaatio. Sanomamäärittely kuvaa sanoman syntaksin ja semantiikan lisäksi sanoman käytön eri tilanteissa.

CAM (Cooperative Awareness Message) (ETSI TS 102 637-2 -standardi)

Sanomaa välitetään ITS-laitteesta toiseen, joka on radion kantaman päässä ja on varustettu lähettämään ja/tai ottamaan vastaan ITS-sanomia ja on V2X-verkon alueella. Sanoman saatuaan vastaanottava kulkuneuvoon kytketty ITS-laite on tietoinen lähettävän ITS-laitteen olemassaolosta lähialueella samoin kuin sen tarkasta sijainnista, liikkumisen suunnasta, muista sanomaan määritellyistä perusattribuuteista ja sensoreista saaduista tiedoista. Vastaanottava laite päättelee sanoman tärkeyden ja merkityksen ja voi reagoida siihen sovitulla tavalla. CAM-sanomaa käytetään esimerkiksi hälytysajoneuvon lähestymisen tai hitaan ajoneuvon läheisyydestä tiedottamiseen. ITS-laite lähettää sanomaa ympäristöönsä 0,1 – 1 sekunnin aikavälein (kuvio 6).

DENM (Decentralized Environmental Notification Message) (ETSI TS 102 637-3 -standardi)

Sanoma on määritetty pääosin RHW (Road Hazard Warning) sovelluksen käyttöön. Sanoma lähetetään heti, kun havaitaan jokin normaalista poikkeava liikennetilanne tai liikenneolosuhde. Lähetyslaajuus on aina tapahtumapaikan ympäristö ja sanomaa lähetetään niin kauan kunnes poikkeava tilanne on päättynyt tai sovittu aikaraja sanoman läheyykselle saavutetaan. Vastaanottava laite informoi kuljettajaa tilanteesta ja voi esimerkiksi tehdä uuden reittiehdotuksen kiertääkseen poikkeavan liikennetilanteen (kuvio 6).



Kuvio 6. Sanomanvälitys ITS-laitteesta toiseen (ETSI TS 102 637-3 -standardi)

ETSI TS 102 637-1 -standardissa esitellään V2X-kommunikoinnissa tarvittavat perussovellukset (BSA) ja niiden käyttötarkoitukset toiminnollisine vaatimuksineen.

4.6 ITS-laitteen sanomien oikeellisuus

ITS-järjestelmän käytettävyydessä luottamus laitteiden lähettämiin sanomiin on tärkeässä asemassa. V2V-kommunikoinnin turvallisuussovellukset ovat toistensa kanssa yhteistyössä toimivia tarkoittaen, että kulkuneuvon vastaanottamien ja lähettämien sanomien käsittely ja reagointi ovat reaaliaikaisia ja niihin täytyy pystyä luottamaan.

Vastaanotetun sanoman eheyden ja uskottavuuden tarkistaminen voidaan tehdä sanoman sisällön ja lähetettävän laitteen oikeellisuuden tarkistamisella. Järjestelmässä toimivat laitteet valtuutetaan toimimaan V2X-verkossa asennetun sertifiikaatin avulla. Vastaanotetun sanoman sertifiikaatin oikeellisuutta voidaan tutkia seuraavilla tavoilla. Sertifiikaatin oletetaan olevan oikea, jos aikaleima on sertifiikaatin voimassaolon aikaleiman mukainen, toiminta-alue on sertifiikaatissa määritetty, sanomatyyppi sallittu, sanoma on ”sähköisesti allekirjoitettu” ja allekirjoitus vastaa sertifiikaatissa määrättyä tyyppiä. (ETSI TS 103 097

-standardi). Lisäksi C2C-CC (2013) on lisännyt sertifikaatin oikeellisuustarkistusvaatimuksiin parannuksia liittyen sanomien otsikkotiedoissa olevien tunnisteiden linkittämisestä laitteen sertifikaattiin.

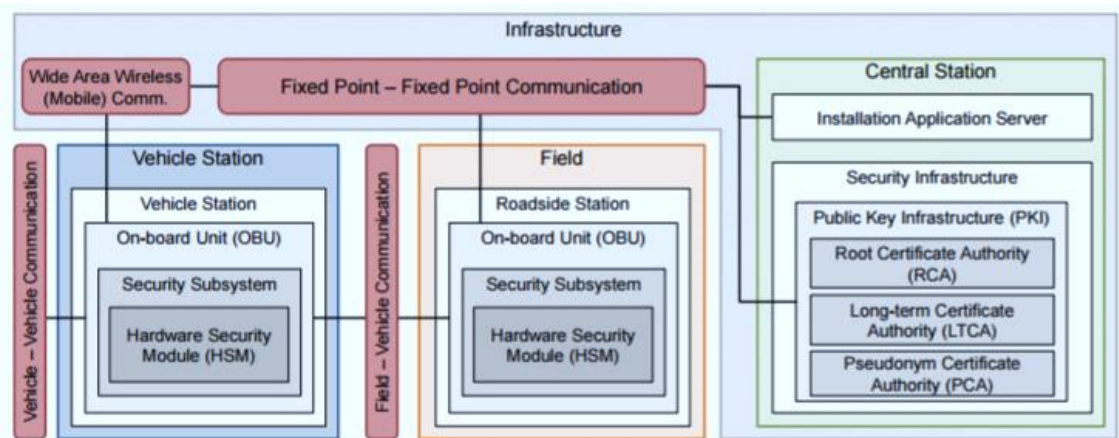
Sanoman sisällön eheydentarkistukseen on määritetty sanomakenttien arvojen arvoaluetarkistus ja kenttien eheystarkistus peilaten määrityksiä (PRESERVE 2014). Lisäksi vertaillaan sijaintitiedon paikkansapitävyyttä vertaamalla sanoman aikaleimaa, suuntaa ja nopeutta samalta laitteelta saapuneeseen edelliseen sanomaan. Lähettäjän oikeellisuutta tutkitaan tarkastamalla lähettävän laitteen etäisyys ja lähetysviive vertailemalla sanomien aikaleimoja. (ETSI TS 102 637-2 -standardi.)

5 KESKUSJÄRJESTELMÄ JA VERKKOARKKITEHTUURI

5.1 V2X-kommunikaation verkkoarkkitehtuuri

V2X-kommunikaation osallistajat ovat tienvarsiyksiköt ja kulkuneuvoissa olevat ITS-laitteet. Tienvarsiyksiköt tarjoavat yhteyspalvelun kulkuneuvoille taustajärjestelmäpalveluihin ja välittävät sanomia yli yhden kulkuneuvon radion kantaman (Multi-hop). Lisäksi taustajärjestelmän palveluihin tarjotaan rajapintaa mobiiliverkon (4G, LTE (Long Term Evolution), 5G) kautta, vaikka on oletettavaa, että kaikkia kulkuneuvoja ei tulla varustamaan mobiiliverkon käyttövalmiudella.

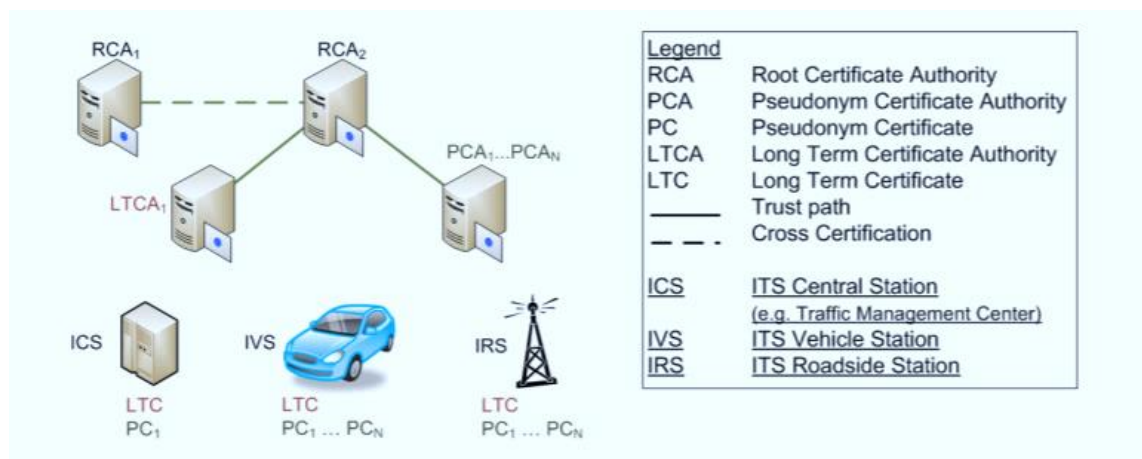
V2X-verkon toiminnalliset osat ovat ITS-laite, tienvarsiyksikkö ja keskusjärjestelmä. ITS-laitteen osat ovat OBU (On-Board Unit), jossa V2X-sovelluksia ajetaan ja radiolaitte, joka hoitaa langatonta kommunikointia- ja yhteydenpitoa V2X-verkon suuntaan. Laitteen olennainen osa on tietoturveysyksikkö, jolla suojataan laitteen sisäistä tietoturvaa ja verkko-yhteyttä laitteen ulkoisiin palveluihin. Tienvarsiyksikön arkkitehtuuri on samanlainen kuin kulkuneuvossa olevan ITS-laitteen ja se sisältää samanlaiset toiminnalliset komponentit. Tienvarsiyksikkö tarjoaa ITS-laitteelle liittymän kiinteään verkkoon ja keskusjärjestelmäpalveluihin. Keskusjärjestelmä tarjoaa taustajärjestelmän palvelut, joista ITS-laitteiden sovellusten asennuspalvelu ja järjestelmän tietoturvaparametrienhallinta ovat tärkeimmät. Lisäksi keskusjärjestelmän tehtävänä on ITS-laitteen tilauksen hallinta, jolla tarkoitetaan laitteen sertifikaatin hallintaa, valtuutusta toimia V2X-verkossa (kuvio 7).



Kuvio 7. V2X-verkon arkkitehtuurikuva (PRESERVE 2014).

Keskusjärjestelmän sovellusten asennuspalvelu tarjoaa tarkistettujen ja turvallisten sovellusten asennuksen niin tienvarsiyksiköille kuin kulkuneuvoissa oleville ITS-laitteille. ITS-laitteiden sovellukset päivitetään joko langattomalla yhteydellä tienvarsiyksikön kautta tai mobiiliverkon yhteyttä käyttäen, jos kulkuneuvon asennetussa ITS-laitteessa tällainen mahdollisuus on.

Keskusjärjestelmän tietoturvanhallinta tarjoaa tietoturvaparametrien hallintapalvelun ITS-laitteille. Järjestelmän suojaamiseksi PRESERVE ja C2C-CC esittelevät PKI (Public Key Infrastructure) käyttämistä ulkoisia uhkia vastaan, joka on yhteensopiva ETSI PKI-arkkitehtuurin (ETSI TS 103 097 -standardi) kanssa. PKI käytöllä on tavoite suojata sertifikaattien käsittelemiseen tehdyt valvontasovellukset ja ITS-laitteiden välittämät sanomat. Valvontasovellukset ovat Root CA (RCA), Long-term CA (LTCA) ja Pseudonym CA (PCA). CA:t (Certificate Authority) ovat sovelluksia, jotka käsittelevät ITS-laitteelle asennettavaa sertifikaattia (kuvio 8).

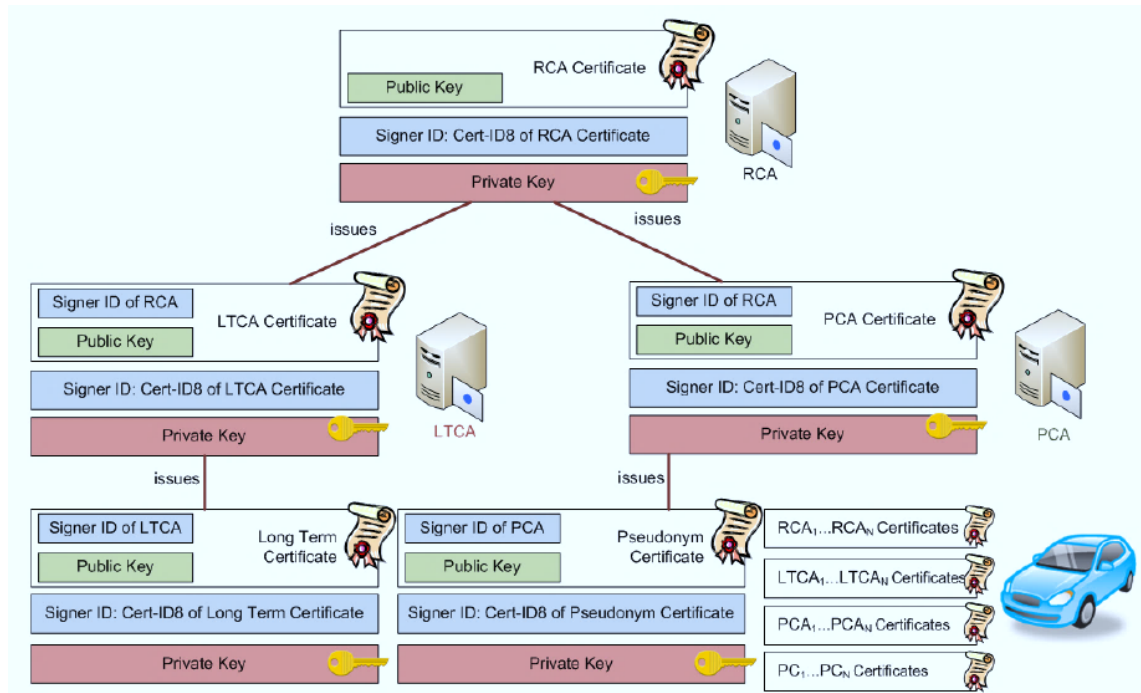


Kuvio 8. PKI moduulit (PRESERVE 2014)

5.2 Sertifikaatti ja sen käsittely

Kulkuneuvon rekisteröintiprosessissa laitteen VSS:llä (Vehicle Security Subsystem) on LTC:t (Long-Term Certificate), joka on saatu LTCA:lta (Long-Term Certificate Authority). Kulkuneuvojen ITS laitteiden sertifikaattikäsittelystä ja -pyynnöistä vastaa PCA. LTC:n yksityistä avainta käytetään sanoman allekirjoituksessa, kun pseudonyymejä sertifikaatteja (PC) julkisine avaimineen pyydetään PCA:lta. PCA tarkistaa LTC:n oikeisuuden, jonka jälkeen PCA luo uudet pseudonyymit sertifikaatit käyttäen omaa yksityistä

avainta ja julkista avainta. Tämän jälkeen sertifikaatit lähetetään ITS-laitteelle. LTC:n oikeellisuustarkistus tehdään aina LTCA:lla, jolla pyritään estämään pseudonyymien ja pitkäaikaisten sertifikaattien jäljitettävyys ja yhdistettävyys eli taataan ITS-laitteen anonymiteetti. Saadulla pseudonyymillä sertifikaatilla ITS-laite voi allekirjoittaa tai salata ITS-G5 -sanomia toimiakseen V2X-verkossa. Pitkäaikaisten sertifikaattien (LTC) käyttö sanomien käsittelyssä on kielletty ITS-laitteen yksityisyyden takaamiseksi (kuvio 9).



Kuvio 9. PKI-rakenne ja sertifikaattien sisällöt (PRESERVE 2014)

Pseudonyymillä sertifikaatilla pyritään suojaamaan lähetävän laitteen oikea identiteetti. Järjestelmän vaatimuksena on, ettei laitetta pystytä jäljittämään sen lähettämien sanomien perusteella, näin turvataan käyttäjälle täysi anonymiteetti. Tämän vuoksi laitteeseen asennettu pseudonyymisertifikaatti on voimassa vain etukäteen määritetyn ajan. Sertifikaatin vaihtuminen jaksoittain tai satunnaisesti ei ole kovinkaan tehokas keino, joten määrittelyvaihe on vielä tämän osalta keskeneräinen (PRESERVE 2014, 33.)

5.3 Julkisen avaimen infrastruktuuri (PKI)

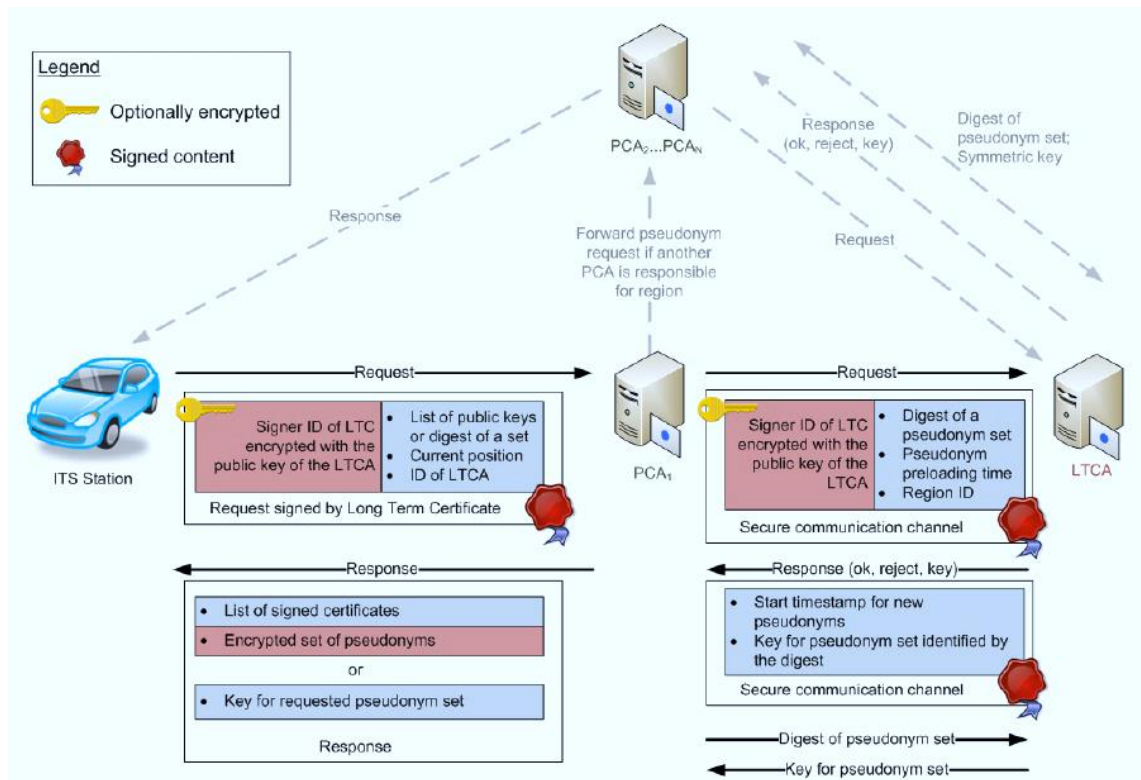
Järjestelmän sanomien suojaamiseen on tehty suositus käyttää tietoturvamekanismia, epäsymmetristä salausta, jossa julkista avainta käyttäen lähettäjä pystyy allekirjoittamaan sanomansa (digitaalinen allekirjoitus) ja jossa avain on talletettu järjestelmän alijärjestelmään, HSM (Hardware Security Module) moduuliin. Laitteelle asennettu julkinen avain on osa digitaalista sertifikaattia ja lähetetään sertifikaatin osana jokaisessa sanomassa. Vastaanottaja pystyy todentamaan sanoman eheyden ja oikeellisuuden tarkistamalla sanoman digitaalisen allekirjoituksen.

Päätavoitteet PKI:n käytössä tässä järjestelmässä ovat: sertifikaatin myöntäminen, asentaminen ITS-laitteelle, digitaalisen sertifikaatin väärinkäytön rajoittaminen valvomalla sertifikaatin oikeellisuutta ja sertifikaatin peruuttaminen sellaiselta järjestelmää käyttävältä laitteelta, joka toimii väärin. (ResearchGate 2015.)

PKI infrastruktuurin toiminnalliset operaatiot ResearchGate (2015) -raportin mukaan ovat sanoman allekirjoitus ja oikeellisuuden todentaminen, PCA:den välinen liikkuminen eli ”Roaming” -toiminnallisuus, pseudonyyminen sertifikaatin vaihtaminen, intervallinen määrittäminen sertifikaatin voimassaoloon ja vaihtoon, ITS-laitteen poistaminen verkosta ja sertifikaattipyynnön evääminen ja väärinkäytön toteaminen ja raportointi.

Pseudonyymin sertifikaatin asentaminen, jolla saadaan valtuutus toimia V2X-verkossa, on tärkeä operaatio. Sertifikaattien määrästä ja niiden voimassaolosta ei ole vielä valmistajilla yhtenäistä näkemystä, mutta ehdotuksia, kuinka vaatimukset voidaan toteuttaa on. Asennettujen sertifikaattien määrä ja voimassaolo voitaisiin jättää alueella toimivan liikenneoperaattorin määriteltäväksi eli jättää kyseiset parametrit operaattorin muutettaviksi. Alustavasti sertifikaattiin liittyviä parametrejä ovat sertifikaattien määrä, sertifikaatin voimassaoloaika ja sertifikaattien uudelleenlatausaikaväli. (PRESERVE 2014.)

ITS-laitteella olevien sertifikaattien määrällä on suoranainen vaikutus laitteeseen vaadittavan muistin määrään, ja jos kulkuneuvoa ei ole varustettu mobiiliverkon palvelumahdollisuutta ja kulkuneuvo on V2X-verkon ulkopuolella, on ehdotettu, että jo käytettyjä sertifikaatteja käytetään uudelleen niin kauan, kunnes ITS-laite on V2X-verkon palvelualueella. (ResearchGate 2015). Kuviossa 10 esitellään sertifikaattipyynnön käsittelyssä olevat laitteet ja tärkeimmät sanomissa liikkuvat parametrit.

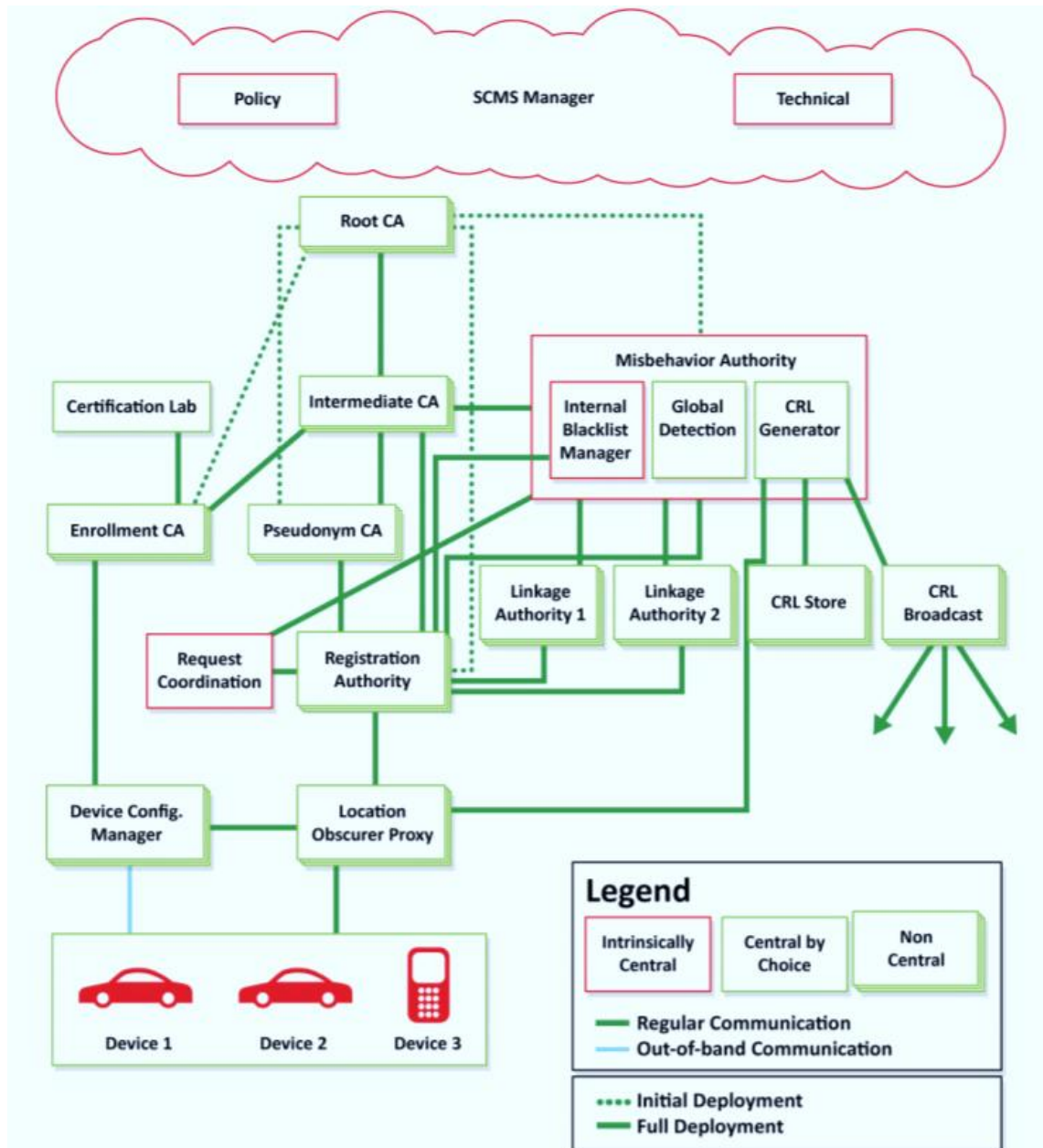


Kuvio 10. Uuden sertifikaatin pyynnön käsittely (PRESERVE 2014)

Khodaei (2016) on omassa työssään tehnyt ehdotuksen PKI infrastruktuurista (VPKI, Vehicle Public Key Infrastructure), jossa esitellään roaming mahdollisuus, sertifikaattien asentaminen koti LTCA:lta liikkeessä vieraan V2X-verkkon alueella. Hän esittelee tehokkaamman tavan tietoturvaan ja yksityisyyden suojaan kulkuneuvon liikkeessä kotiverkon ulkopuolella. Tutkimuksen tuloksena VPKI ehdotus on todettu tehokkaaksi, skaalautuvaksi ja toteutettavaksi.

5.4 Keskusjärjestelmäpilotti (USA)

CAMP (Crash Avoidance Metrics Partnersihp), autovalmistajien yhteenliittymä, on suunnitellut ja toteuttanut SCMS:n (Security Credential Management System) PKI-järjestelmän ITS-laitteidenhallinnan pilottia varten (kuvi 11). Keskusjärjestelmän pilotointi on tehty USA:n verkottuneiden kulkuneuvojen testaamista ja itse keskusjärjestelmän käyttöönottoa liikennekäyttöä varten. Järjestelmän toiminnalliset elementit kuvataan NHTSA (2014, 168–172) dokumentissa.



Kuvio 11. SCMS (NHTSA 2014)

Digitaalisten sertifikaattien luominen, myöntäminen ja evääminen tapahtuu automaattisesti, ilman käyttäjien toimenpiteitä. Järjestelmän ylläpitäjän rooli on hallinnollinen liit-tyen laitteiden ylläpitoon ja ohjelmistojen päivittämiseen. Järjestelmä on jaettu hallinnol-lisesti keskitettyyn osuuteen SCMS management, Root CA ja Misbehavior Authority (MA). Muut elementit voidaan laajentaa ja hajauttaa kapasiteettitarpeen mukaan.

Järjestelmä on suunniteltu määritettyjä vaatimuksia silmällä pitäen, taaten käyttäjien yk-sityisyysuojan. Kaikki järjestelmän tuottamat sanomat ovat digitaalisesti allekirjoitettuja

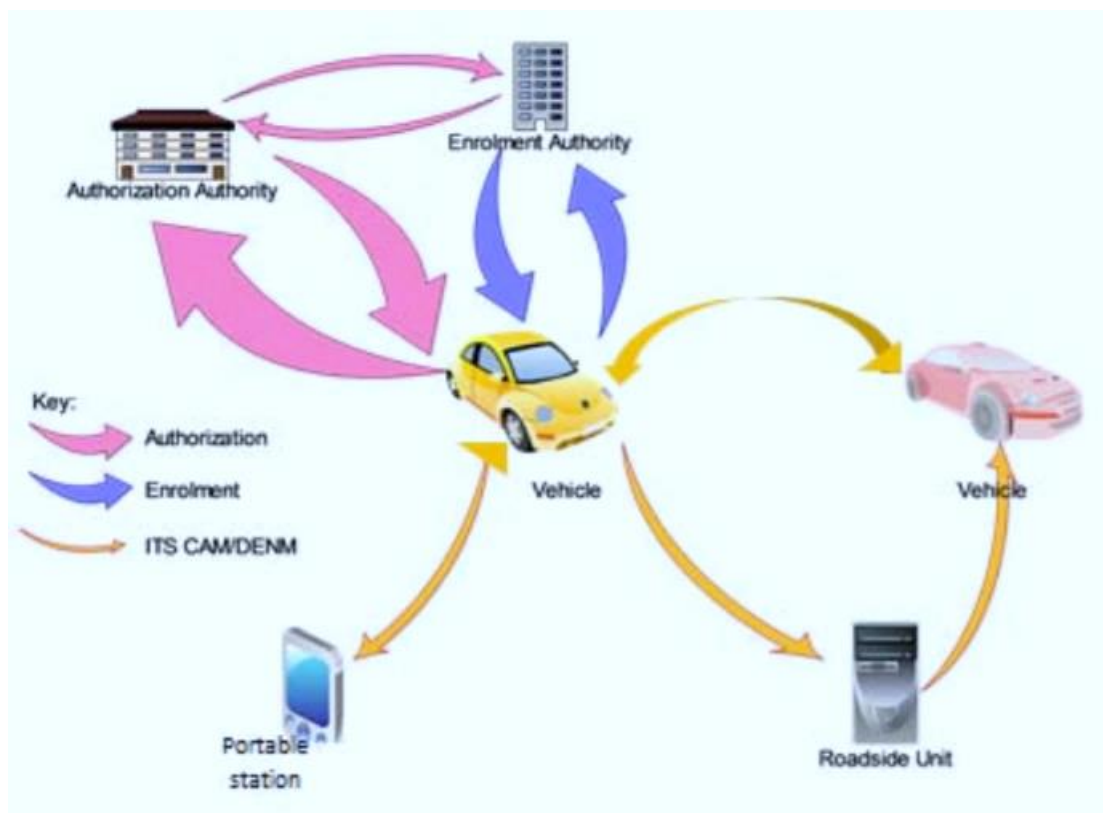
ja väärinkäytön välttämiseksi järjestelmässä on elementti (MA), joka valvoo käytön toimintoja ja raportoi tarvittaessa väärinkäyttötilanteista. Järjestelmässä olevista ITS-laitetiedoista ei voi päätellä kenelle tiedot kuuluvat, joten ITS-laitetiedoista ei saa selville ajoneuvon tietoja.

Järjestelmässä sertifikaatteja vaihdetaan viiden minuutin välein ja alustavasti ajoneuvon oletetaan käyttävän 20 sertifikaattia viikossa. Järjestelmää käyttäviä kulkuneuvoja arvioidaan olevan 250 miljoonaa, joten vuodessa järjestelmä tuottaa 260 miljardia sertifikaattia. Järjestelmä on skaalautuva ja laajennettavissa pelkästään hajautettavissa olevien elementtien avulla.

6 ITS-LAITTEKANNAN HALLINNOINTI

6.1 ITS-laitteiden hallinta

ITS-laitteen tilauksen käsittely ja laitteen valtuutus toimia liikenteessä vaatii laitteen rekisteröinnin hallintajärjestelmään. Alla olevassa kuvassa (kuvio 12) esitellään hallintajärjestelmän toiminnalliset elementit, jotka osallistuvat ITS-laitteen valtuutukseen toimia V2X-verkossa.



Kuvio 12. ITS-laitteen hallintaan osallistuvat yksiköt (ETSI TS 102 940 -standardi)

Järjestelmässä toimivat laitteet rekisteröidään Root CA (RCA) rekisteriin, josta järjestelmää käyttävät laitteet hakevat valtuutuksen Enrolment Authority -elementin kautta. Authorization Authority-elementtiin on tallennettu tiedot, mitä palveluita ITS-laitteella on oikeus käyttää (Authorization ticket). Kuvassa kannettava laite ja kulkuneuvot voivat vastaanottaa ja lähettää sanomia. Tienvarsiyksikön ominaisuuksia ovat lähettäminen, vastaanottaminen ja uudelleen lähettäminen (relay). Kuvattu laitteiden hallinta ja liikenne-

käyttöönottoaminen ovat päteviä vain, kun koko verkkoinfrastruktuuri on valmis ja käyttöön otettu. ITS-kommunikaation tietoturvapalveluryhmät ja toiminta kuvataan ETSI TS 102 731-standardissa.

Valtuutus toimia verkossa ja oikeus käyttää palveluita voidaan asettaa erilaisten parametrien perusteella. Valtuutus tarkoittaa pääasiallisesti oikeutta lähettää tietynlaisia sanomia V2X-verkossa. Kulkuneuvoille asetettuja määreitä voivat olla esimerkiksi seuraavat:

- | | |
|-------------------------|---|
| 1) status | kulkuneuvon tärkeys liikenteessä
esim. viranomaisajoneuvot |
| 2) ominaisuudet | sensori-varustus, ajoneuvon tyyppi
esim. bussit |
| 3) maksulliset palvelut | mm. henkilökohtainen reitityspalvelu
kaikki laitetypit |

Valtuudet ja oikeudet käyttää eri ITS-palveluita on määritelty palvelukohtaisesti ETSI TS 102 940 -standardissa.

6.2 Laitteidenhallinnan toimijat ja käyttäjäroolit

Järjestelmänhallintaan tarvittavien toimijoiden tehtävät ovat pääosin hallinnollisia, valvontaa suorittavia rooleja. Kommunikointiverkko on taustaltaan ajateltu toimivan ilman verkkoinfrastruktuurin olemassaoloa, perustuen ad-hoc-verkottumiseen. Käyttäjämäärän kasvaessa taustajärjestelmä ja sen hallinnointi kuvatulla infrastruktuurilla on kuitenkin välttämätön verkon hallitussa ja turvallisessa käytössä. Verrattuna mobiiliverkkojärjestelmään tämä järjestelmä ei vaadi keskitettyä verkko-operaattoria toimiakseen vaan jokainen toimija voi osaltaan toimia verkon operaattorina. Alla olevassa taulukossa (taulukko 2) kuvataan verkon mahdollisia toimijoita ja niiden rooleja.

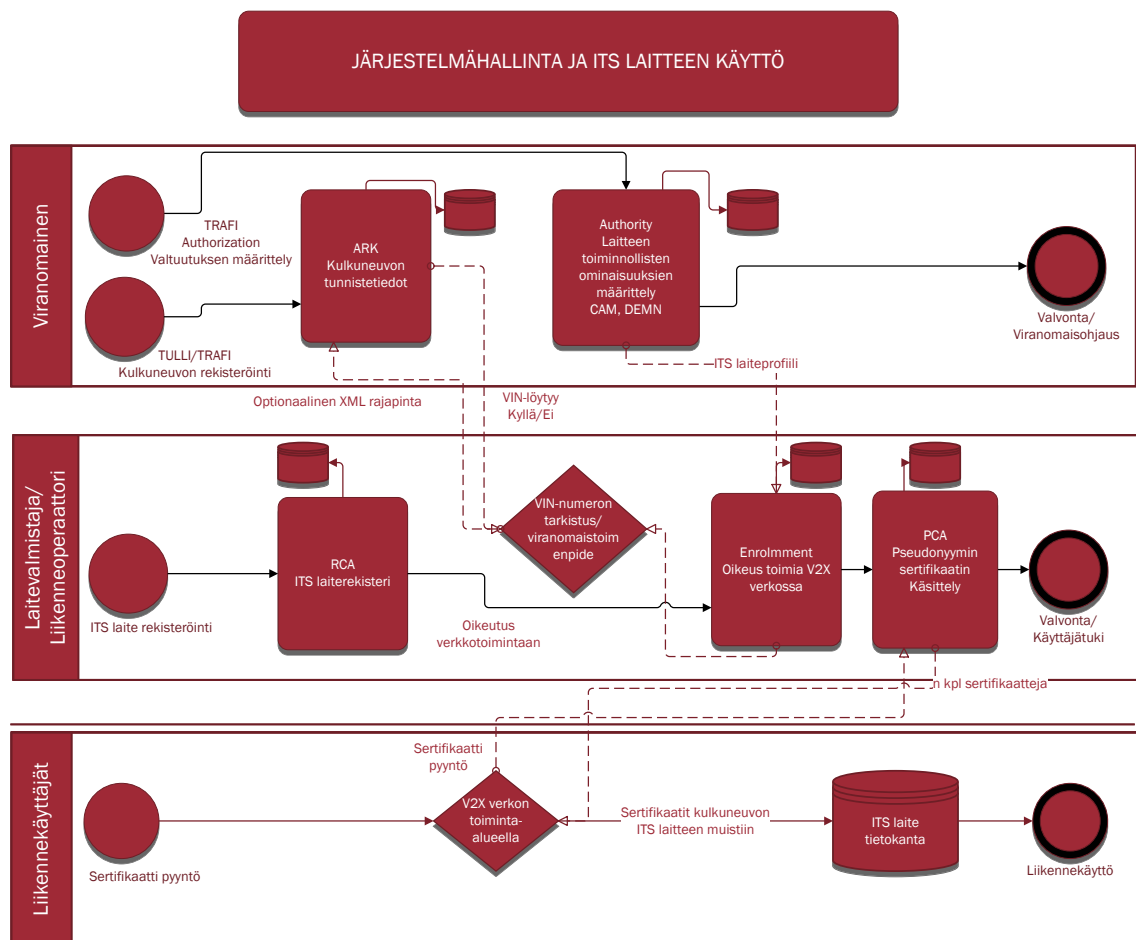
Taulukko 2. Toimijat ja roolit

Toimijat	Roolit
Katsastus	Laitetarkistukset
Liikennekäyttäjät	Liikennekäyttö; kulkuneuvot, kannettavat laitteet, tienvarsiyksiköt
Liikenneoperaattorit	Keskitetyn rekisterin ylläpito, väärinkäytönvalvonta
Sovellustenvalmistajat	Kulkuneuvo-valmistajat, sovellusten kehittäjät, after market-valmistajat, laiterekisterin ylläpito, huolto
Tietopalveluntarjoajat	Tieoperaattorit, kaupallisten palvelujen tarjoajat
Tietoturvapalvelu	Single Contact Point – keskitetty vianhallintapalvelu ja yhteydenottopiste, verkon ylläpitopalvelu
TUKES	Maahantuonnin valvonta
Verkkopalvelut	Mobiiliverkon palvelun tarjoajat, kiinteän verkon palvelun tarjoajat
Viranomaiset: TRAFI tai valtuutettu toimija	Valtuutuksen määrittely (Authority), verkon kapasiteetinvalvonta, käytönvalvonta, viranomaisohjaus, tyyppihyväksyntä
Valmistajat	Laiterekisterin päivitys ja ylläpito (Root CA, Enrolment), laitteiden yhteensopivuus, väärinkäytönvalvonta, huolto

Ylläolevat toimijat ja roolit tulevat tarkentumaan EU- ja Suomi-tasoisten viranomaispäätösten mukaisesti, kun lainsäädäntö ja määrittely valmistuvat. Tällä hetkellä määrittelyvaihe on valmistelussa ja osa dokumenteista katselmointikierroksella.

6.3 Järjestelmähallinnan prosessikuvaus ja roolien kuvaukset

Järjestelmänhallintaan ja sen käyttöön tunnistetut toimijat rooleineen on suppeasti kuvattu alla olevaan prosessikaavioon (kuvio 13) toimintojen mukaan ryhmiteltynä. Toimijoiden ja heidän roolinsa ovat tämän hetkisen tiedon pohjalta kuvattuja ja prosessikaavio on ehdotusluontoinen. Järjestelmää on mahdollista hallinnoida ja käyttää alla olevan kuvan prosessikaavio toimijoilla.



Kuvio 13. Hallinnan ja käytön prosessikaavio (sovellettu JHS 152 prosessien kuvaamisen suosituksia)

Viranomaisten tehtävä on määrittellä valtuutukset erilaisille ITS-laitekäyttäjärhyille. Määrittelyssä yksi mahdollisuus on muodostaa erilaisia ITS-käyttäjäloukkia, profiileja. Oletettavasti erilaisia käyttäjärhyiä ei ole useita, joten näiden hallinnointi profiileilla olisi työmäärältään vähäistä. Tässä roolin toteuttajaksi on esitetty TRAFI:a tai muuta viranomaisvaltuutuksen saanutta toimijaa. Viranomaistoimijan laitehallinnoinnin lisäksi

toimija valvoo järjestelmän toimintaa ja reagoi yhdessä laitevalmistajien/liikenneoperaattoreiden kanssa mahdollisiin väärinkäyttötilanteisiin. Viranomaisten rooli ohjelmistopäivityksissä on valvoa, että järjestelmään asennetaan vain hyväksytyjä versioita. Tullin rooli viranomaistoimijana on valinnainen liittyen ITS-järjestelmätoimintaan.

Laitevalmistajien rooli on ITS-laitteiden päivittäminen Root CA -elementtiin ja liikenneoperaattoreiden rooli elementtien parametrien määrittely yhdessä viranomaisten kanssa. Toimijoiden määrän tarve riippuu maakohtaisesta toteutuksesta, käytetäänkö keskitettyä ITS-laiterekisteriä vai onko käytössä maakohtainen rekisteri. Keskitetty, koko EU:n alueen kattava rekisteri vaatii toimijan, operaattorin, jonka jäsenmaat ja valmistajat hyväksyvät. (vrt. GSM CEIR). Käyttötuen tarkoitus on tarpeellinen laitekannan valvonnan ja sovellusten asentamisen tukemisessa. Loppukäyttäjien tuen tarve on todennäköisesti vähäistä järjestelmässä tavoiteltavan autonomisuuden takia.

Kulkuneuvon käyttöönotossa tavoite on, että kuljettajan ei tarvitse tehdä ITS-laitteelle hallinnollisia toimenpiteitä. Järjestelmän tavoite on olla ”näkyvä” loppukäyttäjälle. Kuljettajalle jää ITS-laitteen tuottamien ilmoitusten, varoitusten ja kulkuneuvon suorittamien turvallisuuteen liittyvien automaattisten operaatioiden huomaaminen, esim. hätäjarutus ja niihin reagointi. Myöskään markkinoille tuleville ns. käsilaitteille ei tarvitse suorittaa hallinnollisia toimenpiteitä käyttöönotossa. Laitteet lähettävät ja vastaanottavat niille määritettyjä sanomia ja voivat toimia V2X-verkossa esiasetetun käyttäjäprofiilin mukaan.

V2X-verkon käyttäjämäärien kasvaessa mahdolliset väärinkäyttötapaukset tulevat todennäköisemmiksi. Väärinkäytön estämiseksi kiinteästi kytkettyihin laitteisiin ehdotetaan seuraavaa lisätarkistusta: Kun järjestelmän MA (Misbehavior Authority) huomaa mahdollisen väärinkäytön, niin seuraavassa sertifikaattikäsittelytapahtuman oikeellisuustarkistuksessa kytketään optionaalinen VIN-numeron (Vehicle Identity Number) tarkistus toiminto päälle. Tässä tarkistuksessa suoritetaan kulkuneuvon oikeellisuuden varmentaminen ARK:n (Autorekisterikeskus) järjestelmästä. Jos kulkuneuvoa ei järjestelmän mukaan ole olemassa, niin kyseiseltä laitteelta evätään oikeus toimia V2X-verkossa. ARK-järjestelmä tarjoaa XML-rajapinnan, joka mahdollistaa kulkuneuvon oikeellisuuden tarkistamisen. SCMS:n määrittelyissä tällaista mahdollisuutta ei ole tarjottu, mutta määrit-

telyjen tässä vaiheessa tämän lisäosan lisääminen on mahdollista. Järjestelmän yksityisyyssuojan takaamiseksi ARK:n rajapinnassa ei liiku kulkuneuvon tai omistajaan liittyvää tietoa, vaan tarkistus on pelkästään kulkuneuvon olemassaoloon liittyvä.

Kulkuneuvon oikeellisuustarkistusmahdollisuutta V2X-verkon käytön kannalta voidaan verrata GSM-verkon ominaisuuksiin OLCM/Trace (Online Call Monitoring), joilla verkkokäyttäjän toimia verkossa voidaan monitoroida ja tallentaa. Edellä mainitut toimenpiteet voidaan suorittaa vain viranomaispäätöksellä. V2X-verkon väärinkäyttötapaukset voivat olla esimerkiksi häirintää tai identiteetin varastamista. Identiteettivarkaus V2X-verkossa tarkoittaisi, että kaksi laitetta lähettäisi yhtä aikaa erilaista dataa eri sijainnista. Todennäköisenä tarkoituksena on aiheuttaa jonkinlaista häiriötä liikenteeseen lähettämällä esimerkiksi hätäjarrutussanomaa aiheuttomasti tai viranomaiskäyttöön tarkoitettun liikennevalo-ohjauksen prioriteetin pyytämistä tarpeettomasti.

6.4 Käyttötapaukset

6.4.1 Ilman taustajärjestelmän toimintaa

V2X-kommunikointivalmiudella varustettuja kulkuneuvoja tulee liikennekäyttöön vuoden 2019 jälkeen valmistajien markkinoille tulokyvyn mukaan. Verkottuneet kulkuneuvot muodostavat ns. ad-hoc-verkkoja ilman taustajärjestelmien olemassaoloa. Laitteilla ei ole valtuutusta toimia V2X-verkossa, ennen kuin taustajärjestelmät on otettu käyttöön.

Todennäköistä on, että koko ITS-järjestelmä otetaan käyttöön vaiheittain seuraavassa järjestyksessä: ITS-laitteilla varustetut kulkuneuvot, tienvarsiyksiköt ja taustahallintajärjestelmä. Tämä malli on todennäköisin, koska laitteiden markkinoille tuleminen tapahtuu vähitellen. Kun kulkuneuvo otetaan käyttöön liikenteessä, jossa on ITS-laite ja taustajärjestelmää ei ole otettu käyttöön, kuljettaja huomaa ominaisuuden toiminnan vain, kun radionkantaman päässä on vastaavalla laitteella varustettu kulkuneuvo. Kulkuneuvot muodostavat keskenään hetkellisen ad-hoc-verkon ja lähettävät määritetyt sanomia toisilleen. Tässä tapauksessa laitteet toimivat ilman valtuutusta.

Käyttötapauksessa kulkuneuvoihin liitetyt kiinteiden laitteiden ominaisuudet on määriteltävä kohdemaan viranomaismääräysten mukaisesti valmistajan toimesta, ennen maahantuontia. Samanlainen määrittely on tehtävä myös käsilaitteiden ominaisuuksiin.

Esimerkkinä mainittakoon Mercedes Benz, joka on ensimmäinen valmistaja, joka tuo markkinoille letka-ajoon kykenevät hyötyajoneuvot. Projekti on nimeltään Mercedes Future Truck, 2025. Ajoneuvot kulkevat itsenäisesti sovitulla kaistalla antureiden ja tutkien avustamana ja kommunikoivat toistensa kanssa ad-hoc-verkossa, ITS-laitteiden avulla. Ns. platooning-ominaisuus raskaankaluston käytössä on toiminnallisuus, jolla saavutetaan parantunut liikenneturvallisuuden kasvu ja ekologisuus sekä säästetään polttoainetta. Toiminto vaatii myös tie-infrastruktuurilta sopivat olosuhteet mm. useita samansuuntaisia kaistoja.

6.4.2 Taustajärjestelmä käyttöön otettu

Taustajärjestelmien käyttöönotto tulee oletettavasti tapahtumaan vähitellen. Infran (taustajärjestelmän) päälle kytkentä voi tapahtua, kun laitteet ovat rekisterissä, ITS-laitteen määrittelyt on tehty ja tienvarsiyksiköt toiminnassa, jotta sertifikaatteja voidaan käsitellä. Tämä vaatii riittävän määrän tienvarsiyksiköitä ja/tai laitteissa on mobiiliverkkoa käyttävä rajapinta verkkoyhteyttä varten.

Seuraavassa luettelo käyttötapauksista, joissa ITS-laite on kulkuneuvoon kiinteästi asennettu:

- 1) uuden kulkuneuvon käyttöönotto
- 2) käytetyn, maahantuodun kulkuneuvon käyttöönotto (Roaming status)
- 3) kolarikorjaus, laite siirretään kulkuneuvosta toiseen tai vikaantunut laite vaihdetaan uuteen
- 4) kulkuneuvoon asennetaan jälkiasennettava laite

Käyttötapaus 1. Uuden kulkuneuvon käyttöönotto

Uuden kulkuneuvon tuonnissa valmistaja on rekisteröinyt ITS-laitteen laitehallintaan ja viranomaiset ovat tehneet maakohtaiset laitemääritykset. Kulkuneuvon rekisteröinnin jäl-

keen kulkuneuvo otetaan liikennekäyttöön ja kytketty ITS-laite on valmis V2X-kommunikointiin. Tavoite on, että liikennekäyttäjän ei tarvitse tehdä hallinnollisia toimenpiteitä käyttöönottovaiheessa.

Käyttötapaus 2. Käytetyn, maahantuodun kulkuneuvon käyttöönotto (Roaming status)

Käytetyn kulkuneuvon maahantuonnissa ITS-laite on rekisteröity ko. maan Root CA-järjestelmään ja se on todennäköisesti ollut jo käytössä alkuperämaassa. Tullauksen jälkeen kulkuneuvo saa väliaikaisen liikenneluvan Suomen liikenteeseen. Tässä vaiheessa ITS-laite toimii kohdemaassa ns. roaming-statuksella, alkuperämaan asetuksilla. Kulkuneuvon rekisteröinnin yhteydessä viranomaisen määrittelee kulkuneuvon kytketyn ITS-laitteen asetukset kotimaan määräysten mukaisesti ja sen jälkeen laite on valmis toimimaan ”kotimaa”-statuksella. Liikennekäyttäjän ei tarvitse tehdä hallinnollisia toimenpiteitä. Roaming-toiminnallisuuden määrittely on järjestelmän näkökulmasta mahdollinen, mutta näkemys mikä V2X-verkkoelementti sen toteuttaa ei vielä ole valmis.

Käyttötapaus 3. Kolarikorjaus, laite siirretään kulkuneuvosta toiseen tai vikaantunut laite vaihdetaan uuteen

Laitteen vaihto kulkuneuvon ITS-laitteen vikaantuessa esimerkiksi kolarikorjauksessa on myös mahdollinen käyttötapaus. Valtuutetun huollon tulee suorittaa liikenneturvallisuuden vaikuttavan laitteen vaihtamistyö ja katsastusviranomaisen voi tarvittaessa varmistaa laitteen toiminnan oikeellisuuden. Käyttäjältä ei edellytetä hallinnollisia toimenpiteitä paitsi mahdollinen laitteen tarkastuttaminen katsastusviranomaisella.

Käyttötapaus 4. Kulkuneuvon asennetaan jälkiasennettava laite

Jälkiasennettavat ITS-laitteet tulevat myös markkinoille. Kulkuneuvoihin asennettavat laitteet ovat todennäköisesti kulkuneuvokohtaisia riippuen laitteen kytkennästä kulkuneuvon järjestelmään. Laite ei ole kiinteästi asennettava, jos siihen ei ole toteutettu rajapintaa kulkuneuvon anturitietojen lukemiseen. Jälkiasennettavien ja kannettavien ITS-laitteiden käyttöprofiilien määrittelyyn vaaditaan myös viranomaisen toimenpiteitä, mutta käyttäjältä ei vaadita hallinnollisia toimenpiteitä.

Edellä mainituissa käyttötapauksissa yhtäläistä on vaatimus, että laitteet ovat rekisterissä ja laitteiden toimintoprofiilit ovat määritelty ennen kuin laitteet otetaan käyttöön. Laitteet, jotka toimivat ympäristössä, jossa ei ole taustajärjestelmää, toimivat laitteeseen asennetun

käyttöprofiilin mukaisesti. Kaikissa tapauksissa tavoite on, että ITS-järjestelmän käyttöönotossa ja käytössä loppukäyttäjän ei tarvitsisi tehdä toimenpiteitä.

Laitteen käyttöprofiilin muuttamismahdollisuutta loppukäyttäjän pyynnöstä ei ole tässä käsitelty. On oletettavaa, että laitteiden hankintakustannukset ovat kohtuullisia, kustannusarvio kulkuneuvossa: kiinteä laite 300 euroa ja jälkimarkkinalaite 220 euroa (NHTSA 2014) vuoden 2012 hintatasolla, joten voisi otaksua, että laitteen vaihtaminen ajoneuvotyyppistä toiseen on vähäistä. Mikäli laitteen käyttöprofiilin ja tyyppin vaihto tehdään mahdolliseksi, niin se vaatii viranomaisen ja rekisteriylläpitäjän vaihtamisprosessin määrittelyä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Toimeksiannon tavoitteena oli tuottaa vastauksia ITS-taustajärjestelmän hallinnollisiin kysymyksiin toimijoiden ja niiden roolien näkökulmasta järjestelmän käyttöönotossa ja käytössä. Lisäksi toimeksiannossa yksi lähtökohta oli palveluarkkitehtuurin ja toimijoiden roolien tietoturvan ja yksityisyydenhallinnan käsitteleminen. Lainsäädännön käsittely oli myös lähtökohtana tälle tutkimukselle, mitä toimia viranomaiset ovat tehneet tieliikenteen turvallisuutta parantavan teknologian tuomisesta käytäntöön. Näiden lisäksi tavoite oli tutkia ajoneuvojen välistä kommunikointiteknologiaa liittyen ITS-G5-standardiin, johon V2X-verkottuneiden ajoneuvojen järjestelmän toteutus perustuu ja jota esitetyt toimijat ja roolit tulisivat hallinnoimaan.

EU:ta ja Suomea koskevat viranomaisten panostukset tämän asian eteenpäin viemiseksi ovat olleet mittavia. Teknologian kehittämisestä ja käyttöönotosta on jo olemassa periaatepäätös, EU-direktiivi, jota jäsenmaat voivat soveltaa maakohtaisesti. EU ohjaa C-ITS platform -hankkeen avulla sekä koko järjestelmäkehitystä että lainsäädännön kehitystä ja toimii hankkeiden rahoituksesta vastaavana elimenä. Suomen viranomaisten suhtautuminen älykkäiden liikenne- ja ratkaisuiden kehittämisessä on etukenoista, osoittaen halua olla kärkimaa ITS-järjestelmän käyttöönotossa. Tällä hetkellä viranomaisilla on meneillään järjestelmän hallinnollisten osuuksien määrittelyvaihe. Tämän lisäksi Suomessa on parhaillaan käynnissä noin kymmenen älykkäisiin liikennejärjestelmiin liittyvää pilottihankeä.

Teknologian kypsyyden ja standardien valmiuden osalta järjestelmän toteuttamista voidaan pitää mahdollisena. Yksityiskohtia tutkiessa, lähinnä yksittäisten verkkoelementtien kohdalla järjestelmä vaatii vielä lisää määrittelyitä ja päätöksiä esimerkiksi vianhallinnan ja verkonvalvonnan suhteen. Esille tuotu USA:n pilottiprojekti antaa kuvaa määrittelyiden ja osatoteutuksen valmiudesta, eli järjestelmän tuotekehitys ja käyttöönotto alkavat olla viranomaispäätöksiä vaille valmiita myös EU-alueella. Aasiassa V2X-verkottuneita kulkuneuvoja on jo liikenteessä, mutta taustajärjestelmien kattavuudesta ei tarkkaa tietoa tässä vaiheessa ole. Tietoturvan käsittelyssä standardit ja valmistajien ehdotukset ottavat hyvin kantaa käyttäjän identiteetin suojaamiseen, joten siltä osin myös teknologinen kypsyys on riittävällä tasolla. Yksityiskohtien määrittelyistä voi löytyä tarkennettavaa, jota tässä työssä ei ole tunnistettu, koska kaikkiin standardeihin kirjoittajalla ei ollut pääsyä.

Tässä tutkimuksessa esitetyt toimijat ja roolit ovat ehdotusluonteisia ja koskevat vain Suomea. Loppukäyttäjästävällisyyden säilyttämiseksi liikennekäyttäjälle ei tässä esitetty hallinnollisia toimenpiteitä eikä näin ollen merkittäviä toimenpiteitä tunnistettu. Viranomaisrooliin kuuluvaksi tunnistettiin määrittely, ohjaus ja ylläpitoon liittyviä hallinnollisia toimenpiteitä. Viranomaisten tärkein tehtävä on määrittely, ohjaus ja muiden toimijoiden valtuuttaminen verkkoa operoiviin rooleihin. Toimijat ja roolit tulevat tarkentumaan viranomaisvaiheen määrittelyjen valmistuttua. Keskusrekisterin rakenne, tuleeko keskitetty vai hajautettu tietokanta tarkentuu myöhemmin, kun valmistajien edustajat pääsevät asiasta yhteisymmärrykseen. Työssä käytettyjä EU-tasoisia, valmisteluvaiheessa olevia ITS-työryhmien esityksiä ei tässä julkaista, eikä niihin näin ollen ole viitattu.

Laitteiden penetraatio kuluttajamarkkinaehtoisesti kasvane hitaasti. Kuluttajien mielenkiinto tuotteisiin, joista ei koeta olevan käytännön hyötyä on suhteellisen vähäistä. Tilanteessa, jossa infrastruktuuri ei ole valmis, ITS-laitteiden tuottaman informaation määrä loppukäyttäjälle havainnollistuu vain ruuhkaisilla liikennepaikoilla. Ilman toimivaa taustajärjestelmää ITS-järjestelmä voidaan kokea olevan melko hyödytön. Suomessa myytyjen kulkuneuvojen määrät vuosina 2000 – 2016 vaihtelevat 103 000 – 168 000 (Trafi 2016) välillä. Suomikin on siis kohtuullinen laitemarkkinamaa, ainakin kiinteästi asennettavien laitteiden osalta ja lisäksi tulevat sekä jälkiasennettavat että kannettavat laitteet. Maailmanlaajuisesti markkinat ovat todella suuret, joten mielenkiinto valmistajien suunnasta järjestelmää kohtaan on kasvava.

Laitteiden käyttöönotossa, kuluttaja hyväksynnän kannalta, kulkuneuvoissa olevat laitteet ovat osa kulkuneuvoa ja toimivat virtojen kytkeydyttyä ilman erillisiä toimenpiteitä. V2X-kommunikaation käyttäjästävällisyyden takaamiseksi laitteiden ja järjestelmän käyttöönoton tulee olla liikennekäyttäjälle ”näkyvä” kuluttajahyväksynnän takia. Kuluttajakyselyn (Liikenneturva 2016) mukaan suhtautuminen itseohjautuviin autoihin on varauksellista. Noin puolet kyselyyn vastanneista uskoo, että Suomessa on tarjolla keskihintaisia itseohjautuvia autoja 11 – 30 vuoden kuluttua. Täyden valinnanvapauden tilanteessa vain 15 prosenttia vastanneista valitsisi robottiauton. Eniten huolta automatisaatioissa herättää järjestelmän rikkoontuminen ja tekniikan toimivuus yleisesti Suomen olosuhteissa. Mieliopidekyselyä verkottuneista ajoneuvoista Suomessa ei ole vielä tehty, mutta automatisaatio kysely antaa suuntaa suomalaisten mielipiteistä autojen automatisaation kehitykseen suhtautumisesta.

Tieliikenteen turvallisuudenkehitys 1970-luvun tienopeusrajoituksista turvavyöpakkoon on tapahtunut lainsäädännön voimalla, joten oletettavaa on, että markkinaehtoisesti ITS-laitteilla varustettujen kulkuneuvojen määrät liikenteessä kasvavat hitaasti, ellei lainsäädännöllä järjestelmää tehdä pakolliseksi. EU-direktiivi ja Suomen sopeutuminen tieliikennelaissa ovat askel, joka tulee ohjaamaan tieliikennettä turvallisempaan suuntaan. Tämä kääntää myös valmistajien ja ajoneuvomarkkinoiden huomion turvallisuuteen ja ekologisuuteen ja antaa signaalin lisätä panostusta ITS-järjestelmän tuotekehitykseen.

V2X-verkon infrastruktuurin rakentaminen ja tienvarsiyksiköiden asentaminen alkanee ruuhka-alueilta, kaupunkien keskustojen syöttöliikenneteiltä, levittyen liikennemittausten ohjaamana harvemmin liikennöidyille alueille. Tarve tälle verkolle on juuri alueilla, joissa kolareita tapahtuu tiheään tahtiin. Rakentamista tulee ohjaamaan tietoliikenneverkon nykyinen kattavuus ja tulevat tarpeet turvallisuus- ja kustannuslähtöisesti.

Mutta kuten aiemmin jo mainittiin, V2X-kommunikaatioverkko tarvitaan autonomisten ja perinteisesti ajettavien kuljettajien yhteispelin toimivuuden takaamiseksi.

LÄHTEET

C-ITS lait-ja asetukset ja ohjaustyöraportit:

C-ITS Platform, Final report. January 2016. 2016. European Commission. Luettu 20.2.2017. <http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>

C-Roads Website. 2016. C-Roads Steering Committee. European Commission. Luettu 23.2.2017. <https://www.c-roads.eu/platform.html>

COM(2016) 766 final 2016. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. 2016. A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility. Brussels, 30.11.2016. European Commission. Luettu 28.2.2017. http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/com20160766_en.pdf

Commission launches GEAR 2030 to boost competitiveness and growth in the automotive sector. 2016. European Commission. Luettu 23.2.2017. http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=8640

JHS 152. 2012. Luettu 30.3.2017. <http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs152>

Liikenne- ja Viestintäministeriö. 2013. Kohti uutta liikennepolitiikkaa – Älyä liikenteeseen ja viisautta liikkujille 2013. Liikenne- ja Viestintäministeriö. Luettu 16.2.2017. <http://www.lvm.fi/julkaisu/4149622/kohti-uutta-liikennepolitiikkaa-ly-a-liikenteeseen-ja-viisautta-liikkujille-toisen-sukupolven-alystrategia-liikenteelle>

Liikenne- ja Viestintäministeriö. 2014. ITS national reports. Progress reports 2014, Finland. Liikenne- ja Viestintäministeriö. Luettu 16.2.2017. http://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/its_national_reports_en

Liikenne- ja Viestintäministeriö. 2016. Digitaalinen tieto, innovatiiviset palvelut, hyvät yhteydet Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan konsernistrategia 2016–2020. Liikenne- ja Viestintäministeriö. Luettu 16.2.2017. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78239>

Liikenneturva. 2015. Tilastot. Luettu 3.4.2017. <https://www.liikenneturva.fi/>

Lumiaho, A ja Malin, F. 2016. Tieliikenteen automatisoinnin etenemissuunnitelma ja toimenpideohjelma 2016–2020. Liikennevirasto. Luettu 10.2.2017. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2016-19_tieliikenteen_automatisoinnin_web.pdf

Mobility and transport. 2017. European Commission: Intelligent Transport System. Luettu 21.2.2017. http://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en

Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report. 2016. Framework Contract on Impact Assessment and Evaluation Studies in the Field of Transport MOVE/A3/119-2013-Lot № 5 "Horizontal". European Commission. Luettu 20.2.2017. <http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-c-its-deployment-study-final-report.pdf>

Tieliikennelaki. Finlex. N.d. Luettu 16.2.2017 <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810267>

WHO. 2015. Global status report on road safety 2015. WHO: Violence and Injury Prevention and Disability. Luettu 12.3.2017. http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/

Work Programme Second Phase C-ITS Platform. 2016. European Commission. Luettu 20.2.2017. http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/work_programme_phase_ii_final.pdf

ITS raportit ja julkaisut:

C2C-CC. 2013. C. Wewetzer, T. Biehle, A. Festag, T. Leinmueller, T. Buburuzan, N. Sofra, E. Schoch, B. Jungk, L. LIN, K. Sjöberg, and A. Brakemaier, C2CCC basic system standards profile, Draft 0.5, 2013-07. CAR 2 CAR Communication Consortium.

GovTech. 2015. 10 Years, 10 Milestones for Driverless Cars. <http://www.govtech.com/fs/10-Years-10-Milestones-for-DriverlessCars.html>

Innamaa. 2014. VTT. Luettu 30.3.2017. <http://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Automaatiolla-alykkytta-liikenteeseen.aspx>

NHTSA. 2014. Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application. U.S. Department of Transportation. Luettu 8.3.2017. <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/readiness-of-v2v-technology-for-application-812014.pdf>

N. Bißmeyer, J. P. Stotz, H. Stübing, E. Schoch, S. Götz, and B. Lonc. 2011-10. A generic public key infrastructure for securing car-to-x communication. 18th World Congress on Intelligent Transportation Systems. ITS America.

Mohammad Khodaei. 2016. Secure and Privacy Preserving Vehicular Communication Systems: Identity and Credential Management Infrastructure. SWEDEN: KTH Royal Institute of Technology School of Electrical Engineering.

PRESERVE. 2014. PREparing SEcuRe VEHicle-to-X Communication Systems. V2X Security Architecture v2. Netherlands: PRESERVE. Luettu 1.2.2017. https://www.preserve-project.eu/sites/preserve-project.eu/files/PRESERVE-D1.3-V2X_Security_Architecture_V2.pdf

ResearchGate. 2015. Norbert Bißmeyer, Hagen Stübing, Elmar Schoch, Stefan Götz, Jan Peter Stotz, Brigitte Lonc. A Generic Public Key Infrastructure for Securing Car-to-X Communication. ResearchGate.

Research and I. T. Administration. 2012-01. The national its architecture 7.0. U.S. Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration (RITA), Tech. Rep. Luettu 18.3.2017. <http://local.iteris.com/itsarch/html/entity/paents.htm>

Standardit:

ETSI TS 102 637-1 VI.1.1. (2010-09). 2010. Intelligent Transport Systems (ITS). Vehicular Communications. Basic Set of Applications. Part 1: Functional Requirement. ETSI Technical Specification ETSI TS 102 637-1.

ETSI TS 102 637-2 VI.2.1. (2011-03). 2011. Intelligent Transport Systems (ITS). Vehicular Communications. Basic Set of Applications. Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service. ETSI Technical Specification ETSI TS 102 637-2.

ETSI TS 102 637-3 VI.1.1. (2010-09). 2010. Intelligent Transport Systems (ITS). Vehicular Communications. Basic Set of Applications. Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service. ETSI Technical Specification ETSI TS 102 637-3.

ETSI TS 102 687 VI.1.1. 2010. Intelligent Transport Systems (ITS). Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range. Access layer part. ETSI Technical Specification ETSI TS 102 687.

ETSI TS 102 731 V1.1.1. 2010. Intelligent Transport Systems (ITS). Security. Security Services and Architecture. ETSI Technical Specification ETSI TS 102 731. Luettu 10.2.2017. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102731/01.01.01_60/ts_102731v010101p.pdf

ETSI TS 102 940 V1.2.1. 2016. Intelligent Transport Systems (ITS). Security. ITS communications security architecture and security management. ETSI Technical Specification ETSI TS 102 940. Luettu 16.2.2017. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102900_102999/102940/01.02.01_60/ts_102940v010201p.pdf

ETSI TS 103 097 V1.1.1. (2013-04). 2013. Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats. ETSI Technical Specification ETSI TS 103 097. Luettu 14.2.2017. http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103000_103099/103097/01.01.01_60/ts_103097v010101p.pdf

ETSI EN 302 663 V1.2.0. 2012. Intelligent Transport Systems (ITS). Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band. ETSI Technical Specification ETSI EN 302 663.

ETSI EN 302 665 V1.1.1. (2010-09). 2010. Intelligent Transport Systems (ITS). Communications Architecture. ETSI Technical Specification ETSI EN 302 665.

IEEE 802.11p. IEEE Standard for Information technology. 802.11p-2010. Luettu 16.2.2017. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11p-2010.html>

SAE J2735_201603. 2016. SAE International. Luettu 16.2.2017. http://standards.sae.org/j2735_201603/

LIITTEET

1 (5)

Liite 1. Lyhenteet ja termit

Ad-hoc network	Decentralized type of wireless network
API	Application Programming Interface An API is a particular set of specifications that software programs can follow to communicate with each other
BSM	Basic Safety Message
CA	Certificate Authority A CA is an entity that issues digital certificates
CAM	Cooperative Awareness Message CAMs are sent by vehicles multiple times a second (typically up to 10 Hz), they are broadcasted unencrypted over a single-hop and thus receivable by any receiver within range. They contain the vehicle's current position and speed, along with information such as steering wheel orientation, brake state, and vehicle length and width
CEF	Connecting Europe Facility (EU program for ITS development)
CEIR	Central Equipment Identity Register (GSM)
DCC	Decentralized congestion control

DENM	<p>Decentralized Environmental Notification Message</p> <p>A DENM transmission is triggered by a cooperative road hazard warning application, providing information to other ITS stations about a specific driving environment event or traffic event. The ITS station that receives the DENM is able to provide appropriate HMI information to the end user, who makes use of these information or takes actions in its driving and traveling. Fehler: Referenz nicht gefunden</p>
DSRC	Dedicated Short-Range Communication
ETSI	<p>The European Telecommunications Standards Institute</p> <p>Independent, not-for-profit, standardization organization in the telecommunication industry in Europe</p>
G5A	<p>ITS road safety communication (802.11p)</p> <p>Frequency band between 5.875 GHz and 5.905 GHz - reserved for ITS road safety communication</p>
G5B	<p>ITS non-safety communication (802.11p)</p> <p>Frequency band between 5.855 GHz and 5.875 GHz - reserved for ITS road non-safety communication</p>
GNSS	<p>Global Navigation Satellite System (GPS)</p> <p>Generic term for an Global navigation satellite system (GPS, GLONAS, Galileo)</p>
HSM	Hardware Security Module
I2V	<p>Infrastructure-to-Vehicle</p> <p>Communication between infrastructure components like roadside units and vehicles</p>
I2I	<p>Infrastructure-to Infrastructure</p> <p>Communication between multiple infrastructure components like roadside units</p>

ICS	<p>ITS Central Station</p> <p>ITS station in a central ITS subsystem</p>
INEA	Innovation and Networks Executive Agency
ITS	<p>Intelligent Transportation Systems</p> <p>Intelligent Transport Systems (ITS) are systems to support transportation of goods and humans with information and communication technologies in order to efficiently and safely use the transport infrastructure and transport means (cars, trains, planes, ships)</p>
ITS-S	<p>ITS Station</p> <p>Generic term for any ITS station like vehicle station, roadside unit</p>
LIDAR	Light Detection and Ranging
LDM	<p>Local Dynamic Map</p> <p>Local geo-referenced database containing a V2X-relevant image of the real world</p>
LTC	<p>Long-Term Certificate</p> <p>PRESERVE realization of an ETSI Enrolment Credential. The long-term certificate authenticates a stations within the PKI, e.g., for PC refill and may contain identification data and properties</p>
LTCA	<p>Long-Term Certificate Authority</p> <p>PRESERVE realization of an ETSI Enrollment Credential Authority that is part of the PKI and responsible for issuing long-term certificates</p>

MAC	Media Access Control
	The MAC data communication protocol sub-layer is a sub-layer of the Data Link Layer specified in the seven-layer OSI model
Multi-hop	Packet routing (message forwarding) between distant vehicles
MRR	Mid-Range Radar sensor, BOSCH
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration. U.S. Department of Transportation
OBU	On-Board Unit
	An OBU is part of the V2X communication system at an ITS station. In different implementations different devices are used (e.g. CCU and application unit)
OLCM	Online Call Monitoring
PC	Pseudonym Certificate
	A short term certificate authenticates stations in ITS-G5A communication and contains data reduced to a minimum
PCA	Pseudonym Certificate Authority
	Certificate authority entity in the PKI that issues pseudonym certificates
PKI	Public Key Infrastructure
	A PKI is a set of hardware, software, policies, and procedures needed to create, manage, distribute, use, store, and revoke digital certificates
RHW	Road Hazard Warning
RSU (RSE)	Roadside Unit
	A RSU is a stationary or mobile ITS station at the roadside acting as access point to the infrastructure

SAE	Society of Automotive Engineers
V2I (C2I)	Vehicle-to-Infrastructure Direct vehicle to roadside infrastructure communication using a wireless local area network
V2V (C2C)	Vehicle-to-Vehicle Direct vehicle(s) to vehicle(s) communication using a wireless local area network
V2X (C2X)	Vehicle-to-Vehicle (V2V) and/or Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Direct vehicle(s) to vehicle(s) or vehicle(s) to infrastructure communication using a wireless local area network
VSA	Vehicle Security Architecture
VSS	V2X Security Subsystem

Liite 2. Teknologialäpimurrot verkottuneiden- ja autonomisten autojen kehityksessä (Lumiaho & Malin 2016, 21-27.)

1) 2015: Autopilotti

Autopilotti yhdistää ajantasaisen liikenteen tilannekuvan kanssa kameran, tutkan ja 360 asteen kaikuluotaimen (sonar), jotka on suunnattu eteenpäin. Autopilotti ohjaa autoa pituus- ja sivuttaissuuntaisesti niin vapaissa liikenneolosuhteissa kuin ruuhkautuneessa ja pysähtelevässä liikennevirrassa. Kaistanvaihdosta tulee yhtä helppoa kuin suuntavilkun käyttämisestä. Perille saavuttaessa auto havaitsee pysäköintipaikan ja pysäköi itsensä automaattisesti. Vakiovarusteisiin kuuluvat turvallisuustoiminnot tarkkailevat tauotta liikenteen valo-opasteita, STOP-merkkejä ja jalankulkijoita; autopilotti estää myös tahattomat kaistanvaihdot. (Tesla N.d.)

2) 2015: Älyliikenteen palvelut ja järjestelmät

Kaksi Yhdysvaltojen suurinta älyliikenteen tutkimus- ja kehityshanketta on paneutunut yhteistoiminnallisten ja autonomisten ajoneuvojen haasteisiin yhteistoiminnallisten älyliikenteen palveluiden ja järjestelmien (ITS) kautta.

Michiganin osavaltion liikenneministeriö ja Michiganin yliopisto ovat avanneet yhteistyössä kehitetyn M City-testialueen (kuva 1). Se on kaupunkimainen ja pinta-alaltaan noin 13 hehtaaria kattava todellisen liikenneympäristön oloinen testialue. Alueella on mm. 6,5



kaistakilometriä tieverkkoa, jossa on liittymiä, Kuva1.M City-testialue (Michigan 2015)

liikenneympyröitä, tiemerkintöjä, liikennemerkkejä, pysäköityjä autoja,

liikennevaloja, jalkakäytäviä, bussipysäkkejä, puistonpenkkejä, kulissitaloja, tievalaistusta, jalankulkijoita ja erilaisia esteitä, kuten työmaa-aitoja. (Michigan 2015.)

Contra Costa County Kaliforniassa on rakentanut Yhdysvaltojen suurimman ja täydellimmän yhteistoiminnallisten ja autonomisten ajoneuvojen testialueen. Alue tunnetaan nimellä GoMentum Station. Sen pinta-ala on yli 20 km². Se on sijoitettu entiselle laivaston Concordin varustelutelakan alueelle. Testialueelle ovat nyt sijoittuneet suurista autovalmistajista ja laite- ja komponenttitoimittajista mm. Honda, Mercedes Benz, Bosch, Nissan, Toyota, Audi ja Volvo sekä Google. GoMentum-testialuetta kuvataan maailmanluokan yhteistoiminnallisten ja autonomisten ajoneuvojen testialustaksi, jossa on aktiivista teollisuuden ja julkisten toimijoiden yhteistyötä. (CCTA 2015.)

3) 2017: Kuljettajaa avustavien järjestelmien yhdistäminen

General Motors on tuomassa markkinoille vuonna 2017 kuljettajaa avustavien järjestelmien yhdistelmän, jossa on yhdistetty kaistalla pysyminen, hidastaminen ja kiihdyttäminen määrättyissä moottoriteolosuhteissa. Yhdistetyn järjestelmän tavoite on parantaa kuljettajan mukavuutta moottoriteliikenteessä. Käytännössä kyse voi olla ruuhkaantuneesta puskuri-puskurissa ajamisesta tai vapaista tieosuksista pitkillä matkoilla. Kuljettajan on kuitenkin oltava koko ajan valmis ottamaan ajoneuvo hallintaansa järjestelmän niin pyytäessä. (GM 2015.)

4) 2017: Volvo Drive Me

Helmikuussa 2015 Volvo julkisti lisää yksityiskohtia suunnitellusta ”Drive Me – Itse ajavia autoja kestävästä liikkumisesta varten” -pilottiohjelmastaan. Volvo asettaa 100 automaattista Volvo XC90 -kaupunkimaasturia (automaatitaso 3) (Kuva 2).



Kuva 2. Volvo Cars on julkaissut Drive Me -pilottiohjelman, jossa on käytössä 100 automaattista autoa yksityishenkilöillä yleisillä teillä. (Volvo Cars 2015)

Göteborgissa työmatkaliikenteen käyttöön. Autoilla ajetaan päivittäisiä työmatkoja yleisestä tieverkosta valitussa käytävässä, jossa tieinfrastruktuuri instrumentoidaan tukemaan pilottiohjelmia. Pilotissa ovat mukana mm. Volvo Cars, Ruotsin liikennehallinto, Ruotsin liikennevirasto, Lindholmenin Tiedepuisto ja Göteborgin kaupunki. (Volvo Cars 2015). Tieympäristöön rakennetaan ns. ”safe harbour”-väistötiloja, johon auto voi pysähtyä tien reunaan, jos autoon tulee jokin vika tai jos kuljettaja ei reagoi ajoissa. (Shladover ja Bishop 2015). Hankkeen tarkoituksena on selvittää automaattiajamisen sosioekonomiset hyödyt, tutkia, mitä vaatimuksia automaattiset autot asettavat tieverkolle, selvittää käyttäjien luottamusta automaattisiin autoihin ja muiden liikenteessä olevien suhtautumista automaattisiin autoihin. Pilotilla halutaan asemoida Ruotsi ja Volvo Cars tulevaisuuden liikkumisen johtavaksi kehittäjäksi. (Volvo Cars 2015). Automaattiset autot ovat kiinteä osa Volvo Cars -yhtiön ja Ruotsin hallituksen Vision Zero -aloitetta. Tavoitteena on, että liikenteessä ei kuolisi ketään. Volvon osalta on painotettu heidän liiketoiminnallista tavoitettaan, ettei kukaan kuolisi Volvossa tieliikenteessä. Drive Me -pilotti on tärkeä osa

tätä tavoitetta. Volvon pilottiautot käyttävät noin 50 kilometrin mittaista valikoitua reitti-verkkoa, jossa on paljon alueelle tyypillistä työmatkaliikennettä ja joka sisältää moottoritieolosuhteita ja toistuvia jonoja. (Volvo Cars 2015.)

5) 2018: Audi piloted driving

Audi on tutkinut ja testannut autonomiseen autoon liittyviä teknologioita jo 15 vuotta. Tutkimus- ja testausohjelma tunnetaan nimellä #drivenbyVorsprung. Testaaminen on tapahtunut perinteisten laboratorio- ja testilaitteiden ja testialueiden lisäksi lähinnä kahdessa ympäristössä: yleisillä teillä ja kilparadoilla. Molemmissa Audilla on merkittävä asema suunnannäyttäjänä uusien teknologioiden käyttämisessä. Audi A7 piloted driving -konsepti hyödyntää viimeisintä Audin kehittämää teknologiaa. Kehitetyt järjestelmät vapauttavat kuljettajan ajamisen rutiineista liikkeelle lähdöstä jopa 100 km/h -nopeuteen saakka. Auto, kutsumanimeltään ”Jack”, osaa myös vaihtaa kaistan ja ohittaa. Lisäksi konseptiauto voi kiihdyttää ja hidastaa automaattisesti. Ennen kaistanvaihtoa auto muuttaa nopeutensa ympäröivään liikenteeseen. Mikäli liikennetilanne ympärillä on sellainen, että autojen nopeudet ja etäisyydet voidaan laskennallisesti osoittaa turvalliseksi, auto aloittaa kaistanvaihdon oikea-aikaisesti. (GovTech.com 2015.)

Audi on rakentanut useita versioita täysautonomisesta ja etäohjattavasta konseptiautosta. Autolla on esimerkiksi ajettu noin 1000 kilometriä yleisillä teillä Kalifornian Piilaaksosta Las Vegasiin. Autokonseptin teoreettista suorituskykyä kuvastaa, että Audi RS7:ään pohjautuva automaattiauton prototyyppi on ajanut Hockenheimringmoottoriradan kierroksen tarkemmin (optimaalisella ajouralla) ja lähes yhtä nopeasti kuin ratakilpakuljettaja perinteisellä varustuksella olevalla Audin urheiluautolla. (Audi 2015a). Audin pilottiautossa on mukautuva vakionopeussäädin, aktiivinen kaistavahti, kaksi pitkän etäisyyden tutkaa edessä ja takana, keskimatkan tutkat kulmissa, laserskannerit edessä ja takana, edessä korkearesoluutioinen 3D-kamera, kaksi pientä kameraa edessä ja takana sekä navigointilaitteisto. Autojen automaattiajamisen järjestelmät on suunniteltu siten, että ennen kuin auto saavuttaa toimintakykensä rajat, se varoittaa kuljettajaa ja vaatii tätä ottamaan auton hallintaansa. (Audi 2015b.)



Kuva 3. Audin kehitystyö kuljettajaa avustavien järjestelmien parissa on mahdollistanut kuljettajattomien autojen prototyypin valmistamisen. (Audi 2015a)

Auto on siis korkean automaatiotason mukainen (SAE Level4). Varoitusjärjestelmissä on kaksi samaan aikaan toimivaa ratkaisua: värilliset LED-valot ja äänivaroitus. Mikäli kuljettaja ei ota autoa hallintaansa, järjestelmä syyttää hätävilkut ja pysäyttää auton oikealle pientareelle minimoiden riskit. (Audi 2015b.)

6) 2020: Googlen itseajava auto

Googlen itseajavien autojen projekti on ehkä parhaiten tunnettu alalla. Yhtiö on tehnyt laajoja kenttäkokeiluja, joissa autonomiset autot ovat ajaneet jo yli miljoona kilometriä. Kokeiluissa on alussa käytetty muunneltuja ja lisävarusteltuja Toyota Prius ja Lexus-autoja, jotka muutostöiden jälkeen vastaavat automaatiotasoa 3 (Shladover ja Bishop 2015).

Google on kokeillut myös automaatiotasolla 4 toimivaksi suunniteltuja ajoneuvoja vuonna 2015. Kokeiluvaiheessa autot ovat kuitenkin vasta tason 3 ajoneuvoja, koska testikuljettaja toimii niissä varasuorittajana, kun auton järjestelmät eivät joistain ajotilan-

teista suoriudu. Googlen itsestään ajavassa autossa on katolla sijaitsevan kuvun alla laserkeilain, tutka ja kamera, joiden avulla se tunnistaa esteitä ja kohteita auton ympärillä. Kyseessä on sähköauto, joka on varustettu ja sisutettu lähinnä matkaamista, ei ajamista varten. Autossa on varajärjestelmänä kuljettajan hallintalaitteet jarruille, ohjaukselle ja monelle muulle toiminnolle. (Google 2015b). Google itse arvioi tuottavansa ensimmäiset täysin autonomiset autot markkinoille vuonna 2020. Yhtiö on tutkimassa, miltä itseajava auto voisi tulevaisuudessa näyttää. Tähän käytetään täysikokoisia prototyyppi-autoja. Ne on suunniteltu liikkumaan turvallisesti ja ilman kuljettajan puuttumista ajamiseen. Testaukseen käytettävissä prototyyppiversioissa on tilapäiset hallintalaitteet, mutta lopullisissa itse ajavissa autoissa ei ole suunniteltu olevan ohjauspyörää, kaasupoljinta tai jarrupoljinta. Tällöin siis puhuttaisiin jo automaatiotasosta 4 tai 5.



Kuva 4. Google Car -prototyyppi-auto Austinin (Texas) katuverkolla. (Google 2015d)

Autot ovat hyvin varusteltuja, koska niistä halutaan oppia nopeasti ja niitä halutaan muuttaa nopeasti. Googlen tavoitteena oleva täysin itseajava auto vie matkustajansa napin painalluksella, minne tämä haluaa. Täysin itseajava auto on olennaisin askel, jolla yhtiö haluaa parantaa liikenneturvallisuutta ja muuttaa miljoonien ihmisten liikkumistottumuksia. (Google 2015). Ensimmäiset prototyyppi-autot aloittivat testiurakkansa kesäkuussa 2015,

Kuva 4 (Google 2015d). Googlen tutkijat ovat opettaneet autot ajamaan reittejä ja selviämään useista monimutkaisista liikennetilanteista kaduilla. Auto käsittelee sen tietojärjestelmässä olevaa karttaa ja anturien keräämiä tietoja ratkaistakseen, millä kadulla ja millä kaistalla se on. Auton anturit auttavat havaitsemaan esineitä ja esteitä auton ympärillä. Ohjelmisto luokittelee esineitä perustuen niiden kokoon, muotoon ja liikerataan. Se havaitsee pyöräilijät ja jalankulkijat. Ohjelmisto ennustaa, mitä esineet auton ympärillä saattavat tehdä seuraavaksi. Se pystyy ennustamaan, jos jalankulkija on aikeissa ylittää katua. (Google 2015b). Viimeisimmän päivityksen mukaan (30.11.2015) Googella on liikenteessä 23 Lexus RX450h -kaupunkimaasturia, jotka ajavat itsenäisesti yleisillä kaduilla. Lisäksi liikenteessä on 30 Google Car -prototyyppiajoneuvoa, jotka myös ajavat ilman kuljettajan ohjaustoimia yleisellä tie- ja katuverkolla. Turvallisuuden vuoksi kaikissa

Googlen autoissa istuu aina testikuljettaja ja apukuljettaja (Levy 2016). Kaliforniassa yleisillä teillä Googlen autonomiset autot saavat ajaa enintään 35 mph (noin 50 km/h). Mountain View:n kaupungin alueella ja kaduilla ne saavat ajaa enintään 25 mph (noin 40 km/h). (Google 2015b.)

7) 2020: Nissan Autonomous Drive

Nissanin Autonomous Drive -ohjelman tarkoitus on yhtiön mukaan kehittää ”yhteiskunta ilman liikenneonnettomuuksia”. Tähän pyritään eliminoimalla inhimilliset virheet auton ajamisessa. Ohjelman on arvioitu olevan erityisen hyödyllinen kaupungeissa ja katuverkoilla yleensäkin, joissa todennäköisyys joutua liikenneonnettomuuteen on 10-kertainen valtateihin verrattuna. Autonomous Drive -ohjelman avulla vähennetään liikenneonnettomuuksia ja voidaan auttaa navigoinnissa henkilöitä, joilla on vaikeuksia selvitä kapeilla kaduilla ja vilkkaissa liittymissä. Näin voidaan tarjota heille mahdollisuus turvalliseen ja varmaan tapaan päästä määränpäähensä. Tällaiset teknologiat voivat auttaa myös varttuneita henkilöitä ja henkilöitä, jotka vammautumisen tai toimintavaikeuksien johdosta eivät voi kuljettaa autoa itse. (Nissan 2015.)

8) 2020: Apple iCar-konsepti

Tietotekniikkayhtiö Applen kerrotaan kehittävän automaattista autoa, mutta tästä ei ole varmoja tietoja eikä tämäkään lähde pysty vahvistamaan asian todellista tilaa. Keväällä 2015 ensimmäiset uutiset Applen automaattiautoprojektista tulivat otsikoihin eri puolilla maailmaa. Wall Street Journalin (WSJ 2015) mukaan näyttäisi, että Apple kehittäisi omaa sähköistä automaattista autoa. Siitä kaavaillaan suoraa kilpailijaa Teslalle, vaikkakin kyseessä lienee tila-auton tyyppinen ratkaisu. Liikenteeseen tämä ”Titan Project” tullee arviolta vuonna 2020, kuten monet muut vastaavat. Useat lähteet ovat todenneet, että huhut Applen iCar:ista ovat epävarmoja, ja epäilyksiä huhujen paikkansa pitävyydestä on runsaasti. Applella sanotaan satojen suunnittelijoiden tekevän töitä ”Titan”-projektin parissa. Kokeneita suunnittelijoita ja asiantuntijoita on houkuteltu mm. Teslalta (sähköauto-osaaaminen), Samsungilta (akkuosaaminen), A123 Systemsiltä (akkuvalmistaja) ja jopa Mercedesen automaattiautoprojektista (F105-projektin johtaja). (Macworld 2015). Lähteessä ei kuitenkaan ole mainintaa siitä, ovatko nämä autot – ja jos niin miten ovat – verkottuneet taustajärjestelmiin tai toisiin autoihin.

9) 2025: Mercedes Future Truck

Mercedeksen tulevaisuuden ajoneuvoyhdistelmä havainnoi ympäristöään optisten antureiden, kuten kameroiden, avulla ja kommunikoidalla toisten ajoneuvojen (V2V) ja taustajärjestelmien (V2I) kanssa. Optisten ja muiden antureiden keräämä tieto yhdistetään, jolloin ajoneuvon ympäristöstä voidaan muodostaa varsin kehittynyt kuvaus. Prototyypiajoneuvo rullaa vakaasti 85 km/h -nopeutta. Vetoauto ja perävaunu jarruttavat ja kiihdyttävät yhtäaikaan keskellä oikeanpuoleista kaistaa liikennevirran mukana. Kuljettaja istuu ohjaamossa ohjauspyörän takana, mutta hän voi suunnitella vaikka seuraavia työtehtäviään tai uutta reittiä tablet-tietokoneella. Sen jälkeen kuljettaja vielä varmistaa, että puoli-perävaunussa olevat tavarat ovat kunnolla kiinnitetty. Kuljettajan on kuitenkin oltava koko ajan valmis ottamaan ajoneuvo hallintaansa järjestelmän niin pyytäessä. Vetoautoa ohjaa automaattinen järjestelmä ”Highway Pilot”. Automaattisen ajoneuvoyhdistelmän demonstraatio osoittaa, että tällainen ajoneuvo pystyy selviämään myös erikoisemmista

tilanteista: yhdistelmä voi ohittaa tienvarteen pysäköidyn (rikkoutuneen) auton niin, että yhdistelmä jättää riittävästi tilaa oikealle puolelle turvallista ohittamista varten. Tarvittaessa ajoneuvoyhdistelmä pystyy antamaan takaa tulevalle hälytysajoneuvolle tilaa siirtymällä itse omalla kaistallaan oikeaan reunaan. Molemmat ajoneuvot vaihtavat tietoja toisistaan ja ovat siten tietoisia toistensa läsnäolosta, sijainnista ja nopeudesta. Kommunikointiin ne käyttävät V2V-teknologiaa, ja erityisesti C2C-teknologiaa, jonka on kehittänyt Car-2-car Communication Consortium (C2C-CC). Vasta kun yhdistelmä poistuu valtatieltä, ottaa kuljettaja ajoneuvon haltuunsa ja ohjaa perille kohteeseen. Ajoneuvoyhdistelmä esiteltiin heinäkuussa 2014 suljetulla moottoritieosuudella lähellä Magdeburgia. (Mercedes 2015.)



Kuva 7. Automaattisen Mercedes Future Truck -ajoneuvoyhdistelmän proto tyyppi. (Mercedes 2015b)

10) 2025: Kuljettajaton talous

Uber-taksipalvelu tutkii yhteistyössä Carnegie Mellon Universityn kanssa ilman kuljettajaa toimivia ajoneuvoteknologioita. Uberin tavoitteena on tarkastella kuljettajaton taksikalustoa. Carnegie Mellon University on jo tutkinut pitkään autonomista ajamista ja ajoneuvoja. Kuten Apple iCar yllä, myös tähän lähestymiseen löytyy skeptikkoja ja puolustajia. Voimakkaimmat puhujat uskovat, että automaattiset taksit veisivät alalta miljoonia työpaikkoja, mutta vastaavasti muuttaisivat yhteiskuntaa paremmaksi.

Edellä olevan lähteen lisäksi on automaattiajamisessa tehty myös muita merkittäviä kokeiluja. Suomessa tähän mennessä merkittävin autonomisten ajoneuvojen kokeilu oli keuhällä 2015. Eurooppalaisen CityMobil2-projektin sisäisessä kilpailussa Vantaan kaupunki sai toteuttaa autonomisten pikkubussien kokeilujakson vuoden 2015 asuntomessujen yhteydessä. Vantaalla autonomiset ajoneuvot liikkuvat ilman kuljettajaa, ja ne kuljettivat matkustajia uuden Kehäradan Kivistön rautatieaseman ja Vantaan asuntomessualueen pääportin välillä. Kokeilu alkoi heinäkuussa asuntomessujen avautuessa ja kesti koko messujen ajan. Kokeilu oli kaikille avoin mahdollisuus kokeilla kuljettajaton joukkoliikennepalvelua. Kokeilureitti kulki noin kilometrin matkan aidattua, muulta liikenteeltä suljettua kevyen liikenteen väylää pitkin. Suurimmaksi ajonopeudeksi säädettiin 13 km/h turvallisuussyistä, vaikka ajoneuvolla pystyi ajamaan yli 40 km/h nopeutta.

CityMobil2 -projektissa tehdään kokeiluja muissakin Euroopan kaupungeissa automaattisten ja autonomisten ajoneuvojen kanssa (automaatiotaso 4). Tavoitteena on testata, miten ajoneuvot toimivat osana kaupunkien joukkoliikennettä. Ajoneuvojen reitit oli käytännön syistä erotettu muusta liikenteestä joissakin kaupungeissa, mutta joissakin reitit kulkivat osin samoilla katualueilla muun liikenteen kanssa. Ajoneuvot kulkevat alhaisella nopeudella, jotta mahdollisiin esteisiin ja vaaratilanteisiin ehditään reagoida ajoissa. (Shladover ja Bishop 2015.)