



AUTONOMISET AJONEUVOT JA

LASERKEILAUS

**Juha Hyyppä, Hannu Hyyppä, Anttoni Jaakkola,
Leena Matikainen, Marika Ahlavojo ja Juho-Pekka Virtanen**

Autonomisten ajoneuvojen synnyttämät mahdollisuudet ja muutokset herättävät laajaa keskustelua yhteiskunnassa tällä hetkellä. Suomessa autonomista liikennettä on jo testattu käytännössä. Esimerkiksi robobussit tulivat kesän ja alkusyksyn aikana demokäyttöön Hernesaareen ja Otaniemeen. Demonstraatiot olivat osa SOHJOA-nimistä EAKR-hanketta, jossa partnereina ovat Metropolia, Aalto, FGI ja Tampereen teknillinen yliopisto. Laserkeilauksen huippuyksikkö asensi omat kone-näkölaitteensa autonomisen pikkubussin eteen ja testasi nykytekniikan toimivuutta. Minkälaiseen tekniikkaan ajoneuvot perustuvat ja kuinka pitkällä kehitys oikeasti on?

MIKÄ ON AUTONOMINEN AJONEUVO?

Autonominen ajoneuvo (robottiauto) kykenee suoriutumaan ajotehtävästään ilman kuljettajaa ja ilman yhteyttä infrastruktuuriin. Ajoneuvojen tekniikka on jaettu viiteen tasoon, joista taso 5 vastaa täyttä automaatiota, jossa ihmistä ei tarvita kuljettajana. Ajoneuvo kykenee itsenäisesti suunnittelemaan reittinsä ja toimimaan liikenteen seassa. On ennustettu, että täysin autonomiset ajoneuvot ovat teknologisesti valmiita noin vuonna 2030 ja tällöin uusista myydyistä autoista 15 % on autonomisia. Teknologia uudistaa taksi- ja bussipalvelut, lasten koulukuljetukset harvaan asutulla alueella, sairastuneen viemisen nopeasti sairaalaan ja joustavat kotimaan matkat, joissa auto kuljettaa nukkuvat matkustajat yöllä esimerkiksi Lappiin hiihtoreissulle. Autonomisten autojen yleistyessä kaupunkialueilla yhteiskäyttöiset ajoneuvot voivat jopa parantaa palvelutasoa. Suomen olosuhteet haastavat robottiautot, sillä se, miten auton sensorit

Autonomiset ajoneuvot kiinnostivat myös Liettuan presidenttiä siinä määrin, että valtiotietokonevierailun aikataulu viivästyi 40 min.

näkevät eteensä esimerkiksi kovassa lumisateessa, saattaa jäädä ratkaisematta pidemmäksi aikaa.

Ennen täysin autonomisia ajoneuvoja tulee pitkä siirtymäaika, jona robottiautot ja perinteiset autot ajavat liikenteessä sekaisin. Uusien autojen älykkäät vakionopeudensäätimet ja kaistavahdit ovat esimakua siitä, mitä on tulossa. Suomen autokannan hidas uudistuminen pidentää myös siirtymäaika. Ennakoitavissa olevana ongelmana ovat hitaasti etenevät matalan automaatiotason autonomiset ajoneuvot, jotka voivat jopa ruuhkauttaa liikenteen nykyistä alemmissa liikennetiheyksissä ja laskea keskinopeuksia. Talvihoidon kustannukset saattavat kasvaa, kun tietympäristöä pitää sopivana myös robottiautoille. Vasta korkeampien automaatiotason ajoneuvojen (tasot 4–5) yleistyessä aletaan saavuttaa

merkittäviä hyötyjä liikennejärjestelmän kannalta. Robottiautot herättävät kysymyksen myös siitä, miten käy joukkoliikenteelle, kun asiakkaalle soveltuvia matkustusvaihtoehtoja tulee lisää.

AUTONOMISTEN AJONEUVOJEN TEKNOLOGIASTA

Autonomisen ajoneuvon tarvitsee sekä paikantaa itsensä tietympäristöön että seurata ympäristöä oman toimintansa suunnitteluun ja onnettomuuksien välttämiseksi. Ympäristöä havainnoidaan monisensorijärjestelmillä, jotka koostuvat toisiaan tukevista teknisistä ratkaisuista. Paikannukseen ja törmäyksen estoon voidaan käyttää osittain samoja sensoreita. Autonomisten autojen kehittäjien suunnitelmat poikkeavat kuitenkin toisistaan merkittävästi.

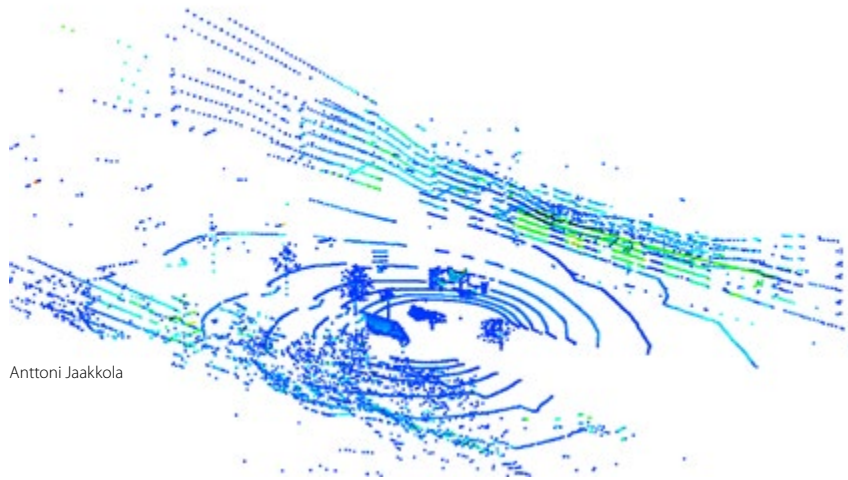
Tyypillisimmät paikannussensorit ovat satelliittipaikannin GNSS (Global Navigation Satellite System), inertiamittalaitteet (Inertial Measurement Unit, IMU) eli kiihtyvyyssanturit ja kulmanopeutta mittaavat gyroskoopit, jotka mittaavat jatkuvasti ajoneuvon asentoa ja sen muutoksia. Pyörien asentoa ja etenemistä voidaan mitata omilla sensoreilla. Paikannukseen voidaan käyttää myös SLAM-tekniikkaa (Simultaneous Localization And Mapping), jossa esimerkiksi laserkeilaimen peräkkäisiä mittauksia verrataan toisiinsa ja määritetään siten ajoneuvon paikka, asento ja niiden muutokset. Robottiajoneuvo pystyykin paikantamaan itsensä näillä tekniikoilla muutaman senttimetrin ja huonoimmillaankin muutaman kymmenen senttimetrin tarkkuudella. Robottiauto käyttää paikannuksen apuna myös ajoratamerkintöjä ja tietympäristöön asennettua infrastruktuuria.

Laserkeilauksen huippuyksikkö asensi omat konenäkö-laitteensa autonomisen robottibussin eteen.

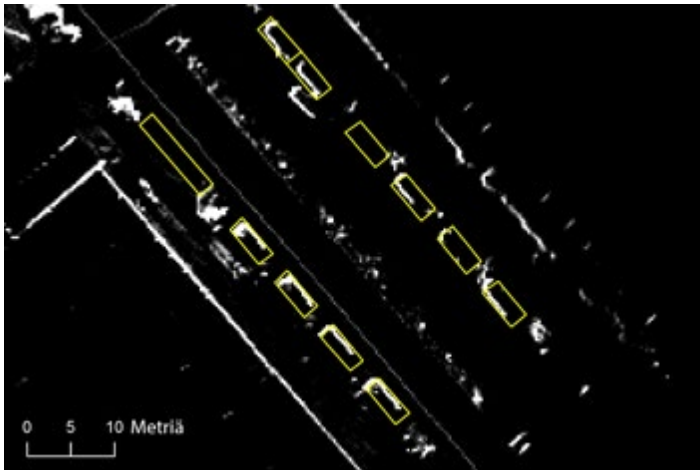


Matti Kurkela

Pistepilvi kuvaa
niin ympärillä olevia
rakennuksia, puita kuin
liikenteessä
olevia ajoneuvojakin.

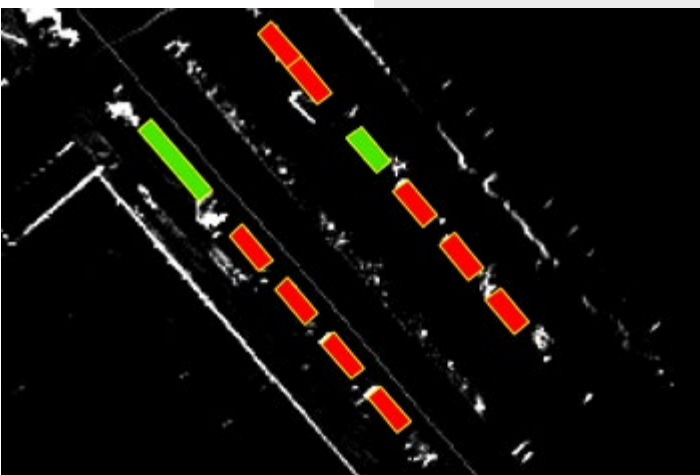


Anttoni Jaakkola



Leena Matikainen

Vapaiden
parkkipaikkojen
määrittäminen
ajoneuvon
sensoridatasta.



Leena Matikainen

Ympäristön havainnoinnin ja törmäyksen eston osalta robottiautojen tekniikat poikkeavat toisistaan. Googlen autoissa tärkein anturi on katolle sijoitettu pyörivä laserkeilain, joka muodostaa 360 asteen kuvan ympäristöstä käyttäen laserpulslien mittaamia etäisyyksiä aina 200 metriin asti. Teslan nykystrategiana on toistaiseksi toimia ilman laserkeilainta, koska kehittyvä laserkeilaintekniikka muuttuu nopeasti ja on vielä kallista. Niinpä Tesla on ilmoittanut, että sen kaikissa uusissa autoissa (Model S, X ja 3) on jo autonomisten autojen vaativa sensoritekniikka: 8 kameraa, 12 ultraäänisensoria ja yksi eteenpäinkatsova radiotaajuinen tutka. Prosessorina näille sensoreille on Nvidia Drive PX 2 -grafiikkakorttitekniologiaan perustuva "supertietokone". Autoissa käytettävissä sensoritekniikoissa on eroja myös suorituskyvyn osalta. Laserkeilaimen etuna on nopeus, etäisyyksimittauksen tarkkuus ja pieni kulmaresoluutio. Mikro- ja millimetriaaltotutkalla voidaan mitata etäisyyttä, suuntaa ja kohteen nopeutta, mutta leveämmän keilansa (lasereihin verrattuna) takia kohteiden erottamiskyky on huonompi. Perinteisellä kameralla ja videolla voidaan havaita lisäksi hyvin liikennevaloja, liikennemerkkejä ja nopeasti liikkuvia kohteita kuten pyöräilijöitä. Lämpökameroilla voidaan tunnistaa mm. eläimiä tien reunoilta. Etäisyyksimittauksessa stereomittauksella voidaan tuottaa kameroilla laserkeilainta vastaava pistepilvi. Kameroihin nojaavien tekniikoiden ongelmana kuitenkin on, että kuvissa kohde ei aina erotu taustastaan pelkän sävyarvon avulla, ja voi siksi jäädä havaitsematta. Näin kävi käytännössä, kun Teslan autopilotti ei erottanut vaaleaa kuorma-auton perävauhua taustasta, vaan törmäsi siihen traagisin seurauksin. Joissain tapauksissa ympäristön tarkkailussa voidaan hyödyntää myös muutostulkintaa ja ihmistä. Osa nykyisistä robottiautoista vaatii, että reitti ensin opetetaan autolle käsiohjauksella, jonka jälkeen auto kykenee tarkkailemaan reitillä tapahtuvia muutoksia ja välttämään

törmäyksiä. Käsiohjauksella tuotettu ajoreitti muodostaa autolle valmiin "punaisen langan", jota seurata, jolloin havainnointikyvyn vaatimukset hieman kevenevät.

LIITYNTÄ MAANMITTAUKSEEN

Liikkuvaa kartoitusta, erityisesti liikkuvaa laserkeilausta, on maanmittauksessa tutkittu intensiivisesti 2000-luvun alusta. Esimerkkejä yritysten kartoitusaktiviteeteista ovat olleet HERE:n True Car- ja Googlen Street View Car -teknologiat, joissa auton päälle on asennettu paikkaa ja asentoa mittaavat sensorit ja ympäristöä kuvantavat laitteet (laserkeilain, kamerat, jne). Näillä sensoreilla on tuotettu liikenneympäristöstä tilannekuvaa ja 3D-mallia. Tätä tutkimusta on tehty myös Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksessa jo 12 vuoden ajan. Käytännössä liikkuvaan kartoitukseen käytettävät teknologiat ovat identtisiä nykyisten autonomisissa autoissa sovellettavien teknologioiden kanssa. HERE myytiinkin Saksan autoteollisuudelle.

SOHJOA-hankkeessa koekäytössä on kaksi Ligierin EZ10 -sähköbussia, jotka on rakennettu 10 käyttäjälle (6 istuin- ja 4 seisopaikkaa). Sensoreina toimivat GNSS, kamerat, kuhunkin auton kulmaan asennetut 2D-tasokeilaimet ja katolla oleva laserkeilain. Bussin paikantamiseen käytetään yhdistettyä satelliittipaikkannusta ja SLAM-tekniikkaa. Haluttu reitti opetetaan bussille ajamalla se manuaalisesti, jonka jälkeen jälkeen bussi osaa operoida reitillä täysautomaattisesti. Laitteisto seuraa ympärillä olevien kohteiden sijaintia ja liikerataa ja päättlee niistä omat jarruttamistarpeensa. Korkea automaatiotaso on osin saavutettu rajoittamalla ajonopeus matalaksi (11 km/h). Lisäksi ympäristön lämpötilan on oltava plussan puolella.

Omat laitteet olivat tarpeen, sillä Ligierin sensoreiden dataa ei luottamuksellisuussyistä voida käyttää tutkimuksessa. Huippuyksikön oma laitteisto oli myös mittaustekniikan osalta kehittyneempi kuin Ligierin bussin sensorit. Autonomisen ajoneuvon tuottama data ei periaatteiltaan poikkea liikkuvan laserkeilauksen tuottamasta aineistoista, joka voisi mahdollistaa autonomisen ajon lisäksi karttojen reaaliaikaisen ajantasaistamisen.

Laitteiston avulla tutkittiin kahta eri sovellusta: karttojen ajantasaistusta ja parkkipaikkojen reaaliaikaista tilannekartoitusta. Ajoimme Espoonlahdessa sijaitsevan kauppakeskus Lippulaivan ohitse ja kartoitimme tilanteen omilla sensoreillamme (ks. oheiset kuvat sensoridatasta). Määritimme tästä aineistosta tien varrelta olevien rakennusten sokkelivektorit. Autojen tuottama sensoridata oli tarkkuudeltaan ja kattavuudeltaan riittävää uuden rakennuksen määrittämiseksi ja kartan ajantasaistukseen. Sokkelivektorit voitiin määrittää 10 cm:n tarkkuudella ja vapaat parkkipaikat selvisivät datasta.

MITÄ TULEVAISUUDESSA?

Hyvin erilaiset, autoteollisuuden ulkopuoliset toimijat kehittävät tällä hetkellä autonomisia ajoneuvoja. Google on jo tunnettu autonomisista autoistaan. Taksipalveluita tarjoava Uber pyrkii aktiivisesti tuomaan markkinoille autonomisen ajoneuvon omien palveluidensa alustaksi. Applella on ollut 10 vuotta autonomisiin ajoneuvoihin liittyvää kehitystyötä. 1 000 hengen mystinen projekti Titan on muuttamassa muotoaan autonomisesta ajoneuvosta autonomisen ajoneuvon teknologian kehittämisprojekti, jonka tulosten uskotaan tulevan julkisiksi vuonna 2017.

Autonomiset ajoneuvot muuttavat yleistyessään yhteiskuntaa. Mercedes Benz on esittänyt, että tulevaisuudessa pakettiautot yhdistävät robottilennokkitekniikan ja autonomisen ajoneuvon tekniikan – ja paketit tuodaan ovelle robottilennokkien avulla. Autonomisten ajoneuvojen tuottamaa dataa voidaan esittämämme esimerkkien tavoin käyttää myös valtakunnallisten karttojen yhä reaaliaikaisempaan tuottamiseen ja päivittämiseen. Nähtäväksi jää, kuinka isot panostukset ja uudistukset roboautojen tulon myötä tarvitaan liikenneinfraan ja maankäytön suunnitteluun. Erittäin kiinnostavaa on myös, kuinka itseajavien autojen kyydissä olevien matkustajien lisääntynyt viihdetarve ratkaistaan.



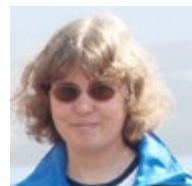
Juha Hyyppä toimii professorina Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksessa. Hän on myös Suomen Akatemian rahoittaman Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön johtaja. Sähköposti: juha.hyyppa@maanmittauslaitos.fi



Hannu Hyyppä työskentelee Aalto-yliopistossa professorina, Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikössä ja kehittää COMBAT-hankkeessa digitaalisia väyliä. Sähköposti: hannu.hyyppa@aalto.fi



TKT Anttoni Jaakkola toimii tutkimuspäällikkönä Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksessa ja on Suomen Akatemian Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön avaintutkijoita. Sähköposti: anttoni.jaakkola@maanmittauslaitos.fi



TKT Leena Matikainen toimii erikoistutkijana Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksessa ja Suomen Akatemian Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikössä. Sähköposti: leena.matikainen@maanmittauslaitos.fi



Marika Ahlavo toimii koordinaattorina Aalto-yliopistossa Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikössä 2014–2019 ja Metropolia AMK:ssa sekä Humakissa asiantuntijana. Sähköposti: marika.ahlavo@aalto.fi



TaM Juho-Pekka Virtanen toimii tohtorikoulutettavana Aalto-yliopistossa rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutissa ja Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikössä. Sähköposti: juho-pekka.virtanen@aalto.fi