Azat Ismailogullari

Robottibussipilottien kaupallistaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

9.3.2018

Metropolia

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Azat Ismailogullari Robottibussipilottien kaupallistaminen 30 sivua 9.3.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Ammatillinen pääaine	Jälkimarkkinointi
Ohjaajat	Projektipäällikkö Oscar Nissin

Tämän insinöörityön tavoitteena oli havainnollistaa robottibussipilottien toteutusta esimerkin avulla, tunnistaa potentiaalisia asiakasryhmiä robottibussipilottien kaupallistamista varten sekä kuvata robottibussipalvelun sisältöä. Työ toteutettiin Metropolian SOHJOA-hankkeelle, jonka tavoitteena on synnyttää Suomeen uutta osaamista, liiketoimintaa ja työpaikkoja. Työ ajoittui syksyyn 2017 ja talveen 2017–2018.

Työn pohjana toimii robottibussien parissa kerrytetty työkokemus ja siinä tehdyt havainnot. Lisäksi työtä varten on keskusteltu asiantuntijoiden kanssa, tutustuttu verkkolähteisiin sekä osallistuttu seminaareihin ja robottibussivalmistajien koulutuksiin.

Työssä tarkastellaan ensin lainsäädäntöön liittyviä seikkoja ja sen jälkeen esitellään yleistyneimpien robottibussien teknisiä ominaisuuksia. Pohjatietojen tarkastelun jälkeen kuvataan Finavialle 2.10.–1.11.2017 toteutettu robottibussipilotti. Seuraavaksi tunnistetaan robottibussipalvelulle potentiaalisia asiakkaita, kehitetään ideaa tarjottavasta palvelusta, luodaan katsaus kuukauden mittaisen robottibussipilotin kuluihin Finavian pilotin pohjalta ja esitellään markkinointikanavia.

Viimeisessä luvussa esitetään SWOT-analyysiä robottibussipalvelujen kaupallistamisesta ja tarkastellaan robottibussien tulevaisuudennäkymiä. Lisäksi pohditaan robottibussipilottien kaupallistamista ja oman robottibussin valmistamista.

Työn tuloksena saatiin kuvattua robottibussipalvelun sisältö ja laskettua kuukauden kestävän pilotin kustannukset. Potentiaalisiksi asiakasryhmiksi robottibussipalveluille tunnistettiin muun muassa huvipuistot, kampusalueet ja lentokentät. Työ osoitti myös, etteivät nykyiset robottibussit ole toistaiseksi valmiita toimimaan ilman operaattoria.

Avainsanat	Robottibussi, pilotointi, kaupallistaminen

Author Title Number of Pages Date	Azat Ismailogullari Commercialization of Robot Bus Pilots 30 pages 9 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Professional Major	After Sales Engineering
Instructors	Oscar Nissin, Project Manager

The purpose of this Bachelor's thesis was to illustrate the implementation of robot bus pilots by example, to identify potential customer groups for the robot bus services and to describe the contents of a robot bus service. This thesis was assigned by SOHJOA-project, which aims to create new skills, business and jobs in Finland. The work took place in autumn 2017 and winter 2017–2018.

This thesis is based on the work experience and the observations made while working with robot buses. In addition, experts were interviewed, online resources were studied and seminars were participated.

The thesis discusses first the legislative issues and then presents the technical features of the most common robot buses. After reviewing the baseline data, a robotic bus pilot implemented for Finavia site from 2 October to 1 November 2017 is described. Next, potential customer groups for robot bus services are identified. After that, a service idea is developed, an overview of costs for one-month robot bus pilot based on Finavia pilot site is created and finally, marketing channels are introduced.

The last chapter presents a SWOT analysis about the commercialization of robot bus services and looks at the future prospects for robot buses. In addition, the commercialization of robot bus services and the production of a robot bus are considered.

As a result, this Bachelor's thesis describes the content of the robot bus service and the cost of a one-month pilot. It was found out that the potential customer groups for robot bus services are for example amusement parks, campus areas and airports. In addition, it was discovered that the current robot buses are not ready to operate without an operator at the moment.

Keywords	Robot bus, piloting, commercialization

Sisällys

1 Johdanto 1

1.1 Työn tausta 1
1.2 Työn aihe ja sisältö 2
1.3 SOHJOA-hanke 2
1.4 Työn toteutus 3
1.5 Toimijat Suomessa 3
1.6 Sensible 4

2 Lainsäädäntö 5

2.1 Nykyinen lainsäädäntö 5
2.2 Viranomaiset 5
2.2.1 Liikenne- ja viestintäministeriö 5
2.2.2 Liikennevirasto 6
2.2.3 Trafi 6
2.2.4 Poliisi 6
2.3 Tulevat säädökset 6

3 Robottibussi 7

3.1 Robottibussit yleisesti 7
3.2 Ominaisuudet 8
3.3 Reitin luominen 10
3.4 Bussin paikannus 10
3.5 Esteiden havainnointi 10
3.6 Reittien suunnittelu robottibussille 11
3.7 Operointi automaattitilassa 12

4 Finavian pilotti 13

4.1 Reitti 13
4.2 Riskien hallinta 14
4.3 Järjestelyt 14
4.4 Talviolosuhteet 17
4.5 Matkustajat 18
4.6 Käyttäjäkysely 19

5 Potentiaaliset asiakkaat 20

5.1 Kaupungit ja julkisen liikenteen liikennöintisopimuskumppanit 20
5.2 Koulutus 21
5.3 Sairaala-alueet 21
5.4 Huvipuistot ja eläintarhat 22
5.5 Tehdasalueet, kauppakeskukset ja kampukset 22
5.6 Lentokentät ja satamat 23
5.7 Tapahtumat 23

6 Metropolia Mobility Services 24

7 Palvelun kulut ja hinnoittelu 25

8 Markkinointi 26

9 Johtopäätökset 27

9.1 SWOT-analyysi 27
9.2 Tulevaisuuden näkymät 28
9.3 Suositukset 29

Lähteet 31

Lyhenteet

SAE	Society of Automotive Engineers
LiDAR	Light Detection and Ranging
GNSS	Global Navigation Satellite System
RTK	Real Time Kinematic
GPS	Global Positioning System
NTRIP	Networked Transport of RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) via Internet Protocol
VRS	Virtual Reference Station

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Elämme suurta liikkumisen murroksen ja muutoksen aikakautta. Uusia palveluita tulee markkinoille jatkuvalla syötöllä. Muutokseen ajavat niin jatkuvasti kiristyvät päästötavoitteet, kuin myös digitalisaation ja robotisaation tuomat mahdollisuudet. Ympäristötietoisuus ja kiertotalouden trendikkyys kannustavat myös omalta osaltaan kuluttajia sekä yrityksiä etsimään vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Liikenne- ja viestintäministeri Anne Bernerin mukaan autoilun rahoituspohja tulee perustumaan jatkossa käytön eikä auton omistamisen verotukseen. Suomi on lainsäädännön, osaamisen ja olosuhteiden osalta ihanteellinen paikka liikenteen automaation kehitykselle. (Berner 2018.)

Yksi uuden ajan liikkumismuodoista on robottibussit. Robottibusseilla pystytään täydentämään julkisen liikenteen palveluja, tehden julkisten kulkuneuvojen käyttämisestä mielekkäämpää. Robottibussit soveltuvat myös lisäarvoa tuovaksi palveluksi erilaisilla alueilla, kuten lentokentillä, kauppakeskuksissa ja tapahtumissa.

Liikenteen automaatiolla on päästöjen pienentämisen lisäksi mahdollista vähentää onnettomuuksia, keventää liikkujan kokonaiskustannuksia sekä parantaa kaupunkien viihtyvyyttä. Automaation uskotaan säilyttävän ikäihmisten liikkumismahdollisuudet pidempään, vähentäen inhimillisten virheiden määrää liikenteessä sekä tarjoamalla ovelta ovelle palveluja liikuntakykyrajoitteisille ihmisille. (Älytekniikasta apua iäkkäiden liikkumiseen? 2017.)

1.2 Työn aihe ja sisältö

Tässä insinöörityössä käsitellään robottibussien pilotointia ja pilotointien kaupallistamista. Työn tavoitteena on kuvata robottibussipilottien toteuttamista esimerkin avulla, tunnistaa potentiaalisia asiakasryhmiä pilottien kaupallistamista varten sekä kuvata robottibussipalvelun sisältöä. Toistaiseksi Metropolia on testannut robottibusseja lähinnä tutkimusmielessä. Pilotoinnista voisi luoda myös kaupallista toimintaa tarjoamalla pilotteja ulkopuolisille yrityksille ja yhteisöille korvausta vastaan.

Aluksi työssä kuvataan lainsäädäntö, markkinoilla olevien robottibussien toiminta ja Finavialle tehty pilotti, joka on ainoa Metropolian myymä robottibussipilotti toistaiseksi. Seuraavaksi tunnistetaan potentiaalisia asiakkaita piloteille sekä avataan tarjottavan palvelupaketin sisältöä, hinnoittelua ja markkinointia. Lopuksi SWOT-analyysissa on arvioitu Metropolian vahvuuksia ja heikkouksia robottibussipilottien kaupallistamisen suhteen sekä tarkasteltu tulevaisuuden näkymiä ja esitetty suosituksia.

1.3 SOHJOA-hanke

Työ on tehty Metropolian SOHJOA-hankkeelle. Hankkeen tavoitteena on kehittää ratkaisuja kaupunkiliikenteen haasteisiin sekä luoda innovaatioalusta yrityksille. Hankkeessa tuodaan automaattiset robottibussit Suomen kaduille testattavaksi osana Liikenneviraston ja Trafin rahoittamaa NordicWay-hanketta. (SOHJOA 2018.)

SOHJOA-hanke on osa Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteistä 6Aika-strategia hankekokonaisuutta. Strategian tavoitteena on kehittää Suomeen uutta osaamista, liiketoimintaa ja työpaikkoja. Suomen väestöstä 30 % asuu näissä kuudessa kaupungissa (Helsinki, Espoo, Tampere, Vantaa, Oulu, Turku). (Uutta kaupunkia yhdessä 2018.)

Hankkeen tiimoilta robottibusseja on testattu Finavian esimerkkitapauksen lisäksi Helsingin Hernesaaressa 2016, Tampereen Hervannassa 2016 ja 2017 sekä Espoon Otaniemessä 2016 ja 2017 (Reitti ja aikataulut 2018). Hankekumppaneina ovat Aalto-yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, Maanmittauslaitos ja Forum Virium Helsinki (SOHJOA 2018).

SOHJOA-hankkeen robottibussipilottien on tarkoitus jatkua kevään 2018 aikana Helsingissä järjestettävällä pilotilla. Myös Metropolian muiden robottibussihankkeiden pilottien on tarkoitus käynnistyä vuoden 2018 aikana. mySMARTLife-hankkeen ja tätä tukevan Helsinki Robobusline -projektin yhteinen kokeilu alkaa toukokuun 2018 aikana. Myös Sohjoa Baltic -projektin robottibussipilotin on tarkoitus käynnistyä vuoden 2018 syksyllä.

1.4 Työn toteutus

Työtä varten olen kerryttänyt havaintoja parin viime vuoden aikana työskennellessäni robottibussien parissa. Käytännössä oppimaani tietoa tukeakseni olen keskustellut muiden alan ammattilaisten kanssa, tutkinut verkkolähteitä sekä osallistunut älykkäämmän liikkumisen seminaariin ja robottibussivalmistajien koulutuksiin.

Olen työskennellyt Vantaan kaupungille kesällä 2015 Kivistön asuntomessujen yhteydessä toteutetussa CityMobil2-robottibussipilotissa sekä kesästä 2017 alkaen Metropolia Ammattikorkeakoululle SOHJOA-hankkeessa. Olen ollut toteuttamassa Finavian pilotin järjestelyitä sekä hoitanut robottibussin operoinnin kyseisen pilotin ajan.

1.5 Toimijat Suomessa

Tällä hetkellä Suomessa ei ole tiedossa Metropolia Ammattikorkeakoulun lisäksi muita robottibussipilotteja tekeviä tahoja. Suomessa on valmisteilla tiettävästi yksi robottibussin prototyyppi. Ulkomaiset robottibussivalmistajat tai robottibussipilotteja tarjoavat yritykset saattavat kuitenkin tulevaisuudessa pyrkiä myös Suomen markkinoille hakiessaan kasvua toiminnalleen.

1.6 Sensible 4

Sensible 4 Oy on suomalainen autonomiseen liikkumiseen keskittynyt yritys, joka koettaa ratkaista talviolosuhteiden tuomia haasteita. Sensible 4 käyttää automaattiseksi muunneltua Renault Twizy (kuva 1) nelipyörää testiajoneuvona autonomian vaatimille teknologioille (Juto - the test vehicle 2018).

Sensible 4 on ilmoittanut aloittavansa itse valmistamansa robottibussin pilotoinnin toukokuussa 2018 (aIGO Bus Project 2018).

Kuva 1. Renault Twizy ”Juto” testiajoneuvo tekolumisateessa (Juto - the test vehicle 2018).

2 Lainsäädäntö

2.1 Nykyinen lainsäädäntö

Suomen tieliikennelainsäädäntö on melko väljästi tulkittavissa, eikä se nykyisellään tunne automaattiajoneuvoa. Toistaiseksi robottibussit on katsottu henkilöautoiksi koekilpiä haettaessa. Kuljettaja tai robottibussin tapauksessa operaattori on aina vastuussa ajoneuvosta. Laissa ei ole määritelty, missä kuljettajan tulisi olla, mikä mahdollistaa ajoneuvon kuljettamisen myös etänä (Robotiikan taustaselvityksiä 2016: 37).

Viranomaiset ovat suhtautuneet positiivisesti robottibussikokeiluihin. Digitalisaatio, kokeilut ja normien purkaminen kuuluvat istuvan hallituksen kärkihakkeisiin, mikä on hyvä suuntaus robottibussien toimintaa ajatellen (Digitalisaatio, kokeilut ja normien purkaminen 2018).

2.2 Viranomaiset

Tässä luvussa käydään läpi robottibussipilotteihin liittyviä viranomaistahoja. Viranomaisten lisäksi piloteista ja niiden vaatimista järjestelyistä sovitaan aina maanomistajan kanssa.

2.2.1 Liikenne- ja viestintäministeriö

Ministeriö valmistelee toimialaansa liittyvät poliittiset ja strategiset linjaukset sekä lainsäädännön. Ministeriö ohjaa Liikennevirastoa ja Trafia sekä vastaa siitä, että niiden tavoitteet ja toiminta ovat linjassa hallitusohjelman kanssa (Liikenne- ja viestintäpolitiikka 2018). Ministeriön edustaja kuuluu SOHJOA-hankkeen ohjausryhmään.

2.2.2 Liikennevirasto

Liikennevirasto on liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toimiva asiantuntijaorganisaatio, joka vastaa muun muassa Suomen teistä ja liikennejärjestelmän kehittämisestä. Viraston vastuulla on liikenneinfra, joka mahdollistaa liikkumisen palveluiden, robotisaation ja digitalisaation hyödyntämisen (Tapamme toimia 2018).

2.2.3 Trafi

Trafilta haetaan koenumerotodistusta, joka oikeuttaa ajoneuvon käyttöön liikenteessä koenumerokilvin. Koenumerokilvin saa kuljettaa rekisteröimättömiä ajoneuvoja liikenteessä silloin, kun kysymyksessä on ajoneuvon tai sen laitteiden tutkimukseen tai tuotekehittelyyn liittyvä koeajo. (Rekisterikilvet 2018.) Koenumerotodistuksessa robottibussi on katsottu henkilöautoksi, minkä vuoksi bussista vastaavalla operaattorilla on oltava B-luokan ajokortti.

Piloteista laaditaan Trafille koesuunnitelma, jossa selvitetään mitä aiotaan tehdä, sekä käydään läpi mahdollisia riskejä ja miten kyseisiin riskeihin varaudutaan.

2.2.4 Poliisi

Poliisi valvoo tieliikennelain noudattamista myös robottibussien osalta.

2.3 Tulevat säädökset

Uusi tieliikennelain esitys on parhaillaan eduskuntakäsittelyssä. Lain uudistuksella halutaan lisätä liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta sekä luoda edellytyksiä liikenteen digitalisoitumiselle ja automaatiolle (Uusi tieliikennelaki tähtää turvallisempaan tulevaisuuteen 2017).

Esityksessä tienkäyttäjänä pidettäisiin jatkossa myös henkilöä, joka ohjaa ajoneuvoa muualta kuin sen sisältä. Ajoneuvo ei saa pysäköinnin jälkeen lähteä liikenteeseen hallitsemattomasti esimerkiksi etäohjauksen aikana. Nykyisiä keltaisia sulkuviivoja esitetään muutettavaksi valkoisiksi, kuten Euroopassa on yleisesti tapana. Valkoinen väri on

keltaista helpommin erotettavissa konenäöllä. Esityksen mukaan liikennemerkkien, liikennevalojen ja muiden liikenteenohjauslaitteiden paikkatiedot olisi toimitettava Liikenneviraston ylläpitämään tietojärjestelmään, jotta niitä voitaisiin hyödyntää digitaalisessa muodossa esimerkiksi automaattisessa liikenteessä. (Pilli-Sihvola 2018.)

Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomissio (UNECE) määrittää tyyppihyväksyntäkriteerit (ns. E-säännöt), jotka vaikuttavat ajoneuvojen tyyppi- ja yksittäishyväksyntäkriteereihin ja sitä kautta myös automaattisten järjestelmien kehitykseen. Talouskomissiossa pohditaan myös parhaillaan automaattisten järjestelmien turvallista käyttöä ja niiden vaikutuksia Wienin kansainväliseen tieliikennesopimukseen. (Pilli-Sihvola 2018.)

3 Robottibussi

3.1 Robottibussit yleisesti

Robottibusseiksi kutsutaan pieniä sähkökäyttöisiä 9–15 hengen automaattisia busseja. Bussit on suunniteltu toimimaan urbaaneissa ympäristöissä. Toistaiseksi bussin kyydissä on aina operaattori, joka on vastuussa bussin liikennöinnistä, aivan kuten tavallisessa autossa kuljettaja. Robottibussien operaattori on tarkoitus siirtää tekniikan kehittyessä bussin sisältä etävalvomoon, valvomaan useampaa bussia kerralla. Etävalvomon uskotaan laskevan operoinnin henkilöstökuluja selvästi. (Huhta 2017: 69–73.) Markkinoita hallitsee tällä hetkellä kahden ranskalaisen yrityksen bussimallit, Navya ARMA ja EasyMile EZ10 (kuva 2). Tästä eteenpäin robottibusseista puhuttaessa tarkoitetaan edellä mainittuja robottibussimalleja.

Metropolialla on käytännön kokemusta EZ10-bussista vuodesta 2015 lähtien. ARMA hankittiin Metropolialle vuoden 2017 lopulla, joten sen käytöstä ei ole vielä käytännön kokemusta, vaan yksityiskohdat perustuvat valmistajan ilmoittamiin tietoihin.

Kuva 2. Vasemmalla Navya Arma, oikealla EasyMile EZ10 (Nissin 2017).

3.2 Ominaisuudet

Molemmat valmistajat käyttävät teknisesti samankaltaisia ratkaisuja lokalisointiin ja esteiden tunnistamiseen. Society of Automotive Engineersin (SAE) kansainvälinen standardi J3016 kuvaa ajoneuvojen eri automaatiotasoja. Robottibussien määrittely tällä kuusiportaisella asteikolla on hankalaa, koska ne kulkevat vain ennalta määritetyillä reiteillä. Näillä määritetyillä reiteillä bussit kuitenkin pystyvät operoimaan autonomisesti korkealla tasolla ja ihmisen puuttumista ajoneuvon kulkuun on pyritty minimoimaan niin paljon kuin mahdollista. Busseissa ei ole normaaleja hallintalaitteita, kuten ohjauspyörää tai polkimia. Tällä hetkellä bussit sijoittuvat kolmannelle tai neljännelle tasolle SAE-standardin asteikolla (taulukko 1).

Taulukko 1. SAE tieliikenteen automaation tasot (Automotive Applications 2018).

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/ Deceleration	*Monitoring* of Driving Environment	Fallback Performance of *Dynamic Driving Task*	System Capability *(Driving Modes)*
***Human driver* monitors the driving environment**						
0	No Automation	the full-time performance by the *human driver* of all aspects of the *dynamic driving task*, even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the *driving mode*-specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the *human driver* perform all remaining aspects of the *dynamic driving task*	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the *driving mode*-specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/ deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the *human driver* perform all remaining aspects of the *dynamic driving task*	**System**	Human driver	Human driver	Some driving modes
***Automated driving system* ("system") monitors the driving environment**						
3	Conditional Automation	the *driving mode*-specific performance by an *automated driving system* of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the *human driver* will respond appropriately to a *request to intervene*	System	**System**	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the *driving mode*-specific performance by an automated driving system of all aspects of the *dynamic driving task*, even if a *human driver* does not respond appropriately to a *request to intervene*	System	System	**System**	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an *automated driving system* of all aspects of the *dynamic driving task* under all roadway and environmental conditions that can be managed by a *human driver*	System	System	System	**All driving modes**

Copyright © 2014 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed provided SAE International and J3016 are acknowledged as the source and must be reproduced AS-IS.

Bussien autonominen järjestelmä kattaa kaikki dynaamiset ajotehtävät, kuten liikkumisen ja kääntymisen. Bussit pystyvät ohjaamaan, kiihdyttämään ja jarruttamaan itsenäisesti, mutta joissain tapauksissa ihmisen on otettava ajoneuvo haltuun. Tällainen tilanne syntyy yleisimmin, kun tiellä on jokin este, joka ajoneuvon operaattorin on kierrettävä manuaalisesti. Erona normaaliin ajoneuvoon, manuaalinen ajo tapahtuu ohjaussauvalla (joystick).

Bussit eivät tee itsenäisiä päätöksiä päästäkseen paikasta A paikkaan B, vaan seuraavat tarkasti etukäteen ohjelmoitua reittiä. Toimintaa voidaan verrata raitiovaunuun joka seuraa virtuaalista rataa raiteiden sijaan. Joissain tapauksissa tällaista toimintamuotoa on kutsuttu myös horisontaaliseksi hissiksi.

Nykyisiä robottibusseja ei ole suunniteltu pohjoisiin talviolosuhteisiin, mutta molemmat valmistajat ovat aloittaneet talvitestaukset.

3.3 Reitin luominen

Automaattisen reitin luominen aloitetaan ajamalla reitti läpi manuaalisesti. Tämän manuaalisen ajon aikana bussi tallentaa dataa ympäröivästä infrastruktuurista monikerroksisen optisen tutkan (LiDAR) avulla. Tämä tallennettu data prosessoidaan kartaksi, johon ohjelmoidaan haluttu reitti. Bussin kulkiessa autonomisessa tilassa, dataa kerätään reaaliaikaisesti samojen optisten tutkien avulla ja sitä verrataan muodostettuun karttapohjaan.

3.4 Bussin paikannus

Paikannustieto satelliiteista ei ole tarpeeksi tarkkaa sellaisenaan; esimerkiksi GPS (Global Positioning System) saattaa heittää useita metrejä. Tarkemman paikannustarkkuuden saavuttamiseksi on käytetty RTK (Real Time Kinematic) differentiaali GNSS (Global Navigation Satellite System) -tekniikkaa. Tarkennettu paikannustieto saadaan joko radiotaajuuksien kautta lähelle operointialuetta asennetun GNSS RTK -referenssiaseman avulla tai 3G/4G-verkon ylitse käyttämällä NTRIP-tekniikkaa (Networked Transport of RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) via Internet Protocol). NTRIP-tekniikkaa on käytetty differentiaali GNSS-datan lähettämiseen bussista virtuaaliseen referenssiasemaan (VRS) kiinteän referenssiaseman sijaan. Yhdessä optisten tutkien (LiDAR) ja GNSS-antennin kanssa bussi pystyy paikallistamaan itsensä hyvin tarkasti (parin senttimetrin tarkkuudella) kartalle ja osaa seurata ohjelmoitua reittiä.

3.5 Esteiden havainnointi

Robottibussit havaitsevat esteitä optisten tutkien avulla (LiDAR). Tutkat näkevät 50:n (EZ10) ja 100 (ARMA) metrin päähän, 360 astetta ajoneuvon ympärille.

EZ10-bussissa yksikerroksisia tutkia on neljä, yksi jokaisessa kulmassa 30 cm:n korkeudella. Esteet, jotka ovat matalampia tai alkavat korkeammalta kuin 30 cm, eivät tule havaituksi tällä hetkellä. Esimerkiksi avoin takakontin luukku tai rekan peräylitys saattaa jäädä havaitsematta.

Kun EZ10 näkee esteen reitillään tai sen välittömässä läheisyydessä, jarruttaa se ensin ja tarvittaessa pysähtyy, mikäli este on liian lähellä. Tämä tapahtuu paikallaan olevien sekä liikkuvien esteiden kanssa. Esteen lähestyessä bussia liian nopeasti, bussi suorittaa hätäpysäytyksen jarruttamalla voimakkaasti. Hätäpysäytyksen tehdessään bussi myös vilkuttaa valoja ja antaa äänimerkin. Ohjelmisto on herkästi reagoiva ja turvallisuuspainotteinen, joten pienikin objekti (esim. lehti, höyry, lumi) saattaa aiheuttaa hätäpysäytyksen. Matkustajien mukavuuden ja turvallisuuden ylläpitämiseksi bussilla on operoitu maksimissaan noin 13 km:n tuntinopeudella automaattisessa tilassa (tekninen maksiminopeus on 40 km/h).

EZ10 ei turvallisuussyistä yritä kiertää mahdollisia esteitä, vaan pysähtyy odottamaan esteen poistumista. Reitin on oltava esteetön, jotta bussi voi kulkea automaattitilassa ilman operaattorin puuttumista sen toimintaan. Yleisin este reiteillä on väärin pysäköidyt ajoneuvot. Jos bussin edellä kulkee sitä hitaammin liikkuva ”este” (esim. auto tai ihminen), säätää bussi nopeutensa edellä liikkuvan mukaiseksi ja kulkee perässä.

ARMA käyttää esteiden tunnistukseen katolla molemmissa päissä sijaitsevia monikerroksisia LiDAR-tutkia, joita käytetään myös bussin paikallistamiseen. Katolla olevien tutkien lisäksi ARMA tunnistaa esteitä kahden (yhteensä neljän) yksikerroksisen LiDAR-tutkan avulla, jotka on sijoitettu vertikaalisesti ajoneuvon maskiin bussin molempiin päihin. Tutkien herkkyydestä eri häiriötekijöihin ei ole vielä käytännön kokemusta; kokeilut alkavat vuoden 2018 aikana. Valmistajan mukaan maksimioperointinopeus on 25 km/h ja tekninen huippunopeus on 45 km/h.

3.6 Reittien suunnittelu robottibussille

Robottibussit ovat suuren henkilöauton kokoisia, mutta korkeampia. Kaduilla bussi tarvitsee kuitenkin normaalia henkilöautoa enemmän tilaa, jotta esteet eivät tule liian lähelle ja saa bussia pysähtymään. Jotta EZ10-bussi kulkisi sulavasti, tulee sen molemmilla puolilla olla vähintään 1,5 metriä vapaata tilaa.

Reittien suunnittelussa on otettava huomioon robottibussin ovien sijainti yhdellä sivulla. Tämä tuo haasteita suunnitteluun, koska vaikka bussi kulkee molempiin suuntiin, ei matkustajia voida jättää esimerkiksi keskelle tietä. Kun ajetaan oikeankätisessä liikenteessä,

on ovien oltava aina oikealla puolen, jotta matkustajat voivat poistua bussista turvallisesti jalkakäytävälle. Suljetuilla ja erikseen bussille suunnitelluilla reiteillä on tapauskohtaista, onko ovien puolisuudella merkitystä.

Yksi tärkeimmistä huomioon otettavista seikoista EZ10-robottibussin reittiä suunniteltaessa on, että bussi ei ymmärrä liikennesääntöjä eikä ota huomioon muita liikkujia, paitsi jos ne ovat liian lähellä bussia. Näiden seikkojen vuoksi on bussille luotava useimmiten etuajo-oikeus, jotta sekä bussin että muiden liikkujien matkanteko pysyy sujuvana ja turvallisena.

ARMA voidaan ohjelmoida etukäteen tiettyjä liikennetilanteita varten. Ohjelmoinnin avulla on mahdollista ajaa T-risteyksiä ja liikenneympyröitä ilman etuajo-oikeuksien muuttamista. On myös muistettava, että jos bussit ohjelmoidaan toimimaan pelkästään liikennesääntöjen mukaan, ne olettavat myös kaikkien muiden liikkujien noudattavan sääntöjä 100 %:n varmuudella.

3.7 Operointi automaattitilassa

Ajettaessa automaattitilassa bussi saa signaalin lähteä liikkeelle ovet sulkemalla. Yleensä ovet sulkee kyydissä oleva operaattori, mutta sen voi tehdä myös matkustaja, kunhan operaattori on tarkastanut, että reitillä ei ole esteitä ja kaikki halukkaan ovat ehtineet nousemaan bussin kyytiin.

Bussin toiminta eroaa huomattavasti normaalin henkilöauton kuljettamisesta, minkä vuoksi bussin turvalliseen operointiin tarvitaan mallikohtainen operaattorikoulutus. Koulutuksen järjestää ajoneuvon valmistaja tai valmistajan valtuuttama henkilö. Koulutuksessa käydään läpi bussin erikoisominaisuudet, tarkastukset, ajaminen manuaalisesti, bussin lataus sekä operointi automaattitilassa. Automaattitilassa operaattori valvoo bussin toimintaa, havainnoi ympäristöä sekä on valmis pysäyttämään bussin tarvittaessa.

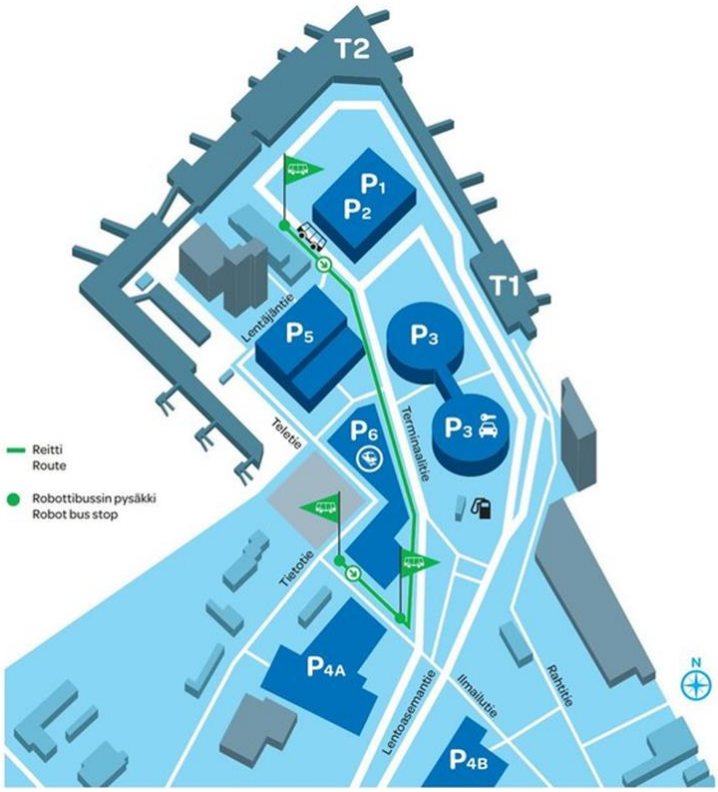
4 Finavian pilotti

Finavia Oy tilasi robottibussipilotin Metropolialta. Robottibussi liikennöi pilotin aikana Helsinki-Vantaan lentoasemalla arkipäivisin 2.10.–1.11.2017 klo 12–14 ja 15–17.

Kokeilu oli osa Finavian palvelukehitystyötä, jolla Finavia tähtää sujuvampaan matkustamiseen. Finavia testaa uusien teknologioiden mahdollisuuksia tulevaisuuden lentoasemaa varten. Sähkökäyttöiset bussit liittyvät myös Finavian ilmasto-ohjelmaan, jonka tavoitteena ovat energiatehokkaat ja vähäpäästöiset lentoasemat. (Kuskitonta sähköbussia kokeillaan Helsinki-Vantaalla 2017.)

4.1 Reitti

Pilottireitti oli noin 750 metriä pitkä yhteen suuntaan. Bussi kulki kevyen liikenteen väylää Terminaali 2:n läheltä (Lentäjäntie 1) parkkialueiden 4a/b:n edustalle ja takaisin (kuva 3). Pilotissa käytettiin EasyMilen EZ10 v2.0-robottibussia.



Kuva 3. Finavian reittikartta (Robottibussikokeilu lentokentällä 2017).

4.2 Riskien hallinta

Operointireitti tarkastettiin etukäteen valmistajan edustajan (EasyMile) kanssa. Ennen operoinnin aloittamista mahdolliset riskit tunnistettiin ja niiden vähentämiseksi suunniteltiin liikennejärjestelyt. Riskien minimoimiseksi operaattorit oli koulutettu toimimaan bussin kanssa ja tunnistamaan mahdolliset vaaratilanteet.

Joihinkin riskeihin, kuten säätilaan tai määräysten vastaisesti parkkeerattuihin ajoneuvoihin, ei ole mahdollista vaikuttaa etukäteen, vaan tilanteissa on toimittava tapauskohtaisesti. Hätäpysäytykseen johtaneet ongelmat kirjattiin lokiin, jonka tiedot menivät valmistajalle. Useimmiten hätäpysäytyksen jälkeen riittää, että operaattori tarkistaa operoinnin turvallisen jatkamisen ja kuittaa hätäpysäytyksen, jolloin matka jatkuu automaattitilassa.

4.3 Järjestelyt

Liikennejärjestelyt kartoitettiin etukäteen vierailemalla pilotin toteutuspaikalla. Liikennejärjestelyitä ja niiden laajuutta suunniteltaessa otettiin huomioon lain vaatimukset sekä EasyMilen ja Finavian asettamat ehdot. Muista piloteista poiketen liikennejärjestelyiden asennuksesta vastasi pääosin Finavia. Järjestelyt tuli olla EasyMilen hyväksymiä, ennen kuin operointi voitiin aloittaa.

Robottibussit ovat uusi ilmiö julkisilla teillä ja väylillä, joten yllättävien tilanteiden välttämiseksi on tärkeää informoida muita alueella liikkujia robottibusseista. Informointi tehtiin julkisilla tiedotteilla sekä sijoittamalla ”muu vaara” -varoituskolmioita ja lisäkilpiä risteyksiin operointireitin varrelle. Robottibussireitin alueella nopeusrajoitus oli alennettu 30 km:iin/h (kuva 4).

Kuva 4. Lentäjäntien risteyksen liikennejärjestelyitä.

Robottibussireitti Finavialla oli pääasiassa kevyen liikenteen väylää, minkä vuoksi liikennejärjestelyt olivat hieman helpompia kuin ajettaessa autotiellä:

- reitin vierellä ja sen läpi kulkevien tieosuuksien nopeuden rajoittaminen 30 km/h
- varoituskyltit risteyksissä
- stop-merkit risteävälle liikenteelle risteyksissä
- merkit kevyen liikenteen väylän käyttäjille vaihtoehtoisen reitin käyttämisestä.

Liikennejärjestelyiden lisäksi ainoa ympäristöön tehty muutos oli kolmen lokalisointitaulun asentaminen Ilmailutien vierellä oleville nurmialueille (kuva 5). Tauluja jouduttiin käyttämään, koska reitin loppupäässä ei ollut rakennuksia tai muita hyviä referenssipisteitä bussin paikantamistekniikkaa varten. Puut soveltuvat huonosti lokalisointiin, koska ne heiluvat ja muuttavat muotoaan. Lokalisointitaulut olivat 3,5 m korkeita ja 1,5 m leveitä per sivu. Taulut asennettiin betoniporsaiden avulla.

Kuva 5. Lokalisointitaulu bussin vasemmalla puolella.

Haastavimmat kohdat reitillä olivat Lentäjäntien ja Tutkatien risteykset, joissa bussi ylitti tien suojatietä pitkin. Reitillä oli myös yksi todella kapea kohta, jossa bussi joutui hidastamaan vauhtiaan. Kapean kohdan viereltä suljettiin yksi ajokaista Terminaalitieltä suunnilleen 70 metrin matkalta, jotta bussi voisi ajaa mahdollisimman lähellä tien reunaa (kuva 6).

Kuva 6. Suljettu kaista Terminaalitiellä.

4.4 Talviolosuhteet

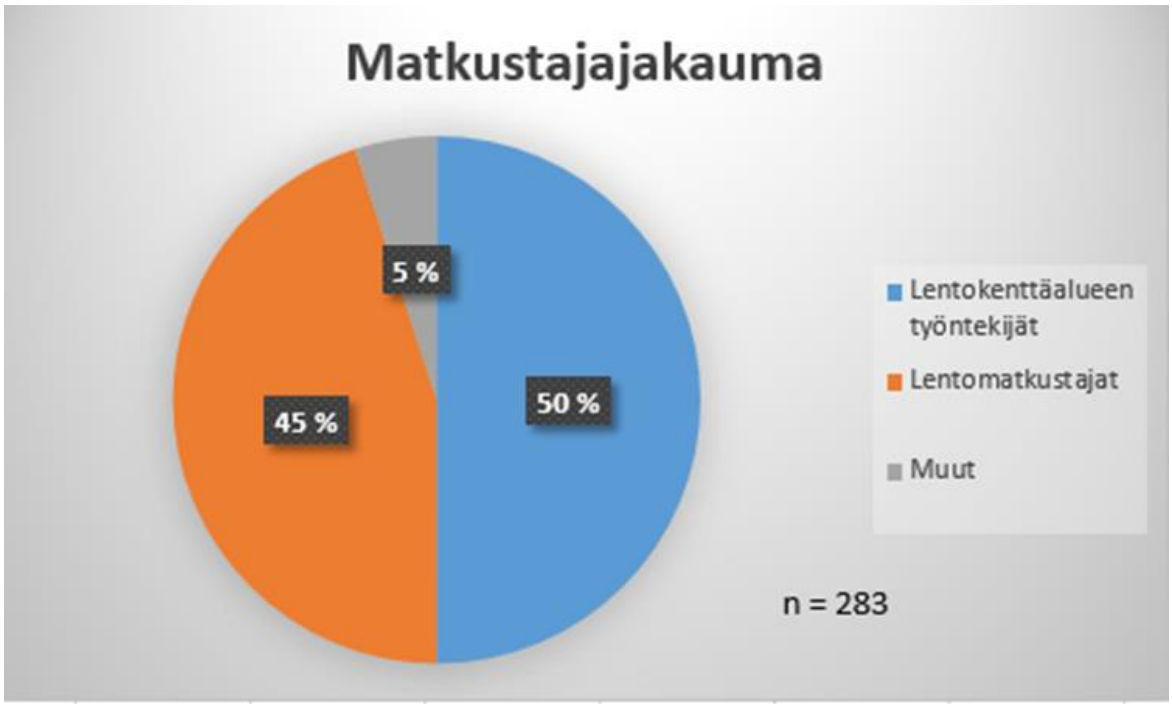
Finavian pilotissa käytetty EasyMile EZ10 v2.0-robottibussi on mallin ensimmäinen kehitysversio, eikä kyseistä bussia ei ole suunniteltu eikä kunnolla testattu pohjoisiin talviolosuhteisiin. Valmistajan antamat operoinnin olosuhdestandardit eivät täyttyneet Suomen talviolosuhteissa:

- lämpötila 2˚C ja 40˚C välillä
- kosteus < 95 %
- tuuli < 55 km/h jatkuvana
- tuuli < 85 km/h puuskissa
- ei rankkaa sadetta (< 5 mm/h)
- ei lunta tiellä
- ei jäätä tiellä
- ei sumua
- ei savua tai höyryä.

Kuva 7. Olosuhdevaatimukset eivät täyttyneet kahtena päivänä Finavian pilotin aikana (Santamala 2017).

4.5 Matkustajat

Pilotin aikana robottibussilla matkusti 283 henkilöä. Matkustajista arviolta noin 50 % oli lentokenttäalueen työntekijöitä, 45 % lentomatkustajia ja muita, kuten toimittajia tai bussin takia paikalle saapuneita 5 % (kuva 8). Bussin operoinnista lentokentällä kuvattiin juttu Huomenta Suomeen 31.10.2017.



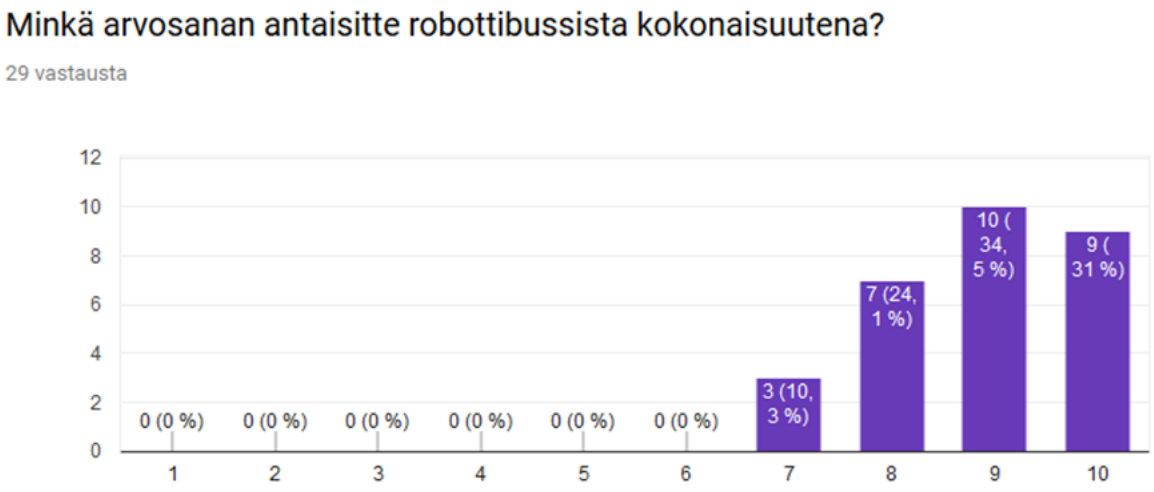
Kuva 8. Matkustajajakauma Finavian robottibussipilotissa.

4.6 Käyttäjäkysely

Pilotin aikana matkustajia pyydettiin satunnaisesti vastaamaan kyselyihin. Yhdessä kyselyssä kyseltiin laajemmin tulevaisuuden liikkumisesta ja toinen oli laadittu Finavian antamien kysymysten pohjalta.

Finavian kysymyksiin saatiin 29 vastausta (noin 10 % kävijöistä). Kyselyssä kysyttiin neljä numerovalinta-kysymystä sekä kysymys ”Käyttäisitkö robottibussia uudelleen?”.

Alla poimintana tulokset kysymykseen ”Minkä arvosanan antaisitte robottibussista kokonaisuutena?”. Keskiarvosana robottibussista kokonaisuutena oli ~ 8,9 asteikolla 1–10 (kuva 9). Huomionarvoista on myös, ettei kukaan antanut huonompaa arvosanaa kuin 7. Kysyttäessä robottibussin käyttämisestä uudelleen 100 % vastaajista vastasi ”kyllä”. Vastauksista voidaan päätellä ihmisten olevan kiinnostuneita robottibusseista ja niiden tarjoamista palvelumahdollisuuksista.



Kuva 9. Arvosana robottibussista kokonaisuutena.

5 Potentiaaliset asiakkaat

Tässä luvussa käydään läpi asiakasryhmiä, joille Metropolia voisi tarjota robottibussien avulla erilaisia palvelukokonaisuuksia. Tarkoituksena on löytää tapoja luoda asiakkaan toimintaan lisäarvoa tuova palvelu robottibussien avulla. Kyseisiin asiakasryhmiin on päädytty pohtimalla robottibussin potentiaalisimpia toimintaympäristöjä kokemuksien pohjalta.

5.1 Kaupungit ja julkisen liikenteen liikennöintisopimuskumppanit

Robottibusseja voidaan käyttää tukemaan nykyistä julkista liikennettä tarjoamalla palvelua sellaisille matkoille, joilla normaalin julkisen liikenteen palvelun tuottaminen on kannattamatonta. Tällaisia matkoja on esimerkiksi ihmisten kuljettaminen asuinalueilta juna-, metro- tai linja-autopysäkeille sekä pysäkeiltä työ- ja harrastuspaikoille. Näin julkisen liikenteen palvelu saadaan kulkemaan ovelta ovelle, mikä lisää julkisen liikenteen houkuttelevuutta.

Kaupunki voi ostaa palvelun suoraan itse tai sisällyttää sen julkisen liikenteen kilpailutukseen, jolloin liikennöintisopimuskumppaneiden tulisi täyttää kyseinen vaatimus. Robottibussien käyttö voitaisiin sallia myös keskustan alueilla, jotka on suljettu moottoriliikenteeltä. Bussien avulla esimerkiksi liikuntakykyrajoitteiset pääsisivät vaivattomasti tarvitsemiensa palveluiden luokse. Robottibussien käyttö luo kaupungeille nykyaikaista ja ympäristötietoista imagoa sekä tarjoaa näkyvyyttä.

Julkisen liikenteen liikennöintisopimuskumppaneiden saattaa olla haastava ottaa robottibusseja kannattavasti mukaan toimintaansa niin kauan, kun robottibussissa tarvitaan operaattorin läsnäoloa. Jos julkisen liikenteen kilpailuttaja antaa kilpailutuksesta lisäpisteitä robottibussin käytöstä jollain osuudella, voidaan robottibusseja nähdä nopeammin myös liikennöintisopimuskumppaneiden käytössä.

Bussin näytöltä voitaisiin näyttää mainoksia ja uutisia sekä esimerkiksi kaupungin ajankohtaisia tapahtumia. Bussissa voisi olla turisteja ajatellen avoin Wi-Fi-yhteys.

5.2 Koulutus

Robottibussien määrän kasvaessa tulee ajankohtaiseksi järjestää koulutuksia päättäjille, suunnittelijoille, palo- ja pelastuslaitokselle sekä mahdollisille ulkopuolisille operaattoreille.

Valtion ja kuntien päättäjille voidaan luoda ohjekirja robottibussin toiminnasta päätöksentekoa tukemaan, minkä lisäksi voidaan toteuttaa bussien staattisia ja dynaamisia esittelyjä. Liikenne- ja maankäytön suunnittelijoille voidaan toteuttaa vastaavanlaista ohjeistusta ja koulutusta, jotta suunnittelijat osaisivat ottaa liikenteen yleistyvän automaation huomioon uusia alueita suunnitellessaan.

Palo- ja pelastuslaitoksille olisi hyvä järjestää koulutuksia, joissa käydään läpi, miten tulee toimia, jos kyseinen ajoneuvo joutuu onnettomuuteen. Koulutuksessa harjoiteltaisiin ainakin, miten ajoneuvo tehdään virrattomaksi ja kuinka ihmiset saadaan helpoiten ajoneuvosta ulos, jos sen ovet ovat jumiutuneet.

Mikäli robottibussipalvelun hankkiva taho haluaa hoitaa omalla henkilökunnallaan bussin operoinnin, voi Metropolia tarjota siihen vaadittavan koulutuksen (robottibussin valmistajan luvalla).

5.3 Sairaala-alueet

Sairaala-alueilla liikkuu runsaasti ihmisiä, joilla on heikentynyt liikuntakyky tai sairauden heikentämä vointi hankaloittaa liikkumista. Robottibussi voisi kuljettaa saapuvat asiakkaat lähimmältä julkisen liikenteen pysäkiltä suoraan oikean oven luokse. Bussiin astuttaessa asiakas voisi tunnistautua (matala tunnistautuminen, ei henkilö- tai sairaustietojen paljastumista) bussin kosketusnäytöllä. Tunnistautumisen jälkeen bussi osaisi viedä asiakkaan suoraan oikean oven eteen ja kertoisi samalla, mihin huoneeseen hänen tulee mennä. Tämä helpottaisi etenkin lasten ja vanhusten liikkumista. Samalla tieto saapumisesta välittyisi hoitohenkilökunnalle, joka tietäisi asiakkaan olevan pian paikalla.

5.4 Huvipuistot ja eläintarhat

Huvipuistoissa ja eläintarhoissa robottibussin käyttö olisi yksi valtti erottua muista sekä kansallisilla että kansainvälisillä markkinoilla.

Huvipuistoissa robottibussi voisi olla ensimmäinen laite, joka veisi asiakkaan parkkipaikalta tai julkisen liikenteen pysäkiltä huvipuiston alueelle. Bussin näytöltä asiakas voisi ostaa lipun puistoon, nähdä ajantasaisia jonotustilanteita sekä puistossa päivän aikana olevia tapahtumia ja näytöksiä.

Eläintarhoissa robottibussi voisi saapumisen lisäksi olla vaihtoehtona kiertää puistoa. Bussi on äänetön ja päästötön eikä täten häiritse alueen eläimiä. Bussissa voisi kuulua erilaisia tietoiskuja puiston eläimistä sekä eläinten ruokinta-ajoista.

5.5 Tehdasalueet, kauppakeskukset ja kampukset

Tehdasalueilla voi olla pitkiäkin siirtymiä julkisen liikenteen pysäkeiltä ja parkkipaikoilta tehdasalueelle sekä alueen sisällä esimerkiksi ruokalaan tai yksiköstä toiseen. Tehdasympäristössä bussin näytöltä voisi olla näkyvillä päivän lounas ja ajantasoisia tietoja tehtaan toiminnasta. Robottibussia voitaisiin käyttää myös vieraiden kuljettamiseen alueella; näin kukaan ei pääse harhailemaan vaarallisille alueille.

Uusia kauppakeskuksia nousee jatkuvasti Suomeen. Robottibussin käyttö kauppakeskuksen alueella voisi olla hyvä tapa erottua muista keskuksista. Bussin näytöllä voitaisiin näyttää liikkeiden tarjouksia ja mainoksia.

Kampuksilla robottibussien näytöltä voitaisiin näyttää päivän lounastarjonta, lukujärjestykset sekä oppilaitoksen tiedotteita. Opiskelijoita voitaisiin aktivoida erilaisilla suunnittelukilpailuilla kehittämään bussiin liittyviä sovelluksia.

5.6 Lentokentät ja satamat

Satamissa ja etenkin lentokentillä on tyypillisesti pitkä matka parkkipaikoilta terminaaliin. Esimerkiksi Helsinki-Vantaan lentokentällä ajaa nykyisellään iso dieselkäyttöinen bussi, joka kerää matkustajia kauemmilta parkkipaikoilta. Henkilökunnan mukaan iso bussi kulkee suuren osan ajasta vajaakäytöllä, joten pienempikin bussi riittäisi täyttämään tarpeen.

Matkustajat voisivat hoitaa robottibussimatkan aikana lähtöselvityksen sekä tulostaa lennoilla tarvittavat matkatavaralipukkeet. Lentokentillä robottibusseja voitaisiin käyttää myös kiitoteiden puolella kuljettamaan matkustajia terminaalilta kauemmaksi pysäköityihin lentokoneisiin. Isoin riskitekijä lentokentän kiitotien puolella olevalla suljetulla alueella on siellä liikkuvien ajoneuvojen kuljettajien inhimilliset virheet. Tätä voitaisiin osaltaan vähentää muuttamalla matkustajia lentokoneille kuljettavat bussit automaattisiksi robottibusseiksi, jolloin inhimillisen virheen mahdollisuus poistuu.

5.7 Tapahtumat

Robottibussia voitaisiin käyttää tapahtumissa lisävetonaulana tai mahdollisesti VIP-lipun ostaneille asiakkaille lisäpalveluna. Tapahtumat voivat olla esimerkiksi festivaaleja, messuja tai mitä tahansa robottibussille soveltuvissa ympäristöissä järjestettäviä tapahtumia. Tapahtumien laajan kirjon vuoksi tulee tarkemmat suunnitelmat kuitenkin luoda täysin tapauskohtaisesti.

6 Metropolia Mobility Services

Luvun otsikon mukainen Metropolia Mobility Services on yksi esimerkki siitä, miten Metropolian harjoittaman kaupallisen robottibussipilotointi toiminnan voisi nimetä.

Voidaan olettaa, että potentiaalisella asiakkaalla ei ole resursseja tai tarvittavaa erikois-osaamista hoitaa robottibussipilotin vaatimia asioita itse. Täten onkin järkevintä tarjota palvelua kokonaisuutena, joka kattaa kaiken pilotointiin liittyvän. Jos robottibusseja otetaan käyttöön useita tai asiakas erityisesti niin haluaa, voidaan asiakkaan henkilökunnasta kouluttaa henkilöitä robottibussin operaattoreiksi.

Palvelun sisältö olisi seuraava:

1. Asiakkaan tarpeen kartoitus ja hyötyjen tunnistaminen
2. Kohde reitin teknisten edellytysten tarkistaminen
3. Ajoneuvon sopimukset valmistajan kanssa ja maahantuonti
4. Viranomaislupien hoitaminen
5. Vakuutusten hankinta
6. Liikennejärjestelyt
7. Operointi
8. Käyttäjäkyselyt (sopimuksen mukaan)
9. Säilytys ja lataaminen
10. Huolto
11. Raportointi (sopimuksen mukaan).

7 Palvelun kulut ja hinnoittelu

Kuluja hahmoteltaessa käytetään pohjatietona Finavian pilotin kustannuksia. Pilottia varten vuokrattiin yksi EasyMile EZ10 -robottibussi sekä tehtiin operoinnin vaatimat suunnitelmat ja järjestelyt. Kyseiset kustannukset ovat realistisimpia käytössä olevia lukuja robottibussipilotin kokeilun hinnoittelemiseksi Suomessa. Kulurakenteet voivat olla myös hyvin erilaisia, jos Metropolia esimerkiksi ostaa bussin kyseistä toimintaa varten, rakentaa sellaisen itse tai neuvottelee valmistajan kanssa paremman leasingsopimuksen. Kulujen päälle lisättävään katteeseen ei oteta kantaa tässä.

Taulukossa 2. käydään läpi kuluja, jotka syntyvät kuukauden robottibussipilotista, johon toimitetaan erikseen bussi Ranskasta. Jos samaa bussia käytetään esimerkiksi moneen pilottiin peräkkäin tai bussin nouto ja vienti hoidetaan itse, pienenevät toimituskulut huomattavasti. Henkilöstökuluihin on laskettu kuukausi työaikaa ennen itse pilottia, jolloin hoidetaan reitin suunnittelu ja järjestelyt valmiiksi, sekä kuukausi pilotin jälkeen, jolloin puretaan järjestelyt sekä raportoidaan pilotista.

Taulukko 2. Kuukauden kestävän pilotin kulut yhdelle robottibussille.

Robottibussin vuokra (EasyMile EZ10 V2.3)	10 000 €
Toimituskulut (EasyMile)	10 000 €
Setup, validointi ja matkakulut (EasyMile)	6 500 €
Vakuutukset (IF liikennevakuutus + kasko)	43 €
3kk:n henkilöstökulut sis. oheiskulut	18 786 €
Koekilvet ja muut oheiskulut	500 €
Yhteensä	**45 829 €**

8 Markkinointi

Metropolia on saavuttanut robottibussikokeiluillaan kansallista sekä kansainvälistä näkyvyyttä. Eri medioissa saadun näkyvyyden ansiosta on mahdollista, että kokeiluita harkitsevat tahot ottavat suoraan yhteyttä Metropoliaan. Robottibussit ovat yhä uusi asia monille ja tämän vuoksi potentiaalisilla asiakkailla voi olla hankalaa tunnistaa mahdollisia käyttökohteita omassa ympäristössään. Markkinan kasvattamiseksi Metropolia voisi olla yhteydessä tunnistettuihin asiakasryhmiin suoraan ja tarjota heille räätälöityä palvelumuotoa.

Mikäli Metropolia päättää lähteä markkinoimaan robottibussipalveluja, voidaan viestiä alkaa levittää tiedotustilaisuuden, some-kanavien, suorien yhteydenottojen sekä tilaisuksissa esiintymisien avulla.

Metropolian robottibussiprojektien some-kanavat ja niiden seuraajamäärät 12.2.2018 olivat seuraavat:

- Twitter – 688 seuraajaa
- Instagram – 121 seuraajaa
- Facebook – 254 seuraajaa.

SOHJOA-projektin sohjoa.fi-sivustolla on vieraillut sen avaamisen (6/2016) jälkeen 19 163 kävijää (tilanne 12.2.2018).

9 Johtopäätökset

9.1 SWOT-analyysi

Kuvan 10 SWOT-analyysissä on arvioitu robottibussipilottien kaupallistamiseen liittyvät Metropolian sisäiset vahvuudet ja heikkoudet sekä ulkoiset mahdollisuudet ja uhat.

SWOT-ANALYYSI	
Sisäiset	
Vahvuudet (strengths)	**Heikkoudet** (weaknesses)
Vakavarainen yritys	Nykyiset henkilöstöresurssit eivät riitä toimintojen lisäämiseen
Pätevä henkilöstö	Riippuvuus robottibussivalmistajista
Metropolia tunnetaan robottibussitoiminnastaan	Potentiaaliset asiakkaat eivät tunne robottibussia
Omat huolto- ja varastointitilat	
Ulkoiset	
Mahdollisuudet (opportunities)	**Uhat** (threats)
Robottibussien tekniikan kehittyminen	Pätevän henkilöstön siirtyminen muihin tehtäviin
Asiakaskunnan kasvaminen tietoisuuden lisääntyessä	Kasvava kilpailu robottobussipalvelujen tarjonnassa
Kannattavan bisnesmallin kehittäminen	3. osapuolen teknologia ei vastaa odotuksia
Pätevien henkilöiden rekrytointi	Opiskelijoiden käyttäminen hidastaa asioiden etenemistä
Opiskelijoiden hyödyntäminen projekteissa	Asiakkaiden kiinnostus lopahtaa
Mahdollisuus saada julkista rahoitusta	
Mahdollisuus yhteistyöyrityksien taloudelliseen osallistumiseen	

Kuva 10. SWOT-analyysi robottibussipalvelujen kaupallistamisesta.

Sisäisiä vahvuuksia toiminnan kaupallistamiseksi luovat Metropolian älykkäämmän liikkumisen osaamiskeskittymän jäsenien erikoisosaaminen ja käytännön kokemus robottibusseista. Lisäksi Metropolian maine robottibussikokeilujen pioneerina on saanut paljon huomiota niin kansallisessa kuin myös kansainvälisessä mediassa.

Sisäisinä heikkouksina voidaan nähdä nykyisien henkilöstöresurssien riittämättömyys toiminnan kasvattamiseen sekä riippuvuus robottibussien valmistajista. Ulkoinen robottibussin valmistaja aiheuttaa viiveitä esimerkiksi reittien suunnittelussa, koska kaikki uudet reittisuunnitelmat joudutaan hyväksyttämään valmistajalla ja valmistajan edustajan on tultava paikanpäälle ohjelmoimaan bussi uudelle reitille.

Mahdollisuuksia tulevaisuuteen luo robottibussien odotettu kehittyminen lähivuosina. Metropolian uusien robottibussikokeilujen alkaminen kuluvana vuonna mahdollistaa uusien yhteistyötahojen kiinnostumisen toimintaa kohtaan. Vallitseva tahtotila liikenteen automaation kehittämiseen on omiaan houkuttelemaan sekä julkisia että yksityisiä rahoittajia osallistumaan toiminnan laajentamiseen.

Ulkoisia uhkia robottibussipilottien kaupallistamiseen ovat muun muassa odotettavissa oleva kilpailun kasvu robottibussipalvelujen toiminnassa sekä pätevän henkilöstön mahdolliset siirtymiset muihin tehtäviin. Yhtenä riskinä on myös, ettei tekniikka kehity odotusten mukaisesti.

9.2 Tulevaisuuden näkymät

Tämänhetkiset robottibussit eivät ole vielä valmiita toimimaan ilman operaattoria. Operaattorin poistaminen vaatii vakaan etäohjauksen sekä matkustajien perusteellisen informoimisen. Kokemuksen mukaan operaattorin läsnäolo vaikuttaa joidenkin ihmisten turvallisuudentunteeseen sekä päätökseen nousta bussin kyytiin. Toisaalta tutkimuksissa on todettu jo yhden matkustuskerran parantaneen turvallisuudentunnetta robottibussin kyydissä. (Salonen 2018.)

Operaattorin kanssa ajaminen ei ole suinkaan turhaa, sillä silloin saadaan uutta teknologiaa ja liikennemuotoa ihmisille tutuksi. Tämä on hyvä väliaskel ennen etäohjauksen käyttöönottoa. Potentiaalisten asiakasryhmien yhteydessä mainituissa bussin sisäisissä

lisäpalveluissa on myös varmasti alkuunsa hyötyä operaattorin läsnäolosta ja neuvonnasta. Kokeiluissa saadaan myös tarkemmin selville optimaalisia sijainteja reiteille ja pysäkeille. Etäohjausmahdollisuuksia tutkitaan parhaillaan Metropolian Robusta-hankkeessa.

Robottibussien tarvitsemat kehitysaskeleet ympärivuotista etäohjattua operointia varten ovat:

- ympäri vuoden luotettavasti toimivat sensorit
- tulevien liikennetilanteiden ennakointi
- esteiden kiertäminen automaattisesti
- matalan latenssin yhteys etäohjaamoon.

Edellä mainitut ongelmat on nykyisin ratkaistu operaattorin läsnäololla sekä liikennejärjestelyillä.

Robottibussivalmistajat kehittävät tuotteitaan jatkuvasti, ja markkinoille on pyrkimässä myös uusia valmistajia. Robottibusseilla ja älykkäämmällä liikkumisella yleisesti on tällä hetkellä hyvä ”hype”, joka vauhdittaa uusien teknologioiden kehittämistä sekä testaamista.

9.3 Suositukset

Tämän työn lopuksi suosittelen pohtimaan robottibussipilotoinnin kaupallisen toiminnan käynnistämistä. Mikäli toiminnan aloittamista päätetään tutkia syvemmin, suosittelen olemaan yhteydessä tunnistettuihin asiakasryhmiin ja tarjoamaan robottibussipalvelua näille tahoille. Jos asiakkaan kanssa saadaan aikaiseksi esisopimus pilotin toteuttamisesta, voidaan aloittaa neuvottelut robottibussivalmistajien kanssa.

Suosittelen vahvasti perehtymään myös oman robottibussin rakentamisen mahdollisuuteen. Esimerkiksi Metropoliassa on laaja osaaminen eri tieteenaloilta, ja sen avulla robottibussia voitaisiin alkaa rakentaa itse. Oma bussi toisi vapautta sen kustomointiin, ja kaikki tallentuva data olisi käytössä. Itse rakennettu bussi poistaisi riippuvuuden ulkopuoliseen valmistajaan. Korkeakoulun rakentamaan robottibussiin löytyisi mitä luultavimmin myös paljon yhteistyöhaluisia kotimaisia yrityksiä.

Jatkotutkimuksena esimerkiksi liiketalouden opiskelija voisi tehdä opinnäytetyönään robottibussipilottien kaupallistamista varten myynti- ja markkinointisuunnitelman tämän työn pohjalta. Kaupallista toimintaa suosittelen kehittämään poikkitieteellisessä ryhmässä.

Lähteet

aIGO Bus Project 2018. Verkkoaineisto. Sensible 4. < http://sensible4.fi/aigo>. Luettu 30.1.2018.

Automotive Applications 2018. Verkkoaineisto. Mouser Electronics. <https://www.mouser.fi/applications/autonomous-vehicle-designs>. Luettu 28.2.2018.

Berner, Anne. 2018. Liikenne- ja viestintäministeri. Autoilun ja liikkumisen tulevaisuus - seminaari, Helsinki. 18.1.2018.

Digitalisaatio, kokeilut ja normien purkaminen 2018. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <http://valtioneuvosto.fi/hallitusohjelman-toteutus/digitalisaatio>. Luettu 2.2.2018.

Huhta, Riku. 2017. Automaattisten pikkubussien hyväksyttävyys ja kustannusrakenne osana joukkoliikennettä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/24634/Huhta.pdf>. 28.2.2017. Luettu 21.2.2018.

Juto - the test vehicle 2018. Verkkoaineisto. Sensible 4. < http://sensible4.fi/technology>. Luettu 30.1.2018.

Kuskitonta sähköbussia kokeillaan Helsinki-Vantaalla 2017. Verkkoaineisto. Finavia. <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/kuskitonta-sahkobussia-kokeillaan-helsinki-vantaalla>. 2.10.2017. Luettu 12.2.2018.

Liikenne- ja viestintäpolitiikka 2018. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriö. <https://www.lvm.fi/vastuualueet>. Luettu 1.2.2018.

Nissin, Oscar. 2017. Valokuva.

Pilli-Sihvola, Eetu. 2018. Älyliikenteen johtava asiantuntija. Sähköpostihaastattelu. 22.2.2018.

Reitti ja aikataulut 2018. Verkkoaineisto. SOHJOA. <http://sohjoa.fi/reitti>. Luettu 22.2.2018.

Rekisterikilvet 2018. Verkkoaineisto. Trafi. <https://www.trafi.fi/tieliikenne/rekisterikilvet>. 4.1.2018. Luettu 2.2.2018.

Robotiikan taustaselvityksiä 2016: 37. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriö. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78250/Robotiikan_taustaselvityksi%c3%a4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 29.1.2016. Luettu 1.2.2018.

Robottibussikokeilu lentokentällä 2017. Verkkoaineisto. Metropolia. <http://www.metropolia.fi/index.php?id=7219>. Luettu 28.2.2018.

Salonen, Arto O. 2018. Tutkimusjohtaja. Robusta-hankkeen teknologiaseminaari, Espoo. 22.1.2018.

Santamala, Harri. 2017. Valokuva.

SOHJOA 2018. Verkkoaineisto. SOHJOA-hanke. <http://sohjoa.fi/sohjoa-in-english>. Luettu 23.1.2018.

Tapamme toimia 2018. Verkkoaineisto. Liikennevirasto. <https://www.liikennevirasto.fi/tapamme-toimia#.WnQd03xdK71>. 9.1.2018. Luettu 2.2.2018.

Uusi tieliikennelaki tähtää turvallisempaan tulevaisuuteen 2017. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintäministeriö. <https://www.lvm.fi/-/uusi-tieliikennelaki-tahtaa-turvallisempaan-tulevaisuuteen-958062>. 23.11.2017. Luettu 23.2.2018

Uutta kaupunkia yhdessä 2018. Verkkoaineisto. 6Aika-strategiatoimisto. <https://6aika.fi/6aika-avoimia-ja-alykkaita-palveluja/>. Luettu 23.1.2018.

Älytekniikasta apua iäkkäiden liikkumiseen? 2017. Verkkoaineisto. Liikenneturva. <https://www.liikenneturva.fi/fi/ajankohtaista/tiedote/alytekniikasta-apua-iakkaiden-liikkumiseen>. 20.11.2017. Luettu 19.1.2018.