# Beaconit Helsingin seudun liikenteessä

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus, Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

hyväksymislukukausi, 2018

Markku Leminen

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

YAMK, Tulevaisuuden liikennejärjestelmät
Riihimäki

**Tekijä** Markku Leminen **Vuosi** 2018

**Työn nimi** Beaconit Helsingin seudun liikenteessä

**Työn ohjaajat** Teppo Sotavalta Matti Jalonen

TIIVISTELMÄ

Joukkoliikenteen matkustajalaskennassa ongelmana edelleen on se, että täysin tyhjentävää tietoa matkustajan liikkumisesta ja käyttäytymisestä ei saada niin Helsingin seudulla kuin muuallakaan maailmassa. Tässä työssä tavoitteena on hakea vastauksia kysymykseen, miten beacon ja BLE tekniikka on hyödynnettävissä matkustajalaskennassa sekä joukkoliikennesuunnittelussa. Taustana on HSL:ssä meneillään oleva tutkimus liittyen beaconeihin ja älypuhelinten matkustussovelluksiin. Toimeksiantaja tälle työlle on HSL.

Tietoperustana työssä on tutkittu miten beaconeita hyödynnetään maailmalla joukkoliikenteen parissa, vähittäiskaupan alalla, lentokenttä- ja sairaalaympäristössä. Myös lainsäädäntöä, big dataa, kanta-asiakkuutta sekä joukkoliikenteen digitalisaatiota on käsitelty.

Tuloksena työssä syntyi ehdotus beacon ja BLE tekniikan testauksesta runkolinjalle 560, ja miten tätä testausta voidaan hyödyntää myös matkustajalaskennassa sekä joukkoliikennesuunnittelussa.

Johtopäätöksinä on, että beacon ja BLE tekniikassa on potentiaalia joukkoliikenteen matkustajalaskennan apuna, mutta tutkimusta tarvitaan vielä. Lainsäädännöllisesti matkustajaseurantaa ja liikennesuunnittelua on mahdollista toteuttaa hyödyntäen beaconeita ja BLE tekniikkaa. Digitalisaatiota on vietävä joukkoliikenteeseen, tätä edellyttää muun muassa hallitusohjelma. Haastena on, miten saadaan matkustaja suostuteltua yhteistyöhön beacon tekniikan käyttäjäksi.

**Avainsanat**

Beacon, joukkoliikenne, matkustajalaskenta

**Sivut** 60 sivua, joista liitteitä 5 sivua

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

ABSTRACT

Master's degree in Future Traffic Systems
Riihimäki

**Author** Markku Leminen **Year** 2018

**Subject** Beacons in the Helsinki Region Traffic

**Supervisors** Teppo Sotavalta Matti Jalonen

ABSTRACT

In public passenger transport, the problem still is that final information on passenger mobility and behavior can not be found in the Helsinki region or anywhere else in the world.

The aim of this thesis is to find answer to the question how the beacon and BLE technology can be utilized in passenger computation and public transport planning. The background is the ongoing study of HSL for beacons and smartphone travel applications. The client is HSL.

As a theoretical framework, thesis include studies of how beacons are used in public transport, retail, airport and hospital environments. Legislation, big data, customer relationship and digitalisation are also studied.

As a result, a proposal for beacon and BLE technology testing on the bus line 560 was created and how this testing can be utilized in passenger computation and public transport planning.

Conclusion is that the beacon and BLE technology have potential for public transport passenger computing, but research is still needed. Legally, passenger tracking and traffic planning can be implemented using beacons and BLE technology. In general, digitalisation has to be introduced to public transport. The challenge is how to get a passenger persuaded to cooperate with beacon technology.

**Keywords** Beacon, public transport, passenger counting

**Pages** 60 pages including appendices 5 pages

# SISÄLLYS

LYHENTEET JA KÄSITTEET ... 5
1 JOHDANTO ... 9
1.1 Tutkimuksen tausta ... 9
1.2 Tutkimuksen tavoite ... 10
1.3 Tutkimustapa ... 11
1.4 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymys ... 11
1.5 Tutkimuksen rajaus ... 12
1.5.1. Matkustajalaskennasta aiemmin tehdyt opinnäyte- ja diplomityöt ... 12
2 TIETOPERUSTA ... 13
2.1 HSL ja joukkoliikenne Helsingin seudulla ... 13
2.2 Joukkoliikenne: matkustajalaskenta ... 14
2.3 Liikennesuunnittelu Helsingin seudulla ... 14
2.4 Matkustaminen perustuu tarpeeseen ... 15
2.5 Big data, informaatio, tieto ja tietämys ... 16
2.6 Kanta-asiakkuus ja kanta-asiakasjärjestelmät ... 19
2.7 Pääministeri Juha Sipilän hallituksen ohjelma 2015, digitalisaatio ... 21
3 LAINSÄÄDÄNTÖ ... 23
3.1 GDPR ... 23
3.2 Viestintävirasto, radioviestinnän luottamuksellisuus lakimuutos 2016 ... 23
3.3 Internetin käyttö matkapuhelimella ... 24
4 BEACONIT TUTKIMUKSISSA JA KÄYTÄNNÖSSÄ ... 26
4.1 Beacon ... 26
4.1.1 Bluetooth 5.0 -standardi ... 27
4.2 Tutkimus: beacon tekniikka ja kuluttajat ... 27
4.3 Tutkimus: BLE avusteinen automaattinen järjestelmä matkustustietojen keräämiselle julkisessa liikenteessä ... 29
4.4 Teleliikennepohjaisen matkustajalaskenta- ja matkaketjuanalyysimallin arviointi ElectriCityn bussilinjalla ... 30
4.5 RVU - resvaneundersökningar ... 32
4.6 MVD projekti ... 33
4.7 Mobiili joukkoaistiminen (crowd sensing) ... 33
4.8 Beacon tekniikka ja vähittäiskauppa ... 35
4.9 Beacon tekniikka lentokentällä ... 36
4.10 Beaconit sairaalaympäristössä ... 37
4.11 Beaconit joukkoliikenteessä ja näkövammaiset ... 38

5 BEACONIEN SOVELTAMINEN JOUKKOLIIKENTEESSÄ ..... 39
5.1 Matkustajapopulaatio ja matkustajalaskenta ..... 39
5.2 Beacon järjestelmä osana matkustajalaskentajärjestelmää ..... 40
5.3 Tekninen toteutus ..... 41
5.3.1 Be-In/Be-Out ja BLE: implisiittinen lippujärjestelmä ..... 41
5.3.2 HSL-sovellus, tekninen tausta ja käytön laajuus ..... 44
5.4 Testaus ja pilotointi bussissa ..... 45
6 JOHTOPÄÄTÖKSET ..... 48
6.1 Johtopäätökset kiteytettynä ..... 51
6.2 Tutkimuksen luotettavuus ..... 51
7 POHDINTAA ..... 52
7.1 Kilpailutilannenäkökohta ..... 52
7.2 Uusi liikennepalvelulaki ..... 53
7.3 Beacon teknologian tulevaisuus ..... 54
7.4 Jatkotutkimusaiheita ..... 55
LÄHTEET ..... 56
KUVAT ..... 59

# LYHENTEET JA KÄSITTEET

| | |
|---|---|
| AFC | Automatic Fare Collection, automaattinen rahastusjärjestelmä |
| APC | Automatic Passenger Counting, automaattinen matkustajalaskenta |
| AVL | Automatic Vehicle Location, automaattinen ajoneuvon paikannus |
| Avorahastus | Avoin rahastusjärjestelmä, jossa jokaisen matkustajan matkalippua ei kontrolloida matkan aikana liikennevälineeseen nousun tai siitä poistumisen yhteydessä |
| BLE beacon, iBeacon | “Tarkoituksellisesti näkyvä laite, joka on suunniteltu kiinnittämään huomiota tiettyyn paikkaan.” BLE-toiminen lähetin, joka joko pariston tai verkkovirran avulla lähettää omaa yksilöllistä koodiaan muutaman kerran sekunnissa. Sen lähetysteho voidaan säätää niin, että minimissään se kuuluu vain muutaman metrin päähän, maksimissaan n. 70 metrin päähän. iBeacon on Applen kehittämä oma beacon protokolla |
| Be in / Be out (BIBO) | Rahastusjärjestelmä, joka perustuu matkan pituuteen matkustajan astuessa ja liikennevälineeseen ja poistuessa liikennevälineestä |
| Big Data | ”Erittäin suurten, järjestelemättömien, jatkuvasti lisääntyvien tietomassojen keräämistä, säilyttämistä, jakamista, etsimistä, analysointia sekä esittämistä tilastotiedettä ja tietotekniikkaa hyödyntäen” (Wikipedia) |
| BLE | Bluetooth Low Energy on lyhyenmatkan langaton lähiverkkotekniikka, jota käyttävät nykyaikaiset langattomat laitteet |
| BlindSquare | Älypuhelinsovellus näkövammaisille henkilöille. Sovellus paikantaa henkilön GPS:n (ulkotilat) tai iBeaconien (sisätilat) avulla. Sijaintitiedon perusteella haetaan tietoa ympäristöstä monista avoimen tiedon lähteistä |

| | |
|---|---|
| | ja kuvaillaan ympäristöä reaaliajassa näkövammaiselle henkilöille |
| Bluetooth | Avoin standardi laitteiden langattomaan kommunikointiin lähietäisyydellä |
| CRM | Customer Relationship Management, asiakkuudenhallinta |
| Digitalisaatio | Digitaalisen tietotekniikan yleistyminen arkielämän toiminnoissa |
| GDPR | General Data Protection Regulation, EU:n tietosuoja-asetus joka astui voimaan 25.5.2018 |
| GPS | Global Positioning System, maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä |
| HSL | Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, toimivaltainen kunnallinen viranomainen. 2010 alkaen |
| HSL Sovellus | HSL:n mobiiliaplikaatio, joka yhdistää mobiililiput, reitit ja informaation matkustajille |
| IoT | Internet of Things, esineiden internet |
| Joukkoliikenne | Henkilöiden kuljettamista suurille henkilömäärille tarkoitetuilla liikennevälineillä (Liikennevirasto) |
| Kanta-asiakkuus, kanta-asiakasohjelma | Kanta-asiakasohjelma on erityisesti kuluttajille suunnatussa liiketoiminnassa esiintyvä markkinointikeino |
| Liikennejärjestelmä | Liikennejärjestelmä kattaa kaikki liikennemuodot. Siihen kuuluvat sitä käyttävät ihmiset, liikennevälineet, liikenteen ohjaus ja hallinta, liikennetieto ja -palvelut, infrastruktuuri sekä näitä koskevat säädökset |
| Liikennesuunnittelu | “Laaja poikkitieteellinen ala, joka käsittelee muun muassa ajoneuvoliikenteen verkkojen, tieverkon, kaupunkien katujen, joukkoliikenteen, raideliikenteen, kävelyn ja |

| | |
|---|---|
| | pyöräilyverkon sekä kuljetusten suunnittelun” Wikipedia |
| Matkaketju | Usean peräkkäisen matkan muodostamaa kokonaisuus (Liikennevirasto) |
| Mobiili joukkoaistiminen | Mobile crowdsensing. Tekniikka, jossa suurella joukolla yksilöitä on mobiililaitteita, joilla jaetaan sekä tuotetaan kollektiivista tietoa prosesseista tai tapahtumista mittaamalla, paikantamalla, analysoimalla, arvioimalla tai ennustamalla. (Wikipedia). Kirjoittajan vapaa käännös |
| Mobiililippu | Puhelimen tai muun kannettavan laitteen sovellus, jonka kautta voi ostaa matkalippuja laitteeseen tai matkatilille ja joka toimii tunnisteena lippua käytettäessä. |
| NFC | Near Field Communication, hyvin lyhyillä etäisyyksillä laitteiden tunnistamiseen ja tiedonsiirtoon käytetty radiosignaali |
| OPT-IN | “Päättää osallistua johonkin”, valita. Esim. kuluttaja antaa mainostajalle luvan lähettää mainoksia, viestejä yms. |
| Pilvipalvelu | “Etäresurssipalvelu” (Kielitoimisto) |
| QR-koodi | Quick Response, kaksiulotteinen ruutukoodi |
| Reittiopas (HSL) | Matkustamista ja liikkumista helpottava sähköinen palvelu. Se etsii lähtö- ja määränpääpaikkojen välille sopivan reitin tiettyyn aikaan yhdistellen tarvittaessa eri kulkumuotoja |
| RFID | Radio Frequency Identification, radiotaajuuden etätunnistus |
| RSSI | Received signal strength indication, vastaanotetun signaalin voimakkuus |
| Tietosuoja | “Turvaa rekisteröidyn oikeuksien ja vapauksien toteutumisen henkilötietojen käsittelyssä” (Tietosuojavaltuutetun toimisto) |

| | |
|---|---|
| Tietoturva | “Suojaa tietoaineisto ja tietojärjestelmät” (Tietosuojavaltuutetun toimisto) |
| Tunniste | Tietojen käsittelyssä annettava yksilöllinen tunnus |
| Tunnistepohjainen maksaminen | Maksutapa, jossa palvelun käyttöoikeuden omistaja tai haltija tunnistetaan ja maksutapahtuma ja siihen liittyvä tietojen käsittely hoidetaan maksujärjestelmän taustajärjestelmässä. |
| Viestintävirasto | Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva viranomainen |
| WLAN | Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka |
| YTV | Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, toimivaltainen kunnallinen viranomainen. Kuntien yhteistyöelin 1970 – 2009 |

# 1 JOHDANTO

Beaconit joukkoliikenteessä, joukkoliikenteen suunnittelussa sekä matkustajapopulaation seurannassa. Tässä on tiivistettynä tämän työn aihe. Johdantoluvussa tutustutaan tutkimuksen taustoihin ja tavoitteisiin. Aikaisempia tutkimuksia aiheesta esitellään otsikkotasolla.

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Beaconien käyttöä tutkitaan Helsingin seudun liikenne–kuntayhtymässä (HSL), miten niitä voidaan hyödyntää matkustajalaskennassa joukkoliikenteen parissa. Tarkoitus on tutkia, miten matkustajat liikkuvat joukkoliikenteessä; missä matkustajia astuu joukkoliikennevälineeseen, miten he matkustavat, missä poistuvat kyydistä, vaihtavat toiseen joukkoliikennevälineeseen tai ovat jo määränpäässään. Näitä tietoja voidaan hyödyntää joukkoliikenteen suunnittelussa; reittien, aikataulujen ja ajoneuvokapasiteetin kehittämisessä. Yksittäisen matkustajan seuraamisesta ei ole kyse, sitä edellyttää tietosuojalaki. Vastaavia tutkimuksia ja kokeiluja on meneillään myös muualla. Matkustajapopulaation liikkumis- ja käyttäytymistiedoista on myös muita kiinnostuneita tahoja, kuten esimerkiksi vähittäiskauppa tai erilaiset kaupalliset palveluntarjoajat.

Tässä työssä tutkitaan, mitä muualla on havaittu beaconien käytöstä sekä joukkoliikenteen että muiden toimialojen asiakkaiden parissa. Näitä havaintoja ja kokemuksia on koottu tähän työhön ja saatetaan HSL:n beacon työryhmän tietoon. Tätä tietoa on toivottu HSL:n taholta ja pyydetty kirjoittajaa tuomaan sitä esiin opinnäytetyössään.

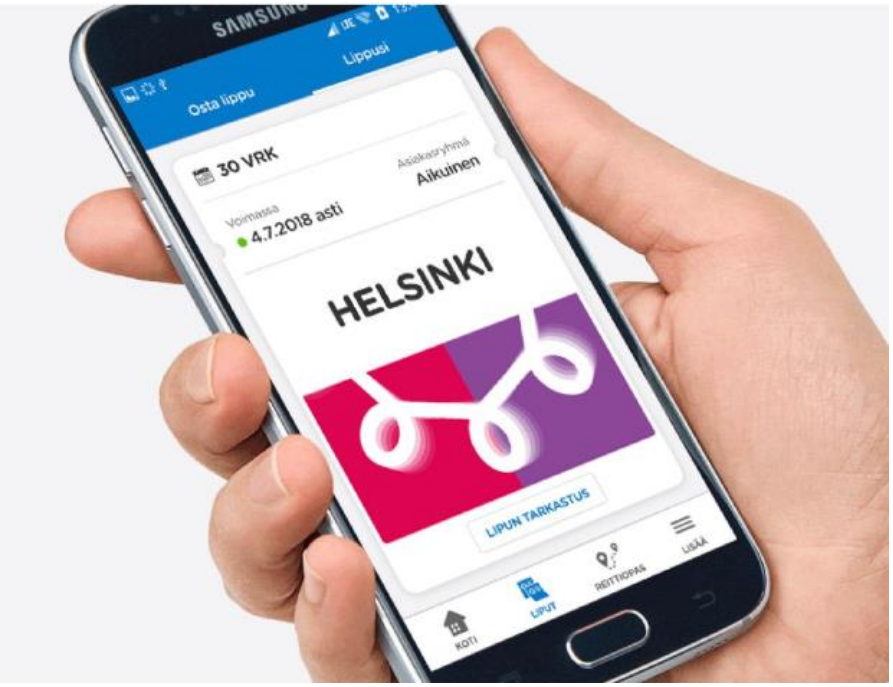
Digitaalisuuden tuominen liikenteen pariin on valtiovallan tahtotila. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen ohjelmassa on erityisesti painotettu digitalisaation merkitystä ja sen mahdollisuuksia suomalaisessa yhteiskunnassa. Digitalisaation vaikutus kasvaa ja koskettaa nykyään lähes kaikkia elämän aloja. Myös joukkoliikennettä. Olemme siirtymävaiheessa kohti digitaalista palveluyhteiskuntaa. Tätä on haluttu painottaa tässä työssä.

Kirjoittaja on työskennellyt ensin YTV:n ja sittemmin HSL:n matkalippuprojekteissa, toimien ensin Matkakorttiprojektin testaustehtävissä ja sen jälkeen Lippu- ja informaatiojärjestelmähankkeen testaus- ja laadunvarmistustehtävissä. Näistä lähtökohdista syntyi kirjoittajan kiinnostus pyrkiä opiskelemaan Hämeen ammattikorkeakouluun tulevaisuuden liikennejärjestelmät ylemmän AMK:n koulutusohjelmaan ja myös tekemään opiskeluun liittyvän opinnäytetyön HSL:lle.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Joukkoliikenteen matkustajalaskennassa ongelmana edelleen on se, että täysin tyhjentävää tietoa matkustajan liikkumisesta ja käyttäytymisestä ei saada niin Helsingin seudulla kuin muuallakaan maailmassa. Matkustustapahtumia saadaan matkalippujärjestelmästä ja erilaisista matkustajalaskennoista, mutta ne eivät anna täysin tarkkaa kuvaa tehdyistä matkoista, kuinka pitkiä ne ovat, missä jäädään pois, vaihdetaan toiseen kulkuneuvoon jne. Myöskään käytössä oleva avorahastus ei helpota tilannetta. Avorahastuksessa matkalippuja ei kontrolloida muuten kuin matkalipputarkastusten yhteydessä.

Uusi älypuhelimeen ladattava mobiili HSL-sovellus matkalippuineen ei tallennu matkustajalaskentajärjestelmiin sähköisesti, joten se ei myöskään kerro matkustamisesta sen tarkempaa tietoa. Bussien kuljettajat eivät rekisteröi mobiililipun käyttäjiä lainkaan, eli HSL-sovelluksen lipulla matkustavien liikkeistä ei saada tällä hetkellä mitään tietoa. Käytännössä kuljettaja vain katsoo mobiililipusta voimassaoloajan ja turvaelementit.
Tilastotietona HSL mainitsee, että huhtikuussa 2018 HSL-sovelluksella tilattiin lähes 1,5 miljoonaa lippua kuukauden aikana. Keskimääräinen päivämyynti oli 48 000 lippua. Vilkkainta myynti on perjantaisin, jolloin lippujen tilaus nousee 60 000 kappaleen tietämille. (HSL, 2018)




Kuva 1. HSL-sovelluksen 30 vrk matkalippu älypuhelimessa (HSL, 2018)

Näin ollen beacon-avusteinen matkustajalaskenta, tai vastaava moderni tekninen järjestelmä, joka rekisteröi alypuhelimen matkustussovelluksen lippuineen, voi tarjota uutta tietoa HSL:lle matkustajien liikkumisesta. Tästä hyötyy sekä liikennesuunnittelu että liiketoiminnan suunnittelu. Beaconit eivät tuo absoluuttista ratkaisua matkustajalaskentaan HSL

alueella, mutta ne voivat olla hyvänä lisänä jo olemassa olevien laskentajärjestelmien rinnalla tuottamaan tarkempaa dataa matkustajista ja matkustamisesta.

Tämän työn tavoitteena on myös kerätä ja jäsentää olemassa olevaa tietoa beaconeista sekä niiden käyttökokemuksista ja luoda näistä katsaus. Katsauksen tuottaman tiedon avulla voidaan arvioida beaconien käyttömahdollisuuksia HSL:n matkustajalaskennassa ja joukkoliikenteen suunnittelussa.

Tutkimuksen materiaali on haettu www-lähteistä ja myös painetusta kirjallisuudesta. Tekniikka kehittyy nopeasti ja ennen kuin tieto on ehtinyt kirjan kansien väliin, tekniikka on jo monasti vanhentunutta. Siksi tässä tutkimuksessa www-maailma on monipuolisempi foorumi haettaessa ajankohtaista tietoa verrattuna kirjallisiin lähteisiin. Beaconien käyttö joukkoliikenteen parissa on myös niin uusi asia, että webropol tms. kyselyitä ei voida suorittaa ja koota niistä saatavaa tietoa tutkimustiedon pohjaksi. Käyttökokemuksia beaconeista joukkoliikenteessä on vielä niin vähän. Tulevaisuudessa toki lienee toisin, kun kokemuksia on saatavilla enemmän.

Beaconeita on käytetty jo vähittäiskaupan alalla, lentokentillä, sairaaloissa jne. ja näiden alojen havaintoja on tuotu esille tässä työssä. Akateemista tutkimusta beaconien käytöstä ja niiden mahdollisuuksista on niukasti. Digitaalisella maailmassa yleensä, kuten myös beaconien parissa, lähinnä tietotekniikan alan kaupalliset yritykset vievät kehitystä eteenpäin, eivät välttämättä yliopistot tai korkeakoulut.

## 1.3 Tutkimustapa

Työ on luonteeltaan kehittämispainotteinen ja toteuttamistavaltaan tutkimuspainotteinen opinnäytetyö.

## 1.4 Tutkimusongelma ja tutkimuskysymys

Tutkimusongelma: Matkustustapahtumien kerääminen ei ole vieläkään riittävän kattavaa joukkoliikennesuunnittelutyön pohjaksi. Tarvitaan, nyt ja tulevaisuudessa, parempia keinoja matkustajatapahtumien keräämiseksi ja analysoimiseksi sekä todellisten asiakkaiden matkojen ja matkaketjujen hahmottamiseksi.

Tutkimuskysymys: Miten beaconeita ja HSL-sovellusta voidaan hyödyntää matkaketju- ja matkustajapopulaatiotiedon seurantaan sekä kuvaamiseen HSL-joukkoliikennesuunnittelussa? Tutkimuskysymyksen jatkokysymys: Onko beacon tekniikka sovellettavissa matkaketju- ja matkustajapopulaatiotiedon seurantaan?

## 1.5 Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksen fokus on joukkoliikennevälineissä tapahtuvassa matkustajavirran läpikulussa, eli HSL reittioppaan ”aihioihin” perustuvissa matkoissa. Mukana ei ole seurantaa liityntäpysäköinnistä, lippuautomaateista, kioskeista jne. Maantieteellisesti tutkimus käsittää HSL alueen.

### 1.5.1. Matkustajalaskennasta aiemmin tehdyt opinnäyte- ja diplomityöt

Matkustajalaskennasta on tehty useita opinnäyte- ja diplomitöitä viime vuosina, joten nyt HSL:n käytössä olevia matkustajalaskentamenetelmiä ja -järjestelmiä ei tässä opinnäytetyössä käsitellä. Näitä edellä mainittuja töitä ovat muun muassa:

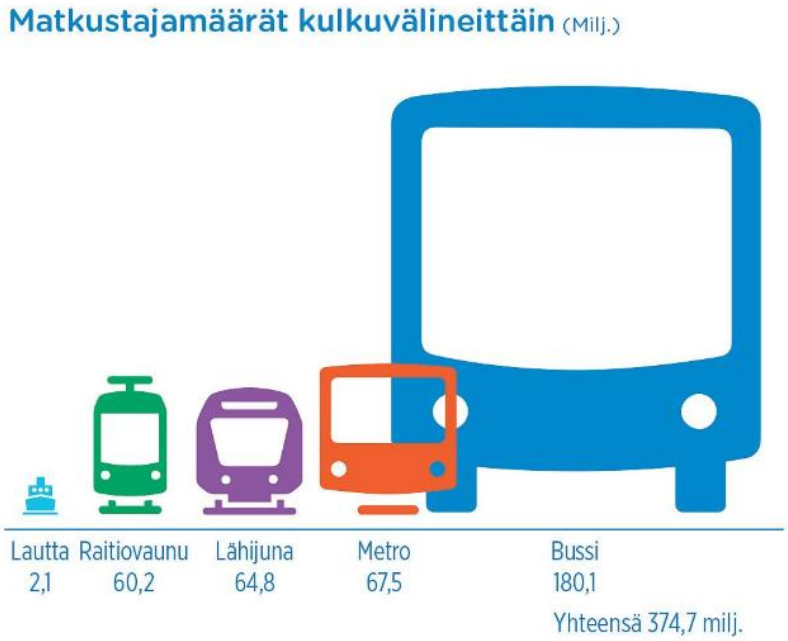
- HAMK 2017, Tomi Vasiliev, Avorahastaminen bussiliikenteessä
- Aalto-yliopisto 2017, Johanna Piipponen, Kulkutapaosuuksien vuosittaisesta arvioinnista HSL-alueella
- Tampereen Teknillinen Yliopisto 2015, Jonas Stenroth, Joukkoliikenteen matkustajalaskenta Helsingin seudulla
- Aalto-yliopisto 2010, Laura Into, Joukkoliikenteen matkustajalaskentajärjestelmät

# 2 TIETOPERUSTA

Seuraavassa luvussa esitellään työn viitekehystä ja tietoperustaa: HSL ja joukkoliikenne, beacon tekniikka, logistiikka ja liikennejärjestelmät, hallituksen ohjelma digitalisaation osalta, lainsäädäntö, big data ja kanta-asiakkuus.

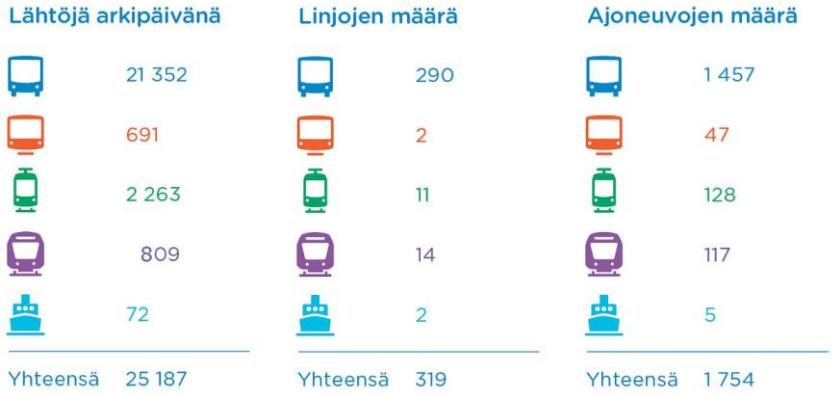
## 2.1 HSL ja joukkoliikenne Helsingin seudulla

Pääkaupunkiseudulla tehtiin 375 miljoonaa joukkoliikennematkaa vuonna 2017 ja määrien uskotaan kasvavan tulevina vuosina. Käytetyin kulkuneuvo on bussi, jolla tehdään lähes puolet kaikista matkoista. Kuvassa 2 on matkustajamäärät kulkuvälineittäin vuonna 2017. Kyseisenä vuonna HSL:n liikennevälineisiin noustiin 375 miljoonaa kertaa. Käytetyin kulkuneuvo oli bussi, jolla tehtiin lähes puolet kaikista matkoista.




Kuva 2. HSL matkustajamäärät kulkuvälineittäin 2017 (HSL, 2018)

Kuvassa 3 on esitetty arkipäivälähtöjen, linjojen ja ajoneuvojen määrä vuonna 2017. Lähtöjä kaikilla kulkuneuvoilla oli yhteensä 25.187, linjojen määrä oli 319 ja ajoneuvoja 1.754.




Kuva 3. Lukumääriä arkipäivälähdöistä, linjoista ja ajoneuvomääristä (HSL, 2018)

Vuosikertomuksessa (HSL, 2017) kerrotaan HSL:n tehtävistä. HSL:

- Vastaa Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman laatimisesta (HLJ)
- Suunnittelee ja järjestää toimialueensa joukkoliikenteen ja edistää sen toimintaedellytyksiä
- Hankkii bussi-, raitiovaunu-, metro-, lautta- ja lähijunaliikenteen palvelut
- Vastaa joukkoliikenteen markkinoinnista ja matkustajainformaatiosta
- Järjestää lippujen myynnin ja vastaa matkalippujen tarkastuksesta

Visionsa mukaan HSL pyrkii varmistamaan seudun asukkaille sujuvan arjen ja tekemään toimialueestaan maailman toimivimman kaupunkiseudun. Tarkoituksena on tarjota mahdollisimman laadukasta palvelua, mahdollisimman kustannustehokkaasti ja kestävällä kehityksellä.

## 2.2 Joukkoliikenne: matkustajalaskenta

HSL selvittää vuosittaisilla laskennoilla joukkoliikenteen osuutta pääkaupunkiseudun kaikesta liikenteestä. Helsingissä mitataan säännöllisesti jalankulkijoiden, pyöräilijöiden, joukkoliikennematkustajien ja autoliikenteen määriä. Säännöllisen seurannan avulla saadaan tietoa liikenteen kehityksestä kulkutavoittain ja kulkutapaosuuksien muutoksista. Matkustajamäärätiedot saadaan matkakorttijärjestelmästä ja runkolinjojen, metron, raitioliikenteen sekä VR-lähijunaliikenteen tiedot automaattisista laskennoista ja laskentamalleista. Suomenlinnan lautan matkustajamäärät lasketaan manuaalisesti. (HSL, 2016)

## 2.3 Liikennesuunnittelu Helsingin seudulla

Helsingin seudun joukkoliikenne on usean joukkoliikennemuodon muodostama kokonaisuus. Perustan muodostavat raide- ja bussiliikenteen runkoyhteydet. Liityntäliikenne toimii syöttöyhteytenä runkoyhteyksille.

Tämä perusasetelma sekä kaupunkien maankäytön rakenne ovat lähtökohtana HSL:n suunnitteluperiaatteille. Suunnitteluperiaatteet tukevat HSL:n strategiaa, joka tähtää joukkoliikenteen kulkumuoto-osuuden kasvuun. Luotettavuus on joukkoliikenteen matkustajien mielestä tärkein joukkoliikenteen palvelutasotekijä. Kaikki toimenpiteet, jotka edistävät matkustajien joukkoliikennematkojen toteutumista heidän toivomillaan tavoilla, parantavat joukkoliikenteen houkuttelevuutta. Näiden toimenpiteiden lähtökohtana on asiantunteva joukkoliikennesuunnittelu, jossa huomioidaan erityisesti linjaston kattavuus, suunniteltujen aikataulujen realistisuus ja vaihtojen onnistuminen. HSL tarjoaa hyvän joukkoliikenteen palvelutason. Kävely pysäkille ja pysäkillä odotus, matkustaminen kulkuneuvossa sekä vaihdot eivät saa kuluttaa kohtuuttomasti aikaa. Joukkoliikenneyhteyksien suunnittelun lähtökohtana ovat käyttäjien tarpeet ja odotukset. (HSL, 2016)

## 2.4 Matkustaminen perustuu tarpeeseen

Tässä kappaleessa avataan Ulla Tapanisen 2018 julkaisemaa kirjaa ’Logistiikka ja liikennejärjestelmät’. Luvussa on näkemyksiä siitä, mihin liikenteen kehitys on menossa ja miten digitalisaatio on mukana kehittyvissä liikennejärjestelmissä.

Henkilön matkustaessa puhutaan matkaketjusta, tällä tarkoitetaan matkojen muodostamaa kokonaisuutta. Matkaketjulla voidaan tarkoittaa myös yhden matkan eri vaiheiden muodostamaa kokonaisuutta; kävely, odotus, ajo, vaihto eri osavaiheineen, ajo, kävele jne. (Liikennevirasto, 2018)

Tulevaisuudessa liikenteessä korostuu joukkoistuminen (engl. crowdsourcing). Liikkujat eivät ole vain liikenneinfrastruktuurin käyttäjiä vaan toimivat myös tiedon tuottajina, muokkaajina ja jakajina. Liikenneväylän ylläpitäjän rooli tulevaisuudessa on yhä enemmän tiedon oikeellisuuden varmentamista ja tiedon jakamista. (Tapaninen, 2018, s. 23)

Teknologian kehittyminen, robotisaatio, automaatio ja digitalisaatio muuttavat liikkumisen osaksi tietoyhteiskuntaa. Yritykset ja julkinen sektori tarjoavat palvelujaan yhä enemmän internetin kautta. Samalla ihmiset saavat halutessaan yhä enemmän reaaliaikaista tietoa liikenteen olosuhteista ja jalostettua tietoa toimiensa vaikutuksista. (Tapaninen, 2018, s. 23)

Kaupunkikeskustoissa tila on rajallinen, eikä sinne mahdu kaikki se henkilöautoliikenne, joka tarvittaisiin ihmisten matkatarpeiden hoitamiseksi. Joukkoliikenne vastaa tähän tilantarpeeseen. Tämä pätee erityisesti suurimmissa kaupungeissa. (Tapaninen, 2018, s. 89)

Joukkoliikenteen toimintaedellytykset paranevat kaupunkikoon

kasvaessa. Perusteita joukkoliikenteelle ovat myös vähäisempi energiakulutus ja vähäisemmät päästöt ympäristöön matkustajaa kohden. Lisäksi joukkoliikenne on turvallisempaa kuin henkilöautoliikenne. (Tapaninen, 2018, s. 90)

Ruuhkatilanteiden vähentäminen esimerkiksi suosimalla työmatkoihin joukkoliikennettä lisää tehokkaasti liikennejärjestelmän kapasiteettia. Joukkoliikenteen kehittämisessä tärkeää ovat riittävät kulkijamäärät. Väestön keskittyminen on omiaan luomaan joukkoliikenteelle paremmat toimintaedellytykset. Matkaketjuja kehitettäessä huomioidaan matkaan kuluvan ajan lisäksi liikennevälineiden vuoroväli sekä mahdollinen odotusaika. Pelkkä matkan kokonaisaika ei riitä palvelun tason arviointiin. (Tapaninen, 2018, s. 93)

Suurin tulevaisuuden muutos liikennejärjestelmässä liittyy älyliikenteeseen. Älyliikenne tuo kolme muutosta:

- liikennettä ohjataan yhä enemmän reaaliajassa
- liikenteen automaatio lisääntyy
- liikenteen palvelut lisääntyvät ja jakamistalous yleistyy

Liikennejärjestelmän kehittämisen resursseista suurin osa tulisi käyttää toimiin, jotka kehittävät liikennejärjestelmää ilman uusintainvestointeja. Älykkyyteen perustuva innovatiivinen liikenteen ohjaus on juuri tätä. (Tapaninen, 2018, s. 166)

Useimmat ihmiset vaativat jokapäiväiseltä liikkumiselta helppoutta ja huokeutta. Tärkeää onkin, että erilaisilla palveluilla ja tiedottamisella tuodaan esiin kulkutapavaihtoehtojen moninaisuus. Tämä vaatii uusia ratkaisuja ja palveluja, joissa tiedonkulun ajantasaisuus ja käyttöliittymän helppous ovat keskeisiä ominaisuuksia. (Tapaninen, 2018, s. 166)

Liikennevirasto (Liikennevirasto, 2016) on ryhmitellyt liikenteen uusia palveluja seuraavasti:

- Informaatiopalvelut, joihin kuuluvat reittioppaat ja opasteet sekä koko matkaketjun varaamiseen ja maksamiseen liittyvät palvelut
- Liikenteen ohjauksen ja hallinnan palvelut, joita ovat reaaliaikaiseen ja paikkatietoon perustuvat seuranta- ja ohjauspalvelut

Yllä mainitut palvelut tukevat digitalisaatiota kehittyvissä liikennejärjestelmissä.

## 2.5 Big data, informaatio, tieto ja tietämys

Digitalisaation keskiössä on halu ymmärtää, miten muuntaa dataa arvokkaaksi. Digitalisuuden kautta organisaatioiden toiminta kytkeytyy dataintensiiviseksi. Dataintensiivisyys synnyttää valtavia määriä

uudenlaista pääomaa, datapääomaa. Data on eräänlainen raaka-aine, jota voidaan kerätä käytännössä mistä vain, ja jonka määrä kasvaa räjähdysmäisesti. Yhdistelemällä, jakamalla ja kierrättämällä dataa sen arvoa voidaan kasvattaa.

Big data on yhteisnimitys valtaisalle datamäärälle, jonka yhteydessä ei voida soveltaa perinteistä datanhallinnointitapaa. Big datalle tunnusomaisia piirteitä ovat:

- Se ei ole käsiteltävissä yleisesti käytössä olevilla laitteilla tai ohjelmilla kohtuullisessa ajassa
- Se on mahdollisesti käytössä monessa paikassa yhtä aikaa
- Se tulee eri lähteistä, eri muodoissa ja se kasaantuu, tai muuttuu, nopeasti
- Se on usein jonkin laitteen automaattisesti tuottamaa
- Se on kerätty mahdollisesti ilman suunnitelmaa siitä, mihin sitä tarkalleen tullaan käyttämään
- Sillä on usein vain löyhästi määritelty rakenne, tai ei rakennetta lainkaan

(Big Data, 2014)

Immo Salo kirjassaan ’Big Data tiedon vallankumous’ avaa big datan käsitettä seuraavasti:

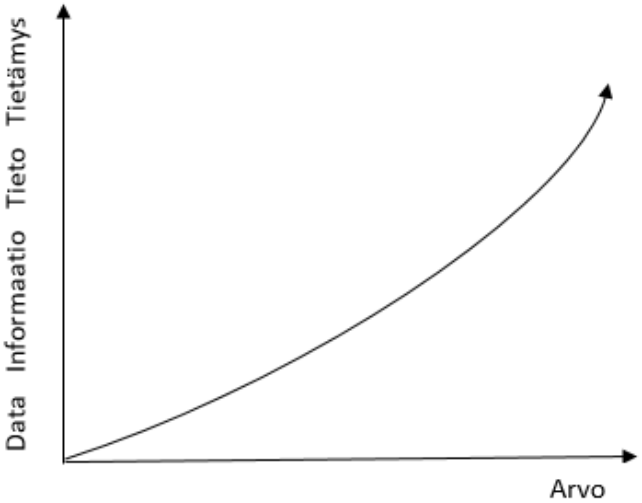
Ihmisten mukana kulkevat erilaiset sensorit, lähinnä älypuhelimet, tai laitteet, joita on asennettu keräämään tietoa, kuten valvontakamerat, sääasemat, liikkeentunnistimet jne., tuottavat kasvavassa määrin dataa kiihtyvällä nopeudella. Toisin sanoen, ne tuottavat big dataa. (Salo, 2013, s. 11)

Big datan, pilvipalveluiden ja tavaroiden internetin (IoT) yhdistelmällä tuotetaan ja käsitellään valtavaa määrää dataa. Yhä suurempi osa laitteista, arkisista esineistä ja tiedonkeruuta varten rakennetuista sensoreista kytketään verkkoon, jolloin saadaan monen kirjavaa ja valtavia määriä dataa alati kasvavana virtana. Tämän datan käsittelyyn ja tallentamiseen tarvitaan laskentakapasiteettiä ja tallennustilaa. Tämä big data -ilmiö kasvaa sitä kiinnostavammaksi, mitä suurempia määriä eri muodoissa jatkuvana virtana saatavaa dataa syntyy käsiteltäväksi. (Salo, 2013, s. 13)

Salo ennusti jo 2013, että ”big data tulee olemaan yksi keskeisistä ajureista, joka ohjaa yrityksiä käyttämään julkisia pilvipalveluita yksityisten sijaan.” Hän jatkaa; ”julkisten pilvipalveluiden keskeisenä myyntiargumenttina tuleekin olemaan valtavien julkisten, puolijulkisten ja yksityisten datamassojen prosessoinnin keskuksena toimiminen.” (Salo, 2013, s. 15)

Big datan keskeinen ongelma on miten siirtää, tallentaa, tarvittaessa yhdistää, analysoida ja ennen kaikkea tehokkaasti hyödyntää kaikkea käsillä oleva dataa. Salo sanoo, että ”graalin maljana ei ole reaaliaikainen analyysi ja siihen pohjautuva päätöksenteko, kuten monesti virheellisesti esitetään, vaan proaktiivinen eli ennustava päätöksenteko perustuen menneisyyden datan yhdistelemiseen ja innovatiiviseen matemaattiseen analyysiin.” (Salo, 2013, s. 21)

Mitä eroa on datalla, informaatiolla, tiedolla ja tietämyksellä? Datan synonyyminä käytetään usein sanaa tieto, joka täsmällisesti määriteltynä ei ole sama asia. Data on raaka-aine, josta voidaan louhia informaatiota ja tästä muodostaa tietoa. Tieto lisää ymmärrystä ja kumuloituneena se muodostaa tietämystä. Big data projektien pitkän aikavälin tavoite on ennen kaikkea ymmärryksen ja tietämyksen lisääminen. (Salo, 2013, s. 26)




Kuva 4. Datan, informaation, tiedon ja tietämyksen keskinäinen suhde Big Datassa (Salo 2013, s. 27)

Mitä big data lupaa yrityksille ja organisaatioille? Salo ennustaa, että datasta tulisi tulevaisuudessa ainoa kestävä kilpailuedun lähde. Tulevaisuudessa (v. 2013 nähtynä) ”riittävän suurella määrällä laadukasta dataa, yhdistettynä laskentatehoon ja kehittyneisiin algoritmeihin, päästään tilanteeseen, jossa ennusteiden esittämät skenaariot kuvaavat suurta osaa todennäköisistä tulevaisuuden olennaisista vaihtoehdoista, ja tästä on luonnollisesti suurta apua päätöksenteossa.” (Salo, 2013, s. 33)

Datan vapauttaminen ja mahdollisimman laajaan käyttöön antaminen tulisi olla ensisijainen tavoite julkishallinnossa. Sen on pyrittävä datan jakamiseen mahdollisimman avoimesti sekä vastikkeetta. ”Tämä palvelee sekä hallinnon läpinäkyvyyttä että demokratian tehokkuuttakin” (Salo, 2013, 35). Tästä seuraa se, että datan tuottaminen ja jakaminen nousseekin julkishallinnon tehtäväkentässä yhä tärkeämpään asemaan. Salo muistuttaa myös, että ”tuottamisen ja jakamisen lisäksi on siis keskitetysti kiinnitettävä huomiota siihen, että ei välillisestikään rikota yksityisyydensuojaa.” (Salo, 2013, 35).

Mielenkiintoisena huomiona Salo nostaa esiin, että ”Datan tuottamisen suhteen julkishallinnon kannattaa keskittyä datalajeihin, joissa datan tuottamisen kustannukset ovat suuret, välittömät hyödyt vaikeasti tunnistettavia ja vähäisiä, mutta arvopotentiaali suuri” (Salo, 2013, 35). Yleisesti hän mainitsee, että ”data on nähtävä siis mahdollisuutena, ei ongelmana tai edes haasteena. Tämä vaatii asennemuutosta, jossa jokainen uusi datalähde nähdään potentiaalisena arvontuotannon lähteenä ja siihen tartutaan innolla” (Salo, 2013, 138).

Tässä työssä on tuotu big data esille siksi, että julkisesta liikenteestä, matkustamisesta ja matkustajapopulaatiosta eri tavoin kerätty data, myös beacon tekniikan avulla kerätty data, on big dataa ja että sitä on myös syytä käsitellä big datan keinoin.

Salon opein sanottuna, HSL:llä julkisena toimijana on mahdollisuus ja kyky keskittyä sellaisen big datan tuottamiseen, ”joissa datan kustannukset ovat suuret, välittömät hyödyt vaikeasti tunnistettavia ja vähäisiä, mutta arvopotentiaali suuri”.

## 2.6 Kanta-asiakkuus ja kanta-asiakasjärjestelmät

Kanta-asiakkuus ja asiakkaiden palkitseminen on haluttu tuoda esille tässä työssä, koska matkustajat on nähtävä asiakkaina ja kanta-asiakkaina, nyt ja vielä enemmän tulevaisuudessa. Matkustaja on joukkoliikennepalvelun kuluttaja ja jossain määrin myös yhteistyökumppani.

Neocard Oy:n Neocrm sivuilla esitellään kanta-asiakkuutta kattavasti. Kanta-asiakasjärjestelmät mahdollistavat myynnin lisäämisen kolmella tavalla:

1. Luomalla asiakkaille kannustimia ostojen kasvattamiseen
2. Analysoimalla asiakkaiden ostohistoriaa
3. Kehittämällä tarjontaa analyysien perusteella

Miten asiakasta kannustetaan ostamaan? Asiakkaalle tarjottavat kannustimet voivat olla bonuksia, etuja tai alennuksia. Bonukset, pisteet, alennusprosentin tarjoaminen ja cash back ovat yleisimpiä kanta-asiakkaille suunnattuja kannustimia. Bonus- ja pistejärjestelmistä on tullut vahvoja asiakasvirtoja ohjaavia tekijöitä kaupan alalla. Suuremmista ostoksista kertyy suurempia bonuksia, jotka taas ohjaavat kuluttajan ostokäyttäytymistä entistä voimakkaammin. Cash back on bonuskannustimen yksi muoto, jossa asiakas palkitaan heti kun ennalta määrätty kulutusraja on täyttynyt. Jatkuva alennusprosentti on taas erityisesti tuotteita korkealla katteella myyvien erikoistavaraliikkeiden parhaimmille asiakkailleen tarjoama etu. Ravintola-ala on monella tapaa ollut edelläkävijä kanta-asiakasohjelmien kehittämisessä. Alalla tyypillisiä kanta-asiakkaille suunnattuja kannustimia ovat erilaiset palveluun liittyvät

edut. Yksi suosittu kannustinmuoto on sarjakortti, joita hyödyntävät esimerkiksi kuntosalit, elokuvateatterit ja kahvilat. Etukäteen ostetut sarjakortit ja -liput myydään halvemmalla. Ostohistorian kerääminen on hyvä tapa kehittää kanta-asiakasohjelmaa. Ostohistoriaa analysoimalla löydetään asiakkaiden suosimat tuotteet. Ostohistoriatiedon perusteella on mahdollista hankkia lisämyyntiä markkinoimalla vanhoille asiakkaille uusia tuotteita. Ostohistorian tilastoinnin avulla voidaan luoda erilaisia asiakasryhmiä, kuten parhaat asiakkaat tai asiakkaat, joiden ostotapahtumasta on kulunut aikaa. Markkinointia voidaan kohdistaa jälkimmäisille asiakasryhmille. Sitä mukaan, kun asiakkaat aktivoituvat ja tarttuvat tarjoukseen, nämä poistuvat "passiivisten" asiakkaitten ryhmästä. Tällä tavoin saadaan, paitsi aktivoitua asiakkaita, myös tärkeää tietoa asiakkaita kiinnostavista tarjouksista. Erityisesti kanta-asiakkaiden toiveita kannattaa kuunnella tarkasti. Perinteisiä tapoja asiakastoiveiden keräämiseen ovat erilaiset palautelaatikot ja ulkopuolisten kumppanien toteuttamat kyselyt. Modernit kanta-asiakasjärjestelmät mahdollistavat suunnatut kyselyt ja kyselyyn vastanneiden palkitsemisen. Sosiaalisessa mediassa käydään vilkasta keskustelua asiakkaiden saamasta palvelusta ja käyttökokemuksista, vertaillaan tuotteita, jaetaan vinkkejä, esitetään kehitysehdotuksia jne. (Neocrm, 2015)

Miten kotimaisessa vähittäiskaupassa kaupanalan jätit sitouttavat ja kannustavat asiakkaitaan pysymään uskollisina sekä itselleen että strategisille kumppaneilleen? K-ryhmä yrittää saada asiakkaansa keskittämään ostoksensa palkitsemalla ja plussabonuksilla. Paljon ostavat keskittäjäasiakkaat, tai kanta-asiakkaat, saavat esimerkiksi ilmaisia tuotenäytteitä sekä lahja- ja luksustuotteita. Myös konsernin tytäryhtiöt ja yhteistyökumppanit tarjoavat kanta-asiakkaille alennuksia ja mahdollisuutta päästä ennakkoon esimerkiksi alennusmyynteihin. Kanta-asiakasedut vaativat kuitenkin tietyn ostorajan ylittämistä. K-ryhmä tarjoaa etuja kanta-asiakkaille myös perustuen näiden ostototottumuksiin. (Kokko, 2016)

S-ryhmä houkuttelee kanta-asiakkaita tarjouksilla ja bonuksilla kun nämä keskittävät ostonsa S-ryhmän sekä sen kumppaneiden liikkeisiin. Mitä enemmän kuluttaa S-ryhmän liikkeissä, sitä enemmän bonusta kertyy. Kanta-asiakas pystyy reaaliaikaisesti seuraamaan S-mobiili sovelluksesta kuinka paljon bonuksia on kertynyt tiettyyn ajanjaksoon mennessä. Myös erilaisia etuja ja tarjouskuponkeja on koko ajan tarjolla. Nämä sitouttavat asiakkaita. Kanta-asiakkaan S-etukortilla tehdyistä ostoksista jää tieto S-ryhmän asiakasomistajarekisteriin yksittäisten tuotteiden tarkkuudella. (Koskinen, 2016)

Tässä kappaleessa tuodaan esille ideoita kanta-asiakkuudesta ja miten näitä ideoita voidaan hyödyntää joukkoliikenteen parissa, miten matkustajia voidaan kannustaa käyttämään enemmän joukkoliikenteen palveluja ja miten heitä voidaan kannustaa yhteistyöhön matkustajaseurannassa ja – laskennassa. Esimerkiksi miten heitä voidaan

houkutella pitämään älypuhelimissaan bluetooth ominaisuutta päällä matkustajaliikenteen beaconien toiminta-alueilla. Tätä asiaa avataan myöhemmin tässä työssä.

## 2.7 Pääministeri Juha Sipilän hallituksen ohjelma 2015, digitalisaatio

Vuonna 2015 pääministeri Juha Sipilän hallitusohjelmassa seuraavalle kymmenelle vuodelle asetettiin tavoitteeksi edistää uusien teknologioiden, digitalisaation ja uusien liikennetoimintakonseptien käyttöönottoa. Hallitusohjelmassa mainitaan seuraavasti:

”Rakennetaan digitaalisen liiketoiminnan ympäristö. Edesautetaan innovaatio- ja palvelualustojen syntyä sektoreilla, joilla julkishallinnolla on rooli markkinoiden toimivuuden kannalta. Tällaisia sektoreita ovat esimerkiksi liikenne palveluna, terveydenhuolto, oppiminen sekä teollinen internet. Lainsäädäntötoimin edistetään uuden teknologian, digitalisaation ja uusien liiketoimintakonseptien käyttöönottoa. Luodaan avoimella datalla ja tietovarantojen paremmalla hyödyntämisellä edellytyksiä uusille liiketoimintaideoille. Perustetaan esineiden internet -ohjelma, joka koordinoi eri ministeriöiden toimet. Tavoitellaan viiden prosentin innovatiivisten hankintojen osuutta kaikista julkisista hankinnoista. Jatketaan tutkimus-, tuotekehitys- ja innovaatiorahoituksen kohdentamista edistämään digitaalisten palveluiden kasvua sekä perinteisillä toimialoilla että uusissa kasvuyrityksissä.” (Valtioneuvosto, 2015)

Hallitusohjelman SWOT analyysin (vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat) mahdollisuudet osiossa mainitaan: ”Kykenemme hyödyntämään maailman megatrendejä, joita ovat muun muassa urbanisaatio, väestörakenteen muutos, ympäristö ja teknologian kehitys. Vahvuuksiamme ovat esimerkiksi biotalous, puhtaat teknologiat ja digitalisaatio”. (Valtioneuvosto, 2015)

Hallitusohjelma kannustaa, lähes velvoittaa, omalta osaltaan kehittämään joukkoliikenteen digitalisaatiota ja digitaalisia palveluja.

Seuraava kuva on otettu ”Ratkaisujen Suomi” Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strategisesta ohjelmasta 29.5.2015. ”Suomi 2025 – Yhdessä rakennettu” visiossa digitalisaatio on yksi menestykseen johtavista tekijöistä.

Kuva 5. Kuva pääministeri Juha Sipilän hallitusohjelmasta, jossa Suomen yhtenä menestykseen johtavista tekijöistä nähdään digitalisaatio (Ratkaisujen Suomi, 2015)

# 3 LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä luvussa tuodaan esille, miten lainsäädäntö ja viranomaiset suhtautuvat ihmisten seurantaan matkapuhelinten tai muiden langattomien päätelaitteiden välitystietojen avulla. GDPR tietosuoja-asetus yhtenäistää tietosuojaa Euroopan unionissa. Radioviestinnän luottamuksellisuus lakimuutos ja matkapuhelinten välitystietojen hyödyntäminen mahdollistaa nyt ihmisvirtojen liikkeiden seuraamisen. Yksilösuoja ei saa kuitenkaan rikkoontua.

## 3.1 GDPR

EU:n yleinen tietosuoja-asetus, 2016/679 (engl. General Data Protection Regulation, GDPR) on Euroopan parlamentin, Euroopan unionin neuvoston ja Euroopan komission yhteinen pyrkimys yhtenäistää tietosuojaa koskeva lainsäädäntö kaikkien Euroopan unionin jäsenmaiden kesken. EU:n sisäisen säätelyn lisäksi se koskee myös tahoja, jotka tallentavat EU-kansalaisten henkilötietoja Euroopan unionin ulkopuolelle. Yleisen tietosuoja-asetuksen tarkoituksena on ensisijaisesti vahvistaa kansalaisten ja EU:ssa asuvien henkilöiden oikeuksia omiin henkilötietoihinsa sekä yksinkertaistaa sääntely-ympäristöä niin, että sekä EU:n sisäinen että kansainvälinen liiketoiminta helpottuu. Tietosuoja-asetuksessa määritellään kansalaisen oikeudet liittyen henkilötietojen käsittelyyn. Asetuksen myötä jokaisella EU-kansalaisella on oikeus tarkistaa hänestä tallennetut tiedot, saada tieto siitä miten henkilötiedot on kerätty, miten niitä käsitellään ja kenelle niitä annetaan. Lisäksi kansalaisella on oikeus oikaista mahdolliset väärät tiedot sekä poistaa tietonsa rekisteristä. Vastaavasti asetuksessa säädetään rekisterinpitäjille velvollisuus toimia siten, että edellä esitetyt oikeudet toteutuvat. GDPR astui voimaan 25.5.2018. (Asetus (EU) 2016/679)

## 3.2 Viestintävirasto, radioviestinnän luottamuksellisuus lakimuutos 2016

Kesäkuussa 2016 voimaan tullut lakimuutos 136 § ”Viestin ja välitystietojen luottamuksellisuus” mahdollistaa ihmisvirtojen liikkeiden seuraamisen matkapuhelinten tai muiden langattomien päätelaitteiden välitystietoja hyödyntämällä. Lisäksi mahdollistettiin erilaisten kauko-ohjattavien laitteiden havainnointi ja tällaiseen havainnointiin perustuvat kaupalliset palvelut. Yksittäisen käyttäjän tunnistaminen tai seuraaminen ei ole lakimuutoksen jälkeen edelleenkään sallittua. Sähköisen viestinnän palveluista annetun lain muutoksen keskeisenä tavoitteena on mahdollistaa uudenlaisen liiketoiminnan syntymistä Suomeen. Välitystietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi kauppakeskuksissa ja lento- tai rautatieasemilla, missä tieto asiakasvirtojen liikkumisesta antaa tärkeää tietoa liiketoiminnan kehittämistä varten. Samoin esimerkiksi hissien ohjelmoinnin optimoiminen voisi helpottua ihmisten liikkeitä seuraamalla.

Kokeilulain perusteella välitystietoja saa käsitellä ja käyttää hyväksi sellainen kolmas taho, jolle kyseessä olevaa radioviestintää ei ole tarkoitettu ja joka ei ole tämän viestinnän osapuoli. Käsittely ei edellytä viestinnän osapuolena olevan suostumusta välitystietojen käsittelyyn. Edellytyksiä välitystietojen hyödyntämiselle on kaksi:

1) Yksittäistä käyttäjää ei saa tunnistaa, vaan välitystiedot on anonymisoitava
2) Tietoja tulee käsitellä automaattisen tietojenkäsittelyn avulla tilastollisesti.

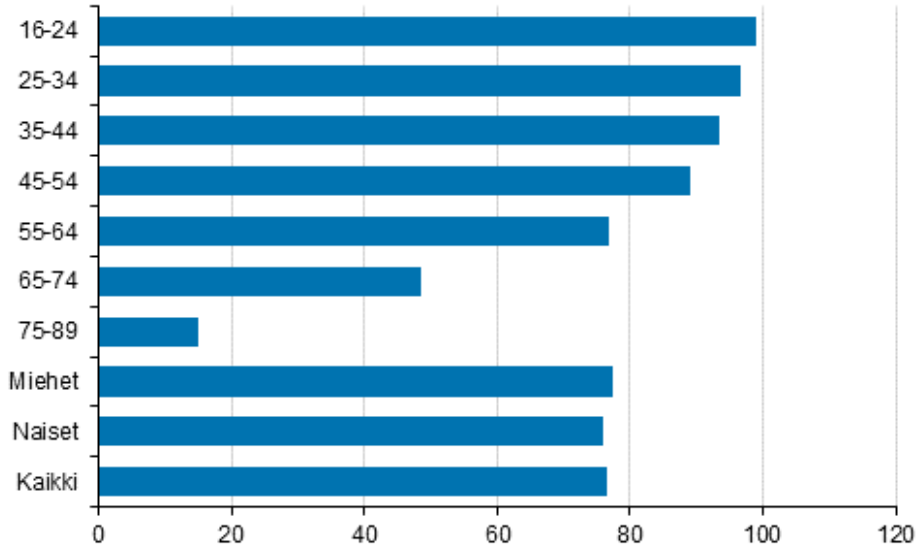
Anonymisointi tarkoittaa välitystietojen käsittelyä siten, että niiden perusteella ei voida tunnistaa yksittäistä henkilöä. Vaatimus tilastollisesta käsittelystä sulkee pois mahdollisuuden käsitellä välitystietoja reaaliaikaisesti. Tilastollista analyysiä ei voida tuottaa myöskään silloin, kun kyse on niin pienestä joukosta käyttäjiä, että siitä voitaisiin tunnistaa luonnollinen henkilö. Kyseessä on kokeilulaki, joka on voimassa 20.6.2016 – 20.6.2021. (Viestintävirasto, 2016)

GDPR asetuksen jokaisella EU-kansalaisella on siis oikeus tarkistaa hänestä tallennetut tiedot, saada tieto siitä, miten tiedot on kerätty, miten niitä käsitellään ja kenelle niitä annetaan. Lisäksi kansalaisella on oikeus oikaista mahdolliset väärät tiedot sekä poistaa tietonsa rekisteristä. Viestintäviraston 2016 voimaan tullut lakimuutos 136 § ”Viestin ja välitystietojen luottamuksellisuus” mahdollistaa ihmisvirtojen liikkeiden seuraamisen matkapuhelinten tai muiden langattomien päätelaitteiden välitystietoja hyödyntämällä. Edellytyksenä on, että yksittäistä käyttäjää ei saa tunnistaa. Tietoja on myös käsiteltävä tilastollisesti, mutta ei reaaliaikaisesti. Käsittely ei edellytä viestinnän osapuolena olevan suostumusta välitystietojen käsittelyyn. Kokeilulaeilla on tapana muodostua vakiintuneiksi käytännöiksi ja laeiksi.

## 3.3 Internetin käyttö matkapuhelimella

Kolmella neljästä 16–89 -vuotiaasta suomalaisesta on omassa käytössään kosketusnäytöllä ja 3G- tai 4G internetyhteydellä varustettu puhelin. Älypuhelinten yleistyminen on edelleen nopeaa. Vuonna 2013 vain 55 prosentilla oli kosketusnäytöllinen älypuhelin. Yleistymisen vauhti on ollut keskimäärin viisi prosenttiyksikköä vuodessa. Vuosikymmenen alussa, ensimmäisten älypuhelinten tullessa markkinoille, kasvu oli vielä tätä nopeampaa. Miehet ja naiset käyttävät älypuhelimia lähes yhtä yleisesti. Vuoteen 2016 asti miehet käyttivät älypuhelimia yleisemmin kuin naiset. Tyypillisesti miehet omaksuvat uuden tieto- ja viestintätekniikan ennen naisia. Erot kuitenkin yleensä tasoittuvat laitteiden tai käyttötarkoitusten yleistyessä. Alle 55-vuotiaista 94 prosentilla on nykyään käytössä älypuhelin. Vain vanhimmissa ikäryhmissä älypuhelinten käyttö ei ole kovin yleistä: 65 – 74 vuotiaista puolella ja 75 – 89 vuotiaista vain 15 prosentilla on älypuhelin käytössään. (Tilastokeskus, 2017)

Kuvassa 6 on esitetty älypuhelimem käyttöä ikäryhmittäin prosenttiosuuksina sekä käytön jakaantumista sukupuolittain vuonna 2017.




Kuva 6. Älypuhelin omassa käytössä 2017, %-osuus väestöstä. (Tilastokeskus, 2017)

Älypuhelinten helppo käytettävyys ja monipuolisten puhelimiin tarkoitettujen sovellusten lisääntyminen näkyy kasvaneena internetin käyttönä älypuhelimilla. Vuonna 2017 16 – 89 vuotiaista 71 prosenttia oli käyttänyt kolmen kuukauden aikana internetiä älypuhelimella. Tämä tarkoittaa, että lähes joka kymmenes älypuhelimen haltija ei käytä laitettaan internetyhteyksiin. Toisaalta älypuhelinten haltijoista 75 prosenttia käytti puhelintaan internetyhteyksiin viikoittain. Vuonna 2015 tämä osuus oli samansuuruinen. (Tilastokeskus, 2017)

Tässä luvussa on tuotu esille se, että ihmisten seuraaminen populaationa on mahdollista. Nykyinen älypuhelinten yleisyys ja kattavuus niillä alueilla, missä ihmiset ovat ja liikkuvat, luo teknisesti mahdollisuuden hyödyntää älypuhelimia apuna myös joukkoliikennesuunnittelussa. Suuri osa ihmisistä on koko ajan verkossa älypuhelimillaan.

# 4 BEACONIT TUTKIMUKSISSA JA KÄYTÄNNÖSSÄ

Tässä luvussa paneudutaan beacon tekniikkaan tutkimuksissa ja kerrotaan, miten beaconeita hyödynnetään muilla aloilla ja muualla maailmassa.

## 4.1 Beacon

Beacon (engl. majakka) on pieni langaton laite, joka lähettää radiosignaalina talletettua tietoa lähellä oleville, tätä signaalia vastaanottamaan kykeneville mobiililaitteille, kuten älypuhelimille. Beacon toimii kuten majakka merellä, majakka lähettää säännöllisin väliajoin valomerkin, beacon lähettää ympäristöönsä radiosignaalin.

Tavallista on, että IT-alalla terminologiaa jää suomentamatta. Beacon tarkoittaa majakkaa englanniksi ja Suomessa kyseisestä laitteesta käytetään usein vain nimeä *beacon*. Niin myös tässä työssä puhutaan beaconeista.

Beaconit hyödyntävät Bluetooth Low-Energy (BLE) teknologiaa, mikä käyttää vain murto-osan normaalin bluetooth-signaalin vaatimasta energiasta. Pitkän toiminta-ajan mahdollistaa, jopa vuosia kestävä paristo. BLE signaali pystyy kulkemaan lähes esteettömästi seinien ja muiden rakenteiden läpi, toisin kuin matkapuhelin tai wifi-signaalit. Bluetooth perustuu niin sanottuun Point-To-Point-yhteyteen, jossa kaksi laitetta kommunikoivat keskenään. Toinen laitteista on isäntä ja toinen renki.

Mobiililaitteet ja niiden sovellukset, tyypillisesti älypuhelimet, tabletit tai muut BLE vastaanottoon kykenevät mobiilit laitteet, pystyvät tunnistamaan ja paikallistamaan beaconin sekä jossain määrin myös laskemaan etäisyyden siihen. Vastaanottaessaan signaalin mobiililaitteessa aktivoituu siihen ohjelmoitu yleensä sijaintiin perustuva toiminto.

Eräitä beaconien sovelluskohteita ovat “kiinnostavat pisteet” (Points of Interest) esimerkiksi kaupat, bussipysäkit, tilat ja muut erityishuomion arvoiset paikat. Beaconien välittämän tiedon avulla voidaan toteuttaa muun muassa tilaan, liikkeeseen, säätilaan, kulkusuuntaan ja etäisyyteen pohjautuvia sovelluksia.

BLE paikannus on edullista toteuttaa, koska paristokäyttöisiä beaconeita varten ei tarvita sähkökaapeleita. Lisäksi BLE vastaanottaja on nykyisissä älypuhelimissa vakiovarusteena, joten käyttöönottokynnys kuluttajasovelluksissa on alhainen.

Toisaalta taas BLE paikannuksen käyttöönoton haaste on se, että laajaan tilaan tarvitaan runsaasti beaconeita. Niiden sijoittelu on suunniteltava niin, että niiden lähettämät signaalit kattavat koko tilan, ne on asennettava

paikoilleen ja paristojen kuluttua loppuun paristot on uusittava. Tämä vaatii organisointia ja suunniteltua ylläpitoa. Esimerkiksi Miami International lentokentällä beaconeita on tuhatkunta.

Usein paras lopputulos saavutetaan yhdistelemällä eri tekniikoita. Wlan verkkoa voidaan käyttää paikannukseen laajoissa, avoimissa tiloissa, kun taas beaconeita voidaan asentaa sokkeloisiin tiloihin, kuten käytäviin ja portaikkoihin.

Tämän hetken beaconit hyödyntävät bluetooth 5 standardia, jota käsitellään seuraavassa kappaleessa.

Kuva 7. Kaksi beacon mallia (Owen-Jones, 2018)

### 4.1.1 Bluetooth 5.0 -standardi

Bluetooth 5.0 on BLE langattoman viestinnän standardin uusin versio. Sitä käytetään yleisesti langattomissa kuulokkeissa ja muissa äänilaitteissa sekä langattomissa näppäimistöissä, hiirissä ja peliohjaimissa. Bluetoothia käytetään myös erilaisissa esineiden Internet (IoT) kohteiden välisessä viestinnässä. 5.0 -standardi tuo mukanaan niitä BLE ominaisuuksia, joita IoT kaipaa, eli suuremman datanopeuden, pidemmän kantaman ja paremman energiatehokkuuden. Uuden standardin myötä kantama tuplaantuu ja nopeus lähes nelinkertaistuu. (Barth, 2018)

## 4.2 Tutkimus: beacon tekniikka ja kuluttajat

Elon Universityn julkaisemassa artikkelissa ”Analysis of Promising beacon Technology for Consumers” esitellään tutkimusta kuluttajille suunnatusta beacon tekniikasta.

Artikkelissa käsitellään 2015 tehtyä kyselytutkimusta ja sen tuloksia beaconien käytöstä kaupan tiloissa. Tutkimukseen vastasi melko pieni joukko kuluttajia, 76 henkilöä, mutta tulokset ovat suuntaa antavia. Tutkimus suoritettiin online tutkimuksena sosiaalisessa mediassa. Kyselyyn vastanneista henkilöistä 55 (72 %) oli 18 - 23 vuotiaita, 1 (1 %) 24 - 29 vuotias, 9 (12 %) 30 - 50 vuotiaita ja 11 (15 %) yli 50 vuotiaita. Yhtenä kysymyksenä oli, että mitä mieltä vastaajat ovat siitä, että älypuhelinsovellukset tunnistavat asiakkaan sijainnin kaupan tiloissa. Vastauksia tuli seuraavasti:

- 2 vastaajaa (3 %) hyväksyi ehdoitta sen, että sovellukset tunnistavat asiakkaan sijainnin kaupassa
- 45 vastaajaa (59 %) kannatti tunnistusta vain siinä tapauksessa, jos siitä on hyötyä asiakkaalle
- 23 vastaajaa (30 %) vastusti täysin tunnistusta
- 5 vastaajan (7 %) mielestä asialla ei ollut merkitystä.
- Yksi (1 %) vastaaja valitsi vastauksen "muu". Vapaasti suomennettuna vastaus oli, että "Isoveli valvoo, mutta jos siitä on apua, eikä se häiritse asiakkaan yksityisyyttä, niin se käy."

Samassa kyselytutkimuksessa kysyttiin myös mielipidettä niistä kannustimista, joilla saadaan asiakas sallimaan älypuhelinsovelluksen antamaan paikannustietoja. Vastaajaa pyydettiin valitsemaan kaikki kiinnostavat kannustimet useammista vastausvaihtoehdoista. Vastaajista:

- 54 (71 %) valitsi etukupongit ja tarjoukset
- 37 (49 %) valitsi tuoteuutiset ja tuotetiedot
- 10 (13 %) valitsi aikataulutus- ja organisointineuvonnan tms. palvelut
- 8 (11 %) valitsi pelit ja viihteen
- 11 (14 %) vastasi, että mikään näistä vaihtoehdoista ei kannusta heitä antamaan paikannustietoja

Artikkelin yhtenä päätelmänä on, että digitalisaation aikana kasvaneet nuoremmat sukupolvet (ns. milleniaalit) hyväksyvät helpommin asiakastiedonkeruun ja paikannuksen verrattuna vanhempiin sukupolviin. Tulos tuskin on yllätys kenellekään. Artikkelissa tuli myös ilmi, että tiedottamisessa ja markkinoinnissa menestyäkseen markkinoijien on avoimesti kerrottava asiakkaille beaconien ja paikannuksen vaikutuksista ja tuotava esille tähän liittyvät hyödyt, mutta myös riskit. (Moody, 2015)

Johtopäätöksenä liittyen kannustimiin ja palkitsemiseen, sekä miten houkutellaan matkustajat pitämään matkustamiseen liittyvä älypuhelinsovellus ja bluetooth yhteys päällä beaconien toiminta-alueella: Matkustajille voidaan tarjota palkkioksi esimerkiksi kohdennettuja alennuksia, kumppaniyrityksen tarjouksia, erilaisia kausietuja ja -kuponkeja, tiedotteita ja uutisia. Myös avoin ja rehellinen tiedottaminen beaconien toiminnasta, tietoturvasta ja tietosuojasta on ehdottoman tärkeää.

## 4.3 Tutkimus: BLE avusteinen automaattinen järjestelmä matkustustietojen keräämiselle julkisessa liikenteessä

Tutkimuksessa “BLE avusteinen, automaattinen matkustustietojen keräämisjärjestelmä julkisessa liikenteessä” (kirjoittajan vapaasti suomentama) testattiin ja validoitiin beaconeita, BLE tekniikkaa sekä algoritmeja. Tutkimuksessa seurattiin matkustajia ja busseja pienimuotoisessa testiskenaariossa, joka kattoi yhden bussireitin ja 16 pysäkkiä. Tutkimus toteutettiin Bar-Ilan yliopiston kampusalueella. Tutkimuksessa todetaan aluksi, että matkustustietojen keruujärjestelmien laadukkuus ja tietojen aukottomuus ovat välttämättömiä julkisen liikenteen järjestelmien nykyaikaisessa suunnittelussa ja toteuttamisessa. Erilaiset automaattiset (AVL, APC ja AFC) tämän päivän järjestelmät eivät pysty täysin aukottomasti seuraamaan matkustajien matkaketjuja ja matkustustapahtumia, kuten ei myöskään ajoneuvojen pysäkille saapumisia, matkustajien nousuja ja poistumisia ajoneuvoista, ajoneuvojen sijaintia ja liikkumista jne. (Hadas, Boaz, 2016)

Testattava järjestelmä koostui seuraavista teknisistä osista:

a) Akkukäyttöiset beaconit, joita oli asennettu pysäkeille ja busseihin
b) Älypuhelinsovellukset ja muut ohjelmistot
c) Datapalvelimet

Beaconien avulla oli mahdollista tunnistaa ja rekisteröidä erilaisia tapahtumia, kuten matkaketjutietoja, arvioida bussien pysäkille tulo- ja pysäkiltä lähtöaikoja, saapumisnopeuksia, bussien matkustajamääriä jne. Tutkimuksessa kerättiin tietoa matkustajien liikkeistä matkaketjuina, eli mihin aikaan ja missä busseissa matkustajia liikkui, odotusaikoja pysäkeillä, miten bussit liikkuivat kunakin hetkenä jne. (Hadas, Boaz, 2016)

Seuraavat kaaviokuvat havainnollistivat tutkimustuloksia. Kuvassa nähdään yksittäisten matkustajien tapahtumia bussissa vastaanotetun signaalin perusteella, matkustajien odotusaikoja pysäkillä ja reittikartta:

Kuva 8. Tuloksia Bar-Ilan yliopiston BLE linjakokeilusta (Hadas 2016)

Edellä oleva esitys ei ole kovin kattava tai laaja, mutta se on yksi muutamista tämän alan julkaisuista, jossa yliopistotasolla esitellään beaconien ja BLE tekniikan tutkimusta joukkoliikenteessä.

## 4.4 Teleliikennepohjaisen matkustajalaskenta- ja matkaketjuanalyysimallin arviointi ElectriCityn bussilinjalla

Göteborgissa on päättymässä ElectriCity yhteistyöhanke, jossa teollisuus, tutkijat ja kaupunki testaavat ja kehittävät tulevaisuuden ympäristöystävällisiä ratkaisuja joukkoliikenteessä. Yhteistyö alkoi vuonna 2013 ja se jatkuu vuoteen 2018. Tammikuussa 2015 aloitti Göteborgissa sähköbussilinja nro. 55 välillä Chalmers Johannesberg Science Park ja Lindholmen Science Park. Energiatehokkaat, hiljaiset ja täysin päästöttömät sähköbussit tarjoavat matkustajille käyttöön myös uutta teknologiaa.

Kuva 9. ElectriCity sähköbussi linjalla 55, Göteborg (Västra Götalandsregionen, 2017)

Alusta alkaen mukana oli myös ajatus, että ElectriCity busseissa tutkitaan ja testataan matkustajalaskentaa sekä kerätään tietoa matkaketjuista. Tutkimus perustuu uuteen teleliikenneteknologiaan, jolla pyritään pitkällä aikavälillä kehittämään julkisen liikenteen automaattista lippujärjestelmää. Samalla tutkitaan ja analysoidaan matkustajien liikkumista (ns. Human Mobility Analysis). Jotta voidaan tarjota hyvää joukkoliikennettä, tarvitaan ensin tietoa ihmisten matkustamisesta. Matkustajamäärälaskenta eri joukkoliikennevälineillä ja matkaketjujen analysointi luovat alustavaa dataa linjaratkaisujen ja aikataulujen suunnittelulle. Samoin se myös antaa suuntaa liikennöintiin liittyvälle tuotto- ja kustannuslaskennalle. Hankkeessa haluttiin pureutua joukkoliikenteen perusongelmaan, eli sellaisen matkustajalaskentadatan keräämiseen, joka on kaiken kattavaa, luotettavaa ja ajantasaista. Perinteisissä menetelmissä matkatutkimustietoa kerätään lippujärjestelmien avulla, joka ei ole riittävää nykymittapuulla katsottuna. Hankkeen esitutkimuksessa pohdittiin kahta erilaista matkustajalaskentatekniikkaa ja miten niitä voidaan hyödyntää:

- Matkustajien älypuhelinsovellukset ja joukkoliikennevälineiseen asennetut beaconit
- Matkustajien älypuhelinsovellukset ja televerkon automaattinen paikannustieto

Esitutkimuksessa huomioitiin se, että osalla matkustajista ei ole älypuhelimia ja joillakin niitä saattaa olla taas useampia. Yksityisyyteen liittyvät riskit ja ongelmat myös tiedostettiin. Teknisenä ratkaisuna matkustajalaskennassa hyödynnettiin bluetooth tekniikkaa (ruots. Blåtand). Kyseisessä ratkaisussa busseihin asennettiin bluetooth lähettimet, eli beaconit. Älypuhelinsovellukset havaitsivat nämä beaconit ja lähettivät rekisteröinnin pohjalta tietoa taustajärjestelmälle, jossa kerätystä datasta saatiin matkustajamäärälaskentaa sekä matkaketjuanalyyseja.

Beacon tekniikassa on kaksi etua, ensinnäkin beaconit ovat pieniä ja edullisia, toiseksi paikannus on kiinteästi sidoksissa bussiin, jossa beacon havaittiin. Kesäkuussa 2015 kirjoitetussa väliraportissa hankkeessa oli tullut esiin useita havaintoja ja suosituksia: Automatisoitu matkustajalaskenta ja matkaketjuanalyysi tuottavat täsmällistä tietoa siitä, missä on tarvetta kehittää linjarakennetta ja vuorotiheyttä. Ne myös mahdollistavat julkisen liikenteen dynaamisen suunnittelun ja laadukkaan toteuttamisen. Kehitys hyödyttää matkustajia ja tekee julkisesta liikenteestä houkuttelevampaa sekä myös energiatehokkaampaa. Energiatehokkuus auttaa parantamaan kaupunkiympäristöä ja puhdistamaan ilmaa sekä myös pienentämään kustannuksia. Huomion arvoinen on myös havainto, että onnistunut matkustajalaskenta ja matkaketjuanalyysi eivät vaadi matkustajilta suuria panostuksia. Hankkeessa on todettu, että koska useimmilla matkustajilla on jo älypuhelin mukanaan, on olemassa hyvä mahdollisuus teknisesti toteuttaa matkustajamäärälaskentaa ja matkaketjuanalysointia joukkoliikenteessä hyödyntäen beacon tekniikkaa. (Gustavsson, 2015)

## 4.5 RVU - resvaneundersökningar

Ruotsalaisessa Trafikanalys raportissa 2017:32 “Matkatutkimusvälineiden ja – sovellusten kartoitus” (kirjoittajan vapaasti suomentama) todetaan, että matkustus- ja liikennetutkimuksissa on havaittu tarve kehittää uusia ratkaisuja matkustamisen tutkimiseen. Tammikuussa 2017 annettiin Ruotsin teollisuusministeriölle RVU raportti (resvaneundersökning), eli matkatutkimusmenetelmiä koskeva tutkimusraportti, jossa käsiteltiin tätä aihetta. Raportin päävastuullinen toteuttaja on Trafikanalys. Trafikanalys on ruotsalainen liikenteeseen keskittynyt tutkimus- ja tilastoviranomainen. Se vastaa Ruotsin kansallisesta matkatutkimuksen (RVU Sweden) kokoamisesta. Matkatutkimuksessa käsitellään ihmisten päivittäisiä matkoja, eli milloin he matkustavat, mitä liikennemuotoja he käyttävät, mitkä ovat matkojen syyt sekä tarpeet ja niin edelleen. Tutkimuksessa todettiin, että lähtökohtaisesti kokonaiskuvan saamiseksi tarvitaan tietoa matkustamisesta ja matkustajasta; maantieteellinen alkamis- ja päättymispiste, matkustusreitti, aloitus- ja loppuhetki sekä matkan kesto, matkan tarkoitus ja matkanluonne sekä matkustajaprofiili. Nämä tiedot muodostivat keskeisen osan RVU tutkimusta. Tutkimuksessa tiedon ja tapahtumien tuottamiseen osallistui aktiivisesti todellisia matkustajia. Tutkittava tieto ei sisältänyt yksittäiseen henkilöön kohdistuvia yksilö- ja tapahtumatietoja, vaan tieto täydensi kokonaistietoa matkaketjun ja matkustuskäyttäytymisen osalta. Yhtenä tutkimuksen havaintona on, että vaikka tutkimuksissa tekniikalle on tarvetta, suuri osa uusista teknisistä välineistä ja menetelmistä ei ole vielä kypsiä arkikäyttöön vertailtaessa näitä perinteisiin RVU:n tutkimusmenetelmiin. Myös yksilön tietosuojaa on tarkasteltava oikeudellisten näkökohtien osalta. Vielä toistaiseksi uusissa teknisissä välineissä ja menetelmissä on parannettavaa ja kehitettävää, jotta ne hyödyttäisivät RVU tutkimuksia. (Stigell ym., 2017)

## 4.6 MVD projekti

Minimum Viable Device (MVD) projektin tavoite on luoda yleinen standardi esineiden internet (IoT) viestinvälitykseen. Projektin taustalla on Mobile Heights. Mobile Heights on verkostoyhteisö, joka yhdistää liike-elämän, yliopistomaailman ja julkisen sektorin toimijoita. Yhteisön tarkoituksena on tukea online-verkkoteknologian kasvua. 2018 sen tärkeimmät painopistealueet ovat tulevaisuuden digitaalisessa yhteiskunnassa ja digitaalisessa terveydessä. Mobile Heights perustettiin vuonna 2008 ja sen perustajajäseniä ovat Sony Mobile, Ericsson, Telia Company, Skånen alueneuvosto sekä Lundin, Malmön ja Blekingen yliopistot. (Mobile Heights, 2018)

MVD projektin visioita ovat:

- Nopea kehitys ideasta toteutukseen IoT laitteille ja palveluille
- Tuoda IoT teknologia insinöörimaailmasta arkipäivän tasolle
- Luoda eri teollisuudenaloille yhteinen IoT kommunikointistandardi

Projekti keskittyy aluksi terveyteen ja liikenteeseen, mutta myöhemmin se laajenee muille toimialoille, kuten energiateollisuuteen, autoteollisuuteen ja matkailuun. Erityistä huomiota kiinnitetään ihmisten yksityisyyteen ja turvallisuuteen. Toisena tavoitteena on kasvattaa älykkäiden esineiden ekosysteemiä hyödyntämällä bluetooth- ja wifi-tekniikkaa sekä edistää MVD:tä yleisenä standardina. (Mobile Heights, 2018)

Edellä esitetyssä MVD-projektissa tutkitaan myös beaconien ja matkustajan älypuhelinsovelluksen yhteistoimivuutta sekä matkustajan joukkoliikennevälinenousujen ja -poistumisten rekisteröitymistä. “Points of Interest” palvelulla ohjataan ja avustetaan matkustajaa hänen haluamalleen reitille sekä kerrotaan milloin hän on perillä haluamassaan kohteessa. Samalla tutkitaan menetelmiä, joissa älypuhelimella voidaan automaattisesti rekisteröityä matkustajaksi. Tutkimuksen pitkän tähtäimen tarkoitus on kehittää täysin automatisoitu matkustusjärjestelmä joukkoliikenteessä. Tutkimuksen tulokset tähän mennessä viittaavat siihen, että tällainen järjestelmä on mahdollista saavuttaa, mutta beacon tekniikka vaatii vielä täydentäviä toimintoja, jotta sen ja älypuhelinsovelluksen yhteistekniikassa saavutetaan riittävän hyvä taso. (Mobile Heights, 2018)

## 4.7 Mobiili joukkoaistiminen (crowd sensing)

Julkaisussa “joukkoaistiminen ja julkisen liikenteen aikataulut ja matkustustavat beacon avusteisessa, sisältötietoisessa arkkitehtuurissa” (kirjoittajan vapaa suomennos), Sannion yliopiston tutkijat Cianciulli, Canfora ja Zimeo esittelevät hajautettua ohjelmistojärjestelmää, joka hyödyntää älypuhelimia julkisessa liikenteessä. Järjestelmässä tutkitaan joukkoaistimista, jossa matkustajien älypuhelinsovellukset yhdessä

beaconien kanssa tuottavat paikkatietoa, tietoa bussien reittisijainneista sekä arvioita saapumisajoista. Joukkoaistiminen (engl. crowd sensing) on lähestymistapa tiedonkeruuseen hyödyntäen älypuhelinten ja käyttäjien liikkuvuuden tarjoamia tunnistusmahdollisuuksia. Keskeisenä ideana järjestelmässä on tuottaa matkustajille on-line tietoa bussien sijainnista huomioiden muun muassa muuttuvat liikenneolosuhteet. Ideana on myös auttaa joukkoliikennettä tarjoavia yrityksiä ja kunnallisia tilaajia laskemaan kustannuksia tehostamalla liikennöintiä, kehittämään joukkoliikenteen reittejä ja parantamaan liikennesuunnittelua. Muita tavoitteita on muun muassa:

- Julkisen liikenteen monitorointi ja tilastodatan muodostaminen bussi- ja pysäkkitapahtumien, aika- ja paikkatietojen, poikkeusten jne. pohjalta
- Matkustajaryhmien profilointi
- Kokemuksen kerääminen tutkittavasta järjestelmästä ja tekniikasta
- Käyttäjien tukeminen matkasuunnittelussa, kuten kuinka he voivat kysyä järjestelmältä tietoja bussien sen hetkisestä sijainneista, keskimääräisistä matka-ajoista asemien välillä ja arvioiduista saapumisaikatauluista jne.

Edellä mainituilla tavoitteilla tähdätään puolestaan pitkän aikavälin tavoitteisiin, joita ovat:

- Julkisen liikenteen optimointi, eli mahdollisuus toteuttaa toimia, joilla pyritään vähentämään kustannuksia ja parantamaan palvelujen suorituskykyä tunnistamalla alikäyttöisiä tai ylimitoitettuja reittejä
- Matkustajien matkustustapojen tunnistaminen, jotta heille voidaan toteuttaa esimerkiksi kohdennettua viestintää tai mainontaa
- Auttamaan matkustajia valitsemaan sujuvia tai vaihtoehtoisia reittejä, jotka perustuvat järjestelmän keräämiin ja tarjoamiin vinkkeihin

Tuloksena julkaisussa esitellään järjestelmä, joka kerää avoimesti dataa muun muassa matkustajien nousuista ja poistumisista pysäkeillä, aikataulutietoja, bussien sijaintitietoja, poikkeustilannetietoja jne. Kerätty data analysoidaan big datana. Kun riittävästi dataa on analysoitu ja tilastoitu, järjestelmä pystyy tarjoamaan tietoa matkustajien liikkeistä ja joukkoliikenteen tapahtumista. Järjestelmä pystyy myös tunnistamaan erilaisia käyttäytymismalleja tallennetun datan pohjalta. Järjestelmän tarjoamia välittömiä kustannushyötyjä ovat muun muassa:

- Järjestelmän vaatiman tekniikan käyttöönoton ja ylläpidon kustannukset ovat kohtuulliset joukkoliikennettä tarjoaville yrityksille ja kunnallisille tilaajille
- Järjestelmä kykenee itse paikkatietoon perustuen oppimaan uudet reitit niitä käyttöönotettaessa. Ihmisen osallistumista tarvitaan vain beaconien sijoittamiseen ja niiden käyttöönottamiseen busseissa ja asemille

Viestinä on myös; jotta voidaan edistää laajempaa sovellusten käyttöönottoa datan keräämiseksi joukkoliikenteessä, on oltava valmis:

- Tukemaan matkustajia ja parantamaan heidän kokemuksia joukkoliikenteestä ja sen järjestelmistä
- Tarjoamaan kannustimia matkustajille

(Cianciulli, Canfora & Zimeo, 2016)

Vastavanlaista tutkimusta on tehty Suomessa Aalto-yliopiston toimesta TrafficSense projektissa (Aalto-yliopiston Tietotekniikan laitoksen Distributed Systems tutkimusryhmä). TrafficSense projektin tavoitteena on parantaa liikenteen energiatehokkuutta auttamalla ja kannustamalla liikkujia kohti tehokkaampaa liikkumista. Projektissa hyödynnetään mobiilia joukkoaistimista (mobile crowdsensing), joka tunnistaa ja oppii liikkujien säännölliset reitit ja liikkumismuodot. Tutkimuksessa tarkoituksena on kerätä anonyymia tietoa liikkumisesta: paikkatietoa ja liikkumismuototietoa (esim. kävely, autoilu, pyöräily). Tiedon avulla kehitetään algoritmeja, jotka oppivat liikkujien säännölliset liikkumisreitit, ja jotka voivat ennustaa kulloisenkin reitin johonkin tiettyyn päämäärään. Tällaisia algoritmeja voitaneen käyttää liikkumista tukevissa palveluissa esimerkiksi ohjaamaan käyttäjät ruuhkan ohi tai ohjaamaan paremmalle reitille jonkin poikkeustilanteen takia – ilman, että käyttäjä on ilmoittanut päämääräänsä. Kerätty tieto on jo sellaisenaan kiinnostavaa liikennetutkimukselle esimerkiksi ovelta-ovelle ulottuvien, eri liikkumismuototietoja mahdollisesti yhdistävien matkaketjujen näkökulmasta, joita on vaikea tutkia perinteisin tiedonkeruumenetelmin. Projektin kenttätutkimus päättyi toukokuussa 2017 ja tuloksia analysoidaan vielä. (Trafficsense, 2017)

Joukkoaistimista ei pidä sekoittaan joukkoistamiseen. Joukkoistaminen, tai joukkouttaminen (engl. crowd sourcing), myös talkoistaminen, kuvaa yleisesti hajautettua ongelmanratkaisu- ja tuotantomallia, jossa toimeksiantaja hyödyntää yhteisön osaamista rajattua tehtävää varten.

## 4.8 Beacon tekniikka ja vähittäiskauppa

Business 2 community, sales & marketing maaliskuun 2018 verkkojulkaisussa käsitellään beacon tekniikan etuja vähittäiskaupan alalla. Yhdysvalloissa beaconit ovat herättäneet viime vuosina suurta mielenkiintoa, erityisesti vähittäiskaupan piirissä. Niistä on tullut markkinoinnin tärkeä lisä. Esimerkiksi astuessaan sisälle kauppaan asiakas saa älypuhelimeensa päivän tarjouksen. Kaupan kassalla tai tiskin läheisyydessä asiakkaan kanta-asiakaskäynti rekisteröityy kaupan asiakasjärjestelmään. Poistuessaan ulos kadulle asiakas saa vielä asiakastyytyväisyyskyselyn. Kaikessa tässä hydödynnetään beacon tekniikkaa.

Tutkimuksissa on tunnistettu neljä beaconien tuomaa etua vähittäiskaupalle. Nämä edut ovat:

- Mainonta. Beaconien avulla välitetään asiakkaille aikaan ja paikkaan perustuvaa lähimarkkinointia ja mainontaa. Näin voidaan tarjota heille esimerkiksi erityisiä tarjouksia kauppaliikkeen sisällä tai tavarahyllyjen läheisyydessä
- Tiedon keruu ja analysointi. Beaconien avulla voidaan saada tietoja esimerkiksi miten, missä ja milloin asiakkaat liikkuvat liiketilan sisällä, kuinka kauan ja minkä tuotehyllyn ääressä he viettävät aikaa liiketilassa.
- Personalisointi. Asiakkaille voidaan tarjota tarjouksia, alennuksia, tuotesuosituksia jne. perustuen heidän aikaisempiin ostokäyttäytymisiin. Näin voidaan pyrkiä rakentamaan pitkää asiakasuskollisuutta ennakoimalla asiakkaiden tarpeita ja lisäämällä heidän sitoutumistaan
- Edullisuus. Beaconit ja BLE tekniikka ovat suhteessa edullisempia kuin muut tekniset laitteet, joilla pyritään saamaan asiakkaiden huomio ja sitoutuminen. Beacon ja BLE tekniikka ei myöskään vaadi suurta tietämystä teknisestä asennuksesta, käyttöönotosta ja ylläpidosta.

Beaconien hyödyntäminen vaatii myös markkinoijalta sitoutumista ja suunnittelua siitä, miten sisällytetään beaconit osaksi markkinointistrategiaa. Hyödyntäminen vaatii oman vaivannäkönsä, suunnitelmansa ja toimeenpanonsa. (Burns, 2018)

## 4.9 Beacon tekniikka lentokentällä

Miamin kansainvälinen lentokenttä on Yhdysvaltojen ja etenkin Latinalaisen Amerikan sekä Karibian välisen lentoliikenteen risteyskohta. 2015 lentokentän kautta kulki yli 44 miljoonaa matkustajaa, mikä tekee siitä yhden Yhdysvaltojen ja koko maailman suurimmista lentokentistä. 2014 Miami aloitti ensimmäisenä lentokenttänä beaconien laajamittaisen käytön. Beaconien avulla tarjotaan matkustajille tärkeää paikannukseen ja matkojen jatkoyhteyksiin liittyvää tietoa. Beaconeita käytetään myös lentokentän omalle henkilöstölle viestimiseen ja operatiivisten tietojen, kuten erilaisten teknisten ja avustavien tietojen välittämiseen. Lentokenttä on sallinut myös siellä operoiville lentoyhtiöille sekä muille kumppaneille mahdollisuuden hyödyntää beaconeita. (Smith, 2017)

Miten beaconien avulla autetaan lentomatkustajia?

- Tiedottaminen. Kun matkustaja on ladannut älypuhelimeensa tarvittavan sovelluksen ja sallinut tiedonannot, lentokenttä voi beaconien avulla tarjota matkustajille tietoa info- ja turvapalveluista, pysäköinnistä, kaupoista, ravintoloista, paikallisliikenteen aikatauluista jne.

- Reaaliaikainen paikantaminen ja navigointi. Matkustajan älypuhelinsovellus rekisteröi beaconin ja kertoo välittömästi matkustajalle tämän sijainnin, mihin hänen tarvitsee mennä päästäkseen seuraavalle lennolleen ja nopeimman tavan päästä sinne
- Kumppaniyritysten tarjonta. Lentokentän ravintoloille ja vähittäiskaupalle beaconeilla on arvokas rooli ruokailu- ja ostosmahdollisuuksien tarjoamisessa matkustajille
- Turvallisuus. Eksyneen matkustajan paikallistaminen helpottuu
- Matkustajavirran hallinta sekä lentoaseman oman toiminnan tehostaminen. Beaconien keräämä data matkustajavirroista auttaa suunniteltaessa ja optimoitaessa lentokentän palvelukapasiteettia ja henkilöresursseja

Sen lisäksi että beaconit tuottavat välitöntä tietoa, jonka avulla lentokentät voivat tarjota matkustajille parempaa palvelua, ne myös auttavat lentokenttiä parantamaan omaa tehokkuuttaan ja organisaatiotaan sekä ennen kaikkea kannattavuuttaan. Tämä on mille tahansa lentokentälle tai lentoyhtiölle etu. Tällä hetkellä jo kymmenkunta kansainvälistä lentokenttää hyödyntää beacon ja BLE tekniikkaa. (Smith, 2017)

## 4.10 Beaconit sairaalaympäristössä

Nagoyan yliopistollisessa sairaalassa Japanissa on meneillään tutkimus, jossa kokeillaan sairaalaan tiloihin sijoitettujen beaconien toimivuutta potilasseurannassa ja henkilökunnan paikantamisessa. Kokeilu alkoi maaliskuussa 2018 ja sen on tarkoitus jatkua vuoden verran. Vuonna 1871 perustettu Nagoyan yliopistollinen sairaala sisältää yli 1000 vuodepaikkaa ja se palvelee vuosittain 573 400 potilasta. Beaconien käytöllä on kaksi tavoitetta. Ensimmäinen tavoite on paikantaa henkilöstön jäsenten sijainti (Real Time Location System - RTLS) ja tutkia, miten he liikkuvat sairaalan tiloissa, kuinka usein ja kuinka pitkään he ovat vuorovaikutuksessa potilaiden kanssa. Toinen tavoite on seurata ja kerätä tietoja potilaiden elintoiminnoista ja myös tallentaa ne potilaskohtaisesti. Kokeiltava tekniikka ei ainoastaan seuraa potilaita ja henkilöstöä, vaan sen avulla voidaan myös tutkia kuinka nopeasti pystytään reagoimaan potilashoitotarpeisiin. Tutkimuksessa pyritään tuomaan esiin myös ne tilanteet, joissa henkilöstö tarvitsee lisää resursseja hoitotehtävissä. Tähän asti henkilöstön työmäärää koskevat tiedot ovat suurelta osin olleet likimääräisiä. Nyt työmäärän todellista kuormitusta voidaan määrällisesti mitata. (Swedberg, 2018)

Potilailla on rannekkeet ja niissä olevat anturit keräävät tietoja elintoiminnoista. Nämä tiedot välittyvät BLE tekniikalla potilastietokantaan. Tietojen mukana välittyy rannekkeen tunniste, joka ohjaa tiedot potilaskohtaisesti ja reaaliaikaisesti oikeisiin tiedostoihin. Potilaan omaa henkilöllisyyttä ei tallenneta rannekkeeseen. Tekniikka myös hälyttää henkilökunnan, jos potilaan elintoiminnoissa tapahtuu

jotain normaalista poikkeavaa. Beaconeita hyödynnetään myös paikantamaan elintärkeiden laitteiden ja välineiden sijaintia. (Swedberg, 2018)

## 4.11 Beaconit joukkoliikenteessä ja näkövammaiset

Beaconeita on jo testattu pääkaupunkiseudun joukkoliikenteessä näkövammaisia henkilöitä palvelevan moniaistisen suunnistamismenetelmän ja opastejärjestelmän kehittämishankkeessa. Hankkeessa tutkittiin Multisensory wayfinding -menetelmää sekä opastevaihtoehtoja joukkoliikenteen esteettömyyden parantamiseksi. Testaus suoritettiin Tikkurilan ja Itäkeskuksen joukkoliikenneterminaaleissa. Hankkeessa kehitettiin beacon avusteisia opasteita sekä navigointiin tarkoitettua älypuhelinsovellusta, BlindSquarea. Sovelluksen toiminta perustuu GPS-tietoihin, avoimiin rajapintoihin ja beaconeihin. Hankkeessa testattiin myös, miten beaconien avulla näkövammaiset tunnistavat pysäkille saapuvan bussin ja löytävät oikeaan laiturin. Beaconien avulla toteutettiin automaattisia kuulutuksia, joissa kerrottiin bussien lähtöaikoja, minkälaisella aikataululla niitä kulkee. Lisäksi kuulutuksissa kerrottiin metron tulo- ja määränpäätietoja samoin kuin paikallisjunien raide-, tulo- ja määränpäätietoja. Beaconeita testattiin myös busseissa. Kaiken kaikkiaan beaconeita oli noin 40 kpl, yksi kussakin runkolinjan 550 bussissa. BlindSquare tunnisti nämä niin sanotuiksi liikkuviksi beaconeiksi. Bussin lähestyessä BlindSquare kertoi mistä linjasta oli kyse. Hankkeen tuloksena syntyi liikkumisympäristöä ja reittejä kuvaileva, sanakartoille perustuva beacon viestijärjestelmä. Järjestelmä yhdessä reaaliaikaisten pysäkkien aikataulutietojen kanssa muodosti älykkään ääniympäristön. (Saarela ym., 2018)

Vastaavanlaisia näkövammaisia auttavia järjestelmiä on testattu myös muualla, muun muassa Bukarestissa alkaen vuodesta 2015. Siellä kahden joukkoliikennelinjan busseihin asennettiin viisisataa beaconia avustamaan näkövammaisia, jotta he voivat matkustaa omatoimisesti ilman avustajia (Smart Public Transport project).

# 5 BEACONIEN SOVELTAMINEN JOUKKOLIIKENTEESSÄ

Tässä luvussa esitellään menetelmiä ja tekniikkaa sekä suunnitelma, miten beacon tekniikkaa on hyödynnettävissä joukkoliikenteessä. Luvussa pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen, miten beaconeita ja matkustamiseen liittyvää älypuhelinsovellusta voidaan hyödyntää matkaketju- ja matkustajapopulaatiotiedon seurantaan ja kuvaamiseen joukkoliikennesuunnittelussa.

## 5.1 Matkustajapopulaatio ja matkustajalaskenta

Matkustusoikeuden hankkimisessa siirrytään kohti tunnistepohjaista maksamista, jossa tuotteita ja hankittuja matkoja hallinnoidaan esimerkiksi matkatilin kautta. Tietojen käsittelyssä käytetään yksilöllistä anonymisoitua tunnistetta. Matkalipun numero- ja kirjainyhdistelmä on matkustusoikeuden yksilöivä tunniste. Tunnistepohjaisessa matkustuksessa tunniste on liitettävissä asiakkaaseen/matkustajaan. Yhteys tarvitaan, jotta matkustajan tekemät matkat voidaan hinnoitella oikein, asiakkaan asiakas- tai alennusryhmään perustuen. GDPR-vaatimusten puitteissa asiakkaalla on oikeus saada tietoonsa tekemänsä matkat. Tunnistepohjaisessa maksamisessa maksutapahtumia sekä niihin liittyvää tietojen käsittelyä hoidetaan maksujärjestelmän taustajärjestelmässä.

Tunnistepohjaisuus on hyödynnettävissä myös erilaisissa sähköiseen lukeutumiseen tai kirjautumiseen perustuvissa matkustajalaskentajärjestelmissä, sillä tunnistepohjaisuus ei ole yhdistettävissä henkilötietoihin muutoin kuin erittäin tiukkojen sääntöjen kautta (GDPR). Näin saadaan toteutettua yksilön tietosuoja. Tunnistepohjaisuus antaa mahdollisuuden kerätä riittävällä tasolla tarkkaa tietoa matkustamisesta. Tätä riittävän tarkasti identifioivaa dataa tarjoaa esimerkiksi lipputyyppi, matkustusalue, asiakasryhmä, kotikunta jne. Tämä tieto mahdollistaa matkustajien seurannan populaationa ja tutkia sen matkustuskäyttäytymistä.

Kesäkuussa 2016 voimaan tullut radioviestinnän luottamuksellisuus lakimuutos mahdollistaa ihmisvirtojen liikkeiden seuraamisen matkapuhelinten tai muiden langattomien päätelaitteiden välitystietoja hyödyntämällä. Kuitenkin kunnioittaen yksilön tietosuojaa.

Jotta matkustajapopulaation tietoja yhdistämällä, tai pilkkomalla, ei tunnisteta yksilöä, on syytä luvittaa matkustajien seuranta vasta, kun sähköiseen lukeutumiseen tai kirjautumiseen perustuvan matkustajalaskentajärjestelmän lukualueella on >1 tai x kappaletta järjestelmään rekisteröityviä matkustajia, esimerkiksi älypuhelimen sovelluksen avulla. Tästä asiasta ohjeistaa viestintäviraston lakimuutos “tilastollista analyysiä ei voida tuottaa myöskään silloin, kun kyse on niin

pienestä joukosta käyttäjiä, että siitä voitaisiin tunnistaa luonnollinen henkilö”. Tilanne saattaa tulla eteen esimerkiksi harvaan asutun alueen pysäkillä, jossa bussiin beaconin tunnistusalueelle nousee, tai kyydistä poistuu, vain muutama matkustaja älypuhelimineen. Tällä toimenpiteellä pyritään takaamaan sekä yksilönsuoja että kuitenkin tuottamaan riittävällä tarkkuudella dataa matkustajapopulaation käyttäytymisen tutkimukselle. Nyt on siis mahdollista tutkia matkustajapopulaation liikkeitä tunnistamatta yksilöitä. Tämä mahdollistaa datan keräämisen populaation liikkeistä, missä ja minne se liikkuu, millä linjoilla ja millä joukkoliikennevälineillä se kulkee, mihin aikaan, missä solmukohdissa tai pysäkeillä populaatio tihentyy, miten se jakautuu näistä eteenpäin, mitä lipputyyppejä esiintyy populaatio-otoksissa, mikä on joukkoliikennevälineiden täyttöaste jne. On kuitenkin muistettava viestintäviraston lakimuutoksen vaatimus, se että dataa tulee käsitellä automaattisen tietojenkäsittelyn avulla vain tilastollisesti. Tämä sulkee pois mahdollisuuden käsitellä dataa reaaliaikaisesti.

## 5.2 Beacon järjestelmä osana matkustajalaskentajärjestelmää

Beacon avusteisessa järjestelmässä beaconeita voidaan asentaa pysäkeille ja joukkoliikennevälineisiin, esim. busseihin sekä raitiovaunuihin. Bluetooth beaconit toimivat lähettiminä, jotka on ohjelmoitu lähettämään tietoa läheisiin laitteisiin, kuten BLE vastaanottoon kykeneviin älypuhelimiin ja tabletteihin. Esimerkiksi bussissa oleva beacon, tai useampi beacon, välittää tietoa yksilöllisestä sarjanumerostaan tai tunnisteestaan. Bussiin noustessaan matkustajan älypuhelinsovellus, jossa on matkustus- ja paikkatietoon perustuvaa älykästä toiminnollisuutta, rekisteröi beaconin signaalin. Sovellus tunnistaa bussin ja lähettää tiedot yhdessä ajankohtatiedon kanssa taustajärjestelmään. Yhdistämällä beaconin lähettämän tiedon taustajärjestelmissä oleviin tietoihin voidaan päätellä missä ajoneuvossa ja millä linjalla kyseinen älypuhelinsovellus on. Kun matkustaja ei ole enää beaconin vaikutusalueella, matkustaja on poistunut kyseisestä kulkuvälineestä, älypuhelinsovellus rekisteröi ja ymmärtää tämän. Toiminta vaati sen, että matkustaja on parittanut älypuhelinsovelluksen toimimaan yhdessä beacon järjestelmän kanssa (opt-in). Beaconin ja matkustajan sovelluksen tiedot välittyvät liikennejärjestelmän taustajärjestelmään, jossa tiedot voidaan käsitellä big datana ja tuottaa näin tilastollista tietoa liikennesuunnittelun käyttöön. Muun muassa matkaketjujen tutkiminen on konkreettisempaa, kun matkustajien todellisia matkoja voidaan hahmottaa. Millä tekniikalla ja tietomallirakenteella tiedot välittyvät taustajärjestelmään, menevätkö ne matkustajan HSL-sovelluksen välittämänä 4G verkon välityksellä, vai bussin OBS järjestelmän (On-Board-System) välityksellä, sen saavat tietoliikenneasiantuntijat ratkaista. Tämä on myös hyvä uusi opinnäytetyön aihe.

Matkaketjujen seuranta voidaan aloittaa matkustajien aloituspysäkeiltä

näiden noustua joukkoliikennevälineisiin. Seuranta jatkuu matkustajien kulkiessa eri pysäkkien kautta toisiin joukkoliikennevälineisiin, päättyen lopulta määränpääpysäkeille. Solmupisteissä voidaan arvioida, miten matkustajien matkaketjut ovat jatkuneet kellonaikaa, jatkoliittymien aikataulu- ja liikennevälinetietoja analysoimalla sekä vertaamalla näitä tietoja rinnakkaisten matkustajalaskentajärjestelmien tarjoamiin tietoihin. Megasolmuista, kuten metron ja runkolinjojen pysäkeiltä, saatava data kertoo suurten matkustajavirtojen liikkeistä. Yhtälailla kaikilta vaihtopysäkeiltä ja - asemilta saatava data, solmun koosta tai matkustajamäärästä riippumatta, muodostaa mielenkiintoista tietoa liikennesuunnittelun kannalta.

Beacon järjestelmä ei tee varsinaista matkustajamäärälaskentaa, koska kaikilla matkustajilla ei ole älypuhelinta, bluetooth ei ole päällä, matkustajat eivät käytä mobiilisovellusta tai eivät halua jättää jälkeänsä matkustajalaskentaan. Tuleeko edes kaikkiin busseihin beacon varustusta? Se ei siis korvaa mitään jo olemassa olevaa matkustajadatan keräysjärjestelmää, mutta se antaa lisätietoa ja uutta näkökulmaa siitä, miten matkustajavirrat kulkevat ja minkälaisia matkaketjuja muodostuu.
Beacon järjestelmän avulla tuotettua tietoa voidaan sovittaa yhteen muiden matkustajalaskentajärjestelmien tuottaman datan kanssa taustajärjestelmässä. Kaikista näistä tietojärjestelmistä tulee siis ”vajaata” dataa joukkoliikenteen suunnittelun näkökulmasta, mutta kaikki ne tukevat toisiaan ja auttavat luomaan tarkempaa kuvaa matkustamisesta, ainakin tilastomielessä. Asiakkuudenhallintajärjestelmää (CRM) voitaneen hyödyntää näiden matkustajalaskentajärjestelmien, mukaan lukien beacon järjestelmän, tuottaman datan yhteenkursimisessa. Tämä data on big dataa ja sitä voidaan myös big datan keinoin käsitellä.

Suunnittelijat voivat hyödyntää tätä dataa jalostaakseen siitä tietämystä jotta voidaan taas kehittää ja parantaa reittejä, vuorotiheyksiä, ajoneuvokapasiteettia jne. Digitalisaatio, big data sekä näiden lisäksi tekoäly ovat tätä päivää ja hyödynnettävissä myös liikennesuunnittelussa.

## 5.3 Tekninen toteutus

Kappaleessa 5.3.1 kuvataan miten beacon ja BLE tekniikkaa käytännössä toimii bussiympäristössä. Kappaleessa 5.3.2 esitellään HSL-sovellusta. Tässä opinnäytetyössä ei pureuduta teknisiin yksityiskohtiin näitä kohtia tarkemmin.

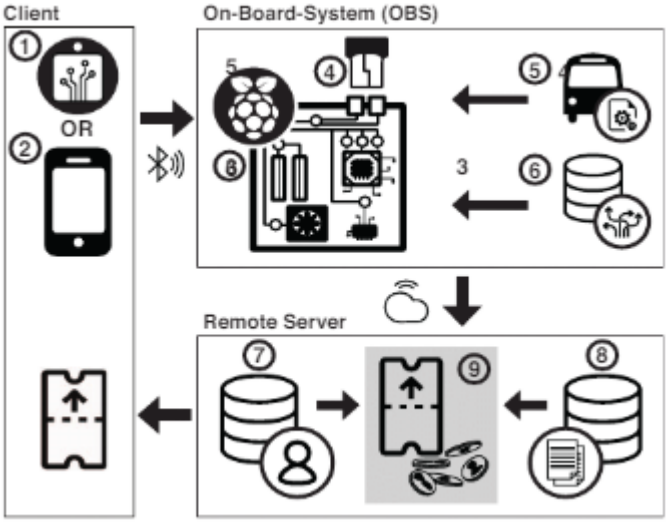
### 5.3.1 Be-In/Be-Out ja BLE: implisiittinen lippujärjestelmä

BI/BO ja BLE: implisiittinen lippujärjestelmä julkisen liikenteen järjestelmässä (kirjoittajan vapaasti suomentama) artikkeli avaa tutkimusta tekniikasta, joka toteutettiin Johannes Kepler yliopistossa

Linzissä, Itävallassa. Artikkelissa selvitetään, onko beacon ja BLE tekniikka soveltuva Bi/Bo -järjestelmille verrattuna esim. RFID tekniikkaan.

Artikkelissa kuvataan, miten beaconeita ja BLE tekniikkaa on konkreettisesti tutkittu aidossa bussiympäristössä. Tutkimuksessa tutkittiin, miten beaconien radiosignaalit reagoivat riippuen niiden sijainnista bussissa, ja miten matkustajamäärä vaikuttaa signaalien voimakkuuksiin. Tutkimuksessa oli mukana todellisia ihmisiä testimatkustajina. Tuloksia on kuvattu kuvissa 12 ja 13.

Kuvassa 10 esitetään BLE tekniikkaa ja BI/BO kokonaisjärjestelmää yleisesti sekä sen toiminnallisuutta.

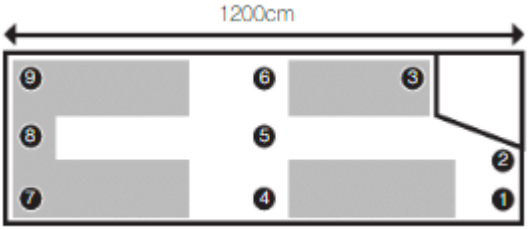



Kuva 10. BLE tekniikka ja BI/BO järjestelmä (Narzt ym., 2015, s. 1552)

Matkustajan bluetooth-ominaisuudella varustettu mobiililaite (1), tai älypuhelin (2), rekisteröityy tunnisteella ajoneuvossa olevaan järjestelmään (On-Board-System, OBS). OBS-järjestelmä koostuu keskusyksiköstä (3) ja beaconista (4), joka on asennettu ajoneuvon sisäkattoon. Ajoneuvon informaatiojärjestelmä (Vehicle-Information-System, VIS) (5) saa linja- ja aikataulutiedostosta (6) tiedon, jonka avulla VIS tunnistaa ajoneuvon sen hetkisen sijainnin ja reitin. VIS myös rekisteröi matkustajan älypuhelintunnisteen ja ajankohdan. Tieto välittyy etäpalvelimelle, jossa matkustajatieto (7) ja ajoneuvotieto (8) yhdistetään jatkokäsittelyä (9) varten taustajärjestelmään. Tämän tekniikan tarkempi tutkiminen on hyvä toisen uuden opinnäytetyön aihe. (Narzt ym., 2015, s. 1552)

Tutkimuksessa testattiin myös beaconsignaalien voimakkuutta normaalimittaisessa bussissa (12 m) täydellä matkustajamäärällä (33 matkustajaa). Tutkimuksessa tarkasteltiin, miten signaali havaitaan kolmella eri antennikohdistuksella; vaakasuorassa (horiz), pystysuunnassa (vert) ja 45 ° kulmassa (45 °), kuvat 12 ja 13.

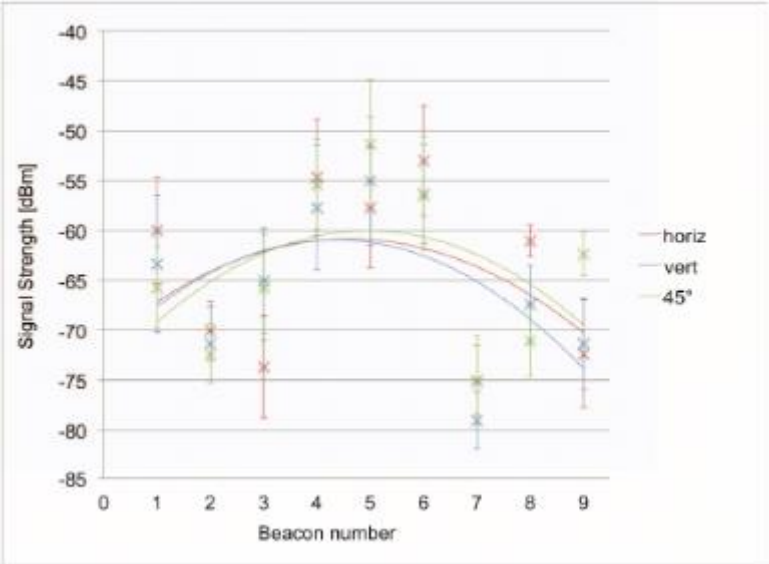
Tutkimuksessa käytettiin yhdeksää BLE beaconia, jotka oli sijoitettu eri puolille bussia; etupuolelle, keskelle ja takaosaan, kuitenkin bussin ovien lähettyville. Kuvassa 11. esitetään nämä sijainnit (1-3 edessä, 4-6 keskellä ja 7-9 takana). (Narzt ym., 2015, s. 1554)




Kuva 11. BLE beaconien sijainti bussissa. (Narzt ym., 2015, s. 1554)

Beaconien signaalien vahvuutta kuvataan RSSI arvolla (received signal strength indicator), jonka yksikkö on desibelimilliwatti (dBm). Beacon antennien kohdistus on kuvattu erivärisillä kaarilla; vaakasuoraan osoittava antenni on kuvattuna punaisella, pystysuora sinisellä ja 45 ° kulmassa oleva keltaisella värillä.

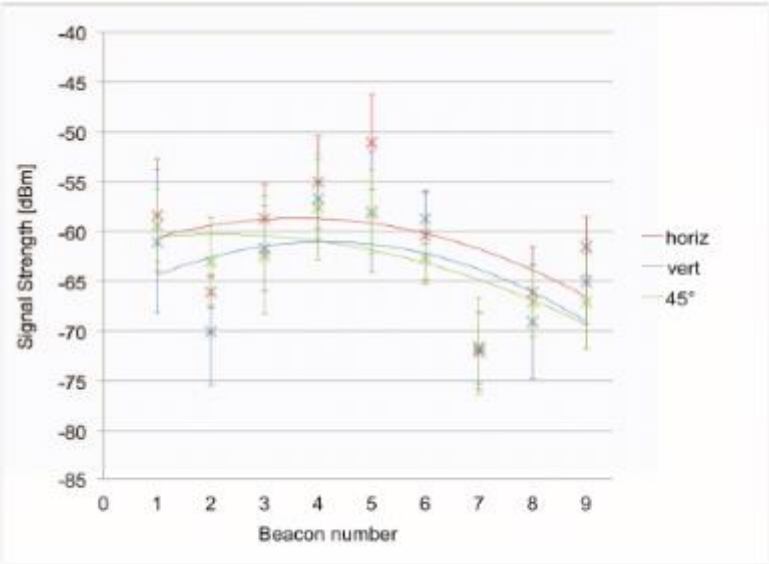
Ensimmäisessä testissä mitattiin, miten yhden beaconin signaali havaitaan bussin eri kohdissa. Mitä lähempänä bussin ääripäitä beacon on, sitä heikompi on signaalin vahvuus. Keskellä bussia olevan beaconin signaali on vahvempi (kuva 12).




Kuva 12. Tulos: 1 beacon täydessä bussissa (33 matkustajaa). (Narzt ym., 2015, s. 1555)

Toisessa testissä mitattiin kahden beaconin signaalin rekisteröitymistä. Mittaustulosprofiilit ovat huomattavasti suorempia ja bussin äärissä signaali on vahvempi (kuva 13) kuin ensimmäisessä testissä. Eli kun beaconit sijaitsevat lähempänä bussin ääripäitä, sitä tasaisempi tai

suorempi, on signaalin taajuusprofiili ja varmemmin rekisteröitävissä eri puolilla bussia.




Kuva 13. Tulos: 2 beaconia täydessä bussissa (33 matkustajaa). (Narzt ym., 2015, s. 1555)

Testauksen tuloksena kahden beaconin signaalit ovat varmemmin rekisteröitävissä, kuten voidaan olettaa. Kahden beaconin signaalit ovat myös rekisteröitävissä riippumatta siitä, montako matkustajaa on, ja miten nämä sijoittuvat bussissa. Tutkimuksen tuloksena voitiin antaa varovainen hyväksyntä beacon ja BLE tekniikalle BI/BO järjestelmässä. Heti perään artikkelissa todetaan kuitenkin, että mittauksia tarvitaan vielä lisää varmistamaan tekniikan käyttökelpoisuus. Haasteena tutkitussa järjestelmässä on, miten asiakas varmasti tunnistetaan matkustajaksi? Eli pysäkillä seisovaa asiakasta ei tule rekisteröidä matkustajaksi ennen kuin tämä on noussut ajoneuvoon. Yhtenä ratkaisuna tähän ehdotetaan beaconin ajastettua säännöllistä viestinlähetystä ja tunnistusta, eli jos äsken pysäkillä tunnistettua matkustajaa ei ole enää beacon tekniikan havaittavissa ajoneuvon lähdettyä liikkeelle, niin asiakasta ei rekisteröidä matkustajaksi. Vastaavasti liikkeellä olevan ajoneuvon beacon tekniikka tunnistaa mukana olevat asiakkaat matkustajiksi. (Narzt ym., 2015, 1555)

Tutkimus antanee alustavasti vinkkejä käytettävälle beacon tekniikalle bussissa, myös HSL-alueella.

### 5.3.2 HSL-sovellus, tekninen tausta ja käytön laajuus

HSL-sovellus on älypuhelimeen ladattava sovellus. Se toimii älypuhelimissa, joissa on joko iOS 9.0 tai Android 5.0 tai niitä uudempia käyttöjärjestelmiä. Sovellus on tehty React Native-teknologialla. React on javaScript kirjasto, jolla voi toteuttaa käyttöliittymiä mobiilisovelluksiin. Sovelluksen voi ladata AppStore ja Googleplay sovelluskaupoista. Sovellus toimii sekä 3G että 4G matkapuhelinverkoissa. HSL-sovelluksen nykyinen

versio tarjoaa käyttäjilleen HSL matkalippuja, reittiopastusta sekä liikennetiedotteita. Sovellus tunnistaa matkustajan eniten käyttämät linjat ja osaa tarjota hänelle linja- ja liikennetiedotteita matkustajan asuinpaikan mukaan. Sovelluksen miljoonas sovellus ladattiin älypuhelimeen äitienpäivänä 2018 ja uusien asiakkaiden määrä kasvaa noin 45000:lla kuukausittain. Sovellukselle ostetaan tällä hetkellä 50000 - 60000 lippua päivittäin. (HSL, 2018)

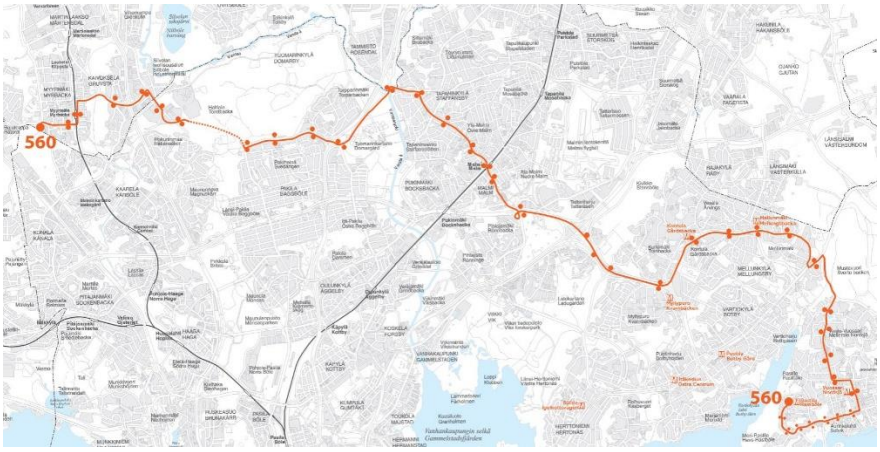
HSL sovellus, tai sen jatkokehitetyt versiot, mahdollistavat yhteistoiminnan beacon ja BLE tekniikan kanssa. Bluetooth ominaisuus on jo lähes kaikissa älypuhelimissa olemassa. HSL-sovelluksen mobiilin kausilipun käytön kasvattaminen on osa HSL:n keskeistä strategiaa.

## 5.4 Testaus ja pilotointi bussissa

Beacon järjestelmän testaus ja pilotointi olisi hyvä suorittaa bussilinjalla jonka varrelta löytyy erilaisia solmukohtia, josta on liityntöjä muihin joukkoliikennevälineisiin, jonka matkustajamäärä on riittävän suuri, jolla on liikennöintiä sekä arkisin että viikonloppuisin ja joka on riittävän pitkä sekä erillinen selkeän tutkimuksen suorittamiselle.

HSL-alueella esimerkiksi runkolinja 560, joka on pääkaupunkiseudun poikittaisliikenteessä kulkeva linja-autolinja, täyttää edellämainitut kriteerit. Runkolinja 560 aloitti 2015 ja sen reitti käsittää nykyisellään noin 28 kilometrin matkan Helsingin Rastilasta Vuosaaren, Mellunmäen, Kontulan, Malmin aseman, Paloheinän ja Kuninkaantammen kautta Myyrmäkeen.

Linjalla on 39 pysäkkiä ja matkan varrella on muun muassa neljä metroasemaa sekä kaksi rautatieasemaa, jotka mahdollistavat vaihtoyhteyden Kehäradan juniin. Runkolinja pysähtyy harvemmilla pysäkeillä kuin tavanomaiset bussit. Liikennöinti jatkuu päivittäin varhaisaamusta iltamyöhään, arkisin kello puoli viidestä noin yhteen yöllä. Linjan vuoroväli on ruuhka-aikoina kahdeksan minuuttia, arkisin ja lauantaisin päiväsaikaan kymmenen minuuttia ja sunnuntaisin päiväsaikaan viisitoista minuuttia. Kokonaismatka-aika on noin 60 minuuttia. Matkaa nopeuttaa se, että bussiin voi nousta keskiovista, mikäli matkustajalla on matkakortti, ennakkoon ostettu lippu tai HSL-sovelluksen mobiililippu. Linjalla on käytössä avorahastus. Busseja kulkee reitillä kaikkiaan 19 kappaletta. Linjan matkustajamäärästä on saatavissa tilasto huhtikuulta 2016, tuolloin linjaa käytti noin 494 000 matkustajaa. Arkipäivisin linjalla matkustaa noin 18 000 - 20 000 matkustajaa.




Kuva 14. Runkolinja 560 reitti. (HSL 2015)

Mitkä ovat kirjoittajan mielestä edut ja perustelut beacon tekniikan testaukseen ja pilotointiin runkolinjalla 560? Matkan varrella on seuraavat liikenteelliset solmukohdat; Rastilan, Vuosaaren, Mellunmäen ja Kontulan metroasemat sekä Malmin ja Myyrmäen rautatieasemat, joista on vaihtoyhteys Kehäradan juniin. Näissä solmuissa liikkuu suuri määrä matkustajia. Yksi mielenkiintoinen solmu on Malmin sairaala, jossa myös vierailee matkustajia eri vuorokauden aikoina. Näissä solmukohdissa on tutkittavissa miten matkustajapopulaatio liikkuu ja jakautuu liikennejärjestelmästä toiseen. Linjan varrella on 39 pysäkkiä, runkolinja pysähtyy harvemmilla pysäkeillä kuin tavanomaiset bussit. Näin beaconien käyttäytymistä, esimerkiksi signaalifrekvenssiä ja impulssin vahvuutta on helpompi tutkia ja testata.

Linjalla tapahtuu liikennöintiä päivittäin aamuvarhaisesta yömyöhään, joten testausta voidaan suorittaa eri vuorokauden aikoina ja eri viikonpäivinä. Liikennöintiä tapahtuu kahden kaupungin alueilla, tästä saadaan myös vertailtavaa tutkimustietoa. Matkustajamäärä on noin puolimiljoonaa arkikuukausina, joten määrällisesti tämä on riittävän mittava populaatio tutkimuksia varten. Myös yksilönsuoja on helpompi turvata näin suuressa matkustajamäärässä.

Mielenkiintoinen piirre linjassa on se, että käytössä on avorahastus ja ajoneuvoon voi nousta myös keskiovista. Tämän bussiin matkustajien nousu- ja poistumisvirran seuraaminen beacon tekniikalla antaa hyvää tilastotietoa.

Määrällisesti 19 bussiin tarvitaan noin 38 – 57 kpl beaconeita, eli 2-3 kpl / ajoneuvo. Alkuvaiheessa tarvittaneen beaconeita vain busseihin. Jatkossa myös pysäkit on hyvä kattaa beaconeilla. Rahallinen panostus tähän tekniikkaan ei liene suuri.

Nämä perusteet puoltavat runkolinjaa 560 beacon ja BLE tekniikan testaus- ja pilotointikäyttöön.

Haaste on saada runkolinjan matkustajat testikäyttäjiksi kokeilemaan HSL-sovellusta ja beaconin yhteistoimintaa. Ratkaisuna tähän haasteeseen esitetään erilaisia palkitsemistapoja ja kanta-asiakasjärjestelmiä, joita on esitetty aiemmissa luvuissa. Matkustajille tulee tuoda selvästi esiin, että beaconeilla ja BLE tekniikalla halutaan kehittää matkustamista joukkoliikenteessä sekä parantaa kokemusta matkustamisesta. Tekniikan tarkoitus on parantaa joukkoliikenteen laatua, sekä joukkoliikenteen tarjoajalle että sen kuluttajalle.

# 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä luvussa vastataan tutkimuskysymyksen jatkokysymykseen; onko beacon tekniikka sovellettavissa matkaketju- ja matkustajapopulaatiotiedon seurantaan?

Tutkimuksen tuloksena voidaan sanoa, että beaconeita ja HSL-sovellusta voidaan soveltaa joukkoliikenteessä ja joukkoliikennesuunnittelussa. Mutta toimivaa ratkaisua ei vielä ole, vaan jatkotutkimusta ja kehittämistä tarvitaan edelleen. Kaikki uusi tekniikka vaatii mittavia ponnisteluja. Samoin on myös tässä tapauksessa. Tarvetta uusille ja täsmällisemmille matkustajalaskentajärjestelmille selkeästi on olemassa.

Beaconit ja joukkoliikenne on melko tuore ja kiinnostusta herättävä aihe tänä päivänä myös muualla maailmassa. Muutamia akateemisia tutkimuksia asiaan liittyen on viime vuosina tehty, mutta niin kuin tietotekniikan alalla monesti on, niin tätäkin teknistä kehitystä vievät eteenpäin kaupalliset yritykset. Ne tarjoavat kaupallisessa mielessä omia ratkaisujaan joukkoliikenteen tarjoajille. Voidaan kuitenkin todeta, että paljon tähän asiaan liittyvää kehitystä on meneillään ja myös toiveet ovat korkealla.

Mitä tämän työn johtopäätöksinä voidaan todeta?

Alkaen GDPR asetuksesta. Sen nojalla jokaisella EU-kansalaisella on oikeus tarkistaa hänestä tallennetut tiedot ja tiedustella, miten tiedot on kerätty, miten niitä käsitellään ja kenelle niitä annetaan. Lisäksi kansalaisella on oikeus oikaista mahdolliset väärät tiedot sekä pyytää poistamaan tietonsa eri rekistereistä. Tämä on huomioitava myös matkustajaseurannassa ja -laskennassa. Vaikka yksilötietoja ei tallenneta järjestelmiin, on kansalaisella oikeus tehdä tiedusteluja koskien omia tietojaan.

Viestintäviraston 2016 voimaan tullut lakimuutos 136 § ”Viestin ja välitystietojen luottamuksellisuus” mahdollistaa ihmisvirtojen liikkeiden seuraamisen matkapuhelinten tai muiden langattomien päätelaitteiden välitystietoja hyödyntämällä. Edellytyksenä on, että yksittäistä käyttäjää ei saa tunnistaa. Tietoja on myös käsiteltävä tilastollisesti eikä reaaliaikainen käsittely ole mahdollista.

Älypuhelimien HSL sovellus on kehitettävissä toimimaan yhdessä beaconien kanssa ja lähes kaikista puhelimista löytyy bluetooth ominaisuus. Viestintäviraston tilaston mukaan kolmella neljästä 16–89 -vuotiaasta suomalaisesta on omassa käytössään kosketusnäytöllä ja 3G- tai 4G internetyhteydellä varustettu puhelin. Älypuhelintiheys on riittävän kattava matkustajaseurantaa ja -laskentaa varten, myös HSL alueella.

Suurin tulevaisuuden muutos liikennejärjestelmässä liittyy älyliikenteeseen. Sitä ohjataan yhä enemmän ajantasaisen tiedon pohjalta, sen automaatio lisääntyy ja sen palvelut ja jakaminen lisääntyvät. Beacon ja BLE tekniikan soveltaminen joukkoliikenteessä on älyliikennettä.

Tuntemalla paremmin matkustajan liikkumista voidaan tehokkaammin kohdistaa joukkoliikenteen resursseja oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan. Liikennejärjestelmän kehittämisen resursseista suurin osa tulee käyttää toimiin, jotka tehostavat ja kehittävät liikennejärjestelmää ilman uusintainvestointeja. Taustajärjestelmä sekä älypuhelimien BLE tekniikka matkustussovelluksineen ovat jo olemassa. Beacon tekniikan edullisuus, pitkäikäisyys sekä myös matala energiakulutus tukee taloudellista ajattelua. Tehokkuus parantaa taloudellisuutta ja niin kuin nykypäivän trendinä on, niin vähemmällä pitää saada aikaan enemmän.

Valtiovallan taholta on osoitettu tahtoa viedä digitalisaatiota myös liikenteeseen. Valtion virastona Liikennevirasto noudattaa hallitusohjelmaa ja painottaa omassa ohjelmassaan liikenteen ohjausta ja hallinnan palveluita, joita ovat reaaliaikaiseen ja paikkatietoon perustuvat seuranta- ja ohjauspalvelut. Tämä antanee pontta ja suuntaa uusien tekniikoiden, mukaan lukien beacon ja BLE tekniikka, käyttöönottoon joukkoliikenteessä.

Tulevaisuudessa liikenteessä korostuu joukkouttaminen ja joukkoaistiminen. Liikkujat eivät ole vain liikenneinfrastruktuurin käyttäjiä vaan he toimivat myös tiedon tuottajina, muokkaajina ja jakajina. Joukkouttamisen ja joukkoaistimisen avulla tuotetaan tulevaisuudessa liikenneinfoa, joka auttaa kaikkia liikkujia välittämällä ajantasaista tietoa liikenteen ”säätilasta”. Näitä asioita koskevat tutkimukset ja kokeilut eri puolilla maailmaa ovat tätä päivää. Beaconit ovat mukana tekemässä tulevaisuuden liikennettä joukkoliikenteen osalta.

Muualla maailmassa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että automatisoidulla matkustajalaskennalla ja matkaketjuanalyysillä voidaan osoittaa ne kipukohdat, joissa on tarvetta parantaa linjarakennetta ja vuorotiheyttä. Automatisoitu matkustajalaskenta ja matkaketjuanalyysi myös mahdollistavat julkisen liikenteen dynaamista suunnittelua ja sen laadukasta toteuttamista. Tutkimuksissa todetaan, että tietojenkeruujärjestelmien laadukkuus sekä kerättävän datan aukottomuus ovat välttämättömiä julkisen liikenteen järjestelmien nykyaikaiselle suunnittelulle ja toiminnalle. Ei kaupallisissa tutkimuksissa yleisesti annetaan varovainen hyväksyntä beacon ja BLE tekniikan hyödyntämiselle joukkoliikenteen parissa. Mittauksia kuitenkin tarvitaan vielä lisää varmistamaan tekniikan toimivuus.

Välittömiä etuja tuovat kohtuulliset kustannukset järjestelmän vaatiman infran käyttöönotossa ja ylläpidossa. Beaconien etuna on niiden edullisuus ja helppo asentaminen, niitä voidaan sijoittaa edullisesti ajoneuvoihin,

pysäkeille jne. Tämä on etu verrattuna vanhenpiin matkustajalaskentajärjestelmiin, joiden asentaminen ja hallinnointi saattaa olla työlästä, aikaa vievää ja suhteellisen kallista. Myös vanhempien laskentajärjestelmien lukumäärällinen kattavuus joukkoliikennevälineissä on melko pieni.

Opinnäytetyön kirjottajan ehdotuksena on tutkia ja testata beacon ja BLE tekniikkaa runkolinjalla 560. Matkustajien määrä mahdollistaa matkustajalaskennan ja populaation tutkimisen niin, että siitä saadaan uutta tietämystä beacon järjestelmästä ja matkustamisesta, ei pelkästään määrällisessä vaan myös laadullisessa mielessä. Mikäli tulokset ovat hyviä, on tekniikka skaalattavissa koko HSL alueen kattavaksi. Jos koko HSL-alueen joukkoliikenteen bussit, raitiovaunut, metrot, junat ja Suomenlinnan lautta aikanaan varustetaan beaconeilla, niin tämä herättänee kiinnostusta muualla maailmassa. Kyse on sen verran modernista tekniikasta sekä laajasta ja mittavasta toteutuksesta. HSL:n matkustajilleen tarjoamaa liikennettä arvostetaan jo nyt korkealle. Mitä lisäarvoa beacon ja BLE tekniikka tuo mukanaan matkustajille? Se tieto kiinnostaa muun maailman joukkoliikenteen järjestäjiä.

Miten tulevaisuudessa houkutellaan matkustajia yhteistyöhön ja sitoutetaan heitä pitämään älypuhelimen matkustajasovellus ja bluetooth päällä? Palkitsemalla ja tarjoamalla houkuttelevia etuja. Mallia asiakkaiden sitouttamisesta ja kannustamisesta voidaan ottaa vähittäiskaupan puolelta. Kanta-asiakkaille, eli matkustajille, voidaan tarjota palkkioksi kohdennettuja lippualennuksia, vapaalippuja, kumppaniyritysten tarjouksia, erilaisia kausietuja, etukuponkeja tai muita vastaavia rahan arvoisia etuja. Tiedottaminen ja uutiset kiinnostavat myös matkustajia. Käyttäjiä on totutettava beaconeihin ja uuteen tekniikkaan. Uudet sukupolvet ottavat herkemmin vastaan uudet asiat. Avoin ja rehellinen tiedottaminen beaconien toiminnasta, tietoturvasta sekä matkustajiin kohdistuvista vaikutuksista on ehdottoman tärkeää. Myös riskeistä on hyvä kertoa avoimesti. Avoimuudella ja positiivisella asiakaskokemuksella lisätään matkustajien luottamusta. On oltava valmis tukemaan matkustajia, jotta parannetaan heidän kokemuksia julkisesta liikenteestä. Todellinen haaste on saavuttaa kuluttajan luottamus. Avain onnistumiseen on etusijalle asetettu asiakassuhde.

Kuten aiemmin jo todettu, beacon ja BLE tekniikka ei tarjoa absoluuttista ratkaisua matkustajalaskentajärjestelmänä, mutta se on hyvä lisä muiden laskentajärjestelmien ohella ja sen avulla on mahdollista saada lisää tietoa sekä uutta näkökulmaa matkustajien matkustuskäyttäytymiseen. Joukkoliikennesuunnittelun yhtenä primus motorina on halu oppia paremmin tuntemaan matkustajaa ja houkutella häntä asiakkaana läheisempään yhteistyöhön toteuttamaan joukkoliikennettä.

## 6.1 Johtopäätökset kiteytettynä

Tarve tarkemmalle matkustajalaskennalle on olemassa.

Beacon ja BLE tekniikassa on potentiaalia olla joukkoliikenteen matkustajalaskennan apuna, mutta tutkimusta tarvitaan vielä.

Lainsäädännöllisesti matkustajalaskentaa ja liikennesuunnittelua on mahdollista toteuttaa hyödyntäen beaconeita ja BLE tekniikkaa.

Digitalisaatiota on vietävä joukkoliikenteeseen. Tätä edellyttää muun muassa hallitusohjelma.

Tutkimuksessa esiin tullut haaste on, että miten houkutellaan matkustajia yhteistyöhön, ja miten heidät saadaan sitoutettua beacon järjestelmän käyttäjiksi?

Kirjoittajan ehdotus on, että beacon ja BLE tekniikkaa testataan runkolinjalla 560.

## 6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tämän työn luotettavuutta voidaan tarkastella koko tutkimusta koskevana. Työ nojautuu osittain julkisesti saatavilla oleviin lähteisiin, joita internetin kautta on helposti saatavilla. Työhön on haettu mahdollisimman tuoretta aineistoa. Joissakin tapauksissa on kuitenkin jouduttu tyytymään vanhempaan aineistoon. Tämän työn tekijä on kuitenkin arvioinut kriittisesti jokaisen lähdeaineiston kelvollisuuden ja validiteetin työn mahdollisimman hyvän luotettavuuden näkökulmasta.

# 7 POHDINTAA

Useissa tutkimuksissa eri puolilla maailmaa on testattu beacon ja BLE tekniikkaa seurattaessa matkustajien tai kaupan asiakkaiden liikkeitä. Näissä tutkimuksissa ilmenee se, että esimerkiksi Yhdysvalloissa ollaan jo valmiita seuraamaan hyvinkin tarkasti yhden asiakkaan liikkeitä. Tähän meillä Suomessa tai muualla EU:ssa ei ole mahdollisuutta ja tuskin niin pitkälle on edes tarvetta mennä. GDPR ja viestintäviraston lakimuutos 2016 asettavat rajat matkustajaseurannalle. Matkustajadataa voidaan kerätä jo nyt riittävän tarkalla seulalla vaarantamatta yksilön suojaa. Dataa voidaan käsitellä big datana ja siitä voidaan tuottaa tilastoja, analyyseja ja muuta tietämystä. Tämän tietämyksen avulla voidaan analysoida matkustajien liikkeitä, matkaketjuja ja tutkia joukkoliikenteen ilmiöitä.

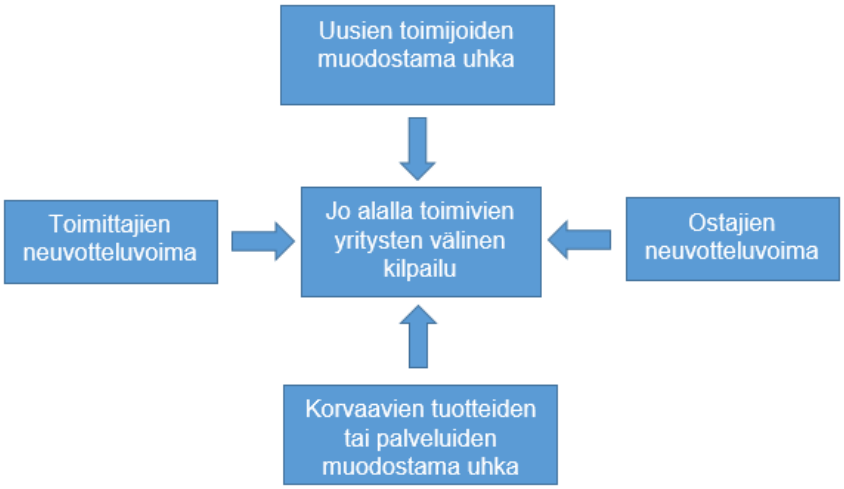
Beacon ja BLE tekniikan tavoite on saumaton vuorovaikutus fyysisen ja digitaalisen maailman välillä, ei pelkästään tuottaa käyttäjäkokemuksia, vaan vaikuttaa kaikkeen mitä teemme.

## 7.1 Kilpailutilannenäkökohta

Työn kirjoittaja halusi tuoda hieman liiketaloudellista näkökulmaa tähän tutkimukseen. Pohdintaosio tuntui sopivalta paikalta tälle.

Tulevaisuudessa, kun eteen tulee kilpailutilanteita, niin myös HSL:n on reagoitava niihin vastaavasti kuin yritysmaailmassa reagoidaan. Nyt jo voidaan sanoa, että yksityisautoilu on kova kilpailija HSL:lle.

Kilpailutilannetta voi kuvata viiden kilpailuvoiman mallilla, joka on yhdysvaltalaisen liiketaloustieteilijä Michael Porterin vuonna 1979 luoma analyysimalli. Mallissa kuvataan viittä voimaa, jotka määräävät tarkasteltavan markkinan vetovoiman yrityksen näkökulmasta. Näitä viittä voimaa esitellään seuraavassa kuvassa:




Kuva 15. Porterin viiden kilpailuvoiman malli (Strategy Train 2009)

Kuvassa jo alalla toimivien yritysten ja toimijoiden välistä kilpailua muovaavat lisäksi ostajien tai asiakkaiden neuvotteluvoima, korvaavien tuotteiden tai palveluiden muodostama uhka, toimittajien neuvotteluvoima ja uusien toimijoiden muodostama uhka. Jotta toimija voisi toimia menestyksellisesti toimialallaan, on hänen kyettävä analysoimaan markkinoiden tilannetta eli alan kysyntää ja kilpailua. Tätä analysointia varten Porter loi edellä mainitun mallin. Tunnistaessaan kilpailuvoimat toimijan on helpompi tunnistaa omat vahvuutensa ja kilpailuetunsa muihin kilpailijoihin verrattuna. HSL:n on hyvä tunnistaa alalla vallitsevat kilpailuvoimat, kuten edellä mainittu yksityisautoilu, ja omat vahvuudet sekä kilpailuedut. Beacon ja BLE tekniikka osana täsmällisempää matkustajalaskentaa ja liikennesuunnittelua voisi olla HSL:n yksi kilpailuetu joukkoliikenteen kilpaillessa henkilöautoilun kanssa pääkaupunkiseudulla.

Myös kaupanala on varmasti kiinnostunut siitä, missä ihmiset liikkuvat ja mihin aikaan. Kauppoja kiinnostavat myös ne tiedot, mitkä ovat ne joukkoliikenteen solmukohdat, joissa ihmiset vaihtavat kulkuneuvoja, ja mihin aikaan he sen tekevät. Matkustajaliikkumistietojen tarjonta kaupanalalle luo varmasti synergiaa kaupan ja joukkoliikenteen välille. Voidaanko tulevaisuudessa hyödyntää ristikkäin joukkoliikenteen ja vähittäiskaupan asiakastietoja ja toteuttaa uusia palveluja kuluttajille? Olisiko joukkoliikenteen ja vähittäiskaupan tarjoamien beaconien ja BLE tekniikan ristikkäinen käyttö tilaisuus uudelle liiketoiminnalle? Ainakin uusi liikennepalvelulaki edellyttää ja antaa mahdollisuuden tähän.

## 7.2 Uusi liikennepalvelulaki

Uusi liikennepalvelulaki on vuoden 2018 yksi suuria uudistuksia liikenteessä. Liikenneviraston tiedote avaa asiaa seuraavasti: ”Laki liikenteen palveluista (liikennepalvelulaki) luo edellytykset liikenteen digitalisaatiolle ja edistää liikennejärjestelmän tarkastelemista kokonaisuutena. Tarkoituksena on, että eri liikennepalveluja voidaan yhdistää matkaketjuiksi”. (Liikennevirasto, 2018)

Liikennepalvelulaki toteutetaan kolmessa vaiheessa. Ensimmäiset säädökset tulivat voimaan 2018 alussa. Sujuva matkaketju eri liikennevälineiden välillä edellyttää liikennepalvelua koskevien tietojen, kuten reitti-, pysäkki- ja aikataulutietojen sekä maksujärjestelmien yhteentoimivuutta. Jotta tämä olisi mahdollista, liikennepalvelulaki velvoittaa palvelun tarjoajia avaamaan liikkumispalvelua koskevat olennaiset tiedot avoimen rajapinnan kautta. Samalla muille liikkumispalveluiden tarjoajille ja yhdistämispalveluille on avattava pääsy lippu- ja maksujärjestelmien myyntirajapintoihin. Jaetulla datalla ja tietovarantojen paremmalla hyödyntämisellä luodaan edellytyksiä uusille liiketoimintaideoille. Liikenneviraston keskeisimpiä tehtäviä liikennepalvelulain ensimmäisen vaiheen tultua voimaan 1.7.2018 ovat:

- Tarjota rajapintaluettelo ja digitointityökalu olennaisten tietojen avaamiseksi
- Seurata liikkumispalveluiden kysyntää ja tarjontaa
- Sovittaa yhteen liikkumispalveluiden kehittämistä

Uusi liikennepalvelulaki kannustaa avoimuuteen, digitalisaatioon ja paremman palvelun tarjoamiseen matkustajille. (Liikennevirasto, 2018)

## 7.3 Beacon teknologian tulevaisuus

Beacon ja BLE tekniikan kehittämisen yhteistyökumppaniksi olisi rakentavaa saada mukaan paikallisjunaliikenneoperaattori VR. HSL ja VR tekevät jo nyt tiivistä yhteistyötä joukkoliikenteen parissa, joten olisiko näillä julkisilla operaattoreilla mahdollista yhdistää voimavaroja tutkittaessa yhteistä beacon ja BLE tekniikkaa? Synergiaetuja voitaneen hyödyntää ainakin infrakustannuksissa. Myös toiminta-alueiden leikkaavat matkaketjutiedot kiinnostanevat molempia osapuolia.

Uusi vyöhykemalli asettaa varmasti vaatimuksia matkustajaseurannalle ja erilaisille tekniikoille. Beaconit ja uusi vyöhykemalli - molemmat ovat vasta tuloillaan. Tämä lienee hyvä jatkotutkimusaihe uusille opinnäytetöille.

Tekniikan tulevaisuuden näkymän ennustaminen viiden vuoden päähän on haastavaa. Kymmenen on jo mahdotonta. Niin nopeasti tekniikassa edistytään tällä hetkellä. Yksi visio on, että tulevaisuudessa beacon ja BLE tekniikka yhdistetään valaistukseen, jossa valaisin tai lamppu toimi beaconina (Moody, 2015).

Uuteen tekniikkaan ja innovaatioon liittyy paljon hypetystä ja suuria odotuksia näiden ilmestyttyä markkinoille. Kovimman innostuksen laannuttua nähdään oikeasti, mihin uutta tekniikkaa ja innovaatiota voidaan hyödyntää ja missä laajuudessa. Näin käy myös beaconien kohdalla. Nyt jo katsotaan nykyisen beacon ja BLE tekniikan yli tuleviin, kehittyneempiin tekniikoihin. Tavoitteena on saada täsmällisempää paikannusta jossa puhutaan jo senttimetritasolle menevästä tarkkuudesta sekä vähemmän energiaa kuluttavista ratkaisuista.

Uusilla tekniikoilla halutaan edistää myös joukkoliikennettä ja tuoda sen pariin lisää matkustajia. Tekemällä joukkoliikenteestä tehokkaampi ja matkustajia vielä paremmin palveleva, tehdään siitä samalla houkuttelevampi kulkumuoto myös autoilijoiden keskuudessa. Valitsemalla joukkoliikenteen kulkumuodokseen matkustaja tekee myös ilmastoteon ja ottaa kantaa ilmastomuutokseen.

## 7.4 Jatkotutkimusaiheita

Työn tekemisen ohella nousi esille useita kohteita, joista voitaneen tehdä jatkotutkimusta, esimerkiksi ammattikorkeakoulun amk tai yamk tasolla. Näitä jatkotutkimusaiheita ovat:

- Beacon tekniikan vertailu perinteisten matkustajalaskentalaitteiden ja -järjestelmien kanssa. Ihannetapauksessa olisi parasta kerätä tietoja rinnakkain erilaisten menetelmien kanssa mahdollisten erojen analysoimiseksi

- Erityyppisten työkalujen ja menetelmien avulla kerättyjen tietojen yhteentoimivuus edellyttää lisätutkimuksia

- Laajamittainen tutkimus todellisesta beacon ekosysteemistä ja sen tuomasta hyödystä liikennesuunnittelussa ja matkustamisessa

- Beacon järjestelmän tietojen välittyminen taustajärjestelmään ja matkustajalaskentaan

- Beaconit ja uusi HSL vyöhykemalli

- Millä tekniikalla beacon ja matkustajasovelluksen tiedot välittyvät taustajärjestelmään, menevätkö ne matkustajan HSL-sovelluksen välittämänä 4G verkon välityksellä, vai bussin OBS järjestelmän välityksellä?

Opinnäytetyön kirjoittajan loppusanat

Haluan esittää kiitokset opinnäytetyön ohjaajille Teppo Sotavallalle (HAMK) sekä Matti Jaloselle (HSL), yhteistyö on ollut antoisaa. Haluan myös kiittää Hämeen ammattikorkeakoulun liikennealan opettajia, opiskelijakollegoita ja tietysti kotona Annelia. Opiskeluaika syksystä 2017 alkaen on mennyt rivakasti, opiskelu on ollut mielenkiintoista. Illat ja viikonloput ovat olleet työntäyteisiä, mutta uuden oppiminen on aina virkistävää. Joukkoliikenne ja tulevaisuuden liikennejärjestelmät voivat tarjota hienoja kokemuksia.
ML

# LÄHTEET

Barth, D. (2018). Bluetooth 5 – valmiina IoT:tä varten. *Elektoniikkalehti* 26.1.2018. Haettu 23.6.2018 osoitteesta http://etn.fi/index.php/tekniset-artikkelit/7461-bluetooth-5-valmiina-iot-ta-varten

Big Data. (2014). Big Data. Haettu 28.7.2018 osoitteesta https://fi.wikipedia.org/wiki/Big_data

Burns, M. (2018). *The Importance of Beacon Technology for Retail Marketing. Business 2 community, sales & marketing*, March 2018. Haettu 4.8.2018 osoitteesta https://www.business2community.com/consumer-marketing/importance-beacon-technology-retail-marketing-02029442

Cianciulli, D, Canfora, G, Zimeo, E. (2017). Beacon-based context-aware architecture for crowd sensing public transportation scheduling and user habits. *ScienceDirect*, Volume 109, 2017, Pages 1110-1115. Haettu 18.8.2018 osoitteesta https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091731133X

Gustavsson, M. G. H. (2015). KONCEPTUTVÄRDERING AV TELEKOMBASERAD PASSAGERARRÄKNING OCH RESMÖNSTERANALYS FÖR BUSSLINJEN ELECTRICITY. *Swedish ICT Viktoria*, 2015-06-18. Haettu 11.8.2018 osoitteesta https://www.viktoria.se/sites/default/files/pub/viktoria.se/upload/publications/rapport_passagerarraekning_electricity_20150618.pdf

Hadas, Y, Boaz, BM. (2016). Bluetooth-Low-Energy based System for Automatic Public-Transport passengers Movement data collection. *TransitData 2016*, August 8-9, 2016. Haettu 8.8.2018 osoitteesta http://www.northeastern.edu/transitdata2016/wp-content/uploads/2016/08/Hadas_Yuval.pdf

HSL. (2016). Joukkoliikenteen suunnitteluohje HSL-liikenteessä 2016. Haettu 16.6.2018 osoitteesta http//www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/joukkoliikenteen_suunnitteluohje_hsl-liikenteessa_2016.pdf

HSL. (2016). Liikenne- ja matkustajalaskennat ja mittaukset. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://www.hsl.fi/tutkimukset/liikenne-ja-matkustajalaskennat-ja-mittaukset

HSL. (2018). Miljoonan latauksen raja rikkoutui HSL:n mobiililippusovelluksessa. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://www.hsl.fi/uutiset/2018/miljoonan-latauksen-raja-rikkoutui-hsln-mobiililippusovelluksessa-15176

HSL. (2018). Vuosikertomus 2017. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://vuosikertomus.hsl.fi/

Kokko, O. (2016). Kesko remontoi Plussan – jakaa asiakkaille lahjoja. *Taloussanomat Oma raha* 3.8.2016. Haettu 29.7.2019 osoitteesta https://www.is.fi/taloussanomat/oma-raha/art-2000001917651.html

Koskinen, A. (2016). S-ryhmä kerää tarkkaa tietoa ostoskäyttäytymisestä – jokainen kaljatölkki ja kuukautisside kirjataan järjestelmään. *Maaseudun tulevaisuus* 28.7.2016. Haettu 29.7.2019 osoitteesta https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/talous/S-ryhmä-kerää-tarkkaa-tietoa-ostoskäytymisestä-jokainen-kaljatölkki-ja-kuukautisside-kirjataan-järjestelmään-1.156866

Liikennevirasto. (2016). Esiselvitys liikenteen uusien palveluiden ympäristövaikutuksista ja niiden arvioinnista. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä* 28/2016, 14. Haettu 23.6.2018 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2016-28_esiselvitys_liikenteen_web.pdf

Liikennevirasto. (2018). Henkilöliikenteen palveluiden sanasto. *Liikenneviraston oppaita 1/2018*, 24. Haettu 23.6.2018 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/opas_2018-01_henkiloliikenteen_palveluiden_web.pdf

Liikennevirasto. (2018). Liikennepalvelulaki mahdollistaa matkaketjut. Haettu 23.6.2018 osoitteesta https://www.liikennevirasto.fi/liikennejarjestelma/liikennepalvelulaki#.XAbnP2gzaUk

Mobile Heights. (2018). MINIMUM VIABLE DEVICE (FINALIZED). Haettu 18.8.2018 osoitteesta https://mobileheights.org/minimum-viable-device/

Moody, M. (2015). Analysis of Promising Beacon Technology for Consumers. *The Elon Journal of Undergraduate Research in Communications*, Vol. 6, No. 1 • Spring 2015. Haettu 4.8.2018 osoitteesta https://www.elon.edu/docs/e-web/academics/communications/research/vol6no1/06MoodyEJSpring15.pdf

Narzt, W, Mayerhofer, S, Weichselbaum, O, Haselböck, S. (2015). Be-In/Be-Out with Bluetooth Low Energy: Implicit Ticketing for Public Transportation Systems. Conference Paper - 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems · ITSC 2015. Haettu 20.8.2018 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/288807799_Be-InBe-Out_with_Bluetooth_Low_Energy_Implicit_Ticketing_for_Public_Transportation_Systems

Neocrm. (2015) Miten kanta-asiakasjärjestelmät lisäävät myyntiä? Haettu 29.7.2019 osoitteesta http://www.neocrm.fi/ulkosivut201007/kantaasiakkuus.php

Saarela, M, Tamminen, T, Aalto, A, Pirttimaa, I, Kivi, M, Huttunen, R, Hirn, H. (2018). Näkövammaisia henkilöitä palvelevan moniaistisen suunnistamismenetelmän ja opastejärjestelmän kehittämishanke. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 5/2018*. Haettu 7.8.2018 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/155808/lts_2018-05_nakovammaisia_palvelevan_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salo, I. (2013). *Big Data - tiedon vallankumous*. Jyväskylä: Docendo Oy

Smith, A. (2017). 5 ways Bluetooth beacon technology will revolutionize airports. Gearbrain, April 03 2017. Haettu 5.8.2018 osoitteesta https://www.gearbrain.com/beacon-bluetooth-technology-at-airports-2337244833.html

Stigell, E, Persson, L, Hobbs, L, Tiedje, T, Kerttu, J, Michelsen, A. (2017). *Detaljerad kartläggning av verktyg och applikationer för resvaneundersökningar*. Trivector Traffic, Rapport 2017:32, Version 1.2. Haettu 11.8.2018 osoitteesta https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/underlagsrapporter/2017/detaljerad-kartlaggning-av-verktyg-och-applikationer-for-resvaneundersokningar.pdf

Swedberg, C. (2018). Japanese Hospital Tests BLE Beacons to Track Patient-Staff Interactions. *RFID Journal*, Mar 30, 2018. Haettu 5.8.2018 osoitteesta https://www.rfidjournal.com/articles/view?17294/

Tapaninen, U. (2018). *Logistiikka ja liikennejärjestelmät*. Otatieto. Helsinki: Gaudeamus Oy

Tilastokeskus. (2017). 2.1 Internetin käyttö matkapuhelimella. Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttötutkimus 2017. Haettu 26.6.2018 osoitteesta https://www.stat.fi/til/sutivi/2017/13/sutivi_2017_13_2017-11-22_kat_002_fi.html

Trafficsense. (2017). Trafficsense. Haettu 19.8.2018 osoitteesta https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091731133X

Valtioneuvosto. (2015). *Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma* 29.5.2015. Ratkaisujen Suomi, 9, 26. Haettu 24.6.2016 osoitteesta https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf

Yleinen tietosuoja-asetus (EU) 2016/679. Haettu 24.6.2018 osoitteesta https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_fi

Viestintävirasto. (2016). Radioviestinnän luottamuksellisuus. Haettu 26.6.2018 osoitteesta https://www.viestintavirasto.fi/kyberturvallisuus/radioviestinnanluottamuksellisuus.html.
Viestin ja välitystietojen luottamuksellisuus, 17 luku, 136 §: http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140917#O6

## KUVAT

Hadas, Y. (2016). Seurantakaaviokuvia Bar-Ilan yliopiston linjakokeilusta. Haettu 8.8.2018 osoitteesta: //www.northeastern.edu/transitdata2016/wp-content/uploads/2016/08/Hadas_Yuval.pdf

HSL. (2018). HSL-sovelluksen 30 vrk matkalippu älypuhelimessa. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://www.hsl.fi/sovellus

HSL. (2018). HSL matkustajamäärät kulkuvälineittäin 2017. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://vuosikertomus.hsl.fi/

HSL. (2018). Lukumääriä arkipäivälähdöistä, linjoista ja ajoneuvomääristä. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://vuosikertomus.hsl.fi/

HSL. (2015). Runkolinja 560 reitti. Haettu 16.6.2018 osoitteesta https://docplayer.fi/167667-Liikennointisuunnitelma-2015-2016.html

Narzt, Mayerhofer, Weichselbaum, Haselböck. (2015). BLE tekniikka ja BI/BO järjestelmä. Haettu 20.8.2018 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/288807799_Be-InBe-Out_with_Bluetooth_Low_Energy_Implicit_Ticketing_for_Public_Transportation_Systems

Narzt, Mayerhofer, Weichselbaum, Haselböck. (2015). BLE beaconien sijainti bussissa. Haettu 20.8.2018 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/288807799_Be-InBe-Out_with_Bluetooth_Low_Energy_Implicit_Ticketing_for_Public_Transportation_Systems

Narzt, Mayerhofer, Weichselbaum, Haselböck. (2015). Tulos: 1 beacon täydessä bussissa (33 matkustajaa). Haettu 20.8.2018 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/288807799_Be-InBe-Out_with_Bluetooth_Low_Energy_Implicit_Ticketing_for_Public_Transportation_Systems

Narzt, Mayerhofer, Weichselbaum, Haselböck. (2015). Tulos: 2 beaconia täydessä bussissa (33 matkustajaa). Haettu 20.8.2018 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/288807799_Be-InBe-Out_with_Bluetooth_Low_Energy_Implicit_Ticketing_for_Public_Transportation_Systems

Owen-Jones, J. (2018). Kaksi beacon mallia. Haettu 23.6.2018 osoitteesta https://www.gasworld.com/estimote-lte-beacon-for-asset-tracking-/2015333.article

Ratkaisujen Suomi. (2015). Kuva pääministeri Juha Sipilän hallitusohjelmasta, jossa Suomen tilannekuvassa 2025 yhtenä menestykseen johtavista tekijöistä nähdään digitalisaatio. Haettu 24.6.2016 osoitteesta https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf

Salo, I. (2013). Datan, informaation, tiedon ja tietämyksen keskinäinen suhde Big Datassa

Strategy Train. (2009). Porterin viiden kilpailuvoiman malli. Haettu 22.9.2018 osoitteesta http://st.merig.eu/index.php?id=97&L=2

Tilastokeskus. (2017). Älypuhelin omassa käytössä 2017, %-osuus väestöstä. Haettu 26.6.2018 osoitteesta https://www.stat.fi/til/sutivi/2017/13/sutivi_2017_13_2017-11-22_kat_002_fi.html

Västra Götalandsregionen. (2017). ElectriCity sähköbussi linjalla 55, Göteborg. Haettu 11.8.2018 osoitteesta https://www.vgregion.se/kollektivtrafik/aktuellt/electricity-laddar-for-nasta-fas--utokar-trafiken-med-eldrivna-fordon-i-goteborg/