



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SISÄTILAPAIKANNUS

Janne Järvenpää

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

JÄRVENPÄÄ, JANNE:
Sisätilapaikannus

Opinnäytetyö 31 sivua
Toukokuu 2017

Sisätilapaikannuksella on nimensä mukaisesti tarkoitus paikantaa ihmisiä ja/tai esineitä sisätiloissa. GPS-satelliittipaikannus on yleisesti käytössä ja ihmiset ovat tottuneet siihen, että saavat tarvittaessa sijaintinsa helposti selville ja mahdollisesti opastuksen haluaansa paikkaan. GPS kuitenkin toimii todella huonosti, jos ollenkaan, sisätiloissa, joten sisätiloissa tarvitaan muita tekniikoita mahdollistamaan paikannus.

Opinnäytetyön tilaajana toimi Greenled Oy ja työn tarkoituksena oli perehdyttää sisätilapaikannukseen ja valittuihin siinä käytettäviin tekniikoihin; Visible Light Communication (VLC), Bluetooth Low Energy (BLE) ja magneettinen paikannus. Opinnäytetyössä tutkittiin myös sisätilapaikannuksen käyttökohteita ja -mahdollisuuksia, erityisesti sisätilapaikannuksen vaikutusta vähittäiskauppoihin. Vähittäiskauppojen tarpeisiin suunnatuista sisätilapaikannuspalvelujen tarjoajista on esiteltynä Aisle411 Inc. ja Smartcart Oy. Osana työtä suoritettiin myös case-tutkimus K-Supermarket Kuninkaankulmaan, jossa on käytössä Smartcartin älykärryt.

Opinnäytetyössä päädyttiin siihen, että jokainen esitellyistä tekniikoista soveltuu toimivan sisätilapaikannuksen toteutukseen, ja jokaisella niistä on etunsa ja heikkoutensa. Vähittäiskauppoihin soveltuu parhaiten VLC, koska sillä saavutetaan paras tarkkuus mikä on tärkeää, koska mikäli tarkkuus on 1-2 metriä saatetaan olla ihan väärässä hyllyvälissä. VLC:n haittapuolena on isot hankintakustannukset, koska siihen tarvitaan sitä tukevat valaisimet. BLE-beaconit ja magneettinen paikannus soveltuvat hyvin käyttötarkoituksiin, joissa tarkoituksena on päästä paikasta A paikkaan B, kuten esimerkiksi lentokentät. Patterikäyttöisten beaconien kanssa ongelmaksi voivat kuitenkin tulla suuret huoltokustannukset paristojen vaihdon vuoksi.

Opinnäytetyö antaa hyvän perustan jatkotutkimuksille, kuten esimerkiksi VLC:n tai BLE-beaconien testauksille oikeissa kohteissa. VLC on käytännön saralla todella uusi tekniikka ja se kehittyy tulevien vuosien aikana. Vielä ei ole selvää, miten merkittävästi tuleva Bluetooth 5 -standardi vaikuttaa beaconeihin ja niiden käyttöön, mutta vaikutukset voivat olla suuria. Koko sisätilapaikannus on Suomessa vielä alkutekijöissään ja on mielenkiintoista nähdä, miten se alkaa kehittyä.

Asiasanat: sisätilapaikannus, visible light communication, bluetooth low energy, magneettinen paikannus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Building Services Engineering

JÄRVENPÄÄ, JANNE:
Indoor positioning

Bachelor's thesis 31 pages
May 2017

This thesis was commissioned by Greenled Oy and was designed to provide an introduction to indoor positioning and selected technologies; Visible Light Communication (VLC), Bluetooth Low Energy (BLE), and magnetic positioning. The goal was also to explore applications and opportunities for indoor positioning. Furthermore, this thesis introduces Aisle411 Inc. and Smartcart Oy, which are indoor positioning service providers for retail stores. As part of the work, a case study was conducted at K-Supermarket Kuninkaankulma, where smartcarts manufactured by Smartcart are in use.

It can be concluded that each of the presented techniques is valid for the implementation of indoor positioning, but each has its advantages and weaknesses. VLC is best suited for retail stores, because it achieves the best accuracy and that is important in stores. VLC's disadvantage is the high purchase costs, because it requires appropriate types of luminaires. BLE beacons and magnetic positioning are well suited for applications intended to guide persons from A to B, for example airports. However, the battery-operated beacons can cause high maintenance costs due to the recurring replacement of the batteries.

A good basis for further research is given in this thesis. VLC is a new technology in the field and will be developed further in the upcoming years. It is still not clear how the upcoming Bluetooth 5 standard will affect beacons and their use, but the effects may be great.

Key words: indoor positioning, visible light communication, bluetooth low energy, magnetic positioning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SISÄTILAPAIKANNUS	7
2.1	Käyttökohteet.....	9
2.1.1	Vähittäiskaupat.....	9
2.1.2	Muita kohteita	10
3	SISÄTILAPAIKANNUSMENETELMÄT.....	12
3.1	Visible Light Communication	12
3.1.1	DarkLight	13
3.1.2	Li-Fi	14
3.2	Bluetooth Low Energy.....	16
3.2.1	Beaconit.....	16
3.2.2	iBeacon.....	17
3.2.3	Eddystone.....	18
3.3	Magneettinen paikannus	19
4	MENETELMIEN VERTAILU	21
5	PALVELUNTARJOAJAT JA CASE-SELVITYS.....	23
5.1	Aisle411 Inc.....	23
5.2	Smartcart Oy	24
5.3	K-Supermarket Kuninkaankulma, case-selvitys.....	25
6	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30

LYHENTEET JA TERMIT

AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus
BLE	Bluetooth Low Energy, langaton lyhyenmatkan likiverkko- teknologia
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
IPS	Indoor Positioning System, sisätilapaikannusjärjestelmä
Li-Fi	Light Fidelity, kaksisuuntainen optinen tiedonsiirtotekniikka
OWC	Optical Wireless Communication, optinen tiedonvälityste- knologia
VLC	Visible Light Communication, näkyvää valoa käyttävä tie- donsiirtotekniikka
Wi-Fi	WLAN (Wireless Local Area Network), langaton lähiverkko

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on sisätilapaikannus, joka on käsitteenä vielä varsin tuntematon. Työn aihe on tullut Greenled Oy:ltä, joka on suomalainen valaisinvalmistaja ja valaistusratkaisujen toimittaja. Sisätilapaikannuksesta tekee todella kiinnostavan se, että siinä käytetään uusia tekniikoita ja se on aiheena varsin käsittelemätön, mutta odotettavasti kohta hyvin ajankohtainen. Aiheeseen päädyttiin juuri näiden seikkojen takia. Työ on rajattu kolmeen merkittävimmäksi nähtyyn tekniikkaan; Visible Light Communication, Bluetooth Low Energy ja magneettinen paikannus, ja käyttökohteissa on keskitytty vähittäiskauppojen näkökulmaan.

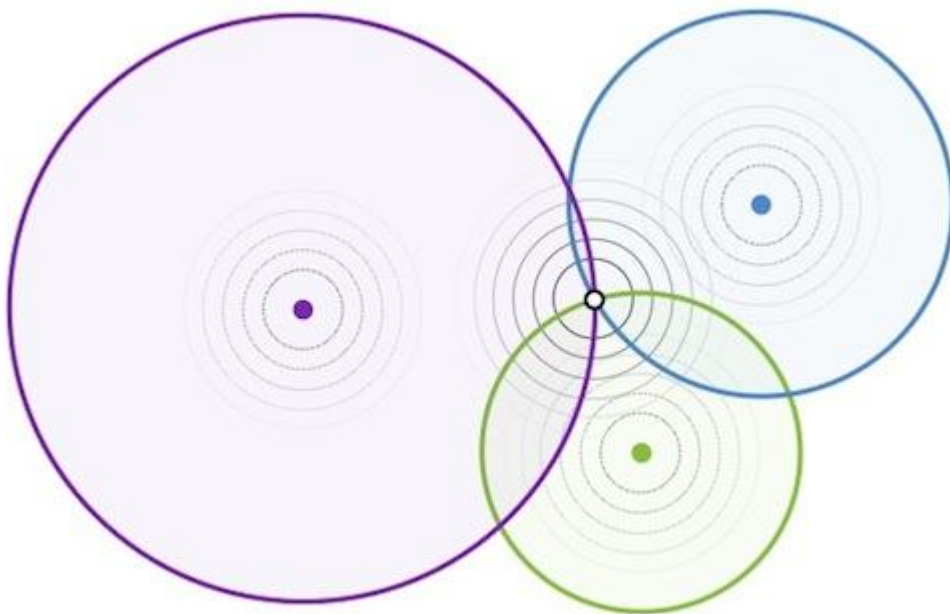
Työn tarkoituksena on tutustuttaa lukija sisätilapaikannukseen ja joihinkin siinä käytettyihin tekniikoihin, perehtyä kuinka sisätilapaikannusta voidaan hyödyntää vähittäiskaupoissa, sekä luoda perusta mahdollisille jatkotutkimuksille. Teoriaosuus pitää sisällään itse sisätilapaikannuksen, sekä työhön valitut tekniikat. Käyttökohteissa on perehdytty enemmän vähittäiskauppoihin, mutta myös muita kohteita ja mahdollisuuksia on kartoitettu. Lisäksi on esitelty kaksi vähittäiskaupoille sisätilapaikannusratkaisuja tarjoavaa yritystä; yhdysvaltalainen Aisle411 Inc. ja suomalainen Smartcart Oy. Näistä jälkimmäisen älykärryratkaisuun käytiin tutustumassa K-Supermarket Kuninkaankulmassa.

Sisätilapaikannusta ei ole huomioitu talotekniikan koulutuksessa ollenkaan, mikä on ymmärrettävää, koska se ei ole yleisesti käytössä. Tulevaisuudessa tämä tulee odotettavasti muuttumaan varsinkin, kun otetaan huomioon, että valaistuksella voi olla suuri merkitys sisätilapaikannuksessa. Koska sisätilapaikannus ei ole vielä yleistä, siitä löytyvä materiaali on kovin rajoitettua. Suomessa sisätilapaikannus on lähes olematonta, tästä johtuen suurin osa lähteistä on englanninkielisiä.

2 SISÄTILAPAIKANNUS

Sisätilapaikannusjärjestelmä paikantaa esineitä ja ihmisiä rakennuksen sisällä käyttäen radioaaltoja, magneettikenttiä, kuulosignaaleita ja muita mobiililaitteen anturien keräämiä tietoja. Sisätilapaikannusjärjestelmät käyttävät erilaisia menetelmiä sisältäen etäisyyden mittauksen lähimpiin verkon solmukohtiin (osoitteelliset solmukohtat, esim. Wi-Fi-tukiasemat), magneettisen paikannuksen ja merkintälaskun, jossa sijainnin määrittäminen tapahtuu nopeuden ja suunnan funktioiden avulla. (Wikipedia, Indoor Positioning System, 2016)

Sisätilapaikannuksen toimintaperiaate on hyvin samanlainen kuin GPS-satelliittipaikannuksessa. Kolmiomittauksessa mobiililaitteen sijainti saadaan selville mittaamalla sen etäisyyttä useampaan pisteeseen, minkä toimintaa havainnollistettu kuvassa 1. Koska satelliittipaikannuksen toiminta rakennuksen sisällä on heikkoa, tarvitaan sisätiloihin jokin muu menetelmä.



KUVA 1. Paikannuksessa käytettävän kolmiomittauksen toimintaperiaate (Control Systems Technology Group Wiki, Trilateration, 2016)

Ihmisen tai laitteen paikantaminen sisätiloissa on vain puolet ratkaisusta. Jotta paikannus olisi merkityksellinen navigointiin tai muuhun tarkoitukseen, palvelun tarjoajat tarvitsevat tarkat kartat sisätiloista. Esimerkiksi Google on kartoittamassa rakennusten sisätiloja. (Directions Magazine, 2013)

Google Maps-sovelluksessa on jo saatavilla joidenkin rakennusten, kuten lentoasemien, tavaratalojen ja ostoskeskusten, sisätilakarttoja. Googlelle on myös mahdollista lähettää itse julkisten paikkojen pohjapiirroksia erilaisissa tiedostomuodoissa ja kohdistaa ne satelliittikuvien avulla kartalla näkyvään rakennukseen. Kun pohjapiirros on lähetetty, se tarkastetaan Googlen toimesta ja hyväksymisen jälkeen se tulee käytettäväksi kaikille Google Mapsin käyttäjille. Sisätilakarttoja on jo saatavilla ainakin 25:ssä eri maassa, Suomi ei kuitenkaan ole mainittuna listalla. (Google, Maps ohjeet, Sisätilakartat, 2017)

Kuvassa 2 on havainnollistettu satelliittipaikannuksen (GPS, Global Positioning System) ja sisätilapaikannuksen (IPS, Indoor Positioning System) eroa ostoskeskuksen liikkeiden sijoittelussa ja käyttäjän paikantamisessa. Satelliittipaikannuskuvassa on joitain liikkeitä sijoiteltu kartalle sinne päin ja käyttäjän ”sijaintikupla” on suurempi. Sisätilapaikannuskuvassa kaikki liikkeet on sijoitettu niiden oikeille paikoilleen ja kartassa on valittavissa ostoskeskuksen eri kerrokset. Myöskin ostoskeskuksen ääriviivat ovat selkeästi hahmotettuna.



KUVA 2. GPS vs. sisätilapaikannus (ExtremeTech, Think GPS is cool? IPS will blow your mind, 2012)

2.1 Käyttökohteet

Sisätilapaikannukselle on useita eri käyttökohteita ja hyödyntämistapoja. Työssä on keskitytty katsomaan sisätilapaikannusta enemmän vähittäiskauppojen, eli kuluttajille myyvien kauppojen, näkökulmasta, mutta muitakin käyttökohteita ja mahdollisuuksia on kartoitettu.

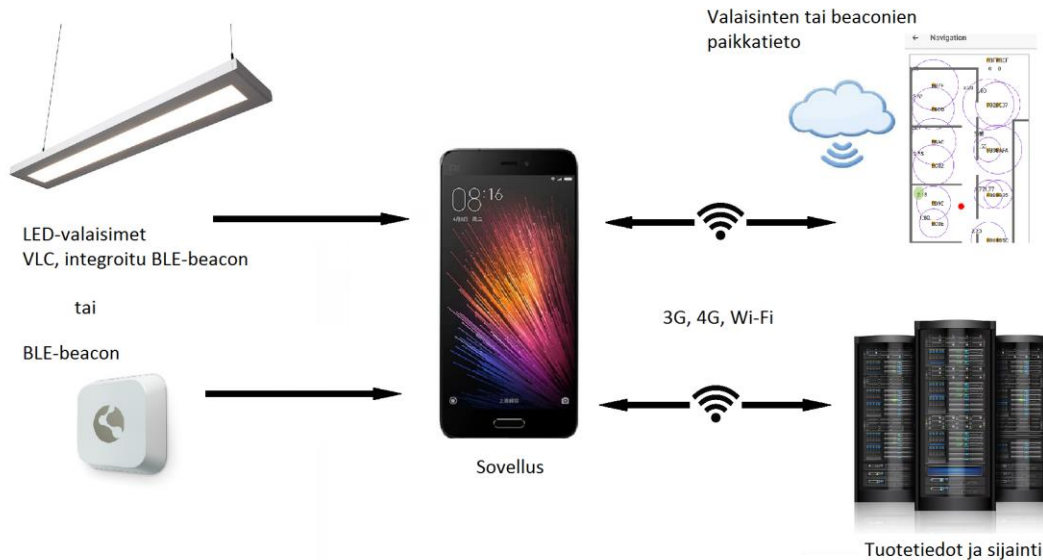
2.1.1 Vähittäiskaupat

Nykypäivän kuluttajat ovat entistäkin valistuneempia, vaativampia ja käyttävät monia eri kanavia etsiäkseen ja ostaakseen tarvitsemiaan tuotteita. Vähittäismyyjät etsivät jatkuvasti tapoja, joilla kuluttajien ostokokemuksista saadaan vaivattomampia. Sisätilapaikannuksen avulla asiakas ja henkilökunta saavat opastuksen tietylle tuotteelle tai saavat paikakohtaisen ilmoituksen. Tämä mahdollistaa vähittäismyyjää lähestymään asiakkaita merkityksellisemmällä tavalla, sekä käyttämään paikannustietoja markkinoinnissa ja kaupan toiminnan arvioinnissa. (Philips Lighting, Perfect light, precise location, 2017)

Vähittäiskauppojen näkökulmasta sisätilapaikannus tuo hyötyä sekä kauppiaille, että asiakkaille. Jos ajatellaan, että pystytään etukäteen tekemään ostoslista kauppaketjun mobiilisovelluksessa ja kauppaan päästessä nähdään älylaitteesta missä ostokset sijaitsevat ja sovellus opastaa niiden luokse niin se helpottaisi kaupassakäyntiä huomattavasti. Vielä, kun siihen lisätään mahdollisuus skannata tuotteet itse ja käyttää pikakassaan niin, ettei tarvitse jonottaa ollenkaan. Kauppiaan näkökulmasta tämä taas ei kuulosta kovin hyvältä, koska silloinhan asiakas viettäisi mahdollisimman vähän aikaa kaupassa, mutta tämä lisäisi kauppaketjun sovelluksen käyttöä joka mahdollistaisi muun muassa henkilökohtaisen mainonnan. Asiakkaan kiertäessä kaupassa pystyttäisiin hänelle korostamaan tiettyjä tarjouksia tai uutuustuotteita sekä tarjoamaan ehdotuksia ostoslistan perusteella. Paikannustietojen avulla pystyttäisiin myös kartoittamaan asiakkaiden käyttäytymistä kaupassa ja muuttamaan tuoteryhmien sijoittelua sen perusteella. (Opinnäytetyöpalaverit, 6.2.2017 – 24.4.2017)

Kuvassa 3 on havainnollistettu, kuinka sisätilapaikannus toimii vähittäiskaupoissa. Visible Light Communicationia (VLC) tukevat valaisimet tai Bluetooth Low Energy (BLE) -

beaconit lähettävät tietoa kauppaketjun sovelluksen omaavaan älylaitteeseen. Tämä älylaite on yhteydessä 3G/4G-mobiiliverkon tai lähiverkon (Wi-Fi) kautta valaisimia tai beaconeita ohjaavan järjestelmän ja kauppaketjun palvelimien kanssa. Näin saadaan määritettyä älylaitteen sijainti valaisinten tai beaconien lähettämien tietojen perusteella, sekä tuotteiden tiedot ja sijainti kaupassa.



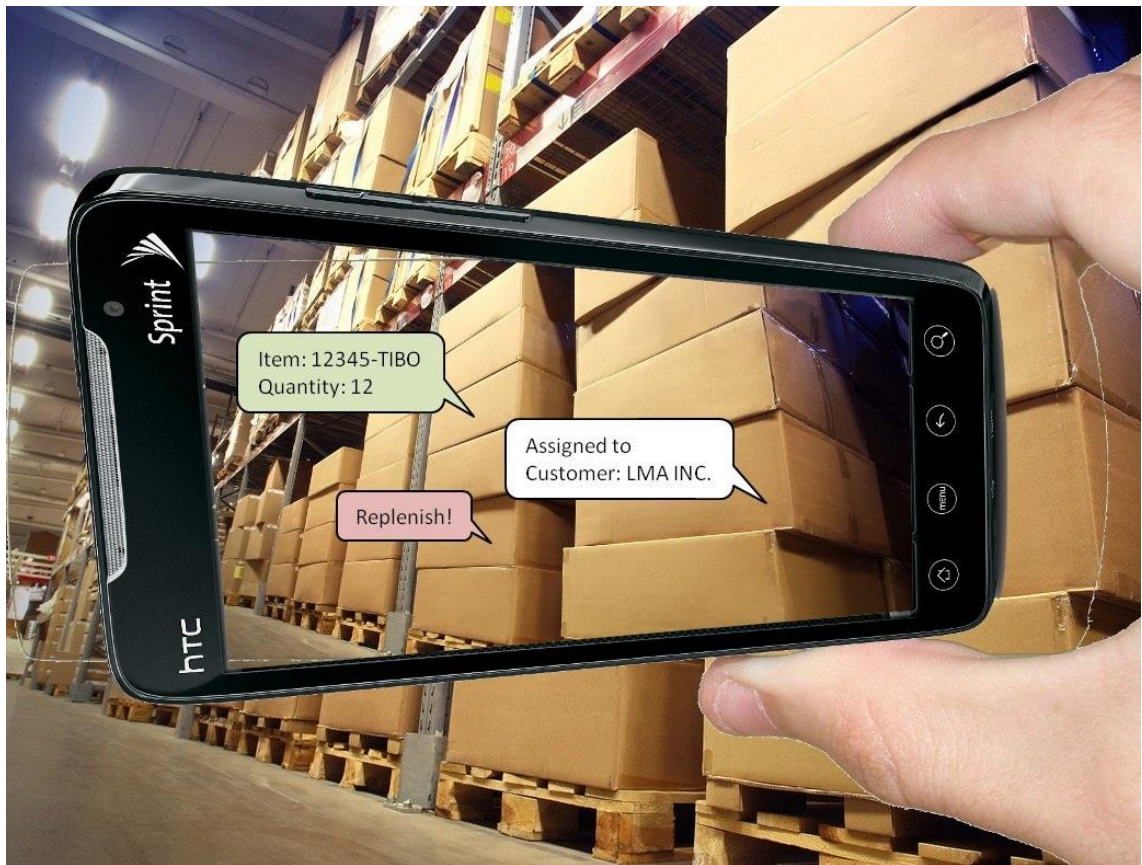
KUVA 3. Sisätilapaikannuksen toimintakaavio vähittäiskaupoissa

2.1.2 Muita kohteita

Kaupat eivät tietenkään ole ainoa kiinteistöryhmä, jossa sisätilapaikannusta voidaan hyödyntää. Sisätilapaikannus on mahdollista toteuttaa usealla eri tekniikalla, kun paikannuksen tarkkuudeksi riittää pari metriä. Tällainen tarve voi olla esimerkiksi tietyn tilan löytäminen isosta rakennuksesta. Kun paikannukselta vaaditaan tarkempaa sijaintia, niin tekniikan valinnan merkitys korostuu. Tähän mennessä sisätilapaikannusta on jo hyödynnetty muun muassa lentokentillä ja juna-asemilla, joissa se opastaa käyttäjänsä löytämään oikealle portille tai raiteelle. Museoissa ja taidegallerioissa sisätilapaikannus mahdollistaa näyttelykohteen automaattisen esittelyn, kun kävijä saapuu sen luokse. Sairaaloissa sisätilapaikannuksen avulla voidaan opastaa ja seurata potilaita. Etenkin dementia-potilaiden kanssa seurannasta on hyötyä, koska henkilökunnalle voidaan välittää hälytys, mikäli kyseinen henkilö on esimerkiksi poistumassa rakennuksesta. Vastaavanlaisia hä-

lytyksiä voi myös asettaa muille henkilöille tai vaikka joillekin tärkeille esineille. Ihmisten seurannassa tulee tietysti ottaa huomioon, ettei yksityisyyden suojaa rikota. (Opinnäytetyöpalaverit, 6.2.2017 – 24.4.2017)

Sisätalapaikannusta voidaan myös hyödyntää lisätyssä todellisuudessa (AR, Augmented Reality) ja mainonnassa. Lisätty todellisuus ja sisätalapaikannus kulkevat hyvin käsikädessä, koska lisätty todellisuus vaatii sijaintitietoa ja vain mielikuvitus on rajana, kun mietitään miten sitä voi hyödyntää sisätalapaikannuksessa. Lisättyä todellisuutta tukeva laite voisi esimerkiksi antaa lisätietoja tietystä kohteesta kulkiessasi sen ohi. Mainonnassa sisätalapaikannuksen avulla voidaan toteuttaa paikka- tai tilakohtaista mainontaa, esimerkiksi kävellessäsi tietyn liikkeen ohitse saat tämän liikkeen tarjoukset älylaitteeseesi. (Opinnäytetyö palaverit, 6.2.2017 – 24.4.2017) Kuvassa 4 on esitetty esimerkki, miten lisättyä todellisuutta ja sisätalapaikannusta voitaisiin hyödyntää varastossa.



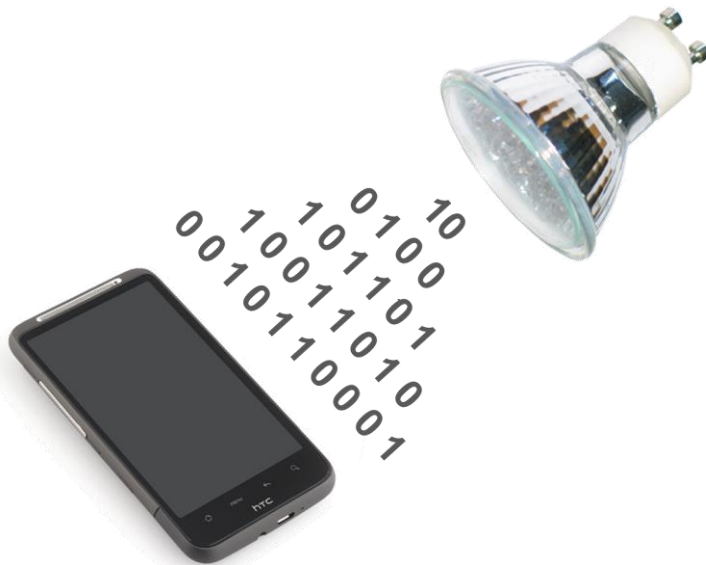
KUVA 4. Lisätty todellisuus varastossa (M3 ideas, Augmented reality, 2011)

3 SISÄTILAPAİKANNUSMENETELMÄT

Sisätilapaikannus on mahdollista toteuttaa monilla eri tekniikoilla, mutta tähän työhön on valittu käsiteltäväksi kolme tällä hetkellä potentiaalisimmaksi nähtyä tekniikkaa; Visible Light Communication, joka hyödyntää valoa tiedonsiirtoväylänä, Bluetooth Low Energy, joka on yleisesti käytössä kaikenlaisissa elektronissa laitteissa, ja magneettinen paikannus, joka hyödyntää rakennusten magneettikentän vaihteluita paikantamisessa. VLC:n kohdalla on myös otettu selvää tulevaisuudessa mahdollisesti merkittävistä VLC:n johdannaismenetelmistä, DarkLightista ja Light Fidelitysta (Li-Fi).

3.1 Visible Light Communication

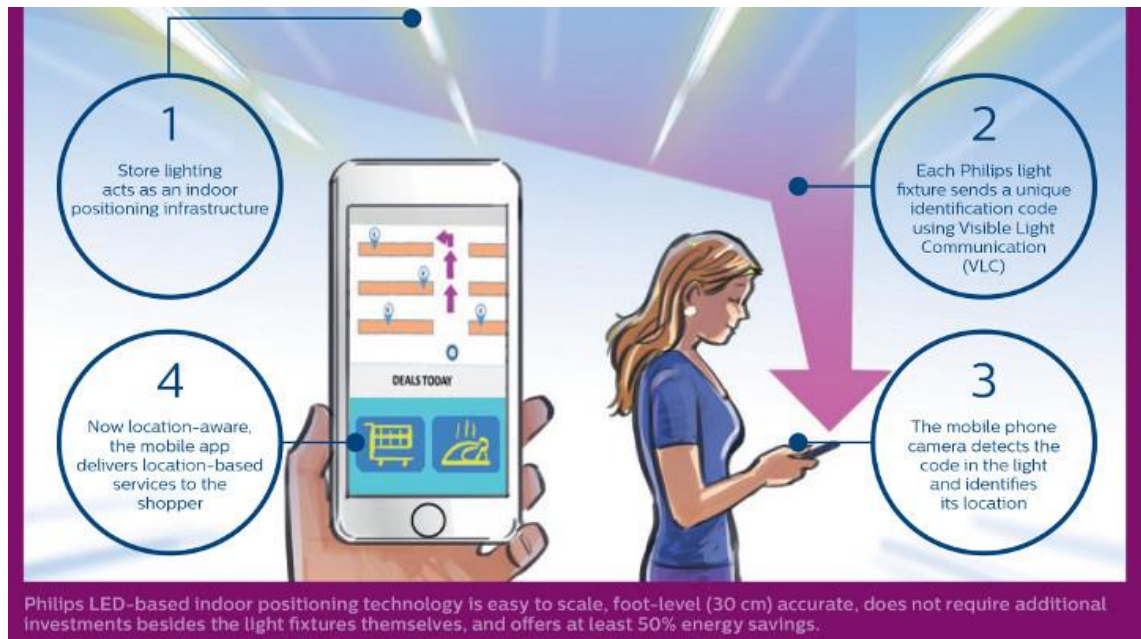
Visible Light Communication (VLC) on tiedonvälitystekniikka, joka käyttää näkyvän valon spektriä (375-780 nm). Teknologia pystyy lähettämään signaaleja loistelamppuja käyttäen 10 kbit/s nopeudella, tai LEDeillä jopa 500 Mbit/s nopeudella. Varta vasten suunnitellut elektroniikkalaitteet tyypillisesti sisältävät fotodiodin valon lähteen lähettämien signaalien vastaanottamiseksi, mutta myös puhelimen kamera tai digikamera ovat joissain tapauksissa riittäviä. (kuva 5) (Wikipedia, Visible light communication, 2017)



KUVA 5. VLC:n periaate yksinkertaisesti (Visible Light Communications, What is Visible Light Communication?, 2017)

VLC on helpompi käsittää, kun ajattelee taskulamppua, jota käyttää morsetukseen. Käsin käytettynä tämä on tiedonsiirtoa käyttäen valoa, mutta koska valo vilkkuu päälle ja pois, sitä ei voida ajatella hyödylliseksi valaistuksen lähteeksi, joten tämä ei oikeastaan ole VLC:tä. Mutta jos ajatellaan, että taskulamppua kytketään päälle ja pois todella nopeasti käyttäen tietokonetta, silloin tiedonsiirtoa ei voi nähdä ja taskulamppu näyttää tuottavan jatkuvaa valoa, jolloin se täyttää VLC:n määritelmän, valaistusta ja tiedonsiirtoa. (Visible Light Communications, What is Visible Light Communication?, 2017)

Philipsin havainnekuvassa (kuva 6) on havainnollistettu, kuinka VLC-pohjainen sisätilapaikannus toimii. Liikkeen valaisimet ovat osa sisätilapaikannusjärjestelmää ja lähettävät VLC:n avulla tietoa, jonka puhelimen kamera tunnistaa ja välittää käytössä olevaan sovellukseen, joka ohjeistaa käyttäjää halutun tuotteen luokse.



KUVA 6. Philipsin havainnekuva sisätilapaikannuksesta (Philips Lighting, Perfect light, precise location, 2017)

3.1.1 DarkLight

DarkLight on VLC-menetelmä, jota kehittävät Zhao Tian, Kevin Wright ja Xia Zhou Dartmouthin yliopistolla Yhdysvalloissa. Sen periaatteena on tuottaa valopohjaista tiedonsiirtoa erittäin alhaisella valaistuksella. (kuva 7) Tällä hetkellä VLC:n ongelmana on, että jotta tietoa saadaan siirrettyä, tulee valaistuksen olla päällä. Tämä ei toteudu, kun

halutaan vähän tai ei lainkaan sisävalaistusta, esim. aurinkoisena päivänä. (Dartmouth College, The DarkLight Rises, 2016)



KUVA 7. DarkLightin ja normaalin VLC:n ero (dartnets, The DarkLight Rises, 2016)

DarkLightin ideana on koodata tieto todella lyhyisiin korkeataajuisiin valopulsseihin niin, että nämä valopulssit ovat ihmissilmälle huomaamattomia, mutta fotodiodille näkyviä. Näin VLC:ta pystytään käyttämään myös silloin, kun valaistusta ei haluta kytkeä päälle. Tällä hetkellä DarkLight kykenee 1,6 kbit/s nopeuteen 1,3 metrin matkalla, kun käytetään helposti saatavilla olevia edullisia LED- ja fotodiodeja. Tutkimalla huipputasoisia LED- ja fotodiodeja, voidaan saavuttaa DarkLightille parempi tiedonsiirtonopeus ja kantama. Tarkoituksena on päästä saman luokan suorituskykyyn kuin valaistuksen ollessa päällä. (Dartmouth College, The DarkLight Rises, 2016)

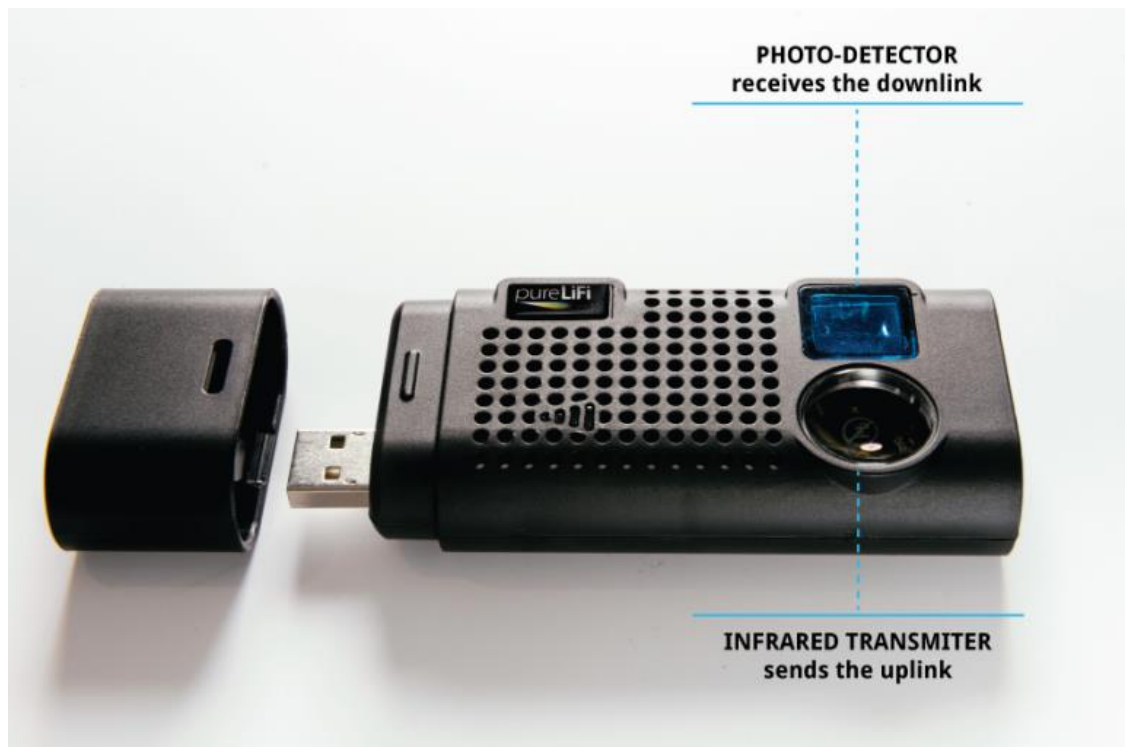
3.1.2 Li-Fi

Li-Fi (Light Fidelity) on professori Harald Haasin keksimä termi valopohjaiselle viestintäteknikalle, joka tuottaa nopean kaksisuuntaisen mobiiliviestinnän samalla tavalla kuin Wi-Fi. Li-Fi tarjoaa suuremman latausyhteyden (downlink), jota voidaan käyttää nykyistä langatonta tai langallista tietoverkkoinfrastruktuuria täydentävällä tavalla. (pureLiFi, What is Li-Fi, 2014) Kuvassa 8 on havainnollistettu mobiili-, Wi-Fi- ja Li-Fi-verkon toimintaa.



KUVA 8. LTE, Wi-Fi, Li-Fi yleiskuva (pureLiFi, What is Li-Fi, 2014)

Li-Fin tiedonsiirto on kaksisuuntaista, eli se pystyy sekä lataamaan, että lähettämään. Lataaminen tapahtuu samalla tavalla kuin VLC:ssä yleensä, eli fotodiodeista vastaanotetaan valolähteen lähettämiä signaaleita. Lähettäminen toimii käyttämällä infrapunasäteitä (kuva 9), eli valospektrin ihmisilmälle näkymätöntä osaa. Tästä johtuen Li-Fi ei ole puhdasta VLC:tä vaan OWC:tä (Optical Wireless Communication), joka kattaa näkyvän valon lisäksi infrapuna- ja ultraviolettisäteilyyn.



KUVA 9. pureLiFin Li-Fi-adaptteri, joka sisältää fotodiodin ja infrapunalähtetimen (pureLiFi, LiFi Questions, 2014)

3.2 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy (BLE), käytetään myös nimeä Bluetooth Smart, on langaton lii-
verkkoteknologia, joka on suunnattu uudentlaisille käyttösovelluksille terveydenhoito-,
kuntoilu-, beacon-, turvallisuus- ja viihdeteollisuuteen. Normaaliin Bluetoothiin verratta-
essa BLE:n on tarkoitettu tuottavan huomattavasti alennetun virrankulutuksen ja kustan-
nukset samaan aikaan säilyttäen vastaavanlaisen toimintasäteen. (Wikipedia, Bluetooth
low energy, 2017)

3.2.1 Beaconit

Beacon on pieni laite (esim. 3 cm x 5 cm x 2 cm) (kuva 10), joka lähettää jatkuvasti
radiosignaaleita lähellä oleville mobiililaitteille sisältäen pienen määrän tietoa. Mobii-
liapplikaatiot voivat kuunnella lähetettyjä signaaleita ja kuullessaan oleellisen signaalin
aktivoida tietyn toiminnon laitteessa. Beaconit toimivat vain yhteen suuntaan ja suurim-
massa osassa lähetettävä tieto ei muutu ja ne luottavat, että kuunteleva laite osaa tehdä
lähetetyllä tiedollakin jotakin. (Pointr, Beacons: Everything you need to know, 2016)



KUVA 10. Esimerkki puretusta beaconista (Stuff Andy Makes, A Maker Review on
Bluetooth Smart Beacons, 2015)

Beaconit toimivat BLE-tekniikalla ja ovat usein patterikäyttöisiä. Toiminta-aika vaihtelee
yhdestä kuukaudesta 2-3 vuoteen. Ne voivat myös olla USB-/verkkovirtaliitäntäisiä tai
integroitua esimerkiksi valaisimiin. Beaconien kantama voi olla jopa 70 metriä avoi-
nessa tilassa, mutta raskaat seinät vähentävät kantamaa merkittävästi. (Pointr, Beacons:

Everything you need to know, 2016) Merkittäviä beacon-valmistajia ovat muun muassa Estimote, Kontakt.io ja Gimbal.

Kaikki modernit älypuhelimet voivat tukea BLE:ta, kunhan Bluetooth on kytkettynä päälle. IOS 7, tai uudemmat, -laitteet voivat jatkuvasti etsiä BLE-laitteita ja herättää oleellisen applikaation tullessaan tietyn beaconin toiminta-alueelle. Android-laitteilla ei ole operointijärjestelmänhallintaa beaconeille ja applikaation täytyy etsiä BLE-laitteet itse. Tämä tarkoittaa, että applikaation tulee olla päällä, jotta yhteys voi muodostua. Bluetoothin päällä pitäminen BLE:ta tukevassa puhelimessa käyttää tyypillisesti 1-3 % puhelimen akusta koko päivän aikana. (Pointr, Beacons: Everything you need to know, 2016)

Beaconeita voidaan käyttää monissa eri käyttötarkoituksissa ja niitä tulee koko ajan lisää, kun keksitään eri tapoja hyödyntää niitä. Tässä muutamia tämänhetkisiä käyttökohteita:

- Sisätilapaikannus
- Ihmisten tai asioiden seuranta
- Sijaintipohjainen mainonta ja viestitys
- Asioiden vaatiminen, kuten maksut

(Pointr, Beacons: Everything you need to know, 2016)

3.2.2 iBeacon

iBeacon on Applen laatima protokolla, jonka tarkoituksena on standardoida Bluetooth-beaconien viestilähetys. Jokainen beaconi voidaan luokitella iBeaconiksi, mikäli se vain täyttää Applen standardit. Tällä hetkellä Apple ei itse tee beacon-laitteita vaan odottaa, että muut valmistajat omaksuvat heidän iBeacon-vaatimuksensa. (Pointr, Beacons: Everything you need to know, 2016)

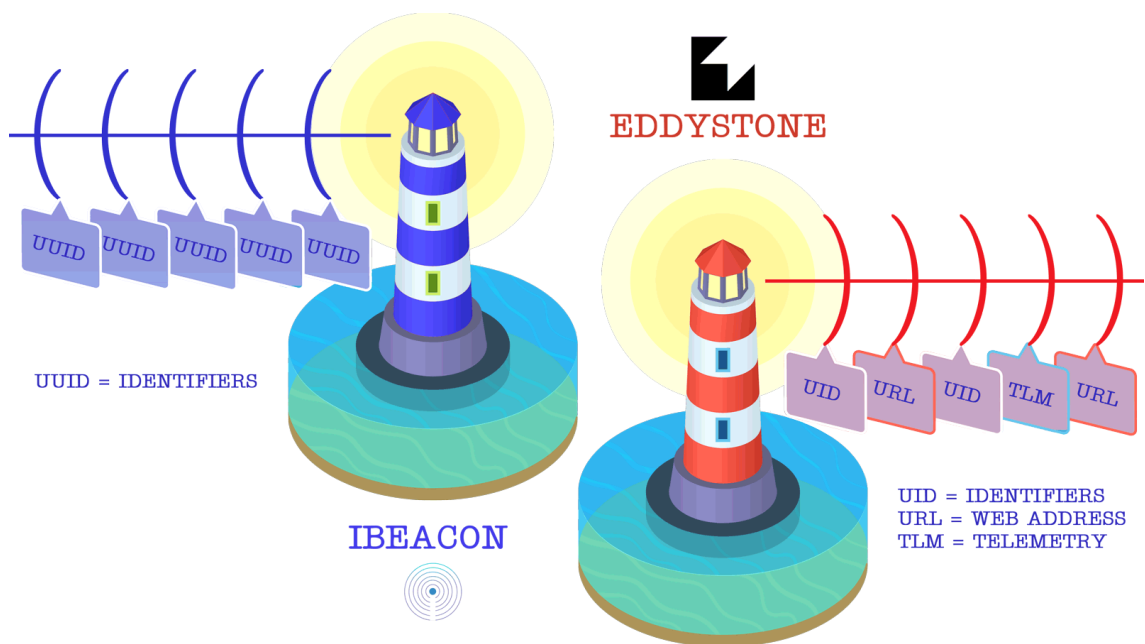
iBeacon on yhteensopiva

- iOS-laitteet, joissa on Bluetooth 4.0
- Macintosh-tietokoneet, joissa on OS X Mavericks (10.9) ja Bluetooth 4.0
- Android 4.3 -laitteet ja uudemmat
- Windows Phone -laitteet, joissa on Lumia Cyan -päivitys tai uudempi

(Wikipedia, iBeacon, 2017)

3.2.3 Eddystone

Eddystone on Googlen avointa lähdekoodia käyttävä järjestelmäriippumaton BLE-beaconformaatti. Nimi ”Eddystone” tulee Iso-Britanniassa sijaitsevasta Eddystonen majakasta, koska kuten majakat opastavat laivoja niin beaconit opastavat applikaatioita ja käyttäjiään. Idea on sama kuin Applen iBeaconissa, mutta toisin kuin iBeacon, joka on suunnattu Applen omille laitteille, Eddystone on suunnattu kaikille laitteille ja järjestelmille. Isona erona on myös, että Eddystone tukee useaa kehystyyppiä, jotka voivat suorittaa erilaisia toimintoja. (kuva 11) (arstechnica, Meet Google’s “Eddystone”, 2015)



KUVA 11. Eddystonen ja iBeaconin eroavaisuus (Obey Proximity, Apple iBeacon vs. Google Eddystone, 2017)

Eddystonen eri kehystyyppit on lyhyesti selitettynä ja havainnollistettuna kuvassa 12:

- **UUID (Universally Unique Identifier)** – UUID on 128-bitin arvo, joka erikseen määrittää jokaisen tietyn beaconin maailmassa, mitä applikaatio voi kuunnella ja toteuttaa tietyn toimenpiteen. Tätä iBeacon käyttää.
- **URL (Uniform Resource Locator)** – URL:n lähettäminen UUID:n sijaan on paljon yleispätevämpää ja mutkattomampaa, se vain aukaisee verkkoselaimen, eikä sen käyttö vaadi erillistä applikaatiota.
- **EID (Ephemeral Identifier)** – EID on turvallinen kehystyyppi, kuvittelee yksilökohtainen beacon, jota vain valtuutetut käyttäjät voivat lukea. Google ei ole ker-tonut yksityiskohtia tästä uudesta kehystyyppistä.

- Telemetry (TLM) – Mahdollisuus lähettää laitetietoja helpottaa isojen beaconryhmien hallintaa. Se mahdollistaa esim. diagnostiikkatietojen ja patterin jäljellä olevan varauksen lähettämisen.

(arstechnica, Meet Google's "Eddystone", 2015)

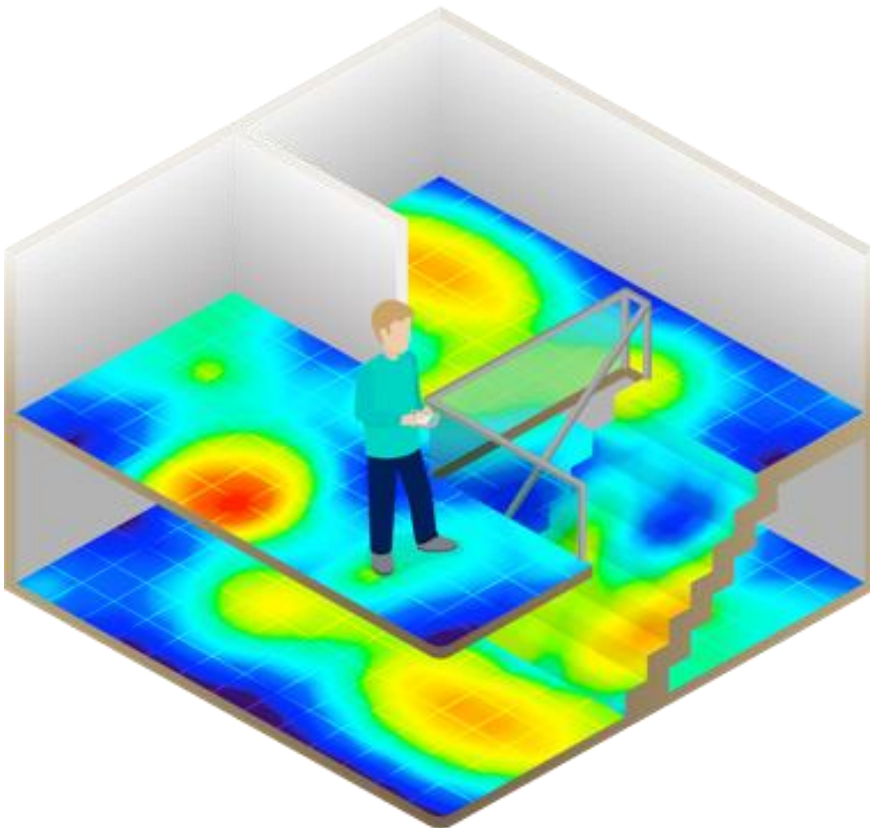


KUVA 12. Havainnekuva Eddystonen eri kehystyypeistä (Azilen, Eddystone: Google's Fresh Approach towards Beacon Format, 2015)

3.3 Magneettinen paikannus

Magneettinen paikannus on sisätilapaikannusratkaisu, joka älylaitteen magnetometrin avulla pystyy määrittämään langattomasti esineiden tai ihmisten paikan rakennuksen sisällä. Magneettisen paikannuksen on keksinyt Janne Haverinen ja Anssi Kempainen, ja he perustivat yrityksen nimeltä IndoorAtlas vuonna 2012 kaupallistaakseen keksintönsä. (Wikipedia, Magnetic positioning, 2016)

Magneettinen paikannus pystyy älylaitteella 1-2 metrin tarkkuuteen sisätiloissa 90 % varmuudella (confidence level) käyttämättä muuta langatonta infrastruktuuria paikantamiseen. Magneettinen paikannus perustuu rakennuksen rautarakenteisiin, jotka luovat paikallisen vaihtelun Maan magneettikentässä. (kuva 13) Älylaitteen magnetometri pystyy aistimaan ja tallentamaan näitä magneettikentän vaihteluita ja kartoittamaan sisätiloja. (Indoor Positioning System, Wikipedia 2016) Liikkuvat metalliset asiat, kuten esimerkiksi hissit, vaikuttavat rakennuksen paikalliseen magneettikenttään aiheuttaen häiriöitä paikannukseen. (Wikipedia, Magnetic positioning, 2016)



KUVA 13. Rakennuksen magneettikenttien vaihtelu (IndoorAtlas, How It Works, 2017)

4 MENETELMIEN VERTAILU

Valittuja sisätilapaikannusmenetelmiä on vertailtu taulukossa 1 niiden tarkkuuden, kantaman ja hankintakustannusten perusteella. Mukaan on myös otettu GPS-satelliittipaikannus vertailukohteeksi. Taulukon tiedot on koottu infsoftin internet-sivuilta ja Greenlediltä saatujen materiaalien pohjalta.

TAULUKKO 1. Paikannusmenetelmien vertailu

Menetelmä	Tarkkuus (m)	Kantama (m)	Hankintakustannukset
VLC	< 0,5	< 8	suuri
BLE	1-2	< 30	keskinkertainen
Magneettinen	1-2	-	-
GPS	5-20	maailmanlaajuinen	-

VLC:n tarkkuus on huomattavasti muita menetelmiä parempi, mutta kantama on rajalliseksi. Sen ei kuitenkaan pitäisi olla ongelma, koska yleensä valaisimet ovat vain parin metrin päässä toisistaan ja kattavat koko tilan. Ulkokäyttöön VLC ei oikein sovellu kantamansa takia. BLE-beaconien maksimikantama on 70 metriä, mutta sisätiloissa se on lähempänä paria kymmentä metriä. Kantamansa puolesta beaconit soveltuvat hyvin myös ulkokäyttöön. Tarkkuus beaconeilla on melko hyvä. Magneettisessa paikannuksessa ei käytetä mitään lähettäviä laitteita, joten mitään kantamaa ei ole. Tarkkuus on samaa luokkaa kuin BLE-beaconeilla, mutta suuret liikkuvat metalliesineet voivat aiheuttaa epätarkkuutta. Satelliittipaikannus on kaikista kattavin, käytännössä maailmanlaajuinen, kun ollaan ulkona, mutta sisätiloissa se ei juurikaan toimi. Myös sen tarkkuus on varsin sopimaton sisätiloihin.

Hankintakustannuksista ei ole konkreettista tietoa, mutta voidaan olettaa, että VLC:n kustannukset ovat joukon suurimmat. VLC tarvitsee siihen soveltuvat valaisimet, joista voi kertyä suuretkin hankintakustannukset. BLE-beaconit ovat edullisia, noin parikymmentä euroa kappale, joten voidaan ajatella hankintakustannusten olevan maltillisemmat VLC-valaisimiin verrattaessa, vaikka beaconeita tarvittaisiin enemmän. Beaconien kohdalla ongelmaksi voi kuitenkin muodostua korkeat huoltokustannukset patterien vaihdon takia.

Magneettinen paikannus ei aiheuta hankintakustannuksia, mutta käyttöönottoon saattaa mennä enemmän aikaa, koska paikannettava tila joudutaan kartoittamaan älylaitteella.

Tietoturva on merkittävä osa-alue nykypäivän järjestelmissä, jota ei tule laiminlyödä. Vaikka BLE-beacon tai VLC-valaisin ei pysty lukemaan tietoja siihen yhteydessä olevasta älylaitteesta niin on niihin todella helppo murtautua, mikäli niitä ei ole suojattu, ja aiheuttaa harmia sitä kautta. Koska nämä ovat vielä varsin tuoreita teknologioita, ei niiden kehityksessä ja käytössä ole aina keskitytty turvallisuuteen niin paljon kuin itse teknologian toimintakykyyn. Tämä saattaa järjestelmät alttiiksi ilkeille.

Valmistajasta riippumatta beaconeiden lähettämät viestit ovat aina julkisesti näkyviä ja luettavissa BLE-tutkalaitteella. Tämä tarkoittaa, että kuka tahansa pystyy nappaamaan niiden tunnistetiedot jotka ovat oletuksena vakiot ja lisäämään ne omaan applikaatioonsa, joten beaconien tunnistetiedot täytyy muistaa vaihtaa. Ilkivallantekijä voi esimerkiksi johdattaa asiakkaat harhaan tai pommittaa heitä turhilla viesteillä. Pahimmassa tapauksessa murtautuja on esimerkiksi kilpailija, joka pystyy seuraamaan asiakkaiden käyttäytymistä ja käyttämään saamiensa tietoja omassa markkinoinnissaan. Myöskään beaconien ja niitä hallitsevan laitteen välistä viestintää ei tule unohtaa. Oletuksena se ei ole salakoodattua, mutta jotkut valmistajat vaativat ylläpitäjälle salasanan. Tämä salasana on kuitenkin mahdollista salakuunnella ja kaapata laite sitä kautta. Ainoa keino estää kaappaaminen on salakoodata beaconien ja hallintalaitteen välinen viestintä, jolloin salasanoja ei tarvita. (unacast, Everything You Need to Know About Beacon Security, 2015.)

VLC:n turvallisuustekijät ovat toistaiseksi saaneet todella vähän huomiota. Tutkimus keskittyy pääsääntöisesti nopeampien siirtonopeuksien saavuttamiseen. VLC ei ole turvallisuusriskiton, vaan sen infrastruktuuri on erityisen altis tietoturvahille. Nykyinen IEEE-standardi 802.15.7 ei tarjoa riittävää MAC-tason suojausta fyysisen tason riskejä vastaan. Mahdollisia riskejä ovat häirintä, tietojen urkkiminen tai muuntaminen. Tämä on mahdollista toteuttaa esimerkiksi omalla suoralla tai epäsuoralla valonlähteellä tai kaappamalla osan olemassa olevaa infrastruktuuria joko langallisesti tai langattomasti. (Warsaw University of Technology, Security issues in visible light communication systems, 2015)

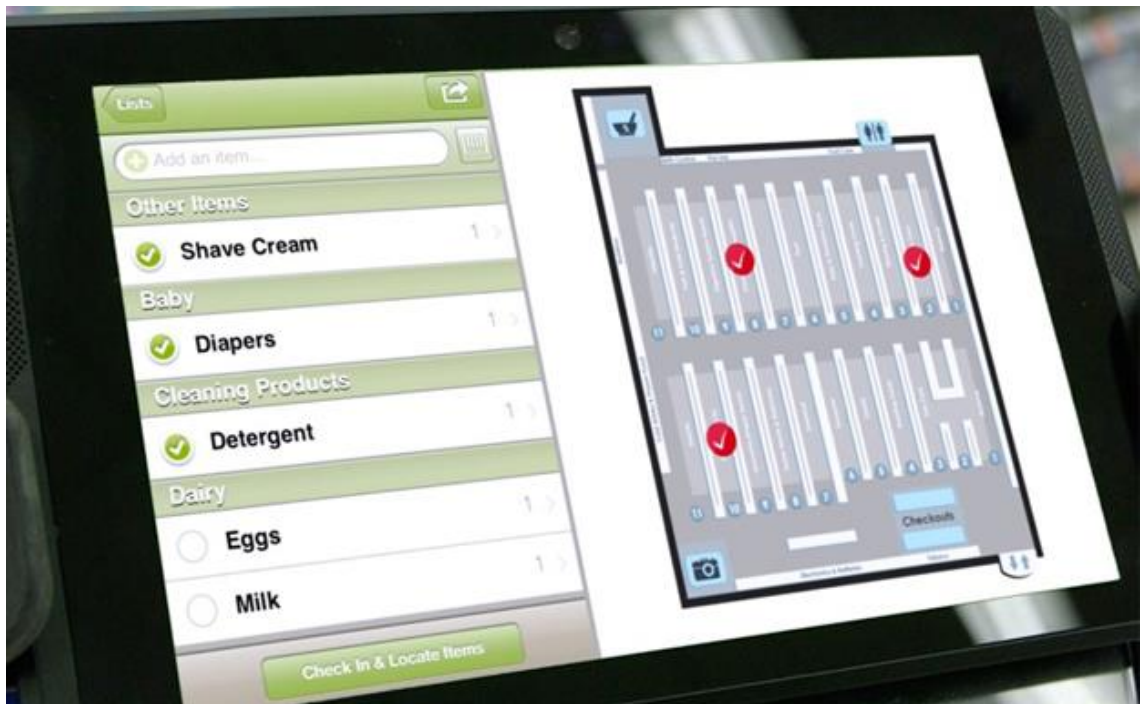
5 PALVELUNTARJOAJAT JA CASE-SELVITYS

Markkinoilla on jo vähittäiskauppoihin erikoistuneita sisätilapaikannuspalveluiden tarjoajia, kuten yhdysvaltalainen Aisle411 Inc. ja suomalainen Smartcart Oy. Tässä luvussa tutustutaan edellä mainittuihin palveluntarjoajiin. Lisäksi osana opinnäytetyötä tehtiin case-selvitys K-Supermarket Kuninkaankulmaan Tampereella, jossa on käytössä Smartcartin tarjoama älykäräyratkaisu. Myös case-selvitystä käsitellään tässä luvussa.

5.1 Aisle411 Inc.

Aisle411 on Aisle411 Inc.:n palvelu, joka mahdollistaa asiakkaiden etsiä tuotteita puhelimellaan kaupasta. Palvelu on tullut markkinoille elokuussa 2009 Yhdysvalloissa. Aisle411 avulla asiakkaat pystyvät paikantamaan älypuhelimellaan halutun tuotteen hyllyvälin ja sijainnin eri liikkeissä. Käyttäjät pystyvät myös sovelluksen kautta skannaamaan viivakoodeja ja lukemaan arvosteluja tuotteesta tai saamaan tietoa liikkeen tarjouksista ja kampanjoista. Aisle411-sovellusalustan ohjelmointirajapinta (API) ja karttojen SDK ovat lisensoitavana vähittäismyyjille ja kolmansille osapuolille. (Wikipedia, Aisle411, 2016)

Aisle411:n palveluihin kuuluu sisätilakartoitus, -paikannus ja -analytiikka sekä lisätty todellisuus (AR). Sisäkartoitus digitalisoi ja tehostaa liikkeen inventaarion ja pohjapiirustuksen tekemällä niistä etsittäviä mobiilisovelluksella tai nettiselaimella. Sisätilapaikannuksessa on mahdollista käyttää montaa eri teknologiaa, joita ovat esimerkiksi Wi-Fi, BLE-beacon, magneettinen paikannus, VLC ja lisätty todellisuus. Sisätila-analytiikkaa saadaan keräämällä paikannustietoja, ja tämän avulla voidaan määrittää asiakkaiden käytöstä ja liikkumista liikkeessä ja optimoida tuotteiden sijoittelua saatujen tietojen perusteella. Lisätyn todellisuuden, kuten Google Tango, käyttäminen tuo brändeille, vähittäismyyjille ja yrityksille lisää mahdollisuuksia edesauttaa asiakkaan ostokokemusta. (Aisle411, Increase the value of your venues with Aisle411 Solutions, 2017) Kuvassa 14 esimerkki Aisle411-sovelluksesta älylaitteella. Kaupan valittujen tuotteiden sijainti kaupassa näkyvät kartassa.



KUVA 14. Aisle411-sovellusnäkyä (LSA Insider, Indoor Location: Combatting the Billions Lost in Retail Walk-Out Sales, 2015)

5.2 Smartcart Oy

Smartcart Oy on suomalainen teknologiayhtiö, jonka tuotteena on nimensä mukaisesti vähittäis- ja päivittäistavara-kaupoille suunnattu älykäräyratkaisu, joka tuo ostoskärryyn kiinnitetyn tablet-laitteen avulla kuluttajan ostokokemuksen ”rauta-ajalta” digiaikaan. Smartcartin ominaisuuksiin kuuluvat:

- Kaupan kartta ja navigointi
- Reseptit ja suositukset
- Tarjoukset
- Kaupan lisäinfo ja kauppiaan terveiset
- Tuotehaku

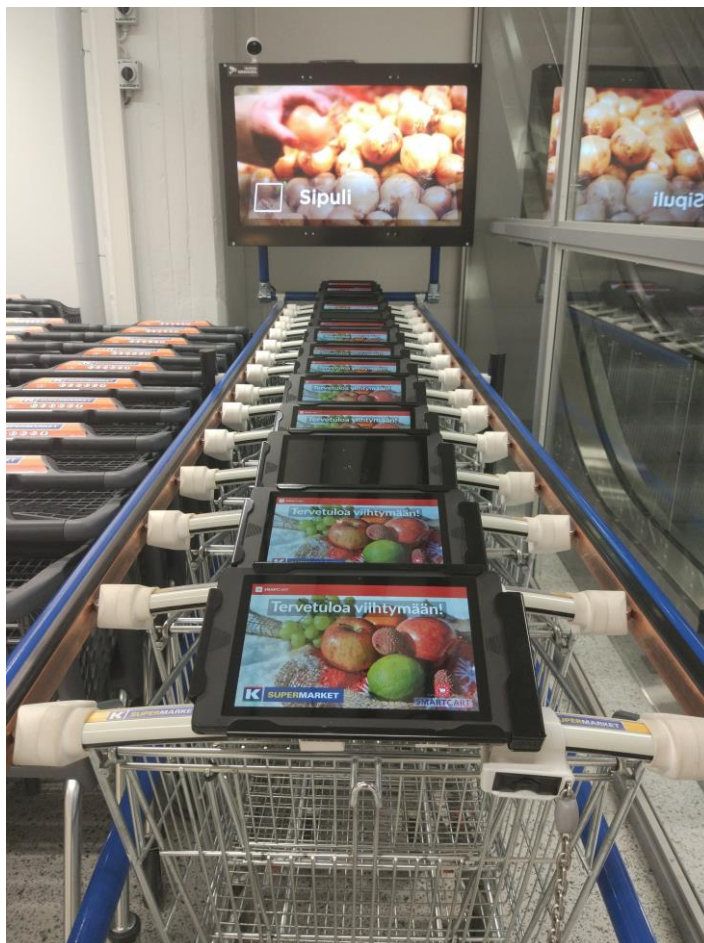
Huhtikuussa 2017 Smartcartin älykäräry-palvelu on käytössä 12:ssa Keskon myymälässä 7:llä eri paikkakunnalla. (Smartcart, Myynnin tulevaisuus on täällä, 2017)

Smartcart käyttää sisätilapaikannuksessa BLE-beaconeita kolmiomittausmenetelmällä. Käytettävät beaconit ovat paristokäyttöisiä ja niiden paristonkesto on parin kuukauden

luokkaa. Beaconin sijoituksella on suurehko vaikutus patterinkeston, esimerkiksi kylmäkaapissa toiminta-aika vähenee merkittävästi. Beaconit lähettävät signaalia, josta ilmenee jäljellä oleva varaus, tämän avulla voidaan seurata ja ennakoida paristonvaihtotarvetta. Smartcartilla on myös kokeiltu magneettista paikannusta, mutta se ei jostain syystä toiminut kärryyn liitetyn tabletin kanssa. Sen epäillään johtuneen siitä, että kärryyn integroidusta tabletista jää puuttumaan korkeussuuntainen liike, joka tulee laite kädessä kävellessä. (Heiman Petteri, CEO, Smartcart Oy. Puhelinhaastattelu, 21.4.2017)

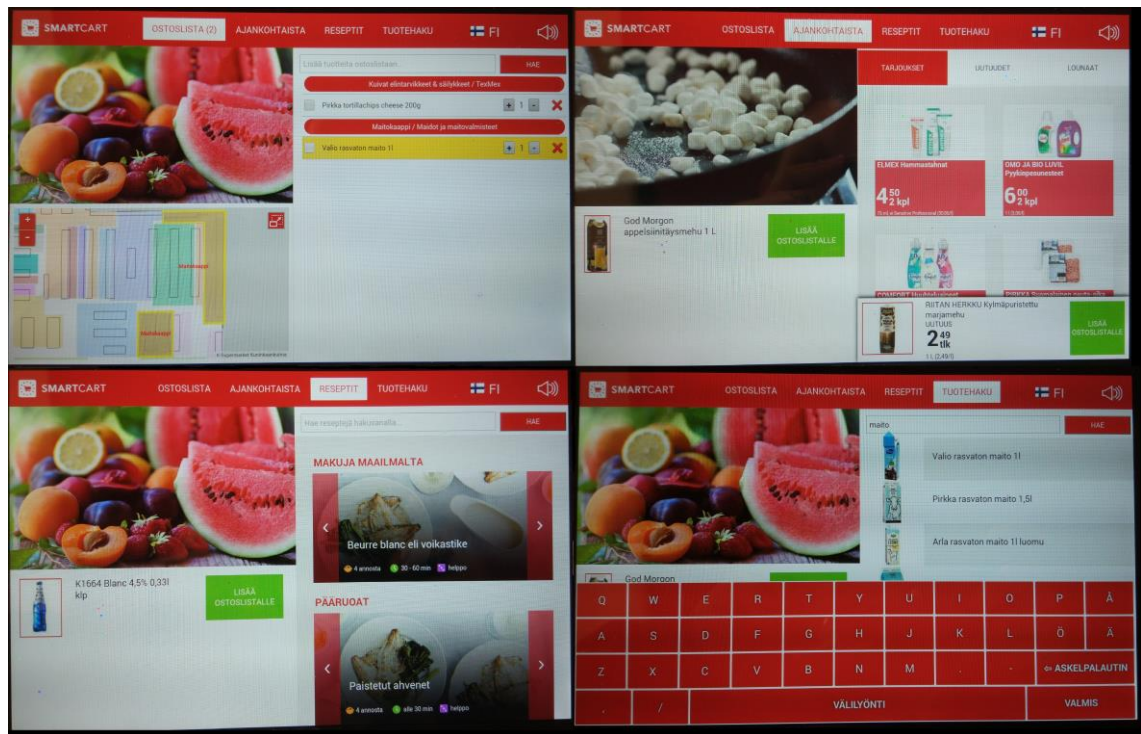
5.3 K-Supermarket Kuninkaankulma, case-selvitys

Osana opinnäytetyötä suoritettiin tutustumiskäynti K-Supermarket Kuninkaankulmaan Tampereella, jonne ollaan vuoden 2017 alussa otettu käyttöön Smartcartin älykärryt. Älykärryt ovat omassa latauspisteessään ja eroavat tavallisista kärryistä vain käyttöliittymänä toimivan tabletin kautta. Latauspisteen päässä olevassa näyttöruudussa pyörii Smartcartin mainosvideo, joka demonstroi miten älykärry toimii. (kuva 15)



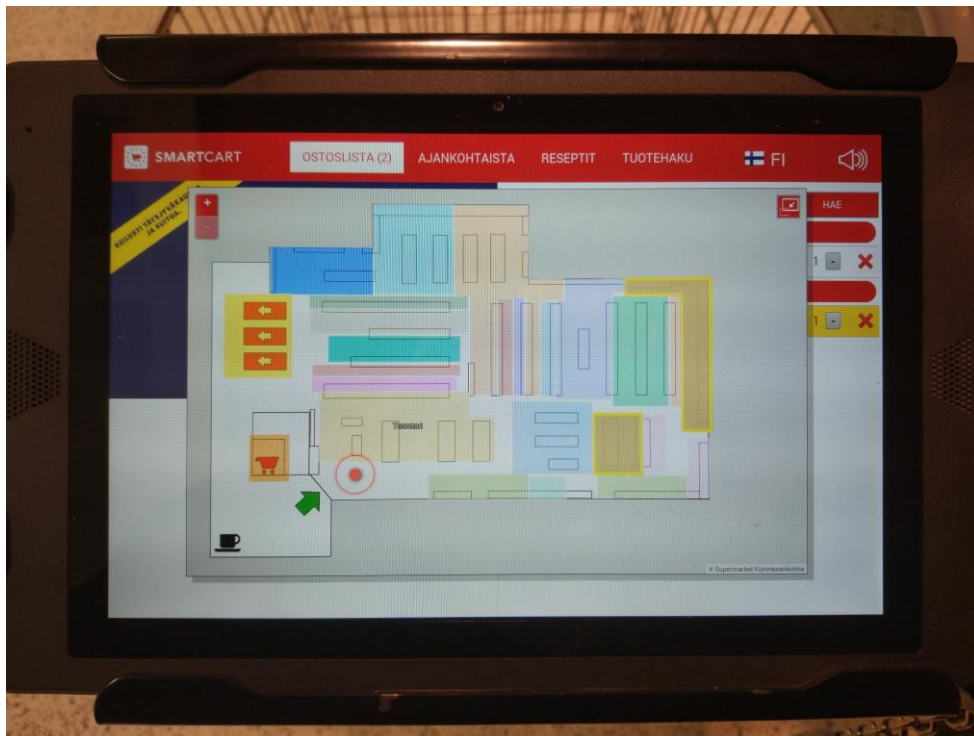
KUVA 15. Älykärryt latauspisteessä

Tabletin sovelluksessa on neljä välilehteä; ostoslista, ajankohtaista, reseptit ja tuotehaku. (kuva 16) Ostoslista-lehdellä näkyvät ostoslistaan lisätyt tuotteet ja kaupan kartta. Ajankohtaisesta löytyy Keskon uutiset ja muut ajankohtaiset asiat. Reseptit-lehdellä voi selata erilaisia suositeltuja reseptejä ja lisätä tarvittavat tuotteet ostoslistaan. Tuotehaussa voi hakea kaupan tuotteita, lisätä ne ostoslistalle ja saada niistä tarkempia tietoja.



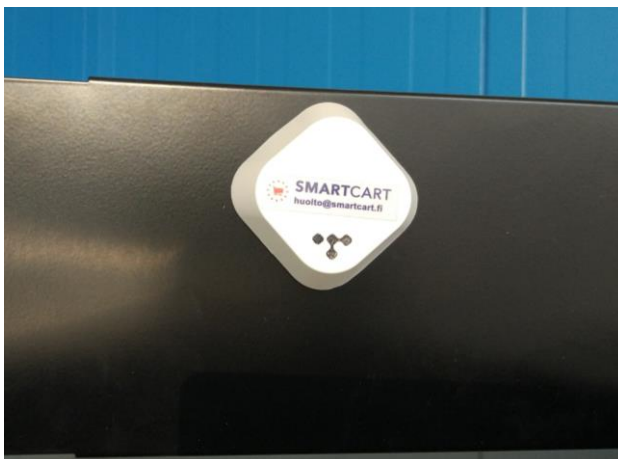
KUVA 16. Älykärryn sovellus

Älykärryn testaus aloitettiin tutustumalla sovellukseen. Tuotehausta etsittiin tuotteet, jotka haluttiin ostaa. Tuotehaku vaikutti todella toimivalta ja se löysi kaikki etsityt tuotteet ongelmitta. Ostoslistalta tuotetta painettaessa näkyy sen sijainti kaupassa osaston tarkkuudella kartalla. Kaupan karttaa avattaessa isommaksi huomattiin, että laite ilmoitti älykärryn sijainniksi kaupan sisäänkäynnin, mikä oli oikein, kuten kuvasta 17 nähdään. Edettäessä eteenpäin punainen piste kartalla eteni samaa matkaa, ja paikannus toimi melko hyvin koko kauppareissun ajan.



KUVA 17. Kaupan kartta ja kärryn sijainti

Älykärry vaikutti koekierroksen jälkeen varsin vakuuttavalta. Varsinkin isoissa ruoka-kaupoissa se pääsisi oikeuksiinsa, koska eri tuotteiden etsiminen voi olla niissä todella hankalaa. Tuotesastot on sovelluksessa nimetty, mikä on hyvä. Sovellus oli kuitenkin jähmeänoloinen, joka voi johtua mahdollisesti siitä, että käytetyssä tabletissa ei ole riittävästi suoritusnopeutta. Sijainninpaikannus toimi riittävän hyvin, vaikka pientä hakemista oli paikka paikoin. Tarkkuus oli parin metrin luokkaa. Smartcartin toimitusjohtajan Petteri Heimanin kanssa käydystä puhelinkeskustelusta ilmeni, että Kuninkaankulmassa on noin 50 beaconia, joista esimerkki kuvassa 18. Reittiopastusta ei sovelluksesta löytänyt, mutta saatujen tietojen mukaan se on tulossa.



KUVA 18. Smartcartin käyttämä BLE-beacon

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä oli tavoitteena esitellä sisätilapaikannusta, sen käyttötarkoituksia ja siinä käytettäviä tekniikoita. Lisäksi tutkia ja perehtyä sisätilanpaikannus käyttömahdollisuuksiin vähittäiskaupoissa. Sisätilapaikannus on aiheena erittäin mielenkiintoinen, mutta toteutus on vielä vajavaista. Voidaan kuitenkin olettaa sen yleistyvän lähivuosien aikana tietoisuuden levitessä ja teknologioiden kehittyessä. Opinnäytetyötä tehtäessä huomattiin, että aihe on tuntematon lähes tulkoon kaikille, jotka eivät työskentele sen parissa, mutta kerrottaessa mistä siinä on kysymys, ovat ihmiset olleet kiinnostuneita sisätilapaikannuksesta ja sen tuomista mahdollisuuksista.

Vertailtujen tekniikoiden välillä on eroja, eikä selkeää joka paikkaan soveltuvaa ratkaisua ole. VLC:llä on suuri potentiaali, mutta se on vielä aika lailla kehitysasteella ja konkreettinen näyttö puuttuu. Sillä kuitenkin on mahdollista saavuttaa muita tekniikoita parempi tarkkuus. Hankintakustannukset ovat kuitenkin korkeat VLC:n kohdalla, jos ajatellaan, että valaisimet joudutaan uusimaan, mutta jos kyseessä on saneeraus- tai täysin uusi kohde niin kustannukset ovat maltillisemmat. BLE-beaconit ovat hyvä valinta moneen kohteeseen, sillä ne eivät ole kovin kalliita ja niillä saavutetaan melko hyvä tarkkuus. Ylläpitokustannukset voivat kuitenkin nousta suuriksi, jos beaconeita on paljon ja ne ovat paristokäyttöisiä. Magneettisen paikannuksen eduksi voidaan katsoa se, että se ei vaadi erillisiä laitteita paikannukseen, mutta käyttöönotto vaatii tilakartoituksen älylaitteen magnetometrillä. Tietoturva on myös osa-alue, jota ei tulisi unohtaa, sillä nykyteknologialla on mahdollista aiheuttaa suurta haittaa, mikäli se päätyy väärin käsiin.

Vähittäiskauppoihin soveltuisi parhaita VLC, koska se tarjoaa niin hyvän tarkkuuden, että yksittäisiäkkin tuotteitakin on mahdollista paikantaa tarkasti. Beaconien ja magneettisen paikannuksen tämänhetkiselällä tarkkuudella, 1-2 metriä, voitaisiin helposti olla aivan väärässä hyllyvälissä. Tuoteryhmien paikannuksessa tämä ei kuitenkaan ole välttämättä ongelma. Muiden käyttökohteiden osalta voidaan todeta, että kaikki käsitellyt tekniikat ovat varteenotettavia ratkaisuja.

Sisätilapaikannuksen yleistymisen suurimpana ongelmana tulee todennäköisesti olemaan sen kustannukset. Jotta se on tarpeellinen, tulee siitä olla selkeää hyötyä niin käyttäjälle

kuin järjestelmän omistajallekin. Vähittäiskauppojen kohdalla sovelluksen ja tuotekannan ylläpitäminen vaativat suunnattomasti työtä, keskikokoisestakin ruokakaupasta löytyy kymmeniä tuhansia eri tuotteita ja muutoksia tulee hyvin säännöllisiä, joten jokaisen tuotteen lisääminen sovellukseen niin, että sille on määritetty tarkka sijainti, on varsin mahdotonta tai ainakaan se ei ole kannattavaa. Kuninkaankulman case-selvityksestä nähdään melko hyvin, minne sisätilapaikannuksen kanssa tullaan mahdollisesti menemään vähittäiskauppojen osalta. Toivottavasti sisätilapaikannusta nähdään enemmän isommissa kaupoissa, joissa sen edut korostuisivat enemmän.

Tästä opinnäytetyöstä saa hyvän pohjan tarkemmille jatkotutkimuksille, kuten esimerkiksi VLC:ta tukevien valaisinten konkreettiseen testaukseen tai hyödyntämiseen oikeissa kohteissa. Tällaisia valaisimia ei vielä ole juurikaan markkinoilla, mutta tilanne tulee muuttumaan muutaman vuoden aikana. Beaconien kannalta merkittäväksi kehitykseksi askeleeksi voidaan povata uusinta Bluetooth 5 -standardia. Vielä ei kuitenkaan ole tarkalleen selvillä, miten paljon se tulee parantamaan beaconien toimintakykyä. Tämä uusi standardi vaatii tosin myös tuen vastaanottavilta laitteilta.

LÄHTEET

Aisle411. Increase the value of your venues with Aisle411 Solutions, 2017. Luettu 27.1.2017.

<http://aisle411.com/aisle411-solutions/>

Amadeo, Ron. arstechnica. Meet Google’s “Eddystone”—a flexible, open source iBeacon fighter, 2015. Luettu 13.2.2017.

<https://arstechnica.com/gadgets/2015/07/meet-googles-eddystone-a-flexible-open-source-ibeacon-fighter/>

Blinowski, Grzegorz. Warsaw University of Technology. Security issues in visible light communication systems, 2015. Luettu 14.3.2017.

Google. Maps ohjeet, Sisätilakartat, 2017. Luettu 14.4.2017

https://support.google.com/maps/answer/2803784?hl=fi&ref_topic=3280760

Greenled Oy. Yrityksen sisäinen materiaali, 2017. Luettu 13.4.2017.

Heiman, Petteri, Chief Executive Officer, Smartcart Oy. Puhelinhaastattelu, 21.4.2017.

infsoft. Quick Start: Indoor Positioning Systems, 2017. Luettu 3.2.2017.

<https://www.infsoft.com/indoor-positioning>

Longino, Trevor. unacast. Everything You Need to Know About Beacon Security, 2015. Luettu 24.2.2017.

<https://unacast.com/post/everything-you-need-to-know-about-beacon-security>

Opinnäytetyö palaverit, 6.2.2017 – 24.4.2017

Vähänen Vesa, kehitysjohtaja, Greenled Oy

Kallioharju Kari, lehtori, Tampereen ammattikorkeakoulu

Järvenpää Janne, opiskelija, Tampereen ammattikorkeakoulu

Philips Lighting. Perfect light, precise location, 2017. Luettu 16.1.2017.

<http://www.lighting.philips.com/main/systems/themes/led-based-indoor-positioning.html>

Pointr. Beacons: Everything you need to know, 2016. Luettu 7.2.2017.

<http://www.pointrlabs.com/blog/beacons-everything-you-need-to-know/>

pureLiFi. What is Li-Fi, 2014. Luettu 16.1.2017.

http://purelifi.com/what_is_li-fi/

Schutzberg, Adena. Directions Magazine. Ten Things You Need to Know About Indoor Positioning. Luettu 14.2.2017.

<http://www.directionsmag.com/entry/10-things-you-need-to-know-about-indoor-positioning/324602>

Smartcart. Myynnin tulevaisuus on täällä, 2017. Luettu 7.4.2017.

<http://smartcart.fi/fi>

Tian, Z., Wright, K. & Zhou, X. Dartmouth College. The DarkLight Rises: Visible Light Communication in the Dark. 2016. Luettu 3.2.2017.

<http://www.cs.dartmouth.edu/~xia/papers/mobicom16-darklight.pdf>

Visible Light Communications. What is Visible Light Communication?, 2017. Luettu 16.1.2017

<http://visiblelightcomm.com/what-is-visible-light-communication-vlc/>

Wikipedia. Aisle411, 2016. Luettu 27.1.2017.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Aisle411>

Wikipedia. Bluetooth low energy, 2017. Luettu 16.1.2017

https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_low_energy

Wikipedia. iBeacon, 2017. Luettu 17.2.2017

https://en.wikipedia.org/wiki/IBeacon#Technical_details

Wikipedia. Indoor Positioning System, 2016. Luettu 16.1.2017.

https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_positioning_system

Wikipedia. Magnetic positioning, 2016. Luettu 21.2.2017

https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_positioning#cite_note-3

Wikipedia. Visible light communication, 2017. Luettu 16.1.2017

https://en.wikipedia.org/wiki/Visible_light_communication