

# Sisätilanavigointi Onerva Mäen koulussa

Jaakko Penttilä

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Luonnontieteiden ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Penttilä, Jaakko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 11.05.2015
	Sivumäärä 32	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Sisätilanavigointi Onerva Mäen koulussa</b>		
Koulutusohjelma Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Niko Kiviaho		
Toimeksiantaja(t) Oppimis- ja ohjauskeskus Onerva		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia sisätilanavigointijärjestelmiä ja tutkimuksen perusteella valita toimeksiantajalle, Oppimis- ja ohjauskeskus Onervalle, sopivin ratkaisu sisätilanavigointiin. Ratkaisun tuli täyttää toimeksiantajan vaatimukset, ja sen tuli muodostua kokonaisuudesta, johon kuuluvat majakka, käyttäjäsovellus ja hallintajärjestelmä.</p> <p>Tämä opinnäytetyö on laadullinen tutkimus. Sen tekeminen aloitettiin keräämällä toimeksiantajan vaatimukset ja perehtymällä teknologiaan. Työn teoreettinen osuus muodostui sisätilanavigointiin soveltuvien teknologioiden esittelystä. Tämän jälkeen kartoitettiin markkinoilla olevat mahdolliset sisätilanavigointijärjestelmien valmistajat ja rajattiin valmistajien joukko viiteen sopivimpaan vaihtoehtoon. Näiden viiden vaihtoehdon ominaisuuksia tutkittiin yksityiskohtaisemmin toimeksiantajalle soveltuvimman ratkaisun löytämiseksi. Tutkimuksen tueksi luotiin käyttäjäkertomukset sisätilanavigointijärjestelmän käytöstä.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena luotiin kattava kuvaus sisätilanavigoinnista ja löydettiin toimeksiantajalle soveltuva kokonaisvaltainen ratkaisu. Sisätilanavigointiin liittyvä teknologia on tutkimuksen perusteella uusi ja jatkuvasti kehittyvä ala, minkä vuoksi markkinoilla on vain harvoja kokonaisvaltaisia ratkaisuja tarjolla. Tutkimusta voidaan hyödyntää esimerkiksi sisätilanavigointiin liittyvään teknologiaan perehtymisessä ja sisätilanavigointijärjestelmien käyttöönotossa.</p>		
Avainsanat Sisätilanavigointi, Bluetooth, beacon, majakka, vertailu, älypuhelin, vaatimusmäärittely, vaatimustenhallinta, Android, iOS		
Muut tiedot		



Author(s) Penttilä, Jaakko	Type of publication Bachelor's thesis	Date 11.05.2015
	Number of pages 32	Language of publication: Finnish
Permission for web publication: x		
Title of publication <b>Indoor navigation for Onerva Mäki School</b>		
Degree programme Business Information Systems		
Tutor(s) Kiviaho, Niko		
Assigned by Onerva Centre for Learning and Consulting		
Abstract <p>The aim of this bachelor's thesis was to examine the available indoor navigation systems and on the basis of the examination choose the most suitable solution for the client, the Onerva Centre for Learning and Consulting. The solution had to meet the client's requirements, and it had to form a unity, which includes the beacon, user application and management system.</p> <p>This bachelor's thesis is a qualitative study, which was started by gathering the client's requirements and getting acquainted with the technology. The theoretical part consists of a survey of different technologies related to the indoor navigation. The possible manufacturers of indoor navigation systems on the market were surveyed. The properties of the five most suitable options were carefully examined further to be able to give a recommendation of the option best suitable for the client. In addition, a user story was created on the use of indoor navigation systems to support the study.</p> <p>As a result of the study, a comprehensive description of indoor navigation was generated, and a comprehensive solution was found for the client. Based on the study, the technology related to indoor navigation is a new, continuously developing field, which is why there are only few comprehensive solutions available on the market. The study can be utilized, for example, as an orientation to the technology related to the indoor navigation and also when initializing indoor navigation systems.</p>		
Keywords indoor navigation, Bluetooth, beacon, comparison, smartphone, requirements specification, requirements management, Android, iOS		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>Käsitteet ja termit</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Tutkimusasetelma</b> .....	<b>5</b>
2.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset .....	5
2.2 Tutkimuskysymykset.....	5
2.3 Tutkimusstrategia .....	5
2.4 Toimeksiantaja.....	6
<b>3 Sisätilanavigointi</b> .....	<b>7</b>
3.1 Mitä on sisätilanavigointi?.....	7
3.2 Sisätilanavigoinnin teknologiset ratkaisut .....	7
<b>4 Vaatimusmäärittely järjestelmäkehityksessä</b> .....	<b>12</b>
4.1 Vaatimus .....	12
4.2 Vaatimusten kerääminen .....	12
4.3 Vaatimustenhallinta .....	13
<b>5 Sisätilanavigointijärjestelmät</b> .....	<b>14</b>
5.1 Sisätilanavigointijärjestelmä yleisellä tasolla.....	14
5.2 Kaupalliset järjestelmät .....	16
<b>6 Tulokset</b> .....	<b>18</b>
6.1 Järjestelmän vaatimukset.....	18
6.2 Navigointijärjestelmien vertailu .....	23
<b>7 Johtopäätökset</b> .....	<b>27</b>
<b>8 Pohdinta</b> .....	<b>28</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>30</b>

## Sisältö

### Kuviot

Kuvio 1. Sisätilanavigoinnin periaate .....	14
Kuvio 2. Vertailussa olevat valmistajat.....	17

### Taulukot

Taulukko 1. Vertailusta ulos jääneet ratkaisut .....	25
Taulukko 2. Majakoiden hintavertailua .....	26

## Käsitteet ja termit

Bluetooth	2,4 GHz:n taajuudella toimiva avoin standardi laitteiden langattomaan kommunikointiin lähietäisyydellä
GPS	Global Positioning System, satelliitteihin perustuva maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö
ISM	Industrial, Scientific and Medical, maailmanlaajuinen lupavapaa radiotaajuuskaista, joka on tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.
IPCS	Indoor Positioning and Communication System, sisätilapaikannus ja kommunikaatiojärjestelmä
Majakka	Beacon eli majakka, käytetään paikannuksessa paikan kohteina. Toimii Bluetooth-yhteydellä.
RFID	Radio Frequency IDentification. Radiotaajuinen etätunnistusmenetelmä tiedon etälukuun ja tallentamiseen käyttäen RFID-tunnisteita.
RTLS	Real Time Location System, reaaliaikainen paikannusjärjestelmä
RSSI	Received Signal Strength Indication, signaalinvoimakkuuteen perustuva tekniikka
UWB	Ultra Wideband, ultralaajakaistainen
Wi-Fi	Wireless Fidelity, tekniikka, jolla laite voidaan kytkeä langattomasti Internetiin.
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on sisätilanavigointi, jonka merkitys kasvaa jatkuvasti nykypäivän yhteiskunnassa etenkin siitä syystä, että älypuhelin käyttö on jokapäiväistä. Älypuhelimilla vastaanotetaan nykypäivänä puheluiden ja viestien lisäksi myös esimerkiksi sähköpostit, sovellusten ilmoitukset, mainokset ja säätiedot. Näin sisätilanavigointi on kehittynyt käytettäväksi yhdessä älypuhelin kanssa. Navigoinnin lisäksi sovelluksen kautta voidaan tuottaa käyttäjälle myös tilanteeseen liittyvään sisältöä, ja siitä on tullut tärkeä osa navigointiprosessia.

Tällä hetkellä markkinoilla on useita valmistajia, jotka tuottavat samalla teknologialla erilaisia sisätilanavigointijärjestelmiä. Opinnäytetyössä selvitetään sopivan sisätilanavigointijärjestelmä työn toimeksiantajalle ja kartoitetaan samalla yleisellä tasolla erilaisia teknologioita ja valmistajia. Valmistajien sisätilanavigointijärjestelmistä on valittu tarkimpaan tutkimukseen mahdollisimman kokonaisvaltaiset ratkaisut. Valmistajien nimet ovat mukana tutkimuksessa, mutta tarkoituksena on selvittää järjestelmien hyviä ja huonoja puolia kokonaisvaltaisesti.

Opinnäytetyössä kartoitetaan laajasti valmistajia, eri teknologioiden hyötyjä ja haittoja sekä niiden sopivuutta eri käyttötarkoituksiin. Tulevaisuudessa tästä opinnäytetyöstä on hyötyä yrityksille ja toimijoille, jotka harkitsevat sisätilanavigointijärjestelmän käyttöönottoa. Käyttäjäkertomusten avulla on luotu tarkka kuvaus siitä, kuinka sisätilanavigointijärjestelmä toimii käytännössä. Luodut käyttäjäkertomukset voivat toimia apuna teknologian ymmärtämisessä ja käyttöönotossa.

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyöni tavoitteena on selvittää toimeksiantajalle, Oppimis- ja ohjauskeskus Onervalle, sopivin kokonaisratkaisu majakkapaikannukseen, jolla pystyttäisiin ohjaamaan henkilökuntaa, opiskelijoita ja koululla käyviä vierailijoita Onervan uuden rakennuksen sisätiloissa. Opinnäytetyön tavoitteena on myös löytää ratkaisu, jonka avulla voidaan luoda helposti monipuolista multimediasisältöä, kuten esimerkiksi ääntä ja kuvaa majakalle. Tämä opinnäytetyö on rajattu Oppimis- ja ohjauskeskus Onervan tarpeisiin soveltuvien majakkavalmistajien kartoittamiseen.

### 2.2 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön aihetta tutkitaan seuraavien kysymyksen kautta:

Pääongelma:

Mikä olisi järkevin kokonaisratkaisu sisätilanavigointiin toimeksiantajan vaatimukset huomioon ottaen?

Tarkentavat kysymykset:

Mitä sisätilanavigointi tarkoittaa?

Millä tekniikoilla sisätilanavigoinnissa toteutetaan kohteen ohjaaminen?

Mitä vaatimusmäärittely tarkoittaa?

### 2.3 Tutkimusstrategia

Opinnäytetyön tutkimusstrategiana on laadullinen tutkimus. Laadullista tutkimusta käytetään tutkimuksen strategiana silloin, kun halutaan saada lisää tietoa tutkimuksen koh-



teista, joista ei ole olemassa aikaisempaa tutkimustietoa, ja kun halutaan saada aikaan mahdollisimman hyvä kuvaus tutkittavista kohteista. Laadullisena analyysimenetelmänä käytetään teemahaasteluaineiston analyysiä, joka toteutetaan vertailevana tutkimuksena. Tällaisessa analyysissä pyritään löytämään ymmärrys ilmiöön ja myös mahdollinen ratkaisu. Laadullisen tutkimuksen aineiston kokoaminen voi tapahtua kolmella erilaisella aineistonkeruumenetelmällä, joita ovat dokumentit, havainnointi ja teemahaastattelu. (Kananen 2010, 41, 48, 60–61.) Opinnäytetyössä käytetään aineistonkeruumenetelmänä haastatteluja ja dokumentteja. Toimeksiantaja haluaa sisätilanavigoinnin oppimisympäristöön, joka on vasta suunnitteilla, ja siksi havainnointi ei ole mahdollista.

Haastattelua käytetään aineiston tiedonkeruumenetelmänä sellaisissa tilanteissa, joissa tutkittavasta asiasta halutaan keskustella ja lähestyä tutkittavaa asiaa eri näkökulmista. Haastattelun tulee tarkastella ilmiötä kokonaisvaltaisesti, niin että ensin kysytään yleisellä tasolla ja sen jälkeen yksityiskohtaisempia kysymyksiä. Hiljalleen ratkaisu paikantuu, kun ilmiötä tutkitaan kerros kerrokselta. (Kananen 2010, 52–53, 55.)

Dokumentteja käytetään aineiston tiedonkeruumenetelmänä sellaisessa tilanteissa, joissa halutaan tehdä jonkin tasoisia omia tulkintoja jo olemassa olevan kirjallisen aineiston pohjalta. Tärkeintä on etsiä dokumenteista tutkimusongelman kannalta oleelliset asiat. (Kananen 2010, 63–64.) Tässä tutkimuksessa tällaista aineistoa ovat esimerkiksi majakoiden valmistajien verkkosivuilta löytyvät sovellusten käyttöohjeet.

## 2.4 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Jyväskylässä toimiva Onerva Mäen koulu. Koulu syntyi yhdistämällä Jyväskylässä toimineen Haukkarannan koulun ja Jyväskylän näkövammaisten koulun toiminnot vuoden 2013 alusta alkaen Oppimis- ja ohjauskeskus Onervaksi, joka toimii Onervan Mäen koulun yhteydessä. (Oppimis- ja ohjauskeskus Onerva n.d.)

Oppimis- ja ohjauskeskus Onerva kuuluu Opetushallituksen ylläpitämään oppimis- ja ohjauskeskusverkostoon. Onerva tarjoaa asiantuntijapalveluita oppimiseen ja koulunkäynnin tukemiseen opiskelijan tarpeiden mukaisesti. Onervalla on erityistä asiantuntemusta näkemiseen, kuulemiseen, kieleen ja vuorovaikutukseen liittyvissä asioissa. (Mt.)

## 3 Sisätilanavigointi

### 3.1 Mitä on sisätilanavigointi?

Sisätilanavigointi tarkoittaa laitteiden verkostoa, jonka avulla pystytään paikantamaan langattomasti ihmisiä tai muita kohteita sisätiloissa. Sisätiloissa GPS:n käyttäminen on erittäin hankalaa, koska rakennukset heikentävät signaalin voimakkuutta merkittävästi. Tämän takia GPS-paikannus sisätiloissa joko ei ole mahdollista tai tuottaa virheellisen paikannuksen, jota ei voida käyttää tarkkaan kohteen paikantamiseen sisätiloissa. Sisätilanavigointia käytetään esimerkiksi sellaisissa kohteissa kuin juna- ja bussiasemilla, kampuksilla, sairaaloissa ja kauppakeskuksissa. (Babu & Yalamanchili 2014, 18.)

### 3.2 Sisätilanavigoinnin teknologiset ratkaisut

#### **Majakka**

Sisätilanavigoinnissa usein käytetty teknologinen ratkaisu on majakkapaikannus, jossa käyttäjän oma laite määrittelee sijaintinsa etukäteen määriteltyjen, pysyvillä paikoilla olevien majakoiden avulla. Majakka on sopiva signaalin lähettäjä, joka on asennettu kiinteään paikkaan. Majakan paikasta ovat olemassa tarkat sijaintikoordinaatit, jotka ovat saatavissa esimerkiksi majakan valmistajan ylläpitämässä pilvipalvelussa. Itse paikannus voi perustua eri tavoin välitettäviin signaaleihin: radiotaajuiseen signaaliin, ultraääneen tai valoon. (Mautz 2012.)

## **Bluetooth**

Bluetooth on langaton verkkostandardi, jonka suunnittelussa on otettu huomioon nopea tiedonsiirto, maailmanlaajuinen toimivuus, yhteensopivuus ja helppokäyttöisyys. Bluetooth on olemassa kaikissa mobiililaitteissa. Sitä ei ole suunniteltu paikannukseen, mutta se on hyvinkin ideaali siihen, koska se on standardoitu mekanismi tunnistaa bluetooth-laite määritellyillä tunnistusalueilla ja muodostaa yhteyden kohteen kanssa. (Malik 2009; Lempiäinen, Pönkänen & Vuorinen 1999.)

Bluetooth-toimintataajuus on 2.4 GHz. Tämä taajuus on lähes kaikkialla maailmassa vapaasti käytettävissä, ja sitä kutsutaan ISM-kaistaksi (Industrial, Scientific and Medical). Kanava on jaettu 79 kaistaan, jotka ovat megahertsin välein. Bluetoothin lähetyksissä käytetään taajuushyppelyyn perustuvaa hajaspektritekniikkaa, jonka avulla saadaan vähennettyä ulkoisten häiriöiden vaikutusta lähetykseen. Bluetoothin kantavuudeksi luvataan 10 metristä 100 metriin ja tiedonsiirtonopeudeksi jopa 3 Mbit/s. (Kotanen, Hännikäinen, Leppäkoski & Hämäläinen 2003, 1; Compare with other technologies 2010.)

## **WI-FI**

Wi-Fi on IEEE:n standardiin 802.11 perustuva tekniikka, jolla laite voidaan kytkeä langattomasti Internetiin. Verkko toteutetaan laitteisiin radiotaajuudella yhteydessä olevien yhteyspisteiden eli tukiasemien avulla. Tukiaseman kantama sisätiloissa on joitakin kymmeniä metrejä. Wi-Fi-tukiasemia voidaan käyttää niiden kanssa kommunikoivien laitteiden paikannukseen. Tukiaseman havaitsevassa paikantamisessa tukiasema kuuntelee signaalia viiveillä ja lähettää viiveistä tietoja paikannusmoottorille. Sen jälkeen paikannusmoottori, esimerkiksi Ciscon ohjelmisto, vertailee tukiasemalta saamaansa RSSI:n signaalin voimakkuutta ja ilmoittaa paikannettavan laitteen todennäköisen sijainnin. Jos kyseessä on reaaliaikainen paikannus, kerää paikannusmoottori koko ajan paikkadataa. Isot paikannusmoottorit ovat tehokkaita koneita. (Cisco Wireless Control System Configuration Guide Release 4.2. 2007; Wi-Fi Location-Based Services 4.1 Design Guide 2008.)

Mittauspisteisin perustuvassa paikantamisessa paikantaminen voidaan tehdä ilman tietoa tukiaseman sijainnista. Jotta paikantaminen onnistuisi, täytyy käydä etukäteen tekemässä kartoitus Wi-Fi-signaalien kuuluvuudesta kyseisessä ympäristössä. Tämä vaatii sitä, että tieto signaalien voimakkuuksista on otettava talteen halutuista pisteistä ja järjestelmä kalibroitava otettujen tietojen mukaisesti. Järjestelmän käyttäjän signaalin voimakkuutta verrataan kalibroituhiin tietoihin käyttäjän paikan löytämiseksi. (Hakulinen 2006.)

Kalibroitu järjestelmä pyritään tekemään tarkaksi ja luotettavaksi. Järjestelmän kalibroiminen vaatii mittauspisteiden muokkaamisen ja heikkojen mittauspisteiden poistamisen. Lisäksi pitää määrittellä alueita, joille meneminen on sallittua, ja myös ne alueet, joille meneminen ei ole vielä sallittua. (Mt.)

Mahdollisesti tukiasemien sijaintia täytyy myös siirtää, mikä muuttaa kokonaan tilanteen. Kalibroitu järjestelmä onkin käyttökelpoinen niin kauan, kuin kalibroidut tukiasemat pysyvät paikassa, jossa ne olivat, kun järjestelmää kalibroidiin. Järjestelmä toimii ilman erillistä paikannusmoottoria, sillä sen tarkkuus perustuu valmiisiin mittauspisteisiin ja sijaintipaikannuksia laskeviin matemaattisiin algoritmeihin. (Mt.)

## **RFID**

RFID eli Radio Frequency IDentification -tunniste on laite, johon liittyy tunnistetieto ja joka kommunikoi lukulaitteen kanssa radiotaajuudella. Passiivisilla tunnistella ei ole omaa erillistä lähetintä, vaan ne heijastavat lukijalta tulevan signaalin takaisin. Korkeilla ja matalilla taajuusalueilla lähikentässä tapahtuvassa kommunikoinnissa lukija ja tunniste muodostavat keskenään induktiivisen kytkennän. (RFID tekniikan perusteet 2012.)

Lukija lähettää tunnistelle heikon radiosignaalin, josta tunniste saa toimintaan tarvitsemansa käyttövirran. Tunniste ottaa yhteyden lukijaan, ja ne vaihtavat samanaikaisesti dataa sekä tunnistetietoja. Passiivinen RFID-tunniste lähettää tietoa lyhyellä etäisyydellä, joka on muutamasta sentistä jopa kolmeen metriin. Aktiivisiin RFID-tunnisteisiin

verrattuna passiivisella RFID-tunnisteella on myös pienempi muistikapasiteetti. (RFID Technology 2011.)

Puoliaktiiviset tunnisteet ovat lähes samanlaisia kuin passiiviset RFID-tunnisteet. Erona passiivisiin tunnisteisiin on se, että puoliaktiivisen tunnisteiden piirillä sijaitsee paristo, jolla varmistetaan piirin toiminta. Pariston tehtävänä on syöttää piirille jatkuvasti tehoa, jolloin piirin antennin suunnittelussa ei tarvitse ottaa huomioon tehon ottamista tulevasta signaalista. Puoliaktiiviset tunnisteet ovat passiivisia nopeampia vastamaan signaaliin, mutta niihinkään ei voida luottaa yhtä paljon kuin aktiivisiin tunnisteisiin. Puoliaktiiviset tunnisteet sopivat vaikeisiin olosuhteisiin, joissa on nesteitä tai metallia, jotka hajottavat kommunikointiin käytettyä signaalia. Lisää varmuutta tunnisteiden lukemiseen tuo piirillä oleva paristovarmistus. (The truth about RFID 2006.)

Aktiiviset tunnisteet sisältävät virtalähteen, ja ne pystyvät viestimään pitkillä matkoilla. Niiden virtalähde auttaa muodostamaan voimakkaan signaalin, ja tunnisteet pystyvät viestimään jopa yli sadan metrin päästä. Voimakkaan kentän ansiosta aktiiviset tunnisteet pystyvät lähettämään viestiä nesteiden tai metallien läpi. Aktiiviset tunnisteet toimivat UHF- ja mikroaaltoalueilla, ja niiden käytössä olevat toimintataajuuksuudet ovat 433 MHz:n ja 2.4 GHz:n välillä. (NFC Tags & Tag types 2007.)

Aktiivisen RFID-tunnisteiden etuja ovat tunnisteiden pitkän matkan kommunikointi lukijan kanssa sekä liitettävyyden anturoinnille. Aktiivisen tunnisteiden haaste on riippuvuus pariston toiminnasta, koska ilman virtalähdettä kommunikointi lukijan kanssa ei onnistu. Tämä ominaisuus rajoittaa tunnisteiden käyttöaikaa. Aktiivinen tunnisteen on kallis valmistaa ja lisäksi passiivista tunnistetta suurempi rakenteeltaan. (Mt.)

## **UWB**

Paikannukseen voidaan käyttää myös Ultra Wideband eli UWB-tekniikkaa. UWB-signaalin yleinen määritelmä on, että signaalin suhteellinen kaistanleveys on enemmän kuin 20 % absoluuttisesta kaistanleveydestä tai vähintään 500 MHz. UWB käyttää laajempia taajuuksualueita kapeakaistaisiin järjestelmiin verrattuna. Tämän takia UWB-tekniikkaa käyttävät laitteet joutuvat jakamaan käytössään olevat taajuuksuudet vakiintuneiksi.

den järjestelmien kanssa, minkä takia on asetettu määräyksiä siitä, kuinka järjestelmät saavat lähettää UWB-signaalia. (Haataja 2014; Gezici, Güvenc & Sahinoglu 2008.)

UWB-järjestelmille tunnusomaista ovat hyvin lyhytkestoiset pulssit, joiden kestot ovat noin nanosekunnin mittaisia. Järjestelmä lähettää peräkkäin ultralyhyitä pulsseja lyhyissä jaksoissa. UWB-viestintäjärjestelmässä, jota kutsutaan myös impulssiradioiksi, on luvallista käyttää lähetyksessä joko pulssimuotoista tai jatkuvaa lähetystapaa. (Mt.)

### **ZigBee**

ZigBee on teknologinen standardi verkkojen hallintaan, jonka on tehnyt ZigBee-allianssi. Järjestelmä perustuu IEEE-standardiin 802.15.4. Se on protokolla, joka sallii suuren läpäisyn ja matalan vasteajan. Sitä käytetään kotona oleviin automaatiolaitteisiin, kuten valoihin ja termostaatteihin. Sitä käytetään paikantamiseen, koska sen viestiverkot muodostuvat ja korjautuvat itsenäisesti. Tämä sallii viestien liikkuvan yhdestä solusta toiseen monia erilaisia polkuja pitkin, jolloin yhden reitin katkeaminen ei estä viestin perille pääsemistä. Tämän vuoksi ZigBee on hyvin luotettava. (Savikoski 2010; Malik, 2009.)

Laitteet, jotka on yhdistetty ZigBeehen voivat virhetilanteissa nopeasti liittyä uudelleen verkkoon ja päivittyä. ZigBee-laitteilla on hyvä energiatehokkuus ja laaja verkkokapasiteetti. Päätelaitteiden paikantaminen perustuu signaalien kulkunopeuteen ja signaalitehon vaimenemiseen suhteessa päätelaitteisiin, joiden sijainti tunnetaan. (Mt.)

## 4 Vaatimusmäärittely järjestelmäkehityksessä

### 4.1 Vaatimus

Vaatimus on tuotteella oleva käyttöön liittyvä ominaisuus tai laadullinen ominaisuus. Vaatimukset jaetaan kolmeen luokkaan, joita ovat toiminnalliset sekä ei-toiminnalliset vaatimukset ja reunaehdot. Toiminnallinen vaatimus antaa perusteet tuotteen toiminnalliselle ominaisuudelle. Ei-toiminnallinen vaatimus voi liittyä tyyliseikkoihin. Reunaehdot rajaavat toiminnallisen ja ei-toiminnallisen vaatimuksen toteuttamista. Toiminnallinen vaatimus on usein asiakasvaatimus, joka toteutetaan määrittelemällä ohjelmistovaatimukset ja jotka muodostavat lopulta tuotteen tekniset vaatimukset. (Haikala & Mikkonen 2011, 61–63.)

Vaatimus voi olla myös käyttäjätarina, joka muodostaa yksiselitteisesti toiminnan ytimen. Tätä käytetään lähtökohtana ketterässä kehityksessä, jossa vaatimukset täsmentyvät työn edetessä. Käyttäjätarinat muodostuvat käyttäjien toimesta, ja niiden pääpiirteitä ovat riippumattomuus, neuvottavuus, arvokkuus, arvioitavuus, pienuus ja testattavuus. Käyttäjätarina ei määrittele lopullista vaatimusta vaan toimii suunnannäyttäjänä työn edetessä. (Kettäryys haltuun: Yleisimmät ketterät käytännöt n.d.)

### 4.2 Vaatimusten kerääminen

Vaatimusten kerääminen tapahtuu olemalla mukana prosessissa käyttäjien ja sidosryhmien kanssa, mikä on suora kartoitustekniikka. Usein vaatimusten keräämiseen käytetään haastatteluita, havainnointia ja työpajoja. Vaatimuksia kerätään myös epäsuorasti eli tekemällä prototyyppejä, taustatutkimusta ja kyselytutkimuksia. Tällöin vaatimuksia kerätään itsenäisesti ilman sidosryhmän osallistumista kartoittamiseen. (Haikala & Mikkonen 2011, 66; Paakki 2011, 54–55.)

### 4.3 Vaatimustenhallinta

Vaatimusprosessi jaetaan kahteen vaiheeseen: vaatimusmäärittelyyn ja vaatimuksenhallintaan. Ensin tapahtuu vaatimuksen määrittely, jonka aikana kartoitetaan, analysoidaan, dokumentoidaan ja validoidaan vaatimuksia. Tämän jälkeen vaatimus hyväksytään mukaan projektiin tai siirretään odottamaan hyväksymistä vaatimustenhallintaan. Vaatimustenhallinnassa keskitytään vaatimuksen muutosprosessiin ja dokumentointiin. (Haikala & Mikkonen 2011, 65–67.)

Vaatimusten jäljitettävyyden täytyy olla selkeästi tehtynä, jotta tuoteprosessia ja muutoksenhallintaa pysytään seuraamaan tarkasti ja jotta pystytään tarkastelemaan riippuvuuksia dokumenttien ja asiakasvaatimusten välillä. Vaatimusten jäljitettävyyden lisäksi hyvää vaatimuksen toteutumista pitää pystyä testaamaan, ja sen pitää olla selkeä. Dokumentoitaessa pitää muistaa kirjata seuraavia asioita: vaatimuksen luontipäivämäärä, tekijä, asiakas, vaatimuksen tyyppi, vaatimuksen kuvaus, pysyvyys, tarpeellisuus, testattavuus, aika-arvio ja suhde muihin vaatimuksiin. (Haikala & Mikkonen 2011, 63–65.)

Tässä työssä järjestelmälle asetettavat vaatimukset koottiin toimeksiantajan kanssa käyttäjien keskustelujen ja sähköpostiviestinnän perusteella. Vaatimukset eriteltiin käyttäjäkertomuksien avulla. Vaatimukset ja käyttäjäkertomukset esitellään luvussa 6.



## 5 Sisätilanavigointijärjestelmät

### 5.1 Sisätilanavigointijärjestelmä yleisellä tasolla

Kuviossa 1 esitetään sisätilanavigointijärjestelmän toimintaperiaate. Hallintapaneeli lähettää multim mediasisällön majakalle. Majakka lähettää hallintapaneelille tietoa majakan sijainnista. Puhelin ottaa vastaan majakalta tulevan multim mediasisällön käyttämällä puhelimesta olevaa majakan tunnistavaa sovellusta. (Jackson 2014.)



Kuvio 1. Sisätilanavigoinnin periaate (Jackson 2014)

Majakka käyttää teknologista protokollaa, joka hyödyntää Bluetooth-laitteita. Järjestelmä hyväksyy tarkan tunnisteiden avulla laitteen, joka on lähietäisyydellä majakasta. Tämän jälkeen puhelin lähettää sovelluksella tiedon majakkaan tunnisteista ja sovellus lähettää käyttäjälle kyseisen majakassa olevan sisällön. Sisältö majakalle luodaan hallintajärjestelmässä, jossa voidaan asettaa majakkaan sen fyysinen sijaintitieto, hallita majakan sisältöä ja seurata majakkaa käyttävien asiakkaiden käyttäytymistä. (Mt.)

Majakat voivat toimia osana käyttäjien toiminnan analysoimista. Analyysin avulla saadaan tietoa majakan ohittaneiden käyttäjien toiminnasta. Majakat pitää sijoittaa tiedonkeruun kohteen läheisyyteen. Lisäksi saadaan tieto, milloin majakan ohitus on tapahtunut. Majakasta saatu tieto voi oikein analysoituna tukea yrityksen päätöksentekoa. (Indoor location analytics 2015.)

Sisätilanavigointia hyödynnetään esimerkiksi kulunvalvonnassa, etenkin vartioiduilla alueilla, joissa yksittäisten henkilöiden sijaintitietoja tarvitaan jatkuvasti valvonnan onnistumiseksi. Valvontahuoneessa oleva valvoja saa reaaliaikaisesti tiedon valvottavan kohteen sijainnista, kun sisätilanavigointijärjestelmä on käytössä. (Indoor tracking 2015.)

Sisätilanavigointijärjestelmän hallintajärjestelmät voivat toimia pilvipalvelun kautta. Hallintajärjestelmässä voidaan luoda majakalle tuleva sisältö, joka on esimerkiksi kuva, teksti tai video, joka sijoitetaan majakan muistiin. Hallintajärjestelmän ylläpitäjä voi koska tahansa tehdä muutoksia majakan sisältöön, tietoon paikasta, jossa majakka fyysisesti on, ja siihen, millä etäisyydellä majakasta majakalle sijoitettu sisältö näytetään käyttäjälle, joka käyttää majakan tunnistavaa sovellusta. Kun hallintajärjestelmän ylläpitäjä on luonut sisältöä majakalle ja luonut hallintajärjestelmään paikan, johon majakka on sijoitettu, voi ylläpitäjä yhdistää hallintajärjestelmässä sisällön ja sijainnin toisiinsa. (Beacon Management Tools n.d.)

Käyttäjällä pitää olla asennettuna puhelimeen käyttöjärjestelmää tukeva sovellus, joka voi vastaanottaa lähetettyä dataa. Käyttäjällä puhelimen pitää sallia yhteyden ottaminen majakkaan sallimalla Bluetooth-yhteys ja käynnistämällä Wi-Fi-yhteys. Käyttäjän pitää myös sallia sijaintitietojen jakaminen ja lisätä sovellus automaattisesti käynnistettävien sovelluksien listalle. Jotta käyttäjä saisi ilmoituksia sovellukselta, pitää sovellus lisätä ilmoituskeskuksen postituslistalle. (PlaceApp documentation 2014.)

Kun sovelluksen käyttäjä on saanut asennettua onnistuneesti käyttäjäsovelluksen omaan puhelimeensa, joka tukee puhelimen mobiilikäyttöjärjestelmää, on käyttäjän aika aloittaa käyttäjäsovelluksen todellinen käyttäminen. Käyttäjä on tulossa alueelle, jossa on käytössä majakkapaikannusjärjestelmä. Käyttäjä ottaa puhelimesta käyttöön mobiilisovelluksen, ja kun käyttäjä lähestyy majakkaa, johon järjestelmän ylläpitäjä on sijoittanut sisältöä, tulee majakassa oleva sisältö käyttäjän käyttäjäsovellukseen. Sitten käyttäjä voi esimerkiksi avata linkin, suurentaa alkuperäistä kuvaa, suurentaa alkuperäistä tekstiä tai katsoa videon koko näytön kokoisena. Majakan sisältö poistuu käyttäjän sovelluksesta, kun käyttäjä poistuu majakan lähistöltä tai tulee toisen majakan läheisyyteen, jossa on eri sisältöä kun edellisessä majakassa. (Mt.)

Jotta sisätilanavigointijärjestelmä toimisi, on oltava olemassa toimiva käyttäjäsovellus, joka tukee mahdollisimman monia järjestelmän käyttäjiä. Järjestelmän hallinnointiin on oltava järkevä hallintajärjestelmä, jonka käyttämisen on oltava ylläpitäjälle nopeaa ja helppoa. Tilaan, johon sisätilanavigointijärjestelmä tulee, on asennettava riittävä määrä majakoita. (Jackson 2014.)

## 5.2 Kaupalliset järjestelmät

Sisätilanavigointijärjestelmiä on olemassa paljon. Vertailuun otettiin mukaan sellaiset valmistajat, jotka olivat mukana Daswanin (2015) ja Thompsonin (2013) tekemissä listauksissa, jotka nimettiin beeknin ja Qliktagin sivustojen mukaan parhaiksi ja suosituiksi valmistajiksi. Lisäksi vertailuun otettiin mukaan muutama valmistaja, jotka eivät olleet mukana näillä listoilla. Vertailusta kerrotaan luvussa 6.2.



Kuvio 2. Vertailussa olevat valmistajat

### **Estimote**

Estimote on vuonna 2012 perustettu eurooppalainen yritys, jonka tavoitteena on tarjota ihmisille mahdollisuus kommunikoida älypuhelimien välityksellä ilman sovellusta sijaintinsa kanssa käyttämällä heidän tarjoamaansa teknologiaa. Tällä hetkellä Estimoteilla on menossa pilottitoimintaa sekä Yhdysvaltojen että Euroopan suurimpien vähittäismyyjien kanssa. (About Estimote 2012.)

### **Kontakt.io**

Kontakt on vuonna 2013 perustettu monikansallinen yritys alun perin helpottamaan näkövammaisten liikkumista julkisilla paikoilla. Tällä hetkellä Kontakt pyrkii laajentamaan toimintaansa Aasian markkinoilla ja perusti toimiston juuri Pekingiin. Kontakt.io uskoo tulevaisuudessa majakkateknologian toimivan pilvipalvelua ja WiFi-teknologiaa hyödyntäen. (Changing the way we interact with the world – and loving every second of it 2015.)

### **Sensorberg**

Sensorberg on vuonna 2013 perustettu saksalainen yritys, jonka tuotteet perustuvat Applen majakkateknologiaan. Sisätilanavigoinnin lisäksi majakan välityksellä maksaminen sekä sisäänpääsy onnistuvat Sensorbergin järjestelmän avulla. (About Sensorberg n.d.)

## **Infsoft**

Infsoft on monikansallinen yritys, jonka keskustoimisto sijaitsee Saksassa. Infsoft tuottaa ratkaisuja kauppojen lisäksi lentoasemille ja sairaaloille, joissa Infsoftin järjestelmä on jo useissa paikoissa käytössä. (Company Infsoft 2015.)

## **West Compass**

West Compass on vuonna 2013 perustettu yksityisomisteinen yritys Coloradosta Yhdysvalloista. Tällä hetkellä West Compass rakentaa tekijätiimiä ja etsii yhteistyökumppaneita ensimmäisen tuotteen lanseeraukseen. (About Us – Jumping the next curve 2015.) West Compass on julkaissut aikaisemmin beeta-version, jolla testaaminen tapahtui opinnäytetyössä.

# **6 Tulokset**

## **6.1 Järjestelmän vaatimukset**

Toimeksiantajan kanssa käytyjen keskusteluiden ja sähköpostiviestinnän pohjalta toimeksiantaja antoi seuraavia vaatimuksia koskien tehtävänantoa. Vaatimusluettelon jälkeisissä käyttäjäkertomuksissa havainnollistetaan vaatimuksia.

### **Toiminnalliset vaatimukset**

1. Ylläpitäjän täytyy pystyä luomaan videosisältöä majakoille.
2. Ylläpitäjän täytyy pystyä vaihtamaan videosisältöä majakoihin.
3. Ylläpitäjän täytyy pystyä poistamaan videosisältöä majakoilta.
4. Ylläpitäjän täytyy pystyä luomaan tekstisisältöä majakoille.
5. Ylläpitäjän täytyy pystyä vaihtamaan tekstisisältöä majakoihin.
6. Ylläpitäjän täytyy pystyä poistamaan tekstisisältöä majakoilta.
7. Ylläpitäjän täytyy pystyä luomaan kuvasisältöä majakoille.
8. Ylläpitäjän täytyy pystyä vaihtamaan kuvasisältöä majakoihin.
9. Ylläpitäjän täytyy pystyä poistamaan kuvasisältöä majakoilta.
10. Ylläpitäjän täytyy pystyä lisäämään majakka järjestelmään.

11. Ylläpitäjän täytyy pystyä poistamaan majakka järjestelmästä.
12. Ylläpitäjän täytyy pystyä luomaan sijainti majakalle.
13. Ylläpitäjän täytyy pystyä muokkaaman majakan sijaintia.
14. Ylläpitäjän täytyy pystyä poistamaan majakan sijainti

### **Ei-toiminnalliset vaatimukset**

15. Sovelluksen pitää toimia Andoird- ja iOS-mobiilikäyttöjärjestelmällä.
16. Sovellusta täytyy pystyä käyttämään ilman profiilia järjestelmässä.
17. Ylläpitäjällä täytyy olla olemassa ohjeet majakoiden ylläpitämiseksi.
18. Käyttäjältä ei saa ottaa maksua sovelluksen käyttämisestä.
19. Majakoiden kustannusten täytyy olla kohtuulliset.
20. Ylläpitäjän täytyy pystyä käyttämään majakoiden hallintajärjestelmää itsenäisesti.

### **Käyttäjäkertomukset**

Tämä on vaatimuksen numero 1 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä on tehnyt videon, jossa kerrotaan sijaintiin liittyviä asioita. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä valitsee majakan, jolle hän aikoo sijoittaa luomansa videon. Kun sisältö on onnistuneesti sijoitettu kyseiselle majakalle, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa, siirtyikö video sovellukseen, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jossa ylläpitäjän luoma videosisältö sijaitsee.

Tämä on vaatimuksen numero 2 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä on tehnyt toisen videon, jossa kerrotaan sijaintiin liittyviä asioita, ja jonka ylläpitäjä haluaa vaihtaa edelliseen videon tilalle. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle. Ylläpitäjä valitsee majakan, jolle hän on aikaisemmin sijoittanut edellisen videon, jonka tilalle ylläpitäjä on nyt vaihtamassa uuden videon. Kun sisältö on onnistuneesti päivitetty kyseiselle majakalle, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa, siirtyikö päivitetty video sovellukseen, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jossa ylläpitäjän päivitetty videosisältö sijaitsee.

Tämä on vaatimuksen numero 3 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa poistaa järjestelmästä sinne aikaisemmin sijoittamansa videon. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä valitsee majakan, johon video on sijoitettu, minkä jälkeen ylläpitäjä poistaa videon majakalta. Kun sisältö on onnistuneesti poistettu kyseiseltä majakalta, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmä ja testaa sovelluksella, onko majakalle sijoitettu video oikeasti poistunut majakalta.

Tämä on vaatimuksen numero 4 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä on tehnyt tekstiä, jossa kerrotaan sijaintiin liittyviä asioita. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä valitsee majakan, jolle hän aikoo sijoittaa luomansa tekstin. Kun sisältö on onnistuneesti sijoitettu kyseiselle majakalle, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa, siirtyikö teksti sovellukseen, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jossa ylläpitäjän luoma tekstisisältö sijaitsee.

Tämä on vaatimuksen numero 5 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä on tehnyt toisen tekstin, jossa kerrotaan sijaintiin liittyviä asioita, ja jonka ylläpitäjä haluaa vaihtaa edelliseen tekstin tilalle. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle. Ylläpitäjä valitsee majakan, jolle hän on aikaisemmin sijoittanut edellisen tekstin, jonka tilalle ylläpitäjä on vaihtamassa uuden tekstin. Kun sisältö on onnistuneesti päivitetty kyseiselle majakalle, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa, siirtyikö päivitetty teksti sovellukseen, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jossa ylläpitäjän päivitetty tekstisisältö sijaitsee.

Tämä on vaatimuksen numero 6 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa poistaa aikaisemman tekstin järjestelmästä. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä valitsee majakan, johon teksti on sijoitettu, minkä jälkeen ylläpitäjä poistaa tekstin majakalta. Kun sisältö on onnistuneesti poistettu kyseiseltä majakalta, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmä ja testaa sovelluksella, onko majakalle sijoitettu teksti oikeasti poistunut majakalta.

Tämä on vaatimuksen numero 7 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä on tehnyt kuvan, jossa kerrotaan sijaintiin liittyviä asioita. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu

sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä valitsee majakan, jolle hän aikoo sijoittaa luomansa kuvan. Kun sisältö on onnistuneesti sijoitettu kyseiselle majakalle, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa, siirtyikö kuva sovellukseen, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jossa ylläpitäjän luoma kuvasisältö sijaitsee.

Tämä on vaatimuksen numero 8 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä on tehnyt toisen kuvan, jossa kerrotaan sijaintiin liittyviä asioita, ja jonka ylläpitäjä haluaa vaihtaa edelliseen kuvan tilalle. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle. Ylläpitäjä valitsee majakan, jolle hän on aikaisemmin sijoittanut edellisen kuvan, jonka tilalle ylläpitäjä on vaihtamassa uuden kuvan. Kun sisältö on onnistuneesti päivitetty kyseiselle majakalle, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa, siirtyikö päivitetty kuva sovellukseen, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jossa ylläpitäjän päivitetty kuvasisältö sijaitsee.

Tämä on vaatimuksen numero 9 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa poistaa kuvan järjestelmästä. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä valitsee majakan, johon kuva on sijoitettu, minkä jälkeen ylläpitäjä poistaa kuvan majakalta. Kun sisältö on onnistuneesti poistettu kyseiseltä majakalta, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa sovelluksella, onko majakalle sijoitettu kuva oikeasti poistunut majakalta.

Tämä on vaatimuksen numero 10 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa lisätä majakan järjestelmään. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä menee hallintajärjestelmässä majakoiden sivulle, jossa ylläpitäjä lisää uuden majakan järjestelmään. Kun majakan lisääminen järjestelmään onnistuu, ylläpitäjä voi sijoittaa jo valmiina olevan sisällön majakalle. Tämän jälkeen ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa sovelluksesta, näkyykö juuri ylläpitäjän järjestelmään lisäämä majakka, kun ylläpitäjä lähestyy sitä majakkaa, jonka on juuri lisännyt järjestelmään.

Tämä on vaatimuksen numero 11 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa poistaa majakan järjestelmästä. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään.



Ylläpitäjä menee hallintajärjestelmässä majakoiden sivulle, jossa ylläpitäjä valitsee majakan, jonka haluaa poistaa järjestelmästä. Kun majakan poistaminen järjestelmästä onnistuu, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä ja testaa sovelluksesta, onko ylläpitäjän juuri järjestelmästä poistama majakka todella poistunut järjestelmästä.

Tämä on vaatimuksen numero 12 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa luoda sijainnin, jossa majakka fyysisesti on. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä menee hallintajärjestelmässä majakoiden sijaintien sivulle, jossa ylläpitäjä lisää uuden sijainnin järjestelmään. Kun sijainnin lisääminen järjestelmään onnistuu, ylläpitäjä voi liittää sijainnin kyseiseen majakkaan. Tämän jälkeen ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä.

Tämä on vaatimuksen numero 13 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa vaihtaa majakan fyysistä sijaintia. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä menee hallintajärjestelmässä sijaintien sivulle ja valitsee sijaintikohteen, jonka haluaa päivittää. Kun tietojen päivittäminen onnistuu, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä.

Tämä on vaatimuksen numero 14 käyttäjäkertomus. Ylläpitäjä haluaa poistaa majakan fyysisen sijainnin järjestelmästä. Ylläpitäjä avaa hallintajärjestelmän ja kirjautuu sisälle järjestelmään. Ylläpitäjä menee hallintajärjestelmässä sijaintien sivulle ja valitsee sijaintikohteen, jonka haluaa poistaa. Kun sijainnin poistaminen järjestelmästä onnistuu, ylläpitäjä kirjautuu ulos hallintajärjestelmästä.

Tämä on vaatimuksen numero 15 käyttäjäkertomus. Käyttäjä lataa sovelluksen google play- kaupasta tai app storesta ja asentaa sovelluksen älypuhelimeen, minkä jälkeen käyttäjä avaa sovelluksen ja sallii sovelluksen käyttää niistä tietoja, joita tarvitaan esteettömään käyttöön. Tämän lisäksi asetuksissa pitää sallia ilmoitukset kyseiseltä sovellukselta.

Tämä on vaatimuksen numero 16 käyttäjäkertomus. Sovelluksen käyttäjä pystyy käyttämään sovellusta automaattisesti milloin vain ilman käyttäjäprofiilin luomista sovel-

luksen luoneen yrityksen järjestelmiin. Tällöin sovelluksen käyttäjän ei tarvitse kirjautua sisään sovelluksen käyttämistä varten ja sovellus lähettää käyttäjälle ilmoitukset reaaliaikaisesti.

Tämä on vaatimuksen numero 17 käyttäjäkertomus. Toimeksiantajan hintapolitiikka vaikuttaa käytettävien majakoiden valintaan. Jos valmistajan majakoiden hinta on korkea, vaikka muut vaatimukset toteutuvat, voi muilta ominaisuuksilta heikompi ratkaisu ohittaa laadukkaamman, jos se tarjoaa majakat halvemmalla.

Tämä on vaatimuksen numero 18 käyttäjäkertomus. Sovelluksen käytön tulee olla maksutonta, koska sovelluksen käyttäjäkunta on pääosin työsuhteessa toimeksiantajaan tai tämän asiakkaita. Sovellusta pitää pystyä käyttämään myös niiden, jotka ovat vierailemassa toimeksiantajan tiloissa. Moni sovelluksen käyttäjistä on alaikäinen, eikä heillä ole edes mahdollisuutta maksaa sovelluksen käytöstä. Sovelluksen maksullisuus ei sovi myöskään yhteen vaatimuksen 16 kanssa, koska sovelluksesta maksaminen edellyttää käyttäjäprofiilin luomista järjestelmään.

Tämä on vaatimuksen numero 19 käyttäjäkertomus. Hallintajärjestelmän ylläpitäjällä täytyy olla ohjeistus hallintajärjestelmän käytöstä. Vaikka hallintajärjestelmä on uusi ja vaikka se olisi helppokäyttöinen, pitää ohjeistuksen olla olemassa, koska käyttäjäkunnassa on vain vähän it-ammattilaisia.

Tämä on vaatimuksen numero 20 käyttäjäkertomus. Hallintajärjestelmän ylläpitäjän on pystyttävä luomaan majakoille tulevaa sisältöä ja kohdistamaan sen oikealle majakalle itsenäisesti. Hallintajärjestelmässä ylläpitäjän täytyy osata yhdistää majakka sijaintiin ja tunnistaa oikea majakka sijainnin perusteella.

## 6.2 Navigointijärjestelmien vertailu

Yksityiskohtaisemman vertailun kohteeksi valittiin yksinkertaisimmat mutta monipuoliset ratkaisut, jotka sopivat käyttöjärjestelmälle. Vertailuun otettiin mukaan tunne-

tuimmat majakkavalmistajat ja näiden sovellusohjelmat. Vakavasti otettavina valmistajina voidaan pitää seuraavia yrityksiä: Estimote, Kontakt.io, West Compass, Sensorberg sekä Infsoft. Vertailussa pyrittiin arvioimaan näiden tuotteiden hinta-laatusuhdetta. Valmistajan toimittaman standardin sovellusohjelman vaihtoehtona on, että toimeksiantaja tilaa varsinaisen käyttösovelluksen alihankkijatyönä kolmannelta osapuolelta.

Tarjolla olisi ollut ratkaisuja muiltakin valmistajilta, mutta heillä ei ollut vielä olemassa käyttäjäsovellusta tai kehitystyö oli vielä muuten kesken. Joidenkin valmistajien hallintajärjestelmät olivat yksinkertaisesti liian monimutkaisia. Käyttöjärjestelmää ei voinut käyttää rajauksen perusteena, koska ei ollut olemassa valmistajaa, jolla olisi ollut käyttäjäsovellus sekä Android- että iOS-käyttöjärjestelmälle.

Jos jonkun majakkavalmistajan tekemää sovellusta käytettäessä joutui kirjautumaan sisään, se rajasi myös näiden valmistajien ratkaisut pois joukosta. Sovellusohjelmien tulee olla sellaisia, että niihin ei tarvitse erikseen kirjautua. Tämä on toimeksiantajan vaatimus numero 16. Näin sovellusta pystyvät käyttämään myös sellaiset käyttäjät, jotka ovat käymässä toimeksiantajan tiloissa vain vierailulla. Kuviossa 3 esitetään valmistajat, joiden ratkaisuja tutkittiin, mutta jotka eri syistä jätettiin pois yksityiskohtaisemmasta majakkajärjestelmävertailusta.

## Taulukko 1. Vertailusta ulos jääneet ratkaisut

Valmistaja	Järjestelmä	Poissjättämisen syy
Beaconnic	Premium Kit+	Hinta.
BlueUp	BlueBeacon Mini	Hinta.
Geomoby	Geomoby Starter	Hankala hallintajärjestelmä.
Gimbal	Proximity Beacons	Ei Android- sovellusta.
Indoors	Indoors	Hankala hallintajärjestelmä.
Lefo	Developer Kit	Vain SDK:t.
Mobstac	Mobstac Beacons	Kehitystyö kesken.
MocaMoca	Beacons	Hankala hallintajärjestelmä.
Onyx Beacon	Onyxbeacon	Ei ole Android- sovellusta.
Proximity	Proximity	Liian monimutkainen järjestelmä.
Radius Networks	RadBeacon	Ei Android- sovellusta.
Reco	RECO Beacon	SDK:t, mutta ei sovellusta.
RedBear	MiniBeacon	Toimii ainoastaan iOS-järjestelmässä.
Rococo	Developer Packs	Hintatiedot puuttuu.
Roximity	Model-X	SDK:t, mutta ei sovellusta.
SmartBeacon	SmartBeacons	SDK:t ja CMS, mutta ei sovellusta.
Sticknfind	SNF PRO	Pitää koodata oma sovellus.
Twocanoes Software	Bleu Station Beacons	Majakat ovat kiinni tietokoneissa.

### Estimote

Estimoten hallintajärjestelmä ei täyttänyt järjestelmälle asetettuja toiminnallisia vaatimuksia. Majakoita asennettaessa käyttäjä joutuu koodaamaan, mikä vaikuttaa suuresti helppokäyttöisyyteen, vaikka hallintajärjestelmän muu käyttö olisi helppoa. Estimotella on olemassa koodipaketti Android- ja Ios-mobiilikäyttöjärjestelmälle, mutta ei omaa sovellusta Androidille. Estimotella olisi ollut tarjota edistyksellinen ja näyttävä ratkaisu, mutta toiminnallisilta ominaisuuksiltaan se ei ollut tarpeeksi kattava.

### Kontakt.io

Kontakt.io täyttää järjestelmälle asetetut toiminnalliset vaatimukset. Valmistaja ei kuitenkaan täyttänyt järjestelmälle asetettuja ei-toiminnallisia vaatimuksia. Kontakt.io:lla ei toistaiseksi ole käyttäjäsovellusta Android-mobiilikäyttöjärjestelmälle. Käyttäjäsovelluksen käyttäminen ilman profiilia järjestelmässä ei ollut mahdollista. Myös hallintajärjestelmä oli osittain sen verran hankala käyttää, että siihen olisi vaadittu perehdytys it-ammattilaiselta. Kontakt.io olisi muuten mahdollinen ratkaisu, mutta vaatisi mobiililaitesovelluksen kolmannelta osapuolelta.

### **Sensorberg**

Sensorbergin ratkaisu täyttää järjestelmälle asetetut toiminnalliset vaatimukset, mutta perehdytys vaatii it-ammattilaisen apua. Ei-toiminnalliset vaatimukset eivät täyty, koska Sensorbergillä on ainoastaan koodipaketti Android- ja iOS-mobiilikäyttöjärjestelmälle, mutta ei sovellusta kummallekaan.

### **Infsoft**

Infsoft täyttää järjestelmälle asetetut toiminnalliset vaatimukset, mutta käyttö on hankalaa, koska hallintajärjestelmä on jaettu moneen eri osaan. Esimerkiksi majakoiden kalibrointi tapahtuu omassa sovelluksessa. Infsoftilla ei ole olemassa käyttäjäsovellusta iOS-mobiilikäyttöjärjestelmälle. Infsoftilla ei ole valmista sovellusta, vaan sovellus luodaan tilaajan pyynnöstä tarvittaessa.

### **West Compass**

West Compass täyttää järjestelmälle asetetut toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset. Luvussa 7 kerrotaan, kuinka nämä vaatimukset täyttyvät.

### **Hintavertailu**

Kuviossa 3 esitetään, kuinka paljon majakat maksaisivat, jos toimeksiantaja ostaisi 50 kappaletta kyseisen valmistajan majakoita. Määrä on minimiarvio siitä, kuinka monta majakkaa toimeksiantaja tarvitsee.

### **Taulukko 2. Majakoiden hintavertailua**

<u>Valmistaja</u>	<u>Hinta</u>
Estimote	1683 USD
Infsoft	Kysy hinta-arvio valmistajata
Kontakt.io	1350 USD
Sensorberg GmbH	1513 EUR
West Compass	1250 USD

## 7 Johtopäätökset

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Estimote, Kontakt.io, Sensorberg sekä Infsoft eivät tarjoa kokonaisvaltaista ratkaisua. Lisäksi nämä ratkaisut ovat kalliimpia kuin West Compassilla, jonka järjestelmä on parhaiten toimeksiantajan vaatimukseen soveltuva, tai ratkaisun hinta ei ole tiedossa. Tulevaisuudessa nämä valmistajat voivat olla myös mahdollisia valintoja toimeksiantajalle, koska useimmilla ei ole ongelmia varsinaisessa järjestelmässä. Ainostaan käyttäjäsovellus puuttuu valmistajan tuotevalikoimasta, ja majakoiden asentaminen vaatii koodaustaitoa.

Tutkimuksen perusteella paras ratkaisu olisi West Compassin tekemä kokonaisratkaisu, sillä heillä on sovellus sekä Android- että iOS-mobiilikäyttöjärjestelmille. West Compass nousi parhaaksi vaihtoehdoksi sen jälkeen, kun West Compass julkaisi käyttäjäsovelluksen myös Androidille tutkimuksen aikana. West Compassin etuna on myös sen ratkaisujen helppo sovellettavuus kolmannen osapuolen ratkaisujen kanssa.

Käyttäjäsovellus toimii viiden helposti käytettävän painikkeen avulla, jotka ovat valikko, roskakori, sisällön jakaminen, majakoiden haku ja sisällön selaus. West Compassin nettisivulla on olemassa dokumentti sovelluksen käyttämisestä. Sovelluksen käyttäminen vaatii ainoastaan sovelluksen lataamisen sovelluskaupasta, minkä jälkeen käyttäjää pyydetään lisäämään ikä, sukupuoli ja käyttökieli. Sovellus toimii automaattisesti, jos käyttäjä on pannut Bluetooth-toiminnon puhelimesta päälle.

Hallintajärjestelmän käyttöön ottaminen on yhtä helppoa kuin käyttäjäsovelluksen käyttäminen sillä erolla, että hallinnointiin pitää kirjautua sisälle. Toiminnalliset vaatimukset täyttyvät niin, että vaaditut toimenpiteet ovat helposti kenen tahansa käyttäjän toteutettavissa hallintajärjestelmässä, joka on jaettu kolmeen osaan. Nämä kolme osaa ovat majakoiden hallinta, paikkatietojen hallinta ja sisällön hallinta. Majakat ovat valmistajan toimesta valmiiksi hallintajärjestelmässä, ja sijainnin sekä sisällön määrittäminen onnistuu perus it-osaamisella. West Compass tarjoaa selkeät käyttöohjeet nettisivuillaan hallintajärjestelmän käyttämiseen.

West Compassin majakat ovat hinta-laatusuhteiltaan parhaat. Majakan patteri kestää noin vuoden, ja niiden vaihto on kohtuullisen helppoa. Muilla valmistajilla on pitkäkestoisempia pattereita tai patterittomia vaihtoehtoja majakoksi, mutta West Compassin majakoiden etuna on niiden verrattain suuri teho. Mobiililaitteen on suhteellisen helppo havaita ne. Lisäksi West Compassin kehittämä hallintajärjestelmä ja sovellus toimivat myös kolmannen osapuolen majakoiden kanssa, jos toimeksiantaja haluaa panostaa majakoiden laatuun. Jos toimeksiantaja haluaa käyttää kolmannen osapuolen majakoita, pitää majakat ilmoittaa hallintajärjestelmän ylläpitäjälle, West Compassin käyttäjälle. Tällaisessa tapauksessa West Compass perii käyttömaksua hallintajärjestelmän käytöstä.

Talkback ja Voiceover ovat Samsungin ja Applen käyttämät helppokäyttösovellukset. Nämä ohjelmat eivät vaikuta juurikaan käyttökokemukseen, koska täysin sokeat, jotka käyttävät Voiceover-sovellusta, pystyvät käyttämään puhelinta lähes samoin kuin näkevät, koska Voiceover on hyvin helppokäyttöinen. Samsung-käyttäjät eivät käytä Talkback-sovellusta, koska se on niin vaikea. Nämä helppokäyttöohjelmat eivät vaikuta päätökseen käyttöön otettavasta järjestelmästä. Helppokäyttöohjelmat eivät paranna eivätkä heikennä valittavan järjestelmän toimintaa.

## 8 Pohdinta

Tällä hetkellä ei ollut olemassa montaa järkevää kokonaisratkaisua tarjoavaa yritystä. Parhaan ratkaisun saaminen vaatii monen eri yrityksen tuotteiden yhdistämistä tai kolmannen osapuolen sovelluksen mukaan ottamista osaksi kokonaisratkaisuja. Tämän hetkinen markkinatilanne on näille kyseisille tuotteille kasvava, mutta ratkaisuihin käytettävät teknologiat kehittyvät edelleen ja yritysten markkina-asetat eivät ole vielä vakiintuneet.

Suurimmaksi ongelmaksi muodostui joidenkin yritysten tekemien hallintajärjestelmien käyttämisen monimutkaisuus. Monen, etenkin pienemmän, yrityksen hallintajärjestel-

män ylläpitäjän it-taidot tuskin kattavat koodaamista tai muita vastaavan tason taitoja. Monimutkaisempi hallintajärjestelmä olisi ollut hyväksyttävissä oleva ratkaisu hallintajärjestelmästä, mutta näissäkin tilanteissa puuttui usein hallintajärjestelmän käyttöohje.

Markkinoilla olisi ollut muitakin paikannusteknologioihin perustuvia ratkaisuja, ja lähitulevaisuudessa kehitetään varmasti monia uusia paikannusteknologisia ratkaisuja. Valitulla paikannusteknologisella ratkaisulla sovelluksen käyttäjä saa rakennuksessa jatkuvasti ilmoituksia puhelimeensa, mikä voi kääntyä esimerkiksi jokapäiväiselle käyttäjälle enemmänkin häiritseväksi tekijäksi. Puhelinta käytetään muuhunkin tarkoitukseen, ja sovelluksen jatkuva sulkeminen ja käynnistäminen ei ole järkevää eikä helppokäyttöistä. Joka päivä rakennuksessa liikkuville käyttäjille voisi tulevaisuudessa keksiä parempia ratkaisuja, joissa esimerkiksi sijaintitieto tulisi muuhun mukana olevaan laitteeseen.

Voidaan miettiä, kuinka paljon rahaa ollaan valmiita käyttämään siihen, että muutakin tietoa kuin sijaintitieto välitetään majakan kautta. Jotta esimerkiksi videosisältö saadaan järkevästi käyttäjän katsottavaksi, pitää teknologiseen ratkaisuun ja sisällön tuottamiseen käyttää enemmän rahaa kuin pelkän sijaintitiedon kohdalla. Onko sisällöllinen puoli mahdollista toteuttaa vierailijoille ennemmin käyttämällä henkilökuntaa ja keskitämällä teknologinen puoli pelkästään ohjaamiseen? Entä vähentäisikö tällainen järjestelmä henkilökohtaisia kontakteja?

Johtopäätöksissä esitetty ratkaisu on hyvä ratkaisu sisätilanavigointiin, mutta itse odottaisin muutaman vuoden teknologian kehittymistä. Mahdollisesti olisi järkevää kartoittaa muitakin kuin majakkapohjaisia ratkaisuita.



## Lähteet

About Estimote. 2012. Estimote Inc. Viitattu 27.4.2015.  
<http://estimote.com/about/>

About Sensorberg. N.d. Sensorberg GmbH. Viitattu 27.4.2015.  
<https://www.sensorberg.com/about-sensorberg/>

About Us – Jumping the next curve. 2015. West Compass Inc. Viitattu 27.4.2015.  
<https://www.westcompass.com/index.cfm?app=about>

Babu, V. & Yalamanchili, A. 2014. Indoor Positioning System (IPS) using Beacons. CSI Communications April 2014 18–20.

Beacon Management Tools. N.d. Kontakt.io. Viitattu 18.2.2015.  
<http://kontakt.io/our-beacon-ibeacon-technology/beacon-management-tools/>

Cisco Wireless Control System Configuration Guide Release 4.2. 2007. Cisco Systems Inc. Viitattu 30.12.2014.  
<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/wcs/4.2/configuration/guide/wcs42cg.html>

Changing the way we interact with the world – and loving every second of it. 2015. Kontakt.io. Viitattu 27.4.2015.  
<http://kontakt.io/about/>

Company Insoft 2015. insoft GmbH. Viitattu 27.4.2015.  
<http://www.insoft.com/Company>

Compare with other technologies. 2010. Bluetooth SIG Inc. Viitattu 27.1.2015.  
<https://developer.bluetooth.org/TechnologyOverview/Pages/Compare.aspx>.

Daswani, D. 2015. List of Top Vendors & Manufacturers of iBeacon or Bluetooth BLE Beacons. Viitattu 25.4.2015.  
<http://corp.qliktag.com/list-of-top-vendors-manufacturers-of-ibeacon-or-bluetooth-ble-beacons/>

Gezici, S., Güvenc, I. & Sahinoglu, Z. 2008. Ultra-wideband positioning Systems, Cambridge: Cambridge university Press. .ISBN: 978-0-521-87309-3

Indoor location analytics. 2015. insoft GmbH. Viitattu 16.4.2015.  
<http://www.insoft.com/Products/Indoor-Location-Analytics>

Indoor tracking. 2015. insoft GmbH. Viitattu 16.4.2015.  
<http://www.insoft.com/Products/Indoor-Tracking>

- Haataja, A. 2014. UWB-paikannusjärjestelmän automaattinen kalibrointi. Insinööri-työ, Kajaanin ammattikorkeakoulu. 2014. Viitattu 19.4.2015.  
[http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/77036/Haataja\\_Antti.pdf?sequence=1](http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/77036/Haataja_Antti.pdf?sequence=1)
- Haikala, I. & Mikkonen, T. 2011. Ohjelmistotuotannon käytännöt. Helsinki: Talentum.
- Hakulinen, L. 2006. WLAN-pohjaiset paikannusjärjestelmät – Käyttäjän päätelaitteen paikantaminen tukiaseman signaalivoimakkuuden perusteella. Tekniikan kandidaatintyö.
- Jackson, B. 2014. iBeacon: Apple's stealth technology nears breakthrough in location-based marketing area. Viitattu 3.2.2015.  
<http://www.itbusiness.ca/news/ibeacon-apples-stealth-technology-nears-breakthrough-in-location-based-marketing-area/48239>
- Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja.
- Kettäryys haltuun: Yleisimmät ketterät käytännöt. N.d. Toim. P. Tolvanen. Viitattu 18.3.2015.  
<http://www.meteoriitti.com/Artikkelisarjat/Ketteryys-haltuun/Ketteryys-haltuun-Yleisimmat-ketterat-kaytannot/>
- Kotanen, A., Hännikäinen, M., Leppäkoski, H. & Hämäläinen, T. 2003. Experiments on Local Positioning with Bluetooth. Viitattu 19.12.2014.  
[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=1197544](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1197544)
- Lempiäinen, J., Pönkänen, S. & Vuorinen, S. 1999. Bluetooth-tiedonsiirtoa langattomasti. Viitattu 26.1.2015.  
<http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s99/htyo/39/>
- Malik, A. 2009. RTLS for dummies. Wiley Publishing Inc.
- Mautz, R.. 2012..Indoor Positioning Technologies. Viitattu 11.11.2014  
<http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:5659/eth-5659-01.pdf>
- NFC Tags & Tag types.2007. Radio-Electronics.com. Viitattu 30.12.2014.  
<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/nfc/near-field-communications-tags-types.php>
- Oppimis- ja ohjauskeskus Onerva. N.d. Onerva. Viitattu 6.2.2015.  
<http://www.onerva.fi/onerva/>
- Paakki, J. 2011. Ohjelmistojen vaatimusmäärittely. Luentokalvot. Helsingin yliopisto. Viitattu 8.3.2015.  
<http://www.cs.helsinki.fi/u/paakki/Vaatimus-11-Luentokalvot-1.pdf>

PlaceApp documentation. 2014. West Compass Inc. Viitattu 18.2.2015.  
[https://www.westcompass.com/PlaceApp\\_UserManual.pdf?CFID=14533402&CFTOKEN=98101512](https://www.westcompass.com/PlaceApp_UserManual.pdf?CFID=14533402&CFTOKEN=98101512)

RFID Technology. 2011. RFID Centre  
Viitattu 30.12.2014.  
[http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid\\_technology.htm](http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid_technology.htm)

RFID-tekniikan perusteet. 2012. RFID Lab Finland ry Viitattu 30.12.2014.  
<http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>

Savikoski T. 2010. Etäisyyden mittausta signaalin kulku-aikaan perustuvalla menetelmällä WPAN-verkossa. Insinööri työ. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.4.2015  
[http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/20706/Teemu\\_Savikoski.pdf?sequence=1](http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/20706/Teemu_Savikoski.pdf?sequence=1)

The truth about RFID. 2006. RFIDEA Viitattu 30.12.2014.  
[http://www.rfidea.com/tech\\_tags.htm](http://www.rfidea.com/tech_tags.htm)

Thompson, D. 2013. Guide to iBeacon Hardware. Viitattu 25.4.2015.  
<http://beekn.net/guide-to-ibeacons/>

Wi-Fi Location-Based Services 4.1 Design Guide. 2008. Cisco Systems Inc. Viitattu 30.12.2014.  
<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich5.html>