

Aalto-yliopisto
Perustieteiden korkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

Sisätilapaikannuksen sovellukset kaupan alalla

Kandidaatintyö

18. helmikuuta 2016

Ville Ojaniemi

Aalto-yliopisto
Perustieteiden korkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

KANDIDAATINTYÖN
TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Ville Ojaniemi
Työn nimi:	Sisätilapaikannuksen sovellukset kaupan alalla
Päiväys:	18. helmikuuta 2016
Sivumäärä:	11
Pääaine:	Tietotekniikka
Koodi:	SCI3027
Vastuopettaja:	Professori Prof. Juho Rousu
Työn ohjaaja(t):	TkT Sakari Luukkainen (Tietotekniikan laitos)
TODO tiivistelmä	
Avainsanat:	avain, sanoja, niitäkin, tähän, vielä, useampi, vaikkei, niitä, niin, montaa, oikeasti, tarvitse
Kieli:	Suomi

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Sisätilapaikannuksen teknologiat	4
2.1	WLAN	4
2.2	Bluetooth Low Energy	6
2.3	RFID	6
2.4	VLC	7
2.5	Liikeanturit	8
2.6	Magneettianturi	9
2.7	Sisätilapaikannus teknologioiden tulevaisuus	9
2.8	yhteenveto	9
3	Sisätilapaikannuksen sovellukset	9
3.1	Sovellukset yleisesti	9
3.2	Kaupan alan sovellukset	9
3.3	Sovellukset tulevaisuudessa	9
3.4	Yhteenveto	9
4	Sisätilapaikannus täsmämarkkinoinnissa	9
4.1	Täsmämarkkinointi	9
4.2	Vaatimukset paikannusteknologioille	9
4.3	Sisätilapaikannuksen hyödyt markkinoinnissa	9
4.4	Sisätilapaikannuksen ja markkinoinnin tulevaisus	9
4.5	Yhteenveto	9
5	Yhteenveto	9
	Lähteet	10

1 Johdanto

Reaaliaikaisesta sijaintitiedosta on tullut tärkeä osa monissa sovelluksissa ja järjestelmissä[1]. GPS tarjoaa ratkaisun tähän ulkotiloissa, mutta sisätiloissa GPS:n riittävä tarkkuus ei ole käytännössä mahdollista, sillä sisätiloissa on paljon esteitä kuten seinät, katto ja huonekalut. GPS lähettimen ja vastaanottimen välillä pitää olla näköyhteys, jotta se toimisi luotettavasti.[1; 2] Sisätilapaikannuksen on esitetty olevan seuraava askel langattomien järjestelmien ja sovelluksien kehityksessä[3]. Sillä on lisäksi monia käytännön sovelluksia, kuten ihmisten kulun seuranta ja tavaroiden sijainnin selvittäminen varastoissa[4]. Työn tarkoituksena on tutkia erilaisten teknologioiden soveltuvuutta sisätilapaikannukseen, vertailla niiden vahvuuksia ja heikkouksia sekä tutkia sisätilapaikannuksen sovelluksia. Työssä tehdään myös katsaus näiden tulevaisuuteen. Työn tavoitteena on selvittää mikä esitetyistä teknologioista olisi vallitseva tulevaisuudessa, vai onko valloilla useita eri teknologioita sisätilapaikannukseen. Tavoitteena on myös arvioida minkälainen sovellus tulee olemaan ponnahduslautana sisätilapaikannuksen yleistymiseen. Työn rakenteeseen kuuluu johdantoluku, kolme käsittelylukua sekä yhteenvetoluku. Jokaisessa käsittelyluvussa toistuu sama rakenne. Ensin johdanto aiheeseen ja luvun rakenteen selostus, sitten aiheen käsittely, sitten katsaus tulevaisuuteen aihepiirin osalta ja lopuksi yhteenveto aiheesta. Työn ensimmäisessä luvussa käsitellään erilaiset teknologiat sisätilapaikannuksen toteuttamiseksi. Teknologioita vertaillaan soveltuvien osin toisiinsa ja lopussa tehdään katsaus niiden tulevaisuuteen. Seuraavassa luvussa käsitellään sisätilapaikannuksen sovelluksia. Ensin yleisesti ja sitten painopiste siirtyy kaupan alan sovelluksiin. Kolmannessa luvussa käsitellään sisätilapaikannuksen täsmämarkkinointi sovelluksia. Viimeisenä luvuna on yhteenveto.

2 Sisätilapaikannuksen teknologiat

Tässä luvussa tarkastellaan erilaisia teknologioita sisätilapaikannuksen toteuttamista varten. Luvussa tarkastellaan jokaisen teknologian hyviä ja huonoja puolia sisätilapaikannuksen näkökulmasta. Lopuksi tarkastelemme millainen tulevaisuus sisätilapaikannus teknologioilla voisi olla, onko tulevaisuus fragmentoitunut teknologioiden osalta, eli onko olemassa useita teknologioita samaan aikaan käytössä vai onko olemassa yksi vallitseva teknologia. Luvun lopussa on vielä yhteenveto luvun aiheesta.

2.1 WLAN

WLAN(Wireless Local Area Network) on selvästi yleisimmin standardin IEEE 802.11 mukainen langaton lähiverkko[4]. WLAN:in kantama on 50 - 100m ja WLAN tukiasemia

löytyy nykyään lähes joka puolelta, niin kotitalouksista kuin julkisista tiloistakin.

WLAN paikannus tekniikoita on kahdenlaisia. Toiset perustuvat trilateration menetelmään eli mittaamalla signaalin vahvuutta vähintään kolmeen tunnettuun WLAN tukiasemaan. Toiset perustuvat sormenjälki menetelmään, jossa WLAN signaalin vahvuudesta referenssi pisteissä tehdään tietokanta, siten että signaalien vahvuudet ja referenssipisteen sijainti tallennetaan tietokantaan.[5]

Trilateration menetelmä on yksinkertainen. Paikannukseen tarvitaan vähintään kolme tukiasemaa, joihin mitataan etäisyys mittaamalla signaalin vahvuus kuhunkin tukiasemaan ja muuttamalla tämä arvo etäisyydeksi. Kolmen tukiaseman etäisyyden perusteella voidaan määrittää sijainti, kun tukiasemien sijainnit tunnetaan. Sijainnin määrittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi pienin neliösumma menetelmää.[5] Tällä menetelmällä voidaan päästä muutaman metrin tarkkuuteen[5] mutta signaalin vahvuus ei aina vastaa suoraan etäisyyttä ympäristön häiriöiden takia ja tarkkuus voi jäädä kymmeniin metreihin [4]. Microsoftin tutkimusryhmän kehittämä RADAR[6] järjestelmä perustuu tähän tekniikkaan ja sillä päästiin muutaman metrin tarkkuuteen 50 prosentin todennäköisyydellä.

Sormenjälki menetelmässä on kaksi vaihetta[5]. Ensin rakennetaan tietokanta, jossa on referenssi pisteissä kuuluvien WLAN tukiasemien signaalivahvuudet. Seuraavassa vaiheessa sijainti selvitetään mittaamalla signaalivahvuudet ja vertaamalla niitä tietokantaan. Tietokantaan voidaan tallentaa signaalivahvuuksien keskiarvo jolloin puhutaan deterministisestä menetelmästä tai signaalivahvuuksista voidaan määrittää todennäköisyysjakauma, jolloin päästään suurempaan tarkkuuteen mutta myös tietokannan koko kasvaa suureksi.[5]

WLAN paikannuksen heikkoutena on signaalin voimakkuuden suuri vaihtelu ympäristön vaikutusten takia[2; 5], muun muassa ihmisen vartalon asento ja suunta, ovet, seinät ja antennien asennot vaikuttavat voimakkuuteen. Erityisesti sormenjälki menetelmän heikkoutena ovat muuttuvat ympäristöt, kuten uudet seinät ja sermit jotka heikentävät WLAN signaalin etenemistä, jolloin tietokantaan täytyy päivittää uudet signaalivahvuus tiedot.

WLAN paikannuksen vahvuuksia ovat sen yleisyys ja nykyisten jo olemassa olevien laitteiden helppo muuntaminen tähän käyttöön[5]. WLAN paikannuksen infrastruktuuri on myöskin jo olemassa monilla julkisilla paikoilla ja on siten vähentävät paikannuksen kustannuksia[4; 2].

2.2 Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy (BLE) toimii samalla 2.4GHz taajuus alueella ja sen kantama on samaa luokkaa kuin WLAN teknologialla[7; 2]. BLE standardin mukaiset BLE majakat lähettävät lyhyitä viestejä laitteille, joiden avulla nämä laitteet voi signaalin vahvuuden mukaan tunnistaa läheisyyden majakkaan. BLE ominaisuuksiin kuuluu myös pieni virrankulutus, varsinkin verrattuna WLAN teknologiaan[8].

BLE majakoiden avulla paikannus perustuu majakoiden tunnettuihin sijainteihin. Majakat mainostavat omaa tunnistenumeroaan alueella oleville laitteille. Laitteet sitten lähettävät saamansa tiedon palvelimelle, yleensä WLAN:in avulla. Palvelin lähettää laitteelle laitteen sijainnin. Tämänlaista järjestelyä on käytetty artikkelissa[8] puhutussa sairaalassa.

BLE majakoiden avulla, sisätilapaikannus voidaan myös toteuttaa samoin kuin WLAN teknologialla[7]. Trilateration menetelmä ja sormenjälki paikannus menetelmä onnistuvat kumpikin mutta BLE kärsii samoista ongelmista kuin WLAN signaalin vaimentumisen ja heijastumien takia. BLE kärsii myös suuremmasta signaalinvahuuden vaihteluista kuin samalla taajuusalueella toimiva WLAN, johtuen pienemmästä kaistanleveydestä[7]. Tutkimuksessa[7] kuitenkin todetaan, että BLE sormenjälki paikannuksella voidaan saada parempia tuloksia kuin nykyisten kaltaisilla WLAN verkoilla. Tämä kuitenkin vaatii useita mittauksia ja kasvattaa sormenjälkitietokannan kokoa ja on työlästä eikä täten aina kannattavaa. BLE teknologian houkuttelevuus perustuu halpaan hintaan ja BLE laitteiden yleisyyteen ja saatavuuteen. Mikä tahansa BLE tukeva laite voidaan asettaa majakaksi.[7] Käytännössä kaikissa uudemmissa puhelimissa on Bluetooth tuki, joten BLE teknologia on hyvä vaihtoehto sisätilapaikannus sovelluksien kannalta. BLE teknologian etuihin kuuluu myös yksisuuntainen tiedon siirto. Yksisuuntaisella tarkoitetaan sitä, että majakat lähettävät signaalia mutteivät vastaanota ja sijainnin määrittäminen jää laitteen vastuulle. Tällä tavalla mahdollinen ei haluttu seuranta ei ole mahdollista. Applen kehittämä iBeacon protokolla perustuu BLE teknologiaan[9]. Applen kiinnostuksella BLE teknologiaan on suuri myötävaikutus sen yleistymiseen.

BLE majakoilla sellaisenaan ei saada täydellisen tarkkaa sijaintia, vaan tieto siitä, millä alueella seurattava laite sijaitsee. Monissa sovelluksissa tämä on riittävä tieto ja yhdistettynä pieneen virrankulutukseen ja yleisyyteen, BLE on vartenotettava vaihtoehto sisätilapaikannuksen toteuttamiseksi.

2.3 RFID

RFID(radio taajuuinen tunnistus) järjestelmään kuuluu useita komponentteja, mukaan lukien useita RFID lukijoita ja tunnisteita. RFID lukija voi lukea tunnisteiden lähettämää

informaatiota. Tunnisteet voidaan jakaa kahteen kategoriaan, aktiivisiin ja passiivisiin. Passiiviset tunnisteet toimivat ilman virtalähdettä ja saavat tarvittavan energian informaation lähettämiseen lukijalta. Aktiiviset tunnisteet vaativat toimiakseen oman virtalähteen, joka on usein pieni paristo. Niillä on myös suurempi kantama kuin passiivisilla.[10] Sisätilapaikannus käyttäen RFID teknologiaa voidaan jakaa kahteen sen mukaan ovatko lukijat vai tunnisteet kiinteitä. Kiinteällä tarkoitetaan sitä, että tunnistetai lukija on paikoillaan tunnetussa sijainnissa.

Tutkimuksessa [10] on käytetty kiinteitä lukijoita. Tällä tekniikalla seurattavassa kohteessa on tunnistetai ja seurattavalle alueelle on sijoitettu useita lukijoita. Jokainen lukija on asetettu sopivalle tehotasolle siten, että sen kantama tunnetaan. Näin alue jaetaan pieniin osa-alueisiin, jotka voidaan tunnistata sen perusteella mitkä lukijat pystyvät lukemaan tunnisteen tältä alueelta. Monet asiat vaikuttavat lukioden kantamiin, siksi virheen mahdollisuus on usein suuri. Samassa tutkimuksessa[10] esiteltiin myös paranneltu tekniikka nimeltä LANDMARC (Location Identification based on Dynamic Active RFID Calibration). Tässä tekniikassa alueella on lukijoiden lisäksi viitetunnisteita tunnetuissa sijainneissa. Niiden avulla saadaan tarkempi tulos kun seurattavan tunnisteen etäisyyttä verrataan viitetunnisteiden tunnettuihin etäisyyksiin. Etäisyys määritetään muuttamalla lukijan tehotasoa ja täten kantamaa.

Toinen tapa on käyttää pelkästään kiinteitä tunnisteita ja lukijan sijainti määritetään niiden perusteella. Näin on tehty muun muassa tässä tutkimuksessa[11]. Tutkimuksessa käytettiin passiivisia tunnisteita lukijan reitin varrella ja sijainti määritettiin mittaamalla tunnisteen takaisin lähettämä teho, joka riippuu pääasiassa lukijan ja tunnisteen välisestä etäisyydestä[11].

RFID teknologiaa hyödyntämällä voidaan päästä erittäin tarkkoihinkin tuloksiin, tutkimuksessa [10] päästiin noin metrin tarkkuuteen ja tutkimuksessa [11] jopa 0.1 metrin tarkkuuteen. RFID teknologian vahvuus on selvästi hyvä tarkkuus, mutta tähän tarkkuuteen pääseminen vaatii paljon mahdollisesti kallista infrastruktuuria. Varsinkin tapauksessa[10], jossa käytetään kiinteitä lukijoita, infrastruktuuri tulisi kalliiksi varsinkin suurilla alueilla. Tutkimuksen[11] mukainen järjestely ei myöskään ole kovinkaan toimiva suurilla alueilla, sillä hyvän tarkkuuden saavuttamiseksi, koko alue tulisi peittää tiheällä tunnistetai verkolla. Vaikka passiiviset tunnisteet ovatkin halpoja[11], tiheän verkon asentaminen ei ole mielekäästä.

2.4 VLC

VLC(Visible Light Communication) eli näkyvän valon kommunikaatiolla tarkoitetaan nimensä mukaisesti tiedonsiirtoa, joka tapahtuu näkyvän valon avulla[12]. Lähettämiseen käytetään useimmiten LED valoja niiden nopeuden, kestävyuden ja energiatehokkuuden

takia. Vastaanottaminen tapahtuu useimmiten puhelimen kameralla.

Tutkimuksessa[12] paikannus on toteutettu jakamalla alue ruudukoksi siten että jokaisen ruudun kulmassa on LED valo. Sijaintitieto välitetään binaarikoodina vastaanottimelle ja häiriöiden välttämiseksi kulmissa olevat LED valot on ajoitettu lähettämään sijaintitietoaan eri aikoihin(TDM, Time Division Multiplexing), jolloin vain yksi kerrallaan lähettää, eikä signaalit mene sekaisin. Muina aikoina kuin lähettäessä valo on päällä normaalisti tarjoamassa valaistusta ympäristöönsä. Tarkempi sijainti ruudussa saadaan valojen intensiteetistä. Kaikilla LED valoilla on puoliteho kulma 60° ja valo jakautuu useimmiten ensimmäisen asteen Lambertin kuvion(Lambertian pattern) mukaan. Näillä tiedoilla valon intensiteetti voidaan muuttaa kulmaksi jossa valo on vastaanottimeen nähden. kun kulmat ovat selvillä kaikkiin ruudun 4 nurkkaan voidaan sijainti laskea.[12] Tällä tekniikalla on päästy erittäin tarkkoihin tuloksiin, jopa alle millimetrin tarkkuuteen vähä häiriöisessä ympäristössä ja muutamiin kymmeniin millimetreihin häiriöisessä ympäristössä.

Näkyvän valon kommunikaation etuja ovat hinta, tarkkuus ja energia tehokkuus. LED valot yleistyvät joka puolella joka tapauksessa energiatehokkuutensa ansiosta, joten niiden käyttö sisätilapiikannukseen on selvä etu, kun uutta ja kallista erillistä infrastruktuuria ei tarvita. VLC teknologialla päästään myös selvästi tarkempiin tuloksiin kuin millään edellä mainitulla teknologialla. VLC teknologian ongelmaksi muodostuu vastaanottimen asennon tärkeys. Toimiakseen hyvin vastaanottimen täytyy olla melko tarkasti vaakatasossa, eikä tämä ole kaikissa sovelluksissa mahdollista tai mielekäästä. Lisäksi vastaanottimen ollessa kädessä, ihminen saattaa peittää osan lähettimestä, jolloin tarkkuus kärsii.

2.5 Liikeanturit

Sisätilapaikannus perustuen liikeantureihin poikkeaa oleellisesti kaikista edellämainituista teknologioista ja tekniikoista. Edellämainitut teknologiat perustuvat jonkinlaiseen seurattavan laitteen ulkopuoliseen infrastruktuuriin sijainnin selvittämiseksi. Liikeantureista kuten gyroskooppeista, kiihtyvyys antureista ja kompassista koostuva IMU(Inertial Measurement Unit) eli inertiamittausyksikön toiminta perustuu liikkeen seurantaan. Laitteella täytyy olla yksi tarkka tunnettu sijainti, joka voidaan saada esimerkiksi GPS tai jollain tässä työssä mainitulla teknologialla.[13] Tämän jälkeen IMU alkaa laskea laitteen sijaintia integroimalla nopeuden, kiihtyvyyden ja suunnan muutoksia.

Paikannuksen toiminta edellyttää hyvin tarkkoja mittaustuloksia IMU:lta. Pienetkin virheet kumuloituvat nopeasti useiksi metreiksi ja lopulta kilometreiksi. Monissa uusissa puhelimissa on kaikki tämän teknologian vaatimat anturit mutta niiden tarkkuus on aivan liian heikko toimiakseen. Tutkimuksessa[13] käytetty HG1700 on erittäin tarkka taktisen tason IMU jota on käytetty muun muassa ohjuksissa[14]. Tällä järjestelyllä pääs-

tiin silti vain kohtuulliseen tarkkuuteen ja virhettä oli enimmillään 5m 40 minuutin testin aikana[13].

Liikeanturien käyttö sisätilapaikannuksessa on mahdollista mutta hyödyllisiin tuloksiin päästäkseen on käytettävä erittäin tarkkoja ja kalliita laitteita. Tämä ei ole mahdollista kuluttaja sovelluksissa mutta liikeantureita voidaan käyttää sijainnin arvioimiseen , kun muita tekniikoita ei ole hetkellisesti käytössä.

2.6 Magneettianturi

2.7 Sisätilapaikannus teknologioiden tulevaisuus

2.8 yhteenveto

3 Sisätilapaikannuksen sovellukset

3.1 Sovellukset yleisesti

3.2 Kaupan alan sovellukset

3.3 Sovellukset tulevaisuudessa

3.4 Yhteenveto

4 Sisätilapaikannus täsmämarkkinoinnissa

4.1 Täsmämarkkinointi

4.2 Vaatimukset paikannusteknologioille

4.3 Sisätilapaikannuksen hyödyt markkinoinnissa

4.4 Sisätilapaikannuksen ja markkinoinnin tulevaisus

4.5 Yhteenveto

5 Yhteenveto

Lähteet

- [1] Kevin Curran, Eoghan Furey, Tom Lunney, Jose Santos, Derek Woods, and Aiden McCaughey. An evaluation of indoor location determination technologies. *Journal of Location Based Services*, 5(2):61–78, 2011.
- [2] Yanying Gu, A. Lo, and I. Niemegeers. A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, 11(1):13–32, Jan 2009.
- [3] M. Vossiek, L. Wiebking, P. Gulden, J. Wiegardt, C. Hoffmann, and P. Heide. Wireless local positioning. *Microwave Magazine, IEEE*, 4(4):77–86, Dec 2003.
- [4] Hui Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and Jing Liu. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, 37(6):1067–1080, Nov 2007.
- [5] Binghao Li, James Salter, Andrew G. Dempster, and Chris Rizos. Indoor positioning techniques based on wireless lan. In *LAN, FIRST IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS BROADBAND AND ULTRA WIDEBAND COMMUNICATIONS*, pages 13–16, 2006.
- [6] P. Bahl and V.N. Padmanabhan. Radar: an in-building rf-based user location and tracking system. In *INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE*, volume 2, pages 775–784 vol.2, 2000.
- [7] Ramsey Faragher and R Harle. An analysis of the accuracy of bluetooth low energy for indoor positioning applications. In *Proceedings of the 27th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+’14)*, 2014.
- [8] Jingjing Yang, Zhihui Wang, and Xiao Zhang. An ibeacon-based indoor positioning systems for hospitals. *International Journal of Smart Home*, 9(7):161–168, 2015.
- [9] Giorgio Conte, Massimo De Marchi, Alessandro Antonio Nacci, Vincenzo Rana, and Donatella Sciuto. Bluesentinel: a first approach using ibeacon for an energy efficient occupancy detection system. In *BuildSys@ SenSys*, pages 11–19, 2014.
- [10] Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau, and Abhishek P. Patil. Landmarc: Indoor location sensing using active rfid. *Wirel. Netw.*, 10(6):701–710, November 2004.
- [11] S.S Saab and Z.S. Nakad. A standalone rfid indoor positioning system using passive tags. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 58(5):1961–1970, May 2011.

- [12] Zhou Zhou, Mohsen Kavehrad, and Peng Deng. Indoor positioning algorithm using light-emitting diode visible light communications. *Optical Engineering*, 51(8):085009–1, 2012.
- [13] Jussi Collin, Oleg Mezentsev, Gérard Lachapelle, et al. Indoor positioning system using accelerometry and high accuracy heading sensors. In *Proc. of ION GPS/GNSS 2003 Conference*, pages 9–12, 2003.
- [14] Honeywell aerospace verkkosivut. <https://aerospace.honeywell.com/products/navigation-and-sensors/hg1700>. Accessed: 2016-02-18.