



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MIKKO LEHTINEN
PAIKANNUSJÄRJESTELMÄN INTEGROINTI LÄÄKETIETEELLI-
SEEN HOITOLAITTEESEEN

Kandidaatintyö

Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Erja Sipilä

TIIVISTELMÄ

Mikko Lehtinen: Paikannusjärjestelmän integrointi lääketieteelliseen hoitolaitteeseen

Tampereen teknillinen yliopisto

Kandidaatintyö, 17 sivua

Joulukuu 2017

Sähkötekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Elektroniikka

Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Erja Sipilä

Avainsanat: GPS, CID, WLAN, mobiiliverkko, paikannus

Tässä työssä tarkoituksena oli tutustua erilaisiin paikannusteknologioihin ja tutkia, mikä niistä soveltuu parhaiten lääketieteellisen hoitolaitteen paikantamiseen. Päätin tässä työssä tarkastella GPS-, CID- sekä WLAN-paikannusta, sillä niiden vaatimaa teknologiaa on hyvin saatavilla kohtuulliseen hintaan. Työssä tutustutaan Quectelin valmistamaan modeemiin, jonka avulla on mahdollista toteuttaa sekä GPS- että CID-paikannus. Työssä tarkastellaan myös WLAN-paikannusta yleisellä tasolla sekä esimerkillä siitä, miten paikannuksen voi tehdä Windows-tietokoneella.

GPS-paikannukseen tarvitaan erillinen piiri, joka on suunniteltu kyseistä käyttöä varten. GPS-paikannus perustuu maata kiertävien GPS-satelliittien tunnettuihin sijainteihin. Sijainti saadaan selville laskemalla etäisyys vähintään neljään näistä satelliiteista. CID-paikannus perustuu tunnettuihin mobiilitukiasemien sijainteihin. Mobiililaitteen avulla selvitetään mitkä tukiasemat ovat lähellä ja tätä tietoa sekä tukiasemien tunnettuja sijainteja hyväksi käyttäen sijainti saadaan selville. WLAN-paikannus perustuu WLAN-tukiasemien tunnettuihin sijainteihin. WLAN-piirillä voidaan selvittää ja tunnistaa lähellä olevat WLAN-tukiasemat ja näiden tietojen avulla oma sijainti voidaan selvittää.

Edellä mainitut tekniikat eroavat hieman toisistaan esimerkiksi tarkkuutensa ja toiminta-alueensa puolesta. Paras vaihtoehto kuhunkin sovellukseen riippuu siitä missä päin maailmaa paikannuksen tulee toimia ja millä tarkkuudella.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Modulight Oy:tä sekä sen työntekijöitä, jotka antoivat idean työn aiheeseen sekä mahdollistivat itse työn teon. Työn teon ajaksi sain käyttööni Modulight Oy:ltä Quectelin modeemin, jonka avulla pystyin tutustumaan ja testaamaan GPS- sekä CID-paikannusta. Haluan myös kiittää Erja Sipilää, joka on tarkastanut tämän työn sekä auttanut minua sen kirjoittamisen aikana hyvillä huomioilla ja parannusehdotuksilla.

Tampereella, 13.12.2017

Mikko Lehtinen

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 Johdanto | 1 |
| 2 Mobiiliverkot ja CID-paikannus | 3 |
| 2.1 Perusteet | 3 |
| 2.2 Kuuluvuusalueella olevien tukiasemien selvittäminen käyttäen UC20G moduulia | 3 |
| 2.3 Sijainnin selvittäminen tukiasemien tiedoista | 6 |
| 3 GPS-Paikannus | 8 |
| 3.1 Perusteet | 8 |
| 3.2 Sijainnin selvittäminen käytännössä GPS:n ja UC20G moduulin avulla | 9 |
| 4 WLAN-paikannus | 12 |
| 5 Yhteenveto | 14 |
| 5.1 Eri tekniikoiden vertailua | 14 |
| 5.2 Päätelmät | 14 |
| Lähteet | 16 |

LYHENTEET JA MERKINNÄT

| | |
|-----------------|---|
| 2G | Second Generation eli toisen sukupolven mobiiliverkkoteknologia |
| 3G | Third Generation eli kolmannen sukupolven mobiiliverkkoteknologia |
| 4G | Fourth Generation eli neljännen sukupolven mobiiliverkkoteknologia |
| BSSID | Basic Service Set Identifier eli langattoman lähiverkon verkkotunnus |
| Cell ID tai CID | Cell Identification eli tukiasematunniste |
| GPS | Global Positioning System eli maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä |
| LAC | Local Area Code on operaattorin tukiasemalleen luoma tunnusluku |
| MCC | Mobile Country Code on jokaiselle maalle yksilöllinen tunnusluku |
| MNC | Mobile Network Code on jokaiselle operaattorille yksilöllinen tunnusluku |
| Operaattori | Yritys, joka hoitaa tietoliikenteen välistystä (teleoperaattori) |
| PPS | Precise Positioning System eli tarkka paikannusjärjestelmä |
| SPS | Standard Positioning System eli tavallinen paikannusjärjestelmä |
| TTY | Tampereen teknillinen yliopisto |
| UART | Universal asynchronous receiver/transmitter eli yleinen tahdistamaton vastaanotin/lähetin |
| USB | Universal Serial Bus eli yleinen sarjaliikenne väylä |
| WLAN | Wireless Local Area Network eli langaton lähiverkko |

1 JOHDANTO

Tekniikan jatkuvasti kehittyessä myös elektroniikan ominaisuudet kehittyvät huimaa vauhtia. Elektroniset komponentit pienenevät ja halpenevat. Tämä on mahdollistanut yrityksille uusien ominaisuuksien kehittämisen valmistamiinsa laitteisiin. Esimerkkejä tällaisista ominaisuuksista ovat muun muassa internetyhteys sekä mahdollisuus laitteen paikannukseen.

Valmistamiensa laitteiden paikannus on joillekin yrityksille erittäin tärkeää muun muassa käyttäjäkokenemusten parantamiseksi, huoltotoimien helpottamiseksi sekä väärinkäytösten estämiseksi. Laitteen paikannuksen avulla voidaan esimerkiksi automaattisesti asettaa laitteen kieli ja kellonaika oikein. Yrityksen kannalta taas laitteiden huoltaminen helpottuu, jos laitteiden sijainti tiedetään. Näin ollen huoltokäyntiä voi suunnitella helpommin ja yhdistää lähellä olevien laitteiden huoltokäyntejä. Paikannuksella voidaan myös estää myytyjen laitteiden väärinkäyttöä. Jos esimerkiksi laitteiden jälleenmyynti on kielletty, paikannuksen avulla huomataan, kun laite mahdollisesti vaihtaa omistajaa.

Nykyään paikannukseen on tarjolla useita eri keinoja, joilla kaikilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Tässä työssä perehdytään kolmeen eri vaihtoehtoon. CID-paikannukseen (Cell identification eli tukiasematunniste) eli mobiilitukiasemiin perustuvaan paikannukseen, WLAN-paikannukseen (Wireless Local Area Network eli langaton lähiverkko) eli langattoman lähiverkon tukiasemiin perustuvaan paikannukseen sekä GPS-paikannukseen (Global Positioning System eli maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä) eli satelliitteihin perustuvaan paikannukseen. Kyseiset menetelmät valikoituivat tähän työhön, koska niiden vaatimaa teknologiaa on hyvin saatavilla kohtuulliseen hintaan. Jokainen näistä tekniikoista on myös aktiivisesti ja yleisesti käytössä paikannuksessa.

Tämän työn tarkoituksena on etsiä paras keino Modulight Oy:lle yrityksen valmistamien lääketieteellisten hoitolaitteiden paikannukseen. Modulight Oy valmistaa laserjärjestelmiä, joita pääasiassa käytetään syöpäsairauksien hoitoon ympäri maailmaa. Kyseiset laitteet sijaitsevat sairaaloissa, joten paikannuksen tarkkuusvaatimus ei ole kovin tarkka, vaan sairaalan tarkkuudella onnistunut paikannus riittää. Tärkeämpi ominaisuus on se, että sovelluksen tulisi toimia täsmälleen samanlaisena mahdollisimman monessa paikassa maailmassa, jotta kaikkiin laitteisiin voidaan toteuttaa paikannus teknisesti samalla tavalla.

Tämän työn toisessa luvussa tutustutaan CID-paikannuksen yleisiin periaatteisiin sekä tutustutaan tarkemmin paikantamiseen käyttäen Quectelin valmistamaa modeemia.

Kolmannessa luvussa tarkastellaan GPS-paikannuksen toimintaperiaatetta sekä käydään läpi paikannuksen käytännön toteutus käyttämällä Quectelin modeemia. Neljännessä luvussa käydään läpi WLAN-paikannuksen perusteet. Lopuksi vertaillaan kunkin tekniikan vahvuuksia ja heikkouksia.

2 MOBIILIVERKOT JA CID-PAIKANNUS

2.1 Perusteet

CID-paikannus perustuu tunnettuihin mobiilitukiasemien sijainteihin. On olemassa useita tietokantoja, kaupallisia ja avoimia, jotka sisältävät tiedot mobiilitukiasemien sijainneista. Jotta mobiililaitte pystyy olemaan yhteydessä muihin laitteisiin tai internettiin, tulee sillä olla yhteys yhteen tai useampaan tukiasemaan. Mobiililaitteen ja tukiaseman välinen yhteys alkaa aina ensin tunnistautumisella, jolloin mobiililaitte kertoo tukiasemille omat tunnistetietonsa sekä tukiasemat kertovat mobiililaitteelle omat tunnistetietonsa. Näin ollen mobiililaitteen avulla voidaan aina selvittää niiden tukiasemien tiedot, joiden kuuluvalualueella laite on. Kun tukiasemien tiedot on selvitetty, voidaan laitteen sijainti selvittää tarkastamalla kyseisten tukiasemien sijainti tietokannoista, joko kolmiomittauksella tai trilateraatiolla [1].

Jokaisella mobiilitukiasemalla on yksilöllinen neljän tunnusluvun yhdistelmä. Nämä luvut ovat MCC (Mobile Country Code), MNC (Mobile Network Code), LAC (Local Area Code) ja CID. MCC on yksilöllinen jokaiselle maalle. [2] Esimerkiksi Suomen MCC on 244 [3]. MNC on jokaiselle operaattorille (yritys, joka hoitaa tietoliikenteenvälitystä [4]) annettu yksilöllinen tunnusluku. LAC on operaattoreiden tukiasemilleen luoma tunnusluku, jonka avulla operaattorit tunnistavat tukiasemansa. CID on jokaiselle tukiasemalle yksilöllinen tunnusluku. [2] Näiden neljän luvun yhdistelmällä voidaan tunnistaa yksilöllisesti kaikki maailman tukiasemat.

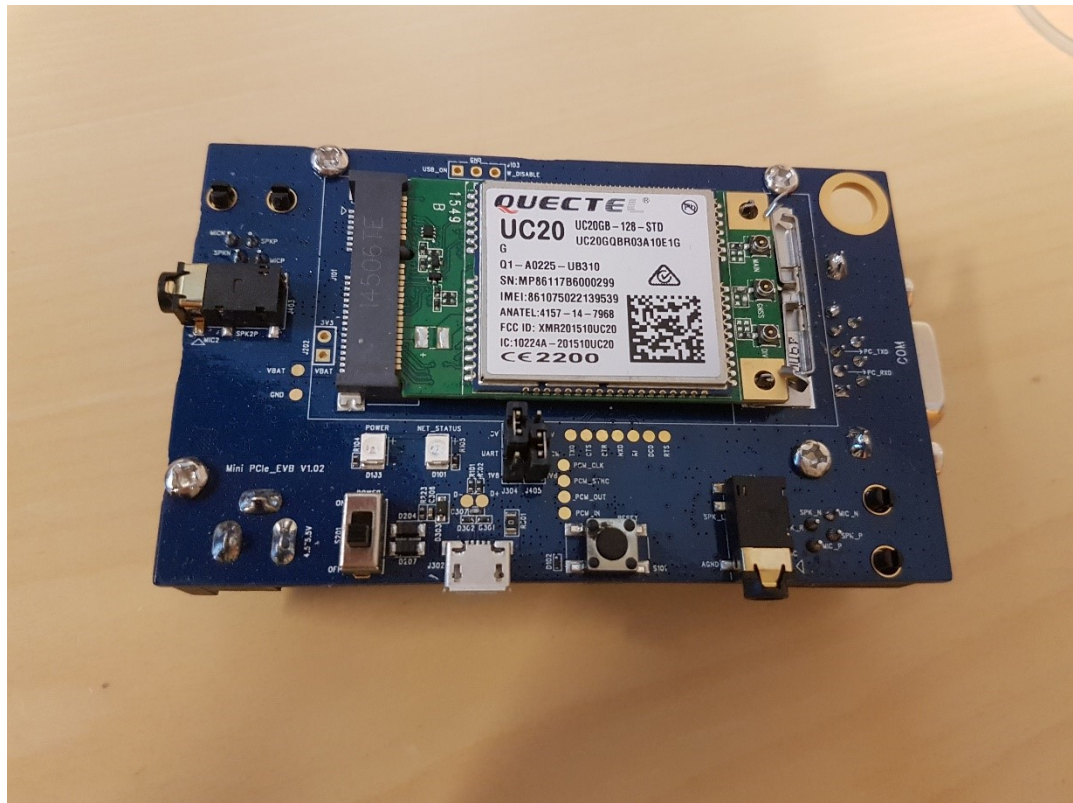
CID-paikannuksen käyttämiseen tarvitaan mobiililaitetta. Saatavilla on useita erilaisia mobiilimoduuleita, jotka soveltuvat tähän tarkoitukseen. Ensin pitää valita haluttu sukupolvi. Vaihtoehtoina tällä hetkellä ovat käytännössä 2G (Second Generation eli toisen sukupolven mobiiliverkkoteknologia), 3G (Third Generation eli kolmannen sukupolven mobiiliverkkoteknologia) ja 4G (Fourth Generation eli neljännen sukupolven mobiiliverkkoteknologia). Näistä itse päädyin valitsemaan 3G:n. 2G ei ollut hyvä vaihtoehto, koska se on poistumassa käytöstä. 4G:ssä puolestaan on käytössä valtavasti eri taajuuskaistoja eri puolella maailmaa, eikä tästä syystä ole saatavilla 4G-moduulia, joka toimisi kaikkialla maailmassa. Parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui siis 3G ja tarkemmin Quectelin valmistama UC20G-moduuli. UC20G-moduulin etuna on se, että se tukee kattavasti eri 3G-taajuusalueita ja näin ollen toimii lähes kaikkialla maailmassa ja lähes kaikilla operaattoreilla. Lisäksi moduulissa on myös sisäänrakennettu GPS.

2.2 Kuuluvalualueella olevien tukiasemien selvittäminen käyttäen UC20G moduulia

Kuten lähes kaikkia mobiilimoduuleita ja muita modeemeja, myös UC20G:tä käytetään AT-komennoilla. AT-komennot ovat peräisin 1980-luvulta, jolloin Hayes-niminen yritys

kehitti kaksi eri modeemia nopealla aikataululla. Ajan puutteen vuoksi molemmat moduulit toimivat samoilla komennoilla. Tämän seurauksena todettiin, että olisi kätevää, jos kaikkien valmistajien kaikki modeemit toimisivat samoilla komennoilla ja näin AT-komennot yleistyivät. Komentojen nimi tulee siitä, että kaikki komennot alkavat kirjaimilla AT. Ne ovat lyhenne sanasta attention eli huomio. Nykyään kuitenkin eri moduulien välillä komennot vaihtelevat suuresti, ja näin ollen moduulikohtaiset komennot on aina tarkistettava moduulien omilta datalehdiltä. [5] [6]

AT-komennot voidaan välittää UC20G-moduuliin joko käyttäen USB:tä (Universal Serial Bus eli yleinen sarjaliikenneväylä) tai UART:ia (Universal asynchronous receiver/transmitter eli yleinen tahdistamaton vastaanotin/lähetin). Itselläni on käytössä Quectelin valmistama kehitysalusta (kuva 1) UC20G-moduulille. Kehitysalusta liitetään USB-väylän kautta tietokoneeseen.



Kuva 1. Quectel UC20G ja kehitysalusta.

Toimiakseen moduuli tarvitsee ulkoisen antennin. Itse olen hankkinut yhdistelmäantennin, joka sisältää sekä 3G- että GPS-antennit. Itse moduulissa on liitimet kolmelle antennille: ”MAIN” on tarkoitettu 3G-antennille, ”GNSS” on tarkoitettu GPS-antennille ja ”DIV” on tarkoitettu toiselle 3G-antennille. ”MAIN”-antenni on pakollinen, jotta moduuli saa yhteyttä 3G-verkkoon. ”GNSS”-antenni on pakollinen, jotta moduuli saa yhteyttä GPS-satelliitteihin. ”DIV”-antenni ei ole pakollinen toiminnan kannalta, mutta se parantaa 3G-yhteyden laatua.

Tietokonetta käytettäessä Quectel tarjoaa myös QNavigator-sovelluksen, jonka avulla kommunikointi ja käskyjen lähettäminen moduulille on helppoa. Ensimmäinen komento, joka moduulille kannattaa lähettää, on ”AT”. Jos moduuli on valmis toimimaan, se vastaa ”AT”, jonka jälkeen ”OK”. Jos taas vastauksena tulee ”ERROR”, moduuli ei ole vielä alustanut itseään valmiiksi. Kun moduuli on valmis, lähetetään komento ”AT+QOPS”. Lähetettäessä moduulille tämä komento, saadaan vastaukseksi lähetetty komento ja sen jälkeen tiedot kuuluvuusalueella olevista tukiasemista. On huomioitava, että kaikki moduulin lähettämät LAC- ja CID-luvut ovat heksadesimaalilukuja. Kunkin operaattorin tukiasemien tiedot tulevat moduulilta peräkkäin kootusti. Ensin moduuli lähettää operaattorin tiedot seuraavassa muodossa:

```
<oper_in_string>,<oper_in_short_string>,<oper_in_number>
```

Näistä kiinnostavin on <oper_in_number>, joka sisältää MCC:n ja MNC:n peräkkäin. Operaattorin tietojen jälkeen tulevat tiedot kaikista kyseisen operaattorin tukiasemista, jotka ovat kuuluvuusalueella. Kuuluvuusalueella olevien tukiasemien tietojen listauksen tyyli riippuu siitä, onko kyseessä 2G- vai 3G-asema. Jos kyseessä on 2G-asema, tiedot ovat muodossa:

```
<index>,<rat>,<freq>,<lac>,<ci>,<bsic>,<rxlev>,<c1>,<cba>,<is_gprs_support> [7]
```

Näistä kiinnostavia ovat ”<lac>”, joka sisältää LAC:n ja ”<ci>”, joka sisältää CID:n. Jos kyseessä on 3G-asema, tiedot ovat muodossa:

```
<index>,<rat>,<freq>,<psc>,<lac>,<ci>,<rscp>,<ecno>,<cba> [7]
```

Näistä kiinnostavia ovat taas ”<lac>” ja ”<ci>”. Viimeisenä moduulilta tulee vielä kuittaus ”OK”. [8]

Kuvassa 2 on esimerkki lähetetyistä komennoista ja vastaanotetuista viesteistä. Punaisella on merkitty lähetetyt komennot ja mustalla vastaukset. Komennot suoritettiin TTY:llä luokassa TB212.

1. AT
2. AT
3. OK
4. AT+QOPS
5. AT+QOPS
6. +QOPS: "FI elisa","elisa","24405"
7. 1,"2G",121,BEA,AA4F,49,30,25,0,1
8. 2,"2G",93,BEA,955,22,20,15,0,1
9. 3,"2G",117,BEA,A684,49,11,6,0,1
10. 4,"2G",88,BEA,2881,56,8,3,0,1
11. 5,"3G",10563,382,59EC,199399,-102,20,0
12. +QOPS: "FI SONERA","SONERA","24491"
13. 1,"2G",57,1FB2,1CBF,20,16,10,0,1
14. 2,"2G",24,1FB2,813,13,8,2,0,1
15. 3,"3G",10812,6,138A,2618A,-91,9,0
16. 4,"3G",10837,6,138A,28C7B,-95,9,0
17. 5,"3G",10787,168,138A,27591,-102,8,0
18. +QOPS: "dna","dna","24412"
19. 1,"2G",994,168,1087,2,12,5,0,1
20. 2,"2G",7,168,1088,1,8,1,0,1
21. 3,"3G",2963,147,14,66B544,-109,21,0
- 22.
23. OK

Kuva 2. Esimerkki lähetetyistä komennoista ja vastaanotetuista viesteistä.

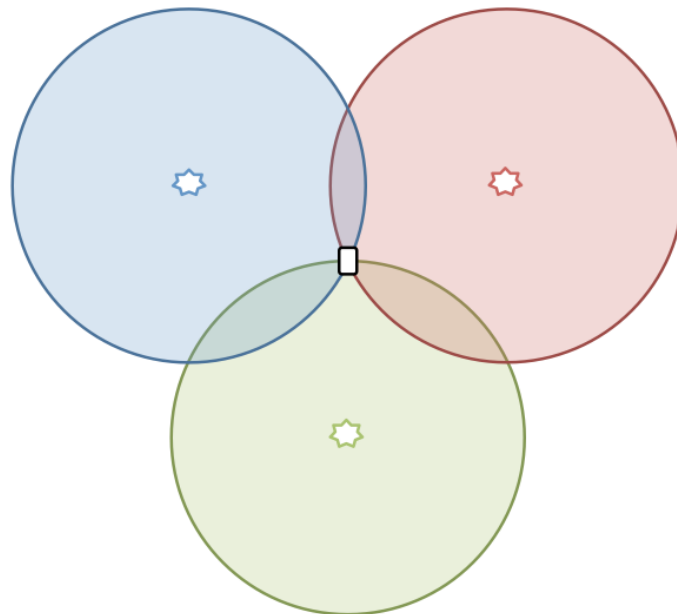
Rivin 6 lopussa on luku 24405. Tämä on edellä mainittu <oper_in_number>. Tästä saadaan selville siis MCC, joka on 244 eli Suomi ja MNC, joka on 05. Tämä on Elisan MNC-luku. [3] Riveillä 6-10 on listattu kaikkien kuuluvuusalueella olevien Elisan tukiasemien tiedot. Rivin 11 lopussa taas on luku 24491. Tästä saadaan selville MCC 244 eli Suomi ja MNC 91 eli Sonera. [3] Riveillä 12-20 on puolestaan listattu kaikki kuuluvuusalueella olevat Soneran tukiasemat.

2.3 Sijainnin selvittäminen tukiasemien tiedoista

Itse 3G-moduulin sijainti saadaan selvitettyä vertailemalla kuuluvuusalueella olevien tukiasemien tietoja kunkin tukiaseman tunnettuun sijaintiin. Tukiasemien sijainneista on tarjolla ilmaisia tietokantoja. Näistä tietokannoista siis löytyy jokaisen tukiaseman MCC, MNC, LAC ja CID sekä sijainti. Esimerkiksi Mozilla Location Servicen internetsivuilta voi ladata tällaisen tietokannan ilmaiseksi. [9] Kyseisessä tietokannassa ovat tukiasemien tiedot ja sijainnit seuraavassa muodossa: radio, mcc, net, area, cell, unit, lon, lat, range, samples, changeable, created, updated, avarageSignal.

Tukiasemien tiedoista kiinnostavia ovat ”mcc” eli MCC, ”net” eli MNC, ”area” eli LAC, ”cell” eli CID, ”lon” eli pituuspiiri ja ”lat” eli leveyspiiri. Vertailemalla kuuluvuusalueella olevien tukiasemien tietoja tietokannasta löytyviin tietoihin, sijainnin pystyy selvittämään. Tietokannoista löytyy kaikkien tukiasemien MCC-, MNC-, LAC- ja CID-luvut sekä tukiasemien koordinaatit.

Kun kuuluvuusalueella olevat tukiasemat on tunnistettu, paikannukseen on käytännössä kaksi yleistä keinoa, kolmiomittaus sekä trilateraatio. Kolmiomittauksessa tukiasemat mittaavat kulmat, jossa laitteen signaali tulee tukiasemalle ja kertovat tämän tiedon laitteelle. Kun tukiasemien sijainnit, sekä signaalin tulokulma vähintään kolmeen tukiasemaan tiedetään, laitteen sijainti voidaan laskea. Trilateraatiossa mitataan signaalin vahvuuden tai kulkuajan perusteella laitteen etäisyys vähintään kolmeen tukiasemaan. Kun etäisyydet tiedetään, kunkin tukiaseman ympärille voidaan kuvitella kyseisen etäisyyden säteinen ympyrä. Tällöin laite sijaitsee näiden ympyröiden leikkauspisteessä. Trilateraatiossa etäisyydet mitataan useimmiten signaalin kulkuajan perusteella, koska erilaiset esteet, kuten seinät ja maastonmuodot vaikuttavat suuresti signaalien vahvuuteen. Myös GPS- ja WLAN-paikannuksessa käytetään apuna trilateraatiota. [1]



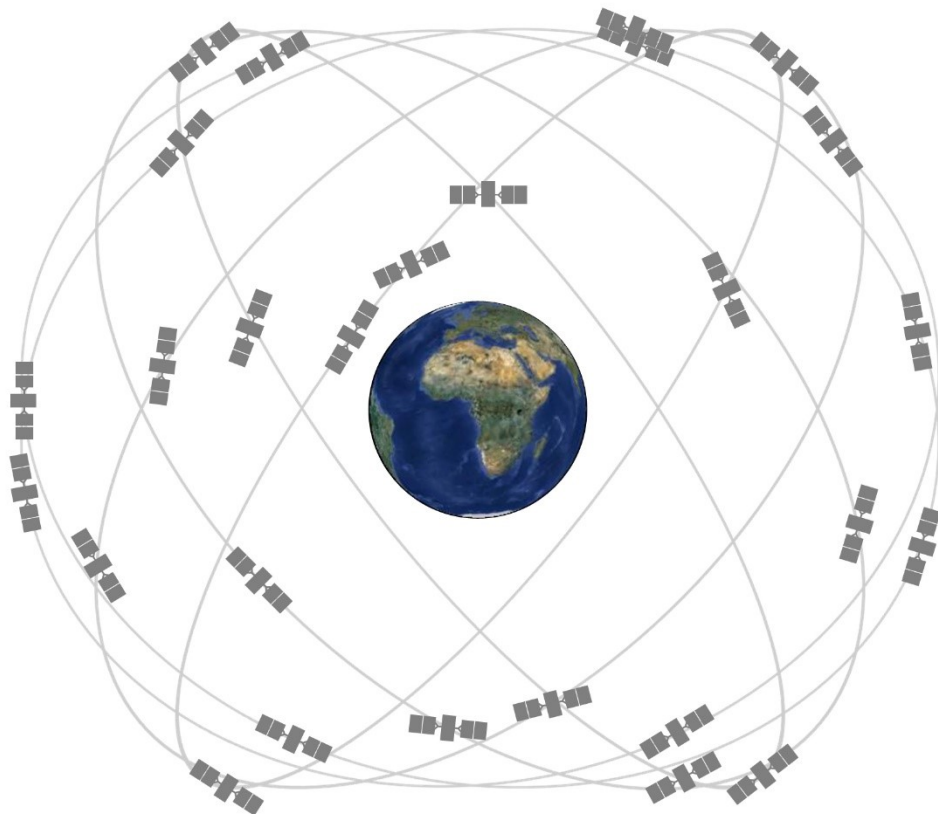
Kuva 3. Havainnekuva trilateraatiosta. [10]

CID-paikannuksen hyviä puolia ovat suhteellisen laaja kattavuus sekä ilmainen käyttö. CID-paikannus toimii aina, kun lähettyvillä on mobiilitukiasemia. Paikannus toimii siis käytännössä kaikkialla, missä myös puhelin toimii eli myös sisätiloissa. CID-paikannus on myös ilmaista, koska tarvittavat tietokannat ovat avoimia ja niihin pääsee kaikki käsiksi. Huonona puolena on paikannuksen tarkkuus. CID-paikannuksella päästään ainoastaan joidenkin satojen metrien paikannustarkkuuteen.

3 GPS-PAIKANNUS

3.1 Perusteet

GPS on Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä ja omistama satelliittijärjestelmä. Järjestelmä sisältää 24 satelliittia, jotka kiertävät maapalloa kukin omalla radallaan, sekä maailmanlaajuisen maanpäällisen kontrollijärjestelmän. GPS-satelliittien kiertoradat ovat noin 20200 km:n korkeudella maan pinnalta [11]. Satelliitit lähettävät dataa jatkuvasti kahdella taajuudella. GPS-vastaanottimet vastaanottavat tämän datan ja pystyvät siitä laskemaan signaalin matkaan kuluneen ajan ja tätä kautta etäisyyden signaalin lähettäneeseen satelliittiin. Kun signaali saadaan vähintään kolmesta satelliitista, voidaan määrittää sijainti maan pinnalla. GPS sisältää kaksi eri palvelua, PPS:n (Precise Positioning System eli tarkka paikannusjärjestelmä) ja SPS:n (Standard Positioning System eli tavallinen paikannusjärjestelmä). PPS on tarkoitettu pääasiassa Yhdysvaltain puolustusvoimien ja hallituksen käyttöön, ja SPS on tarkoitettu siviilien käyttöön. SPS:n käyttö on täysin ilmaista, se toimii kaikkialla maailmassa ja sitä saa käyttää kuka tahansa. SPS:n vaakasuuntainen tarkkuus on 13 m ja pystysuuntainen tarkkuus 22 m. [12]



Kuva 4. Mallikuva GPS-järjestelmän satelliiteista. Todellisuudessa satelliitit ovat huomattavasti pienempiä ja kauempana maan pinnasta [11].

GPS-moduuleita on tarjolla lukuisia ja myös useat mobiilimoduulit sisältävät GPS-moduulin. Aikaisemmin valitsemani 3G-moduuli UC20G sisältää myös GPS-moduulin, joten sitä voidaan käyttää myös GPS-paikannukseen.

3.2 Sijainnin selvittäminen käytännössä GPS:n ja UC20G moduulin avulla

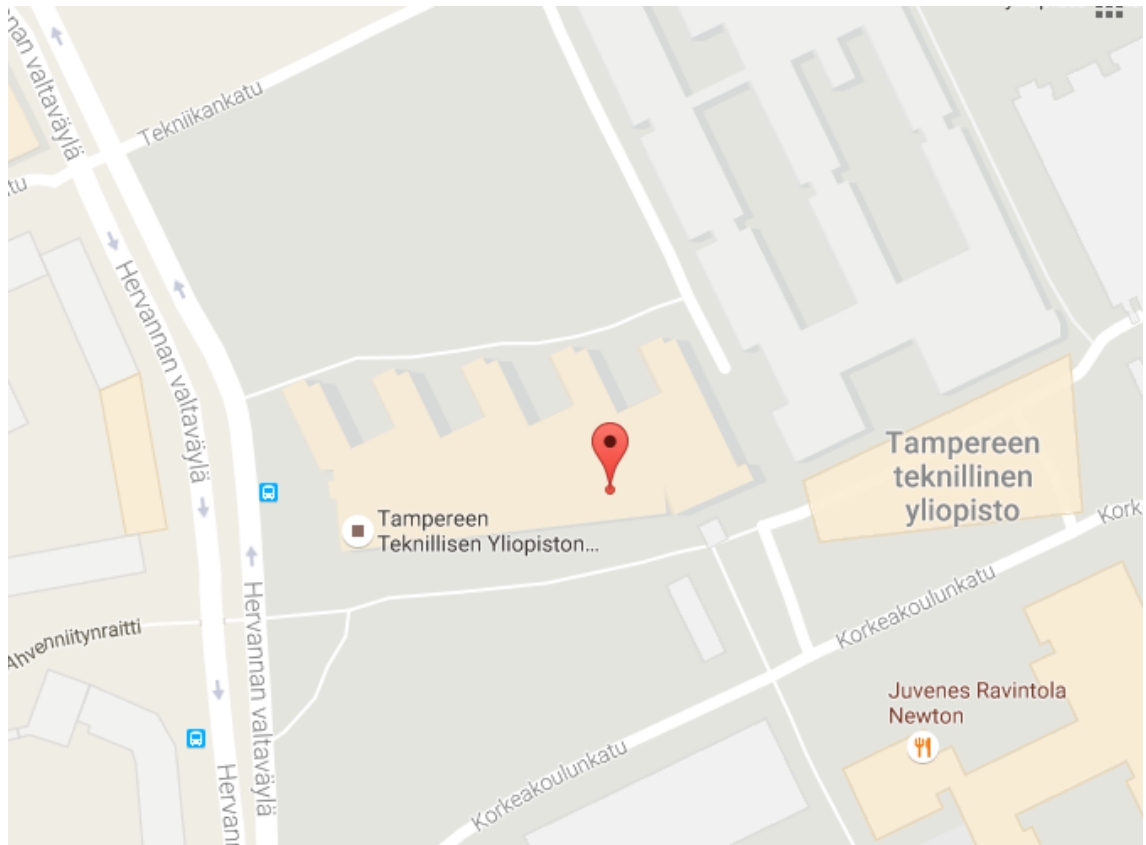
GPS:n käyttäminen Quectelin UC20G-moduulilla on erittäin helppoa. Moduulille lähetetään komento "AT+QGPS=1", jonka jälkeen moduuli vastaa "AT+QGPS=1" ja "OK". Tämä komento käynnistää moduulin GPS-lohkon. Tämän jälkeen moduuli alkaa itsenäisesti etsiä yhteyttä GPS-satelliitteihin. Yhteyden muodostukseen voi mennä jopa 15 minuuttia. Komennolla "AT+QGPSLOC?" moduulilta voi kysyä sijaintia. Jos sijaintia ei ole vielä saatu, moduuli vastaa "+CME ERROR", ja jos sijainti on jo saatu, moduuli vastaa sijainnin muodossa: ddm. mmmN/S, dddmm. mmmE/W, missä d:t ovat asteita ja m:t minuutteja. Lopuksi GPS-lohko on hyvä sulkea komennolla "AT+QGPSEND". [8]

Alla olevassa kuvassa 5 on esimerkki komennoista ja vastauksista. Punaisella on merkitty lähetetyt komennot ja mustalla vastaukset. Komennot suoritettiin TTY:llä luokassa TB212.

1. AT+QGPS=1
2. AT+QGPS=1
3. OK
4. AT+QGPSLOC?
5. AT+QGPSLOC?
6. +CME ERROR
7. AT+QGPSLOC?
8. AT+QGPSLOC?
9. +CME ERROR
10. AT+QGPSLOC?
11. AT+QGPSLOC?
12. +CME ERROR
13. AT+QGPSLOC?
14. AT+QGPSLOC?
15. +CME ERROR
16. AT+QGPSLOC?
17. AT+QGPSLOC?
18. +QGPSLOC: 165843.0,6126.9854N,02351.3832E,1.7,149.5,2,346.57,0.0,0.0,021216,06
19. OK
20. AT+QGPSEND
21. AT+QGPSEND
22. OK

***Kuva 5.** Esimerkki lähetetyistä komennoista ja vastaanotetuista viesteistä.*

Rivillä 18 moduuli on saanut sijainnin selville. Riviltä nähdään, että sijainti on 61°26,9854'N 23°51,3832'E. Kuvasta 6 nähdään, mihin nämä koordinaatit osuvat Googlen kartan mukaan.



Kuva 6. Karttakuva sijainnista $61^{\circ}26,9854'N$ $23^{\circ}51,3832'E$ [13].

GPS-paikannuksen hyvinä puolina on ilmaisuus ja se, että se toimii kaikkialla maailmassa. GPS-satelliittien radat on suunniteltu siten, että paikannus on mahdollista kaikkina ajanhetkinä kaikkialla maailmassa. Huonona puolena on kuitenkin se, että GPS-paikannus ei toimi luotettavasti sisätiloissa, sillä talojen rakenteet heikentävät GPS-signaalia liikaa.

4 WLAN-PAIKANNUS

WLAN-paikannus perustuu WLAN-tukiasemien BSSID-numeroihin (Basic Service Set Identifier eli langattoman lähiverkon verkkotunnus) sekä tietokantoihin, jotka sisältävät tukiasemien sijaintitiedot. BSSID on jokaiselle WLAN-tukiasemalle yksilöllinen tunnusluku, joten tukiasemat voidaan tunnistaa tämän luvun avulla. Kun lähellä olevat tukiasemat on tunnistettu ja niiden sijainti tunnetaan, laitteen sijainti voidaan laskea esimerkiksi trilateraation avulla [1].

Nykyään erillisiä WLAN-piirejä on lukuisia, jotka on nimenomaan suunniteltu WLAN-verkkoon liittymistä ja WLAN-tukiasemien etsimistä varten. Esimerkkinä tällaisista piireistä mainittakoon Espressif:in valmistamat ESP-sarjat piirit, jotka ovat laajasti käytettyjä, hyvin saatavilla ja halpoja [14]. Myös jokaisella tietokoneella, jossa on langaton verkkokortti, voidaan selvittää kaikkien kuuluvuusalueella olevien tukiasemien BSSID:t. Näitä tietoja vertailemalla tietokantoihin saadaan selvitettyä sijainti.

Jotta sijainti voitaisiin selvittää, pitää ensin tietää, mitkä kaikki WLAN-tukiasemat ovat kuuluvuusalueella. Windows-tietokoneilla tämän voi tehdä komentorivillä komennolla ”netsh wlan show networks mode=BSSID”. Tämä komento listaa kaikki kuuluvuusalueella olevat WLAN-tukiasemat ja niihin liittyvät BSSID-luvut muodossa, kuten alla olevasta kuvasta 7 nähdään.

```

SSID 4 : TUT
Network type           : Infrastructure
Authentication        : Open
Encryption            : None
BSSID 1                : 18:33:9d:fe:9e:20
  Signal               : 100%
  Radio type          : 802.11n
  Channel             : 6
  Basic rates (Mbps) : 11
  Other rates (Mbps) : 12 18 24 36 48 54
BSSID 2                : 04:da:d2:a7:2f:c0
  Signal               : 32%
  Radio type          : 802.11n
  Channel             : 11
  Basic rates (Mbps) : 11
  Other rates (Mbps) : 12 18 24 36 48 54
BSSID 3                : 18:33:9d:0c:06:f0
  Signal               : 44%
  Radio type          : 802.11n
  Channel             : 1
  Basic rates (Mbps) : 11
  Other rates (Mbps) : 12 18 24 36 48 54
BSSID 4                : cc:46:d6:97:c7:20
  Signal               : 34%
  Radio type          : 802.11n
  Channel             : 1
  Basic rates (Mbps) : 11
  Other rates (Mbps) : 12 18 24 36 48 54

```

Kuva 7. BSSID-esimerkki.

Kuvassa 7 on esitetty TTY:ltä löytyvän WLAN-tukiaseman ”TUT” tiedot ja siihen liittyvät BSSID-tiedot. Näistä kiinnostavia ovat rivit, joilla mainitaan ”BSSID” ja jokin

numero sen perässä. Näillä riveillä on myös pitkä lukujono heksadesimaalilukuja, jotka ovat BSSID-lukuja.

Tarjolla on useita palveluita, joiden avulla sijainnin pystyy selvittämään BSSID-lukujen avulla. Nämä kaikki ovat maksullisia. Palveluista osan maksut perustuvat kausimaksuihin ja osan hakujen määrään. Kaikkien peruseriaate on kuitenkin sama. Tällaiseen palveluun syötetään n kappaletta BSSID-lukuja ja palvelu palauttaa niiden avulla sijainnin koordinaatteina. Esimerkki tällaisen palvelun tarjoajasta on Combain. [15]

Edellä mainitun kaltaiset palveluntarjoajat omistavat suuria tietokantoja, joissa on tiedot eri tukiasemien BSSID-luvuista, sekä niiden sijainneista. Tietonsa ne saavat kerättyä esimerkiksi erilaisilla mobiilisovelluksilla, joita ihmiset asentavat puhelimiinsa vapaaehtoisesti tai pientä maksua vastaan. Eri laitevalmistajat kuten Google, Apple ja Microsoft voivat myös kerätä edellä mainittuja tietoja valmistamallaan mobiililaitteilla käyttäjänsä tietämättä [16]. Nämä sovellukset sitten tallentavat puhelimen kuuluvuus alueella olevien tukiasemien tiedot sekä puhelimen paikkatiedot. Tiedot lähetetään eteenpäin palveluntarjoajalle, joka tallentaa ne jälleen tietokantoihinsa. Näin ollen kyseiset palveluntarjoajat voivat selvittää sijainnin annettujen BSSID-lukujen avulla.

WLAN-paikannuksen hyvänä puolena on sen loistava tarkkuus ja parhaimmillaan paikannus onnistuukin jopa viiden metrin tarkkuudella [17]. Huonoina puolina on paikannuksen maksullisuus, sekä se, että paikannus toimii ainoastaan asutuskeskuksissa, joissa on runsaasti WLAN-tukiasemia

5 YHTEENVETO

5.1 Eri tekniikoiden vertailua

Kaikilla edellä käsitellyillä paikannusmenetelmillä, CID, GPS ja WLAN, paikannus on teknisesti helppo toteuttaa. Tarjolla on paljon moduuleita, jotka sisältävät sekä CID- että GPS-paikannukseen tarvittavat ominaisuudet. Myös WLAN-paikannukseen tarvittavia WLAN-moduuleita on tarjolla todella paljon erilaisia eivätkä ne ole kalliita. Kyseisillä moduuleilla itse paikannus onnistuu käytännössä muutamalla komennolla, joten eri tekniikoiden käyttöönotossa ei ole juurikaan eroa.

Tekniikoilla on kuitenkin eroja paikannuksen toimivuudessa, tarkkuudessa ja hinnassa. CID-paikannuksen ja GPS:n käyttö on täysin ilmaista, kun taas WLAN-paikannuksen käytöstä pitää maksaa päästäkseen käsiksi tarvittaviin tietokantoihin. GPS toimii kaikkialla maailmassa, CID-paikannus toimii kaikkialla, missä on puhelinverkko ja WLAN-paikannus toimii siellä, missä on WLAN-tukiasemia eli käytännössä ainoastaan asutuskeskuksissa. Koska rakennukset heikentävät GPS-signaaleja huomattavasti tai jopa kokonaan estävät niiden kulun, GPS toimii luotettavasti ainoastaan ulkona, kun taas CID- ja WLAN-paikannus toimivat kohtuullisesti myös sisätiloissa.

Jos tarvitaan paikannusta kaikkialla maailmassa eikä tarkkuusvaatimus ole kovin korkea, paras valinta on GPS. Jos paikannusta tarvitaan kaupunkien keskustoissa ja sisätiloissa, GPS ei todennäköisesti toimi. Tällöin paras valinta on CID-paikannus, jos paikannuksesta ei haluta maksaa. Jos taas halutaan parasta tarkkuuta, paikannus tapahtuu kaupunkien keskustoissa ja siitä ollaan valmiita maksamaan, paras valinta on WLAN-paikannus.

5.2 Päätelmät

Tässä työssä tutkittiin kolmea erilaista tapaa selvittää sijainti, WLAN-, CID- ja GPS-paikannusta. Työn tarkoituksena oli selvittää paras tapa paikantaa lääketieteellinen hoitolaite sairaalaympäristössä vertailemalla edellä mainittuja tekniikoita ja niiden käytettävyyttä.

Tässä tapauksessa paikannuksen tulee onnistua sisätiloissa, joten GPS ei ole paras vaihtoehto. Paikannuksen tarkkuudeksi riittää rakennuksen tarkkuus eli joidenkin satojen metrien tarkkuus. Näin ollen WLAN-paikannuksen tarkkuus ei ole tarpeellinen eikä siitä kannata maksaa. Paras paikannusmenetelmä tähän tarkoitukseen on CID-paikannus. Se on ilmainen, se toimii myös sisällä ja sen tarkkuus riittää paikantamaan laitteen rakennuksen tarkkuudella.

Näistä vaihtoehdoista päädyin valitsemaan GPS:n ja CID-paikannuksen yhdistelmän. Tämä yhdistelmä käytännössä siitä syystä, että CID-paikannus on sovellukseen kaikkein

paras ja käytössä on moduuli, joka tukee samalla GPS-paikannusta, joten sen käytöstä ei koidu ylimääräistä vaivaa eikä kustannuksia.

Tässä työssä mielestäni hyvin onnistui eri tekniikoiden toiminnan selvittäminen ja testaaminen. Onnistuin paikantamaan laitteen kaikilla kolmella tutkitulla menetelmällä. Parannettavaa työssä oli aikataulutusta ja sen noudattaminen. Itse suunnittelemani aikataulu oli liian optimistinen minulle, enkä pystynyt sitä noudattamaan.

Yrityksille saattaa olla mielenkiintoista myös mahdollisuus paikantaa laitteitaan niiden kuljetuksen aikana asiakkaalle, sekä erilaisten laitteeseen kuljetuksen aikana kohdistuvien voimien tarkkailu. Tämä mahdollistaisi varmistumisen siitä, ettei herkille laitteille ole aiheutunut vahinkoja kuljetuksen aikana. Tällainen matkan aikana tapahtuva paikannus sekä muu anturointi ovat kuitenkin jo haastavampaa, sillä huomioon pitäisi ottaa muun muassa antureiden virran saanti kuljetuksen aikana sekä paikannukseen tarvittavien signaalien kuuluvuus kuljetuslaukun sisälle.

LÄHTEET

- [1] J. Perttula, ”Paikkatietoisen palvelun kehittäminen, Mobiililaitteiden paikannus ja karttapalvelut,” Hämeen ammattikorkeakoulu, Riihimäki, 2013.
- [2] A. Shafqat ja C. Enhong, ”Spatial Outlier Detection for Mobility Profile Mining,” *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, osa/vuosik. 3, nro 3, p. 68, 2012.
- [3] ITU, ”ITU Operational Bulletin No.1096,” 15 3 2016. Saatavilla: http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/sp/T-SP-OB.1096-2016-OAS-PDF-E.pdf. [Haettu 1 11 2016].
- [4] Wikipedia, ”Teleoperaattori,” 19 3 2013. Saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Teleoperaattori>. [Haettu 2 11 2016].
- [5] F. Durda, ”The AT Command Set Reference - History,” 2004. Saatavilla: <http://nemesis.lonestar.org/reference/telecom/modems/at/history.html>. [Haettu 30 8 2017].
- [6] S. A. Nusrat, ”Introduction to AT commands and its uses,” 4 6 2010. Saatavilla: <https://www.codeproject.com/Articles/85636/Introduction-to-AT-commands-and-its-uses>. [Haettu 30 8 2017].
- [7] S. Zhu, Interviewee, *Field application engineer*. [Haastattelu]. 17 11 2016.
- [8] Quectel, ”UC20G GNSS AT Command Manual,” 30 11 2015. Saatavilla: http://www.quectel.com/UploadImage/Downlad/Quectel_UC20_GNSS_AT_Commands_Manual_V1.1.pdf. [Haettu 12 2 2016].
- [9] Mozilla Location Service, ”Mozilla Location Service, Downloads,” 2016. Saatavilla: <https://location.services.mozilla.com/downloads>. [Haettu 17 11 2016].
- [10] A. Pellinen, ”Sisätalapaikannus mobiililaitella,” Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampere, 2015.
- [11] NASA, ”Global Positioning System,” 4 8 2017. Saatavilla: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS.html>. [Haettu 30 8 2017].
- [12] E. D. Kaplan ja C. J. Hegarty, *Uderstandin GPS Principles and Applications*, Norwood: Artech House Inc., 2006.

- [13] Google, "Google Maps," 2016. Saatavilla:
<https://www.google.fi/maps/place/61%C2%B026'59.1%22N+23%C2%B051'23.0%22E/@61.4497567,23.854198,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d61.4497567!4d23.8563867>. [Haettu 2 12 2016].
- [14] Espressif, "Espressif Modules," 2017. Saatavilla:
<http://espressif.com/en/products/hardware/modules>. [Haettu 11 12 2017].
- [15] Combain, "Combain - positioning solutions," 2016. Saatavilla:
<https://combain.com/api/>. [Haettu 2 12 2016].
- [16] S. J. Vaughan-Nichols, "How Google--and everyone else--gets Wi-Fi location data," 16 11 2011. Saatavilla: <http://www.zdnet.com/article/how-google-and-everyone-else-gets-wi-fi-location-data/>. [Haettu 7 12 2017].
- [17] E. Gaudlitz, "Indoor Navigation Using Wi-Fi as a Positioning Technology," 29 7 2015. Saatavilla: <https://www.infsoft.com/blog-en/articleid/40/indoor-navigation-using-wifi-as-a-positioning-technology>. [Haettu 13 12 2017].