

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Tuotantotalouden tiedekunta
Tietotekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

Rasmus Halsas

IKKUNA VIRTUAALIYMPÄRISTÖÖN

Työn ohjaaja(t): Tutkijaopettaja Jouni Ikonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Tuotantotalouden tiedekunta
Tietotekniikan koulutusohjelma

Rasmus Halsas

IKKUNA VIRTUAALIYMPÄRISTÖÖN

Kandidaatintyö

2014

28 sivua, 12 kuvaa, 1 taulukko

Työn tarkastaja: Tutkijaopettaja Jouni Ikonen

Työn ohjaaja: Tutkijaopettaja Jouni Ikonen

Hakusanat: Virtuaaliympäristö, Bluetooth, location

Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena on rakentaa käyttäjien laitteiden sijaintia monitoroiva järjestelmä luokkahuonetilaan. Sijaintitiedot siirretään visualisointiohjelmistoon, joka näyttää laitteet virtuaaliympäristössä. Työssä käydään läpi jo olemassa olevat toteutukset ja käydään lävitse käytettyjen työkalujen valintaperusteet. Työn toteutus kuvataan suunnittelusta toteutukseen. Työssä tehdään 3 erillistä testiä, joista saaduilla tuloksia käytetään tutkimusongelmien ratkaisussa.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology and Management
Computer Science Degree Program

Rasmus Halsas

WINDOW TO VIRTUAL ENVIRONMENT

Bachelor of Science Thesis

2014

28 pages, 12 figures, 1 table

Thesis Examiner: Associate Professor Jouni Ikonen

Thesis Supervisor: Associate Professor Jouni Ikonen

Keywords: Virtual environment, Bluetooth, location

This goal of this bachelor thesis is to build location monitoring system, to locate users' devices, for class-room space. Location data is transferred to the visualization program, which will display the devices in a virtual environment. The study goes through the existing implementations and discusses the reasons why specific tools were used to build this system. The process of building the system is described from planning to implementation. Three tests will be done with the implemented system, and the gained information will be used to solve the study problems.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	KIRJALLISUUS	4
3	VIRTUAALI-IKKUNA	6
3.1	LAITTEISTO	8
3.2	OHJELMISTO	12
3.3	SKENAARIO – KÄYTTÄJÄ	12
3.4	TYÖN RAKENNE	13
4	TESTIT	16
4.1	TESTI 1.	17
4.2	TESTI 2.	18
4.3	TESTI 3.	20
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
	LÄHTEET	26

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

NFC	Near-Field Communication
MAC	Media Access Control
RFID	Radio-Frequency Identification
RSSI	Received Signal Strength Indication
WLAN	Wireless Local Area Network

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on rakentaa käyttäjien laitteiden sijaintia monitoroiva järjestelmä luokkahuonetilaan, sekä toteuttaa virtuaaliympäristö jossa käyttäjien laitteet näkyvät. Käyttäjien laitteiden saapuessa monitoroivan järjestelmän kantamalle, laitteet näkyvät virtuaaliympäristössä näyttöpäätteellä. Näyttöpäätte on ikkuna virtuaaliympäristöön, joka luodaan työssä.

Työssä pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten luokkahuonetilassa olevat käyttäjien laitteet saadaan näkymään virtuaaliympäristössä?
2. Millaisissa tilanteissa rakennettavaa monitorointijärjestelmää voitaisiin käyttää?
3. Mikä on luokkahuonetilassa toimivalle monitorointijärjestelmälle sopivin tekniikka?

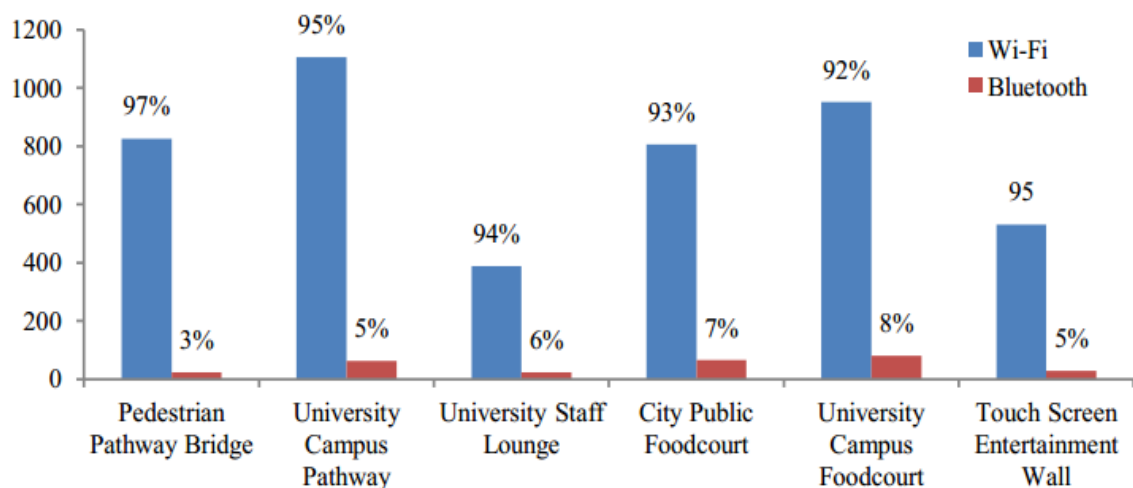
Työssä tutkitaan virtuaaliympäristön ja sitä mahdollistavan järjestelmän käytössä ilmeneviä heikkouksia ja vahvuuksia, kuten laitteiden tunnistamisen nopeutta ja luotettavuutta. Aluksi tavoitteena on saada käyttäjien sijainnin monitorointi toimimaan. Viimeiseksi työssä toteutetaan virtuaaliympäristö, johon kaikki käyttäjien laitteet tulevat näkyviin. Monitoroinnin kantamalla olevat laitteet näkyvät virtuaaliympäristön näyttävästä ruudusta, eli ikkunasta.

Luvussa 2 käsitellään ja eritellään yhteneväisyyksiä samankaltaisiin tutkimuksiin. Luvussa 3 esitellään rakennettava järjestelmä, sekä käydään läpi järjestelmän laitteet ja toteutettavat osat. Lopuksi käydään läpi ja järjestelmän rakentamisen eri vaiheet. Luvussa 4 käsitellään testituloksia ja kerrotaan testiympäristöissä tapahtuvista testitapahtumista. Luvussa 5 analysoidaan tulokset ja vastataan tutkimuskysymyksiin.

2 KIRJALLISUUS

Valmiita ratkaisuja monitorointijärjestelmän perustaksi löytyy ja toteutustapoja on useita. Käsiteltävät järjestelmät ovat toteutettu WLAN:n (Wireless Local Area Network), RFID:n (Radio Frequency Identification Device)[1], NFC:n (Near-Field Communication)[2], Bluetoothin[3] ja ZigBee:n[4] avulla.

Naeim Adebi, Ashish Bhaskar ja Edward Chungin teettämässä tutkimuksessa [5, p. 15] käsiteltiin joukkojen monitorointia MAC(Media Access Control)-osoitteen avulla. Tutkimuksessa hyödynnettiin Bluetooth ja WLAN -tekniikoita ja vertailtiin hyötyjä, haasteita ja parannusehdotuksia. Tutkimuksessa käyttäjien tunnistamiseen käytetään MAC-osoitetta sen yksilöllisen muodon vuoksi.



Kuva 1. Bluetoothin ja Wi-Fi:n suosio käyttäjien laitteissa, joita monitorointiin tutkimuksessa. [5, p. 7]

Tutkimuksessa testattiin käyttäjien käyttämien laitteiden laitejakaumaa Bluetooth ja WLAN:n suhteen. Kuvassa 1 näytettävät tulokset kertovat Bluetoothin käytön vähäisyydestä verrattuna WLAN:iin, joka myös suoriutui tunnistautumisesta nopeammin ja tehokkaammin.

Ahmad Al Rifain tutkimus keskittyi käsittelemään WLAN:n, RFID:n ja Bluetoothin yhdistämistä käyttäjien sijainnin monitoroinnissa. Tutkimuksessa oli tarkoituksena käyttää jo olemassa olevaa WLAN – verkkoa käyttäjien sijainnin monitorointiin ja parantaa sitä Bluetoothin ja RFID:n avulla. Lentokentällä WLAN:n jakoi käyttäjille internetyhteden, jonka käyttäjiä pystyttiin WLAN:n avulla paikantamaan seuraamalla signaalin vahvuutta.[6]

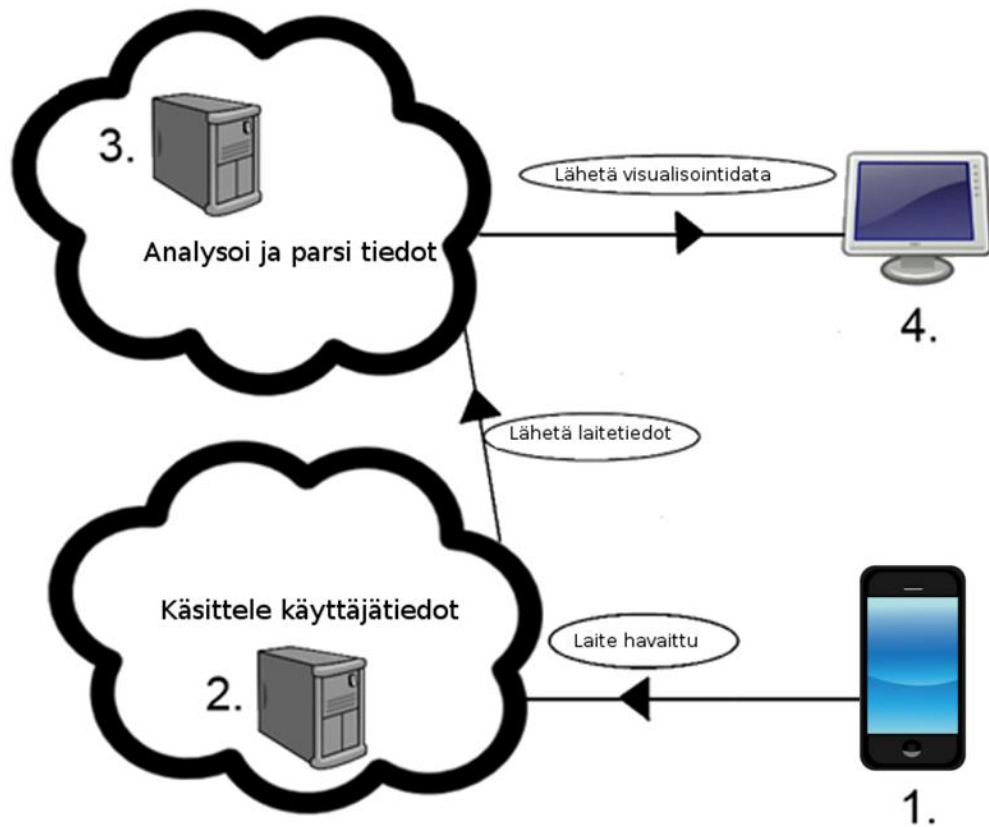
Edellä mainitut tutkimukset osoittavat Bluetoothin, WLAN:n ja RFID:n sopivuuden järjestelmän toteutukseen. Järjestelmää ei kuitenkaan ole välttämätöntä toteuttaa itse alusta alkaen. Valmiita ratkaisuja ovat esimerkiksi ZigBee:llä toteutettu Freescale[7] ja RFID:tä hyödyntäviä seurantajärjestelmiä toteuttanut Intellex[8]. Myös Bluetoothin avulla on toteutettu laajempia seurantajärjestelmiä, kuten esimerkiksi Lontoon olympialaisissa toiminut järjestelmä [9]. Järjestelmä kertoi Bluetoothin avulla reaaliajassa väkijoukkojen liikkeistä. Testissä useampi Bluetoothia hyödyntävä monitorointilaitte välittää tietonsa keskusjärjestelmälle, joka yhdistää tuloksista kokonaiskuvan. Työn tavoitteena on rakentaa samankaltainen monitorointijärjestelmä yhdistettynä virtuaaliympäristöön, joskin pienemmässä mittakaavassa.

Työn tavoitteena on tunnistaa monitoroinnin kantamalle tulevat, kantamalla olevat ja kantamalta poistuvat -laitteet. Varsinainen sijainnin tarkka monitorointi ei siis kuulu alustaviin järjestelmävaatimuksiin. Järjestelmää jatkokehitysmahdollisuuksien vuoksi olisi tärkeää kartoittaa työkalut tarkan sijainnin määrittämiseen. Sijainnin määrittäminen olisi mahdollista seuraamalla laitteiden lähettämien signaalien vahvuutta. RSSI (Received Signal Strength Indication) parametrin arvo kertoo monitoroivan lähettimen signaalin voimakkuutta, eli mitä kauempana laite on, sitä heikomman signaalin se lähettää kantamalle olevaan monitorointilaitteeseen. [10, p. 1] Arvon perusteella voidaan arvioida etäisyyksiä. Sisätiloissa tulee kuitenkin ongelmia, sillä RSSI toimii tarkasti jos paikannettavan esineen ja vastaanottajan välisellä matkalla ei ole fyysisiä esteitä. Samassa tilassa olevista laitteista tuleva taustakohina aiheuttaa häiriöitä ja epätarkkuuksia. [10, p.5]

3 VIRTUAALI-IKKUNA

Työssä luodaan virtuaaliympäristö, johon tallennetaan kaikki sijaintimonitoroinnin kantamalla olevat yhteensopivat laitteet. Virtuaali-ikkuna ja käyttäjien laitteita monitoroiva järjestelmä, koostuvat palvelimesta, tunnistautumislaitteesta, visualisointiohjelmistosta, visualisointiohjelmistoa suorittavasta laitteistosta ja näytöstä.

Kuvassa 2 on karkea kuvaus järjestelmän toteutuksesta. Kuvassa on viisi tärkeää elementtiä: monitorointilaitte, monitorointiohjelmisto, välittäjäohjelmisto, visualisointiohjelmisto, ja näyttö. Kuvassa 3. näytetään tiedonvirtaussuunnat eri järjestelmän osien välillä. Järjestelmä monitoroi lähiympäristön Bluetooth-laitteita ja lähettää laitteiden nimen ja MAC-osoitteen monitorointiohjelmiston käsiteltäväksi. Monitorointiohjelmisto parsii tiedon tallennettavaan muotoon ja tallentaa datan tietokantaan. Se lähettää tiedot uusista tai poistuvista laitteista välittäjäohjelmistolle, jolla on suora yhteys visualisointiohjelmistoon. Visualisointiohjelmisto kutsuu välittäjäohjelmistoa, joka lähettää vastauksena tiedot uusista ja/tai poistuvista laitteista. Lopuksi visualisointiohjelmisto tekee toiminnot välittäjäohjelmistolta saatujen päivitysten mukaan ja piirtää ruudulle hahmoja, jotka kuvastavat monitoroinnin säteellä olevia Bluetooth-laitteita.



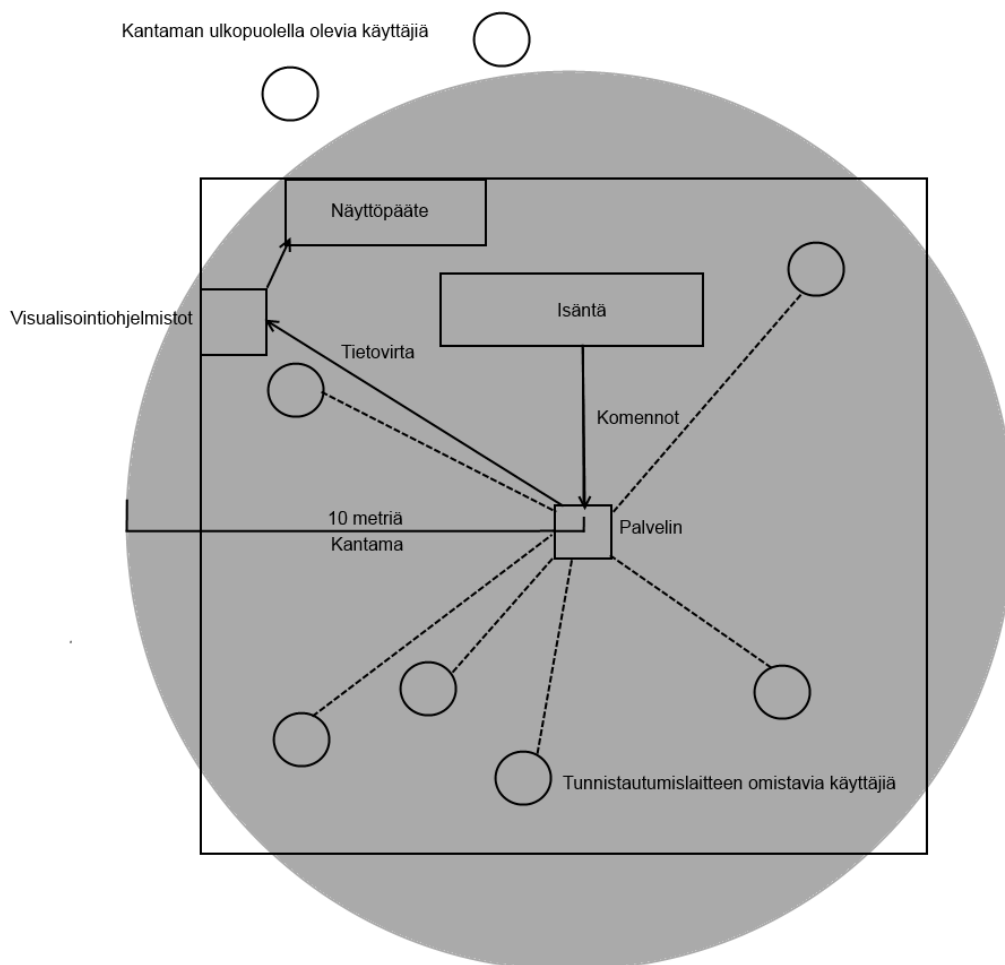
Kuva 2. Karkea kuvaus järjestelmän reaali maailman toteutuksesta

1. Monitorointilaite
2. Monitoriohjelmisto
3. Välittäjäohjelmisto
4. Visualisointiohjelmisto ja näyttö

3.1 Laitteisto

Palvelin on tietokonejärjestelmä, joka kannattelee rajapintaohjelmistoa. Se monitoroi onko tunnistettavia laitteita sen kantamalla. Palvelin käsittelee sille laitteilta saapuvan tietovirran ja lähettää sen eteenpäin visualisointiohjelmistolle.

Tavoitteena on löytää tekniikka, jonka avulla voidaan monitoroida käyttäjää n. 5-10 m säteellä luokkatilanteessa. Kuva 3 kuvaa järjestelmän toimintaa luokkatilanteessa. Palvelin monitoroi kantamalla (10 m) olevia tunnistettavia laitteita ja vastaanottaa tietoa niiltä. Isäntä antaa käskyjä palvelimelle, jonka mukaan palvelin lähettää muutoskäskyt edelleen visualisointiohjelmistolle.



Kuva 3. Järjestelmän toiminta luokkatilanteessa

Laitteiden monitorointiin tulee valita sopiva tekniikka. NFC (near-field communication), RFID (radio-frequency identification), WLAN (wireless local area network) ja Bluetooth ovat kaikki mahdollisia valintoja, joilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Olen listannut eri monitorointiin sopivien tekniikoiden kantamat oheiseen taulukkoon.

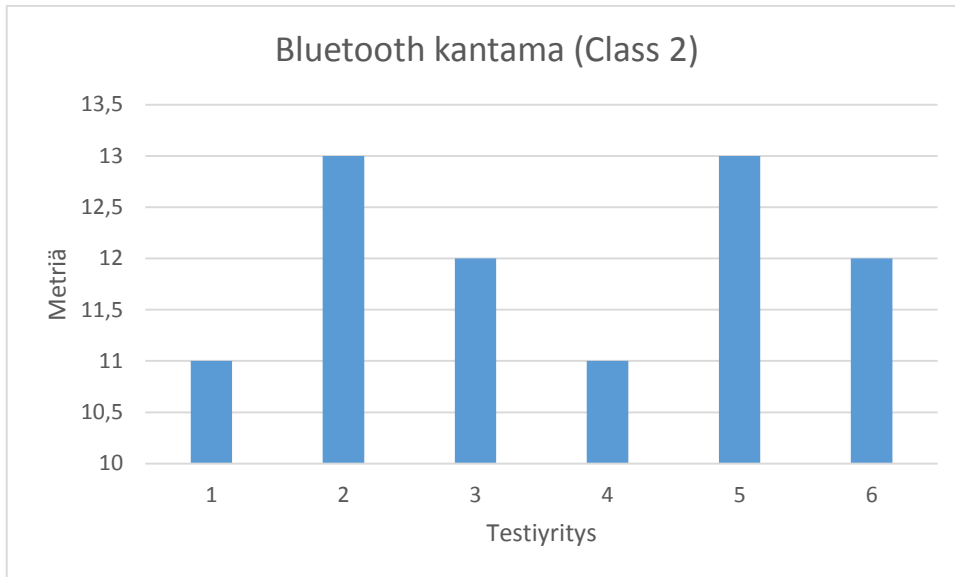
	NFC	Bluetooth	WLAN	RFID	ZigBee
Kantama	0.30 m	(10 m Class 2) (100 m Class 1)	100 m	1 m	100 m

Taulukko 1. Langattomien yhteystekniikoiden kantamia kuvaava taulukko on koostettu kokoamalla tiedot neljästä eri lähteestä: [2][3][4][11]

Tavoitteena työssä on monitoroida käyttäjien laitteita keskikokoisessa huonetilassa. NFC ja RFID suljetaan tarkastelun ulkopuolelle niiden työlle riittämättömän kantaman vuoksi. WLAN:n ja ZigBeen potentiaalinen kantama, 100 metriä, on työlle liian paljon, ja työssä halutaan monitoroida vain rajattua n. 10 m säteellä olevaa aluetta.

Testasin Class 2 Bluetooth-laitteella (Targus USB Bluetooth Adapter) kantamaa huonetilassa. Testitapahtuma toteutettiin asettamalla Bluetooth-laitteita monitoroiva laite huonetilaan. Bluetooth-laitteen kanssa lähestyttiin monitoroivaa laitetta oletetun kantaman ulkopuolelta (n. 50 metriä). Kun monitoroiva laite havaitsi Bluetooth-laitteen, mitattiin matka ja lisättiin tulos taulukkoon. Testi toistettiin kuusi kertaa, ja tulokset kertoivat kantaman vaihtelevan välillä 11 – 13 metriä. Class 1 Bluetooth -laitteella ilmoitetaan 100 m kantama optimiolosuhteissa. Liian suuri kantama tulisi olemaan ongelma työssä, joten testasin vain potentiaalisinta tekniikkaa, eli Class 2 Bluetooth-laitetta. Kuva 4 näyttää tulokset testitapahtumasta,

jossa testattiin Bluetoothin kantamaa. Testituloksista voidaan nähdä, että keskimääräinen etäisyys Class 2 Bluetooth-laitteella on 12 metriä.



Kuva 4. Bluetooth kantaman testitulokset

Parhaiten halutut määritteet toteuttaa Bluetooth. RFID ja NFC:n suurimmat heikkoudet ovat kantamissa. RFID tarvitsisi erillisen tagin, jotta testi voitaisiin toteuttaa. Bluetooth ja WLAN käyttäviä laitteita on käytössä suurimmalla osalla ihmisistä, kuten Naeim Adebi et al. tutkimuksessa todettiin. WLAN:a on kytketty päälle Bluetoothia useammin. 100 metrin kantama voi kuitenkin osoittautua ongelmaksi halkaisijaltaan 10 metrin tilan monitoroinnissa. Järjestelmässä halutaan monitoroida rajatumpaa aluetta. Yhteyksien rajaaminen voi olla tiiviisti rakennetussa rakennuksessa ongelmallista, sillä yhteyksiä saadaan kaikkialta 100 metrin alueelta, myös alemmista ja ylemmistä kerroksista.

Valitsen Bluetooth -tekniikan toteutukseen. Bluetooth-laite voi olla esimerkiksi älypuhelin, jossa on Bluetooth toiminnallisuus. Bluetooth-laitteen laitetunnus näkyy palvelimen monitoroinnissa, kun laite on kantamalla. Laitteesta havaitaan laitteen nimi ja MAC-osoite tiedustelupalvelun avulla. Monitorointiohjelmiston pääasiallinen tehtävä on monitoroida onko laite palvelimen Bluetooth vastaanottimen kantamalla.

Työssä käytetty ”ikkuna” on näyttöpääte, joka visualisoi visualisointiohjelmiston käskyjen mukaisesti tapahtumat ruudulle.

RSSI (Received Signal Strength Indication) käytetään langattomissa seurantajärjestelmissä määrittelemään käyttäjien etäisyyttä monitorointipisteestä. Ambili Thottam Parameswaran et al. -tutkimus [10, p. 5] osoittaa, että RSSI:tä käyttämällä testitulokset ovat hyvin epätasaisia. Laitekannan heterogeenisyys tekee RSSI:n hyödyntämisestä epäluotettavaa [12, p. 49] Virheen määrä kasvaa etäisyyden mukaan ja näin ollen järjestelmässä [10, p. 5], jossa tarkka sijaintidata ei ole tarpeellista ja olisi lähinnä ylimääräinen lisäys, ei ole tarpeellista toteuttaa RSSI:llä toimivaa paikannusta.

Osa laitteista vaatii käyttäjältä aktiivisia toimia, kuten parittaminen, jotta näkyvyys laitteeseen saadaan aikaseksi. Parittamisella on kuitenkin rajoituksia riippuen parituksen tavasta. Aktiivisessa tiedonsiirrossa yhdellä ylläpitävällä laitteella voi olla enintään seitsemän yhteyttä samanaikaisesti [3, p. 197]. Järjestelmä tulisi kuitenkin periaatteeltaan toimia itsenäisesti taustalla tietoa keräten. Parittamisessa pohjautuessa itse seuranta olisi valinnaista ja ei näin palvelisi järjestelmän huomaamatonta seurantaa.

Ratkaisuksi muodostuukin Bluetooth laitteiden tiedustelutoiminnallisuus. Yläraja tiedustelulla löydettäviin laitteisiin ei ole [3, p. 197]. Laitekohtaisia rajoitteita löytyy eri valmistajilta. Android-käyttöjärjestelmää käyttävillä laitteilla on rajoite monitoroinnin kannalta. *”Android-powered devices are not discoverable by default. A user can make the device discoverable for a limited time through the system settings...”*Android -laitteista saa päälle ”Broadcast” –asetuksen, joka ajastimen mukaan pitää laitetta näkyvissä määritetyn ajan [13]. Muista suurista käyttöjärjestelmistä (iOS [14] ja Windows Phone [15]) ei löytynyt vastaavanlaista rajoitetta.

3.2 Ohjelmisto

Ohjelmisto koostuu kolmesta erillisestä osasta, jotka keskustelevat keskenään. Monitorointiohjelmisto toteutetaan Python -ohjelmointikielellä, käyttäen apuna PyBluez [16] -kirjastoa. Monitoroinnin havaitsemia tapahtumia varten rakennettiin tietokanta, johon tallennetaan esimerkiksi: kantamalle saapuminen ja siltä poistuminen. Myös havaitun laitteen nimi, MAC-osoite ja aikaleima tallennetaan tietokantaan. Tietokannassa olevia tietoja käytetään tutkimuksessa analysoitaessa ihmisten käyttäytymistä, sekä järjestelmän toimivuutta. Tiedot uusista laitteista lähetetään edelleen välittäjäohjelmistolle

Välittäjäohjelmisto hoitaa tiedon parsimisen ja tallentaa päivitysviestit laitteista; Esimerkiksi: "Laite 1. Poistui – MAC-osoite XXXX:X:X:X:XX, Laite 2. Lisätty – MAC-osoite XXXX:X:X:X:XXX". Ohjelmisto on toteutettu Javascriptillä käyttäen NodeJS [17] –palvelinkirjastoa. Tiedot lähetetään visualisointipalvelimelle, joka hakee uudet tiedot säännöllisin väliajoin. Välittäjäohjelmisto on tarpeellinen, jos käytössä on useampi kuin yksi visualisointi tai monitorointiohjelmisto.

Visualisointiohjelmisto on toteutettu Javascriptillä käyttäen ImpactJS [18] ja jQuery [19] -kirjastoja. Ohjelmisto pyytää tietoja välittäjäohjelmistolta säännöllisin väliajoin. Päivitettyjen tietojen avulla käyttäjät piirretään ruudulle oikeiden tunnisteen kanssa.

3.3 Skenaario – Käyttäjä

Käyttäjä Matti tulee virtuaaliympäristön käyttäjä monitoroivan palvelimen kantamalle. Palvelimen tietokannasta ei löydy vastaavaa MAC (Media Access Control) –osoitetta ja laitetunnusta. Tiedot käyttäjänä saapumisesta alueelle tallennetaan tietokantaan. Tiedot uudesta laitteesta lähetetään edelleen välittäjäpalvelimelle.

Hetken kuluttua ikkunaan toimivaan monitoriin ilmestyy hyppimään hahmo, jolla on nimenä Matti laitteen nimi. Matti on innoissaan uudesta virtuaaliympäristöstä ja jää ihmettelemään järjestelmää hetkeksi. Ikkunassa hyppivä hahmo kasvaa sitä mukaa, mitä kauemmin Matti odottelee. Taukojen aikana useita muita käyttäjiä poistuu monitorin kantamalta. Kantamalta poistuminen näkyy ikkunassa ensin himmentyvänä ja lopulta poistuvana hahmona. Käyttäjien palatessa tauolta huonetilaan, vanhat käyttäjät tunnistetaan heidän vanhat käyttäjät ilmestyvät takaisin ikkunaan.

Tapahduman jälkeen Matti tarkastelee hahmoaan ruudulta. Hän näkee hahmojen häviävän ruudulta yksi toisensa jälkeen, kun muut käyttäjät poistuvat alueelta. Lopuksi hänkin poistuu ja hänen hahmonsa katoaa ruudulta.

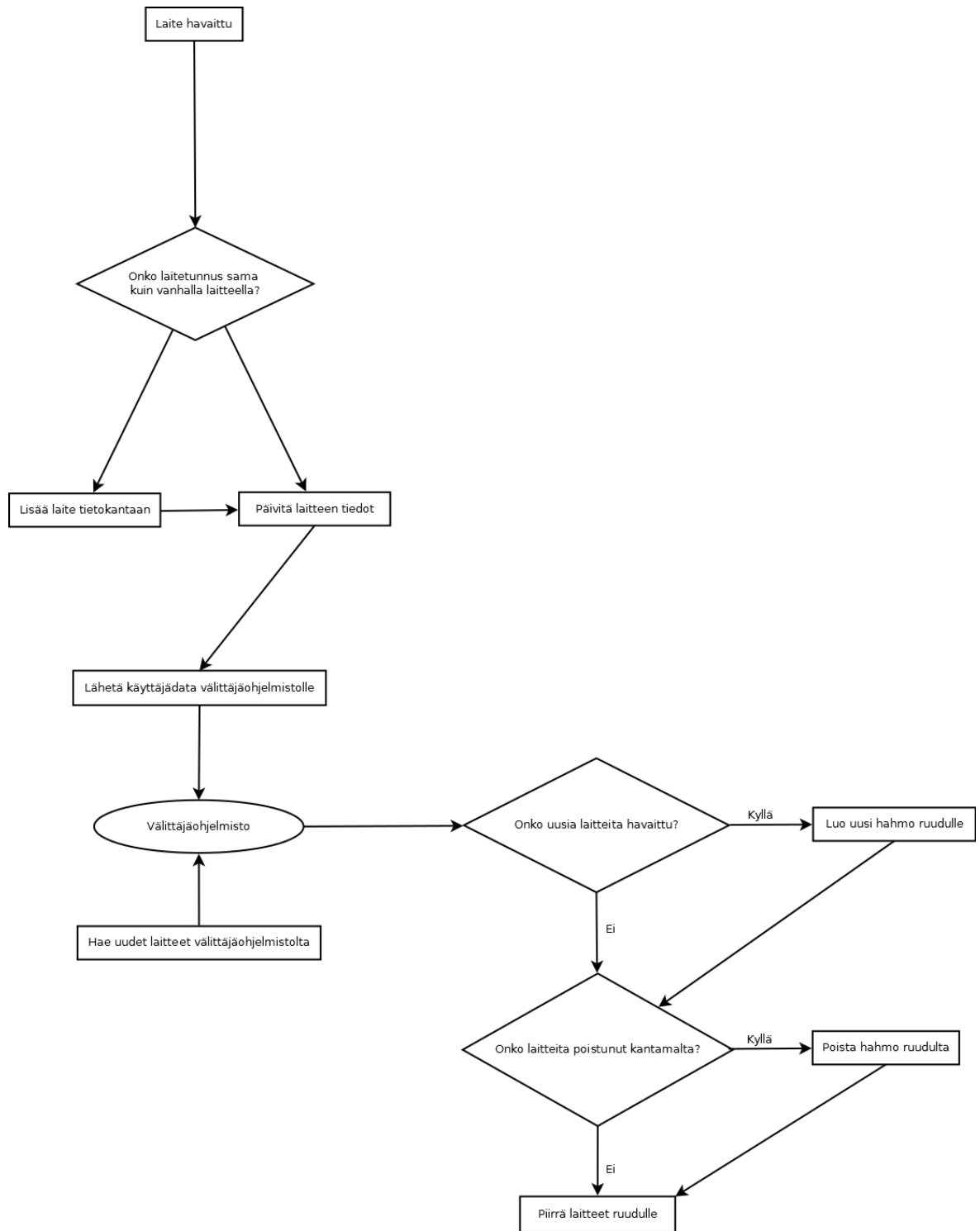
3.4 Työn rakenne

Työ koostuu kolmesta vaiheesta: Käyttäjien monitoroinnin toteutus, käyttäjien tunnistus ja käyttäjien visualisointi.

Monitoroinnin toteutus on tärkein osuus työstä, sillä se luo pohjan kaikille sen jälkeen toteutetuille ominaisuuksille. Rakennan monitorointijärjestelmän, joka vastaanottaa ja monitoroi käyttäjien laitteita. Järjestelmä keskustelee välittäjäohjelmiston kautta visualisointiohjelmalle. Visualisointiohjelmisto käsittelee tiedon ja muokkaa näytettävää grafiikkaa muuttuneen tiedon mukaan.

Monitoroitavien laitteiden tunnistaminen ja rekisteröinti on olennaista järjestelmän kannalta. Sen puuttuminen ei kuitenkaan estä perusominaisuuksien rakentamista ja siksi se tehdään tarvittavien perusrakenteiden jälkeen. Signaalit ja niitä lähettävät laitteet erotellaan ja tunnistetaan erillisiksi käyttäjiksi. Käyttäjä rekisteröidään palvelinohjelmistolle, joka sen jälkeen automaattisesti tunnistaa käyttäjän laitetonnuksen. Kun laitetonnuksen on havaittu, niin hetken kuluttua käyttäjää kuvastava hahmo on näkyvissä komentorivillä.

Kuvassa 5 on valmiin järjestelmän logiikka ja tietovirta ohjelmavuokaaviolla toteutettuna. Kuva näyttää, miten järjestelmä hoitaa erilaiset vastaantulevat tilanteet. Kuvassa käydään läpi alusta alkaen mitä tapahtuu uuden käyttäjän saapuminen palvelimen monitoroinnin kantamalle.



Kuva 5. Järjestelmän logiikka ja tietovirta ohjelmavuokaaviolla toteutettuna

4 TESTIT

Testien 1. ja 2. tavoitteena on kerätä tietoa järjestelmän toiminnasta testiympäristössä. Tietoa kerätään yhteisyritysten laitejakaumasta ja laitteiden näkymisestä kantamalla. Testit 1. ja 2. ovat käyttäjän näkymättömissä, eli ”ikkunaa” virtuaaliympäristöön ei testeissä ole. Testien tavoitteena on testata järjestelmän toimivuutta kahdessa erilaisessa sijainnissa.

Testien kaksi tallennettavaa parametria ovat: yhteisyritysten määrä ja laitteiden näkymisajat. Bluetooth-laitteet on määritetty katoamaan monitoroinnilta, jos laite ei ole näkynyt kantamalla 60 sekuntiin. Näkymisaikoihin vaikuttaa käytetty tekniikka ja sen tuomat rajoitteet. Hypoteesi on, että sijainti vaikuttaa oleellisesti laitteiden aiheuttamien yhteisyritysten määrään, sekä laitteiden näkymisaikoihin.

Mahdollisimman vilkkaasti liikennöity testiympäristö olisi tarpeellinen Testi 3. toteutuksen kannalta. Testi 3. kerätään samalla tavalla tietoa järjestelmän toiminnasta testiympäristö, mutta tällä kertaa käyttäjät ovat tietoisia järjestelmästä. Testi 3. on valmiina lopullisen järjestelmän kaikki elementit, eli monitorointijärjestelmän lisäksi; virtuaaliympäristö ja sitä kuvastava näyttöpäätte. Käyttäjien ollessa tietoisia järjestelmästä, hypoteettisesti kiinnostuneet käyttäjät haluavat saada hahmonsä näkyviin virtuaaliympäristöön.

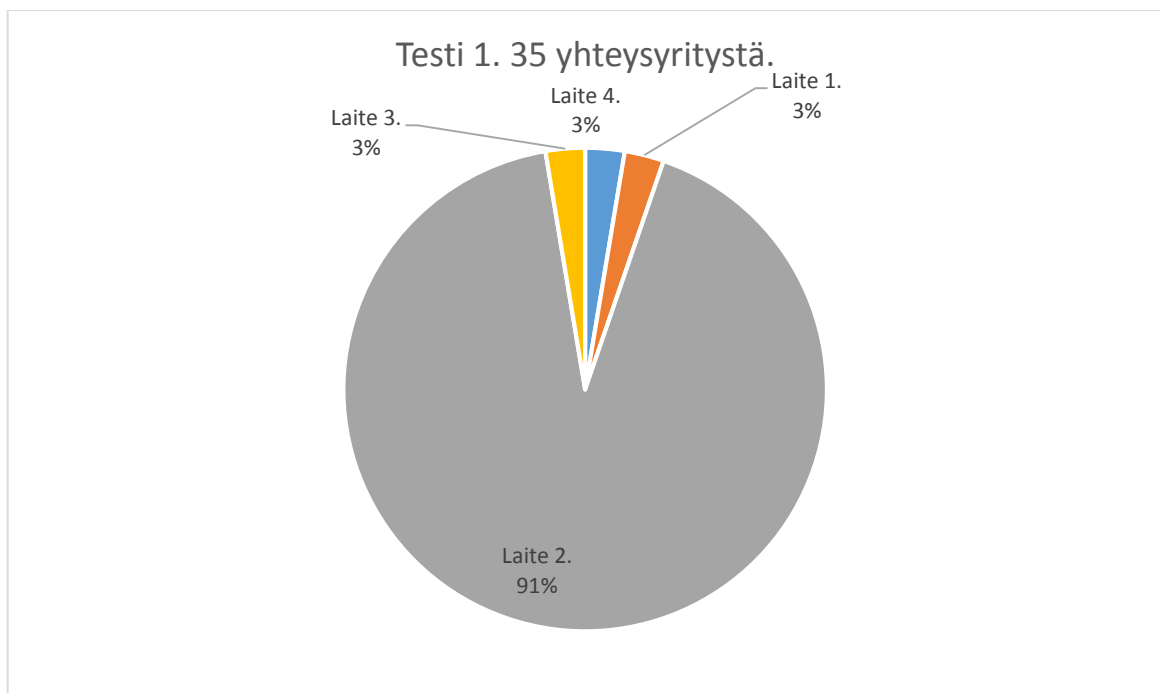
Ensimmäinen ja toinen testi kesti viisi päivää Kolmas ja viimeinen testi kesti kaksi päivää ja siinä otettiin myös huomioon ihmisiltä saama palaute. Testeistä saatuja tuloksia analysoimalla voidaan päätellä onko toteutettu järjestelmä toimiva ja käytännöllinen. Yksittäiseen tilaan sijoitettu testilaitte kuvaa hyvin luokkahuonetilannetta ja sillä saatu testidataa voidaan soveltaa tulevissa tutkimuksissa.

Testi 1. ja testi 2. testilaitteena käytetään Raspberry Pi –tietokonetta. Raspberry Pi on pienitehoinen, luottokortin kokoinen minitietokone [20]. Raspberry Pi:hen asennettiin Rasbian käyttöjärjestelmä ja kiinnitettiin Bluetooth vastaanotin. Testi 3. toteutettiin kannettavalla tietokoneella, jossa on sisäänrakennettu Bluetooth

vastaanotin. Tietokoneen käyttöjärjestelmänä toimii Ubuntu 12.04. Tietokoneen näyttö toimi ”ikkunana” virtuaaliympäristöön.

4.1 Testi 1.

Testi 1. Monitorointilaite sijoitettiin toimistotilaan toimistopöydän nurkkaukseen. Laite monitoroi näkymättömänä, eli muut käyttäjät eivät tietäneet sen olemassaolosta. Laitteiden määrä arvioidaan alussa pieneksi, sillä toimistohuoneen pääasiallisia käyttäjiä on alle 10 ihmistä. Pienellä ihmisjoukolla oli tarkoitus testata järjestelmän ensimmäisen version toimivuutta käytännössä.



Kuva 6. Testi 1. yhteysyritykset

Testissä huomataan, että laitteita oli kantamalla neljä. Kuvasta 6 huomataan, että Laite 2 teki valtaosan uusista yhteysyrityksistä. Siitä voidaan olettaa, että edellä mainittu laite oli usein kantamalla. Laitteella oli 32 yhteysyritystä (91%) eli laite on poistunut kantamalta 31 ja palannut 32 kertaa. Yhteysyritysten suuri määrä kertoo Laitetta 2 käyttävien liikkuvuudesta viiden päivän aikana. Yhteysyritysten suuri määrä voi kertoa testisijainnin laadusta. Testi 1 suoritettiin ahtaassa tilassa, missä

rakennuksen objektin ovat signaalin edessä. Lähetysteho ei pysty näissä olosuhteissa vastaanottamaan täydeltä kantamalta. [10, p. 5]

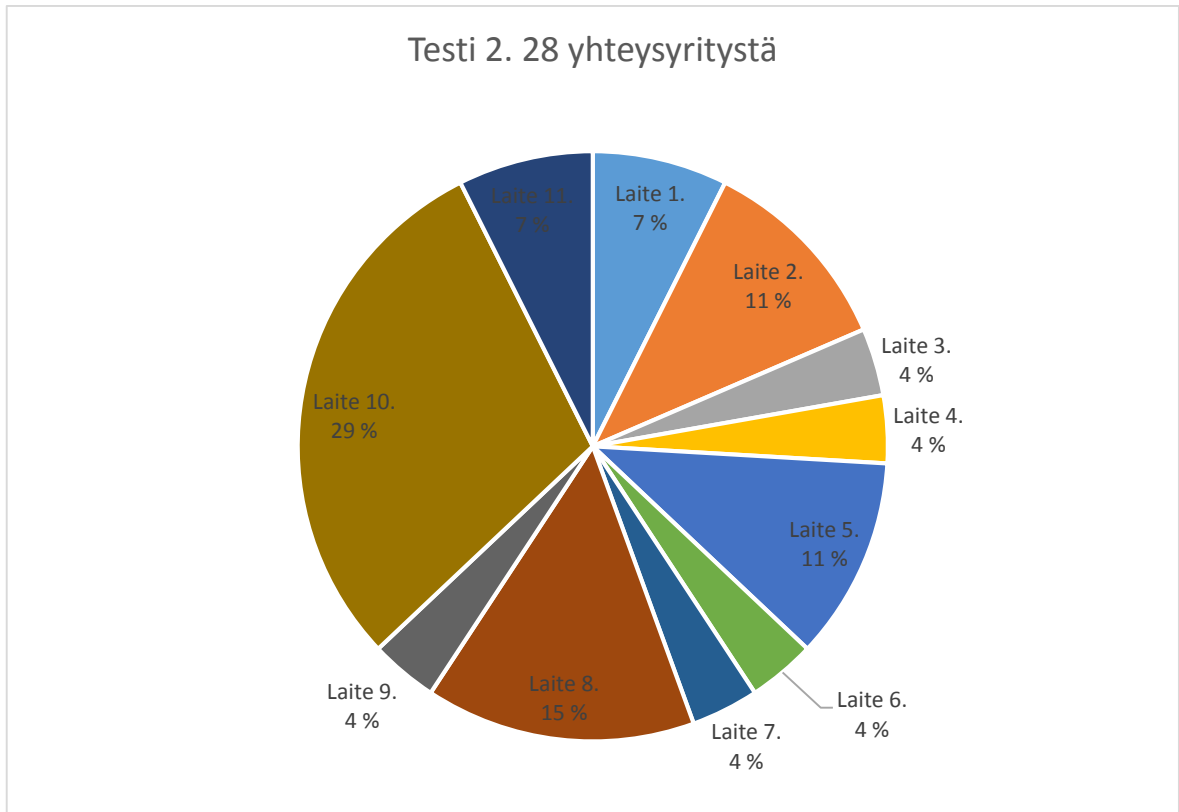


Kuva 7. Testi 1. näkymisajat

Kuvasta 7 nähdään laitteiden näkymisaika monitoroivalle järjestelmälle. Muutama laite pysyi näkyvissä pitkiäkin aikoja. Näkymisajat kertovat osaltaan ympäristössä olevien laitteiden liikkuvuudesta. Muutama laite pysyi yhteydessä pitkiäkin aikoja, koska kyseessä oli toimistotila ja näin laitteet olivat pitkiä aikoja paikallaan. 5 päivän testiajanjaksona yhteyksiä oli kuitenkin vain 35. Bluetooth vaatii esimerkiksi Androidilla käyttäjän aktiivisia toimia, jotta laite saadaan näkyviin. Testisijainti rajoitti myös osaltaan mahdollisten laitteiden löytämistä.

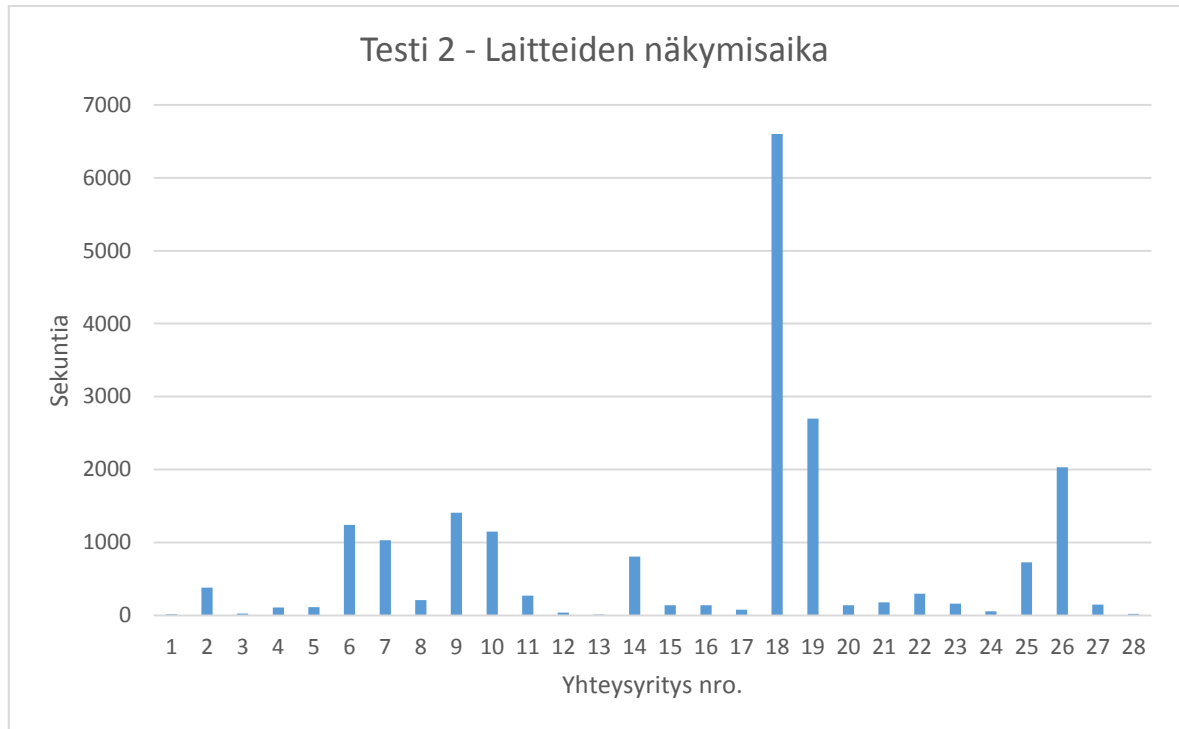
4.2 Testi 2.

Testi 2:ssa Monitorointilaitteen sijainti muutettiin rakennuksen kahvitilaan. Kahvitilassa ihmisiä käy kahvitauoilla useita kertoja päivässä, joten voidaan olettaa että laitteita tulisi näkymään myös enemmän. Laite sijoitettiin keskelle huonetta, mutta toimien vielä näkymättömänä monitorointilaitteena.



Kuva 8. Testi 2. yhteysyritykset

Kuvasta 8 voidaan huomata, että uudessa testisijainnissa yhteysyritysten määrä ei kasvanut, mutta yhteysyritykset jakautuivat tasaisemmin. Se kertoo laitteiden tasaisemmasta vaihtuvuudesta ja liikkuvuudesta. Laitemäärä nousi yhteentoista, joten testikohde oli aktiivisempi kuten alussa oletettiin. Tämä sijainti toimisi hyvin viimeisen järjestelmä prototyypin testin kohteena.

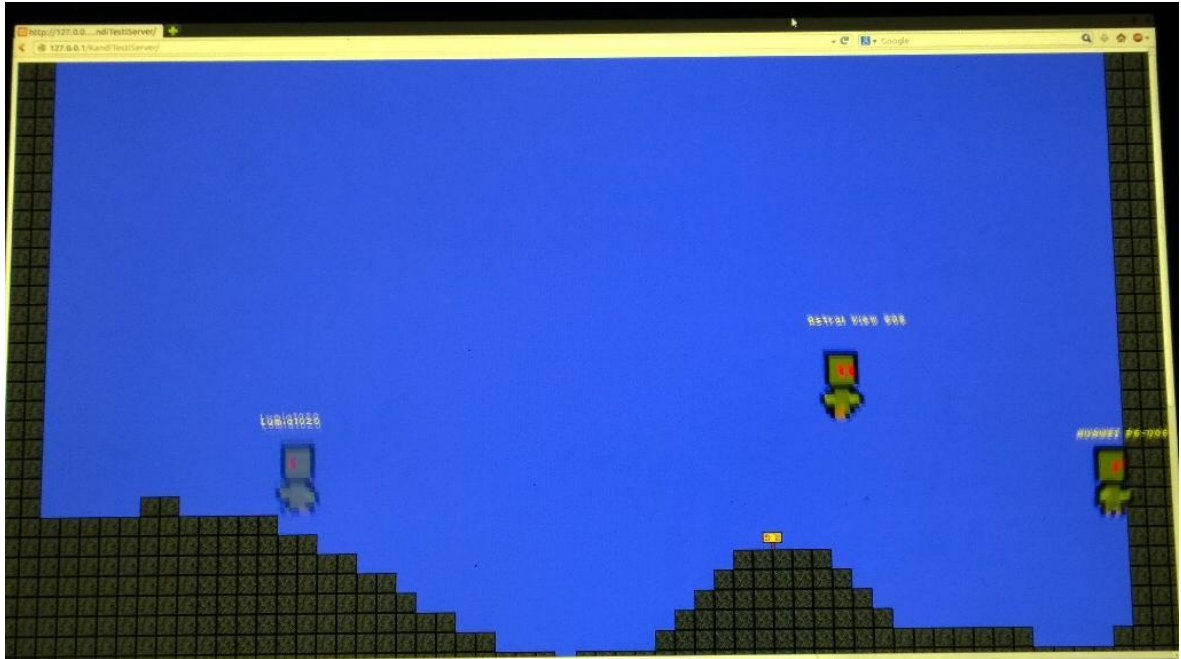


Kuva 9. Testi 2. näkymisajat

Kuvasta 9 huomataan, että keskeisellä sijainnilla oli vaikutusta laitteiden näkymisaikoihin. Avoimessa tilassa oleva monitorointijärjestelmä onnistui pitämään yhteyden yli tuhat sekuntia seitsemään laitteeseen, kun taas ensimmäisessä sijainnissa yksi laite piti yhteyden vajaa 900 sekuntia. Testi 2. testisijainnin kantamalla olevat laitteet olivat näin pidempiä aikoja laitteen kantamalla. Voidaan olettaa että käyttäjät joilla on pitkiä näkymisaikoja poistuvat harvoin koko kantamalta pois, mutta käyvät kuitenkin kahvitauoilla. Testi 1. laitteilla oli pienempiä näkymisaikoja, johtuen käyttäjien poistumisesta kantamalta, esimerkiksi kahvitauolle. Keskeinen sijainti on siis merkittävä tekijä laitteiden näkyvyyden kannalta

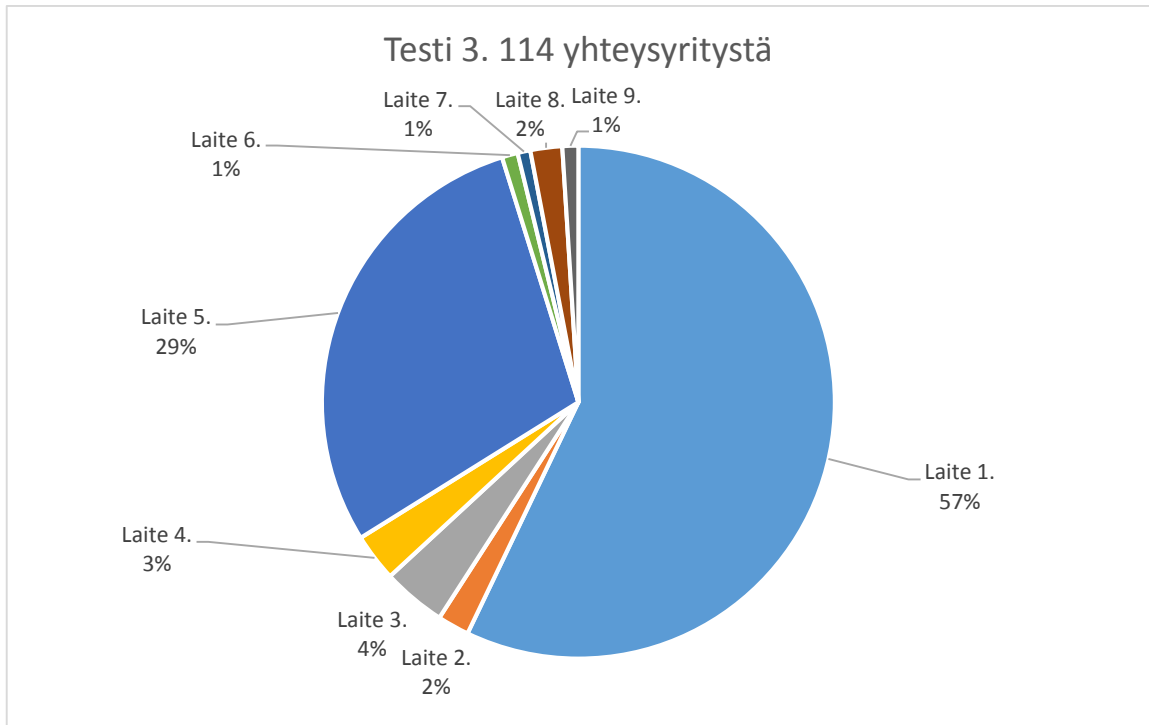
4.3 Testi 3.

Testi 3. monitorointilaitte sijoitettiin mahdollisimman lähellä Testi 2:ssa käytettyä kahvitilaa, jotta testikäyttäjiä saataisiin kahden päivän aikana mahdollisimman paljon. Laite sijoitettiin näkyvälle paikalle, jotta käyttäjät näkisivät testilaitteen näyttöpäätteen, josta kuvastui virtuaaliympäristö.



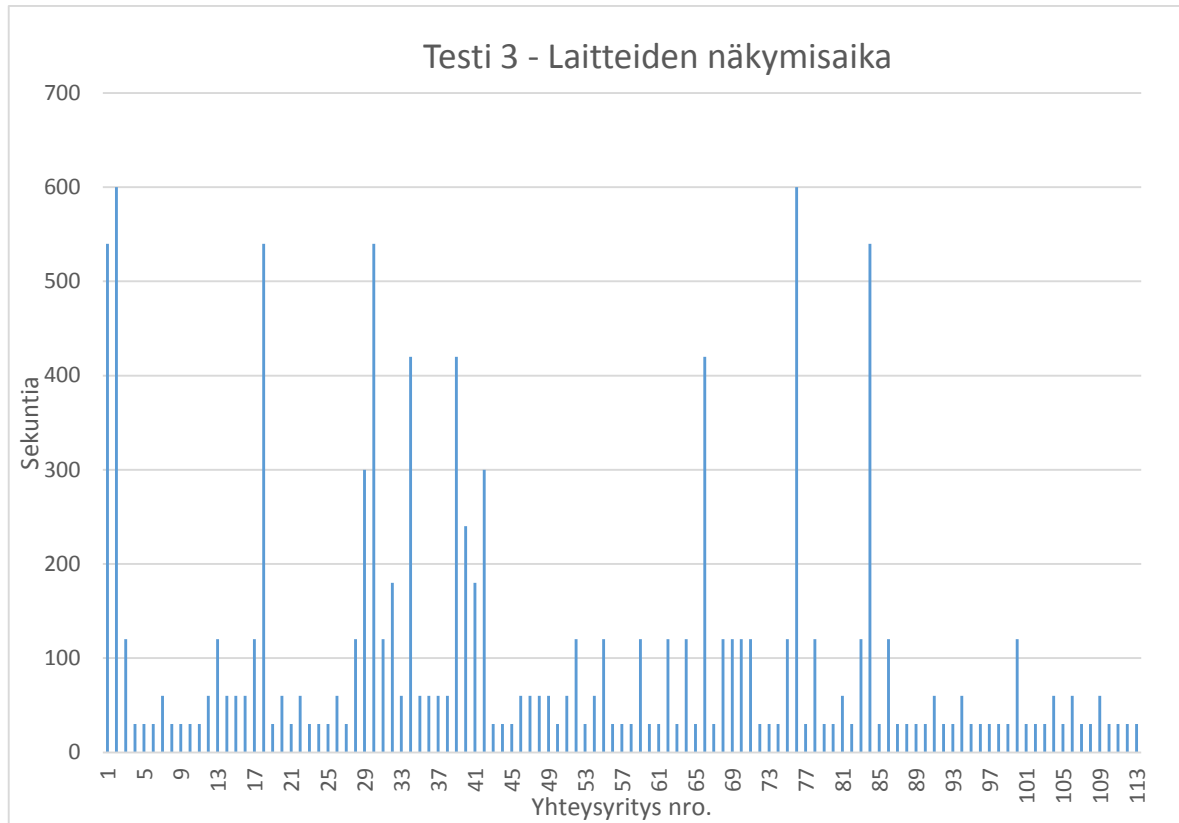
Kuva 10. Ikkuna virtuaaliympäristöön

Kuvassa 10. Kolme erilaista käyttäjien laitetta hyppii ruudulla. Ensimmäinen hahmo vasemmalla on häviämässä ruudusta, koska hahmon kuvastamaa laitetta ei ole havaittu kantamalla hetkeen. Hahmot ruudulla ovat myös kolminkertaisia alkukokoon verrattuna. Hahmojen koko kasvaa ruudulla, mitä pidempään hahmoihin sidotut laitteet ovat kantamalla.



Kuva 11. Testi 3. yhteysyritykset

Testi kesti kaksi päivää ja yhteysyrityksiä oli kuvan 11 perusteella 114. Suurin osa yhteysyrityksistä jakaantui yhdelle laitteista, joka oli edellisten testien perusteella jo odotettavissa (Testi 1. Laite 2.). Kasvanut yhteysyritysten ja laitteiden määrä johtui osaltaan visualisoinnin takia. Nyt käyttäjät voivat nähdä itseään kuvastavan hahmon ruudulla, ja näin osallistua monitorointitapahtumaan. Käyttäjät olivat tietoisia monitoroivasta järjestelmästä ja kävivät testaamassa sen toimivuutta.



Kuva 12. Testi 3. näkymisajat

Kuvan 12 tulokset kertovat laitteiden näkymisaikojen olevan lyhyitä, mutta yhteysryityksiä on paljon. Testi 3. kesti Testi 1. ja 2. poiketen vain kaksi päivää, mutta yhteysryityksiä oli enemmän kuin molemmissa testeissä yhteensä. Joko kyseessä oli aktiivinen ja laiterikas päivä tai sitten testin antama visuaalinen palaute keräsi käyttäjiä testaamaan järjestelmää. Suuri yhteysryitysten määrä kertoo kuitenkin laitteiden suuresta liikkuvuudesta kahden testipäivän aikana.

Käyttäjien antama palaute oli positiivista. Oman hahmon näkeminen ruudulla koettiin piristäväksi ja useita kehitysideoita annettiin. Ongelmaksi muodostui Android –käyttäjien pakollinen broadcast, jotta myös Android-laitteet saatiin näkyviin.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä rakennettiin luokkahuonetilaa monitoroiva järjestelmä. Järjestelmä tunnistaa käyttäjiä ja piirtää niitä ”ikkunaan” eli erilliseen monitoriin. Seurantajärjestelmän tukena käytettäviä tekniikoita, kuten NFC, WLAN, RFID ja ZigBee, tutkittiin ja lopulta päädyttiin tekemään järjestelmän monitorointi Bluetoothin avulla.

Lukuun ottamatta ohjelmointikirjastoja, työn toteutuksessa ei käytetty valmiita ratkaisuja ja järjestelmä rakennettiin puhtaalta pöydältä. Valmiit ratkaisut seurantajärjestelmiin, kuten RFID:llä toteutettu Intellex, olisivat auttaneet painottamaan tutkimusta virtuaaliympäristön suunnitteluun ja käyttäjäkokemuksen luomiseen. Järjestelmä päätettiin heti aluksi kuitenkin rakentaa alusta alkaen, jotta sen eri toiminnoista ja rajoitteista saataisiin selkeä kuva. Jos lähtisin rakentamaan uudelleen järjestelmää, valitsisin valmiin toteutuksen, jotta voisin paneutua viimeistelemään järjestelmän muilta osin.

Tarvittavat perusominaisuudet monitorointia varten olivat yksinkertaisia toteuttaa, sillä PyBluez –kirjasto oli hyvin dokumentoitu. Varsinaiset rajoitteet johtuvat Bluetoothin –teknisistä rajoitteista. Rajoitteet yhteyksissä, kuten parittaminen ja yhteyden katkeilu, heikensivät järjestelmän toimivuutta, mutta perusasiat saatiin toimimaan.

Järjestelmällä toteutettiin kolme testiä. Ensimmäisessä ja toisessa testissä tutkittiin monitorointimenetelmien toimivuutta ja saatuja tietoja käytettiin järjestelmän kehittämiseen. Kolmannessa testissä testattiin järjestelmän viimeistä prototyyppiä, jossa oli uutena testikohteena käyttäjien palaute. Järjestelmä otettiin vastaan hyvin ja yleinen kuva oli, että viimeistelty tuote toimisi hyvin testiyleisön keskuudessa.

Jatkokehityksen kannalta käyttäjien aktiivinen osallistuminen, eli parittaminen Bluetoothin avulla, voisi olla hyvä vaihtoehto nykyiselle passiiviselle monitoroinnille. Jos järjestelmä toimisi luotettavasti, se voisi toimia korvaajana tilanteissa, joissa esimerkiksi työntekijöiden tai oppilaiden läsnäoloa seurataan. Automaattiselle

seurannalle voi kehittää sovellutuksia, kuten järjestelmän joka palkitsee läsnäolon mukaan. Palkitsemismetodeista saattaa olla hyötyä myös koululaitoksissa. Järjestelmä pystytään jakamaan kahteen osaan, visualisointiin ja monitorointiin. Näyttöpäätte on järjestelmän erillinen osa ja käyttäjien sijaintitietoja voidaan monitoroida useammalla kuin yhdellä monitorointilaitteella. Sijaintitiedot lähetetään visualisointiohjelmistolle, joka piirtää kuvan halutun logiikan mukaisesti näyttöpäätteelle.

Perusasiat toimivat ja yksinkertainen käyttäjien seuranta onnistuu. Järjestelmän seuranta rajoittuu Bluetooth-laitteiden tiedusteluun. Tarkkaa paikannusta ei RSSI:n epätarkkuuden vuoksi toteutettu. Lopulliseen versioon järjestelmä tarvitsee varmemmat yhteydet ja selkeän käyttöliittymän, jotta se voi menestyä. Voiko ympäröivän käyttäjien laitteiden sijaintia monitoroida ja kuvata virtuaaliympäristössä? Optimaalisissa olosuhteissa se on mahdollista, jos tila on häiriötön ja käyttäjät ovat aktiivisesti osallisena seurannassa. Laajempaan seurantaan WLAN toimii luotettavammin, ja on näin parempi vaihtoehto. Jo nykyisellään järjestelmä on toimiva ja sen toteutus ei ole vaivalloista. Laitekannan pirstaloituneisuus kuitenkin aiheuttaa ongelmia tekniikoilla, jotka toimivat eri tavalla eri laitteissa, kuten voidaan huomata Bluetoothin Android –ongelmista. Havaitut ongelmat ovat kuitenkin kierrettävissä esimerkiksi parituksen avulla.

LÄHTEET

1. (RFIDlab ry, 2014) <http://www.rfidlab.fi/>
2. (NFC Forum, 2014) <http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>
3. (Bluetooth SIG (Special Interest Group) 2014)
https://www.bluetooth.org/DocMan/handlers/DownloadDoc.ashx?doc_id=286439
4. (ZigBee, 2014) <http://www.zigbee.org>
5. N. Adeb, A Bhaskar, E. Chung., 2013 ,Bluetooth and Wi-Fi MAC address based crowd data collection and monitoring: benefits, challenges and enhancement
6. Ahmad Al Rifai, 2009, Master of Science Thesis - Indoor Positioning at Arlanda Airport
7. (Freescale, 2014)
http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=784_LPB_B_POSITION
8. (Intellex, 2014) <http://www.intellex.com/Solutions.Personnel.asp>
9. (Sky High, 2012)
<http://learninglegacy.independent.gov.uk/documents/pdfs/transport/ll-oda-pedestrian-crowd-tagged.pdf>
10. Ambili Thottam Parameswaran, Mohammad Iftekhar Husain, Shambhu Upadhyaya , 2009, Is RSSI a Reliable Parameter in Sensor Localization Algorithms – An Experimental Study

11. Lou Frenzel, The Fundamentals Of Short-Range Wireless Technology, October 2012,
<http://electronicdesign.com/communications/fundamentals-short-range-wireless-technology>
12. Indoor Localization Based on Response Rate of Bluetooth Inquiries, 2008, pp. 49
13. (Android 2014),
<http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth.html>
14. (Apple Inc., 2014) <https://www.apple.com/ios/>
15. (Microsoft Inc., 2014) <http://www.windowsphone.com/hi-fi>
16. (PyBluez, 2014) <https://code.google.com/p/pybluez/>
17. (Joyent, Inc., 2014) <http://nodejs.org/>
18. (Dominic Szablewski, 2014) <http://impactjs.com/>
19. (The jQuery Foundation, 2014) <http://jquery.com>
20. (Raspberry Pi, 2014) <http://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>