

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tutkintotyö

Jussi Jokinen

LANGATON SISÄTILAPAIKANNUS

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2010

Lehtori Ilkka Tervaoja
Tampereen ammattikorkeakoulu

Tekijä: Jussi Jokinen
Työn nimi: Langaton sisätilapaikannus
Päivämäärä: 18.05.2010
Työn laajuus: 33 sivua
Avainsanat: Langaton, paikannus, ZigBee, RF-ID
Koulutusohjelma: Tietotekniikka
Suuntautuminen: Tietoliikennetekniikka
Työn ohjaaja: Lehtori Ilkka Tervaoja, Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tämä tutkintotyöprojekti alkoi vuoden 2010 tammikuussa, ja sen aiheena oli alusta alkaen langaton sisätilapaikannus. Käytännön työtä ja raportointia sisältänyt tutkintotyö tehtiin pienessä ryhmässä, yhteistyössä MeshWorks Wireless Oy:n kanssa. MeshWorks on erikoistunut langattomiin järjestelmiin, ja heidän kautta projektiin saatiin laitteet ja tarvikkeet. Projektin testausalustana toimi Tampereen ammattikorkeakoulun A-siipi.

Projektin tarkoitus oli tutkia, kehittää ja testata langatonta sisätilapaikannusta, käyttäen langatonta ZigBee-tekniikkaa. Tämä tekniikka on lyhyen kantaman vähävirtainen sensoriverkkotekniikka. Tavoitteena oli paikantaa laitteita tai henkilöitä sisätiloissa. Paikannusta varten luotiin sensoriverkko, jonka laitteilta tarvittavat tiedot saatiin palvelimelle. Käytössä olevilla laitteilla ei ollut ennen kokeiltu paikannusta, joten onnistumisesta ei ollut täyttä varmuutta.

Author: Jussi Jokinen
Title: Wireless indoor navigation
Date: 18.05.2010
Number of pages: 33 pages
Keywords: Wireless, navigation ZigBee, RF-ID
Degree programme: Information technology
Specialisation: Telecommunications engineering
Thesis supervisor: Lecturer Ilkka Tervaoja, Tampere University of Applied sciences

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis project started in January 2010. The subject of this project was wireless indoor navigation. The project was done in a small group of students and in co-operation with MeshWorks Wireless Oy. MeshWorks is specialized in wireless solutions. MeshWorks delivered the equipment and the devices we needed in our project. Platform in our project was A-wing of Tampere University of Applied sciences.

The project was mainly researching, developing and testing of wireless indoor navigation by using wireless ZigBee-technology. This technology is low-power, low-cost sensor network. The purpose of this project was to develop a wireless network for navigation. The equipment we had were never used before in navigation function. Thus the success of the project was never certain.

ESIPUHE

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehdon tutkintotyönä.

Haluan kiittää Tampereen ammattikorkeakoulua projektin tarjoamisesta sekä tilojen ja laitteiden käytöstä. Lisäksi haluan kiittää yhteistyökumppaneita MeshWorks Wireless Oy:tä ja TappIT Oy:tä. Kiitoksen ansaitsevat myös koulutuslajohtaja Ari Rantala, tutkintotyön ohjaaja Ilkka Tervaoja sekä kaikki muut projektissa mukana olleet.

Tampereella 18.05.2010

Jussi Jokinen

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	7
2 PROJEKTIN LUONNE	8
3 MESHWORKS WIRELESS OY	9
4 TEKNIikka	11
4.1 ZigBee	11
4.2 RFID	13
5 LAITTEET	16
5.1 End Device	17
5.2 Router	18
5.3 Coordinator	20
5.4 Server	21
6 VERKKO	24
7 TOIMINTA JA TESTAUS KÄYTÄNNÖSSÄ	26
8 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32

LYHENNELUETTELO

WLAN	Wireless Local Area Network eli langaton lähiverkko
WPAN	Wireless Personal Area Network eli langaton likiverkko
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with/Collision Avoidance –algoritmi, jota käytetään tietoliikenteessä siirtotien varausmenetelmänä.
RFID	Radio Frequency Identification eli radiotaajuinen etätunnistus
ZC	ZigBee Coordinator, ZigBee koordinaattori
ZR	ZigBee Router, ZigBee reititin
FFD	Full Function Device
RFD	Reduced Function Device, ZigBee End Device, ZigBee päätelaite
GPS	Global Positioning System eli satelliittipaikannusjärjestelmä
GSM	Global System for Mobile Communications eli matkapuhelinjärjestelmä

1 JOHDANTO

Sain mahdollisuuden osallistua langatonta sisätilapaikannusta kehittävään ja testaavaan projektiin, jonka luonteesta ja toteutuksesta ei alussa ollut paljoakaan tietoa. Tiesin, että projektissa olisi mukana useampia henkilöitä ja sitä tehtäisiin yhteistyössä Tampereen ammattikorkeakoulun ja koulun ulkopuolisen yrityksen kanssa. Projektissa yhteistyötä tekevä yritys oli Meshworks Wireless Oy (MW), joka toimitti laitteet, hoiti niiden päivitykset ja myös mahdolliset uudelleenohjelmoinnit.

Projektia aloin tehdä yhdessä TAMK:ssa tietoliikennetekniikkaa luokallani opiskelevan Jari Hirven kanssa. Projekti oli lähtökohdiltaan tarpeeksi laaja kahdelle opiskelijalle.

Projektiimme saimme lisäksi avuksi ohjelmointia TAMK:ssa opiskelevan Henri Vuorelan, joka hoiti laitteiden ohjelmointia sekä käyttöliittymäsuunnittelua. Teimme yhteistyötä Henrin ja MW:n kanssa ja tavoitteenamme oli testata ja toteuttaa eri ideoita ja tekniikoita, jotka liittyvät langattomaan paikannukseen.

Meille annettiin vapaat kädet toimia TAMK:n A-siiven eli sähkösiiven eri kerroksissa sekä huoneissa. Siiven kolmannessa kerroksessa oli jo testattu muutamaa Meshworksin laitetta ja ajattelimme aloittaa projektimme sieltä.

2 PROJEKTIN LUONNE

Projektin tarkoituksena oli tutkia langatonta sisätilapaikannusta eri tekniikoita käyttäen. Aloitimme ZigBee-tekniikalla. ZigBee-tekniikka on lyhyen kantaman langaton sensoriverkkotekniikka. Se on hyvin vähävirtainen ylläpitää, ja sen paristojen kulutus on erittäin pientä /2/. Tällainen tekniikka sopii teorissa sisätilapaikannukseen.

Ajatuksena oli asentaa ZigBee-päätelaite jokaiseen yksittäiseen tilaan TAMK:n A-siiven kolmannessa kerroksessa. Kerrokseen asennettaisiin yksi ZigBee-koordinaattori, jonka tarkoituksena oli kerätä tietoa kerrokseen sijoitetuilta päätelaitteilta. Koordinaattori kerää jokaiselta päätelaitteelta pulssitietona signaalinvoimakkuutta. Signaalinvoimakkuuden erojen perusteella voimme päätellä, missä huoneessa kukin laite sijaitsee. Kun olemme määrittäneet eri huonetilojen signaalinvoimakkuusasteet, voimme siirrellä yhtä päätelaitetta huoneesta toiseen, ja palvelin kertoo, missä tilassa laite on. Tämä tunnistaminen tapahtui vertaamalla huoneista saatuja signaalinvoimakkuustietoja liikkuvan laitteen signaalinvoimakkuuden muutokseen.

Idea oli teoriassa yksinkertainen. Käytännössä ongelmia tuli kuitenkin vastaan jatkuvasti. Projektin ”tutkimus ja kehitys” -luonteen vuoksi emme tienneet tarkkaan, tulisiko ideamme ikinä toimimaan. Kukaan ei ollut käyttämillämme laitteilla ennen testannut vastaavaa paikannusta.

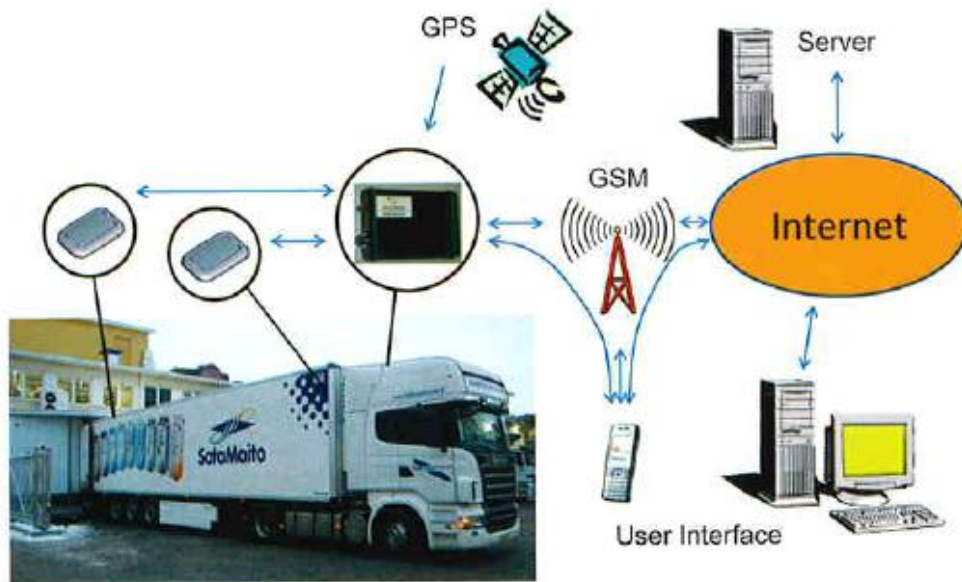
Laitteet oli numeroitu digitaalisesti ja jokaisen laitteen tilan pystyi tarkistamaan MW:n palvelimelta. Palvelin myös näytti, jos koordinaattori ei saanut yhteyttä tiettyyn päätelaitteeseen. Tämä yleensä tarkoitti sitä, että päätelaite oli kantaman ulkopuolella. Päätelaitteen siirtäminen muutamia metrejä yleensä ratkaisi yhteysongelman.

3 MESHWORKS WIRELESS OY

Opinnäytetyön yhteistyökumppanina toimi langattomia ratkaisuja kehittävä ja toteuttava MeshWorks Wireless Oy Tampereelta /1/. Saimme työhömmme tarvittavat laitteet MW:ltä. Laitteiden lisäksi MW tarjosi laitteiden päivitykset, ohjelmiston palvelimellaan sekä tietoa laitteiden toiminnasta.

Yhteistyö MW:n kanssa sujui kohtalaisen hyvin, vaikka aikataulut erosivat toisistaan. Meillä oli oma aikataulumme saada työmme valmiiksi ja MW:llä omat aikataulunsa. Saimme kuitenkin laitteet ja pääsyn palvelimelle, joiden avulla pystyimme itse tekemään melkein kaikki muut tutkimukset ja työt.

MW on tehnyt erilaisia langattomia ratkaisuja, joista yksi julkisuutta saanut ratkaisu liittyi langattomaan tiedonkeruuseen. MW lähti vuonna 2008 yhdessä TappIT Oy:n kanssa tekemään langattoman tiedonkeruualustan prototyyppiä. Prototyyppiä testattiin kuorma-autoliikenteessä (kuva 1, sivu 10). Laite asennettiin kuorma-auton lastitilaan ja sen avulla voitiin seurata lastitilan lämpötilaa ja sijaintia langattomasti. /6/



Kuva 1: MW:n tiedonkeruualustan toimintaperiaate /6/

Kuvassa 1 on lehtiartikkelista *Anturiverkkoteknologiat osana älykästä ympäristöä* otettu kuva MW:n ja TappIT:n yhteistyönä tekemän tiedonkeruualustan toimintaperiaatteesta. Tiedonkeruualusta liittyy omaan opinnäytetyöhöni siten, että käyttämämme laitteet olivat myös tietynlaisia tiedonkeruualustoja. Ne ilmaisivat muun muassa lämpötilaa, kosteutta, pariston jännitettä ja joissain tapauksessa hiilidioksidipitoisuutta.

Artikkeli kertoo langattomasta tiedonkeruualustasta, jota testattiin kuorma-autokuljetuksessa. Ajoneuvon lastitilaan kiinnitettiin langattomat anturit ja lähelle niitä asenettiin tukiasema. Tukiaseman tehtävänä oli kerätä ja välittää anturien mittaamat tiedot sekä kuljetusyksikön paikkatiedot palvelimelle. Tukiaseman keräämä tieto tallentui palvelimelle. Näin voitiin seurata reaaliaikaisesti kuljetuksessa tapahtuvia lämmönvaihteluita ja muita parametrejä. /6/

4 TEKNIikka

4.1 ZigBee

Sisätilan paikannus on mahdollista toteuttaa monella eri tekniikalla. Projektimme alkuvaiheessa emme täysin tienneet, mitä tekniikkaa kannattaisi ryhtyä kehittämään ja testaamaan. Saimme kuitenkin MW:n laitteet päivitettyä siten, että niiden avulla oli mahdollista saada päätelaitteiden signaalivoimakkuustietoja. Tämä rajapinta antoi meille teoriassa mahdollisuuden langattomaan sisätilapaikannukseen.

Langaton sisätilapaikannus näillä MW:n laitteilla tapahtuu käyttäen ZigBee-standardin langatonta sensoriverkkoa. ZigBee-verkko, joka on lyhyen kantaman langaton tietoliikenneverkko, joka eroaa tunnetummasta WLAN:sta (Wireless Local Area Network) mm. siten, että se toimii lyhyillä kantomatkoilla ja vähävirtaisessa WPAN (Wireless Personal Area Network)-verkossa. ZigBee on osa IEEE 802.15.4-standardia [2]; [11]. Tämä standardi määrittelee vähävirtaisen WPANin. ZigBee-verkossa olevien laitteiden etäisyys toisistaan voi maksimissaan olla noin 100 metriä [2]. Työssämme huomasimme kuitenkin käytännössä etäisyyksien rajoittuvan noin 10 metriin. Etäisyyksien suuruus johtuu hyvin paljon käytettävistä ZigBee-laitteista ja niiden laadusta [2].

ZigBee-standardi valmistui syyskuussa 2003. Tarkoituksena oli pienten ja yksinkertaisten laitteiden verkottaminen langattomasti. ZigBee-standardin kehittämisestä vastaa ZigBee-allianssi, joka koostuu noin 200 yrityksestä. Allianssin tunnetuimpia yrityksiä ovat mm. Intel, HP ja Philips. [3]

ZigBee-verkot voivat sisältää jopa 65 536 laitetta. ZigBee-laite kytkeytyy nopeasti verkkoon. Verkkoon liittyminen kestää alle 30 ms, sleep -tilasta herääminen alle 15 ms ja lähetyksen aloittaminen alle 15 ms /3/. Nämä ominaisuudet tekevät ZigBeestä paremman vaihtoehdon langattomaan paikannukseen kuin esimerkiksi Bluetoothista, jonka liittyminen verkkoon kestää paljon kauemmin /2/. ZigBee-laitteet sopivat siis teoriassa hyvin sisätiloissa tapahtuvaan paikannukseen.

ZigBeen käyttöaajuudet ja siirtonopeudet :

- 868 MHz, 1 kanava, 20 kb/s Euroopassa
- 915 MHz, 10 kanavaa 2 MHz välein, 40 kb/s Yhdysvalloissa
- 2,4 GHz, 16 kanavaa 5 MHz välein, 250 kb/s maailmanlaajuisesti

Saantimenetelmänä käytetään CDMA/CA:ta eli kuunnellaan siirtotietä ja lähetetään vain siirtotien ollessa vapaana. /3/; /10/

ZigBee-tekniikka soveltuu käytettäväksi sovelluksissa, joissa ei ole tarvetta suurille tiedonsiirtonopeuksille, mutta pieni virrankulutus ja yksinkertaisuus ovat tärkeitä. Kotiautomaatio ja teollisuuden lähiverkot tulevat kuitenkin olemaan selvästi yleisimmät tekniikan sovellusalueet. Muita käyttösovelluksia ovat muun muassa lääketieteen potilasvalvonta, älykkäät kodinkoneet ja automaattinen kaukosäätö. /2/

4.2 RFID

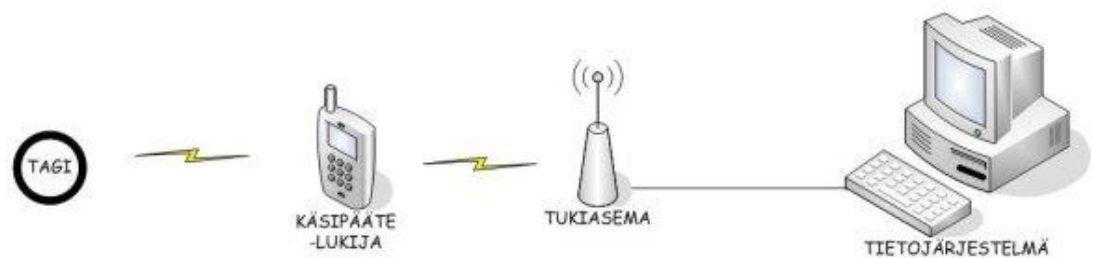
Toisena vaihtoehtona projektissa oli alusta asti RFID (*Radio Frequency Identification*)-tekniikalla tapahtuva paikannus. Projektin alussa valitsimme ZigBeen emmekä RFID:tä, koska MW:n ZigBeetä tukevat laitteet olivat valmiina ja osa jo asennettuina. Lisäksi Vuorelan Henrillä ja MW:llä oli jo tietoa ZigBeen toiminnasta käytännössä. Projekti on luonteeltaan tutkimusta ja kehitystä, joten olimme valmistautuneet alusta asti testaamaan useampaa tekniikkaa.

Aikataulumme ei loppujen lopuksi sallinut paikannuksen toteuttamista RFID-tekniikalla. Tämän takia tässä raportissa käydään läpi vain teoriassa yleisesti RFID-tekniikka ja sen käyttösovellukset, eikä käytännön toteutusta.

RFID on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille, joita käytetään tuotteiden ja asioiden havainnointiin, tunnistamiseen ja yksilöintiin.

Teknologian toiminta perustuu tiedon tallentamiseen RFID-tunnisteeseen ja sen langattomaan lukemiseen RFID-lukijalla radioaaltojen avulla. /2/; /4/

RFID-järjestelmän idea on yksinkertainen. RFID-tunniste kiinnitetään haluttuun kohteeseen, jolloin tietoa voidaan lukea ja kirjoittaa tunnisteeseen RFID-lukijalla, ja käyttää tietoa hyväksi taustajärjestelmän avulla (kuva 2, sivu 14) /4/. Esimerkkinä voisi olla vaikkapa kortinlukija ovelta, johon ennalta määrättyllä kortilla on kulkuoikeus. Tällöin kortti toimii RFID-tunnisteena ja kortinlukija RFID-lukijana. Taustajärjestelmänä toimivaan rajapintaan on ennalta kirjoitettu kortin kulkuoikeudet.



Kuva 2: Esimerkki RFID-järjestelmän toimintaperiaatteesta /2/

RFID-tunnisteet voivat olla joko passiivisia, aktiivisia tai puolipassiivisia. Passiivisilla RFID-tunnisteilla ei ole omaa virtalähdettä. Puolipassiivinen tunniste sen sijaan sisältää virtalähteen, mutta ei omaa lähettintä. Aktiiviset tunnisteet sisältävät sekä virtalähteen että lähettimen ja niillä saadaan aikaiseksi suurempia kantomatkoja ja suuremmat muistikapasiteetit kuin passiivisilla tunnisteilla. /2/

RFID-tekniikka on ollut teknisesti mahdollista jo vuosikymmeniä ja sitä on hyödynnetty pitkään esimerkiksi matkakorteissa, eläinten merkitsemisessä ja edellä mainituissa avainkortteissa. Teknologia on jo hyvin standardoitua ja kehittyntä. Useita toimivia sovelluksia ja ratkaisuja on toteutettu Suomessa eri toimialoilla. Maassamme on lukuisia RFID-osaamisen alalla toimivia maailmanluokan yrityksiä ja tutkimuslaitoksia./4/

Teoriassa RFID siis toimisi paikannuksen välineenä myös meidän projektissamme. MW:ltä saatujen tietojen mukaan RFID-tekniikan voi sisällyttää projektissa jo käytössä olleisiin laitteisiin. Tällainen järjestely vaatisi kuitenkin laitteiden päivityksiä, uutta ohjelmakoodia sekä testausta. Eli teoriassa langaton sisätilapaikannus onnistuisi jo olemassa olevilla laitteilla, mutta käytännössä aika ei riittänyt sitä testaamaan.

5 LAITTEET

ZigBee-verkossa on kolme erilaista laitetta: ZigBee Coordinator (koordinaattori), ZigBee Router (reititin) ja ZigBee End Device (päätelaitte). ZigBee-verkon periaatekuvissa (kuva 7, sivu 24) laitteista käytetään seuraavia nimityksiä:

- Coordinator – ZC
- Router – ZR
- End Device – RFD

Coordinator-laite on vastuussa verkon muodostamisesta sekä verkon tietojen säilyttämisestä. Coordinator-laitteita on yksi jokaista Zigbee-verkkoa kohden. Coordinator toimii toisin sanoen verkon gatewaynä eli yhdyskäytävänä ja sitä usein kutsutaankin gatewayksi. Router-laite puolestaan huolehtii datan reitittämisestä muille laitteille. ZigBee End Device on yksinkertainen päätelaitte, joka tarvitsee vähemmän muistia kuin koordinaattori tai reititin.

ZigBee -laitteet liikennöivät beacon- tai non-beacon-tilassa. Beacon-tilassa laite odottaa verkon koordinaattorilta herätepakettia, joka laukaisee datan lähetyksen. Herätepaketissa määritellään myös seuraavan paketin saapuminen, ja laite voi mennä sleep-tilaan odotusajaksi. Non-beacon-tilassa laite saa ulkopuolisen herätteen, esimerkiksi savu palohälyttimissä laukaisee datan lähetyksen koordinaattorille. /12/

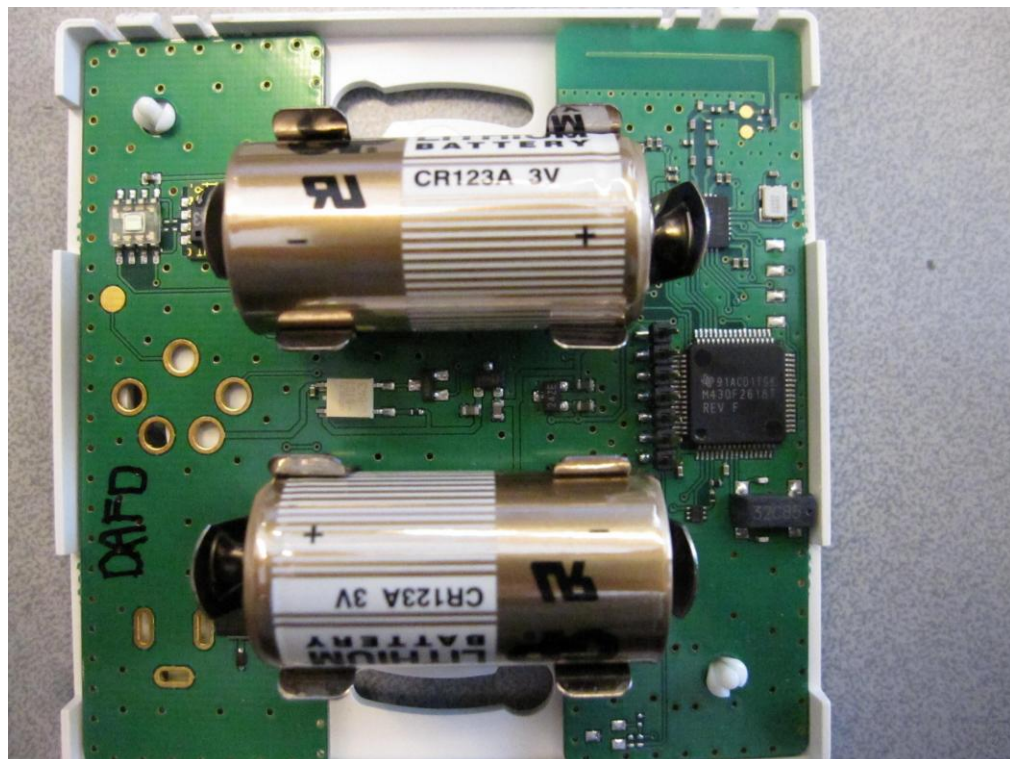
Käyttämämme ZigBee-laitteet toimivat pulssiperiaatteella eli päätelaitte lähettää ennalta määrätyssä ajassa tietoa koordinaattorilaitteelle. Päätelaitte voidaan asettaa esimerkiksi lähettämään tietoa joka sekunti.

5.1 End Device

Päätelaitteilta, joita me käytimme, oli mahdollista saada erilaisia tietoja tilasta, jossa ne sijaitsivat. Niiltä voitiin saada muun muassa seuraavat tiedot:

/13/

- tilan lämpötila
- tilan hiilidioksidipitoisuus
- tilan ilmankosteus
- laitteen pariston jännite
- signaalinvoimakkuus.



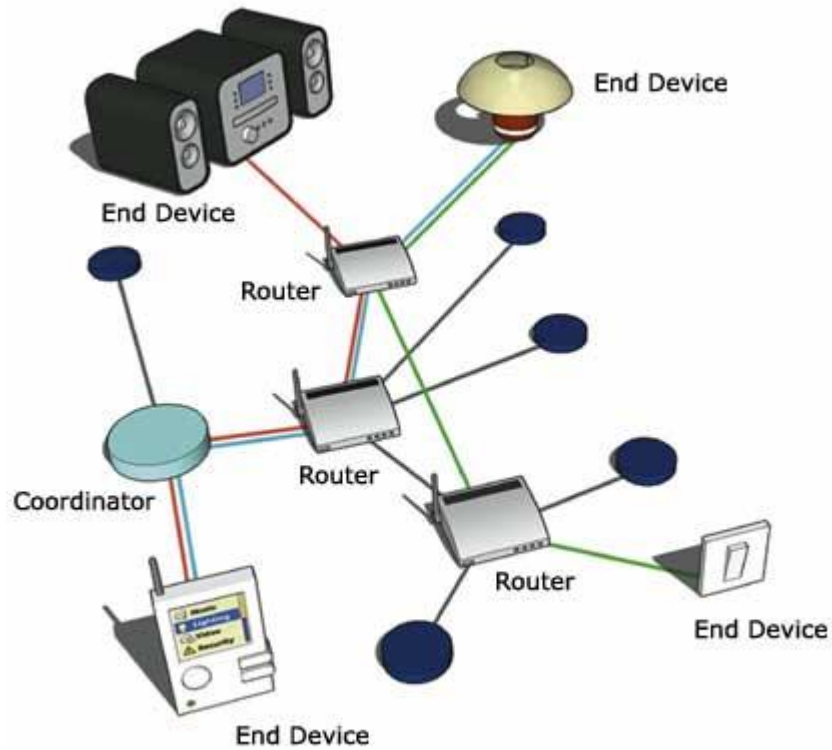
Kuva 3 : ZigBee-päätelaite /7/

Kuvassa 3 (sivu 17) on ZigBee-päätelaite avattuna. Päätelaitteen piirilevy on nähtävillä ja siitä erottuvat selkeästi kaksi paristoa, joilla laite toimii. Osa päätelaitteista käytti vain yhtä paristoa. Tämä ero johtui hiilidioksimittausominaisuudesta, joka kuluttaa hieman enemmän virtaa, joten laite tarvitsee kaksi paristoa. Kuvan laitteessa on mitta-anturille paikka piirilevyn vasemmassa reunassa keskellä. Anturit tulevat kiinni pieniin reikiin. Paristojen oikealla puolella on mikropiiri.

Päätelaitteet oli ohjelmoitu eri tarkoitukseen kuin paikannukseen. Tämän takia kaikki laitteet piti päivittää, jotta niiltä saataisiin tarvitsemaamme signaalinvoimakkuustietoa.

5.2 Router

Router-laitetta käytetään tiedon reitittämiseen päätelaitteelta koordinaattorille, jos päätelaite sattuu olemaan yhteyden peittoalueella. Sijoitimme rakennukseen reitittämiä, jos päätelaitteet niitä tarvitsivat. Lopulta päädyimme ratkaisuun, jossa reitittämiä oli kolme. Testasimme, miten verkkoon vaikuttaa reitittimien lisääminen tai poistaminen. ZigBee-verkon laitteet yhdistivät aina siihen reitittimeen tai koordinaattoriin, johon niillä on kulloinkin paras yhteys.

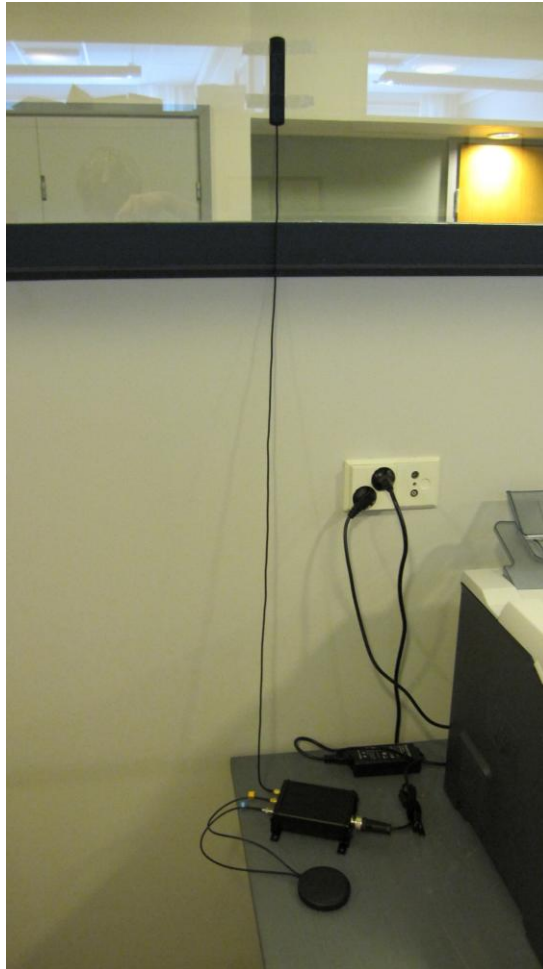


Kuva 4: ZigBee-verkon laitteiden toimintaperiaate. /5/

Kuvassa 4 on esitettyä ZigBee-verkon laitteiden toiminta verkossa. Reitittimet ohjaavat tiedot päätelaitteilta toiselle reitittimelle tai suoraan koordinaattorille. Koordinaattori on verkon tärkein osa, johon lopulta kaikki verkosta saatu tieto kerätään. /2; 12/

5.3 Coordinator

Koordinaattori kerää sensoriverkon päätelaitteilta tulevan tiedon ja lähettää sen palvelimelle. Tieto koordinaattorille voi tulla joko suoraan päätelaitteilta tai reitittimien välityksellä. /2; 12/



Kuva 5 : ZigBee-koordinaattori /7/

Kuvassa 5 on valmiiksi asennettu ZigBee-koordinaattori. Siinä näkyy laitteen kaksi antennia: ZigBee-antenni on kiinnitetty lasiin, jolloin sillä on mahdollisimman hyvä kuuluvuus päätelaitteisiin. Toinen antenni on laitteen vieressä pöydällä oleva GPS/GSM-antenni, jota käytetään ZigBeen mobiiliratkaisuissa. Laite toimii verkkovirralla.

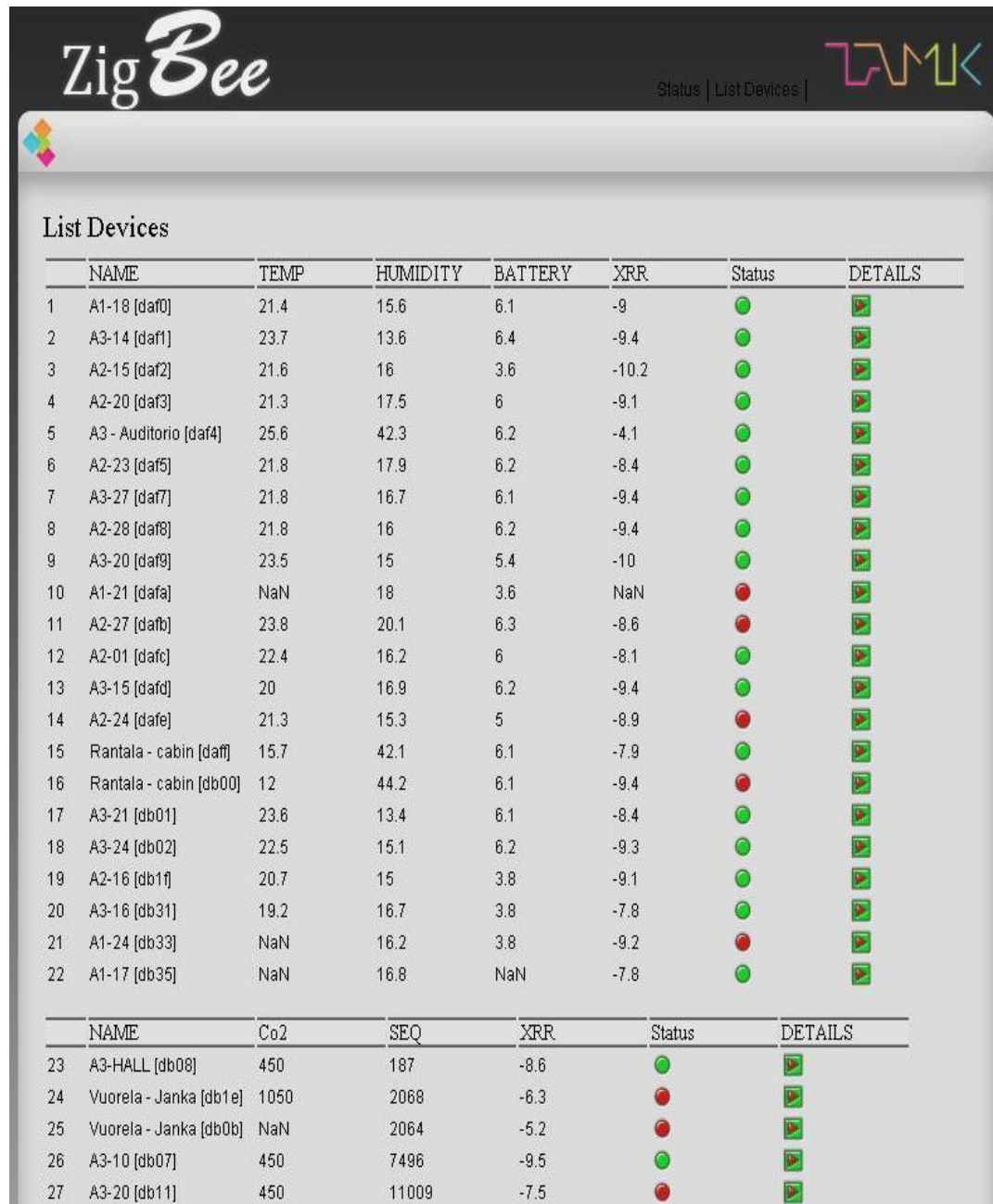
Asensimme lopulta yhteensä 21 päätelaitetta, kolme koordinaattoria ja kolme router-laitetta. Laitteet sijoiteltiin TAMK:n A-siiven kolmeen kerrokseen. Joka kerroksessa oli yksi koordinaattori, joka keräsi tietoa sille lähettäviltä päätelaitteilta ja reitittimiltä. Koordinaattori lähetti tiedot MW:n palvelimelle, jonka käyttöliittymästä pääsimme seuraamaan laitteitamme. Aina, kun päätelaitteen uudelleenkäynnisti irrottamalla pariston, näkyi tilapäivitys kyseisen laitteen kohdalta MW:n palvelimelta.

5.4 Server

Rakentamamme ZigBee-verkon tiedot tallentuivat koordinaattori-laitteiden kautta MW:n palvelimelle. Palvelin eli server sijaitsi TAMK:n verkon ulkopuolella, joten tarvitsimme käyttäjätunnuksen ja salasanan, jotta pääsisimme TAMK:n verkosta sen ulkopuolelle. TAMK:n tietotekniikkakeskus antoi meille tunnukset ja avasi tarvittavat portit. Tämän jälkeen pystyimme olemaan yhteydessä MW:n palvelimeen kannettavan tietokoneen välityksellä mistä päin rakennusta hyvänsä.

Kuva 6 (sivu 23) on kuvankaappaus MW:n palvelimen käyttöliittymästä. Siitä nähdään verkossa kiinni olevat laitteet ja niiden tiedot. Laitteet antavat tietoa siitä tilasta, mihin ne on sijoitettu. Tietoihin kuuluvat tilan lämpötila (TEMP), kosteus (HUMIDITY), pariston jännite (BATTERY), signaalivoimakkuus (XRR) sekä laitteen tila (STATUS). Laitteen tila kertoo, saako laite yhteyden koordinaattoriin, eli onko kyseinen laite toiminnassa.

Kuvasta 6 (sivu 23) nähdään myös tila, jossa laitteet sijaitsevat. Esimerkiksi laite [daf5] sijaitsee luokkahuoneessa A2-23. Tärkein tieto meille oli XRR eli signaalinvoimakkuustieto. Palvelimen käyttöliittymästä nähdään arvojen olevan väliltä -7,0 ja -10,0. Arvot ovat hieman harhaanjohtavia, mikä johtuu yksinkertaisesti palvelimen ohjelmakoodista. Arvot ovat oikeasti -70 ja -100:n väliltä. Signaalinvoimakkuuden yksikkö on dBm. Yksikkö dBm tarkoittaa desibelimäärää suhteessa milliwattiin. Yhden milliwatin teho vastaa 0 dBm ja +30 dBm teho vastaa yhden watin tehoa /8/.



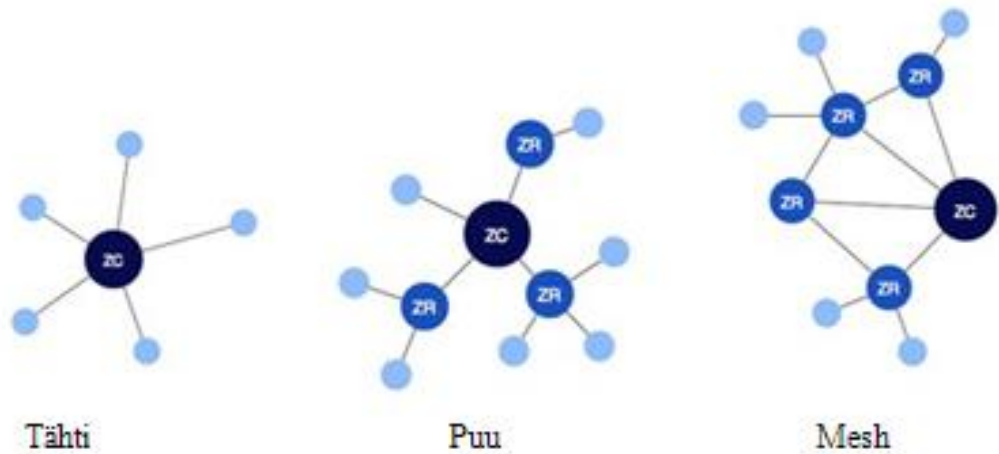
The screenshot shows a web interface for monitoring ZigBee devices. At the top, there is a 'ZigBee' logo and a navigation menu with 'Status' and 'List Devices' options. The 'List Devices' page displays a table of 27 devices, each with a unique ID and various sensor readings. The table is divided into two sections: the first 22 devices and the last 5 devices. Each device row includes a 'NAME' column, a 'Status' column with a green or red dot, and a 'DETAILS' column with a green arrow icon.

	NAME	TEMP	HUMIDITY	BATTERY	XRR	Status	DETAILS
1	A1-18 [daf0]	21.4	15.6	6.1	-9	●	▶
2	A3-14 [daf1]	23.7	13.6	6.4	-9.4	●	▶
3	A2-15 [daf2]	21.6	16	3.6	-10.2	●	▶
4	A2-20 [daf3]	21.3	17.5	6	-9.1	●	▶
5	A3 - Auditorio [daf4]	25.6	42.3	6.2	-4.1	●	▶
6	A2-23 [daf5]	21.8	17.9	6.2	-8.4	●	▶
7	A3-27 [daf7]	21.8	16.7	6.1	-9.4	●	▶
8	A2-28 [daf8]	21.8	16	6.2	-9.4	●	▶
9	A3-20 [daf9]	23.5	15	5.4	-10	●	▶
10	A1-21 [dafa]	NaN	18	3.6	NaN	●	▶
11	A2-27 [dafb]	23.8	20.1	6.3	-8.6	●	▶
12	A2-01 [dafc]	22.4	16.2	6	-8.1	●	▶
13	A3-15 [dafd]	20	16.9	6.2	-9.4	●	▶
14	A2-24 [dafe]	21.3	15.3	5	-8.9	●	▶
15	Rantala - cabin [daff]	15.7	42.1	6.1	-7.9	●	▶
16	Rantala - cabin [db00]	12	44.2	6.1	-9.4	●	▶
17	A3-21 [db01]	23.6	13.4	6.1	-8.4	●	▶
18	A3-24 [db02]	22.5	15.1	6.2	-9.3	●	▶
19	A2-16 [db1f]	20.7	15	3.8	-9.1	●	▶
20	A3-16 [db31]	19.2	16.7	3.8	-7.8	●	▶
21	A1-24 [db33]	NaN	16.2	3.8	-9.2	●	▶
22	A1-17 [db35]	NaN	16.8	NaN	-7.8	●	▶
	NAME	Co2	SEQ	XRR	Status	DETAILS	
23	A3-HALL [db08]	450	187	-8.6	●	▶	
24	Vuorela - Janka [db1e]	1050	2068	-6.3	●	▶	
25	Vuorela - Janka [db0b]	NaN	2064	-5.2	●	▶	
26	A3-10 [db07]	450	7496	-9.5	●	▶	
27	A3-20 [db11]	450	11009	-7.5	●	▶	

Kuva 6: Kuvankaappaus MW:n palvelimen käyttöliittymästä /7/

6 VERKKO

Käyttämämme ZigBee-sensoriverkko koostui päätelaitteista, reitittimistä ja koordinaattoreista. Yksi tärkeä osa verkkoa on myös palvelin, jonka käyttöliittymästä voidaan seurata verkon parametreja.



Kuva 7: ZigBee-verkkotopologiat /9/

Kuvassa 7 on esitetty kolme variaatiota toteuttaa ZigBee-sensoriverkko. Yksinkertaisin verkkorakenne on nimeltään tähtitopologia. Tummansininen, isompi ympyrä verkon keskellä esittää ZigBee-koordinaattoria (ZC) ja pienemmät ympyrät esittävät päätelaitteita. Päätelaitteita voi tähtitopologiassa olla yksi tai useampi. Päätelaitteet lähettävät tietonsa suoraan koordinaattorille. /9; 10/

Toinen yleisesti käytetty verkkoratkaisu on puutopologia, joka soveltuu hieman monimutkaisempaan verkkoon kuin tähtitopologia. Puutopologia on järjevä ratkaisu, jos verkko sisältää useita kymmeniä laitteita. Kuvassa 7 (sivu 24) esitetyssä puutopologian periaatekuvassa verkolla on yksi koordinaattori (ZC), kolme reititintä (ZR) ja useita päätelaitteita. Topologiassa päätelaitteet ja reitittimet liittyvät koordinaattoriin. Puutopologialla saadaan helposti laajennettua jo olemassa olevaa sensoriverkkoa. /9; 10/

Kolmas käytössä oleva topologia on Mesh-topologia, joka on nimensä mukaisesti sekatomologia, eli siinä on hieman puutopologiaa, mutta se voi sisältää myös yksinkertaista rakennetta. Kuvassa 7 (sivu 24) koordinaattori (ZC) ja reitittimet (ZR) ovat yhteydessä toisiinsa. Päätelaitteet toimivat edelleen yksinkertaisesti ja antavat tietonsa vain lähimmälle reitittimelle tai koordinaattorille. Mesh-topologian tarkoituksena on helpottaa verkossa tapahtuvaa pakettiliikennettä. Reitittimet ovat yhteydessä toisiinsa, jolloin pakettien reititys helpottuu ja verkon kuormitus pienenee. /9; 10/

Työssämme käytetty topologia oli Mesh-verkon kaltainen, jolloin verkkoon voitiin lisätä reitittimiä pakettiliikenteen helpottamiseksi. Esimerkistä voisi käydä tilanne, jossa päätelaite ei saa yhteyttä lähimpään reitittimeensä, johon se yleensä on tietonsa lähettänyt. Kyseinen reititin on saattanut itse lopettaa toimintansa verkossa, jolloin yksinkertaisessa verkossa päätelaitteelta tuleva tieto ei tavoita koordinaattoria. Mesh-verkko korjaa tilanteen siten, että päätelaite voi ottaa yhteyden mihin reitittimeen tahansa. Tämä ominaisuus auttaa tietojen kuljetuksessa ja verkon kasassa pysymisessä. Mesh-rakenne oli myös yksi syy siihen, miksi langaton sisätilapaikannus ei toiminut toivotulla tavalla.

7 TOIMINTA JA TESTAUS KÄYTÄNNÖSSÄ

Aloitimme projektin alussa pitää projektipäiväkirjaa, josta selviää, mitä milloinkin teimme. Päiväkirja kertoo kuitenkin vain koululla tai MW:n tiloissa tekemämme työn. Koululla tehdyn asennus-, tutkimus- ja kehitystyön lisäksi käytimme aikaa tutkimustyöhön. Tämä tutkimustyö sisälsi lähinnä verkosta haettua tietoa tekniikasta, laitteista ja ideoista. Seuraavassa lyhyesti viikoittainen seuranta käytännön työn etenemisestä ja mietteitä projektista.

Viikko 4

Projektin aloituspalaveri Henri Vuorelan ja Matti Tuurin kanssa. Matti auttaa projektissa ohjelmointipuolella. Ideariihi siitä, miten työ saadaan toimimaan. Esitimme omia ideoitamme, ja ohjelmoijat kertoivat, mitä tietoja laitteista saadaan. Tutustuimme laitteiden eri ominaisuuksiin. Henri sopi puhelimitse laitteiden päivityksestä MW:n kanssa. Keräsimme laitteet A-siiven kolmannesta kerroksesta päivitystä varten.

Jari ja Henri kävivät Hervannassa MW:n tiloissa päivittämässä laitteet yrityksen ohjelmoijien avustuksella. Palvelimet luvattiin päivittää viikonlopun aikana, jotta pääsemme seuraavalla viikolla jatkamaan.

Projekti näytti lupaavalta ja koko ryhmä vaikutti erittäin motivoituneelta. Olimme jo ideoineet erilaisia ratkaisuja paikannukseen, emmekä malttaneet päästä kokeilemaan niitä MW:n laitteiden kanssa.

Viikko 5

Jatkoimme suunnittelua siitä, miten laitteita on paras sijoittaa, jotta signaalipeitto olisi paras mahdollinen. Suunnittelimme käyttöliittymää sekä sijaintitiedon esitystapaa. Tätä varten pyysimme A-siiven kerrosten pohjakuvia. Pyysimme tietokonekeskusta avaamaan tietoliikenneportteja, jotta pääsemme koulun WLAN:sta MW:n palvelimelle, jossa päätelaitteiden antamat tiedot ovat saatavilla.

Laitoimme laitteet A3-kerroksen eri tiloihin: yhteensä yhdeksän päätelaitetta, yhden reitittimen ja koordinaattorin. Asennuspaikat merkittiin pohjapiirroksiin. Pyrimme asettamaan laitteet tasaisin välein toisiinsa nähden, mutta emme vielä pystyneet tarkastelemaan signaalien voimakkuuksia. Laitteiden paikkoja tullaan muuttamaan tarpeen niin vaatiessa.

Laitteiden testaus hieman viivästyi, koska palvelimen päivityksessä oli jotain ongelmaa. Emme päässeet vielä tarkastelemaan signaalinvoimakkuustietoja. Projekti oli lähtenyt vauhdikkaasti käyntiin, mutta nyt olimme kiinni MW:n aikataulussa. Haimme eri lähteistä hyödyllistä tietoa ZigBee-verkoista. Projektin edetessä myös mielenkiinto sitä kohtaan kasvoi. Olimme saaneet muut kurssimme käytyä ja pystyimme puuhastelemaan projektin parissa melkein joka päivä.

Viikko 6

Tulostimme A-siiven pohjapiirroksat ja kirjassimme niihin laitteiden paikat. Veimme myös ensimmäisen ja toisen kerroksen tiloihin tarvittavat laitteet. Kentällä on nyt 21 päätelaitetta, yksi reititin ja kolme koordinaattoria. Tutustuimme MW:n palvelinsivustoon, jota ei vielä ole päivitetty, joten emme saaneet mitattua signaalivoimakkuuksia.

Laitteet herättivät suurta mielenkiintoa sekä henkilökunnassa että opiskelijoissa. Asentaessamme laitteita luokahuoneisiin, jouduimme aina selittämään mitä teemme. Oli mukavaa kertoa projektista ja sen etenemisestä niin monelle kiinnostuneelle. Moni kiinnostunut kyselijä tiesi hieman jo entuudestaan langattomista ratkaisuksista, joten usein jouduimme kertomaan perusteellisesti, mikä projektimme idea on.

Odottelimme edelleen ilmoitusta palvelimen päivityksestä, jotta pääsisimme jatkamaan projektia signaalien mittausten parissa.

Viikko 10

MW oli saanut palvelimensa päivitettyä. Tarkistimme palvelimelta, päivittävätkö kaikki päätelaitteet itseään ja saadaanko jokaiselta signaali. Osa laitteista ei kuulunut koordinaattorille. Yritimme vaihdella laitteiden paikkoja ja lisäällä reitittimiä. Toiminnalla ei kuitenkaan ollut tuloksiin merkittävää vaikutusta. Osa laitteista ei yhdistänyt reitittimille tai koordinaattoreille, vaikka niiden paikkoja vaihdettiin.

Saimme signaalinvoimakkuustiedot listattua. Kaikki laitteet näkyivät palvelimella. Signaalitasojen ero oli kuitenkin liian pieni, joten tarvittavan tarkkaa paikannustietoa emme näillä laitteilla saaneet näkymään. Signaalierot vaihtelivat 80 dBm:n ja 100 dBm:n välillä. Voimakkuudet eivät osoittaneet tiettyä fyysistä paikkaa. Eri etäisyydet eivät välttämättä vaikuttaneet voimakkuuteen. Tämän takia tarkka paikannus ei ole mahdollista.

Pääsimme vihdoinkin kunnolla tekemään töitä. Kaikkien laitteiden tietojen listaus oli iso urakka ja oli pettymys todeta, että signaalinvoimakkuuksien erot eivät olleet aivan niin suuria, kuin olisimme halunneet. Voimakkuuksiin vaikuttivat erittäin pienet seikat, kuten esimerkiksi sekin, olivatko huoneiden ovet kiinni vai auki. Tämä tuli yllätyksenä. Osa päätelaitteista saattoi yhdistää toisena päivänä rakennuksen ulkokautta, ikkunasta, ja toisena päivänä sisäpuolelta. Alkoi vaikuttaa siltä, että verkko on liian epävarma tarkkaan paikantamiseen. Projektin alussa kaavailimme paikannuksen tarkkuuden olevan metrien luokkaa, jotta se yleensä olisi järkevää.

Viikko 11

Päätimme, että emme enää yritä paikannusta ZigBee-tekniikalla. Käyttämillämme laitteilla tämä ei onnistu tarvittavan tarkasti. Tarkkuuden tulisi olla metrien luokkaa. Aloimme suunnitella toisen tekniikan käyttöä paikannusprojektissamme. Tällainen tekniikka voisi olla vaikka aktiivi-RFID. Lähetimme MW:lle sähköpostia asiasta, ja he sanoivat olevansa kiinnostuneita tarjoamaan RFID-laitteet ja rajapinnan. Heidän aikataulunsa ei kuitenkaan anna mahdollisuutta olla niin läheisessä yhteistyössä kanssamme kuin tarvitsisi. Kysyimme myös eräältä TAMK:ssa RFID-tekniikka testaavalta oppilaalta lisätietoja RFID-tekniikasta ja laitteista.

Mahdollisuutena oli päivittää laitteet toimimaan RFID-verkon tavoin ja alkaa testata tekniikan toimintaa paikannuksessa. Aikataulumme oli kuitenkin siinä vaiheessa, että raportin kirjoittaminen ja ZigBee-tekniikalla tehdyn verkon viimeistely alkoi tulla ajankohtaiseksi. Emme olisi millään ehtineet päivittää laitteita RFID-tekniikkaa tukeviksi ja vielä testaamaan ja tutkimaan verkkoa. Laitteisiin olisi pitänyt asentaa uusi ohjelma, jotta ne olisivat voineet toimia RFID-verkossa. MW:n ja meidän aikataulumme erosivat projektin aikana, minkä vuoksi saimme tukea ja tietoa aina pienellä viiveellä. Projektin alusta lähtien oli selvää, että tulemme toimimaan MW:n aikataulun ehdoilla, joten yllätyksiä ei siinä mielessä tullut vastaan.

8 YHTEENVETO

Päiväkirjassa todettiin, kuinka ZigBee-tekniikalla tehty paikannus ei ollut tarpeeksi tarkkaa, jotta sitä voitaisiin käyttää metrien tarkkuutta vaativassa sisätilapaikannuksessa. ZigBee-tekniikka itsessään saattaisi toimia paikannuksessa, jos sitä käyttävät laitteet olisivat yksinkertaisesti paremmat kuin meidän projektissamme. MW:n laitteet olivat vasta testausasteella ja etenkin niiden signaalivoimakkuustietoon liittyvät ominaisuudet olivat hyvin heikot.

Projektissamme oli tarkoitus tutkia myös muita tekniikoita langattoman sisätilapaikannuksen osalta. Tavoitteemme oli aloittaa RFID-paikannus niin pian kuin mahdollista, mutta aikataulu tuli vastaan ja päätimme luopua toisen tekniikan testaamisesta. Tavoitteemme RFID:n osalta olivat samat kuin ZigBeen. Alkuperäisenä ajatuksena oli tutkia, kehittää ja testata myös tätä tekniikkaa ja sen soveltuvuutta sisätilapaikannukseen. Tässä olisikin erinomainen tutkintotyön aihe jollekin toiselle jatkaa langatonta sisätilapaikannusta RFID-tekniikalla.

LÄHTEET

1. MeshWorks Wireless Oy. [online] [viitattu 18.3.2010].
<http://www.mww.fi/>.
2. Savonia Ammattikorkeakoulu. RFID, ZigBee, IEEE 802.15.4 -standardi.
[online] [viitattu 25.3.2010].
http://wirelessplatform.savonia.fi/index.php?option=com_content&task=section&id=5&Itemid=31
3. ZigBee Alliance. [online] [viitattu 25.3.2010]. <http://www.zigbee.org/>.
4. RFID Lab Finland Ry. [online] [viitattu 25.3.2010]. Saatavissa:
<http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>.
5. Custom Automatic Systems. [online] [viitattu 12.4.2010].
<http://www.customautomaticsystems.com/ShowArticle.aspx?ID=60>
6. Puputti, Mikko. Anturiverkkoteknologiat osana älykästä ympäristöä.
[pdf].
7. Jokinen, Jussi. Tampereen ammattikorkeakoulu. [kuva].
8. HamFi, desibeli. [online] [viitattu 19.5.2010]. <http://wiki.ham.fi/Desibeli>
9. ZigBee. [online] [viitattu 25.3.2010].
<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7118>
10. Ferrari, G., Medagliani, P., Di Piazza, S. & Martalo, M. Wireless Sensor Networks: Performance Analysis in Indoor Scenarios. Hindawi Publishing Corporation. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking.

11. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). [online] [viitattu 25.3.2010]. <http://www.ieee.org/index.html>
12. Wikipedia. ZigBee. [www-sivu]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
13. Vilkinen, Heikki. SIGLOG Products & Services. Service feature presentation. [pdf].