



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ERS-SENSOREIDEN KÄYTTÖÖNOTTO JA TESTAUS

Jukka Vierunketo

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Tieto- ja viestintäteknikan koulutus
Tietoliikenne



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tieto- ja viestintätekniikan koulutus
Tietoliikenne

VIERUNKETO, JUKKA:
ERS-sensoreiden käyttöönotto ja testaus

Opinnäytetyö 23 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2018

Tämän opinnäytetyön aiheena oli LoRa-verkossa toimivan sensorin käyttöönotto ja toiminnan testaus erilaisissa olosuhteissa. LoRa:n avainominaisuuksiin kuuluu signaalin hyvä kantama, joten tavoitteeksi asetettiin todentaa valitun sensorin kantama.

Ensimmäisessä kappaleessa käydään läpi LoRa:n taustaa. Kappale käsittelee LoRa:n tietoturvaa, päätelaitteen aktivointia ja laitteiden luokittelua sekä kevyesti LoRa-modulaatiota.

Toinen kappale käsittelee sensorin käyttöönottoa ja sille tehtyjä testejä. Työtä varten hankittiin yhdyskäytävä ja muutama Elsys ERS –sensori. Anturidatan käsittelyyn käytettiin Elastic Stack –palvelukokonaisuutta.

Lopuksi pohdinnassa käydään lyhyesti läpi työn lopputulos. Tavoite saavutettiin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Information and Communication Technology
Telecommunication Technology and Information Networks

VIERUNKETO JUKKA:
Introduction and testing of ERS sensors

Bachelor's thesis 23 pages, appendices 3 pages
May 2018

The subject of this thesis was the introduction and testing of ERS-sensors in LoRa network. LoRa's key features include long range signal reception, so the objective of this thesis was to determine the receiving range of the ERS-sensor.

The first chapter consists of LoRa's background. The chapter deals with LoRa's security, the activation and classification of the end-devices and LoRa modulation.

The second chapter deals with the introduction and testing of the sensor. A few Elsys ERS sensors and a LoRa gateway were purchased for this thesis. The Elastic Stack service package was used to handle the sensor data.

Lastly the discussion section briefly outlines the end result of the work. The objective was achieved.

Key words: iot, lora

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LORA	7
2.1	LoRa-allianssi	7
2.2	Tietoturva ja aktivointi.....	7
2.3	Yhteyksien hallinta	8
2.3.1	Luokka A.....	9
2.3.2	Luokka B.....	9
2.3.3	Luokka C.....	10
2.4	LoRa-modulaatio	10
3	KÄYTTÖÖNOTTO	12
3.1	Hankinta.....	12
3.2	Elastic Stack.....	13
3.3	Sensorin testaus.....	14
4	POHDINTA.....	19
	LÄHTEET	20
	LIITTEET	21
	Liite 1. Payload.....	21
	Liite 2. Ruby.....	22
	Liite 3. Teiskon mittaukset	23

LYHENTEET JA TERMIT

ABP	Activation-By-Personalization, päätelaitteen yksilöiminen
ADR	Adaptive Data Rate, mukautuva tiedonsiirtonopeus
AES	Advanced Encryption Standard, tiedonsalausalgorithmi
AppKey	root-avain, josta johdetaan useita muita avaimia
AppSKey	Application Session Key, päätelaitteen tunnistevain sovelluksessa
Chirp	Compressed High Intensity Radar Pulse, radioaaltopulssi
DevAddr	Device Address, päätelaitteen tunnistetieto
IoT	Internet of Things, esineiden internet
Multicast	Viesti lähetetään jokaiselle yhteydessä olevalle päätelaitteelle
NwkKey	root-avain, josta johdetaan useita muita avaimia
NwkSKey	Network Session Key, päätelaitteen tunnistevain verkossa.
LoRa	Long Range, pitkän matkan kommunikaatiostandardi
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network, anturiverkko
LPWAN	Low Power Wide Area Network, pienitehoisten laitteiden verkko.
OTAA	Over-the-air-activation, päätelaitteen aktivointimetodi
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
Root	Järjestelmän korkein käyttäjätaso
RSSI	Received Signal Strength Indicator, vastaanotetun signaalin teho
Unicast	Viesti lähetetään yhdelle verkossa olevalle laitteelle

1 JOHDANTO

Viime vuosien voimakas kasvu IoT-laitteiden ja –tekniikoiden kehityksessä on tuonut internet-yhteyden käytännössä joka paikkaan. Tekniikoista erityisesti LoRa on erottumassa edukseen. LoRa:n avainominaisuuksiin kuuluu hyvä tietoturva, vähäinen virrankulutus ja erityisesti signaalin kantavuus.

LoRa-allianssi vastaa LoRa:n ja LoRaWAN:in kehitystyöstä ja allianssin jäsenmäärä kasvaa vauhdikkaasti. Valtava jäsenmäärä takaakin nopean kehitystyön, sillä LoRa-verkon käyttöönottoa ja erilaisia sovelluksia otetaan käyttöön ympäri maailman erilaisissa ympäristöissä.

Tässä opinnäytetyössä suoritettiin Elsys ERS-sensoreiden käyttöönotto julkisessa LoRa-verkossa. Käyttöönoton jälkeen sensorin ominaisuuksia ja erityisesti kantavuutta tutkittiin Teiskon radio- ja televisioaseman yhdyskäytävän läheisyydessä sekä Tampereen kaupungin alueella.

2 LORA

2.1 LoRa-allianssi

LoRa-allianssi on avoin, voittoa tavoittelematon järjestö, jonka tavoitteena on standardisoida LPWAN-verkot. LPWAN-verkot mahdollistavat IoT-järjestelmät M2M-järjestelmät, älykkäät kaupungit ja teollisuuden applikaatiot ympäri maailman. Allianssin jäsenet tekevät yhteistyötä jakamalla kokemuksiaan ja tietoaan varmistaakseen LoRa-protokollan (LoRaWAN) toiminnan eri toimijoiden välillä. (LoRa-allianssi, 2018.)

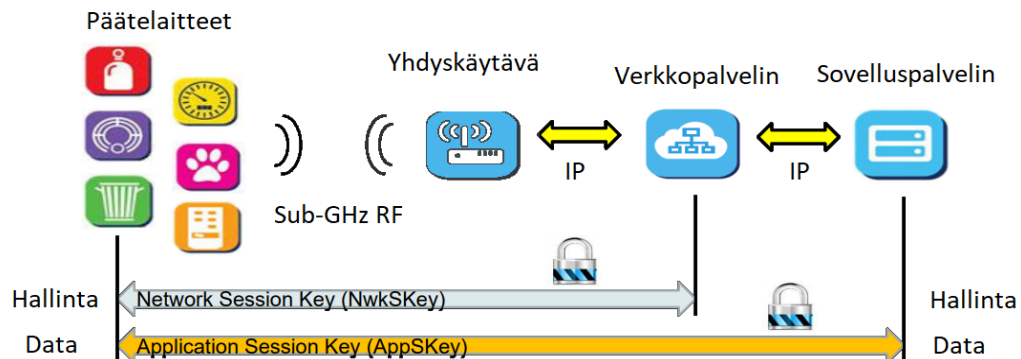
LoRa-allianssin jäsenet tulevat monista eri organisaatioista ympäri maailman ja LoRa-järjestelmän ekosysteemin eri osa-alueilta. Jäseniin kuuluu monikansallisia tietoliikenne yrityksiä, laitevalmistajia, järjestelmä integraattoreita, anturivalmistajia, start-up yrityksiä ja komponenttivalmistajia. Jäsenet tekevät IoT-järjestelmien käyttöönottoa ja kehitystyötä Afrikassa, Aasiassa, Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Allianssi on jaettu kolmeen eri osa-alueeseen: sponsoreihin, kehittäjiin ja käyttönottajiin. (LoRa-allianssi, 2018.)

Suomessa on monia LoRa-allianssin jäseniä, joita ovat mm. Digita, Nokeval ja Etteplan. Näistä jäsenistä Digita on LoRa-verkon päälevittäjä Suomessa. Digita tarjoaa esimerkiksi julkista, maanlaajuista LoRa-verkkoa, asiakkaan tarpeen mukaan yksityistä verkkoa ja LoRaWAN:n liittyviä palveluita kuten pilvipalvelua.

2.2 Tietoturva ja aktivointi

Yksi suurimmista IoT-järjestelmien huolenaiheista on tietoturva. LoRa:ssa päätelaite voidaan liittää verkkoon kahdella tapaa. ABP tavassa päätelaite tunnistetaan DevEUI:n avulla ja liitetään verkkoon NwkKey:n ja AppKey:n root-avaimista johdettujen istuntoavaimien avulla (LoRaWAN™ 1.1 Specification 2017, 48). Verkkoon liittymisen jälkeen laite tunnistetaan sen hetkisen verkon alueella DevAddr:n avulla. NwkSKey ja AppSKey ovat istuntokohtaisia avaimia, jotka on luotu AES128-algoritmin avulla aikaisemmin mainituista root-avaimista. AES-salausta pidetään edelleen murtamattomana.

Kuvasta 1 nähdään avaimien kulkevan kahdessa eri kerroksessa. Sensoreiden lähettämä data on siis salattua anturista sovellukseen saakka.



KUVA 1. Looginen datan kulku (LoRaWAN 101 2018, 13)

OTAA-metodilla päätelaitteita ei yksilöidä kiinteillä istuntokohtaisilla avaimilla. Päätelaitteelle luodaan jokaisen liittymisen yhteydessä uudet istuntoavaimet. Tällä tavoin mahdollistetaan verkkovierailu eri operaattoreiden verkossa. (LoRaWAN™ 1.1 Specification 2017, 52.)

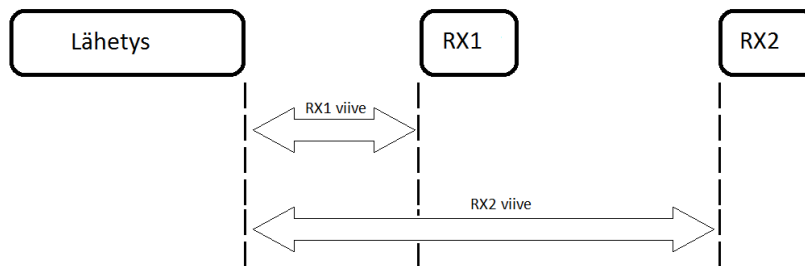
2.3 Yhteyksien hallinta

LoRa-verkossa toimivien antureiden tiedonsiirtonopeus on standardin mukaan 0,3 – 50 kbps. ADR on yksi LoRa:n ominaisuuksista, jolla pyritään optimoimaan anturiverkon toimintaa. ADR:n käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista, jos radiokanavan vaimennus muuttuu nopeasti ja jatkuvasti. Pääsääntöisesti palvelin hallitsee tiedonsiirtonopeutta, mutta tarvittaessa päätelaitteen sovelluskerros voi hoitaa hallinnan. (LoRaWAN™ 1.1 Specification 2017, 19.)

ADR:n avulla jokainen päätelaite voi erikseen päättää tiedonsiirtonopeuden sekä lähetystehon. ADR pyrkii aina nopeimpaan tiedonsiirtonopeuteen, jotta lähetysaika saadaan mahdollisimman pieneksi ja siten säästetään virtaa. LoRa-verkon standardin mukaan päätelaitteen täytyy kuulua A-, B- tai C-luokkaan. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu luokkien välisiä eroja ja niiden toimintaperiaatteita.

2.3.1 Luokka A

A-luokan laitteet kuluttavat vähiten virtaa, sillä niiden yhteys tukiasemaan alkaa aina päätelaitteen suunnasta. Kuvasta 2 nähdään yhteyden kulku. Päätelaite aloittaa yhteyden lähetyksellä, jonka jälkeen päätelaite on vastaanottavassa aikaikkunassa. Vastaanottoaikaikkunat RX1 ja RX2 ovat ennalta määrättyjä. RX1 ja RX2 aikaikkunoiden aikana yhdyskäytävä voi lähettää dataa päätelaitteen suuntaan.

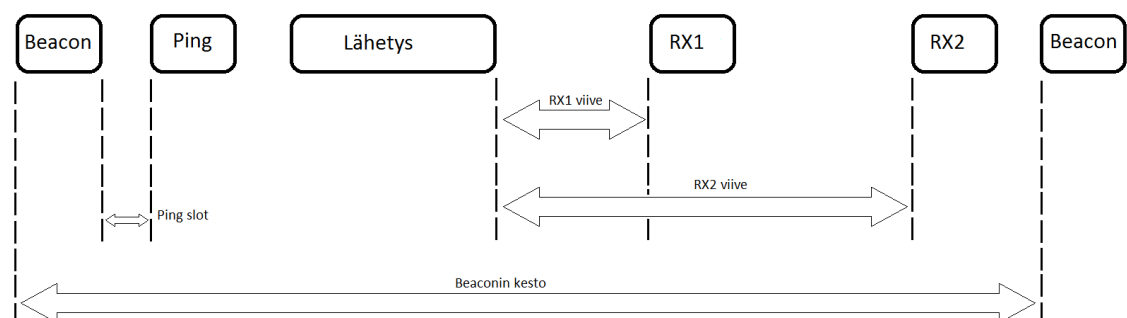


KUVA 2. A-luokan yhteyksien toimintakaavio (LoRaWAN 101 2018, 15).

A-luokan päätelaitteiden lähettämien viestien tietosisältö on pieni ja viestien välinen aikaväli pitkä. A-luokan laitteet lähettävät unicast-tyyppisiä viestejä.

2.3.2 Luokka B

Kuvasta 3 nähdään B-luokan yhteyden kulku. Yhdyskäytävä lähettää tietyin väliajoin Beacon-tyyppisen viestin, joka pitää päätelaitteen ja yhdyskäytävän synkronoituna. Beaconin lähetyksen jälkeen on määritelty Ping-aikaväli, jonka aikana päätelaite vastaanottaa tietoa yhdyskäytävältä. Ping samalla varmistaa yhteyden olemassaolon ja toimivuuden. B-luokan yhteyksiin on määritelty vastaanottoaikavälit päätelaitteille, sen aikana päätelaite on vastaanottavassa tilassa.

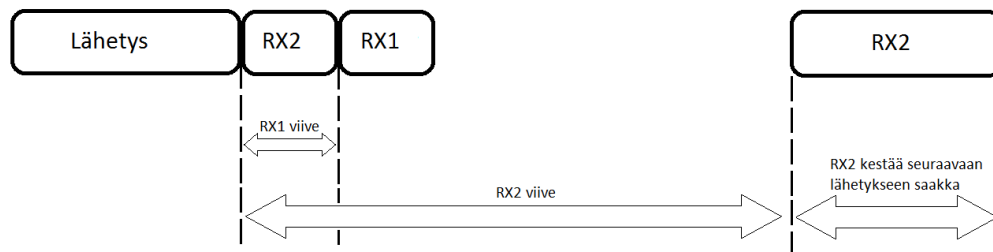


KUVA 3. B-luokan yhteyksien toimintakaavio (LoRaWAN 101 2018, 16).

B-luokka on pienen latenssin luokka, mutta yhteys ei ole reaaliaikainen jatkuva yhteys. Toisin kuin A-luokassa, B-luokassa on määritelty kiinteät lähetysikkunat yhdyskäytävälle ja päätelaitteelle. Kiinteiden ikkunoiden ansiosta yhteyden molemmat päät voivat käynnistää lähetyksen, omissa aikaikkunoissaan. B-luokan yhteyksien viestien tietosisältö on pieni ja lähetysväli on pitkä. Viestit voivat olla unicast- tai multicast-tyyppisiä viestejä. Yhteyden Beacon-viesti on multicast-tyyppinen, jolloin jokainen yhdyskäytävän kanssa keskusteleva B-luokan laite saa synkronointiviestin samaan aikaan.

2.3.3 Luokka C

Kuvasta 4 nähdään C-luokan yhteyden kulku. Päätelaitteet ovat vastaanottavassa tilassa aina kun ne eivät lähetä tietoa yhdyskäytävän suuntaan. Päätelaitteiden lähettämien viestien tietosisältö on tässäkin tapauksessa pieni, mutta yhteys on jatkuvasti auki suuntaan tai toiseen.



KUVA 4. C-luokan yhteyksien toimintakaavio (LoRaWAN 101 2018, 17).

Päätelaitteiden viestit voivat olla joko unicast- tai multicast-tyyppisiä viestejä. Toisin kuin muissa luokissa, yhdyskäytävä voi koska tahansa aloittaa yhteyden C-luokan laitteiden kanssa.

2.4 LoRa-modulaatio

LoRa-modulaatio on muunnelma Chirp-hajaspektrimodulaatiosta ja se on LoRa:n perusta. Se toteutetaan fyysisellä kerroksella ja se on syy siihen miksi LoRa:n kantama on niin pitkä.

Chirp-hajaspektri kehitettiin tutkasovellutuksiin vuonna 1944. Kyseistä ideaa jatkokehitettiin vuonna 1947 (Pulse Compression Radar). Chirp-hajaspektrin toimintaa kaupalliseen langattomaan tiedonsiirtoon on tutkittu vuodesta 1997. (Introduction to Chirp.. 2003, 4.)

LoRa-modulaatio on patentoitu langaton kommunikaatioteknologia, jonka on kehittänyt ranskalainen Cycleo. LoRa-allianssiin kuuluva Semtech hankki Cycleo:n vuonna 2012. (Semtech 2012.) Semtech toimittaa kaikki LoRa-modulaatiopiirit, joita käytetään eri sovellutuksissa.

LoRa-modulaation spektrin levitys saavutetaan luomalla chirp-signaali, jonka taajuus vaihtelee jatkuvasti. Tällä tavoin voidaan tehdä vastaanottimesta yksinkertaisempi, sillä lähettimen ja vastaanottimen aika- ja taajuusoffsetit ovat yhtä suuret ja näin ollen kumoavat toisensa. Spektrin levitys tehdään kohtisuorilla levityskertoimilla, joiden ansiosta voidaan lähettää useita levitettyjä signaaleja samalla kanavalla. Kohdevastaanotin näkee muilla levityskertoimilla moduloidut signaalit kohinana. (AN1200.22 LoRa™ Modulation Basics 2015, 9–11.)

Chirp-signaali on melko laajakaistainen ja sen vuoksi se on immuuni monitie-etenemisen aiheuttamille ongelmille ja häipymiselle. LoRa-modulaatiota voidaan pienien rekisterimuutosten jälkeen käyttää niin kapeakaistaiseen taajuushyppelyyn kuin laajakaistaiseen suorasekvenssi sovellutuksiin. (AN1200.22 LoRa™ Modulation Basics 2015, 9–11.)

3 KÄYTTÖÖNOTTO

3.1 Hankinta

LoRa-järjestelmän hankinta oli jo harkinnassa tämän opinnäytetyön alkaessa. Järjestelmän tarkemmat tiedot eivät kuitenkaan olleet vielä selvillä, joten ensimmäiseksi vaiheeksi muodostui yhdyskäytävän valinta.

IndesmaTechin tarjoamista kolmesta yhdyskäytävästä valittiin ulkotiloihin soveltuva Wirnet Station 868 (Kuva 5). Yhdyskäytävän tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluvat -141 dBm herkkyys, 0 - 28 dBm lähetysteho, 3G ja ethernet-yhteys ja 49 LoRa demodulaattoria 9:lle kanavalle.



KUVA 5. Wirnet Station 868

Wirnet Stationin hankinnan jälkeen oli vuorossa antureiden valinta. Anturimalliksi valikoitui Elyksen valmistama ERS-anturi sen monimuotoisuuden takia (Kuva 6). Anturit pitävät sisällään lämpötila-, kosteus-, valoisuus- sekä liikesensorit. Valmistajan mukaan sensori toimii noin kahdeksaan kilometriin saakka. ERS-sensorin asetuksia voidaan helposti säätää laitteesta löytyvän NFC-piirin avulla. Asetuksiin pääsee käsiksi Google Play -kaupasta löytyvällä Sensor Setting -applikaatiolla. Applikaatiolla voidaan määrittää esimerkiksi päällä olevat anturit, lähetysväli ja NwkSkey- sekä AppSKey-

avaimet. Yhdyskäytävä toimii osana julkista LoRa-verkkoa ja sen vuoksi avaimet ovat Digitan määrittämiä LoRaWAN-avaimia, joilla sensori tunnistetaan julkisessa verkossa ja sen lähettämää dataa ohjataan. Sensori ei voi liittyä verkkoon, jos avaimet eivät täsmää laitteen nimeen.



KUVA 6. ERS-anturi

Yhdyskäytävä ja sensorit tulivat Digita Oy:n kautta. Anturilta tuleva data kulkee yhdyskäytävän kautta ensin Digitan järjestelmiin, jonka jälkeen se ohjataan asiakkaan päätepiisteeseen. TAMK:lla ei ollut valmista päätepiistettä, johon dataa voitaisiin syöttää. Päätepiisteeksi valittiin Elastic Stack, johon kuuluu datankeräyspiiste Logstash, datan visualisointiin tarkoitettu Kibana sekä nämä kaksi yhdistävä Elasticsearch.

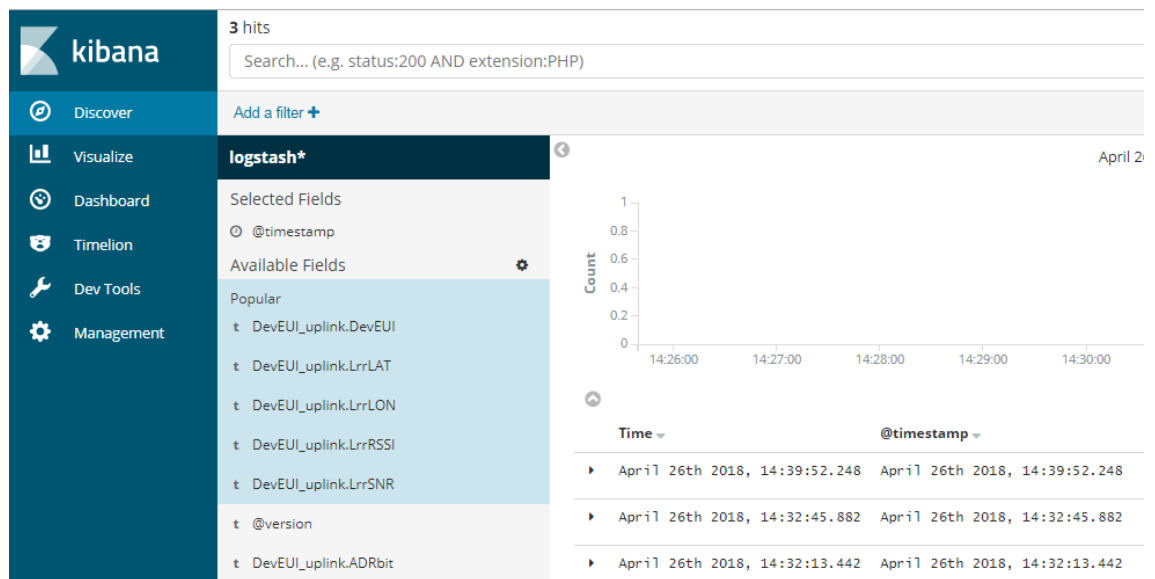
3.2 Elastic Stack

Elastic Stack –palvelu asennettiin tieto- ja viestintätekniiikan omille palvelimille. ERS-sensorin lämpötila-, kosteus-, liike- ja valoisuusantureiden lähettämä data liikkuu yhtenä heksadesimaalimuotoisena merkkijonona. Anturidata ohjattiin Logstash-palveluun, joka on suunniteltu vastaanottamaan kaikenlaista dataa.

Logstash:ssa dataa voidaan jäsentellä järkevemmän näköiseksi. Jäsentely purkaa merkkijonon osioihin, jonka jälkeen siitä voidaan erottaa jokaisen anturin lähettämä data. Data voidaan samalla skaalata oikeaan mittakaavaan, sillä saapunut heksadesimaalimuotoinen data on yksikötöntä. Tiedon jäsentely tehtiin ohjelmakoodilla, joka oli kirjoitettu Ruby-ohjelmointikielellä (Liite 2). Logstash:ssa tapahtuvan jäsentelyn jälkeen muokattu tieto lähetetään eteenpäin Elasticsearch-palveluun.

Elasticsearch toimii välityspalveluna ja hakukoneena Kibana-palvelun sisällä. Kibana puolestaan on datan visualisointia varten luotu graafinen ympäristö. Logstash:ssa muokattu tieto syötetään Kibana:n Elasticsearch:n avulla.

Kuvassa 7 näkyvän aloitussivun vasemmassa laidassa näkyy Elasticsearch:n listaamat tiedot. Tietoja voi tarkastella lähempää valitsemalla jokin tietueista. Etusivun kuvaaja muuttuu sen mukaan mitä tietueita vasemmasta laidasta on valittuna. Kuvaaja näyttää tietojen saapumishetken tarkemmin, kun @timestamp-tietue on valittuna.



KUVA 7. @timestamp-tietue valittuna

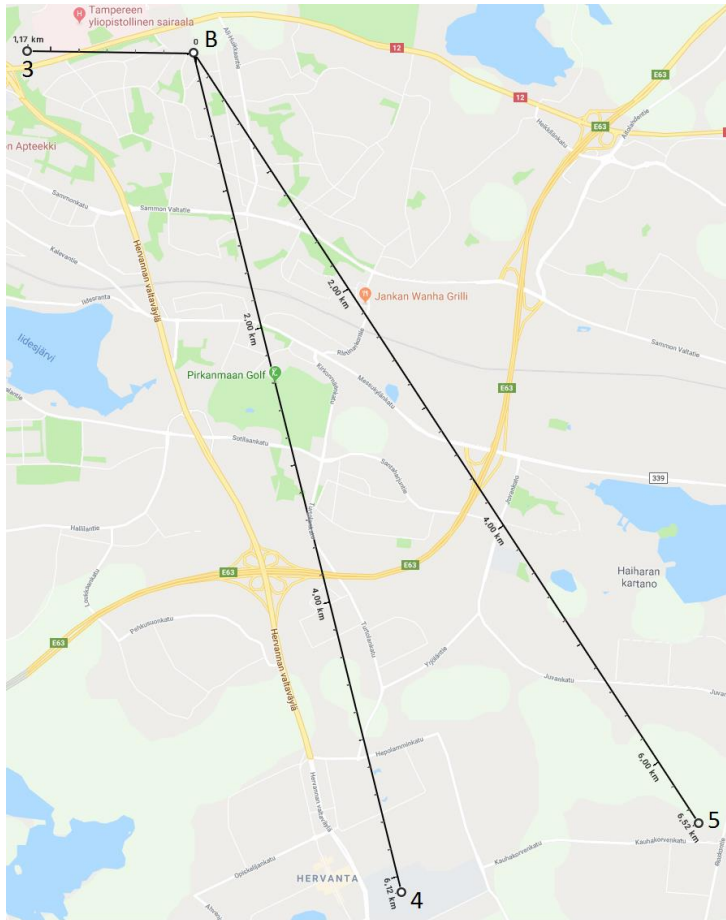
3.3 Sensorin testaus

ERS-sensoreiden testitapaukset keskittyivät pääasiassa kuuluvuuden mittaamiseen. Testien tekemiseen oli varattu neljä sensoria. Mittausdataa kerättiin Tampereen kaupungin ja Teiskon radio- ja televisioaseman alueelta. Sensorit sijoitettiin kaupunkialueella rakennusten sisätiloihin, joten kuuluvuus on luonnollisesti hieman huonompi kuin ulkona. Mittausdataa kerättiin kaupungin alueelta pitemmältä aikaväliltä kuin Teiskon mittauspisteistä. Teiskon alueen testeissä jokaisesta mittauspisteestä otettiin kolmen sensorin lähettämä datapaketti. Teiskon mittauspisteet keskittyivät lähinnä tutkimaan sensorin kuuluvuutta kahdeksan kilometrin ulkopuolelta.

Antureiden lähettämä data saapuu päätepisteeseensä parhaimman yhteyden kautta. Julkiseen verkkoon liitetyt sensorit voivat siis hyödyntää mitä tahansa julkisen LoRaWAN-verkon yhdyskäytävää. Kuvissa 8 ja 9 nähdään yhdyskäytävät, joihin sensorit (pisteet A ja B) ovat ottaneet yhteyttä. ERS-sensoreissa ei ole GPS-piiriä, joten Kibana:ssa näkyvät koordinaatit kertovat yhdyskäytävän olinpaikan.



KUVA 8. Sensori keskustassa



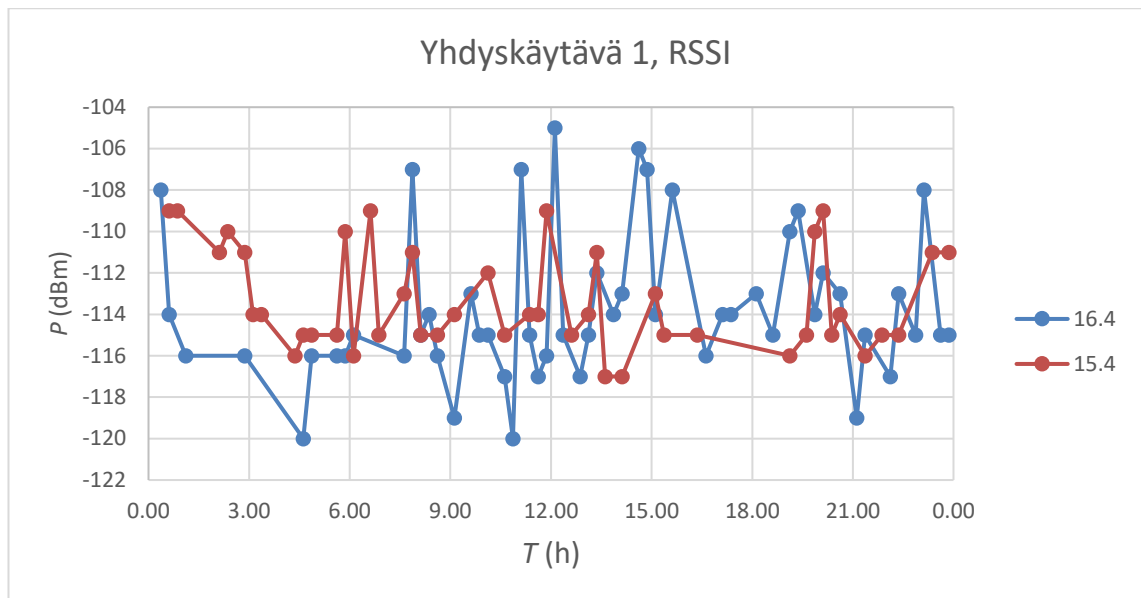
KUVA 9. Sensorit Kissanmaalla

Kuvissa 8 ja 9 näkyvien sensoreiden ja yhdyskäytävien välimatkat on listattu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Sensorit kaupungissa.

Sensori	Yhdyskäytävä	Välimatka (km)
A	1	2,42
A	2	3
B	3	1,17
B	4	6,12
B	5	6,52

Kuviosta 1 nähdään mittauspiste A:n ja yhdyskäytävän 1 väliset RSSI-arvot kahden päivän ajalta. Mittauspäivistä 15.4.2018 oli Tampereella aurinkoinen ja varsin selkeä. Seuraava päivä, eli 16.4.2018, oli sateinen ja pilvinen. Kuviossa 1 näkyvien mittauksien keskiarvojen ero on noin 0,5 dBm, joten voidaan sanoa ettei säällä ole merkitystä signaalin voimakkuuteen.



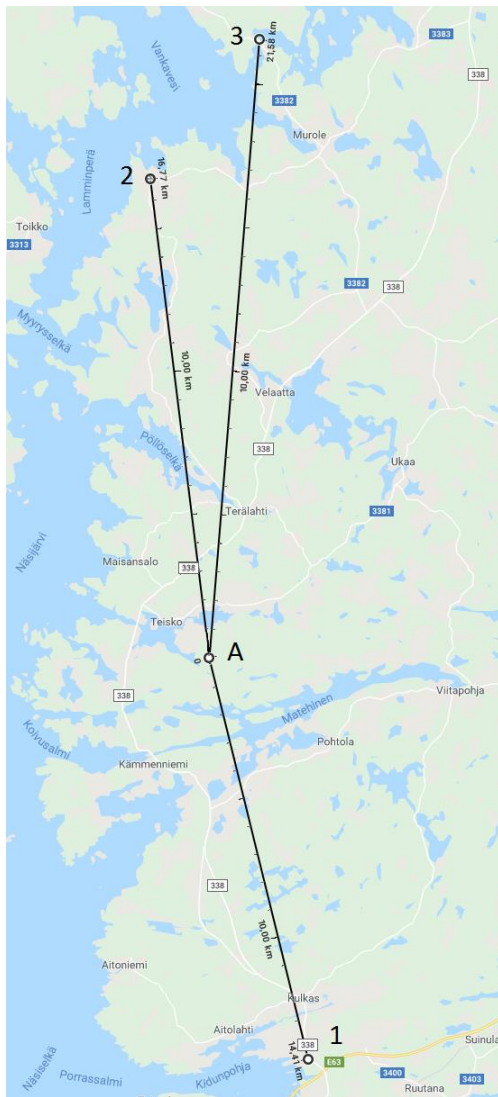
KUVIO 1. RSSI-arvot

Pisteen B läheltä löytyy TAMK:n yhdyskäytävä (3). Osa datasta on kuitenkin kulkeutunut Hervannassa olevien kahden yhdyskäytävän kautta. Sensoreiden ja Hervannassa olevien yhdyskäytävien 4 ja 5 välimatkat ovat 6,12 km:ä ja 6,52 km:ä. Välimatka on siis huomattavasti pidempi kuin TAMK:n yhdyskäytävään. Yhteyden paremmuus, välimatkasta huolimatta, selittyyneen pääasiassa korkeuseroilla. Korkeuserot mitattiin Google Maps –palvelun ja Maanmittauslaitoksen avointa lisenssiä hyödyntävän sivuston avulla (Korkeustiedot.. 2018). Pisteiden korkeus merenpinnasta on listattu taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Korkeuserot

Piste	Korkeus
B	94,75 m
3	111,4 m
4	140,93 m
5	121,35 m

Tampereen kaupungin alueella yhdyskäytäviä on useampia, mutta Teiskon radio- ja televisioaseman yhdyskäytävä on alueen ainoa. Kyseisen yhdyskäytävän alueella tehdyissä mittauksissa sensoreita liikuteltiin paikasta toiseen. Kuvasta 10 (Liite 3) nähdään mittauspaikat Teiskon alueella. Valmistajan mukaan sensorin kantama on noin kahdeksan kilometriä. Kantama on kuitenkin asutusalueiden ulkopuolella huomattavan paljon pidempi, kuten taulukosta 3 nähdään.



KUVA 10. Mittauspisteet Teiskon alueella

Aikaisemmin mainitun Wirnet Station:n herkkyys on -141 dBm, joka on tyypillinen LoRa-yhdyskäytävälle. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhdyskäytävä pystyy tunnistamaan signaalin RSSI:n ollessa -141 dBm. Taulukosta 3 nähdään, että RSSI-arvo ei ole lähelläkään kyseistä arvoa, joten voidaan päätellä että signaali olisi tullut perille vielä jonkin verran kauempaakin.

TAULUKKO 3. Teiskon alueen mittaukset

Sensori	Välimatka	RSSI (ka.)
1	14,41 km	-114,5 dBm
2	16,77 km	-115,6 dBm
3	21,58 km	-118,1 dBm

4 POHDINTA

Työn keskeiseksi aiheeksi valittiin signaalin kantaman tutkinta. Sensorin valmistajan ilmoittama 8 km:n kantama ylitettiin reilusti, joten siltä osin työ onnistui varsin hyvin. Sensoreiden käyttöönotto onnistui helposti Elastic Stack -palvelun ja Sensor Setting -sovelluksen avulla.

Työssä oli kuitenkin jonkin verran asioita, joita olisi kannattanut tehdä toisin. Yhdyskäytävän hankinta oli tämän työn kannalta turhaa, sillä julkinen LoRa-verkko kattaa Tampereen alueen jo sisätilakuuluvuutta myöten. Hankinta oli toisaalta perusteltua, sillä yhdyskäytävää on tarkoitus käyttää muihin TAMK:n projekteihin. Yhdyskäytävän avulla oltaisiin voitu luoda yksityinen LoRa-verkko TAMK:n tarpeisiin. Kantama olisi ollut helpommin tutkittavissa yksityisessä verkossa, jossa sensori olisi voinut ottaa yhteyden vain yhteen yhdyskäytävään. Näin olisi saatu mitattua sensorin kantama kaupunkialueella ja signaalin äärirajat olisivat olleet helposti löydettävissä.

LÄHTEET

AN1200.22 LoRa™ Modulation Basics 2015, 9–11. www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf

Introduction to Chirp Spread Spectrum (CSS) Technology 2003, 4.
www.ieee802.org/802_tutorials/03-November/15-03-0460-00-0040-IEEE-802-CSS-Tutorial-part1.ppt

Korkeustiedot Maanmittauslaitoksen aineistosta, 2018. <http://gpspekka.kapsi.fi/>

LoRa-allianssi, 2018. Luettu 14.4.2018 <https://lora-alliance.org/about-lora-alliance>

LoRaWAN 101 2018, 13, 15–17. Luettu 14.4.2018
https://docs.wixstatic.com/ugd/eccc1a_20fe760334f84a9788c5b11820281bd0.pdf

LoRaWAN™ 1.1 Specification 2017, 19, 48, 52. Ei yleisessä jaossa, saa pyytämällä LoRa-allianssilta. <https://lora-alliance.org/lorawan-for-developers>

Semtech 2012. Luettu 11.5.2018. <https://investors.semtech.com/news-releases/news-release-details/semtech-acquires-wireless-long-range-ip-provider-cycleo>

LIITTEET

Liite 1. Payload

Elsys.se verkkosivut https://www.elsys.se/en/wp-content/uploads/sites/3/2016/09/Elsys-LoRa-payload_v8.pdf



Payload v1.8

1.2.1.2 Stype

Bits 5...0	(hex)	Type	Data size	Comment
0	0x00	Reserved		
1	0x01	Temperature	2	-3276.5°C-->3276.5°C (Value of: 100→10.0 °C)
2	0x02	Humidity	1	0-100%
3	0x03	Acceleration/level	3	X,Y,Z -127-127 (63=1G)
4	0x04	Light	2	0-65535 Lux
5	0x05	Motion (PIR)	1	0-255 (Number of motion)
6	0x06	Co2	2	0-10000ppm
7	0x07	Battery	2	0-65535mV
8	0x08	Analog1	2	0-65535mV
9	0x09	GPS	6	3 bytes lat, 3 bytes long,binary
10	0x0A	Pulse count	2	0-65535
11	0x0B	Pulse count ABS	4	Absolute value 0-4294967295
12	0x0C	External temp1	2	-3276.5C-->3276.5C
13	0x0D	External Digital/Button	1	0,1 (on/off, down/up)
14	0x0E	External distance	2	0-65535mm
15	0x0F	Motion (acceleration movements)	1	0-255
16	0x10	External IR temperature	4	2bytes internal temp 2 bytes external, -3276.5C-->3276.5C
17	0x11	Occupancy	1	0-255 (0 --> no body,1-->body,2--> Body)
18	0x12	External water leak	1	0-255
19	0x13	Grideye (room occupancy)	65	1byte ref,64byte pixel temp 8x8 (reserved for future use)
20	0x14	Pressure	4	Pressure data (hPa)
21	0x15	Sound	2	Sound data,1 byte peak/ 1byte avg (dB)
22	0x16	Pulse count 2	2	0-65535
23	0x17	Pulse count 2 ABS	4	Absolute value 0-4294967295
24	0x18	Analog2	2	0-65535mV
25	0x19	External temp2	2	-3276.5C-->3276.5 °C (Value of: 100→10.0 °C)
61	0x3D	Debug information	4	Data depends on debug information
62	0x3E	Sensor settings	n	Sensor setting sent to server at startup (first package). Sent on Port+1. See sensor settings for more information.
63		RFU		Reserved for future use

Liite 2. Ruby

Esa Parkkila, 2018

```

1  input {
2    http {
3    }
4  }
5
6  filter {
7    ruby {
8      code => '
9      unless event.get("[DevEUI_uplink][payload_hex]").nil?
10         eui = event.get("[DevEUI_uplink][DevEUI]")
11         payload = event.get("[DevEUI_uplink][payload_hex]")
12         valueTemplate = "[Dev_%s][%s]"
13         i = 0
14         while i < payload.size do
15             type = payload.slice(i, 2)
16             case type
17             when "01"
18                 i += 2
19                 value = payload.slice(i, 4).to_i(16).fdiv(10)
20                 event.set(valueTemplate % [eui, "temperature"], value)
21                 i += 4
22             when "02"
23                 i += 2
24                 value = payload.slice(i, 2).to_i(16)
25                 event.set(valueTemplate % [eui, "humidity"], value)
26                 i += 2
27             when "04"
28                 i += 2
29                 value = payload.slice(i, 4).to_i(16)
30                 event.set(valueTemplate % [eui, "light"], value)
31                 i += 4
32             when "05"
33                 i += 2
34                 value = payload.slice(i, 2).to_i(16)
35                 event.set(valueTemplate % [eui, "motion"], value)
36                 i += 2
37             when "06"
38                 i += 2
39                 value = payload.slice(i, 4).to_i(16)
40                 event.set(valueTemplate % [eui, "co2"], value)
41                 i += 4
42             when "07"
43                 i += 2
44                 value = payload.slice(i, 4).to_i(16).fdiv(1000)
45                 event.set(valueTemplate % [eui, "voltage"], value)
46                 i += 4
47             else
48                 i +=1
49             end
50         end
51     end
52     '
53 }
54 }
55
56
57
58 output {
59     elasticsearch {
60         hosts => "elasticsearch:9200"
61     }
62 }

```

Liite 3. Teiskon mittaukset

