



Anssi Knuutila

IoT-järjestelmien datan keruu ja hyödyntäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Tieto- ja viestintäteknikan tutkinto-ohjelma

IoT-järjestelmien datan keruu ja hyödyntäminen

20.9.2022

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Anssi Knuutila
Otsikko:	IoT-järjestelmien datan keruu ja hyödyntäminen
Sivumäärä:	17 sivua + 6 sivua liitettä
Aika:	20.9.2022
Tutkinto:	Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma
Ohjaaja(t):	Osaamisaluepäällikkö Janne Salonen

Tämän insinööriyön tavoitteena on kerätä tietoa IoT-laitteilla tehtävistä olosuhdemittauksista, kuten lämpötila, ilmankosteus, energiankulutus ja sijainti. Asiakasyritys Rejlers Finland Oy:n Mittauspalvelut-yksikkö haluaa tutkia mahdollisuutta laajentaa palvelujaan olosuhdemittauksien pariin. Tässä insinööriyössä käsitellään yleisesti IoT-laitteiden toimintaperiaatteita sekä laitteiden fyysisten ominaisuuksien, että ohjelmallisten ominaisuuksien puolesta ja tutustutaan IoT-laitteille ominaisiin tiedonsiirtoverkkoihin ja protokollien viestiliikenteeseen.

Insinööriyössä käydään läpi Rejlers Finland Oy:lle rakennettua testiympäristöä, minä tarkoituksena on saada IoT-laitteiden olosuhdemittauksien tietoa liikkumaan Digitan LoRaWAN-verkon välityksellä valitsemamme Thingsboard-IoT-alustan kautta testausympäristön tietokantoihin. Osittain testausympäristössä kerätään tietoa IoT-olosuhdeantureilta myös NB-IoT-yhteyttä pitkin. Insinööriyössä käydään läpi Thingsboardin ja Digitan Portaalin integraatiota, Thingsboardin konvertterin toimintaa, tiedon tallentamista tietokantoihin ja mitatun tiedon esittämistä eri tavoin.

Insinööriyötä varten tehtiin myös kyselytutkimus aiheella IoT-laitteiden ja datan hyödyntäminen kiinteistöissä. Kyselyn kohderyhmäksi valittiin kiinteistöalan teknisiä ammattilaisia julkiselta ja yksityiseltä sektorilta. Kyselyn tarkoituksena oli saada kuvaa kiinteistöjen olosuhdemittauksien nykytilanteesta, olosuhdemittauksien yleisestä kiinnostavuudesta ja herättää kiinnostusta IoT-laitteiden tuomiin mahdollisuuksiin olosuhdemittauksissa.

Avainsanat: IoT, IoT-laitteet, IoT-järjestelmät, Esineiden internet, Internet of things

Abstract

Author(s): Anssi Knuuttila
Title: Collecting and utilizing of IoT-data
Number of Pages: 17 pages + 6 pages of appendices
Date: 20.9.2022

Degree: Bachelor of Science (Technology)
Degree Programme: Information and communication technologies

Instructor(s): Janne Salonen

The goal of this thesis is to collect information about the ambient measurements made with IoT-devices. Ambient measurements may include measurements such as temperature, moisture, energy consumption and location. The Measurement Services unit of the client company Rejlers Finland Oy wishes to explore the possibility of expanding its services to ambient measurements. In this thesis the operating principles of IoT-devices are discussed in general, both for the devices' physical properties and software properties, and we get to know the data transmission networks and protocol characteristics of messages sent by IoT-devices.

This thesis covers the test environment built for Rejlers Finland Oy, the purpose of which is to get the ambient measurement data of IoT-devices to move via Digita's LoRaWAN-network to our chosen IoT-platform Thingsboard and to databases on our test environment. Some part of the data is collected from IoT-devices using NB-IoT-network. Thesis tells how integration for Thingsboard and Digital Portal is made, How Thingsboard converter operates, how data is stored in the database and how dashboards can illustrate data through widgets.

For this thesis a survey was conducted on the topic of utilizing IoT-devices and data in real estate. The survey's target group was technical real estate professionals from the public and private sector. The purpose of the survey was to get insight of the current use of ambient measurements in real estate, general interest of ambient measurements, and to arouse interest in the possibilities brought by IoT-devices.

Keywords: IoT, IoT-devices, IoT-systems, Internet of things

Sisällys

1. Johdanto	1
2. IoT-laitteet	1
2.1. Sensorit olosuhdemittauksissa	1
2.2. Aktuaattorit	2
2.3. Virranotto	2
2.4. Käyttöjärjestelmät	3
3. Tiedonsiirto	4
3.1. MQTT	4
3.2. Wi-Fi	5
3.3. LoRAWAN	6
3.4. NB IoT ja LTE-M	7
4. Tietoturva	8
5. Testiympäristö	9
5.1. Digitan LoRaWAN-verkko	9
5.1.1. Digitan palvelut	10
5.1.2. Digitan portaali	10
5.2. Thingsboard	11
5.2.1. Integraatio	11
5.2.2. Konvertteri	12
5.2.3. Datat esittäminen	13
5.3. Valitut testilaitteet	13
5.3.1. Elsys	13
5.3.2. Digital Matter	13
5.3.3. Small Data Garden	14
5.3.4. Axioma	14
5.3.5. Efento	14
5.4. Testin onnistuminen	15
6. Tunnettavuuskysely	15
6.1. Kyselyn tuloksien analysointi	15
6.1.1. Vastaajien taustatiedot	16
6.1.2. Nykytilanne kiinteistöissä	16
6.1.3. Väittämät kiinteistöistä ja yleinen kiinnostus olosuhdemittauksiin	16

6.1.4. Rejlers Finland Oy:n tunnettavuus	16
6.1.5. Kyselyn onnistuminen	16
7. Liitteet	17
8. Lähteet	17

1. Johdanto

Tietotekniikan ja tiedonsiirtoverkkojen jatkuva kehittyminen on helpottanut suureiden mittaamista ja tiedonsaantia. Analogisista laitteista on siirrytty entistä enemmän digitaalisiin ja digitaalisiin laitteisiin on rakennettu laitteita yhdistäviä teknologioita, joilla tietoa laitteen tilasta on pystytty lukemaan muualla. Tiedonsiirrosta on tullut kaksisuuntaista ja tämä on mahdollistanut etänä suoritettavia toimintoja. Termi IoT (Internet of Things) pitää sisällään matkapuhelimet, älytelevisiot, älyleivänpaahtimen, olosuhdemittauksia, puettavat laitteet ja monenlaisia laitteita, joihin voidaan olla yhteydessä etänä. Eri tiedonsiirtomenetelmät mahdollistavat erilaisia sovellutuksia. Bluetooth Low Energy -laitteet voivat olla yhteydessä lyhyellä matkalla esimerkiksi älyrannekello yhteydessä matkapuhelimeen, WiFi -yhteydellä toimivat laitteet mahdollistavat esimerkiksi rakennuksen sisällä toimivan hoitajakutsupainikejärjestelmän hoivakoteihin, LoRaWAN- ja NB-IoT-laitteet mahdollistavat olosuhdemittauksien keräämisen rakennuksista tai maastosta sieltä asti minne verkko kantaa.

Jatkuvasti kasvava yhteydessä olevien laitteiden määrä kasvattaa verkon kuormitusta ja lisää tarvetta paremmalle laitteiden hallinnalle ja tietoturvalle. Tässä tutkielmassa keskitymme olosuhdemittauksien sensoridatan keräykseen ja tiedon hyödyntämiseen.

2. IoT-laitteet

2.1. Sensorit olosuhdemittauksissa

Kiinteistöissä ja maastossa olosuhdedataa mitataan monenlaisilla IoT-laitteilla. Tavanomainen IoT-mittauslaite koostuu sensoriosasta, pienestä tietokoneesta kuten Arduino tai Raspberry Pi ja tietokoneeseen liitettävästä modeemista (LoRaWAN, NB-IoT). Kiinteistöistä voidaan yhdellä laitteella mitata useampaa suuretta. Yleisimmät mitattavat suureet ovat lämpötila, ilmankosteus, hiilidioksidi, VOC, radon, vedenkulutus (pulssimittaus), sähkönkulutus, vesivuoto, liike ja läsnäolo tai auki/kiinni tilatietoa.

Olosuhdedatan tallentaminen mahdollistaa datan esittämistä kronologisesti ja graafit antavat tilan käyttäjälle tai omistajalle arvokasta tietoa kiinteistön kunnosta ja varmentaa teknisten järjestelmien toimivuutta asianmukaisesti. Olosuhde-datasta on tullut kiinteistöjohtamisessa kasvava trendi ja mitattavuus mahdollistaa kiinteistöjen BREEAM- ja LEED-luokituksen parantamista.

Green Building Council Finland

2.2. Aktuaattorit

IoT-järjestelmässä voidaan hyödyntää sensorimittauksien lisäksi myös toiminnallisuutta tarjoavia laitteita, joita kutsutaan aktuaattoreiksi. Esimerkkejä aktuaattoreista on LED-valot, joita voidaan IoT-järjestelmän kautta ohjata päälle tai pois tai muuttaa esimerkiksi värisävyä mitatun ulkolämpötilan mukaan. Potentiaalivapaata kytkintä voidaan ohjata IoT-järjestelmällä ja tätä kytkintä voidaan käyttää sähkötekniisten laitteiden automaattiseen toimintaan joko laitteiden sisäisesti tai tätä kytkintä voidaan käyttää sähkökeskuksella rele- ja kontaktorihjauksien toteuttamiseen. LCD-näytöllä voidaan esittää graafisesti esimerkiksi asunnossa mitattua vedenkulutusta tietyllä ajanjaksolla. Piezo-kaiuttimella voidaan ilmoittaa jonkun sensorin hälytystapahtuma, esimerkiksi liikesensori on havainnut liikettä tai auki/kiinni sensori on mennyt auki-tilaan. IoT-sensoreilla ja IoT-aktuaattoreilla voidaan rakentaa esimerkiksi moderni asunnon rikosilmoitusjärjestelmä, jossa eri IoT-sensorit vahtivat asunnon olosuhteita ja IoT-aktuaattorit toimivat asunnossa hälyttävänä ja vartiointiliikkeeseen yhteyttä ottavana järjestelmänä. Laitteet voivat olla paristolla toimivia langattomia malleja, jotka esimerkiksi WiFi-yhteyden kautta ovat yhteydessä keskuslaatikkoon, jossa NB-IoT-yhteydellä otetaan yhteys ulkomaailmaan.

Cisco IoT-devices

2.3. Virranotto

IoT-järjestelmien sensorit ja jotkut aktuaattorit ovat usein paristo- tai akkukäyttöisiä. Valmistajat lupaavat laitteesta riippuen noin 5–10 vuoden pariston käyttöikä. Pariston käyttöikään vaikuttavat oleellisesti IoT-laitteen sijainti, olosuhdemittauksen suorittamisen mittaussväli, mitatun tiedon lähetysväli ja käytettävän

yhteyden verkon voimakkuus. Kylmä ulkoilma luonnollisesti rasittaa paristoa ja voi merkittävästi vähentää pariston käyttöikää. Lämpimissä sisätiloissa pariston kesto voidaan parantaa parhaiten säätämällä tiedonlähetysväliä pidemmäksi. Pitempi lähetysväli vaikuttaa järjestelmän reaaliaikaisuuteen ja mittaus- ja lähetysväliä tulee ensisijaisesti säätää kohteen tarpeiden mukaisesti. IoT-laitteiden lähetysteho säätyy automaattisesti verkon voimakkuuden mukaan. Verkon vastaanottava gateway-laite keskustelee automaattisesti IoT-laitteen kanssa ja IoT-laitteen lähetystehoa säädetään optimaaliselle alueelle.

Paristojen ja akkujen lisäksi joihinkin IoT-laitteisiin on mahdollista saada, joko pariston avuksi tai kokonaan ilman paristoa, ulkoinen jännitelähde. Ulkoiset jännitelähteet tuovat luotettavuutta asennettavan laitteiston huoltotarpeeseen ja esimerkiksi pulssimittauksien kuten vesimittauksien yhteydessä on suositeltavaa käyttää ulkoista jännitelähdettä patterivarmennettuna. Kaikissa laitteissa ei kuitenkaan ole mahdollisuutta suoraan kytkeä ulkoista jännitelähdettä, mutta näihin laitteisiin on tarpeen mukaan asennettu patteriadaptereita, joihin ulkoisen jännitelähteen kytkeminen onnistuu.

Cisco IoT-devices

Digita - IoT-laitteet

2.4 Käyttöjärjestelmät

IoT-laitteille on olemassa omia laitteiden ominaisuuksien mukaan optimoituja käyttöjärjestelmiä. Käyttöjärjestelmä mahdollistaa IoT-laitteen muiden ohjelmien toiminnan hallinnoimalla laitteen fyysisiä komponentteja, kuten muistia, tallennustilaa ja verkkoyhteyttä ja käyttöjärjestelmä hallitsee myös IoT-laitteen ohjelmallisia ominaisuuksia, kuten ohjelmien suorittaminen prosesseina ja porttien tarjoaminen verkkoyhteyksille. Käyttöjärjestelmä tarjoaa jonkinlaisella yhteydellä varustetun alustan, jolle laitteen toiminnallinen ohjelma rakennetaan. Käyttöjärjestelmän valintaan vaikuttaa IoT-laitteen käyttötarkoitus ja laitteen komponenttien tuomat rajoitukset.

Käyttöjärjestelmiä on tarjolla kymmeniä ja käyttöjärjestelmien tarjoajina on useita isoja yrityksiä, kuten Siemens, Windows, Amazon ja Google. Linux-pohjaisia

IoT-käyttäjärjestelmiä on tarjolla useita, joista nimekkäimpien joukossa on Ubuntu, Oracle ja Linux Foundationin oma Zephyr.

IoT-laite on käytännössä pieni tietokone, jonka toiminta on karsittu laitteen käyttötarkoituksen mukaisesti mahdollisimman paljon. Tarvittaessa osaan IoT-laitteista pystyy liittämään näytön ja näppäimistön, osaan voidaan ottaa etäyhteys ssh:lla ja osaan voidaan olla yhteydessä esimerkiksi bluetoothilla.

Timo Keränen OAMK - IoT-käyttäjärjestelmien vertailu

3. Tiedonsiirto

3.1. MQTT

IoT-laitteiden yleisimpänä tiedonsiirtoprotokollana on tällä hetkellä MQTT. MQTT on kevyt publish/subscribe (julkaise/tilaa) viestinsiirtoprotokolla, jonka tarkoituksena oli ratkaista heikkojen yhteyksien tiedonsiirron onnistumista. MQTT kehitys on aloitettu vuonna 1999 IBM työntekijän Andy Stanford-Clarkin ja Arcomin työntekijä Arlen Nipperin toimesta ja he ratkoivat ongelmaa öljyputkien telemetriadatan siirtämisestä satelliittiyhteyksien avulla. MQTT lyhenne tulee sanoista Message Queuing Telemetry Transport. Tällä hetkellä suositeltu versio MQTT:sta on V.5.

MQTT vähentää laitekohtaista tiedonsiirtoa. IoT-järjestelmien laitteet ovat usein patteri/akkukäyttöisiä, joten tiedonvaihto useamman laitteen tai järjestelmän välillä kuluttaa paljon energiaa. MQTT:lla rakennetussa IoT-järjestelmässä kukin laite on yhteydessä vain MQTT brokeriin/serveriin (välittäjä). Välittäjä jakaa tietoa kaikille laitteille mitkä lähetettyä tietoa tarvitsevat. Esimerkiksi kotitoimistoon asennettu IoT-lämpötilasensori, joka on konfiguroitu järjestelmään topicilla (tilatiedoilla) koti/toimisto julkaisee välittäjälle viestin koti/toimisto/"lämpötila:23" ja välittäjä ilmoittaa koti/toimisto tilaajille uuden mittaustuloksen.

Välittäjän käyttäminen tiedonsiirrossa vähentää yksittäisten laitteiden tiedonsiirron määrää, mutta monella tavalla myös helpottaa tiedonsiirron kulkua. Julkaisijalla on itsellään tallennettuna määritellyin välein mitattua mittaustietoa. Julkaisi-

jalle on määriteltynä tiedonlähetyksväli ja tällöin julkaisija lähettää tallentamansa tiedot välittäjälle. Kun välittäjä on vastaanottanut tiedot ja julkaisija on vastaanottanut paketin mikä kertoo tiedon päässeensä perille, julkaisija voi lopettaa välitetyn tiedon säilyttämisen. Välittäjä selvittää vastaanotetun viestin tilan tilaajat ja lähettää vastaanotetun tiedon kyseiseen tilan tilaajille, eli sama yksi viesti välittyy tarvittaessa monelle tilaajalle. Jos tiedon tilaajaan ei saada yhteyttä, säilyy viesti välittäjällä niin pitkään, että yhteys on saatu.

Välittäjiä on saatavilla kaupallisella ja avoimen lähdekoodin lisenssillä. Välittäjiä on saatavilla PaaS-mallin (platform as a service) pilvipalveluina ja omalle palvelimelle asennettuna (on premises). Esimerkkejä MQTT-välittäjistä on Ably MQTT Broker, Apache ActiveMQ, Cassandra ja HiveMQ.

mqtt.org -MQTT 5 specification

hivemq.com -MQTT Essentials

3.2. Wi-Fi

Langaton Wi-Fi-yhteys on ollut IoT-laitteiden kehitykselle merkittävän suuressa roolissa. Wi-Fi-yhteydet ovat olleet kiinteistöissä arkipäivää jo pitkän aikaa ja ovat tarjonneet laitteille paikallisen langattoman yhteyden internetiin. Wi-Fi-yhteydellä varustettu IoT-laite on siis ollut moneen kiinteistöön helppo valinta kiinteistössä olevan valmiin langattoman verkon ansiosta.

Wi-Fi-reitittimet toimivat 2,4 GHz tai 5 GHz taajuusalueilla ja ovat yleensä varustettu ympärisäteilevillä antennilla ja reitittimien lähtetystehot ovat hyvin maltillisia. Toimintaetäisyys reitittimeltä IoT-laitteille on avonaisessa tilassa maksimissaan noin 30 metriä. Tämä Wi-Fi-reitittimien rajallisuus rajoittaa IoT-laitteiden sijoittelua.

Traficom säätelee Suomessa radiotaajuuksien käyttöä ja nämä Wi-Fi-taajuudet ovat yhteistaajuusalueella. Yhteistaajuusalueella ei tarvita radiolupaa. Yhteiskäyttöalueella laitteet voivat häiritä toisiaan eikä taajuusaluetta käyttävälle voida luvata häiriötöntä toimintaa. Tiheästi asuttujen alueiden ongelmana on ollut suuret häiriömäärät ja laitteet ovat toimineet heikosti. Traficom helpottaa häiriöongelmaa avaamalla uuden noin 6GHz taajuusalueen ja reititinvalmistajat voivat

rakentaa siihen sopivia uusia laitteita. Suurin sallittu antennista lähtevä säteilyteho tällä taajuusalueella langattomille lähiverkkolähettimille on 100mW EIRP. Langattomien lähiverkkoreitittimien uusimmat tekniset vaatimukset on määritelty ETSI:n standardin luonnoksessa ETSI EN 301 489-17 V3.2.5.

IoT-laitteet Wi-Fi-verkossa ovat tietoturvariski. IoT-laitteita on monilta valmistajilta ja tietoturvan varmistaminen jää loppupelissä asiakkaalle. IoT-laitteiden päivittäminen voi olla hankalaa ja hyvinkin valmistettujen laitteiden ohjelmistot vanhentuvat ja tulevat alttiiksi uusille hyökkäysmetodeille. Uudemmissa Wi-Fi-reititimillä on ominaisuutena muista laitteista erillinen IoT-laitteiden verkko, joka huomattavasti edistää tietoturvaa.

Wi-Fi Alliance

*Traficom - Määräys luvasta vapaiden radiolähetimien yhteistaajuudet ja käyttö
Draft ETSI EN 301 489-17 V3.2.5*

3.3. LoRAWAN

LoRaWAN on avoin maailmanlaajuinen standardi langattomalle tiedonsiirrolle. LoRa muodostuu sanoista long range ja LoRaWAN:in tarkoitus on mahdollistaa pitkän matkan nopea tiedonsiirto järkevillä kustannuksilla ja järjestelmillä. LoRaWAN gateway-laitteen toimintaetäisyys voi olla useampi sata kilometriä maastosta ja gateway:n ja IoT-laitteen välisistä esteistä riippuen. LoRaWAN verkoissa gateway on yhdistettynä internetiin tavanomaisella IP-yhtedellä ja IoT-laitteet lähettävät gateway:lle RF-paketteja jotka gateway kääntää IP-paketeiksi ja toisinpäin IoT-laitteelle saapuvat paketit kääntyvät IP-paketeista RF-paketeiksi. LoRaWAN-verkoissa toimivat IoT-laitteet lähettävät mittaustietonsa tiiviissä heksabittimuodossa, joka täytyy purkaa vastaanotettaessa.

LoRaWAN taajuusalueet ovat maakohtaisesti määriteltyjä. Suomessa LoRaWAN taajuusalue on 863-868 MHz ja esimerkkinä USA:n taajuusalue on 902-928 MHz. Suomessa 863-868 MHz alue on varattu laajakaistaisille datasiirtolaitteille ja langattomille lähiverkoille. Efektiiivinen säteilyteho saa olla maksimissaan 25 mW ERP ja laitteiden toimintasuhde on määritelty gateway-laitteille 10% tai alle ja IoT-laitteille 2,8% tai alle. LoRaWAN verkkojen tiedonsiirtoa halu-

taan siis pitää mahdollisimman hiljaisena ja laitteiden lähettämien pakettien määrää säädetään mahdollisimman alhaiseksi.

Suomessa Digita tarjoaa valmista LoRaWAN-verkkoa käytettäväksi IoT-laitteiden datan siirtoa varten. Digan LoRaWAN-verkolla on koko Suomen peittävä verkko ja IoT-laitteet saavat yhteyden kattavasti myös talojen kellareista. Digita myös maahantuo ja myy LoRaWAN-verkkoon sopivia IoT-laitteita pääosin olosuhdemittauksiin. Verkon käyttöä hinnoitellaan lähetettyjen pakettien perusteella. LoRaWAN verkkojen IoT-laitteet ovat lähtökohtaisesti patterilla toimivia, mutta joihinkin laitteisiin voidaan liittää myös ulkoinen jännitelähde. Patterien toiminnan pitkäikäisyyden takaamiseksi laitteet säädetään lähettämään paketteja gateway:lle harvemmin. Gateway ja IoT-laite keskustelevat keskenään IoT-laitteen LoRaWAN-verkkokortin kanssa ja säättävät automaattisesti IoT-laitteen lähetystehot mahdollisimmat pienelle. Jos olosuhteet muuttuvat eikä IoT-laitteesta kuulu gateway:lle odotetusti, osaa IoT-laite nostaa lähetystehoja ja yhteys on taas saavutettu. Mitä parempi yhteys IoT-laitteella on LoRaWAN verkkoon, sitä vähemmän se kuluttaa myös pattereita. LoRaWAN-verkossa IoT-laitteiden tiedonsiirto kuluttaa mitatusti vähemmän pattereita kuin 4G- ja 5G-verkkojen kautta toimivat NB-IoT- ja LTE-M-liittymät.

LoRa Alliance

Cisco IoT-devices

*Traficom - Määräys luvasta vapaiden radiolähettimien yhteistaajuudet ja käyttö
Digita IoT-laitteet*

3.4. NB IoT ja LTE-M

NB-IoT ja LTE-M ovat Suomessa pääosin puhelinoperaattoreiden, kuten DNA ja Elisa, tarjoamia ratkaisuita IoT-laitteiden yhteystarpeisiin. NB-IoT ja LTE-M ovat SIM-kortillisia liittymiä, jotka toimivat palveluntarjoajan 4G- ja 5G-mobiiliverkoissa. IoT-laitteiden tiedonsiirto on perus matkapuhelinkäyttöön verrattavissa hyvin pientä. IoT-laitteen pakettien lähettämiseen ja vastaanottamiseen riittää käytännössä 20 - 250 Kbps tiedonsiirtonopeus. NB-IoT-liittymä tarjoaa juurikin 20 - 250 Kbps nopeuksista tiedonsiirtoa. Jos IoT-laitteen tiedonsiirtotarve on enemmän,

kuin mitä NB-IoT-liittymä pystyy tarjoamaan, on vaihtoehtona LTE-M-liittymä 1 Mbps tiedonsiirtonopeudella.

NB-IoT- ja LTE-M-liittymät mahdollistavat tuhansien sensoreiden liittämisen verkkoon saman tukiaseman alueella. 4G- ja 5G-verkkojen kapasiteetti ja tiedonsiirtokyky mahdollistaa IoT-laitteiden pakettien lähettämisen ja vastaanottamisen hyvinkin tiheään tahtiin, jos halutaan reaaliaikaisia mittauksia. Pakettien lähettäminen ja vastaanottaminen kuluttaa kuitenkin IoT-laitteen pattereita niin tiedonlähteysväliä kannattaa säätää maltilliseksi.

5G-verkot tehostavat IoT-laitteiden reunalaskentaa (Multi-Access Edge Computing) vähentämällä verkon viivettä ja tuomalla lisää kaistanleveyttä. Teollisuudessa IoT-laitteet ovat mahdollistaneet trendin, jossa aiemmin keskitetyssä laskennassa toimivat järjestelmät muutetaan järjestelmiksi, joissa laskentaa suoritetaan enemmän sensoreiden mittauspisteellä ja tietoa lähetetään sitä tarvitseville kohteille hajautetusti.

DNA - IoT-tekniikat

Elisa - IoT - Esineiden Internet

4. Tietoturva

Tietoturvan peruspilareita on eheys, käytettävyys ja luottamus. Eheys kertoo tietojen muuttumattomuudesta, käytettävyys tietojen hyödyntämisestä ja luottamus kertoo tietojen olevan käytössä vain oikeilla henkilöillä. Heikko tietoturva johtaa heikkoon yksityisyyden suojaan ja tästä voi aiheutua henkilölle vahinkoa. Hyökkäyksiä IoT-laitteita kohtaan tapahtuu vuodessa miljardeja ja onnistunut laitteen kaappaminen kykenee vaarantamaan koko lähiverkon.

IoT-laitteita on valmistettu +20 vuotta ja IoT-tekniikan käyttö laajenee jatkuvasti. Laitteiden yksinkertaistetut järjestelmät ja jatkuva yhteydenpito aiheuttaa tietoturvariskejä. Laitteiden päivittäminen on monesti hankalaa ja vastuu laitteista, niiden huollosta ja ajantasaisuudesta jää monesti tietotekniikka-alan ulkopuolisen henkilön vastuulle. Heikko tietoturva voi mahdollistaa IoT-laitteen lä-

hettämän tiedon vuotamisen ulkopuoliselle taholle tai laitteen lähettämää mitaustietoa on voitu muuttaa ja näin mitattujen määreiden eheys on uhattu.

Hyökkäyksille eniten alttiita ovat IP-yhteyksien päässä olevat vanhentuneet IoT-laitteet. Näitä laitteita löytyy paljon koti- ja toimistokiinteistöistä, joissa Wi-Fi-verkkoja on ollut käytössä vuosikausia. Laitteet ovat olleet helppo yhdistää internetiin ilman ylimääräisiä kuluja käytettävistä yhteyksistä, mutta samalla tietoturvasta on tingitty. Jatkuvasti kasvavat älykotimarkkinat ovat yksi IoT-ympäristö, jonka suunnittelu ja toteutus tapahtuu hyvin vahvasti tietotekniikka-alan ulkopuolisilla henkilöillä.

Wi-Fi-verkkojen tietoturvaa parantamaan on nykyään olemassa Wi-Fi-reitittimiä, joissa on valmiina erillinen verkko IoT-laitteita varten. Vaikka IoT-laite hakeroitaisiin, ei hyökkääjä pääse käsiksi lähiverkon kaikkiin laitteisiin. IoT-verkon turvallinen toteuttaminen vaatii yhteistyötä laitevalmistajilta, ohjelmistokehittäjiltä ja laitteiden asentajilta. Uusissa IoT-ympäristöissä tietoturvaa ovat vahvistamassa salaukset, etänä päivitettävyyden, kerrosarkkitehtuurit ja opittu historia IoT-laitteisiin kohdistuneista hyökkäyksistä. Vanhempien järjestelmien eheys on varmasti uhattuna ja järjestelmät kaipaavat päivitystä.

*Toni Hämäläinen JYU - IoT-verkon tietoturvaohjat ja niiden estäminen
Kyberturvallisuuskeskus, 2019*

5. Testiympäristö

Tämän opinnäytetyön tärkeimpiä tavoitteita oli tutkia Rejlers Finland Oy:n mahdollista palvelun avaamista olosuhdemittauksien pariin. Testiympäristön rakentamisen tavoitteena oli saada tietoa tarvittavista järjestelmistä ja laitteista ja saada laitteilta tuleva data tallennettua testipalvelimen kantaan.

5.1. Digitaalinen LoRaWAN-verkko

Digitalla on Suomessa kattava ja jatkuvasti laajeneva LoRaWAN-verkko ja iso katalogi verkossa toimivia IoT-olosuhdeantureita. Digitaalinen LoRaWAN-verkko on rakennettu useilla gateway-laitteilla olemassa olevien mastojen ja linkkien yh-

teyteen. Digitan palvelun kattavuus ja hinnoittelu olivat toimivia ja kilpailukykyisiä sekä laitteiden, että datan siirron osilta.

IoT-laite lähettää gatewaylle RF-paketteja, jotka gateway muokkaa IP-paketeiksi ja paketti tulee yleisiä reittejä pitkin Digitan palvelimille. Digitan palvelimelle luodaan rajapinta, minkä kautta data kulkee omalle palvelimelle. IoT-laite lähettää RF-paketissa heksadesimaalimuodossa olevan merkkijonon, joka omalla palvelimella pitää purkaa telemetriatietojen tallentamista varten.

5.1.1. Digitan palvelut

Digitan IoT-palveluihin kuuluu IoT-laitteiden myynti ja LoRaWAN-verkon ylläpito ja kehittäminen. IoT-laitteiden datansiirto on hinnoiteltu laitteiden määrästä riippuvalla perusmaksulla ja laitekohtaisesti riippuen lähettääkö laite tietoa millaisella aikavälillä.

5.1.2. Digitan portaali

Digitan portaalista hallitaan omia laitteita ja asetetaan rajapinnat omiin järjestelmiin. Portaali jakautuu kolmeen osioon: Device Manager, Network Manager ja Wireless Logger.

Device Manager-osiossa voidaan lisätä omia LoRaWAN-yhteydellä varustettuja laitteita järjestelmään. Jokaisella LoRaWAN-laitteella on oma uniikki DevEUI identifioija, joilla laitteet voidaan erottaa toisistaan. Laitetta luotaessa määritellään asioita kuten routing profiili, connectivity plan ja laitteen aktivointi ja salaustietoja. Routing profiili pitää sisällään rajapinnat omiin järjestelmiin ja connectivity plan kertoo kuinka tiheästi paketteja laitteelta lähetetään. Routing profiiliin lisätään application server, mikä on oman järjestelmän rajapinta. Digitan käyttämä ThingPark-järjestelmä luo automaattisesti REST-rajapinnan tiedon lähetykseen, kun järjestelmään täyttää tarvittavat tiedot.

Network Manager-osiossa on esillä yleistä tietoa tukiasemista ja niiden aktiivisista yhteyksistä ja yhteysongelmista. Tämän testiympäristön perustamisen yhteydessä tällä osiolla ei ollut meille varsinaista käyttöä.

Wireless Logger-osiossa on nähtävillä kaikkien omien laitteiden kaikki paketit. Paketteja voi filteröidä eri tunnuksien mukaan. Pakettien tiedoista löytyy IoT-laitteen lähettämä heksadesimaali, kaikki gatewayt jotka ovat kuulleet laitteen lähetyksen ja hyvin paljon yhteyksiin liittyvää metatietoa.

5.2. Thingsboard

Thingsboard on avoimen lähdekoodin IoT-alusta. Thingsboardin avulla tiedon keräys onnistuu suhteellisen vaivattomasti ja se pitää sisällään useita työkaluja laitteiden ja asiakkaiden hallintaa varten. Dataa pystytään esittämään Dashboard-näkymässä erilaisilla widgeteillä asiakaskohtaisesti.

Perustetussa testiympäristössä käytössä oli Thingsboardin tarjoama pilvipalvelu ja osittain käytettiin omalle palvelimelle asennettua Thingsboardin versiota. Omalle palvelimelle asennettu sovellus asetettiin ottamaan tietoa vastaan NB-IoT-laitteita. Pilvipalvelimella toimiva Thingsboardin versio asetettiin toimimaan Digitan LoRaWAN-verkon laitteiden kanssa.

Omalle palvelimelle asennettu versio Thingsboardista oli asennettu 2022 Tammiukuussa. Testauksen aikana Thingsboardille oli tullut useampia päivityksiä. Päivittämisen yhteydessä tärkeää oli asentaa kaikki päivitykset kronologisessa järjestyksessä ja pitää .conf-tiedosto tallessa, koska päivitys nolaa päivityksen yhteydessä kyseisen tiedoston ja kaikki sovelluksen asetetut ympäristömuutokset nollautuvat vakioarvoihin. Omalle palvelimelle asennettu Thingsboardin versio mahdollistaa PostgreSQL-tietokannan lisäksi Cassandra-NoSQL objektimuotoisen tietokannan käyttämisen. Objektimuotoinen tietokanta kykenee suorittamaan moninkertaisesti enemmän toimintoja sekunnissa kuin SQL-tietokanta ja objektimuotoisten tietokantojen käyttö yleistyy kovaa vauhtia.

5.2.1. Integraatio

Digitan portaalissa määritelty routing profiili ja siellä määritelty application server luodaan Thingsboardin Integrations-osiossa. Digitan REST-rajapinta on HTTP-rajapinta ja integraatiota luotaessa Thingsboardin puolelle valitaan myös HTTP.

Digitan portaalin lähettää dataa json-muodossa ja näiden nopeiden asetuksien jälkeen Thingsboardin integraation Events-välilehdeltä alkaa näkymään vastaanotettuja viestejä. Koska LoRaWAN-verkon IoT-laitteet lähettävät mittaustuloksensa heksadesimaalimuodossa, Thingsboard ei pysty tallentamaan dataa kantaan ilman konvertteria.

5.2.2. Konvertteri

Integraatioon lisätään sisään tulevaan dataan konvertteri. Konvertterin tarkoituksena on tässä tapauksessa purkaa IoT-laitteiden lähettämä heksadesimaalimuotoinen merkkijono ja rakentaa json-mallinen objekti Thingsboardin antamien ohjeiden mukaan. Json:issa tulee olla `deviceName`-avain jonka arvolla tietoja eritellään laitteiden `DevEUI`-tunnisteen mukaan. `Attributes`-avaimen avain/arvo-parit tallentuu kantaan laitteen `Attributes` osioon ja varsinainen mittausdata tulee olla json:in `telemetry`-avaimen alla esitettynä avain/arvo-pareina.

Laitevalmistajasta riippuen laitteen heksadesimaalin purku tapahtuu eri ohjeiden mukaisesti. Joillain valmistajilla oli purkajasta jo valmis esimerkki heidän kotisivuillaan, jota käyttämällä pystyi varmistumaan oman koodin toiminnasta. Joidenkin laitteiden valmistajalta on saatavilla vain ohjeistus mitä eri heksabitit tarkoittavat ja koodi tulee rakentaa itse näiden laitteiden osilta.

Thingsboard on Java-sovellus ja se tarjoaa konvertterin rakentamista varten JavaScript-alustan. Thingsboard käyttää uusimpienkin päivityksien jälkeen JavaScriptin versiota ennen ES6 muutoksia, mikä uudelle ohjelmoijalle aiheuttaa hieman päänvaivaa, kun opitut metodit ja perinteiset muuttujien luomiset eivät toimi.

Testiympäristössä käytössä oleva ilmainen Thingsboard-versio sisälsi vain yhden integraatiomahdollisuuden. Tämä vaikeutti asiaa siten, että yhden konvertterin pitää pystyä siis purkamaan json:it kaikilta laitteilta mitkä viestejä lähettävät. Konvertteriin rakennettiin toiminnallisuus, mikä osaa erottaa laitteet ja käyttää kullekin laitteelle omia purkufunktioita. Tuotantoversiossa suositeltavaa on tehdä useampi integraatio jokaiselle laitevalmistajalle ja rakentaa laitekohtaiset konvertterit. Vähemmän rivejä ja selkeämpi rakenne helpottaa tulevaisuudessa, toisin kuin lähemmäs tuhannen rivin kasa koodia.

5.2.3. Datan esittäminen

Kun konvertteri muokkasi viestin oikeaan muotoon, alkoi data tallentumaan sql-kantaan. Datan esittämistä varten rakennettiin Dashboard, johon lisättiin laite- ja mittauskohtaisia widgettejä näyttämään dataa eri muodoissa, kuten gps-tiedot sijaintina ja reitteinä kartalla, lämpötilat ja kosteus viivadiagrammina ja pulssimittaukset aikasarjoina.

Thingsboard tarjoaa mahdollisuuden tehdä asiakkaille omia tilejä ja tilien näkymän voi muokata CSS:llä asiakkaan omien muotoiluvaatimuksien mukaisesti. Sivujen ulkoasun muokkaus mahdollistaa asiakkaan kaupallisen toiminnan omilla tunnisteillaan.

5.3. Valitut testilaitteet

Testiympäristöä varten hankittiin Digitalta useampi erilainen IoT-olosuhdemittauslaite ja käytettiin olemassa olevia NB-IoT-laitteita.

5.3.1. Elsys

Elsys:in laitteita hankittiin Digitalta mittaamaan Lämpötilaa, kosteutta, valoa, liikettä, ääntä, asentoa, kiihtyvyyttä, vesivuotoa ja pulsseja. Yksi laite kykenee mittaamaan useampaa suuretta ja näiden kaikkien olosuhdetilojen mittaukseen riitti yhteensä kolme IoT-laitetta.

IoT-laitteiden data ohjattiin pilvipalvelimella sijaitsevaan Thingsboard-ohjelmaan. Laitteiden konvertterin rakentaminen onnistui kopioimalla laitevalmistajan internet-sivuilla olevasta esimerkkikonvertterista koodit ja muokkaamalla koodin toimimaan Thingsboard-ohjelman tarpeiden mukaisesti.

5.3.2. Digital Matter

Digital Matter valmistajalta valitsimme GPS-paikantimen. Paikantimen lähettää Digitalan LoRaWAN-verkkoa pitkin tietoa laitteen sijainnista ja nopeudesta. LoRaWAN-verkon rajallisuudet verkon käyttöön vaikeuttavat aivan reaaliaikaista jatkuvaa datavirtaa, mikä olisi mahdollista helposti NB-IoT-laitteella. Paikantimen

käyttötarkoituksena on esimerkiksi kuormalavojen sijainnin seuraaminen logistiikkaketjussa.

Digital Matterilla on nettisivuilla konvertteri, jonka pystyy kopiomaan selaimen lähdekoodista itselle ja muokkaamaan oman tarpeen mukaisesti.

5.3.3. Small Data Garden

Small Data Garden valmistajalta valitsimme paine-eroanturin. Laitetta voi käyttää esimerkiksi rakennusten paine-erojen jatkuvaan mittaamiseen ilmanvaihdon toiminnan varmistamiseksi.

Small Data Garden toimittaa laitteen heksadesimaalikoodia varten ohjeistuksen mitä heksabitit tarkoittavat ja konvertteri pitää rakentaa itse alusta loppuun.

5.3.4. Axioma

Tilasimme erillisenä tilauksena Axioman W1 vedenkulutusmittarin. Digitalta tilatut IoT-laitteet muodostuvat automaattisesti Digitan Portaaliin muokattavaksi, mutta muualta ostetut laitteet tulee luoda Portaaliin itse. Laitteen esittely LoRa-WAN-verkolle tapahtuu syöttämällä laitteen tiedot Portaaliin ja laitteen tietoihin syötetään salausmetodit ja liittymistä varten salausavain. Kun IoT-laite lähettää paketteja ensimmäisen kerran, muodostuu yhteys verkkoon ja json-viesti löytyy Thingsboardin integraatiopisteestä.

Axioma tarjoaa laitteiden heksabittejä varten purkuohjeet ja konvertteri tulee rakentaa itse.

5.3.5. Efento

Testissä jo aiemmin olleet Efenton NB-IoT-laitteet poistettiin testin aikana omalle palvelimelle asennetusta Thingsboard-sovelluksesta ja asennettiin uudestaan toimimaan. Efenton NB-IoT-laitteet ohjelmoidaan matkapuhelimeen asennettavan sovelluksen kautta ottamaan yhteyttä oman tietokannan integraatiopisteeseen. Efenton NB-IoT-laitteet käyttävät protokollana MQTT:ta ja verkkona Elisan 4G-kantaverkkoa.

Testausympäristössä käytössä olleet Efenton laitteet mittaavat lämpötilaa, kosteutta, liikettä ja asentoa. Efenton laitteisiin määritellään laitteen mittaustiheys ja lähetystiheys. Jos laite ei saa omasta lähetyksestään Thingsboardilta hyväksyntää esimerkiksi palvelinkatkoksen takia, osaa laite lähettää yhteyden palatessa muististaan kaiken Thingsboardilta puuttuvan mittaustiedon ja aikasarjat pysyvät ehjinä.

5.4. Testin onnistuminen

Testin aikana saatiin uudelleen testattua jo testissä olleet NB-LoT-laitteet ja pääsimme tavoitteisiin Digitan LoRaWAN-verkon hyödyntämisen kanssa. Opimme järjestelmien käyttöä ja olosuhdeantureilta tuleva data tallentuu tietokantaan, josta sitä voi esittää eri keinoin.

Testausympäristössä tehty työ antoi Rejlers Finland Oy:n Mittauspalveluille rahat pystyttää tuotantoympäristö LoRAWAN-verkon laitteiden mahdollistamia palveluita varten.

6. Tunnettavuuskysely

Osana opinnäytetyötä teetettiin kysely tutkimaan IoT-olosuhdemittausten yleistä tunnettavuutta kiinteistöalan ammattilaisten keskuudessa. Kyselyn tarkoituksena oli olla kevyt ja helposti vastattava. Kysely lähetettiin Webropol-alustalla noin sadalle eri kiinteistöalan ammattilaiselle ja vastauksia kyselyyn tallentui 16. Kyselyn varsinainen tutkimuskohde on kiinteistöt ja vaikka vastaajien määrä tuntuu pieneltä, kuuluu vastauksissa yli tuhannen kiinteistön ääni.

6.1. Kyselyn tuloksien analysointi

Kysely IoT-laitteiden ja datan hyödyntäminen kiinteistössä ja kyselyn tulokset ovat tämän opinnäytetyön liitteenä.

6.1.1. Vastaajien taustatiedot

Ensimmäisen kategorian kysymyksissä haluttiin kartoittaa vastaajien taustoja. Vastaajia löytyy useasta eri liikevaihtoluokasta ja vastaajien taustaa on sekä julkisissa viroissa, että yksityisissä yrityksissä. Vastaajien yhteinen ääni edustaa yli tuhannen kiinteistön ääntä.

6.1.2. Nykytilanne kiinteistöissä

Nykytilannekatsaus kiinteistöihin kertoo kiinteistöjen eniten mitatuimpien suureiden olevan hyvin vahvasti kiinteistön energiankulutukseen liittyviä mittauksia. Vastauksista voidaan kuitenkin päätellä, että markkinapotentiaalia on paljon jäljellä jopa mitatuimpien suureiden mittauksissa. Ajan trendit, kuten ilman laatu ja energiankulutusta tukevat mittaukset ovat edustettuina jo kyselyn rakennuksissa, mutta kiinteistöt voisivat yleisesti hyötyä vielä lisätyistä mittauksista.

Vastaajien joukossa uusille järjestelmille on mielenkiintoa ja kiinteistöistä toivotaan parempaa tietoa.

6.1.3. Väittämät kiinteistöistä ja yleinen kiinnostus olosuhdemittauksiin

Vastaajat eivät saa kaikista kiinteistöistään tarpeeksi tietoa tällä hetkellä. Vastaajien vastaukset väittämiin korreloi hyvin aiempiin kysymyksiin ja vastaajien mielenkiinto eri suureiden mittauksiin on yllättävän korkealla tasolla.

6.1.4. Rejlers Finland Oy:n tunnettavuus

Rejlers Finland Oy on hyvin tunnettu vastaajien keskuudessa ja onnistuimme kyselyllä myös tavoittamaan yritykselle ja Mittauspalvelut-yksikölle uusia henkilöitä.

6.1.5. Kyselyn onnistuminen

Kyselyn analysointia ei vastausmäärän takia voi liikaa tehdä. Kuitenkin kyselyyn vastanneiden ääni kertoo mittauksille olevan kiinteistöissä kysyntää. Osaa vastaajista haastateltiin henkilökohtaisesti ja keskusteltiin kyselyn aihepiiristä yleis-

sesti. Tämän kyselyn ja opinnäytetyön tekijän aiempi +15 vuoden työkokemus kiinteistöjen teknisten asioiden parista kertoo myös samaa kuin mitä tämä pieni kysely meille kertoo.

7. Liitteet

Kyselytutkimus - IoT-laitteiden ja datan hyödyntäminen kiinteistöissä

8. Lähteet

Green Building Council Finland

Traficom - Luvasta vapaiden radiolähettimien yhteistajuudet ja käyttö

ETSI - Draft EN 301 489-17 V3.2.5

Timo Keränen OAMK - IoT-käyttäjärjestelmien vertailu

Toni Hämäläinen JYU - IoT-verkon tietoturvaohjelmat ja niiden estäminen

Kyberturvallisuuskeskus, 2019

Cisco IoT-devices

Digita - IoT-laitteet

DNA - IoT-teknologiat

Elisa - IoT - Esineiden Internet

LoRa Alliance

Wi-Fi Alliance

mqtt.org -MQTT 5 specification

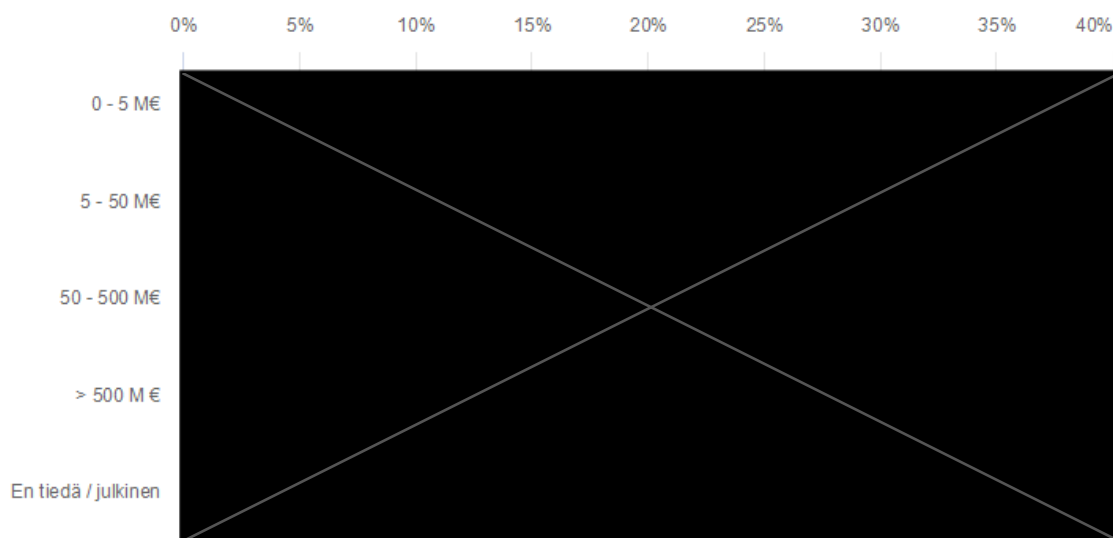
hivemq.com -MQTT Essentials

Liite 1

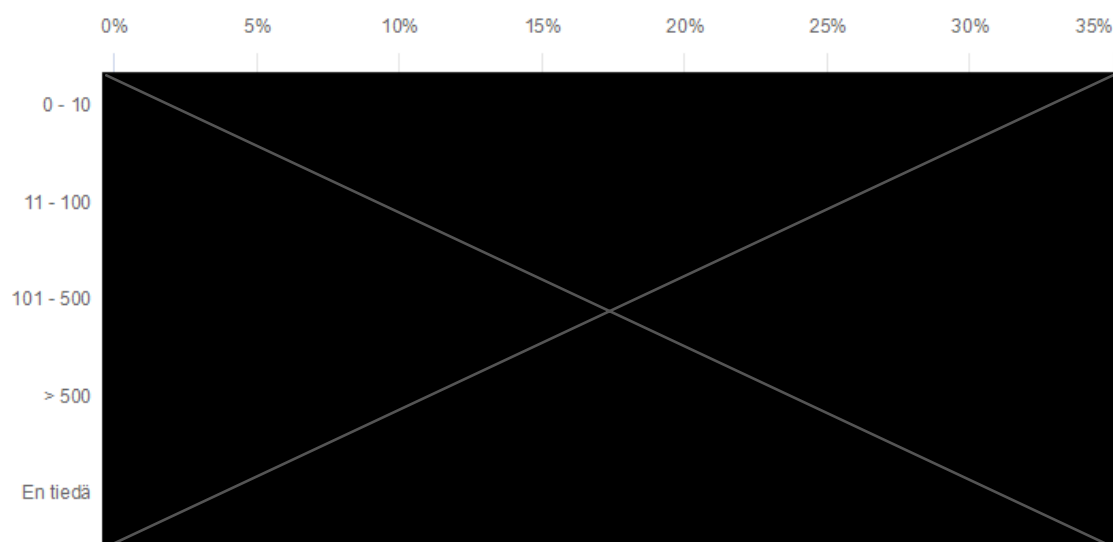
IoT-laitteiden ja datan hyödyntäminen kiinteistöissä

Vastaajien kokonaismäärä:

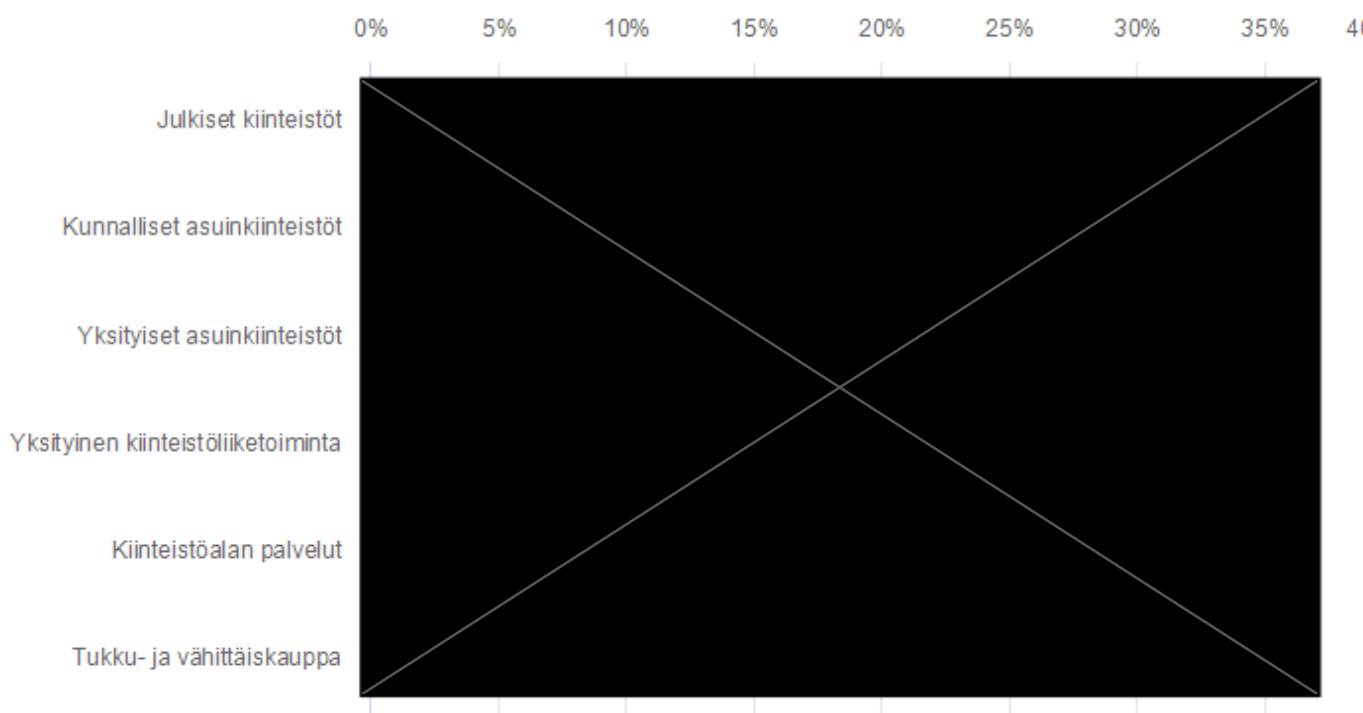
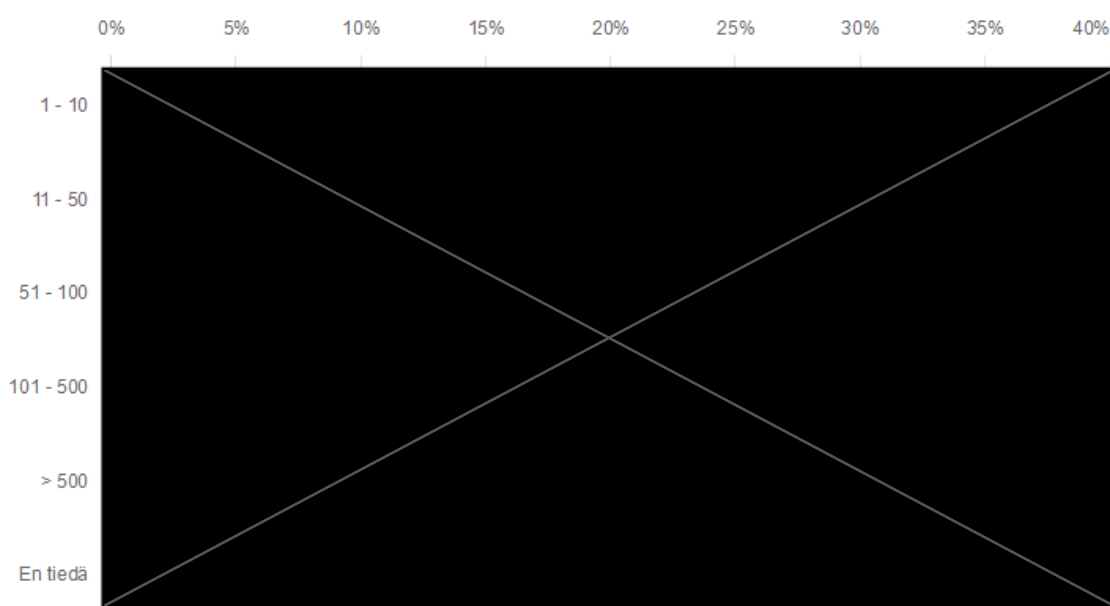
1. Mikä on teidän liikevaihtoluokka?



2. Kuinka monta henkilöä teillä on töissä?



Liite 1

3. Mikä seuraavista kuvaa parhaiten organisaationne toimialaa?**4. Kuinka monta toimipaikkaa, kiinteistöä tai muuta kulutuspiis-tettä teillä on?**

Liite 1

5. Onko organisaatiossanne käytössä aktiivista helposti etänä seurattavaa

	Kyl- lä	Vain osassa	Ei	Kes- kiarvo	Medi- aani
Lämpöenergian kulutuksen seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Sähköenergian kulutuksen seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vedenkulutuksen seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Lämpötilaseurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ilmankosteuden seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ilmanlaadun seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Radon-arvojen seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vesivuotoseurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Liike- tai läsnäoloseurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ovien auki / kiinni seurantaa?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Liite1

6. Millaisesta seurannasta ja raportoinnista olisi hyötyä teidän kiinteistöillenne?

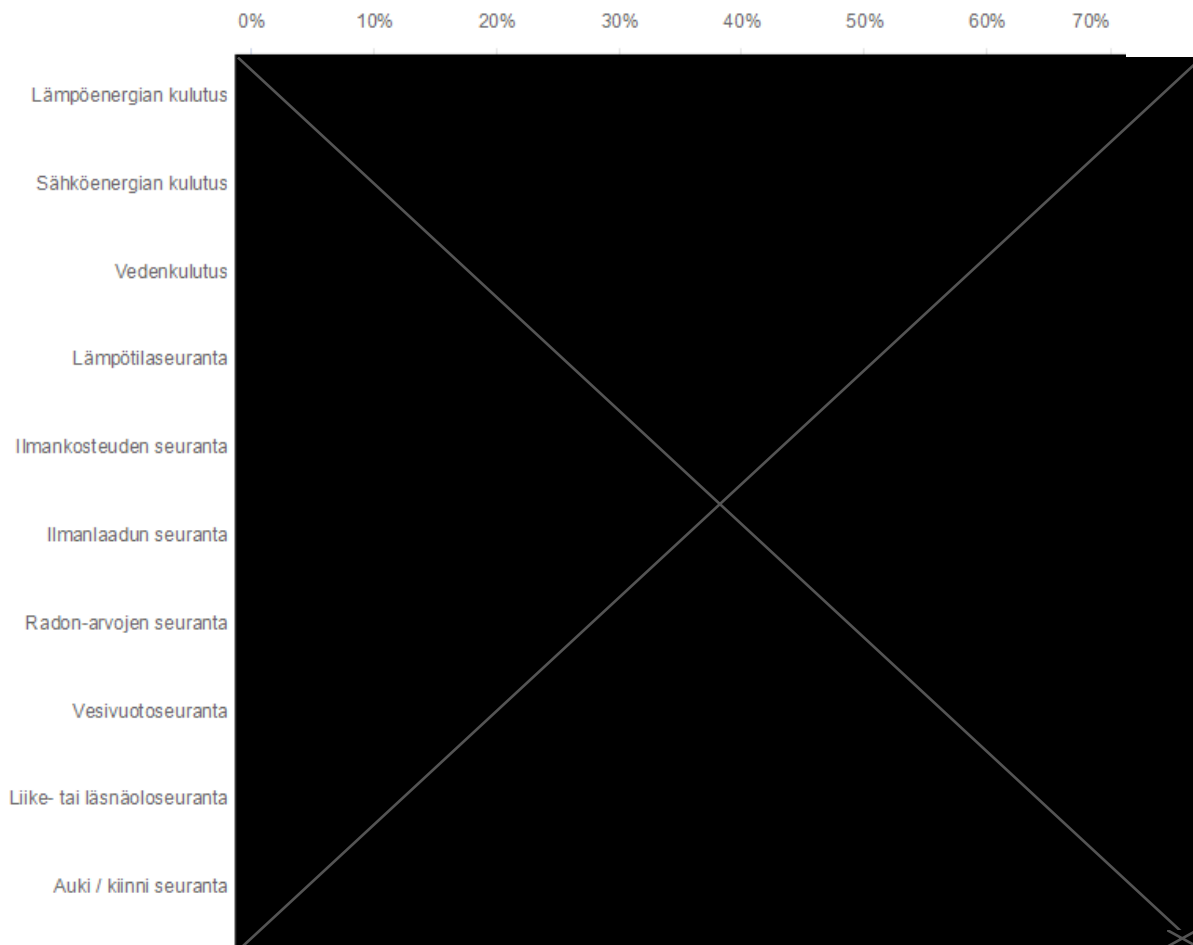
Vastaukset
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

7. IoT-datan hyödyntäminen väittämiä, nykytilanne organisaatiossa:

	Kyllä	Vain osasta	Ei	En osaa sanoa
Saan kiinteistöistä olosuhdedataa raporttien muodossa etänä.	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Voin verrata eri mittaustuloksia historia-tietoihin tai muiden kiinteistöjen mittauksiin.	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Voin laskuttaa mitattuja suureita helposti tilan omistajalta tai vuokralaiselta.	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Olosuhdemittaukset antavat kiinteistöistä näkymän, mikä tuo tietoa kiinteistön kunnosta.	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
Kiinteistön oma automaatiojärjestelmä antaa riittävästi tietoa kiinteistön kunnosta ja tilasta.	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Liite 1

8. Mitkä aiemmin mainituista sensoreista herättää kiinnostusta?



9. Haluatko keskustella IoT-laitteiden tuomista mahdollisuuksista enemmän?

	n	Prosentti
Kyllä	■	■ ■ ■ ■
En	■	■ ■ ■ ■
Joskus tulevaisuudessa	■	■ ■ ■ ■

Liite 1

11. Rejlers Finland Oy tunnettavuus:

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Onko Rejlers Finland Oy teille tuttu entuudestaan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oletko tehnyt yhteistyötä Rejlers Finland Oy:n kanssa aiemmin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Onko Rejlers Finland Oy:n Mittauspalvelut-osaston tarjoamat ratkaisut tuttuja entuudestaan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Voit halutessasi kirjoittaa viestin kyselyn suorittajalle tähän:

Vastaukset
<input type="text"/>
<input type="text"/>