

Opinnäytetyö (AMK)

Tietojenkäsittely

Yrityksen Tietoliikenne ja Tietoturva

2016

Pauli Mattila

# TEOLLISEN INTERNETIN ALUSTOJEN TARJONTA

– Teknologinen vertailu



Pauli Mattila

# TEOLLISEN INTERNETIN ALUSTOJEN TARJONTA - TEKNOLOGINEN VERTAILU

Työn tavoite oli vertailla kolmea IoT-alustaa projektille (Industrial Internet Reference Architecture for Medical Platforms). Työ keskittyy ominaisuuksien, arkkitehtuurin, ratkaisumallien ja näkökulmien vertailuun siitä, miten jokainen tarjoaja näkee teollisen internetin eri tavalla. Nämä kolme palveluntarjoajaa ovat Amazon, Elisa ja IBM.

Opinnäytetyön tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena. Menetelminä käytettiin tiedonkeruuta internetistä, aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta sekä palveluntarjoajien haastatteluista.

Tutkimuksen tuloksista selviää, että jokaisella yrityksellä ja palveluntarjoajalla on erilainen näkemys teollisesta internetistä ja sen tuomista hyödyistä. Elisa IoT -ratkaisumalli (PTC Thingworx -lisensoitu) painotta helppoa käyttöliittymien rakentamista ja datan visualisointia, mutta ei tarjoa paljon vaihtoehtoja arkkitehtuurin puolesta. Amazonin AWS-ratkaisumalli keskittyy yhdistämään laitteet pilveen. Tämän lisäksi AWS keskittyy big dataan sekä sovelluksiin ja niiden kehitykseen omalla alustallaan ja pilvessä. IBM:n Bluemix-ratkaisumalli pohjautuu IBM-pilveen. IBM tarjoaa pilviportfolion, joka sisältää pilvipohjaiset liikeyrityksen applikaatiot (SaaS), digitaalisen innovaatioalustan (PaaS) sekä maailmanluokan pilvi-infrastruktuurin (IaaS).

Jokaisen ratkaisumalli on erilainen. Teollisen internetin tarjoajaa tai tarjoajia valittaessa kannattaa tutkia ja ottaa selvää, mitä on tarjolla ja mitä haluaa ratkaisun toteuttavan. Jokainen yritys, kuten palveluntarjoajakin, näkee teollisen internetin eri tavalla. Esimerkiksi kyseisistä tarjoajista yksi yritys näkee teollisen internetin rajapintana, kun taas toinen yritys näkee sen arkkitehtuurina ja kolmas näkee asian näiden kahden hybridinä lisäten siihen hieman omaa näkemystään.

## ASIASANAT:

teollinen internet, asioiden ja esineiden internet, pilvipalvelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Business Information Technology | Business Data Communications and Information Security

2016 | Total number of pages 33

Pauli Mattila

## THE SUPPLY OF INDUSTRIAL INTERNETS PLATFORMS - TECHNOLOGICAL COMPARISON

The objective was to compare three Internet of Things platforms from three different vendors for the project (Industrial Internet Reference Architecture for Medical Platforms). The comparison focuses on the properties, architectural elements, solution models and viewpoints about how each of the vendors see the Internet of Things and Industrial Internet.

The research of this thesis will be executed as a case study. The methods included data collection from internet, from literature about the subject and from the vendor interviews.

The results of the research reveal, that every company and vendor has a very different vision about the industrial internet and its benefits. Elisa IoT solution model (Licensed under PTC Thingworx) emphasizes on data visualization and making the creation of interfaces easier, but it doesn't offer much on the architectural side. Thingworx alone doesn't provide the required solutions for the project. Amazon's AWS solution model focuses on connecting the devices to the cloud, but also on big data and applications and their development on the platform and in the cloud. IBM's Bluemix solution model is based on the IBM-cloud. IBM provides a cloud portfolio that includes cloud-based Business applications (SaaS), digital innovation-platform (PaaS) and world class cloud-infrastructure (IaaS).

When choosing a vendor or vendors providing the internet of things, you should always do some research and get to know what kind of a platform it really is that the vendor is trying to provide you with. Every company, as well as the vendors, see the Internet of Things differently. As an example from the vendors in question one sees it as an interface while the second one sees it more like an architecture while the third one sees it as a hybrid between the two and adding some of their own vision into it.

### KEYWORDS:

industrial internet, internet of things, cloud service

# SISÄLTÖ

## KÄYTETYT LYHENTEET

## SANASTO

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 TEOLLINEN INTERNET</b>	<b>3</b>
2.1 Käsitteet ja määrittely	3
2.2 Arkkitehtuuri	6
2.2.1 Liiketoimintanäkökulma	6
2.2.2 Kulutusnäkökulma	7
2.2.3 Toiminnallisuusnäkökulma	9
2.2.4 Toteutusnäkökulma	11
<b>3 HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET</b>	<b>14</b>
3.1 Potentiaaliset hyödyt sekä riskit	14
3.2 Yritysten näkökulma ja hyöty	14
3.3 Yhteiskunnan näkökulma ja hyöty	15
3.4 Kuluttajan näkökulma ja hyöty	15
3.5 Tarjonta ja kysyntä Suomessa	16
<b>4 ALUSTOJEN VERTAILU</b>	<b>17</b>
4.1 Alustat ja komponentit	17
4.2 Listaus tarjonnasta	20
<b>5 YHTEENVETO JA POHDINTA</b>	<b>24</b>

# KÄYTETYT LYHENTEET

IaaS	Industrial Internet Reference Architecture eli teollisen internetin referenssiarkkitehtuuri.
II	Industrial Internet System eli Teollisen Internetin järjestelmä
PaaS	Industrial Internet eli Teollinen Internet Infrastructure as a Service eli Infrastruktuuri palveluna
IoT	Internet of Things eli esineiden internet
IIS	Platform as a Service eli alusta palveluna
IIRA	Industrial Internet Reference Architecture eli teollisen internetin referenssiarkkitehtuuri.

# SANASTO

Bare metal	Käyttöjärjestelmätön laite, esim. palvelin.
Pilvipalvelu	Palvelu, jolla tarjotaan jotakin resurssia tai palvelua internetin kautta.
Esineiden internet	Internetiin ja toisiinsa yhdistettyjen laitteiden verkko.
Teollinen Internet	Esineiden ja asioiden internet yritysten näkökulmasta.
Gateway	Yhdyskäytävä/portti, jonka kautta verkon liikenne reititetään eteenpäin.
Thing	Asia tai esine, joka kommunikoi muiden asioiden tai esineiden tai alustan kanssa ja lähettää sensoridataa.

# 1 JOHDANTO

Teollinen Internet on tämän hetken kuumimpia tietotekniikkaan liittyviä aiheita. Se lupaa olevansa yksi suurimmista teknologisista vallankumouksista ihmiskunta on koskaan nähnyt ja pyrkii mullistamaan internetin ja sitä kautta tapahtuvan kommunikoinnin niin kuluttajan kuin yrityksenkin näkökulmasta. Teollinen internet perustuu standardeille, kuten myös nykyinen "tavallinen" internet. Nämä standardit mahdollistavat toistensa sekä ihmisten kanssa kommunikoivat esineet. (Bartleson 2014.)

Teollinen internet pyrkii edistämään tietoisuutta fyysisestä maailmastamme ja kaikesta, mihin se on yhteydessä (Barrett 2012). Tämän tietoisuuden mukana altistumme erilaisille vaihtuville olosuhteille, joita voimme valvoa tämän teknologian tarjoamilla alustoilla.

Teollisesta internetistä kasvaa monia tavallista elämää helpottavia ideoita ja toteutuksia, ja samalla siitä voi olla erittäin suuri hyöty myös yritysmaailmassa. Näistä mahdollisista hyödyistä on tähän päivään asti raapaistu vain pintakosketuksen verran ja uusia innovaatioita teollisen internetin hyödyntämiseen nousee esille koko ajan. Esimerkiksi tarkemmat ja viisaammat luonnonkatastrofien ennustukset, viisaammat kaupunkien ja maiden automaattiset liikenteen hallintojärjestelmät, jotka reagoivat vaihteleviin olosuhteisiin ja viisaampi terveydenhuolto ovat vain pieni osa tästä syvästä mahdollisuuksien merestä, jonka teollinen internet tuo mukanaan.

Yritysten näkökulmasta teollinen internet tuo mukanaan monenlaisia hyötyjä. Näistä hyödyistä tulee usein ensimmäisenä esille ylläpitokuluista saatava säästö. Esineistä kerättävä tieto luo suuren määrän dataa, jonka analysointiin tarvitaan entistä tehokkaampia välineitä (Juhanko ym. 2015, 24). Tämän tiedon prosessointi ja analysointi kuitenkin luovat yrityksille arvoa, mikä puolestaan luo uusia mahdollisuuksia digitaaliselle markkinoinnille.

Teollinen internet yhdessä esineiden ja asioiden internetin kanssa ovat jatkuvasti kehittyviä ilmiöitä. Ne jaetaan usein moneen pienempään osaan, jotta niitä olisi helpompi ymmärtää. Nämä pienemmät osat ovat yhteydessä toisiinsa ja luovat keskenään käsitteen Internet of Things (IoT) (Bartleson 2014). Esineiden ja asioiden internet on keskittynyt enemmän kuluttajille suunnattuihin tuotteisiin ja palveluihin, kun taas teollinen internet keskittyy enemmän yritysten tarpeisiin.

Teollista internetiä on kuvattu kolmanneksi vallankumoukseksi. General Electricin mukaan se koostuu kolmesta pääelementistä, jotka ovat älykkäät koneet, edistynyt analytiikka sekä ihmiset työssä (Juhanko ym. 2015, 4).

IoT voidaan jakaa kuluttajaystävälliseen muotoon, joka kattaa neljä aluetta: puettavat laitteet, älykäs koti ja kodinkoneet, toisiinsa yhdistetyt ajoneuvot sekä älykkäät kaupungit. (Bartleson 2014.)

Työssä keskitytään vertailemaan suurimpien tarjoajien joukosta valittuja kolmea alustaa keskenään. Nämä alustat ovat IBM Bluemix & Watson IoT, Elisa IoT (Thingworx) ja Amazon AWS IoT.

Opinnäytetyöni on valmistelua projektin seuraavaa vaihetta varten, joka on teknologinen roadmap. Tiivistetysti teknologinen roadmap auttaa suunnittelemaan lyhyen ja pitkän aikavälin tavoitteiden saavuttamista, kun luodaan tai implementoidaan uutta teknologiaa. Tulen keskittymään pääasiassa toiminnalliseen ja toteutus näkökulmiin sovitelllessani alustoja projektissa käytettävään Industrial Internet Reference Architecture (IIRA) -referenssiarkkitehtuuriin.



## 2 TEOLLINEN INTERNET

### 2.1 Käsitteet ja määrittely

Esineiden internet on kokonaan uusi tapa vuorovaikuttaa ympäröivän maailman kanssa ja saada tietoa asioista, joiden kanssa olet vuorovaikutuksessa jokapäiväisessä elämässäsi. ”Thingille” eli asialle tai esineelle annetaan oma uniikki identiteetti, jonka avulla juuri kyseinen asia tai esine pystytään tunnistamaan muiden joukosta. Sen lisäksi sille pitää antaa kyky kommunikoida verkon välityksellä. Näiden lisäksi thingille pitää antaa kyky havainnoida ympäristöä. Tämä onnistuu sensoreilla, joiden avulla saadaan kerättyä tietoa kyseisestä thingistä. Jos tämä thing on esimerkiksi auto, niin siihen voidaan liittää pieniä mikrokontrollereita, joilla kyseistä autoa voidaan kauko-ohjata (Barrett 2012).

Pyritään siis yhdistämään fyysinen maailma, ja kaikki mitä se pitää sisällään, kiinni tähän kyseiseen ympäristöön, jota kutsutaan nimellä Internet of Things (Barrett 2012).

Jokaisella tarjoajalla on erilainen käsitys IoT-alustasta ja siitä mitä se pitää sisällään. Kuitenkaan yksikään tarjoaja ei tunnu tarjoavan kokonaista alustaa. Kun puhutaan teollisen internetin alustasta eli IoT-alustasta, niin todellisuudessa se tarkoittaa hyvin laajaa teknologista kokoonpanoa. Kun itse puhun IoT-alustasta, tarkoitan kokonaista teollisen internetin alustaa, joka sisältää kaikki kahdeksan arkkitehtuurista ”rakennuspalikkaa”. Nämä kahdeksan rakennuspalikkaa ovat ulkoiset käyttöliittymät, analytiikka, lisätyökalut, datan visualisointi, prosessoinnin ja toiminnan hallinta, laitteiden hallinta, yhdistettävyyden ja normalisointi sekä tietokanta (toimijat ja kirjastot, jotka varmistavat jatkuvan asioiden yhdistettävyyden ja harmonisoidut dataformaattit) (Kuva 1). Datan normalisoinnilla tarkoitetaan tietokannan tietojen ehjää tallennusta ja tehokasta saatavuutta.



Kuva 1. IoT-alustan 8 komponenttia. (Scully 2016)

### Industrial internet

Industrial internet (II) eli teollinen internet on termi, jonka General Electric on tehnyt tuuksi vuonna 2012. Se koostuu kolmesta pääelementistä: älykkäät koneet, edistynyt analytiikka sekä ihmiset työssä. Älykkäissä koneissa verkotetaan koneet ja konelaivueet, minkä jälkeen niihin liitetään sensoreita, ohjausta ja ohjelmistoja. Edistynyt analytiikka yhdistää algoritmit, automaation sekä syvän alakohtaisen osaamisen, jotka liittyvät fyysikaalisten suureiden mittaamiseen (Juhanko ym. 2015, 10).

Teollista internetiä pidetään historian tulevana kolmantena teollisena vallankumouksena. Aikaisempi vallankumous, Internet, yhdisti tietokoneet ja ihmiset yhteen käyttäen virtuaalista maailmaa. Teollinen internet vie tätä askeleen eteenpäin ja yhdistää reaali maailman koneet sekä toisiinsa että verkkoon samanaikaisesti (Juhanko ym. 2015, 11).

### **Internet of Things**

Internet of Things (IoT) eli esineiden ja asioiden internet on keskittynyt enemmän kuluttajille suunnattuihin tuotteisiin ja palveluihin, kun taas teollinen internet keskittyy enemmän yritysten tarpeisiin. Näistä esimerkkinä voidaan käyttää tulevaisuudessa internetiin yhdistettyjä autoja (Juhanko ym. 2015, 13).

IoT on kuluttajalähtöinen näkökulma. Ensisijaisesti ajatellaan kuluttajatason tarpeita ja niihin liittyviä innovaatioita sekä nopeita ja edullisia tapoja anturoida, välittää ja analysoida tietoa mahdollistaakseen esimerkiksi uusien tuoteominaisuuksien ja oheispalveluiden tuomisen kuluttajien keskuuteen (Juhanko ym. 2015, 13).

### **Internet of Everything**

Internet of Everything (IoE) on pääasiassa Ciscon käyttämä nimitys esineiden internetistä. Ciscon näkökulma on hieman erilainen; se määrittelee tuovansa yhteen ihmiset, prosessit, datan sekä asiat ja esineet. Tällä he pyrkivät luomaan verkottamisesta aiempaa enemmän arvoa samalla, kun informaatio muutetaan uusiksi mahdollisuuksiksi, rikkaammiksi kokemuksiksi ja ennenkuulumattoman suuriksi liiketoimintamahdollisuuksiksi. Painotuksena tässä määritelmässä on ns. kaiken internet, joka laajentaa kokonaisuutta teollisuuden ja yritys näkökulman ulkopuolelle (Juhanko ym. 2015, 13).

Uutena osana tässä määritelmässä on mukana yhteiskunnan hyödyt sekä ihmisten kokemukset. Internet of Everything on muuten hyvin lähellä teollisen internetin määritelmiä (Juhanko ym., 13).

## 2.2 Arkkitehtuuri

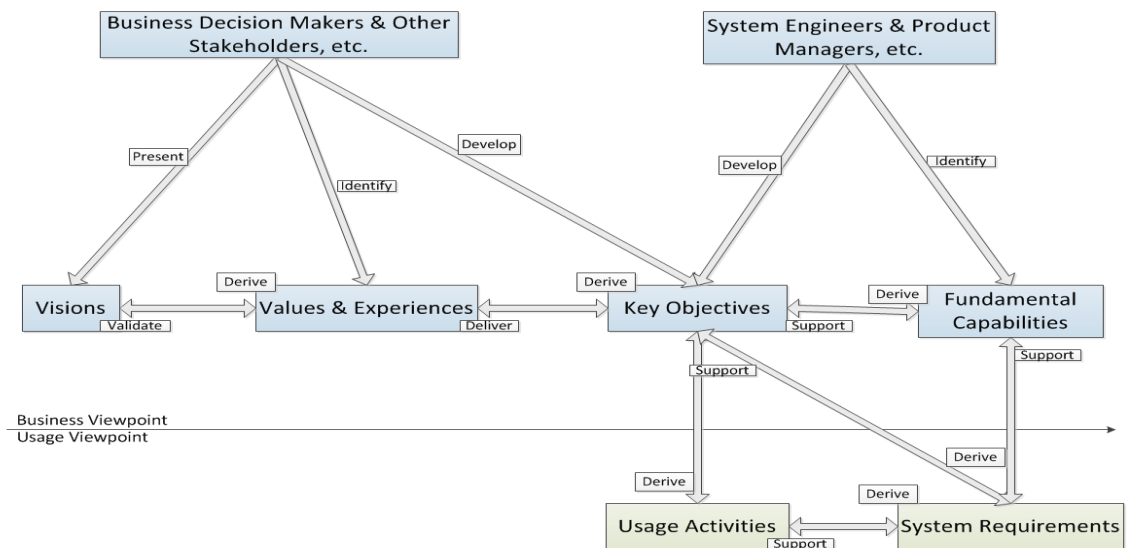
Industrial Internet Reference Architecture (IIRA) määrittelee hyvin teollisen internetin järjestelmät (Industrial Internet Systems, IIS). Referenssiarkkitehtuurimalli on jaettu neljään näkökulmaan, jolla teollisen internetin arkkitehtuuri nähdään kokonaisuutena. Nämä näkökulmat ovat erillisiä, mutta toisiinsa liittyviä:

- Liiketoiminnallinen näkökulma
- Kulutuksellinen näkökulma
- Toiminnallinen näkökulma
- Toteutuksellinen näkökulma

### 2.2.1 Liiketoimintanäkökulma

Liiketoimintanäkökulma käsittelee liiketoiminnan kannalta asioita, jotka liittyvät osakkeenomistajien tunnistamiseen ja heidän visioon, arvomaailmaan sekä tavoitteisiin, kun lähdetään pystyttämään teollisen internetin järjestelmiä yritykseen. Myös regulaatiokykyisykset käsitellään tässä näkökulmassa (Industrial Internet Consortium 2015, 20). Liiketoimintaan liittyvät asiat ja huolet, kuten arvon esitys, odotettu investoinnin tuotto, ylläpidon kustannukset ja tuotteen vastuu ovat tärkeitä arvioitavia asioita. (Kuva 2).

Figure 4-1 Value and Experience Model



Kuva 2. Arvo- ja kokemusmalli (Industrial Internet Consortium 2015, 20)

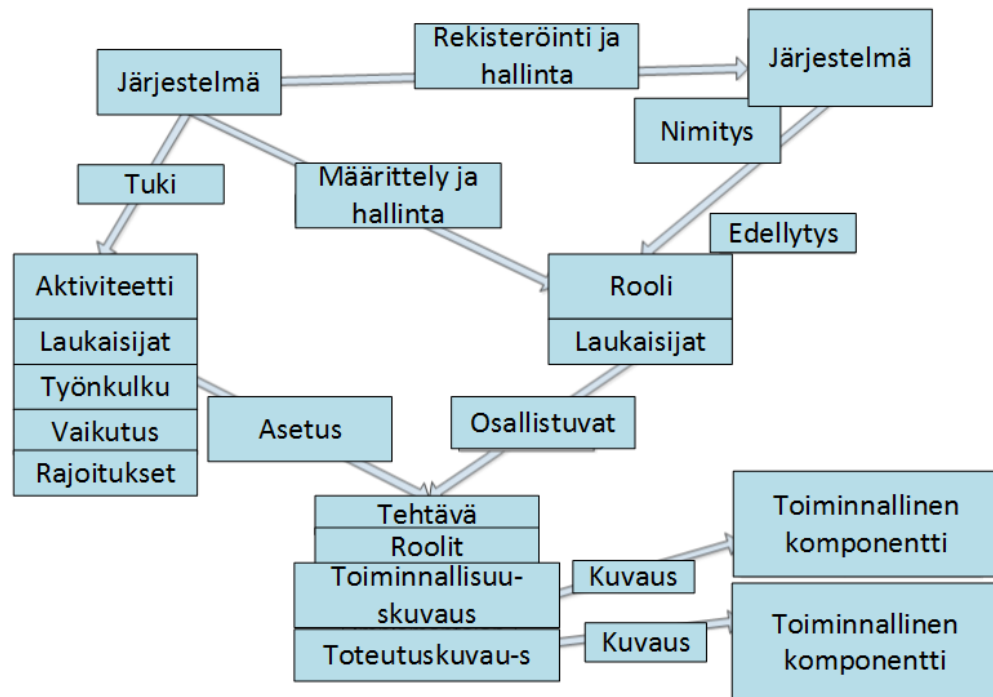
Liiketoiminnannäkökulman elementtejä ovat osakkeenomistajat, näkemys, arvot ja kokemukset, ratkaisun tavoitteet ja olennaiset kyvykkyydet. Tämän näkökulman lähestymistavalla ensimmäiseksi osakkeenomistajien pitää identifioida näkemys organisaatiosta ja miten se voisi parantaa tämän toimintaa teollisen internetin adoption avulla. Näkemyksestä osakkeenomistaja perustavat pohdinnan alaiset IIS:n arvot ja kokemukset ja luovat kokoelman tavoitteita, jotka määrittelevät järjestelmältä vaadittavat olennaiset kyvykkyydet. (Industrial Internet Consortium 2015, 21.)

Turvallisuuden kahtena tärkeimpänä tekijänä business-näkökulmassa ovat regulaatio ja määräystenmukaisuus sekä liiketoiminta-arvo. Regulaation- ja määräystenmukaisuuden mandaatti kontrolloi pääsyä varainhoidon järjestelmiin, suojaa luottokorttitietoja, ylläpitää yksityisyyden odotuksia ja suojaa kriittistä infrastruktuuria. Nämä ovat yleisiä vaatimuksia, jotka yrityksen tulee täyttää hinnasta riippumatta. Liiketoiminta-arvo vaatii yrityksen investoinnin suojaamista teollisen internetin järjestelmässä ja sen toiminnan suojaamista mahdollisilta tietoturvariskien tuomilta vahingoilta. Tämä vahinko voi sisältää toiminnan keskeytymisen tai pysähtymisen, järjestelmän tuhoutumisen, arkaluontoisen henkilökoh-taisen ja liiketoiminnan tiedon ja älyllisen omaisuuden vuotamisen, yrityksen maineen vahingoittumisen sekä asiakkaiden menettämisen. Tämä kuitenkin johtaa ylimääräiseen investointiin, joten se tulee oikeuttaa osakkeenomistajille. Tämä oikeutus tapahtuu siten, että sillä vältetään käsiteltävien riskien tuomien vahinkojen kuluja. (Industrial Internet Consortium 2015, 21–22.)

### 2.2.2 Kulutusnäkökulma

Kulutusnäkökulma käsittelee järjestelmän odotettua käyttöä (Kuva 3). Yleensä tämä esitetään sarjalla toimintoja. Kulutusnäkökulma huolehtii siitä, miten teollisen internetin järjestelmä toteuttaa liiketoiminnanäkökulmassa identifioidut keskeiset kyvykkyydet. Se myös kuvailee aktiviteetteja, jotka koordinoivat useita työyksiköitä järjestelmän komponenttien sisällä. Lyhyesti sanottuna tämä näkökulma kuvailee, miten järjestelmää käytetään. Tämä näkökulma toimii myös palautteena järjestelmän vaatimuksille, mukaan lu-

kien ratkaisevat järjestelmän ominaisuudet, ja ohjaa Teollisen Internetin järjestelmän (Industrial Internet System, IIS) suunnittelua, toteutusta, käyttöönottoa, toimintoja ja kehitystä (Industrial Internet Consortium 2015, 23).



Kuva 3. Rooli, Seurue, Aktiviteetti ja Tehtävä (Industrial Internet Consortium 2015, 23)

Kulutusnäkökulman elementtejä ovat rooli, tehtävä, aktiviteetti ja seurue. Rooli on joukko suorituskykyjä, joita jokin itsenäinen kokonaisuus järjestelmässä edellyttää käynnistääkseen ja osallistuakseen joidenkin tehtävien tai toimintojen suorittamiseen tai suorituksen tuloksien käyttämiseen IIS:ssä kuten aktiviteetti vaatii. Seurueet edellyttävät rooleja. Seurue on toimija, ihminen tai automatisoitu, jolla on autonomia, intressi ja vastuu tehtävien suorittamisesta. Seurue suorittaa tehtävän otaksumalla roolin, jolla on riittävät kyvyt tehtävän suorittamiseen. Seurue voi otaksua useamman kuin yhden roolin ja roolin voi täyttää useampi kuin yksi seurue. Seurueella on myös turvallisuustarpeisto roolin otaksumiselle. (Industrial Internet Consortium 2015, 23.)

Rooli kuvailee osaa tai osia, jotka ovat vastuussa tehtävän suorittamisesta. Aktiviteetti on määritelty tehtävien yhteensovittaminen, mahdollisesti myös muiden aktiviteettien, joka vaaditaan ymmärtämään IIS:n hyvin määritelty käyttö ja prosessointi. Laukaisija on yksi tai useampi tila, jossa aktiviteetti käynnistetään. Työnkulku koostuu peräkkäisistä,

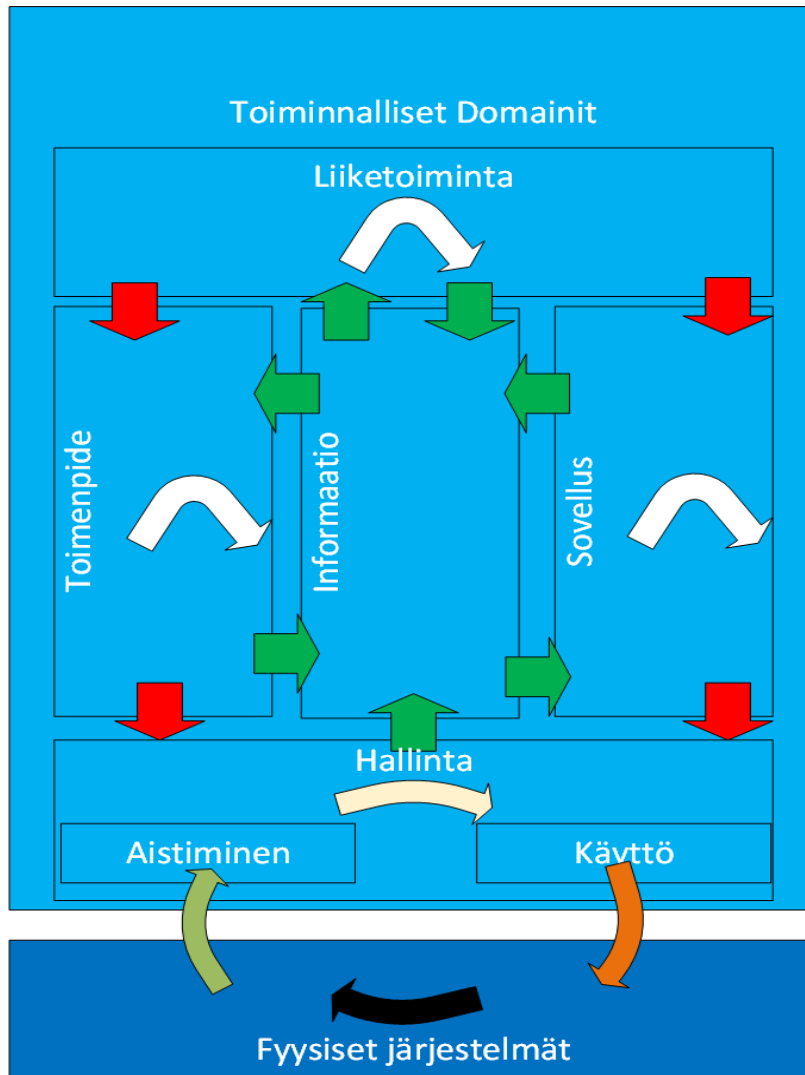
rinnakkaisista, ehdollisista ja toistuvista järjestystehtävistä. Vaikutus on ero järjestelmän tilassa onnistuneen aktiviteetin jälkeen. Rajoitukset ovat järjestelmän ominaisuuksia, joita pitää suojella suorituksen aikana ja uuden tilan saavuttamisen jälkeen, kuten datan yhtenäisyys, datan luottamuksellisuus ja kestävyys. (Industrial Internet Consortium 2015, 24.)

Yleisiä turvallisuusaktiviteetteja kulutus-näkökulmassa ovat monitorointi, auditointi, turvallisuuspolitiikan hallinta ja salaustekniikan tuen hallinta (Industrial Internet Consortium 2015, 25).

### 2.2.3 Toiminnallisuusnäkökulma

Toiminnallisuusnäkökulman tarkoituksena on keskittyä järjestelmän toiminnallisiin komponentteihin, niiden toisiinsa liittyvyyttä sekä järjestelmän rakennetta, rajapintaa sekä vuorovaikutusta niiden välillä. Näiden lisäksi toiminnallisuus-näkökulma käsittelee järjestelmän relaatiota ja toimintoja ympäristön ulkoisia elementtejä käyttäen tukeakseen kokonaisjärjestelmän aktiviteetteja sekä kulutusta. (Industrial Internet Consortium 2015, Gorbach 2015)

Tyypillinen IIS jaetaan viiteen toiminnalliseen toimialueeseen eli domainiin, jotka ovat hallinto-domain, toimenpide-domain, informaatio-domain, sovellus-domain ja yritys-domain (Kuva 4). Kaikki datan virtaus ja hallinta tapahtuvat näiden toimialueiden sisällä ja välillä (Industrial Internet Consortium 2015, 28).



Kuva 4. Toimialueet (Industrial Internet Consortium 2015, 28)

Hallinta-domain edustaa niiden toimintojen keräämistä, joita teolliset hallintajärjestelmät suorittavat. Hienojakoiset suljetut silmukat eli loopit, sensoridatan lukeminen, sääntöjen ja logiikan asettaminen sekä fyysisen järjestelmän kontrollin ylläpitäminen käyttölaitteiden avulla kuuluvat hallinta-domainin ydintoimintoihin. Tarkkuus ja ajoituksen virheettömyys ovat yleensä kriittisiä. Järjestelmät tai komponentit, jotka toteuttavat näitä toimintoja sijoitetaan yleensä niiden fyysisten järjestelmien läheisyyteen, joita ne hallitsevat. (Industrial Internet Consortium 2015, 29.)



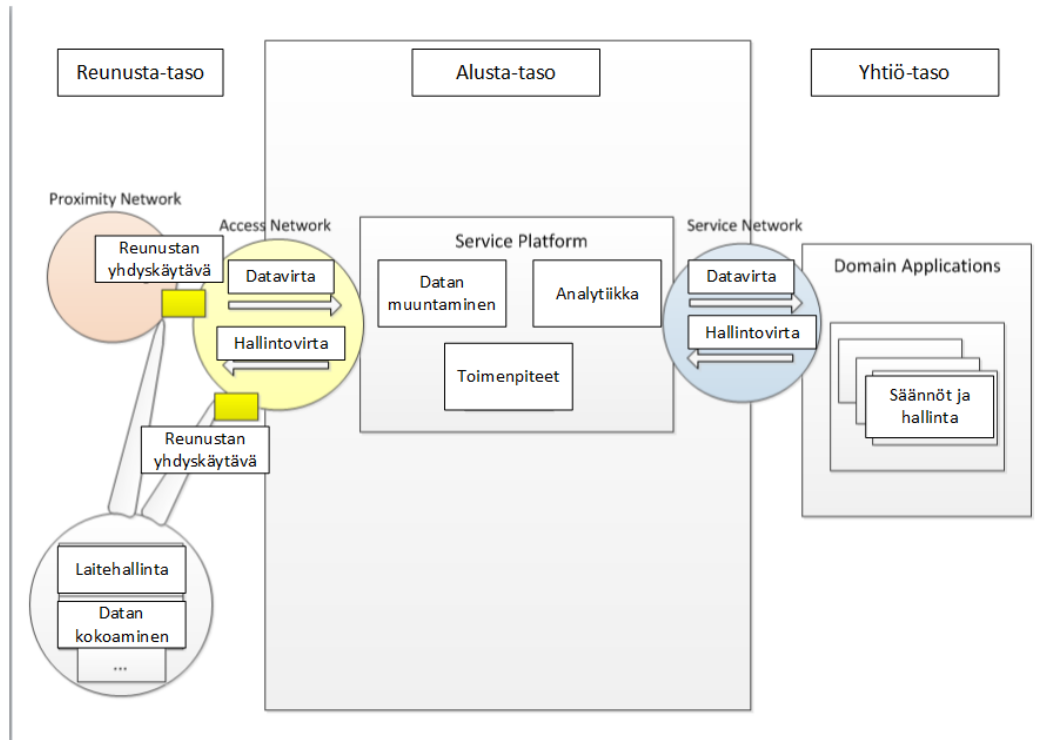
Toimenpide-domain edustaa niiden toimintojen keräämistä, jotka ovat vastuussa hallinta-domainin järjestelmien varustamisesta, hallinnasta, monitoroinnista ja optimoinnista. Teollisen internetin hallintajärjestelmät optimoivat toimintoja voimavaratyypin, laiteryhmiä eli ns. konelaivueiden ja asiakkaiden yli. (Industrial Internet Consortium 2015, 31.)

Operaatio-domain edustaa niiden toimintojen keräämistä, jotka ovat vastuussa hallinta-domainin järjestelmien varustamisesta, hallinnasta, monitoroinnista ja optimoinnista. Teollisen internetin hallintajärjestelmät optimoivat toimintoja voimavaratyypin, laiteryhmiä eli konelaivueiden ja asiakkaiden ylle. (Industrial Internet Consortium 2015, 31.)

#### 2.2.4 Toteutusnäkökulma

Toteutusnäkökulma käsittelee tarvittavia teknologioita, jotta saadaan toteutettua toiminnalliset komponentit sekä niiden kommunikointikaaviot ja elinkaarimenetelmät. Aktiviteetit sekä järjestelmän tukevat kyvykkyydet ohjaavat näitä komponentteja. Tässä näkökulmassa siis tarvitaan kaikkia kolmea aikaisempaa näkökulmaa. (Gorbach 2015.)

Toteutusnäkökulma huolehtii teollisen internetin järjestelmien, teknologioiden sekä aktiviteettien ja toimintojen teknologisesta esittelystä. Kulutus- ja toiminnallisuusnäkökulmat määrittävät aktiviteettien ja toimintojen toteuttamiseksi vaadittavat järjestelmäkomponentit. (Industrial Internet Consortium 2015, 37.)

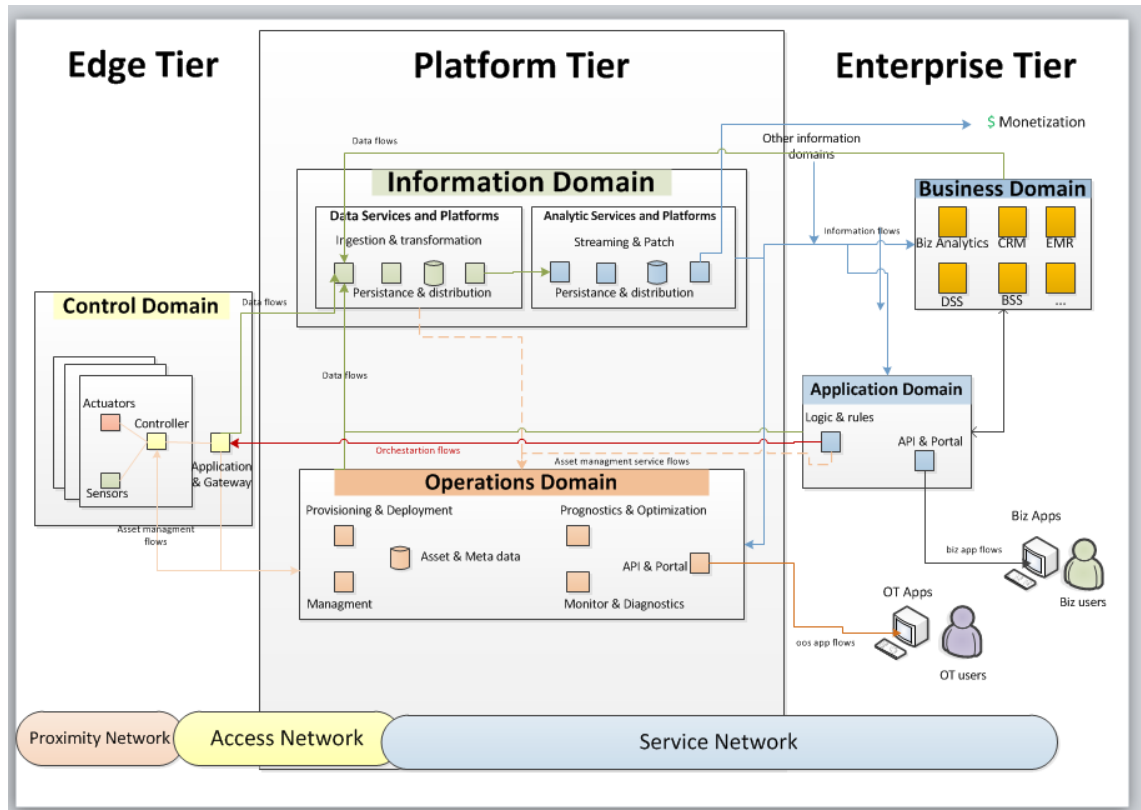


Kuva 5. Kolmitasoinen IIS-arkkitehtuuri (Industrial Internet Reference Architecture 2015, 38)

IIRA-dokumentti sisältää kolmitasot IIS-arkkitehtuuriin (Kuva 5). Nämä kolme tasoa ovat:

- Reunusta
- Alusta
- Yhtiö

Näillä kolmella tasolla on kolme erillistä verkkoa, joilla tasot pidetään yhteydessä toisiinsa. Verkot ovat lähistöverkko, pääsyverkko ja palveluverkko (Kuva 6). IIRA-arkkitehtuuri tarjoaa hyvän analyysin järjestelmän tärkeimmistä huolenaiheista, kuten turvallisuudesta, tietoturvallisuudesta sekä datan käsittelystä, sen turvallisuudesta, luottamuksesta sekä yksityisyysvaatimuksista (Industrial Internet Consortium 2015, Gorbach 2015).



Kuva 6. kts. yllä (Industrial Internet Consortium 2015, 39)

## 3 HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET

### 3.1 Potentiaaliset hyödyt sekä riskit

Teollisen internetin avulla voi olla yhteydessä asioihin reaaliajassa. Kuluttajan näkökulmasta näihin hyötyihin voitaisiin luetella reaaliaikaisen tiedon vastaanottamisen sensorilta, joka olisi esimerkiksi kytketty autosi sisätilalämmittimeen ja se lähettäisi automaattisesti ilmoituksen omistajalle, kun tavoitettu lämpötila on saavutettu.

Toinen esimerkkihyöty voisi olla terveyden monitorointi, jonka avulla saadaan reaaliaikaista tietoa kehosi tilasta. Esimerkiksi rytmihäiriöisen henkilön sydäntä voidaan monitoroida ja lähettää sairaalaan varoitus tulevasta infarktista tai muista ongelmista etukäteen, jotta apu saadaan paikalle nopeasti. Tämä onnistuu puettavalla ja verkkoon yhdistetyllä sykemittarilla. Hyötynä tässä on myös se, että sairaalasta käsin voidaan seurata potilaan sydämen toimintaa ympäri vuorokauden ja kun huomataan epänormaalia toimintaa, kuten sydänkohtaus, niin voidaan lähettää automaattisesti ensiapua paikan päälle. (Angeles 2013.)

Näiden lisäksi teollisen internetin potentiaalisena hyötynä voisi katsoa esimerkiksi asioiden etsimisen. Tämä mahdollistaa myös helpon tavan etsiä asioita ja ihmisiä kommunikoimalla näissä asioissa olevien sensorien kanssa ja vastaanottamalla tietoa niiden sijainnista ja tilasta. (Barret 2012.)

Tämä uusi teknologinen vallankumous tuo mukanaan myös monia haasteita. Kenties suurimpana näistä on turvallisuus ja verkon kuormitus (Juhanko ym. 2015, 32). Eräs suurimpia turvallisuuden riskejä on ihmisten käyttämä käyttäjätunnus ja salasana. Heikkona linkkinä tässä on nimenomaan ihmisten käyttämät tunnukset, jotka ovat usein samat palvelusta riippumatta. Tämän lisäksi tarvitaan turvallisuutta laitteissa ja niiden välillä. Turvallisuuden huoli pysyy samanlaisena kuin nykyään, mutta IoT:n kasvaessa se tulee laajentumaan korkeammalle ja monimutkaisemmalle tasolle.

### 3.2 Yritysten näkökulma ja hyöty

Gartner (Tully 2015, 1) on ennustanut, että vuoteen 2020 mennessä tulee olemaan yli 30 miljardia mobiililaitetta, tietokonetta, puettavia laitteita ja muita internettiin yhteydessä

olevia laitteita. Tämä kasvu luo uusia mahdollisuuksia yrityksille, sillä 80 % kyseisestä kasvusta tulee olemaan palveluja tuotteiden sijaan. Digitalisaation johtavina aloina ovat teollisuus, terveydenhuolto ja vakuutusala. Gartnerin vanhempi varapuheenjohtaja Peter Sondergaard (Angeles 2013) sanoi asiasta seuraavasti: ”Teollisuus voi hyötyä tuottamalla miljardeja laitteita; terveydenhuolto voi toteuttaa turvallisuusjärjestelmiä, kuten älykkäitä tohveleita ja puettavia laitteita, jotka voivat tunnistaa kaatumisia ja terveydentiloja sekä hälyttää lääkäreitä erilaisista riskitekijöistä; ja vakuutusalalla voidaan asentaa sensoreita autoihin, jotka yhdistävät vakuutusmaksut suoraan sensorin luomaan riskiprofiiliin” (Angeles 2013).

### 3.3 Yhteiskunnan näkökulma ja hyöty

Teollisen internetin tuomat hyödyt voivat tehdä yhteiskunnasta tehokkaamman ja siinä elämäisestä hieman mukavampaa. Hallintopohjainen IoT voi tarjota kansalaisille ja kaupunginjohtajille dataa, jota voidaan käyttää luomaan turvallisempi ja tehokkaampi yhteiskunta käyttämällä esimerkiksi älykkäitä lyhtypylväitä ja muita sensoreita kaupungin sisällä. Tämä kuitenkin tuo mukanaan myös riskejä, sillä hallintoelimet ovat tavallisia kohteita kyberhyökkäyksille ja kyberrikollisille kuin myös toisen valtion taholta tuleville häiriöille ja hyökkäyksille. (AKA Enterprise Solutions 2015.)

### 3.4 Kuluttajan näkökulma ja hyöty

Kuluttaja voi hyötyä teollisesta internetistä monella tapaa. Näistä päälimmäisenä voisi mainita olevan kodin laitteiden hallinta nopeasti ja vaivattomasti käyttäen sopivaa sovellusta esimerkiksi kännykällä. Tämä hallinta voitaisiin toteuttaa käyttämällä langatonta yhteyttä suoraan laitteisiin tai internetin välityksellä etänä. Helposti hallittavat ilmastointilaitteet, jääkaapit, pesukoneet ja muiden kodinkoneiden sekä laitteiden hallinta mahdollistaisi helpomman kodin sekä energiankulutuksen hallinnan.

Tämän avulla kuluttajat tulevat osallistumaan teollisen internetin vallankumoukseen samalla tavalla kuin aikoinaan itse internetin vallankumoukseen.

Sosiaalinen media tulee muuttumaan näiden myötä myös aika paljon, kun miljardeja laitteita yhdistetään teollisen internetin verkostoon. Tämän voisi nähdä seuraavan laisena esimerkkinä: Talossa on vaikkapa jääkaappi, pesukone, mikro sekä lämmitys. Puhelimessa voisi olla rajapinta, johon nämä laitteet antavat tilapäivityksiä aina kun tapahtuu uusi asia tai muutos. Esimerkiksi huoneen lämpötila putoaa 5 astetta, lämmitys järjestelmä lähettää tiedon rajapintaan, josta saat ilmoituksen. Toisena helppona esimerkkinä lämmität mikrossa päivällistä, mikro lähettää tiedon valmistumisesta rajapinnalle, josta näet ilmoituksen. Tämä voisi toimia Twitterin tavoin eli laitteet ”tviittaavat” ilmoituksia omasta tilastaan, josta käyttäjä voi helposti seurata niiden toimintaa ja toimia niiden mukaisesti. Kuten aina, tämäkin tulisi vaatimaan vankan tietoturvallisuuden toteutuakseen (Gubbi, Buyya, Marusic & Palaniswami 2013, 1650).

### 3.5 Tarjonta ja kysyntä Suomessa

Teollinen internet on suomalaisten yritysten näkökulma digitalisaation kenttänä. Muita näkökulmia ovat yhteiskunnan rooli digitaalisten tuotteiden ja palveluiden tuottajana sekä hyödyntäjänä, Infrastruktuurien ja kyvykkyyksien kehittäjänä ja ylläpitäjänä (Juhanko ym. 2015, 8).

Teollinen Internet on rantautunut Suomeen hiljalleen viimeisien muutamien vuosien aikana, mutta varsinaista vallankumousta ei ole vielä tapahtunut. Tällä hetkellä asioiden ja esineiden internet on Suomessa vielä suhteellisen pientä ja monet yritykset eivät ole vielä tähän reagoineet tai edes kuulleet asiasta ja sen hyödyistä omalle liiketoiminnalleen. Hyvin pieni määrä yrityksistä on ottanut askeleen kohti tätä vallankumousta, jonka teollinen internet tulee luomaan myös Suomeen.

Teollisen Internetin tarjonta on nousussa. Suomessa Tekes rahoittaa teollisen internetin hankkeita, joissa pyritään kehittämään digitaalisuuden avulla uusia kansainväliseen kasvuun tähtääviä palveluja ja liiketoimintamalleja. Tämä helpottaa monia yrityksiä digitalisoitumaan (Tekes 2016).

## 4 ALUSTOJEN VERTAILU

IoT-alusta on kokoelma sovelluskomponentteja, jotka mahdollistavat esimerkiksi datan keräämisen-, yhdistettyjen laitteiden hallinnan-, laiteohjelman päivityksen- ja laitteiden konfiguroinnin etänä. Näiden toimintojen lisäksi alusta mahdollistaa myös suojatun kommunikaation ja vuorovaikutuksen laitteiden välillä. IoT-alusta toimii eräänlaisena välikätenä laitteiston ja sovellustasojen välillä (Kaa Project 2015).

IoT-alustoja on laajasti monelta eri valmistajalta, niin kaupalliselta kuin avoimen lähdekoodin puolelta. Keskityn käsittelemään kolmea kaupallista alustaa: Amazon AWS, Elisa IoT (Thingworx-lisensioitu) ja IBM Bluemix. Näiden lisäksi on toki tarjolla monien muidenkin suurien ja tunnettujen yritysten alustoja, kuten Microsoft Azure, Google Cloud Platform (Pilvipalveluun keskittyvä IoT-toteutus) ja GE Predix. Alustoja tutkiessani olen huomannut, että melkein jokainen alusta ja sen tarjoaja keskittyvät erilaisiin asioihin ja näkevät IoT-toteutuksen aivan toisenlaiselta näkökulmalta. Näissä alustoissa on siis eroja, joillakin suurempia kuin toisilla. IoT-järjestelmän toteutusta suunnitellessa on tiedettävä tarkalleen alustan kyvykkyydet sekä mitä siltä odotetaan saavutettavan ja vertailtava eri tarjoajien ratkaisuja. Selvityksen jälkeen on löydettävä ja valittava toteutusmalli, jolla saataisiin mahdollisimman hyvin toivottu tulos.

### 4.1 Alustat ja komponentit

#### **Amazon AWS**

Amazon AWS IoT on hallinnoitu pilvipohjainen alusta, joka mahdollistaa yhdistettyjen laitteiden olla laitteiden helposti ja turvallisesti vuorovaikutuksessa pilvisovellusten ja muiden laitteiden kanssa. Alusta tukee skaalausta miljardeille laitteille ja biljoonille viesteille ja se pystyy prosessoimaan ja reitittämään viestit AWS-päätepisteille ja toisille laitteille luotettavasti. AWS-alustalla sovellukset pystyvät seuraamaan ja kommunikoimaan kaikkien laitteiden kanssa, vaikka ne eivät olisi yhdistettyinä.

Amazon AWS IoT koostuu seitsemästä komponentista. Nämä komponentit ovat Message broker, Rules engine, Thing registry (Device registry), Thing shadows service, Thing shadow (Device shadow), Device gateway ja Security and identity service. Nämä

komponentit mahdollistavat kaksisuuntaisen kommunikoinnin internetin välityksellä yhteydessä olevien laitteiden, kuten sensorien, ja AWS-pilvipalvelun välillä.

AWS tarjoaa laajan valikoiman palveluja IoT-sovellusten rakentamiseen, jotka keräävät, suorittavat, analysoivat ja toimivat yhdistettyjen laitteiden luoman datan mukaan.

Message broker on komponentti, joka tarjoaa asioille ja IoT-aplikaatioille turvallisen mekanismin julkaista ja vastaanottaa viestejä toisiltaan. Rules engine on komponentti, joka mahdollistaa viestien prosessoinnin ja integroinnin muiden AWS-palveluiden kanssa. Thing registry/Device registry on komponentti, joka organisoii jokaisen laitteeseen tai asiaan liittyvät resurssit. Thing shadows service on komponentti, joka tarjoaa yhtämittaisia esityksiä omista asioista ja laitteista AWS-pilvessä. Thing shadow/Device shadow on komponentti JSON-dokumentin muodossa, jota käytetään laitteen nykyisen tilan informaation tallettamiseen ja noutamiseen. Device gateway on komponentti, joka mahdollistaa laitteiden kommunikoinnin AWS IoT:n kanssa turvallisesti ja tehokkaasti. Security and identity service on komponentti, joka tarjoaa jaettua vastuuta tietoturvasta AWS-pilvessä.

### **Elisa IoT (Thingworx)**

Elisa IoT on PTC Thingworx -lisensoitu alusta, joka mahdollistaa nopean älykkäiden ”end-to-end” -sovellusten luomisen. Sovelluksia on mahdollista luoda laajalle valikoidulle markkina-alueita, kuten:

- Älykkäät kaupungit
- Älykäs maanviljely
- Älykkäät rakennukset
- Älykäs verkko/sähköverkko
- Älykäs vesi
- Telematiikka

Thingworx on sovellusten- ja sovelluskehityksen mahdollistamisalusta, joka pyrkii kiihdyttämään IoT-sovellusten kehitystä kompressoimalla suunnittelu-kehitys-käyttöönotto -prosessin. Thingworx-alusta voidaan sijoittaa ja ottaa käyttöön pilvessä, paikan päällä, valtiollisella tasolla tai sulautettuna. Thingworx keskittyy siis sovelluksien kehitykseen sekä tekemään sovelluksia kykeneväksi toimimaan alustalla sen mahdollistamissa teol-



lisen internetin toiminnoissa ja tehtävissä, kuten esimerkiksi monitorointi ja laitteiden etä-hallinta REST-käskyjen ja viestien avulla. Elisa IoT:n pilvi-arkkitehtuuri sisältää Elisa IoT:n komponentit ja työkalut. Kyseiset komponentit ovat mashup builder, squeal, 3rd party tools, REST APIs, system service integration, business logic, 3D storage engine ja communications. Thingworxin arkkitehtuurin laitepuolelta löytyy omia SDK-kirjastoja eri ohjelmointikielille. Yhteys laitepuolelta alustalle on toteutettu yhdensuuntaisella web-socket-yhteydellä.

Elisa IoT -alusta ja pilvipalvelu/pilviarkkitehtuuri on hostattu Elisan omissa palvelinkeskuksissa Suomessa. Tätä samaa palvelinkeskusta käytetään myös toteutuksissa ympäri maailmaa, jos sellaista halutaan tehdä. (IoT-workshop 2015)

### **IBM IoT Foundation ja Bluemix**

IBM Bluemix on pilvipohjainen alusta, joka toimii suosittujen avoimen lähdekoodin projektien päällä. Näihin kuuluu mm. OpenStack, CloudFoundry, MongoDB, nodejs, redis, Spark, CouchDB ja kafka. IBM Bluemix pyrkii yhdistämään uudet tai jo olemassa olevat applikaatiot, IaaS (Infrastructure as a Service) ja PaaS (Platform as a Service) viedäkseen pilven yritysten liiketoiminnan ytimeen. Bluemix on alusta, joka on rakennettu avustamaan yrityksiä kokonaisvaltaiseen muutokseen digitalisaation aikakaudelle. Bluemixin laskentamallit ovat kehittäjäkeskeisiä ja välitön pääsy yli 150 palveluun helpottuu. Tämä helpottaa tehokkaiden ja korkealaatuisten sovellusten toimituksen (IBM () 2015).

Yhdistettyjen laitteiden asennus ja hallinta tapahtuvat IBM Watson IoT-alustan sisällä, joka on kaiken IBM IoT:n keskitin. Tämän kautta sovellukset pääsevät käsiksi ajankoh- taiseen ja ”historialliseen” dataan eli menneen ajan dataan. Watson IoT-alusta on yhtey- dessä Bluemixiin REST- ja reaaliaikaisten API-työkalujen kautta. Laite tai gateway eli yhdyskäytävä on yhteydessä alustaan MQTT ja HTTP-protokollien välityksellä (IBM (b) 2015).

IBM IoT -alusta perustuu avoimille standardeille ja sitä voidaan ajaa julkisena, omistau- tuneena tai paikallisena. IBM pilvipalvelu koostuu kolmesta kerroksesta, jotka ovat ylimmästä alimpaan: Softlayer, IoT Foundation ja Bluemix. Softlayer pitää sisällään ”bare

metal” -ympäristön ja OpenStack -palvelun, joilla luodaan ja hallitaan kyseistä pilviympäristöä. IoT Foundation käsittää palvelut MessageSight, Device Management ja Streams ja Bluemix pitää sisällään laajasti kaiken muun alustan sisältävät komponentit.

SoftLayer on IBM:n laaja omistautuneen hostauksen tarjoaja, jossa yhdistyvät “bare metal” palvelimet ja IaaS-virtuaalipalvelimet. Kaikkea tätä voidaan hallita pilviympäristön avulla. (Keen 2013)

Bluemix on IBM:n IoT-alustan ydin, joka toimii IoT Foundationin sisällä mikä taas toimii Softlayerin sisällä. Bluemix komponentteja ovat mm. Security, Data & Analytics, Virtual Machines, Integration ja Storage.

#### 4.2 Listaus tarjonnasta

##### **Ulkoiset käyttöliittymät**

IBM:n Bluemix-ympäristöön on tarjolla kolme IBM:n omaa API:a eli ohjelmointirajapintaa: API Connect, API Management ja Connect & Compose. Näiden lisäksi IBM:n Watson-palvelu sisältää laajasti erilaisia API-työkaluja. Bluemix sisältää myös lukuisia SDK-työkaluja mobiilialustoille. Näihin kuuluu iOS SDK, Android SDK for Android Studio, Android SDK for ADT (Eclipse), SDK for Apache Cordova ja MobileFirst Hybrid SDK component JavaScriptille, Androidille, iPhoneille ja iPadille. Näiden lisäksi androidille on myös Android core, push notification ja mobile client access (Google/Facebook) SDK-työkalut.

Amazon AWS -alustan API-valikoimaan kuuluu Amazon EC2, Elasticsearch API, QuickSight API, API Gateway ja Get API:t. Tarjolla on myös SDK-työkaluja monelle eri kielelle ja alustalle. Näitä ovat Android, Browser, iOS, Java, .NET, Node.js, PHP, Python, Ruby, Go ja C++ (Developer Preview).

## **Analytiikka**

IBM Watson IoT -alustan analytiikkatarjontaan kuuluu Watson Natural Language Processing, Watson Machine Learning, Watson Video and Image Analytics, Tradeoff Analytics sekä Watson Text Analytics. Näiden lisäksi löytyy paljon insights-aplikaatioita eli ns. kiteytys-aplikaatioita. Bluemix alustaan löytyy myös näiden lisäksi paljon analytiikka Bluemix-katalogista.

Amazon AWS -alustalla on kaksi analytiikan viitekehystä big datalle, jotka ovat Hadoop & Spark sekä Elasticsearch. Näiden lisäksi löytyy reaaliaikaista big data-analytiikkaa, kuten Amazon Kinesis Firehose, Amazon Kinesis Streams ja Amazon Kinesis Analytics.

Thingworx-analytiikka koostuu neljästä pääkomponentista, jotka integroituvat Thingworxin perustaan: ThingWatcher, ThingPredictor, ThingOptimizer ja ThingWorx Analytics Server. Thingworx tukee yhdistettäviä laitteita ainakin REST API:lla ja Edge SDK-työkaluilla. Tämä tuki on ohjelmointikielille ja alustoille C, Java, .NET ja iOS.

## **Datan visualisointi**

IBM:n Watson IoT -alustassa pystyy visualisoimaan rekisteröidyistä laitteista lähetetyn sensoridatan. Tähän on saatavilla sovellus suoraan IBM:n kehittäjä-puolelta, jota voi muokata tarpeen mukaan. Vaatimuksena on, että laitteet ovat rekisteröity organisaatioon IBM Watson IoT:ssä, laitteiden pitää lähettää tapahtumia ja, jos ollaan Bluemixin ulkopuolella, Node JS pitää olla käytössä. Tämän lisäksi IBM IoT Real-Time Insights-analytiikka sisältää mahdollisuuden visualisoida dataa, kuten laitteita, niiden sijaintia, mitä ne tekevät ja mitä hälytyksiä ne ovat viimeiseksi laukaisseet.

Amazon AWS -alustalle löytyy Amazon QuickSight. Tällä palvelulla voit visualisoida dataa nopeasti: Kirjaudut sisään, osoitat datan lähteeseen ja voit aloittaa datan visualisoinnin. Amazon Kinesis -palvelua voi myös hyödyntää IoT-ratkaisussa datan visualisointtiin. Tämä palvelu mahdollistaa täysin hallinnoidun reaaliaikaisen datan prosessoinnin massiivisessa mittasuhteessa. Esimerkiksi geografisen datan voi esitellä graafisesti kartalla.

Thingworxin rajapinta toteutus rakentuu visualisoinnin ympärille. Tällä rajapinnalla voi monitoroida sensoridataa järjestelemällä se helposti rajapinnalle Thingworxin mashup builderin avulla. Tällä mashup builderillä voit asetella erilaisia pienoishjelmia ja kokonaisuuksia näkyville vierekkäin. Tämän lisäksi voit asetella näiden rinnalle tietoa pienoishjelmien ja kokonaisuuksien välisestä yhteyksistä sekä erilaisia pohjia, jossa pienoishjelmat näkyvät.

### **Prosessoinnin ja toimintojen hallinta**

IBM IoT Real-Time Insights-analytiikka sisältää mahdollisuuden automatisoida toimintoja, kun ongelmia esiintyy. Tämä palvelu tarjoaa myös ns. toimintomoottorin, joka pystyy tekemään yksinkertaisia toimenpiteitä kuten lähettää SMS-viestin tai sähköpostin, kun jokin sääntö laukaistaan. Tämän lisäksi se mahdollistaa käyttäjän tehdä toimintoja ulkoisen toimenpidejärjestelmän kautta.

Amazon AWS -alustalla pystyy prosessoimaan reaaliaikaisia lokitietoja tilauksilla. Tosin tämä onnistuu vain CloudWatch -palvelusta, mutta tämä data voidaan kuljettaa muihin palveluihin, kuten Amazon Kinesis stream ja AWS Lambda. Näissä palveluissa kyseinen tieto voidaan prosessoida, analysoida ja ladata muihin järjestelmiin.

### **Yhdistettävyys ja normalisointi**

IBM IoT -alustan Dashboard and Reporting -työkalut tarjoavat IoT-ratkaisun tarjoajalle tai loppukäyttäjälle välineet luoda automatisoituja, toistettavia ja hallinto-suuntautuneita yhteenvetoja IoT-datasta. Nämä työkalut mahdollistavat datan normalisoinnin pilvessä sekä sallii dashboardin eli kojelaudan tekijän integroida dataa IoT-ratkaisusta raporttiin, jossa on jo dataa yrityksen pilvestä tai muista yrityksen järjestelmistä. Kyseisessä alustassa on myös yhdistettävyyden hallinta.

Thingworxin alijärjestelmät sisältävät pilvi-laite -yhdistettyvyyden sekä datan normalisoinnin IoT-pilvijärjestelmässä.

Amazonilta löytyy Amazon EMR-palvelu instanssien normalisointiin.

## **Tietokannat**

IBM Bluemix -alustaan on mahdollista sisällyttää montaa eri tietokantaa, niin IBM:n omia kuin kolmannenkin osapuolen. IBM:n omia tietokantoja on tarjolla SQL Database, Cloudant NoSQL DB, PostgreSQL by Compose. Kolmannen osapuolen tarjolla olevia tietokantoja ovat ElephantSQL ja ClearDB MySQL Database.

Amazon AWS -alustan tietokannoille on saatavilla muutamia palveluja ja työkaluja: Amazon RDS, Amazon Redshift, Amazon DynamoDB, Amazon SimpleDB ja Amazon ElastiCache. Nämä palvelut ovat pääasiassa tietokantojen hallintaan tarkoitettuja palveluja. DynamoDB on pilvipohjainen NoSQL tietokanta ja SimpleDB suuresti saatavilla oleva NoSQL datan talletukseen soveltuva tietokanta, joka vähentää tietokannan ylläpidon työtaakkaa. (IoT-workshop)

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi teollisen internetin tarjontaa tutkimalla, haastattele-malla ja vertailemalla eri tarjoajien arkkitehtuuria, ratkaisumalleja, näkemyksiä ja tulevai-suuden mahdollisuuksia Turun Ammattikorkeakoulun projektin näkökulmasta. Opinnäy-tetyössä painotettiin arkkitehtuuria, rajapintaa sekä toiminnollisuutta. Lisäksi tarkasteltiin eri ratkaisumalleja sekä tarjoajien alustojen ominaisuuksia sekä niiden eroavaisuuksia.

Opinnäytetyön tavoite oli vertailla teollisen internetin tarjontaa ja tämän vertailun pohjalta saada käsitys siitä, mitä eri alustat tarjoavat, miten ne toimivat ja miten kyseisiä alustoja voisi käyttää projektissa, jos ne soveltuvat sen tarpeisiin. Tämän työn ja vertailun tarkoi-tus oli auttaa projektiryhmää selvittämään, mikä tai mitkä alustat parhaiten toteuttaisivat yritysten tarpeet.

Vertailua tehdessäni huomasin, että yksikään näistä alustoista ei ole niin sanotusti oikea IoT-alusta, vaikka näitä sellaisina kaupataankin. Tässä tulee hyvin esille juuri se, että jokainen henkilö, yritys ja osapuoli määrittelevät teollisen internetin monella eri tavalla. Teollinen internet ja sen alustat ovat erittäin laajoja käsitteitä. Jos haluaa kaiken kattavan teollisen internetin ratkaisun, joutuu yhdistelemään monen eri tarjoajan ratkaisumalleista kokonaisen paketin oman yrityksensä tarpeisiin. On hyvin harvinaista, että yksinään yh-den yrityksen alusta, ratkaisumalli sekä arkkitehtuuri olisivat tarpeeksi kattavia, jotta päästäisiin haluttuun lopputulokseen.

Vertailu osoitti, että ei ole mahdollista sanoa mikä alusta tarjoaisi yksinään parhaan rat-kaisun jokaiselle yritykselle ja asiakkaalle.

Teollinen internet ja esineiden internet ovat suhteellisen uutta asiaa, mikä vaikeutti tie-donhankintaa huomattavasti. Tästä syystä jokaisesta kolmesta alustasta ja sen ominai-suuksista ei löytynyt yhtä paljon tietoa kuin mitä olin odottanut, mikä puolestaan teki ver-tailusta hieman haastavaa. Opinnäytetyö eteni tasaiseen tahtiin ongelmista huolimatta.

Tästä eteenpäin projektissa jatketaan etenemistä kohti käytännön toteutuksia ja testauk-sia.

Teollisen internetin tuoma digitalisaatio voi mullistaa maailmaa hyvin saamassa mitta-kaavassa kuin internet aikanaan. Teknologian kehittyessä ja uusien mahdollisuuksien

lisääntyessä teollinen internet tulee mahdollistamaan tehokkaamman liiketoiminnan sekä helpottaa ihmisten arkea sekä tekee siitä mukavampaa ja tehokkaampaa.

## LÄHTEET

AKA Enterprise Solutions. 2015. Internet of Things Offers Community Benefits But Not Without Risks. Viitattu 11.2.2015 <http://www.erpforgovernment.com/2015/01/19/internet-things-offers-community-benefits-without-risks/>

Angeles, S. 2013. Internet of Things Has Big Startup Potential. Viitattu: 8.2.2016 <http://www.businessnewsdaily.com/5450-internet-of-things-business-opportunities.html>

Barrett, J. 2012. The Internet of Things. Viitattu 18.1.2016 <https://www.youtube.com/watch?v=QaTIt1C5R-M>

Bartleson, K. 2014. The Internet of Things Is A Standards Thing. Viitattu: 13.11.2015. <http://electronicdesign.com/communications/internet-things-standards-thing>

Gorbach, G. 2015. The Industrial Internet Reference Architecture. Viitattu: 3.2.2016 <http://industrial-iot.com/2015/06/the-industrial-internet-reference-architecture-first-impressions/>

IBM. 2015a. Watson Internet of Things on Bluemix. Viitattu 4.5.2016 <http://www.ibm.com/cloud-computing/bluemix/internet-of-things/>

IBM. 2015b. What is Bluemix. Viitattu 4.5.2016 <http://www.ibm.com/cloud-computing/bluemix/what-is-bluemix/>

Industrial Internet Consortium. 2015. Industrial Internet Reference Architecture. Viitattu: 3.2.2016

Jayavardhana, G., Rajkumar, B., Slaven, M., Marimuthu, P. 2013. Future Generation Computer Systems, Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Viitattu: 24.2.2016 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>

Juhanko, J. Jurvansuu, M. Ahlqvist, T. Ailisto, H. Alahuhta, P. Collin, J. Halen, M. Heikkilä, T. Kortelainen, H. Mäntylä, M. Seppälä, T. Sallinen, M. Simons, M. Tuominen, A. 2015. Suomalainen teollinen Internet - Haasteesta Mahdollisuudeksi. Viitattu: 13.11.2015 <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-42.pdf>

Kaa Project. 2015. IOT 101: WHAT IS THE INTERNET OF THINGS PLATFORM? Viitattu 4.5.2016 <http://www.kaaproject.org/iot-101-what-is-an-iot-platform/>

Keen, M. 2013. 5 Things To Know About SoftLayer. Viitattu 4.5.2016 [https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/5things/entry/5\\_things\\_to\\_know\\_about\\_softlayer?lang=en](https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/5things/entry/5_things_to_know_about_softlayer?lang=en)

O'Brien, B. 2015. Why the 'Internet of Things' is Important. Viitattu: 17.11.2015 <https://www.ariasystems.com/blog/internet-things-important/>

Rouse, M. 2014. Internet of Things (IoT) definition. Viitattu: 18.1.2016 <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>

Scully, P. 2016. 5 Things To Know About The Iot Platform. Viitattu: 30.5.2016 <http://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform/>



Tekes. 2016. Teollinen internet. Viitattu: 3.3.2016 <http://www.tekes.fi/ohjelmat-ja-palvelut/ohjelmat-ja-verkostot/teollinen-internet>

Tully, J. 2015. The Internet of Things and the Enterprise Opportunity. Viitattu: 18.11.2015 <http://www.forbes.com/sites/gartnergroup/2015/07/16/the-internet-of-things-and-the-enterprise-opportunity/>