



## IOT-INTEGRAATIOALUSTAT



Centria. Raportteja ja selvityksiä, 21

Leena Toivanen

## **IOT-INTEGRAATIOALUSTAT**

Centria-ammattikorkeakoulu 2017

**JULKAISIJA:**

Centria-ammattikorkeakoulu  
Talonpojankatu 2, 67100 Kokkola

**JAKELU:**

Centria kirjasto- ja tietopalvelu  
kirjasto.kokkola@centria.fi, p. 040 808 5102

Taitto: Centria-ammattikorkeakoulun markkinointi- ja viestintäpalvelut  
Kannen kuva: Adobe Stock -kuvapalvelu

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 21  
ISBN 978-952-7173-21-3 (PDF)  
ISSN 2342-933X

# SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. IOT-ALUSTAN VALINTA .....	5
2.1 Toimivan IoT-verkon mahdollistamat hyödyt .....	8
3. TUTKITTAVIEN IOT-ALUSTOJEN OMINAISUUDET .....	9
3.1 Microsoft Azure .....	9
3.2 Ayla Networks .....	11
3.3 Bittium IoT & Wearable Solutions .....	12
3.4 Nokia IMPACT .....	13
3.5 Google Android Things .....	15
3.6 Kaa IoT Platform .....	16
3.7 AWS IoT Platform .....	17
3.8 MuleSoft Anypoint .....	18
3.9 GE Predix .....	19
3.10 IBM Watson .....	20
3.11 PTC Thingworx .....	21
3.12 Freeboard.io .....	23
3.13 Wirepas Connected Platform .....	24
3.14 Foam .....	25
3.15 Babelway .....	25
4. SUOSITELLUT IOT-ALUSTAT ERILAISIIIN KÄYTTÖKOHTEISIIN .....	27
4.1 Centriassa testatut IoT-alustat .....	29
5. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
5.1 IoT-verkoston tulevaisuuden näkymät .....	33

## LÄHTEET

## KUVALÄHTEET

## 1. JOHDANTO

Internet-yhteys ei ole enää vain yhteys, jonka avulla tietokone yhdistyy verkkoon. Niin kuluttaja- kuin teollisuuskäytössäkin internet-yhteys ulottuu laitteisiin ja esineisiin, joihin luodaan älykkäitä toimintoja yhdistämällä ne yhteiseksi verkostoksi. Älyä voidaan lisätä kaikkeen leivänpaahtimesta teollisuuden laitteisiin. Niin kutsuttu esineiden internet on maailman seuraava suuri kehityskohde, jonka arvo tulee nousemaan jokaisen alan yrityksissä huomattavasti. On arvioitu, että vain kolmen vuoden kuluttua 30 miljardia laitetta tulee olemaan yhteydessä internetiin (Computer Business Review). Niin sanottu Internet of Things (IoT) on väistämätön osa niin teollisuuden kuin kuluttajankin tulevaisuutta. Käytännössä IoT tarkoittaa kaikkia laitteita, sensoreita ja ajoneuvoja, jotka yhdistetään internetiin ja näin luodaan laitteelle "älyä". Tämä muutos tulee uudistamaan tapamme toimia maailmassa, jossa fyysisiä laitteita voidaan ohjata elektronisesti omalla puhelimella tai tietokoneella missä päin maailmaa tahansa.

Biline-hankkeessa kehitetään turvallisuuden digitaalista kokonaiskuvaa. Hankkeessa hyödynnetään erilaisia antureita ja sensoreita, jotka keräävät tietoa ympäristöstään. Sensoritiedon perusteella luodaan turvallisuuden kokonaiskuva, jonka avulla turvallisuuden riskitilanteita voidaan välttää, tai niihin voidaan reagoida nopeasti ja tehokkaasti. Turvallisuuskenttä luodaan käyttämällä sensoreita, jotka seuraavat teollisuusalueen laitteiden toimintaa, ajoneuvojen ja ihmisten liikkumista ja työntekijän toimia. Kaikkien näiden sensoreiden ja laitteiden tuottama tieto tulee kerätä, ja siitä luoda verkosto, jossa tietoa ja poikkeamia seurataan helposti, ja haluttu viesti saadaan lähetettyä oikeille henkilöille nopeasti. Tämän toimintavaatimuksen ratkaisuna toimii IoT-alusta. Tämän tarpeen vuoksi on koottu tämä selvitys, jota käytetään hankkeessa käytettävän IoT-alustan valintaa tehdessä.

Selvityksessä tutustutaan erityisesti IoT-alustojen end-to-end ratkaisuihin, mutta tutkitaan myös yksinkertaisempia alustoja, jotka joissain tapauksissa voivat olla tehokas valinta IoT-integraation toteuttamiseen. Yksinkertaisimmillaan integraatioalusta tarkoittaa ohjelmistoa, joka ottaa vastaan tietoa muista ohjelmistoista ja alustoista, ja muuntaa ne yhtenäiseksi tietomassaksi, jota voidaan alustan avulla tutkia eri kohteissa. IoT-alusta luo yhteisen järjestelmän pilvipalvelun ja laitteiden välille, ja tuo datan suoraan laitteesta alustan käyttöön. Dataa usein jatkjalostetaan analysoinnin ja visuaalisten kaaviokuvien kautta. Tietoanalyysin perusteella asetetaan laitteille toimintoja, joiden käskyn alusta toimittaa laitteisiin. Selvityksessä kartoitetaan kehittyneimpien alustojen käyttömahdollisuuksia ja ominaisuuksia. Integraatioalusta tulee valita omia tarpeita vastaavasti, ja tämän selvityksen on tarkoitus helpottaa valintaa.

## 2. IOT-ALUSTAN VALINTA

IoT-verkko muodostuu viidestä osasta: ensimmäiseksi sensorista, säätimestä tai muusta laitteesta, joka mittaa sensoritietoa, toiseksi gateway-laitteesta, joka lähettää viestejä data-verkostossa ja kolmanneksi viestintäverkosta, jossa viestejä lähetetään. Seuraavaksi tarvitaan ohjelmisto, joka analysoi ja tulkitsee dataa. Viimeisenä verkostossa on loppukäyttäjän sovellus, jonka kautta tietoa seurataan ja laitteita voidaan hallita. IoT-alustaan kuuluu yleensä kaikki tai joitain toimintoja gatewaysta, dataa analysoivasta ohjelmistosta ja loppukäyttäjän sovelluksesta. (LinkLabs) Tässä verkostossa IoT-alusta on keskeisessä roolissa, jotta sensoritiedosta saadaan hyötyä, ja laitteille voidaan luoda älykkäitä ominaisuuksia.

Teollisuusmaailmassa IoT on ollut yleinen käsite jo pidemmän aikaa. Teollisuuslaitteiden valvonta tehdasolosuhteissa ja niiden ulkopuolella toteutetaan usein hyödyntämällä sensoreita, jotka voivat havainnoida kaikkea lämpötilasta ja kosteudesta kiihtyvyyteen ja asentoon. Sensorit voidaan asentaa tehtaaseen, mutta myös esimerkiksi ajoneuvoihin tai rakennuksiin, joilla välimatkaa on kilometrejä. Kun yhdessä tehtaassa sensoreita voi olla käytössä satoja jollei tuhansia, on tärkeää, että sensoritietoa voidaan hallita ja seurata järkevällä tavalla sekä luoda automaattisia toimintoja datan perusteella. Tähän ratkaisuna ovat IoT- ja integraatioalustat. Integraatioalusta tuo yhteen eri laitteiden ohjelmistot, ja luo sujuvan kommunikaatiolinjan eri ohjelmistojen välillä.

Integraatioalustat ovat tulleet tärkeiksi ohjelmistoiksi IoT – sovellusten lisääntyessä räjähdysmäisesti viime vuosina. IoT antaa hurjat mahdollisuudet yrityksille kehittää tuotteitaan ja prosessejaan tehokkaiksi, tuottaviksi ja turvallisiksi. Kuitenkin, kehityksen oheen tarvitaan tehokas tapa hallita tietotulvaa ja erilaisia sovelluksia, mitä IoT on tuonut mukanaan. Näihin tiedon jäsentely ja tehokkaan käytön tarpeisiin on kehitetty teollisen internetin integraatioalustat. Integraatioalustojen markkinat ovat kehittyneet vasta lähiaikoina, ja tarjonta onkin monimuotoista ja nopeasti kehittyvää. Lähivuosina IoT-alustoja on julkaistu huomattavan suuri määrä, ja todennäköisesti alustojen kenttä tulee ainoastaan kasvamaan tulevinakin vuosina. IoT:n tullessa valtavirran käyttöön, on alustojen tarjonta kuitenkin kypsynyt, ja yhteisiä suuntaviivoja ja käytänteitä on kehittynyt. Näiden yhteisten käytänteiden muodostuessa IoT-kenttä tulee kasvamaan tulevaisuudessa yhä toimivammaksi ja helposti saavutettavaksi kaikille. Tässä nopean kehityksen vaiheessa alustan valinnassa on tärkeä muistaa, että alustan tarkoitus on helpottaa ja tehostaa yrityksen toimintaa, eikä aiheuttaa lisätöitä, esimerkiksi tiedon siirron muodossa.

Niin sanottu "IoT-landscape" kerää yhteen toimijoita, joiden palveluita yhdistämällä voidaan luoda oma IoT-kokonaisuus, sekä alustoja ja sovelluksia, jotka tarjoavat erilaisia palveluita IoT-verkon yhtenäistämiseksi. IoT-landscape-kuvaajissa kootaan yhteen tärkeimpiä IoT-alan toimijoita ja lupaavimpia start up -yrityksiä, kerroksittain, niiden tarjoaman palvelun perusteella. Ensimmäisellä kerroksella ovat valmiit IoT-sovellukset, ja alimmalta kerrokselta löytyvät esineiden internetin laitteistovalmistajat. Tässä selvityksessä tutkitaan erityisesti keskimmäistä "Platforms & Enablement (Horizontal)" ohjelmistoja, jotka kokoavat yhteen IoT-verkon osaluoteita; sovelluksia ja laitteita. (Turck, M. et. al. 2016)

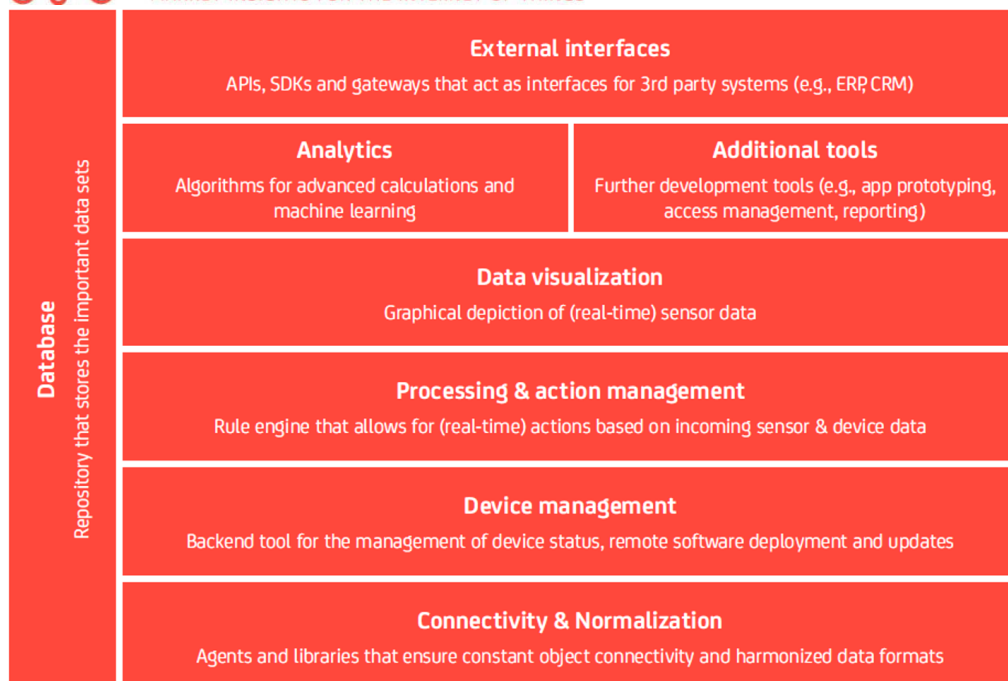
Integraatioalusta voi sisältää erilaisia toimintoja aina yksinkertaisesta pilvipalvelusta, moniosaiseen palveluun, jolla laitteita voidaan hallita ja päivittää, monien muiden toimintojen lisäksi. Niin sanottu "end-to-end" IoT alusta sisältää kahdeksan komponenttia, jotka on esitelty kuvassa. Komponentit ovat yhdistettävyyden, laitehallinta, tietokanta, prosessihallinta, analy-

tiikka, visualisointi, ulkoiset rajapinnat ja lisätyökalut. Alustat sisältävät osan tai kaikki edellä mainituista komponenteista eri mittakaavoissa.



## IOT ANALYTICS

MARKET INSIGHTS FOR THE INTERNET OF THINGS



**Kuva 1.** "End-to-end" –IoT-alusta toimii koko IoT-verkon pohjana. Kaikkein tärkeintä on kerätä ja varastoida sensoritieto tehokkaasti. (IoT Analytics, 2016)

Sopivan integraatioalustan käyttöönotto voi ratkaista useita teknisiä haasteita monimuotoiseen IoT-toimintaan liittyen. Yleisiä haasteita ovat esimerkiksi erilaisten laitteiden yhdistäminen yhteiseen verkkoon. Teollisen internetin käytössä on useita erilaisia laitteita, kuten sensoreita, mobiililaitteita ja Wi-Fi –moduuleita.

Integraatioalusta toimii pohjana laitteiden välisten viestien, eli datan, tulkitsemisessa. Alusta ottaa vastaan huomattavan määrän dataa, ja luo siitä hyödyllistä, analysoitua tietoa, jota voidaan käyttää yrityksen toiminnan kehittämiseksi. Tieto tulee olla saatavilla visuaalisella tavalla, ja sen tulee säilyä arkistossa turvallisesti. Laitteiden lähettämän tiedon ja viestien tulee säilyä vahingoittumattomana myös vikatilanteissa.

Alustan valinnassa on useita teknisiä osa-alueita, jotka asettavat omat vaatimukset alustalle. Kuitenkin kaikista tärkeintä on pohtia, mitä käytännön hyötyä alustan toivotaan tuovan yrityksen toiminnalle. Millä toiminnan alalla tarve on suurin, ja mihin kaikkeen IoT-ratkaisu tulee liiketoiminnassa vaikuttamaan? Alustan vaikutuksen tulee olla selvillä, kun alusta otetaan käyttöön, ja ensisijaisesti valinnassa täytyy tietää, mitä alustalta halutaan saavuttaa.

Alustan tietoturva ja käyttäjän seuranta ovat ensiarvoisen tärkeitä alustan ominaisuuksia. Hyvällä tietoturvalla varmistetaan, että laitteiden välinen tieto ei päädy väärin käsiin. Samoin on tärkeää seurata kuka integraatioalustaa voi käyttää, ja sitä kautta kehittää ja luoda IoT-ratkai-

suja. Integraatioalustat tarjoavat mahdollisuuksia hallita laitteita, ja tehdä esimerkiksi päivityksiä etänä. Alustaa valittaessa on hyvä huomioida, kuinka paljon etähallintaa tarvitaan, ja kenellä on oikeus sitä tehdä, ja kuinka laajoilla oikeuksilla.

Integraatioalustan täytyy tukea kaikkia yrityksen nykyisiä ja tulevia laitteita ja ratkaisuja, jotta se olisi tarkoituksenmukainen. Onkin hyvä ottaa alustaa valittaessa huomioon myös sen laajennusmahdollisuudet tulevaisuudessa, kun laitteet ja yrityksen IoT-tarpeet kehittyvät. Integraatioalustan tulee kehittyä yrityksen mukana. Jotta alustan käyttö olisi sujuvaa nyt ja tulevaisuudessa, pitää varmistaa, että integraatioalusta tukee tällä hetkellä käytössä olevia ohjelmistoja, web-palveluja ja ohjelmointikieltä. Tätä yhteensopivuusvaatimusta useimmiten tukevat avoimen lähdekoodin alustat. Alustan käyttöönotto on huomattavasti helpompaa ja miellyttävämpää, kun käyttäjät voivat yhä käyttää itselle tuttuja ja toimivaksi havaittuja ohjelmistoja, joita integraatioalusta tukee tehokkaasti. (IoT Analytics)

IoT-alustan valinnassa on useita asioita, joita on tärkeää miettiä ennen kuin hankitaan uutta alustaa. On tärkeää huomioida, että yrityksessä tällä hetkellä käytössä olevat IT-ratkaisut, kuten ohjelmistoarkkitehtuuri, ohjelmointikieli ja laitteisto ovat tuettuna valitussa alustassa. Jos käytössä on entuudestaan IoT-alusta, on erityisen tärkeää tarkistaa, että alustat toimivat yhdessä ja vanhojen, toimivien ominaisuuksien käyttö ei häiriinny uuden alustan myötä. Useaa alustaa käytettäessä kannattaa pohtia, voidaanko alustojen toiminnot yhdistää yhdelle alustalle. Jos näin ei haluta toimia, pitää käydä läpi, mitä toimintoja juuri kyseisen alustan halutaan suorittavan. Nämä haasteet on huomioitu useissa alustoissa, sillä avoimen lähdekoodin käyttö ja yleisimpien käytäntöjen tuki löytyvät useissa alustoissa.

Kun alustalta vaaditut yhteensopivuuteen liittyvät kriteerit on selvitetty, on hyvä kiinnittää huomiota myös yksityiskohtiin, jotka pitemmällä aikavälillä vaikuttavat huomattavasti käyttömukavuuteen ja alustan tarkoituksenmukaisuuteen. On tärkeää pohtia omat kriteerit tarkasti, jotta alusta vastaa tarpeeseen. Esimerkiksi tällaisia yksityiskohtia on hyvä ottaa huomioon ennen lopullisen alustavalinnan tekoa:

- Millaisia hakutoimintoja tarvitaan?
- Riittääkö ajastettu tiedon keruu vai pitääkö sen tapahtua reaaliaikaisesti?
- Missä muodossa raportti halutaan?
- Tulisiko datanäkymät voida jakaa organisaation eri osiin tai ulkopuolisille tahoille?
- Saadaanko sovellusvastuullisille ja pääkäyttäjille pääsy lokeihin ja näkymiin? Entä ulkopuolisille?
- Miten ratkaisun tietoturva toteutetaan, jos käyttäjien määrä ja heidän roolinsa muuttuvat?

Alustan käyttöönotto vaatii aina aikaa ja työtunteja, mutta on hyvä huomioida, kuinka kauan tarvitaan ennen kuin alustan hyötyihin päästään käsiksi. Alustan käyttöönottovaiheessa tulee pohtia, kuinka paljon osaamista käyttäjällä on entuudestaan, jolloin osataan arvioida oikea aika ja työmäärä, joka käyttöön kuuluu. Alustan on tarkoitus tuoda yritykselle konkreettista hyötyä kohtuullisessa ajassa. Alustan luomien kustannusten tulee vastata saatuun hyötyyn sopivalla aikavälillä. (E2 Software)

IoT-alustaa valittaessa huomataan, että useat alustat tukevat yleistä REST (Representational state transfer) –arkkitehtuurityyliä, joka kasvattaa jatkuvasti suosiotaan sen yksinkertaisen käytettävyyden ja skaalautuvuuden vuoksi. REST-arkkitehtuuria hyödynnetään ohjelmistojen ja sovellusten kehityksessä. (Pihlajaniemi, J.)



IoT-alustoja tutkittaessa esiin nousee API (Application Programming Interface), joka käytännössä luo yhteyden laitteiden ja alustan tai pilvipalvelun välillä. Se on ohjelmointirajapinta, jonka kautta haetaan tietoa laitteelta ennalta määriteltyjen menettelyjen mukaisesti. IoT-alustat tarjoavat erilaisia API-rajapintoja, jotka tekevät erilaisia tehtäviä. Juuri nämä toiminnot ovat tärkeässä asemassa valittaessa IoT-alustaa, sillä API-palveluiden avulla tietoa visualisoidaan ja analysoidaan ja laitteille lähetetään haluttuja viestejä automaattisesti ja etänä. Eri alustat tarjoavat eri tyyppisiä palveluita, joihin paneudutaan tässä selvityksessä. API:t ovat usein luotu avoimella lähdekoodilla, jolloin niiden luominen itse tai kehittäminen alustassa on mahdollista. (MuleSoft)

## 2.1 Toimivan IoT-verkon mahdollistamat hyödyt

IoT-tuotteiden kehittyessä jatkuvasti, myös sen tuomat hyödyt kehittyvät ja lisääntyvät koko ajan. On vaikea kuvitella kaikkia uusia kehityskohteita, joita IoT-alalla kehitetään tulevaisuudessa, mutta tietenkin onnistuneita esimerkkejä esineiden internetin hyödyntämisestä on jo nyt. Kyseessä on merkittäviä, konkreettisia hyötyjä, joilla ollaan saavutettu tuottavuuden kasvua. IoT:n avulla voidaan kehittää jopa täysin uusia liiketoimintamalleja, jotka eivät ole olleet aiemmin saatavilla. Suurien muutosten luomisen ohella IoT tuo yksinkertaisia ratkaisuja pienempiinkin tarpeisiin. Samoin alustan tuoma lisäarvo voi konkretisoitua nopeasti tai vasta pitkällä aikavälillä. Usein tiedon analysointi tulee relevantiksi vasta kun tietoa on kerätty tilanteeseen nähden riittävä aika.

Suorituskyvyn ja energiankulutuksen optimointi on mahdollista hyödyntämällä suorituskykyä mittaavien antureiden tietoa. Meriteollisuudessa on otettu käyttöön ratkaisuja, jotka parantavat energiatehokkuutta seuraamalla ja optimoimalla moottorin suorituskykyä. IoT-ratkaisu vähentää energiankulutusta ja päästöjä, optimoi laivan reitin ja säästää kustannuksissa. Saman tapaisia ratkaisuja voidaan käyttää teollisuudessa ja tuotantolaitoksissa parantamaan tuottavuutta, ja esimerkiksi minimoimaan huoltokatkosten kestoa. Moottorivikoja voidaan IoT-antureiden avulla ennakoita jo ennen häiriötilannetta.

Automaattiset ja autonomiset kulkuneuvot ovat olleet viimeaikojen suuri puheenaihe, josta on julkaistu paljon testejä ja uusia versioita. Tällaiset kulkuneuvot ovat osa IoT-verkkoa. Täysin kuskitonta autoa yleisempiä IoT-kulkuneuvoja ovat erilaiset automaattiset maatalouden ja teollisuuden laitteet. Automaattinen ajoneuvon käsittely on erityisen hyödyllistä vaikeissa olosuhteissa, joissa ihminen ei kykene käsittelemään laitetta.

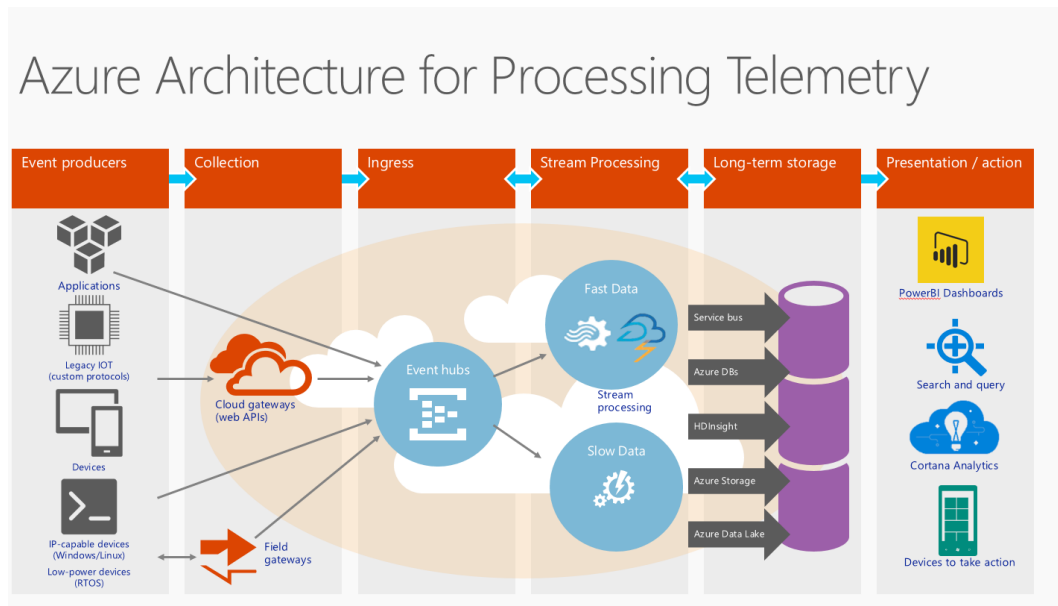
Talotekniikan alalla voidaan tehdä pitkäaikaisia mittauksia ja valvontaa helposti IoT-antureiden avulla. Rakennukseen voidaan asentaa antureita, jotka mittaavat esimerkiksi kosteustasoa tai muita olosuhteita. Järjestelmä voi automaattisesti mittauksen perusteella tehdä korjaavia töitä, kuten muuttaa lämpötilaa tai ilmastoinnin asetuksia. IoT-järjestelmä helpottaa valvontatyötä, kun mittaus ja valvonta tapahtuvat automaattisesti, ja varoittaa heti kun poikkeamia löytyy, ilman erityistä työpanosta tarkastuksien muodossa. (Sininen polku)

### 3. TUTKITTAVIEN IOT-ALUSTOJEN OMINAISUUDET

Tässä kappaleessa tutkitaan valittujen IoT-alustojen toimintoja, ominaisuuksia ja yhteensopiavuutta. Kappaleissa kerrotaan alustojen arkkitehtuurista, yleisistä ominaisuuksista, liitettävyydestä, tuetuista ohjelmointikielistä ja protokollista sekä integraatio-ominaisuuksista muiden ohjelmistojen kanssa. Lisäksi esitellään käyttötapauksia, sekä tutkitaan mille toimialalle alusta sopii, tai mihin erikoistarpeisiin alusta tarjoaa ratkaisun. Alustojen tutkimisen jälkeen kappaleissa ”Suositellut IoT-alustat erilaisiin käyttökohteisiin” ja ”Johtopäätökset” paneudutaan lisää alustojen eroavaisuuksiin ja annetaan vinkkejä alustan valintaan.

#### 3.1 Microsoft Azure

Azure on Microsoftin IoT-alusta, joka sisältää erilaisia pilvipalveluita ja hallintaominaisuuksia esineiden ja laitteiden hallintaan keskitetysti. Azure tukee yleisimpiä ohjelmointikieliä; JavaScript, Python, .NET, PHP, Java ja Node.js. Sitä voi käyttää iOS:llä, Androidilla ja Windows-laitteilla. Tarkoitus on, että ohjelmistokehittäjät voivat käyttää vanhoja käytänteitään, joita Azure tukee. (Microsoft Azure, a)



**Kuva 2.** Kuvaus tiedon keräämisestä ja prosessoinnista Azuren IoT-alustalla. (Microsoft Azure, 2016)

Azure sisältää useita valmiita palveluita monenlaisen IoT-tarpeeseen. Palvelut voidaan jakaa neljään kategoriaan, jotka ovat pilvilaskentapalvelut, datapalvelut, sovelluspalvelut ja verkkopalvelut. Azure sisältää seuraavia palveluita IoT-alustalle:

- IoT Hub on Azuren perusominaisuus, joka toimii laitteen ja pilvipalvelun välillä luoden kaksisuuntaisen kommunikaatiokanavan. Hub tunnistaa jokaisen laitteen omana yksikkönään, joten yhteys on turvallinen ja tunnistus luotettavaa. (Microsoft Azure, b) Jokaiselle laitteelle luodaan oma profiili ja salasana-koodi. Hub rekisteröi ja säilöö laitetiedot. Laitteita voidaan integroida keskenään, jolloin ne toimivat samojen asetusten mukaan ja ovat yhteydessä toi-

siinsa esimerkiksi päivitysten osalta. Laitteita voidaan myös poistaa järjestelmästä Hubia käyttämällä. (Microsoft Azure, c) Hub tuntee yleisimmät ohjelmointikielet ja käyttöjärjestelmät, kuten Windows ja Linux. (Microsoft Azure, b)

- IoT Suite tuo tiedon analysoinnin ja visualisoinnin integraatioalustaan. Suite kerää laitteiden lähettämän sensoritiedon ja analysoi sitä reaaliajassa tuottaen visuaalisen esityksen saamastaan datasta. Suiten vastaanottama tieto varastoidaan järjestelmään, ja myös historiatiedosta voi luoda visuaalisen esityksen. Suite sisältää valmiiksi konfiguroituja ratkaisuja, jotka helpottavat ja nopeuttavat Azuren käyttöä. Valmiit konfiguraatiot ovat perustason IoT-ratkaisukaavoja. Valmiita ratkaisuja voi muokata ja laajentaa oman tarpeen mukaan tai käyttää pohjana omalle IoT-ratkaisulle. Valmiit konfiguraatiot nopeuttavat käyttöönottoa. Esimerkiksi laitteiden etäluku ja ennakoiva kunnossapito ovat valmiiksi konfiguroitu Suiteen, joten käyttäjä voi ottaa toiminnot heti käyttöön. (Microsoft Azure, d)

- Event Hubs –palvelu ottaa vastaan miljoonia tapahtumia laitteelta sekunnissa ja prosessoi ja analysoi huomattavan suuria määriä tietoa. Event Hub ottaa tapahtumatietoa vastaan ”liukuhihnalta”, ja säilöö sen niin, että tietoa voidaan jalostaa ja hyödyntää reaaliaikaisilla analytiikkatyökaluilla tai varastoida halutulla tavalla. Event Hub on erityisen hyödyllinen esimerkiksi sovellusten instrumentoinnissa, käyttäjäkokemuksen ja työnkulun käsittelyssä ja IoT-sovelluksien tukena. Event Hub tukee ensisijaisesti AMQP- ja HTTP-protokollia. (Microsoft Azure, e)

- Stream Analytics on pilvipalvelu, joka analysoi laitteiden, sensoreiden, web-sivujen, sovellusten tai muun yksikön tuottamaa tietoa syvällisesti ja tehokkaasti reaaliaikaisen tiedon tai valitun historiatiedon pohjalta. Tämä on skaalautuva palvelu, jonka käyttäjä voi itse säätää prosessoimaan haluttu määrä tietoa sekunnissa. Palvelu voi myös lähettää varoitusviestin, jos reaaliaikaisessa analyysissä huomataan poikkeavuus. Sensoritiedon analysointi on erittäin suuressa roolissa IoT-verkostoja hyödynnettäessä. Sensorit tuottavat paljon arvokasta tietoa, mutta ilman tehokasta data-analyysia, tiedon arvo jää hyödyntämättä. Tämän vuoksi Stream Analytics on tärkeä ominaisuus integraatioalustaa valittaessa. Stream Analytics ja Event Hub ovat hyvin yhteensopivia suuren tietomäärän vastaanottamiseen ja analysointiin. (Microsoft Azure, f)

- Machine Learning hyödyntää olemassa olevaa dataa, ja sen avulla ennustaa tulevaa laitteen käyttäytymistä, tuloksia ja trendejä. Tämä ominaisuus tekee järjestelmästä älykkään, josta yleinen esimerkki on esimerkiksi nettikauppojen ominaisuus, joka ehdottaa muita kiinnostavia tuotteita tehtyjen valintojen perusteella. Samaa oppimista voidaan hyödyntää esimerkiksi robotin itsenäisessä tehtävän suorittamisessa loppuun asti. Azuren Machine Learning sisältää käyttövalmiita algoritmeja, joita käyttäjä voi muokata tarpeisiinsa sopivaksi verkkoyhteydessä olevalla tietokoneella tai hyödyntää suoraan. Ennustavan analytiikan algoritmien luominen on toteutettu yksinkertaisella ”drag and drop” –tyylillä. Luotua ennustemallia voi testata ja muokata ennen käyttöönottoa. (Microsoft Azure, g)

- Notification Hub on palvelu, jonka avulla lähetetään push-notifikaatioita (eng. ”push-notification”) määrättyihin mobiililaitteisiin. Toimintoa voi hyödyntää esimerkiksi lähettämällä käyttäjälle väliaikaisen salasanan järjestelmään tai kertakäyttöisen salasanan moninkertaiseen tunnistautumiseen. Notification Hub –palvelu lähettää ilmoitukset tehokkaasti halutulle määrälle mobiililaitteita ja ei vaadi käyttäjältä erityistä muokkausta eri käyttöjärjestelmille (Windows, iOS) ja eri viestimudoille. (Microsoft Azure, h)

Azuren käyttöönotto on ilmaista aina 8000 viestiin kuukaudessa saakka. Sen jälkeen 400 000 viestiä maksaa 15-30 Iso-Britannian punttaa. Jos viestejä lähetetään noin kuusi miljoonaa kuukaudessa, hinta on 150 punnasta eteenpäin. (Computer World UK)

Azuren käyttö on kohtuullisen helppoa graafisen käyttöliittymän vuoksi, mutta kun alustaa kehitetään perustoimintojen yli, täytyy ottaa käyttöön Microsoft PowerShell-skriptausympäristö. Tämän alustan käyttö voi tuoda lisähaastetta Azuren käyttöönottoon, mutta Powershell on laaja ja tehokas skriptausalusta, jonka avulla alustan kehitysmahdollisuudet lisääntyvät huomattavasti. (PC Magazine)

Fonecta Oy on ottanut käyttöön Azuren alustan osana "tuottavuusloikkaa", jossa on tarkoituksena vähentää omaa konekapasiteettia, pienentää operatiivisia it-kuluja ja ottaa käyttöön digitaalisia tuottavuustyövälineitä. Tällä toimella saatiin parannettua tietoturvaa, ja luotua luotettava kertakirjautumisjärjestelmä. Fonecta haluaa digitalisoida toimintaansa, ja näin parantaa asiakaskokemusta, ja tehostaa työn tuottavuutta, joustavuutta ja turvallisuutta. Fonecta on ollut tyytyväinen Azuren tuomiin työkaluihin. (IT Expertise Wiki)

### 3.2 Ayla Networks

Ayla on kansainvälisesti toimiva yritys, jonka asiakkaisiin kuuluu esimerkiksi Fujitsu ja Hisense. Ayla IoT-alusta on koko IoT-verkon kattava järjestelmä, johon kuuluu pilvipalvelu, johon laite lähettää tietoa sekä mobiilisovellus, jonka kautta pilveen syötettyä tietoa voi seurata ja laitteita hallita. Sen lisäksi Ayla tarjoaa analysointipalveluita, joita hyödyntämällä sensoritiedosta saadaan irti todellista hyötyä käyttäjälle. Ayla tukee lähes kaikkia yleisimpiä käyttöjärjestelmiä ja protokollia, joten käyttäjä voi hyödyntää olemassa olevia käytänteitään. Pilvipalvelu sisältää analytiikka-palveluita, joita voi hyödyntää tuotannon kehittämiseen ja operatiivisten toimintojen parantamiseen. Sensoreita ja laitteita hallitaan Aylan monipuolisilla mobiilisovelluksilla, joiden avulla laitteiden kontrollointi ja kehittäminen on yksinkertaista. Aylan mobiilisovellus tukee Android- ja iOS-järjestelmiä.

Ayla on kokonaisvaltainen IoT-alusta, joka helpottaa ja nopeuttaa IoT-tuotteiden käyttöönottoa. Aylan kautta voidaan hoitaa kaikki laitteen liittämistä internetiin ja pilvipalveluun aina mobiilisovelluksen toteuttamiseen. Sovelluksen ja pilvipalvelun avulla laitteita voidaan hallita etänä tehokkaasti ja yksinkertaisesti. Visualisointi-työkalujen avulla voidaan luoda kuva laitteiden tiedon trendeistä ja ennusteita tulevista. Laitteet voidaan paikantaa kartalla ja niiden käyttöastetta voidaan seurata. Kun laitteet voidaan valita niiden tyyppiin, käyttöasteen tai ominaisuuksien perusteella, ohjaaminen ja laitehallinta on helppoa. Pilvipalvelun älyn avulla järjestelmään voidaan kirjata erilaisia sääntöjä ja laukaisimia, jotka aktivoivat määrätyn toiminnon laitteessa. Tapahtumista voidaan ilmoittaa käyttäjälle tekstiviestinä, sähköpostina tai push-notifikaationa. (Ayla Networks, a)

Tiedon siirto on turvallista Aylan käyttämän SSL-salauksen vuoksi. Järjestelmään voi kirjautua käyttäen OAuth-järjestelmää, jossa kirjaututaan käyttäen Facebook- tai Google-tunnuksia. Määrätyille käyttäjille voidaan antaa mahdollisuus antaa oikeuksia järjestelmän tarkasteluun tai käyttöön määrättyssä roolissa. (Ayla Networks, b) Käyttöoikeus voidaan antaa myös aikarajoituksella, jolloin oikeus on voimassa esimerkiksi yhden päivän, jonka jälkeen käyttäjä ei pääse muokkaamaan järjestelmää. (Ayla Networks, c)

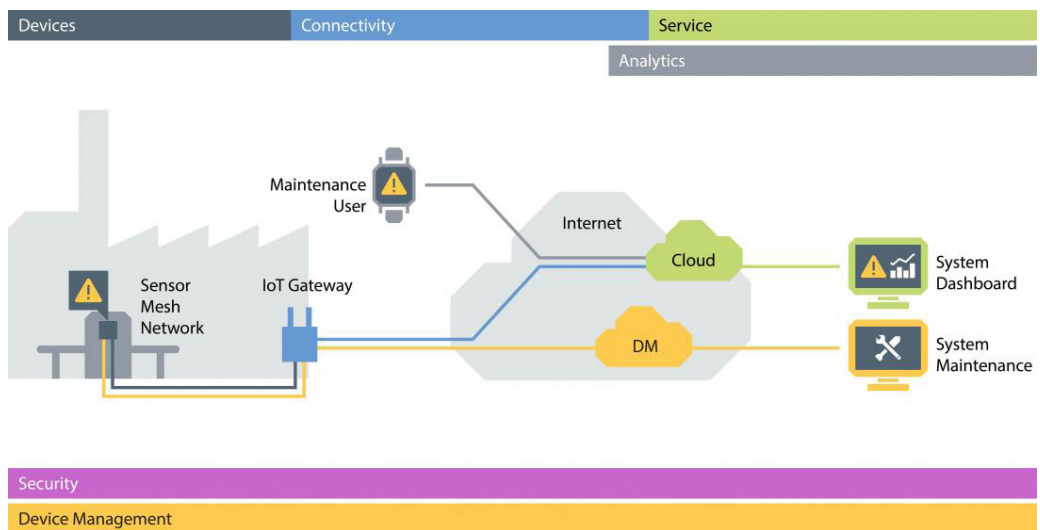
Ayla mainitsee vahvuuksikseen sen helpon muunneltavuuden ja mahdollisuuden liittää minkä tahansa laitteen järjestelmään yksinkertaisesti. Näin IoT-toiminnan kehittäminen ja laajentaminen Ayla-alustan avulla on helppoa ja järjestelmä tukee muutosta. Alusta on luotu niin, että olemassa olevat mallit ja tehdyt ohjelmoinnit mukautuvat uuden laitteen tai ominaisuuden lisäämiseen automaattisesti. (Ayla Networks, d)

Ayla Networks on otettu käyttöön erityisesti vähittäismyynnin, kuluttajasovellusten ja kotitalouden laitteiden hallinnan alalla. Esimerkiksi hotelliketjuissa on otettu käyttöön Ayla-alusta, jonka yhteyteen on luotu mobiilisovellus. Hotellivieras voi hallita oman hotellihuoneensa olosuhteita omalla puhelimellaan sovellusta käyttäen. Sovelluksella hallitaan kaikkia huoneen toimintoja, kuten ilmastointia, valaistusta ja huonepalveluita. Sovelluksen avulla voidaan tehostaa energiankulutusta ja säästää kuluissa. Huoneen tila ja käyttö ovat aina tiedossa reaaliaikaisesti. Alustan vahvuudet löytyvätkin näiltä aloilta, eikä sitä ole kehitetty erityisesti teollisuusalan tarpeisiin.

### 3.3 Bittium IoT & Wearable Solutions

Bittiumin IoT-ratkaisut on suunniteltu erityisesti teollisuutta, terveydenhoitoa ja puettavia laitteita silmällä pitäen, eli alusta sopii hyvin isojen organisaatioiden käyttöön. Bittium tarjoaa monipuoliset ratkaisut erilaisten laitteiden tiedon keräämiseen ja analysointiin tarpeiden mukaisesti. Alustaan voidaan yhdistää sensorit, langattomat radiot, sovellukset, pilvipalvelut ja laitteiden hallinta ja ylläpito. Ylläpitoon kuuluu esimerkiksi alustan kautta tehtävät ohjelmistopäivitykset, vikadiagnostiikka ja uuden laitteen käyttöönotto. (Bittium, a)

Alusta on yhteensopiva Linux- ja Android-käyttöjärjestelmiä hyödyntäville laitteille ja puettaville sovelluksille. Alusta voidaan yhdistää langallisiin ja langattomiin laitteisiin ja se luo myös laitteiden välille yhteyden. Alustan yhdistettävyysoptioita ovat GSM, UMTS ja LTE, joten se on sopiva monenlaisiin laitteisiin, kuten teollisuuden käyttöön ja puettavaan teknologiaan. Lisäksi alustassa on Bluetooth, Wi-Fi, GNSS ja NFC. Bittium tarjoaa sensorimoduulin, jossa on sykemittari, valaistussensori ja etäisyysanturi. Lisäksi alusta tukee laitteita, joissa on mikrofoni tai videokamera. Omia sensoreita voidaan integroida alustaan. (Bittium, b)



Kuva 3. Alustan arkkitehtuuri "end to end" -ratkaisuna. (Bittium)

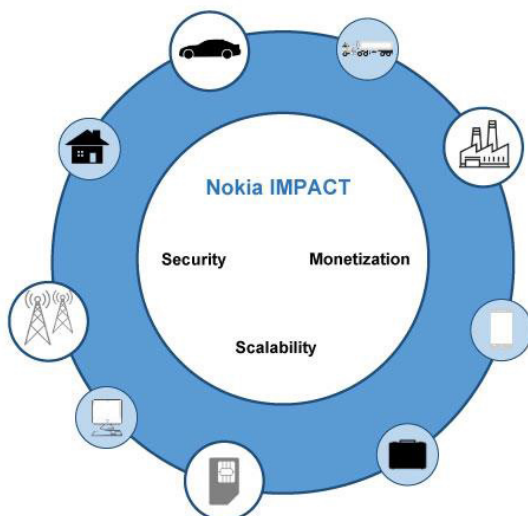
Laitteista kerätty tieto analysoidaan ja prosessoidaan ja määrätyn arvon ylittäessä tai alittaessa määrätty raja-arvo lähetetään hälytys. Bittium SafeMove takaa turvallisen tiedonsiirron esimerkiksi VPN (Virtual Private Network) –yhteyttä hyödyntäen. Vastaanotetusta datasta luodaan jatkuvasti reaaliaikaista visuaalista analyysia. Bittium-järjestelmän avulla voidaan IoT-ratkaisu yhdistää myös ulkopuolisiin järjestelmiin. (Bittium, a) Alustan tietoturva on toteutettu Bittium SafeMove-protokollalla, joka käyttää vahvoja kryptaus-algoritmeja (Bittium, b).

Bittiumin IoT-palvelut ovat erityisen monipuoliset, sillä yritys toimittaa myös erilaisia laitteita ja sensoreita, joita käyttäjä IoT-verkkoonsa tarvitsee. Useat Bittiumin laitteet on suunniteltu terveydenhoidon tarpeisiin.

### 3.4 Nokia IMPACT

Nokian IMPACT integraatioalusta on palveluntarjoajille, yrityksille ja virastoille suunniteltu turvallinen alusta IoT-sovellusten käyttöön. Alustan nimi muodostuu sanoista "the Intelligent Management Platform for All Connected Things". Alustan luvataan siis toimivan minkä tahansa laitteiden, protokollien tai sovellusten integroinnissa. IMPACT-alustan tarkoitus onkin ollut luoda integraatioalusta, joka vastaa kaikkien laitteiden ja ohjelmistojen integraatiotarpeisiin. Integraatiotratkaisut on tehty niin, että ne toimivat millä tahansa laitteella, eikä ainoastaan määrättyissä tilanteissa. IMPACT sisältää tavalliset integraatioalustan toiminnot. Alusta kerää, analysoi ja yhdistää dataa, ja sen avulla voi hallita laitteita ja sovelluksia.

Tietoturva mainitaan myös hyvin kehitetyksi osa-alueeksi. Tietoturva on toteutettu älykkäällä tavalla, joka tunnistaa poikkeavuudet ja viat itsessään, ja ilmoittaa niistä. Tämä koetaan perinteistä virustorjuntaa tehokkaammaksi tavaksi diagnosoida alustan häiriöitä ja vikoja, sillä vika-diagnostiikkaa ei voi kytkeä pois päältä.



**Kuva 4.** Nokia Impact on tietoturvallinen IoT-ratkaisu teollisuuden ja kotitalouden tarpeisiin. (mukaillen, RCR Wireless News, 2016)

IMPACT on standardipohjainen alusta, joka tukee useita protokollia ja tietoverkkoja. Matalaa virrankulutusta vaativiin mittauksiin voidaan käyttää alustan kanssa integroitavia Narrowband IoT – ja LoRa-protokollia. Nokia lupaa, että alustaan voi liittää yli 80 000 eri laitetta ja käyttöön

sopivat kaikki käyttöliittymät. (IoT Evolution World, a) Alustan avulla voidaan hallita laiteohjelmisto- ja tietokoneohjelmistopäivityksiä, asennusta, laitteen nollaamista, uudelleen käynnistämistä ja käyttöönottoa. Käyttöönotto onnistuu pilvipalvelun kautta sekä paikallisesti. Monipuoliset käyttöliittymän kehitystyökalut tukevat integraatiota. (Nokia)

Uusien laitteiden käyttöönotto on helppoa ja vaivatonta, sillä se ei vaadi suuria muutoksia käyttöliittymän perustoimintoihin. IMPACT analysoi ja tulkitsee laitteiden tietoa ja tunnistaa mahdolliset vikatilanteet. Laitetta hallitaan ja esimerkiksi laitteen korjaustoimenpiteitä voidaan tehdä etänä alustan kautta. Turvallisuuden parantamiseksi laitteiden välinen viestintä on turvattu ohjelmiston kaatuessa. Viestit voidaan palauttaa ja välittää uudelleen, jos yhteydessä tai alustassa tapahtuu häiriöitä. Tietoturva on alustassa otettu laajasti huomioon, jotta alusta sopii isojen organisaatioiden käyttöön, joissa käyttöoikeuksia tulee hallita ryhmittäin ja monilla tasoilla. Organisaation sisällä voidaan jakaa erilaisia rooleja henkilöille ja ryhmille, jonka perusteella integraatioalustaa voidaan käyttää ja laitteita hallita. Jokaisella käyttäjällä on oma salasana, jonka täytyy sisältää erilaisia merkkejä turvallisuuden takaamiseksi. Järjestelmä muuntaa salasanat ja muut salattavat tiedot sisäisesti koodeiksi, mikä osaltaan parantaa salasanojen turvausta. Käyttäjä tunnistetaan ja käyttöoikeudet tarkistetaan aina sisäänkirjautumisen yhteydessä muun muassa IP-osoitteen perusteella. Hyväksytyiksi laitteiksi voidaan kirjata myös mobiililaitteet etäkäytön mahdollistamiseksi. (Nokia, Solution Sheet)

Impact-alustaa on hyödynnetty esimerkiksi pysäköintitilan hallintaan, liikenteen videovalvontaan, älykkääseen katuvalaistukseen ja kulkuneuvon seurantaan. (Nokia) Nokian Impact-alustan yhteyteen on julkaistu myös Smart Home –alusta, joka on tarkoitettu kodin laitteiden hallintaan. Alustaa tarjotaan operaattoreille ja palveluntarjoajille, jotka voivat räätälöidä alustan tarvittavaan käyttökohteeseen. Tähän Smart Home -pakettiin kuuluu kodin älylaitteet ja tunnistimet verkkoon yhdistävä ja niitä hallitseva reititin, IoT-alusta Smart Home -ekosysteemin hallintaan sekä laitteiden ohjaukseen käytettävä mobiilisovellus. (Mobiili.fi)

Huomion arvoinen on myös Nokian spin-off yritys Cumulocity, joka tarjoaa saman tapaisia IoT-palveluita kuin Impact. Cumulocity on erikoistunut laitehallinnan sovelluksiin sekä teollisuuden tarpeisiin. Cumulocityn alusta tukee Modbus-, OPC UA- ja CAN bus –protokollia. Alusta toimii yhdessä Sigfox-matalataajuusverkon kanssa, mahdollistaen energiaa säästävän tiedon siirron IoT-verkossa. Alustan toiminnot ovat vahvasti painottuneet laitehallinnan, -seurannan ja ennakoivan huollon toimiin. (Cumulocity) Cumulocityn palveluita käyttää monien kansainvälisten toimijoiden lisäksi Sonera, joka on ottanut alustan käyttöön kehittääkseen pilvipalveluitaan sekä parantaakseen tietoturvaansa. Lisäksi Sonera tarjoaa asiakkailleen mahdollisuuden kehittää IoT-ratkaisuja alustan avulla. (Uusi Teknologia)

### 3.5 Google Android Things



**Kuva 5.** Android Things on erityisesti kotitalouksien IoT-tarpeisiin kehitetty alusta. (Wallenstein, L. 2009.)

Googlen Android Things on Android-käyttöjärjestelmälle luotu IoT-alusta, jonka juuret ovat Google Brillo –alustassa. Android Things on edeltäjänsä helpompi käyttää myös ilman kokeemusta sulautetuista järjestelmistä. Alusta voidaan rakentaa seuraavien laitteistojen pohjalle: Intel Edison, NXP Pico tai RaspBerry Pi 3. (Android Things, a) Muita tuettuja laitteistoja tullaan lisäämään lähiaikoina. Java-ohjelmointikielet ovat tuettuna Android Things –alustassa. (Forbes)

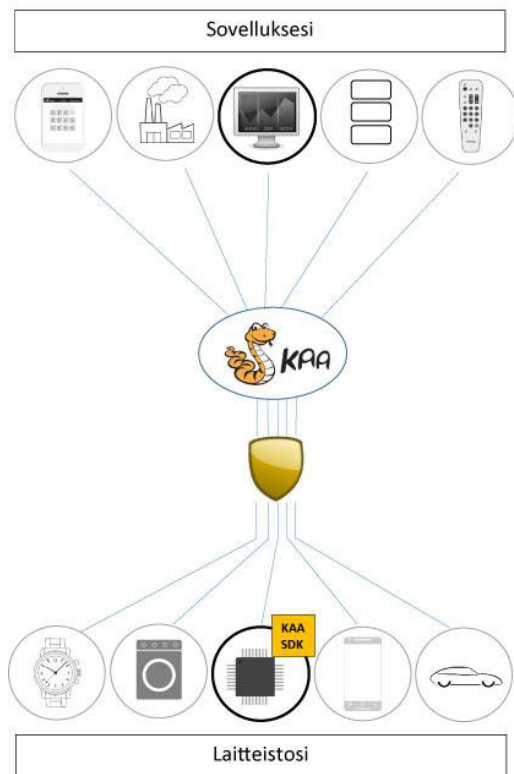
Laitteen ohjelmointi verkkoon Android Things –alustaa käyttämällä vastaa hyvin paljon tavallisen Android-sovelluksen luomista. Alusta on siis helppo ottaa käyttöön, jos yrityksessä on aiemmin kehitetty Android-sovelluksia. Alustan kehitys perustuu Android Studio – ja Android SDK –ohjelmistoihin, sekä Googlen pilvipalveluun ja Weave-kommunikaatioprotokollaan. Jos Android-työkalut ovat entuudestaan tuttuja, käyttöönotto on erittäin helppoa ja nopeaa. Google tarjoaa paljon tunnettuja ja maailman laajuisesti toimivia palveluita, joita voi integroida omaan IoT-alustaan. Esimerkiksi Play-kaupasta saa käyttöönsä tuhansia sovelluksia. Kuitenkin Googlen sovellukset, jotka vaativat tunnistautumista eivät ole tuettuja. Tällaisia sovelluksia ovat esimerkiksi Google Maps, Search ja Sign-In.

Alusta skaalautuu tehokkaasti käyttäjän tarpeisiin. Alustan heikkous on, ettei se tue Androidin lisäksi muita käyttöjärjestelmiä. (Android Things, b) Android Things ei tarjoa monipuolista datan analysointi –työkaluja, vaan keskittyy ainoastaan laitteen hallintaan mobiililaitteilla.

Alusta on käytössä esimerkiksi kotitalouslaitteissa, joita on tarkoitus ohjata asukkaan toimesta mobiililaitteella. Android Things ei kuitenkaan tarjoa laajasti palveluita useiden laitteiden seurantaan, ohjaamiseen ja tiedon analysointiin, mikä on yleensä tarpeellista teollisessa käytössä. Nopeaan IoT-laitteen luomiseen alusta on kuitenkin sopiva, ja Google-palveluiden laajat käyttömahdollisuudet tekevät laitteesta käyttöystävällisen.



### 3.6 Kaa IoT Platform



**Kuva 6.** Kaa tuo laitteiston ja sovelluksen datavirran yhteen. (mukaillen, Kaa)

CyberVisionin kehittämä Kaa on ilmainen, avoimen lähdekoodin integraatioalusta, jota voi käyttää sovellusten integrointiin, luomiseen, hallinnointiin ja datan analysointiin. Kaa käyttää Apache 2.0 -lisenssiä, mikä takaa luotettavan, helpon ja ilmaisen käytön. Kaa tukee integraatiota useiden laitteiden kanssa. Kaa integroi esimerkiksi autojen, kodin tekniikan, teollisuuden, sulautettujen laitteiden, sensorien ja beacon-laitteiden tuottaman datan pilvipalveluun ja käytettyyn sovellukseen. Alusta on suunniteltu vastaamaan varasto- ja teollisuusympäristöjen tarpeita. Alusta tarjoaa helposti saatavissa olevia rajapintoja tietojenkäsittelyyn ja analytiikkaan. (CyberVision)

Kaan tukemiin laitteistoihin kuuluu kymmeniä käytetyimpiä laitteistopohjia ja käyttöjärjestelmiä. Tuetut ohjelmointikielet ovat Java, C++, Objective-C ja C.

Kaan vahvuus on sen monipuoliset käyttömahdollisuudet useiden eri laitteiden ja sovellusten kanssa. Kaa sisältää itsessään useita työkaluja, joilla IoT-ratkaisuja voidaan kehittää. Alusta kerää sensoritietoa ja dataa sekä analysoi sitä. Alustaa käyttämällä voidaan selvittää esimerkiksi asiakaskäyttäytymistä ja lähettää tietoa eteenpäin. Päivittäminen onnistuu myös helposti Kaa-palvelun kautta. Täysin avoimen lähdekoodin ansioista kehitysmahdollisuudet ovat huomattavat ja alusta ei ole riippuvainen määrättyistä laitteista tai sovelluksista.

Kaa on kaksisuuntainen integraatioväline, eli tieto kulkee laitteen ja palvelimen välillä, samoin kuin palvelimesta laitteeseenkin. Mahdollisuudet integroida erilaisia laitteita ovat monipuoli-

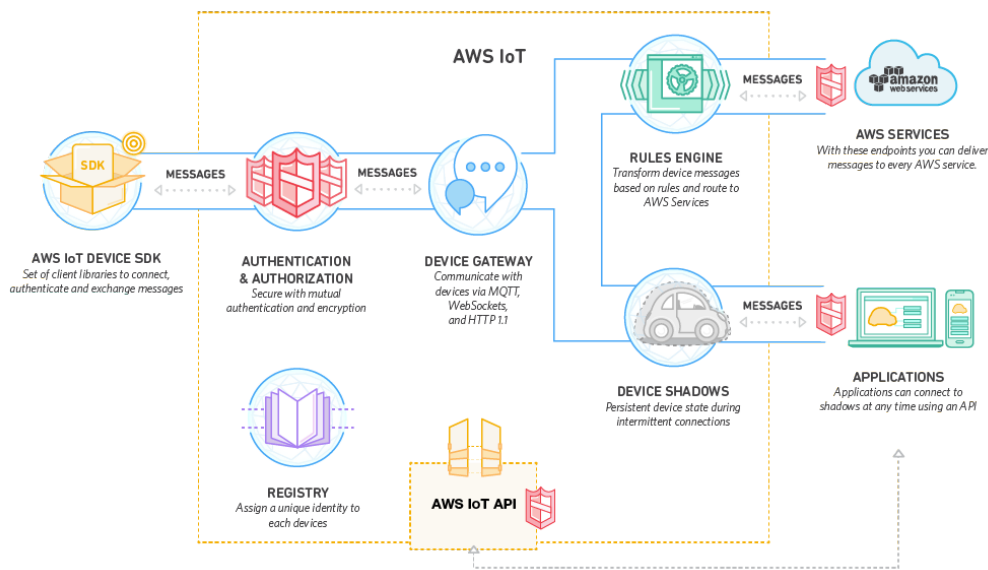
sia; puettavien älylaitteiden mikrosiruista kuljetuskontteihin ja auton elektroniikkaan. Yhdistettyjen laitteiden lukumäärä on rajaton. Tämä alusta on suunniteltu tukemaan suuria IoT-ratkaisuja, joten se on sopiva monen kokoisille yrityksille, ja antaa hyvät mahdollisuudet kehittää ratkaisuja nyt ja tulevaisuudessa. (Kaa, a)

Logistiikan IoT-ratkaisujen integraatioalustana Kaa mainitsee vahvuudekseen sen yhtenäiset mahdollisuudet tuoda yhteen tieto logistiikkaketjun sensoreista, tuotteista, laitteistosta, ajoneuvoista ja henkilöstöstä. Monipuolinen tuki takaa, että kaikki osa-alueet otetaan huomioon, ja niiden välittämä tieto voidaan yhdistää ja analysoida, jolloin lopputuloksena on tehokas prosessi. (Kaa, b)

Tärkeitä tulevaisuuden IoT-tuotteita ovat älykkäät autot ja tehtaot. IoT-ratkaisuilla kehitetään esimerkiksi ennakoivaa huoltoa ja ajajan turvallisuutta sekä hätätoimintoja. Kaa mainitsee toimivansa tehokkaana integraatioalustana myös näiden ratkaisujen integraatiossa.

### 3.7 AWS IoT Platform

Amazon Web Services (AWS) avoimen lähdekoodin IoT-alusta luo pohjan laitteiden verkostolle, joka kommunikoi ja kerää tietoa hyödyntäen useita muita Amazonin tarjoamia web-palveluja. Palveluja on yli 70, joten IoT-alustasta voi luoda niin monipuolisen kuin käyttäjä haluaa ja tarvitsee. Palveluihin kuuluu tiedon varastointi, analysointi, visualisointi, hälytysjärjestelmät ja automaatio sekä laitteen oppiminen monien muiden palveluiden lisäksi.



**Kuva 7.** AWS-alustan viestin välitys laitteelta sovellukseen (Amazon Web Services)

AWS IoT-alusta on tehokkaasti skaalautuva sen niin sanotun PUB/SUB (Publication/Subscribe) –järjestelmän vuoksi. Järjestelmä perustuu siihen, että sensori lähettää tiedon yhdyskeskukseen (gateway), josta se jaetaan laitteille, jotka ovat tilanneet kyseisen tiedon. Sensorin ei siis tarvitse tietää minne ja kuinka moneen kohteeseen tieto lähetetään. Näin luodaan helposti skaalautuva ja viiveetön viestintäkanava laitteiden välillä.

AWS IoT-alusta sisältää myös toimintoja, joilla laitteita voi hallita myös niiden ollessa offline-tilassa, eli internet-verkon ulkopuolella, niin, että laite on halutussa tilassa heti sen palautuessa online-tilaan, ja saa yhteyden verkostoon. Tämä toimii niin sanotulla Device Shadow-palvelulla, joka on lähettää käskyn offline-tilassa olevaan laitteeseen. Tätä kautta voi lukea laitteen nykyisen tilan ja asettaa uuden, halutun tilan laitteen palautuessa online-tilaan tehokkaasti ilman erityistoimenpiteitä. (Amazon Web Services, b)

AWS IoT-alustan ohjelmistokehityspaketti tukee MQTT, HTTP ja WebSockets protokollia ja C-, JavaScript- ja Arduino-ohjelmointikieliä sekä avointa lähdekoodia. Rules Engine on alustan osa, joka ottaa vastaan gatewayn kautta tulevia viestejä, ja välittää ne vastaanottajalle asetetun säännön mukaan. Vastaanottaja voi olla toinen laite, pilvipalvelu tai AWS:n web-palvelu. Alustaan integroitujen palveluiden avulla voidaan analysoida viestejä, luoda visuaalisia esityksiä historiatiedon perusteella tai lähettää hälytyksiä. Käyttäjä voi ohjelmoida säännön toimimaan erilaisissa tilanteissa haluamallaan tavalla, esimerkiksi lähettämään viestin hälytyspalveluun, jos lämpötila nousee liian korkeaksi, tai verrata lämpötilaa muiden vastaavien sensoreiden keskimääräiseen lämpöön.

Alustaan kuuluu rekisteri, joka luo jokaiselle laitteelle identiteetin ja seuraa sen metadataa eli laitteen ominaisuuksia ja toimintoja. Rekisteriin tallentuu myös missä muodossa sensori tuottaa dataa, esimerkiksi käytetäänkö lämpötilan ilmaisemiseen Fahrenheit- vai Celsius-asteita. Jokaisen laitteen tiedot säilyvät rekisterissä ilman lisämaksua tai aktiivista ylläpitoa. (Amazon Web Services, c)

AWS on aikeissa kehittää tarjontaansa IoT-laitteiden laitteistojen osalta, ja tekee yhteistyötä Broadcomin, Intelin, Qualcommin ja Texas Instrumentsin kanssa luodakseen IoT-komponentteja, jotka ovat yhteensopivia AWS:n IoT-alustan kanssa. (Computer World UK)

Alustan käyttö maksaa tällä hetkellä viisi dollaria jokaista miljoonaa viestiä kohden. Huomatavan suuren palvelutarjonnan vuoksi, alustan hinta muodostuu monista osa-alueista. Palveluista maksetaan käytön mukaan, ja AWS antaa tarjouksia perustuen käyttäjän tarpeisiin ja maksutapaan. Lisäksi tarjotaan monipuolisia palveluita, joilla omaa palveluiden käyttöä voi optimoida ja löytää parhaimmat tarjoukset ja palveluyhdistelmät. (Amazon Web Services, a)

### 3.8 MuleSoft Anypoint

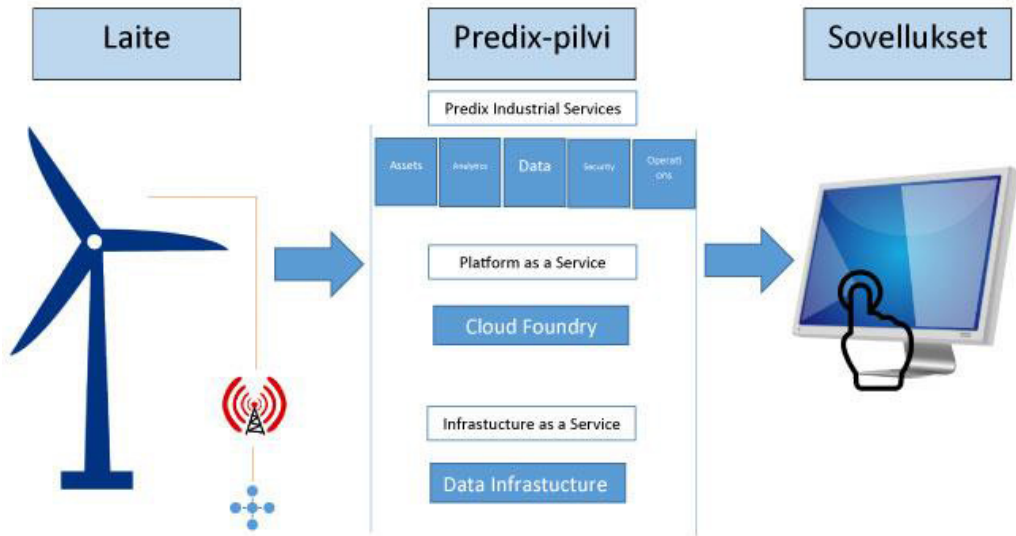
Mulesoft ratkaisee integraation haasteet omalla avoimen lähdekoodin Anypoint Platform –integraatioalustallaan, joka tarjoaa ratkaisuja API (Application Programming Interface) ohjelmointirajapinnassa, SOA (Service Oriented Architecture) palvelukeskeisessä arkkitehtuurissa ja SaaS (Software as a Service) ohjelmiston hankinnassa palveluna. Alusta luo yhteisen pohjan sovelluksille, laitteille ja datalle. (MuleSoft, a) Anypoint-alusta muodostuu Mulesoftin olemassa olevista ohjelmistoista, kuten pilvipalvelusta, jonka lisäksi IoT-alustaan on lisätty toimintoja ohjelmointirajapintojen muodostamiseen ja ohjaamiseen.

IoT-ratkaisut on otettu Mulesoftilla hyvin huomioon. Anypoint Platform mahdollistaa laitteiden ohjaamisen ja hallinnan sekä tiedon siirron laitteiden välillä. Mulesoft-järjestelmää voidaan käyttää porttina IoT-laitteen sensoritiedon välittämiseen. (MuleSoft, b) Tuettuja laitteita ovat Windows-, Linux-, Mac- ja web-pohjaiset laitteet. Anypoint on ensisijaisesti sovellusintegraation tarkoitettu alusta. Sovellusten luominen tapahtuu yksinkertaisella, graafisella alustalla (GetApp). Anypoint-alusta kattaa sovelluksen tai API-ohjelmointirajapinnan koko elinkaaren

ja laiteliitettävyyden. Avoimen lähdekoodin ja standardien kautta Anypointilla luotuja ohjelmointirajapintoja on helppo muokata, kehittää ja hyödyntää keskenään. (Finances Online)

Mulesoftilla on useita käyttäjiä eri toimialoilla, kuten kaupan alalla, valtion virastoissa, logistiikka- ja autoteollisuudessa. (Mulesoft, a) Mulesoft mainitsee asiakkaiskseen isoja, keskiuuria ja pieniä yrityksiä.

### 3.9 GE Predix



**Kuva 8.** Data siirtyy laitteesta Predix-pilvipalveluun ja sovelluksien käyttöön. (mukaillen Predix Developer Network)

GE Predix on erityisesti teollisuuden käyttöön suunniteltu IoT-alusta. Alustan toiminnot on suunniteltu tukemaan erityisesti teollisuuden tarpeita. Predix on valmis ottamaan vastaan tietoa teollisuuden vaatimalla nopeudella ja volyyymilla tietoturvalliseen pilvipalveluun. Alustaan voidaan integroida mikä tahansa teollisuuslaite turvallisesti. Alusta tarjoaa kattavat tiedon analysointipalvelut ja tuottaa ennusteita datan trendien perusteella.

Predixin tarjoamat sovellukset muodostavat niin kutsutun katalogin, josta käyttäjä voi valita haluamia toimintoja. Näin on helppoa lisätä ominaisuuksia sekä muuttaa toimintoja ilman raskasta koodaamistyötä muutoksen mahdollistamiseksi. Älykkäät analysointipalvelut huomioivat erityisesti teollisuusyritykselle hyödylliset tiedot, kuten laitteiden seisonta-ajan ja käyttöasteen sekä –tehon. (Predix, a)

Predixin pilvipalvelu on rakennettu Pivotalin Cloud Foundry –alustalle. Tämä pilvipalvelualusta mahdollistaa useiden ohjelmointikielien käytön sekä tarjoaa laajaan palvelukatalogin Predix-järjestelmään. (Predix, b)

Palvelukatalogi sisältää noin viisikymmentä sovellusta, joista käyttäjä voi valita itselleen tarpeelliset palvelut. Palveluihin kuuluu muun muassa yhdistettävyyteen liittyvät sovellukset, joiden kautta alustaan voidaan liittää erilaisia koneita ja laitteita. Tiedon tallennukseen on useita

palveluita, jotka takaavat suurenkin tietomäärän luotettavan varastoinnin. Tieto voidaan hakea ja siirtää tehokkaasti palveluiden avulla, sekä välittää viestejä laitteiden ja pilvipalvelun välillä.

Analytiikka on erityisesti keskittynyt teollisuuden tarpeisiin. Hyödyllinen palvelu on myös vian tunnistus, joka seuraa järjestelmässä tapahtuvia vikoja ja epänormaalia käyttäytymistä, sekä tunnistaa järjestelmän sisäisen vikatilanteen. Tietoturvan takaamiseksi käyttäjän tunnistaminen ja kirjautumisen hallinta, useiden muiden tietoturvakäytänteiden lisäksi, on mahdollista lisätä omaan IoT-alustaan tarpeen mukaan. Älykkään ja turvallisen teollisuusympäristön luomiseksi on tarjolla palveluita, joilla voi seurata liikennettä ajoneuvojen ja kävelijöiden välillä sekä hankkia tietoa alueesta esimerkiksi kuvan muodossa. Paikannusvälineiden integrointi on mahdollista turvallisuuden parantamiseksi. (Predix Developer Network)

### 3.10 IBM Watson

IBM Watson on muun muassa KONE Oy:n ja Scanian käyttämä IoT-alusta. Alustan avulla laite yhdistetään IoT-verkkoon, jonka kautta se lähettää dataa pilvipalveluun, jonka kautta tietoa voi analysoida ja laitteelle lähetetään käskyjä ja lisätään toimintoja. Watson käyttää IBM Bluemix-pilvipalvelua, jonka kautta alustaan saa käyttöön kymmenittäin erilaisia palveluita. (IBM) Palveluihin kuuluu monipuoliset tiedon analysointi- ja varastointiohjelmat sekä kommunikointikanava laitteen ja alustan välillä, jonka avulla laitteita voidaan ohjata etänä. Watson toimii myös integraatioalustana, jonka avulla pilveen voi syöttää tietoa muista alustoista ja lähteistä. Watsonia voi kokeilla ilmaiseksi, ja sen jälkeenkin alustasta maksetaan käytön mukaan. (IBM, a)

Watsonin vahvuus on sen vankka tarjonta erilaisia palveluita esimerkiksi lisättyyn todellisuuteen, data-analyysiin, älykkäisiin ratkaisuihin liittyen. Watson on avoimen lähdekoodin alusta. (IBM, b) Tavallisten tiedon analysointipalveluiden lisäksi, Watson tarjoaa puheen tunnistus – palvelun, joka tunnistaa käyttäjän äänen, ja voi muuntaa englannin kielisen puheen tekstiksi. Samoin teksti voidaan muuntaa englannin tai espanjan kielistä tekstiä luonnolliseksi puheeksi. Watson osaa tunnistaa ja analysoida kuvamateriaalia, sekä yhdistää tietoa, joka ei ole tekstimuotoista. Yhdistetyn tiedon perusteella voidaan luoda älykkäitä ennusteita eri vaatimusten perusteella. (Internet of Things Wiki)

Joulukuussa 2016 IBM julkaisi suuren yhteistyösopimuksen BMW-autovalmistajan kanssa. Watson-alustaa ja Bluemix-pilvipalveluita hyödyntämällä IBM kehittää älykästä järjestelmää autoihin, parantaakseen auton ja kuljettajan välistä kommunikaatiota, ja sitä kautta ajomukavuutta ja turvallisuutta. Järjestelmä tunnistaa kuskin ajotavan, tarpeet ja mieltymykset, jonka perusteella auton asetukset muuttuvat, kun kuski tunnistetaan. Käytännössä, kuski voi esimerkiksi kysyä järjestelmältä kysymyksiä, esimerkiksi ajo-ohjeita, tietoa ajoneuvosta, liikenteestä ja säästä, ilman että, keskittyminen ajosta herpaantuu. IBM on tehnyt huomattavia investointeja ja kehittääkseen innovaatioita ja yhteistyötä auto-, tekniikka-, tuotanto-, terveys- ja vakuutusaloilla. (M2M Magazine)



Kuva 9. Näyttökuv Watson-alustan visualisoidusta data-analysista. (IBM)

Watson-alusta on saanut lähiaikoina huomiota yhteistyöstään KONE Oy:n kanssa. Tekniikan Maailma -lehti kertoo hissijärjestelmästä, jossa hyödynnetään Watson-alustaa, ja sen kognitiivista tiedonkäsittelyjärjestelmää. Alustaa hyväksikäyttäen on toteutettu järjestelmä, jossa laitteiden käyttämä raaka viestikieli on käännetty ymmärrettäväksi, ja laitteiden keskustelua voi seurata pilvipalvelukeskuksen kautta. Järjestelmän tarkoitus on vähentää laitteiden käyttökatkoksia ja vikoja, sekä parantaa kunnossapitotoimiin liittyvän tiedon saatavuutta. Tiedon perusteella voidaan ennakoida vikoja, ja parantaa käyttövarmuutta sekä kehittää uusia innovaatioita. (Tekniikan Maailma)

### 3.11 PTC Thingworx

PTC on kansainvälinen teknologian palveluntarjoaja, joka toimii 30 maassa. PTC tuottaa ratkaisuja IoT-sovelluksille, muunnettuun todellisuuteen ja 3D-laitteisiin. Kokemus muunnetun todellisuuden ratkaisuista, laajentaa käyttömahdollisuuksia myös Thingworx-alustan käytössä. (PTC, a)

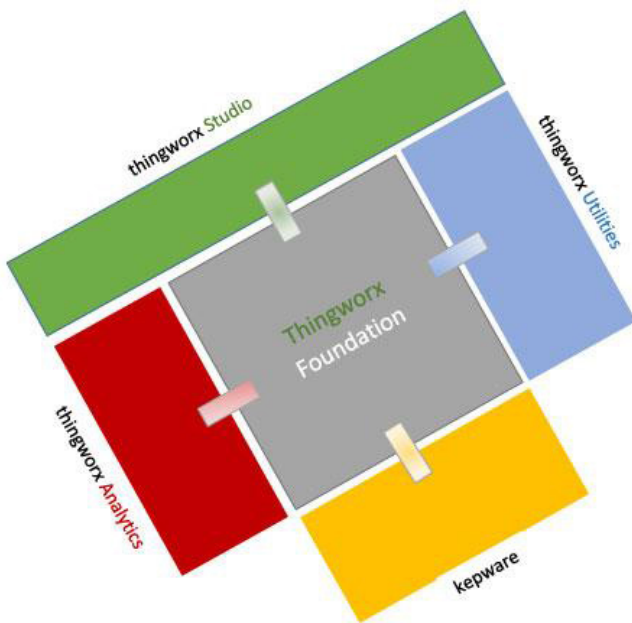
IoT-integraatioalusta Thingworks on suunniteltu tukemaan nopeaa kehitystä ja käyttöönottoa. IoT-tuotteen julkaisu markkinoille on nopeaa ja mahdollisuudet jatkokehitykselle on otettu laajasti huomioon. Alustan kestävyuden vuoksi, sitä on helppo käyttää ja kehittää yksinkertaisilla ratkaisuilla, mutta se tukee myös kokeneen tekijän haastavia ratkaisuja. Sovelluksen voi luoda yksinkertaisimmillaan niin sanotulla "drag and drop" -tyylillä, jolloin tekijän ei tarvitse koodata ollenkaan. Intuitiivinen käyttöliittymä takaa nopean kehityksen ja helpon käytettävyyden. Alusta tukee yleisesti teollisuudessa käytettyjä MQTT, OData, OPC, Modbus ja Zig-bee/ZWave protokollia (IoT Evolution World, b).

Thingworks analysoi automaattisesti laitteiden tuottamaa dataa ja prosesseja. Tietomäärän ollessa suuri, on erityisen tärkeää, että integraatioalusta jäsentelee tiedon tavalla, jota on helppo hyödyntää tuloksen parantamiseksi. Analytiikka ja simulaatiot ovat ennakoivia, ja alusta

seuraa poikkeavuuksia laiterajapinnassa reaaliajassa. Tieto on tarkoitettu analysoida niin, että voidaan ennakoita tulevia trendejä ja reagoida tapahtumiin proaktiivisesti.

PTC:n tuotevalikoimaan kuuluu myös Thingworks DevZone ja Marketplace, joiden kautta integraatoratkaisuja voi jakaa muiden käyttäjien kanssa, ja samoin hyödyntää muiden käyttäjien ratkaisuja. (PTC b ja Thingworx)

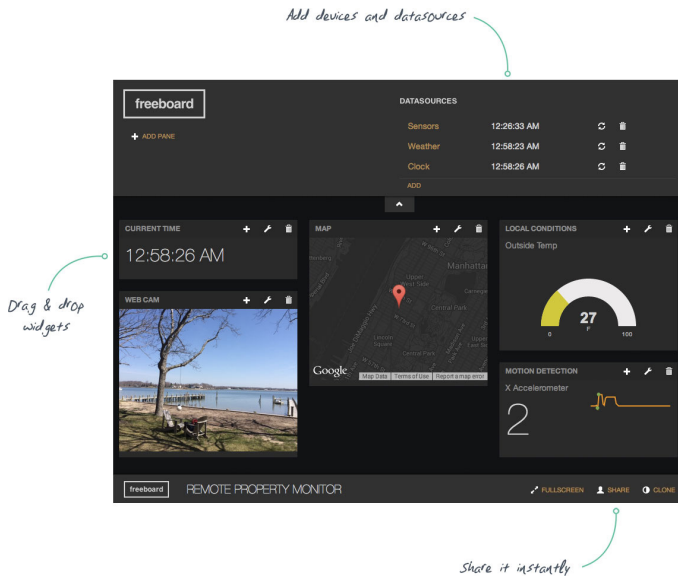
Thingworks muodostuu viidestä osasta, jotka on esitelty kuvassa. Alusta perustuu Thingworks Foundation –osaan, johon kaikki komponentit liitetään. Utilities sisältää laajan valikoiman lisäosia, joilla tietoa voi esimerkiksi analysoida ja optimoida prosesseja. Analytics-osiolla IoT-kehittäjät voivat lisätä alustaan esimerkiksi viantunnistuksen, ennakoivan analyysiin ja simuloida kehitettyjä ratkaisuja. Studio on tehokas muunnetun todellisuuden teknologia, jonka avulla alustaa voi myös skaalata yrityksen tarpeisiin. Kepware on kommunikaatioalusta, jonka avulla teollisuuden sovellukset ja laitteet voidaan yhdistää alustaan. (ThingWorx)



**Kuva 10.** Thingworx-alustan arkkitehtuuri muodostuu Foundation-osan ympärille. (mukaillen Thingworx)

Thingworx-alustan haku-ominaisuuksia on kehitetty niin, että voidaan luoda ja integroida kontekstihakuja, joilla voidaan hakea tietoa suoraan esimerkiksi sovelluksesta. Integraatio onnistuu niin useiden muiden IoT-alustojen, pilvipalveluiden kuin CRM- ja ERP-järjestelmienkin kanssa. Toimintoja tukee chat- ja online-tiimityöskentelyominaisuudet. (IoT Evolution World, b)

### 3.12 Freeboard.io



**Kuva 11.** Helppokäyttöinen ja visuaalinen tilannenäyttö Freeboard-alustalla toteutettuna. (Freeboard)

Freeboard on avoimen lähdekoodin alusta, josta maksetaan oman käyttöasteen mukaisesti ja riippuen alustan salaustarpeesta. Freeboard toimii ensisijaisesti niin sanottuna "dashboardina", eli se näyttää tietoa, mutta se ei sisällä älykkäitä toimintoja, eikä tiedon varastointiominaisuuksia. Alusta toimii niin sanotulla drag&drop-tyylillä, mikä on erittäin yksinkertainen tapa käyttää alustaa. Freeboard tarjoaa useita widgetejä, joista voi muodostaa oman näkymänsä, tai widgetin voi luoda itse. Alustan vahvuus onkin sen huomattavan yksinkertainen käyttöliittymä, joka on helppo ja nopea ottaa käyttöön ja kehittää.

Freeboard integroituu saumattomasti palveluntarjoajan omaan dweet.io-järjestelmään. Dweet-järjestelmään voi varastoida dataa ja asettaa hälytyksiä. Dweet on esineiden internetin hälytysjärjestelmä, joka lähettää viestejä ja hälytyksiä esineen tuottaman datan perusteella (Dweet.io). Alusta on myös yhteensopiva web-pohjaisten ohjelmointirajapintojen kanssa. (Freeboard.io)

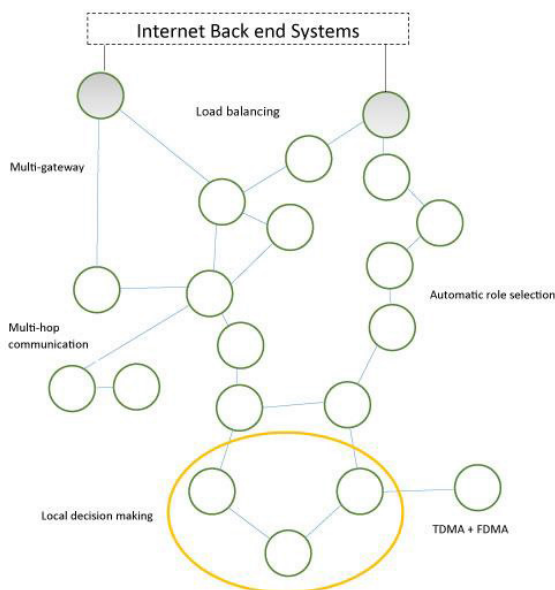
Freeboardin erikoisominaisuus on sen käyttömahdollisuus täysin internet-selaimen varassa staattisena web-sovelluksena, joka ei vaadi omaa serveriä. Tämän vuoksi alusta on hyvä valinta sulautettujen laitteiden alustana. (Github) Freeboardin käyttö on muihin alustoihin verrattuna erityisen yksinkertaista, mikä mahdollistaa IoT-ratkaisujen käyttöönoton kohtuullisen helposti yrityksille, joilla ei ole kokemusta kyseisestä aiheesta.

Freeboard ei sisällä älykkäitä toimintoja, kuten tiedon analysointipalveluita. Se on ensisijaisesti tarkoitettu reaaliaikaisen sensoridatan visuaaliseen esittämiseen. Tietoa ei kuitenkaan voi säilöä Freeboard-alustaan, eikä laitteita voi hallita Freeboardin kautta. Tämä alusta sopii siis ainoastaan erittäin yksinkertaiseen IoT-tarpeeseen, jossa tiedon visuaalinen esittäminen on ensisijainen tarve, eikä älykkäitä ominaisuuksia tarvita.



### 3.13 Wirepas Connected Platform

Wirepas on suomalainen integraatioalusta, joka luo oman uniikin ja itseohjautuvan sensoriverkoston. Jokainen sensori toimii omana vastaanottimenaan ja tunnistaa älykkäästi roolinsa verkostossa. Verkosto tunnistaa parhaimman reitin viestin välittämiseen vastaanottiin. Viesti kulkee siis sensoreiden välillä, eikä suoraan yksittäisestä sensorista vastaanottiin. Tällä tavoin sensori on tehokas ja säästää virtaa, eli sen käyttöikä on pitkä. Laitteet käyttävät virtaa ainoastaan lähettäessään viestin läheisimpään laitteeseen, joten turhasta ”kuuntelusta” voidaan luopua. Sensoreiden välisen viestinnän vuoksi alusta ei aseta rajoituksia laitemäärään liittyen, eikä vaadi lisätoimia verkostoa laajentaessa. Viestillä on aina useita mahdollisia kulkukanavia, joten lähetys on varmaa myös vikatilanteen sattuessa yksittäisessä laitteessa. (Wirepas, a)

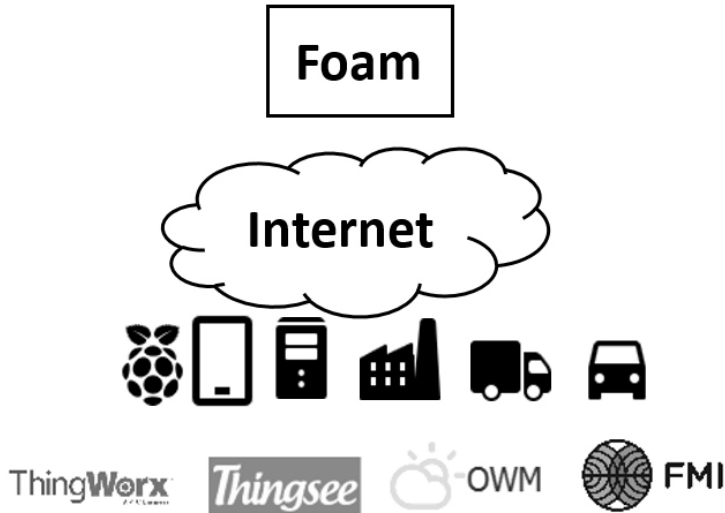


**Kuva 12.** Kuvaus Wirepas-sensoriverkosta. (mukaillen Wirepas)

Wirepass verkosto voidaan luoda Wirepasin laitteiden välille. Tällä hetkellä Wirepasiin voi yhdistää sähkö- ja vesimittarit, sensorit, jotka mittaavat muun muassa lämpötilaa tai ilmanpainetta, ulko- ja sisävalaistukseen liittyvät sensorit sekä beacon-tägit, joilla lähetetään viestejä mobiililaitteisiin. (Wirepas, b) Tarjonta kattaa siis yleisimmät laitteet eri tarkoituksiin, mutta sen heikkous on, ettei verkostoon voi lisätä ulkopuolisia laitteita.

Wirepasin toiminnot rajoittuvat sensoridatan tehokkaaseen lähettämiseen päätelaitteelle, mutta kyseisen alustan avulla tietoa ei voi tallentaa tai analysoida. Wirepas-alustan avulla voi seurata ainoastaan sensorin lähettämää tietoa reaaliajassa. Tieto ei kuitenkaan ole varastoitu alustan omaan pilvipalveluun, eikä siihen voi palata myöhemmin.

### 3.14 Foam



**Kuva 13.** Foam-alustassa hyvät integraatio-ominaisuudet useiden muiden IoT-alustojen kanssa. (Foam)

Foam-järjestelmä on Centria-ammattikorkeakoulun kehittämä alusta, joka on kehitetty tiedonkeruu-, esitys- ja analysointitarpeisiin Centrian tutkimushankkeissa. Se on ollut käytössä muutamassa Centrian digitalisaatio-hankkeessa. Alustaa voidaan käyttää IoT-alustana tai muiden alustojen integraatioalustana. Alustan käyttöjärjestelmä pohjautuu avoimeen lähdekoodiin. Siinä käytettävät moduulit ovat yhteisön luotettaviksi ja toimintavarmiksi toteamina ja validoituja, sekä jatkuvasti kehittyviä. Alusta tukee yleisesti käytettyjä rajapintoja ja mahdollistaa tiedon keräämisen ulkopuolisista palveluista jo olemassa olevien tai uusien itse-luotujen ohjelmointirajapintojen kautta. Kolmannen osapuolen palveluiden integrointi onnistuu kohtuullisen tehokkaasti johtuen SOA-arkkitehtuurista ja käytetystä Python-ohjelmointikielestä. Foam-alusta tukee yleisimmin käytettyjä protokollia, kuten sähköpostia. Lisäksi se tukee suosittujen IoT-alustojen ohjelmointirajapintoja sekä suoria tietokantayhteyksiä.

Foam-alusta on erittäin sopiva Centrian tutkimus- ja kehitystoiminnassa käytettäväksi alustaksi, koska se on rakennettu oppilaitoksen tarpeisiin, ja sen laajentamis- ja muokkaamismahdollisuudet ovat käytännössä rajattomat. Centrian työntekijöillä on täydet oikeudet alustan muokkaamiseen, mikä on suurin ero tämän ja kaupallisten alustojen välillä.

Tällä hetkellä järjestelmä sopii parhaiten sensoritiedon tallennukseen ja esitykseen järjestelmän ulkopuolella olevien nettisivujen avulla, käyttäen JavaScript-kirjastoa tiedon visualisointiin. Kuitenkin alustan kehittäminen on mahdollista toteuttaa nopeasti juuri tarvittavalla tavalla. Tulevaisuudessa alustassa tullaan kehittämään esimerkiksi hallintasivuston web-sovellusta, lisäämään tallennusmuotoja sekä parantamaan sisäisiä palveluita ja visualisoinnin työkaluja. (Liuska)

### 3.15 Babelway

Babelway on Belgiassa ja Amerikassa sijaitseva yritys, joka tuottaa yksinkertaisen tavan tiedonvälitykseen b2b-ympäristössä. Käyttäjä voi Babelwayn kautta lähettää toiselle yritykselle, toimittajalle, asiakkaalle tai omaan sisäiseen tietokantaan, tiedostoja missä tahansa Babel-

wayn tukemassa muodossa automaattisesti. Babelway muuntaa tiedoston vastaanottajan tukemaan muotoon. Babelway tukee kymmeniä yleisimpiä tiedostomuotoja.

Babelway käyttää SSL-suojausta, joten tiedonsiirto on turvallista ja luotettavaa. Tietoa voidaan säilyttää Babelwayn arkistossa jopa kymmenen vuotta. Arkistoa voidaan siis käyttää tiedon säilyttämiseen ja palauttamiseen aikaleimoinen esimerkiksi verotustarkoituksissa. Babelway on täysin verkossa toimiva alusta, mikä varmistaa tehokkaat päivitykset uusien tiedostomuotojen tullessa käyttöön. Käyttöönotto on ilmaista ja helppoa, ja käyttö tapahtuu oman internet-selaimen kautta. (Babelway, a)

Babelwayn hinnoittelu perustuu yrityksen kontaktien ja lähetettyjen viestien määrään. Yksittäisen tiedoston lähettäminen maksaa 0,04-0,13 euroa tiedostomäärästä riippuen. Halvin paketti maksaa yritykselle 300 euroa kuukaudessa. Aloituskustannuksia ei ole. (Babelway, b)

Babelway on tarkoitettu palvelemaan yritysten tarpeita dokumenttien lähettämisessä, ja IoT-tiedonsiirron mahdollisuudet ovat erittäin rajalliset.

## 4. SUOSITELLUT IOT-ALUSTAT ERILAIISIIN KÄYTTÖKOHTEISIIN

Selvityksessä huomataan, että alustoilla on erilaisia ominaisuuksia ja valmiuksia. Yksittäisen alustan nostaminen parhaaksi ei ole järkevää, koska alusta suunnitellaan vastaamaan yleisiä IoT-vaatimuksia. Kuitenkin alustoilla on erilaisia ratkaisuja erityisesti yksittäisen toimialan tarpeisiin. Osa alustoista vastaa myös tarkemmin yksittäiseen IoT-tarpeeseen. Alustalla voi olla erittäin laaja valikoima erilaisia toimintoja, tai se voi sisältää vain yksittäisiä toimintoja erityistarpeisiin. Tässä kappaleessa pyritään huomioimaan alustojen erityispiirteitä ja sopivia käyttökohteita.

Selvityksessä BabelWay ja Freeboard tarjoavat suppeimman tarjonnan IoT-integraatioon. Freeboard on tarkoitettu tiedon visuaaliseen esittämiseen, mutta se ei säilö tai ohjaa älykkäästi laitteita. Se on kuitenkin erittäin helppokäyttöinen ja sopiva tilanteisiin, jossa laitteita voidaan ohjata manuaalisesti. BabelWayn tarkoitus on integroida erilaisia dokumenttimuotoja yleensä asiakkaan ja yrityksen välillä, eikä se tarjoa palveluita IoT-laitteiden hallintaan. BabelWay muuttaa tiedostoja vastaanottajan tukemaan muotoon.

Wirepas Connected Platform on täysin tiedon välittämiseen tarkoitettu alusta, eikä tarjoa muita tiedon varastointiin tai analysointiin liittyviä palveluita. Sensoritieto lähetetään Wirepas-alustalla tehokkaasti, eikä se kuluta paljoa virtaa. Kuitenkin sensoridataa voi tarkastella ainoastaan reaaliajassa, eikä laitteita voi ohjata alustan kautta. Tämä alusta sopii parhaiten tilanteisiin, joissa on tärkeää lähettää dataa tehokkaasti ja pienellä virran kulutuksella, mutta tietoa ei tarvitse analysoida eikä alustan tarvitse ohjata älykkäitä toimintoja.

Kaa tukee erityisen useaa sovellusprotokollaa; tuettuna on REST, MQTT, CoAP ja XMPP. Yleisin tuettu protokolla muilla alustoilla on REST, muiden yksittäisten suosittujen protokollien lisäksi. HTTP, WebSockets, and MQTT ovat suosittuja protokollia, joita esimerkiksi AWS IoT-alusta tukee.

Suurin osa käsitellyistä alustoista tarjoaa ohjelmointirajapinnat web-käyttöön sekä Android- ja iOS-järjestelmille. Kuitenkin Googlen Android Things on kehitetty ainoastaan Android-käyttöön. Kaa ja Ayla Networks eivät tarjoa web-ohjelmointirajapintaa. (Ganguly, P.)

Kaa-alusta saa useissa vertailuissa positiivista huomiota sen avoimen lähdekoodin ja luotettavan tiedonsiirron vuoksi. Paikallinen tiedon varastointi on hyvin turvattu ja datan lähetyksen sarjoitus ovat hyvin toimivia. Suositut Java- ja C-ohjelmointikielet takaavat helpon käyttöönoton ja sujuvan kehityksen useille toimijoille. Kaa toimii integraatioalustana monille muille IoT-alustoille.

Mielenkiintoinen asia Ayla Networks –alustassa on sen yhteistyösopimukset muutamien laitteistovalmistajien, kuten Broadcomin, Qualcommin, Marvell Technology Groupin, STMicroelectronicsin ja NXP Semiconductorsin kanssa. Näillä laitteistovalmistajilla on tuotteita, joihin on upotettu Ayla-siru, jonka kautta laite on suoraan yhteydessä Ayla-IoT-alustaan. Näiden laitteiden kohdalla säästytään siis kaikelta laitteisto-ohjelmoinnilta. Siruja voidaan ostaa ja upottaa mihin tahansa laitteeseen, ja näin säästytään IoT-integraatiolta, kun laite on automaattisesti osa Ayla-verkkoa. (Forbes, b)

GE Predix alustan vahvuus on sen tuntemus ja sopivuus teollisuuden alalle. Alusta tukee erittäin laajaa kirjoa teollisuuden laitteita, eikä anna vaatimuksia laitteiden merkille tai iälle. Alusta

on suunniteltu juuri teollisuusaloille, joten se skaalautuu sitä vastaaviin tarpeisiin ja palvelut ovat teollisuudelle hyödyllisiä.

Microsoft Azure ja AWS IoT-alustoilla on vertailussa yksi pisimmistä toimintahistorioista; noin kymmenen vuotta. AWS on toiminut alusta alkaen avoimella lähdekoodilla. Azure on erityisesti Microsoftin käyttäjille helposti integroitavissa, mutta avoin lähdekoodi on otettu käyttöön myöhemmin. Integraatio Linuxin kanssa on kuitenkin edennyt jo niin pitkälle, etteivät Linux-käyttäjätäkään kohtaa ongelmia Azuren kanssa. Kuitenkin näiden kahden erot avoimen lähdekoodin käytössä ja integraatiossa ovat melko pieniä.

Microsoftin Azure mainitaan vertailuissa erittäin kilpailukykyiseksi kokonaisvaltaisen IoT-verkon luomisen apuna. Azuren avulla esineiden internet –verkon luominen on helppoa ja yksinkertaista, sillä kaikki tarvittavat komponentit ja palvelut löytyvät saman alustan alta. Laitteiden yhdistäminen verkkoon, sovellusten luominen, datan varastointi sekä tiedon analysointi ja laitteiden ohjaaminen onnistuvat kaikki samalla alustalla.

Azuren lisäksi monipuolisella ja luotettavalla toiminnallaan vertailuissa menestyy AWS IoT-alusta. AWS tarjoaa huomattavan määrän palveluita, jotka toimivat luotettavasti ja turvallisesti. Laitteiden lähettämä tieto varastoidaan ja analysoidaan tehokkaasti. Visuaalisten analyysien avulla voidaan luoda monipuolisia sääntöjä laitteiden itsenäiseen reagointiin erilaisiin ennalta määriteltäviin tilanteisiin. Yhteys laitteisiin säilyy myös laitteen mennessä offline-tilaan, ja laitteen tilan voi määrittää muuttuvan heti kun yhteys on luotu. (Internet of Things Wiki)

Mulesoftin Anypoint-alusta on saanut oman jalan sijansa alustojen joukossa, sillä heillä on yli 3200 asiakasyritystä. Mulesoft lupaa että, alustan käyttöönotto ja sovellusten julkaisu markkinoilla on mahdollista toteuttaa nopeasti ja tehokkaasti avoimien standardien vuoksi. On kuitenkin hyvä ottaa huomioon, että laajasti muokattavan alustan sopeuttaminen suuren yrityksen laajoihin IoT-verkkotarpeisiin voi viedä paljon aikaa. Pienelle yritykselle mahdollisuus kehittää alustaa itse, juuri omiin tarpeisiin, ilman koodauspyyntöä alustan tarjoajalta, on hyödyllistä ja edullista. Anypoint-alustan käyttöliittymä on kohtuullisen selkeä ja helppokäyttöinen. Kuitenkin alustan räätälöinti vaatii useimmiten ammattimaisia ohjelmointitaitoja. (GetApp)

Ayla ja Googlen Android Things mainitsevat käyttökohteikseen kotitalouden laitteiden hallinnan. Ayla Networks on käytössä esimerkiksi hotellissa, jossa vieras voi hallita hotellihuoneensa toimintoja oman puhelinsovelluksensa kautta. Android Things on myös integroitu kodin laitteiden kanssa. Näillä alustoilla voidaan siis hallita esimerkiksi ilmastointia tai keittiön laitteita. Molemmat alustat sopivat kuluttajakäyttöön ja vähittäismyynnin tehostamiseen mobiilisovelluksen avulla. Teollisuuden tarpeisiin kumpikaan alusta ei ole erityisesti tarttunut.

GE Predix on tutkituista alustoista eniten suuntautunut suurteollisuuden, kuten ilmailualan tarpeisiin. Alustan ominaisuudet ovat hyvin vastaavia teollisuuden automaation prosesseihin liittyen. GE Predix ja PTC Thingworx ovat tehneet yhteistyösopimuksen, tarkoituksena kehittää Predix-alustasta kattava ja ajantasainen nykyaikaisiin IoT-tarpeisiin. Predix-alusta on melko uusi markkinoilla, joten kattavan ”end-to-end”-alustan palveluiden kokoaminen suuren mittakaavan teollisuusyrityksille asettaa haasteita. Kuitenkin toimittajien yhteistyöllä on positiivisia vaikutuksia tarjottavien palveluiden määrään. (Business Insider, a)

Mielenkiintoinen yhteistyösopimus on tehty suomalaisen Ixonos-teknologiapalvelutoimijan ja IBM:n välillä. Ixonos käyttää IBM Bluemix-pilvipalvelualustaa omien asiakkaidensa IoT-ratkaisujen alustana. Bluemix on osa myös tässä selvityksessä tutkittua Watson-alustaa. Ixonos

perustelee Bluemixin käyttöä sen laajalla infrastruktuurilla IoT-ratkaisun pohjaksi, sekä mahdollisuudella tuoda IoT-tuote nopeasti markkinoille. Bluemix-alustaa hyödyntämällä voidaan luoda räätälöityjä ratkaisuja erilaisiin käyttökohteisiin. (Ixonos, a) Ixonos on design-lähtöinen teknologiayritys, joka tuottaa asiakkailleen ratkaisuja digitalisaation kehittämiseen ja mobiili-tekniikan hyödyntämiseen liikkuvuuden ja asiakaskokemuksen parantamiseksi. (Ixonos, b)

Centrian kehittämä FOAM-alusta sopii erityisen hyvin Centrian kehityshankkeisiin, sillä alustan luominen on saanut alkunsa juuri näiden tarpeiden pohjalta. Alustan käyttö hankkeissa on ilmaista, ja alustan muokkaus- ja kehitysmahdollisuudet ovat rajattomat. Alustaa ei ole kehitetty laajaan markkinajakeluun, joten sen käyttö ei ole mahdollista ilman yhteistoimintaa Centrian kanssa. Alustaa kehitetään Centrian tutkimustyön asettamien vaatimusten ja tarpeiden perusteella Centrian tutkimustyöryhmien toimesta.

#### 4.1 Centriassa testatut IoT-alustat

Centrian tutkimuksissa on jo hyödynnetty joitain selvityksessä tutkittuja alustoja. Tässä kappaleessa tutkitaan näiden käytettyjen alustojen käyttökokemuksia, ja sopivuutta tutkimushankkeiden käyttöön. Hankkeissa on testattu Foam, Freeboard ja Azure-alustoja. Näistä alustoista hankkeen tutkijoilla on kokemusta ja osaamista entuudestaan.

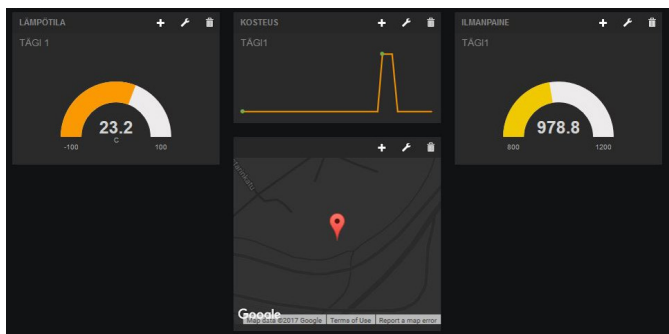
Centrian hankkeissa on luonnollisesti hyödynnetty Foam-alustaa, joka on osaltaan kehitetty Centrian hankkeiden puitteissa. Alusta on kehitetty juuri hanketoiminnan tarpeiden mukaan, ja sen ollessa talon sisällä kehitetty alusta, sen muokkaaminen suuressakin määrin on mahdollista. Alustan käyttö ei aiheuta kustannuksia. Kolmannen osapuolen ohjelmistoja on integroitu alustaan tarpeen mukaan, ja integrointi koetaan helpoksi ja nopeaksi. Koska alusta on luotu vastaamaan talon sisäisiin tarpeisiin, sen kehitys ei ole samalla tasolla kuin kaupallisten alustojen. Parhaiten alusta sopii sensoritiedon keräämiseen ja esittämiseen, mutta uudet, tarvittavat ominaisuudet täytyy käyttäjän luoda itse. Alustan kehittämiseen hankkeissa on täydet oikeudet, mutta kehitystyötä tarvitaan joissain tapauksissa enemmän kuin kaupallisen teollisen internetin alustan käytössä.



Kuva 14. Foam-alustan tiedon visualisointi näytöllä. (Foam)

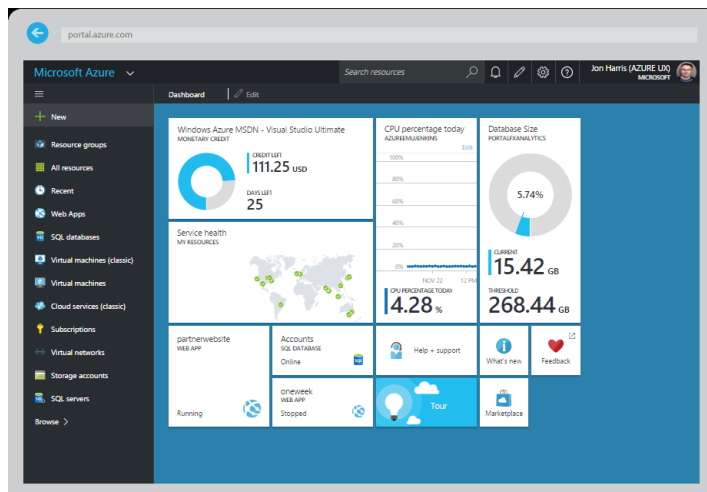
Freeboard-alustaa ollaan hyödynnetty Biline-hankkeessa muutaman sensorin ajantasaisen tiedon esittämiseen tilannenäytöllä. Alustaa on käytetty tilanteissa, joissa ollaan haluttu visualisoida tietoa yksinkertaisella ja nopealla tavalla. Alustan käyttöönotto on koettu helpoksi, koska siinä on valmiit rajapinnat ja integraatio-ominaisuudet muiden alustojen kanssa. Näin ollen on helppoa hakea tietoa visualisoitavaksi Freeboardissa esimerkiksi Dweet.io palveluista tai muista palveluista jotka tukevat JSON-muotoa. Käyttöönotto onkin yksinkertaista, jos esitettävä tieto on valmiiksi sopivassa muodossa. Visualisoinnin tueksi Freeboard tarjoaa useita helposti käytettäviä komponentteja.

Freeboard ei itsessään ole IoT-alusta, sillä sinne ei voi tallentaa tietoa, tai käyttää sitä muuhun kuin tiedon visualisointiin. Freeboardin rajat tulevat vastaan nopeasti myös laajemmassa visualisointityössä. Alustan käyttäminen on koettu työlääksi, jos on tarvetta monimutkaiseen useita sensoreita tai laitteita sisältävään visualisointiin. Se on kuitenkin helppo ratkaisu nopeaan tiedon esittämiseen visuaalisesti miellyttävällä tavalla.



**Kuva 15.** Freeboard-alustalla luotu kuvaus sensoreiden lähettämästä datasta. (Freeboard.io)

Azure-alusta on koettu helpoksi ottaa käyttöön sen monipuolisten palveluiden vuoksi. Palvelut voidaan ottaa käyttöön heti, ilman suurta ohjelmointityötä. Azuren kattavuus ympäri maailmaa koetaan hyväksi asiaksi, koska sen vuoksi alustan palvelut ovat saatavilla luotettavasti ja suorituskyky ei kärsi raskaassakaan käytössä. Biline-hankkeeseen Azure-alusta sopii käyttäjien mielestä hyvin, koska sen kapasiteetti riittää keräämään ja käsittelemään suurta määrää sensori- ja paikkatietoja.



**Kuva 16.** Azure-alustalla voi luoda haluamansa tietojen visualisointi –näytön. (Microsoft Azure)

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

IoT-alustan valintaprosessi on parasta aloittaa omien IoT-tarpeiden kartoittamisesta. Kun tunnetaan yrityksen tarpeet, voidaan hakea alusta, joka vastaa kyseisiin tarpeisiin, mutta ei tuo mukanaan ylimääräisiä toimintoja, jotka mahdollisesti lisäävät kustannuksia. Alustan valintakriteerejä voi olla erittäin paljon. Tässä muutamia asioita, jotka kannattaa ottaa huomioon kriteerejä koottaessa. Nämä ovat yleisiä kriteerejä, joiden täyttymistä ollaan arvioitu alustoja tutkittaessa. Alustat asettavat eri määriä painoarvoa kyseisille kriteereille.

- Yrityksen kasvu: Alustan valinnassa täytyy arvioida yrityksen kasvusuunnitelmat tulevien vuosien aikana. Kuinka paljon uusia sovelluksia otetaan käyttöön tulevaisuudessa? Kuinka paljon uusia laitteita liitetään IoT-verkkoon? Alustan tulee olla valmis tulevaisuuden käyttömääriin.

- Vanhan arkkitehtuurin määrä: Kun otetaan käyttöön uusi integraatio-alusta, täytyy varmistaa, että se integroituu olemassa olevan ohjelmisto-infrastruktuurin kanssa. Tarkka analyysi käytössä olevista, ja käytöstä poistuvista ohjelmistoista, on tarpeen, uutta alustaa valittaessa. IoT-alustan käytön tehokkuus on pitkälti kiinni siitä, kuinka hyvin se saadaan integroitua vanhojen järjestelmien kanssa.

- Uuden datan hyödyntäminen: IoT-alustan suurin hyöty, ja usein investoinnin tarkoitus, on saada uutta tietoa omista prosesseista. Ennen alustan valintaa kannattaa pohtia, minkälaista tietoa haluaa ja tarvitsee, jotta prosessia voi kehittää tuottavammaksi. Kun tiedetään mistä tiedosta on eniten hyötyä yritykselle, alustan valintaperusteet selkiytyvät. Tiedon keräämisellä täytyy olla tavoite, jotta se olisi hyödyllistä.

- Asiakkaan interaktiivisuus: Asiakaskokemusta voidaan kehittää monilla tavoin tarjoamalla IoT-palveluita, joihin asiakas interaktiivisesti osallistuu. Asiakastyytyväisyyden parantaminen nyt ja tulevaisuudessa, on mahdollista toteuttaa IoT-ratkaisuilla.

- Tiedonhallintastrategia: Teollinen IoT-järjestelmä tuottaa erittäin suuren määrän tietoa, jonka säilöminen vaatii yrityksen tietotekniikkajärjestelmältä paljon. IoT-alustan ja sovellusten skaalautuvuus on tärkeää. Lisäksi täytyy pohtia, miten kaikki tieto tallennetaan tehokkaasti ja turvallisesti. Pilvipalveluiden hyödyntäminen yksityisen tietokannan ohella on usein toimiva ratkaisu, jolloin tietoa saadaan tallennettua ulkopuoliseen pilvipalveluun. Tällaisia palveluita on useilla IoT-alustan tarjoajilla. Kaiken tiedon tallentaminen yksityiselle serverille on usein kallista, eikä siksi paras vaihtoehto. Pilvipalveluihin kuuluu erilaisia tietoturvaratkaisuja, joiden avulla suuri tietomassa saadaan säilöttyä järkevästi.

- Yrityksen oma IT-osaaminen: IoT-alusta toimii yrityksen toiminnan tukena, joten jokaisen alustan tehokkaassa käyttöönotossa tarvitaan taitoja ja yritystuntemusta, jotta alustasta saadaan täysi hyöty irti. Yrityksen sisäiset toimijat tuntevat yrityksen IoT-tarpeet parhaiten, ja siksi sisäinen IoT-osaaminen ja sen kehittäminen ovat ohittamaton osa IoT-verkon luomista. (Perry)

Kansainvälisesti tunnetut toimittajat, kuten Microsoft, Amazon ja Google voivat tarjota kattavan verkon, jonka kautta lähetetään erittäin suuria määriä dataa jatkuvasti. Tällöin verkko on luotettava, ja alusta skaalautuu tehokkaasti yksittäisen yrityksen suuriinkin laitemääriin ja käyttöasteeseen. Viestin lähetyksen viive on erittäin lyhyt, kun verkosto on kattava. Näiden



toimittajien vahvuus on myös palveluiden monipuolisuus ja tunnettuus muiden yritystoiminnan palveluiden kautta. Esimerkiksi SAP-järjestelmä ja pilvipalvelu ovat usein yrityksillä jo entuudestaan käytössä, joten saman toimittajan IoT-alusta voidaan helposti integroida järjestelmään.

Selvityksessä mainitaan niiden alustojen hintoja, jotka ilmoittavat ne omilla internet-sivuillaan. On kuitenkin hyvä huomioida, että IoT-alustan hinta muodostuu lähes aina käyttöasteesta ja tarvittavista palveluista. Usein alustan käyttöönotto on ilmaista, mutta integraation edetessä alustaan tarvitaan lisää kapasiteettia ja toimintoja, jolloin hinta nousee. Jos käyttöönottovaiheessa yritys tarvitsee konsultointia tai neuvontaa, tämäkin nostaa kuluja. On tärkeää arvioida kattavasti omat IoT-tarpeet, ja se, mitä alustalta odotetaan. Jokainen alustan kehittäjä tarjoaa omia pakettejaan asiakkaan tarpeiden perusteella.

Yksinkertainen alusta, jonka toiminta keskittyy yleisiin palveluihin, kuten tiedon varastointiin tai viestin välitykseen, on yleensä halvempi ja hitaampi ottaa käyttöön verrattuna monimuotoisempiin alustoihin, jotka tarjoavat valmiita palveluita jo käyttöönottovaiheessa, mutta ovat hintavampia. Kuitenkin tällaisilla alustoilla on yleensä laajemmat palvelut IoT-laitteen älyn lisäämiseksi. Edullisen alustan käyttöönotto vaatii yleensä enemmän töitä, jotta saadaan luotua toimintoja juuri yrityksen tarpeisiin. Esimerkiksi Amazonin AWS IoT-alusta on edullinen, mutta tarjoaa vain universaaleja toimintoja, missä ThingWorx on hintavampi, mutta laaja valikoima palveluita nopeuttaa ja helpottaa käyttöönottoa, ja alusta vastaa tarkasti juuri yrityksen tarpeisiin. (LinkLabs)

Selvityksessä huomataan, että IoT-alustat ovat keskenään hyvin samanlaisia ominaisuuksiltaan ja integraatio-valmiuksiltaan. Alustojen erot korostuvat, kun tarkastellaan, mihin tarkoitukseen alusta on luotu, ja kuinka suurta datamäärää alusta kykenee tehokkaasti käsittelemään. Alustoilla on usein valmiiksi koodattuja ominaisuuksia. Alustat on useimmiten luotu vastaamaan yleisimpiin tarpeisiin, mutta valmiissa koodauksissa on joissain tapauksissa huomioitu yksittäisen alan tai teollisuuden tarpeita.

Centrian tutkimus- ja kehitysohjelmaan esitetään parhaimmiksi IoT-alustoiksi Centrian omaa FOAM-alustaa ja Microsoftin Azure-alustaa. Azure vakuuttaa erittäin monipuolisella yhteensopivuudella ja integraatio-ominaisuuksilla teollisuuden käytössä olevien laitteiden ja ohjelmistojen kanssa. Azure on käyttövarma ja luotettava tiedonsiirron alusta. Alustaan on koodattu tarpeellisia ominaisuuksia valmiiksi, ja sen jatkokehitys on helppoa tuettujen protokollien vuoksi. Azure sopii raskaaseen teollisuuskäyttöön, mutta sen hyvän skaalautuvuuden vuoksi sitä voidaan hyödyntää pienissäkin projekteissa. Käyttäjäärvostelujen ja vertailuiden perusteella Azure on parhaimpien alustojen joukossa. Microsoftin pitkä historia kansainvälisenä teknologiatoimittajana takaa alustan käyttövarmuuden ja ajantasaiset ominaisuudet.

Centrian itsekehittämä FOAM-alusta sopii Centrian tutkimustyöhön, koska se on kehitetty juuri Centrian tarpeisiin. Sovellusmahdollisuudet ovat rajattomat, kuten myös datan lähetysmäärä. Kuitenkin, alustassa ei ole entuudestaan koodattuja ominaisuuksia, kuten kilpailijoillaan. Lisäksi sitä ole kehitetty kaupalliseen jakeluun, joten käyttöönotto vaatii tavallista enemmän ohjelmointityötä. Alustan kapasiteettia ja kestävyyttä ei ole tutkittu kuten kaupallisten alustojen kohdalla.

## 5.1 IoT-verkoston tulevaisuuden näkymät

IoT-kenttä on erittäin laaja ja nopeasti kehittyvä. Ennusteiden mukaan internetiin yhdistettyjä laitteita on 24 miljardia kappaletta vuonna 2020. Tämä vastaa neljää laitetta jokaiselle maailman ihmiselle ja kolminkertaista määrää laitteita vuoteen 2017 verrattuna. Tämän hurjan kasvuennusteen perusteella arviot IoT:n tulevaisuudesta ovat todennäköisesti aliarvioituja. Esineiden internetistä tulee hyötymään yritykset ja asiakkaat lähes kaikilla toimialoilla. Perinteisillä aloilla IoT-tekniikkaa otetaan käyttöön, ja esimerkiksi teollisuudessa, jossa IoT on jo käytössä, sen käyttöaste ja tehokkuus tulee kehittymään. Yritykset ja valtion toimijat ottavat IoT-ratkaisuja ensisijaisesti käyttöön, kuluttajakäyttö lisääntyy rauhallisemmin, mutta kuitenkin huomattavasti. (Business Insider, b) Biline-hankkeessa hyödynnetään näitä uusimpia IoT-innovaatioita turvallisuuden kehittämiseksi, ja kehitetään ratkaisuja, jotka toimivat todellisessa teollisuusmaailmassa.

IoT-ratkaisuilla ollaan kehittämässä älykkäitä kaupunkeja, joiden katuvalaistus toimii energia-  
tehokkaasti silloin kun valaistusta tarvitaan, ja juuri siellä missä kulkijakin liikkuu. Pysäköintitilat täyttyvät optimoidusti, eikä tyhjää paikkaa pian tarvitse etsiä auton ratissa, kun reittiohjeen saa suoraan tyhjälle paikalle. Älykäs pysäköinti on jo otettu käyttöön Los Angelesissa. Pian Wi-Fi-verkko on tarjolla jokaiselle kaupungin kaduilla, ja laitteitaan voi ladata kaupungin tarjoamalla latauspisteellä. Kööpenhaminassa on otettu käyttöön vuotosensorit kaupungin vesiverkostossa. Järjestelmän avulla vesivuotojen aiheuttama menetys on laskenut neljästäkymmenestä prosentista seitsemään prosenttiin. Älykkäät kodit ja kaupalliset tilat ovat suuri ja jatkuvasti kehittyvä IoT:n hyödyntäjä. (Information Week)

Älykkäät kaupungit ovat vain yksi IoT:n tulevaisuuden kohde. Älykkäät tai autonomiset autot kehittyvät jatkuvasti, ja niiden tarkoitus on parantaa matkustajien turvallisuutta ja mukavuutta teknisillä ratkaisuilla, jotka antavat ihmiselle mahdollisuuden keskittyä tärkeimpiin asioihin, ja vievät inhimillisen virheen riskit minimiin. Kun ajoneuvot ovat yhteydessä myös keskenään, järjestelmä osaa ennakoida riskit tehokkaasti, ja reagoida ilman ajajan osallistumista. IoT-verkko antaa käyttäjälleen tietoa joka aiemmin oli vaikeasti, tai jopa mahdotonta, saavutettavaa. Puettava laite voi antaa ihmiselle tietoa terveydentilasta, ja reagoida muutokseen ennen kuin ihminen sitä havaitsee. Tällaisia ratkaisuja voidaan hyödyntää niin sairaalassa olevien potilaiden seurannassa kuin etäseurannassa olevien potilaiden terveystiedon keräämisessä.

Teollinen internet ja IoT-alustat ovat puheenaiheena lähes kaikissa tulevisissa suurissa tietotekniikan alan tapahtumissa, seminaareissa ja messuilla. Esimerkiksi Mobile World Congress, joka järjestetään maaliskuussa 2017 Espanjassa, on maininnut ohjelman teemoiksi kuluttajan IoT-ratkaisut sekä IoT-alustat. (Mobile World Congress)

# Most wanted INTERNET OF THINGS devices



## REFRIGERATOR

Enables remote viewing of its contents and recommends recipes based on stored items.



## LIGHT BULB

Turns off when no one is nearby and can be remotely activated.



## SPRINKLER SYSTEM

Monitors weather over time and determines when to turn on and shut off.



## SCALE

Aggregates data from other devices and provides a constantly updated personal health plan.



## TAP WATER FILTER

Automatically shuts off when nothing is in the sink and tracks water usage from all connected faucets and shower heads.



## WASHER & DRYER

Sends an alert when the cycle is done and can be remotely activated.

**Kuva 17.** Älykkään kodin laitteet lähettävät tietoa toisilleen ja kodin asukkaille. (Y Media Labs, <https://ymedialabs.com/internet-of-things-ideas/>)

IoT-ratkaisuja on jo olemassa moniin asioihin, jotka tuntuvat vielä tällä hetkellä tulevaisuuden ihmeiltä. Kun esineiden internetin käytänteet kehittyvät ja yhtenäistyvät, nämä innovatiiviset tuotteet tulevat laajan yleisen tietoisuuteen ja käyttöön. IoT-ratkaisun kehittämisestä tulee yhtä helppoa kuin mobiilisovelluksen luominen on tällä hetkellä, ja todennäköisesti vielä helpompaa.

## LÄHTEET

Amazon Web Services a, "AWS Pricing", saatavilla: [https://aws.amazon.com/pricing/?nc2=h\\_ql\\_ny\\_livestream\\_blu](https://aws.amazon.com/pricing/?nc2=h_ql_ny_livestream_blu)

Amazon Web Services b, "AWS IoT", saatavilla: <https://aws.amazon.com/iot-platform/>

Amazon Web Services c, "How the AWS IoT Platform Works", saatavilla: <https://aws.amazon.com/iot-platform/how-it-works/#gateway>

Android Things a, "Bringing Device Production to Everyone", saatavilla: <https://developer.android.com/things/hardware/index.html>

Android Things b, "Getting Started with the SDK Preview", saatavilla: <https://developer.android.com/things/preview/index.html>

Ayla Networks a, "IoT Platform", saatavilla: <https://www.aylanetworks.com/products/iot-platform#components>

Ayla Networks b, "We're driving the next phase of the internet of things now...", Solution Brief, 2015, saatavilla: <https://www.aylanetworks.com/products/iot-platform#components>

Ayla Networks c, "Overview of Ayla's Access Policy Control Manager", Tech Note, saatavilla: <https://www.aylanetworks.com/assets/blte8cd60447d285c91/Ayla-Tech-Note.pdf>

Ayla Networks d, "Ayla Architecture: Focusing on the "Things" and Their Manufacturers", kesäkuu 2015, saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=RdiHgUZnqmA>

Babelway a, "Product Tour", saatavilla: <http://www.babelway.com/product-tour/>

Babelway b, "Prices in EUR", saatavilla: <http://www.babelway.com/prices/prices-in-eur/#what-are-the-set-up-cost-and-the-installation-procedure>

Bittium a, "Bittium IoT&Wearable Solutions", saatavilla: [https://www.bittium.com/products\\_services/iot\\_and\\_wearable\\_solutions](https://www.bittium.com/products_services/iot_and_wearable_solutions)

Bittium b, "Bittium IoT Device Platform Full Featured Connectivity Solution", Datasheet, Oulu, 2015.

Business Insider a, "Research firm questions GE's Predix platform", heinäkuu 2016, saatavilla: <http://www.businessinsider.com/research-firm-questions-ges-predix-platform-2016-7?r=US&IR=T&IR=T>

Business Insider b, "What is the Internet of Things (IoT)?", joulukuu 2016, saatavilla: <http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8?IR=T>

Computer Business Review, "What is IBM doing in the Internet of Things?", syyskuu 2016, saatavilla: <http://www.cbronline.com/news/internet-of-things/ibm-internet-things/>

Computer World UK, "Internet of things platforms: Azure, AWS, IBM Watson and more - Which is the best IoT platform for your business?", helmikuu 2016, saatavilla: <http://www.computer-worlduk.com/galleries/data/-of-best-internet-of-things-platforms-3635185/>

Cumulocity, "Features", saatavilla: <http://cumulocity.com/features/>

CyberVision, "Kaa Platform", saatavilla: <http://www.cybervisiontech.com/kaa-platform/>

Dweet.io, "Share your thing – like it ain't no thang.", saatavilla: <http://dweet.io/>

E2 Software, "Tarkistuslista Loki- ja IoT-data-alustan valintaan", saatavilla: [https://e2.bgh.fi/tarkistuslista/?gclid=CNnhwr\\_oodICFUVfGQodTuQAYw](https://e2.bgh.fi/tarkistuslista/?gclid=CNnhwr_oodICFUVfGQodTuQAYw)

Finances Online, "Anypoint Platform Review" tammikuu 2017, saatavilla: <https://reviews.financesonline.com/p/anypoint-platform/>

Forbes a, "10 Things To Know About Android Things – Google's Latest IoT Device OS", joulukuu 2016, saatavilla: <http://www.forbes.com/sites/janakirammsv/2016/12/18/10-things-to-know-about-android-things-googles-latest-iot-device-os/#65af09b53b5d>

Forbes b, "Should Cisco Systems, PTC Thingworx, IBM, And Zebra Technologies Fear Ayla Networks IoT Platform?", heinäkuu 2015, saatavilla: <http://www.forbes.com/sites/moorinsights/2015/07/09/should-cisco-thingworx-ibm-and-zebra-fear-the-ayla-networks-iot-platform/#6f5d23286b3c>

Freeboard.io, "Visualize the Internet of Things", saatavilla: <http://freeboard.io>

Ganguly, P., "Selecting the right IoT Cloud Platform", Telecom and Media Business Unit, Persistent Systems Limited, Nagpur, India, 2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA) Maharashtra Institute of Technology, Pune, India, tammikuu 2016.

GetApp, "MuleSoft Review – Taking the Donkey's Work Out of Integration", huhtikuu 2013, saatavilla: <https://www.getapp.com/blog/mulesoft-review/>

Github, "Freeboard", saatavilla: <https://github.com/Freeboard/freeboard>

IBM a, "Watson IoT Platform", saatavilla: <http://www.ibm.com/internet-of-things/iot-solutions/watson-iot-platform/>

IBM b, "IBM Named an Internet of Things Software Platform Leader, Launches Global Watson IoT Consulting Solutions", marraskuu 2016, saatavilla: <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/51089.wss>

Information Week, "6 IoT Innovations Making Cities Smarter", tammikuu 2016, saatavilla: <http://www.informationweek.com/government/6-iot-innovations-making-cities-smarter/d/d-id/1326791>

Internet of Things Wiki, "Top 10 IoT Platforms", maaliskuu 2016, saatavilla: <http://internetofthingswiki.com/top-10-iot-platforms/634/>

IT Expertise Wiki, " Fonecta otti tuottavuusloikan pilvipalveluihin Namesin avustuksella", saatavilla: <https://www.itewiki.fi/p/fonecta-otti-tuottavuusloikan-pilvipalveluihin-namesin-avustuksella-2>

IoT Analytics, "5 Things To Know About The IoT Platform Ecosystem", tammikuu 2016, saatavilla: <https://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform/>

IoT Evolution World a, "IoT Time Exclusive: Nokia Launches IoT Platform", kesäkuu 2016, saatavilla: <http://www.iotevolutionworld.com/iot/articles/422097-iot-time-exclusive-nokia-launches-iot-platform.htm>

IoT Evolution World b, "ThingWorx Drives M2M and IoT Developer Efficiency with New Platform Release", maaliskuu 2013, saatavilla: <http://www.iotevolutionworld.com/m2m/articles/330202-thingworx-drives-m2m-iot-developer-efficiency-with-new.htm>

Ixonos a, "IoT Services", saatavilla: <http://www.ixonos.com/offering/iot-solutions>

Ixonos b, "Sijoittajat", saatavilla: <http://www.ixonos.com/fi/investor>

Kaa a, "Kaa IoT Development Platform Overview", saatavilla: <https://www.kaaproject.org/overview/>

Kaa b, "IoT platform for smart supply chain solutions", saatavilla: <https://www.kaaproject.org/logistics/>

LinkLabs, "IoT Platforms: What They Are & How To Select One", elokuu 2016, saatavilla: <http://www.link-labs.com/blog/what-is-an-iot-platform>

Liuska, M. Centria Tutkimus ja kehitys, Sähköpostiviesti 22.2.2017, vastaanottaja: Leena Toivanen.

M2M Magazine, "BMW Group to Start Research with IBM Watson #IoT", joulukuu 2016, saatavilla: <http://www.machinetomachinemagazine.com/2016/12/15/bmw-group-to-start-research-with-ibm-watson-iot/>

Microsoft Azure a, "What is Azure?", saatavilla: <https://azure.microsoft.com/en-us/over-view/what-is-azure/>

Microsoft Azure b, "Azure IoT Hub developer guide", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-devguide>

Microsoft Azure c, "Identity registry", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-devguide-identity-registry>

Microsoft Azure d, "What is Azure IoT Suite?", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-suite/iot-suite-overview>

Microsoft Azure e, "What is Azure Event Hubs?", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/event-hubs/event-hubs-what-is-event-hubs>

Microsoft Azure f, "What is Stream Analytics?", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/stream-analytics/stream-analytics-introduction>

Microsoft Azure g, "Introduction to machine learning in the cloud", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/machine-learning-what-is-machine-learning>

Microsoft Azure h, "Azure Notification Hubs", saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/notification-hubs/notification-hubs-push-notification-overview>

Mobiili.fi, "Nokia esitteli uusia ratkaisuja valloittamaan esineiden internetiä", kesäkuu 2016, saatavilla: <http://mobiili.fi/2016/06/14/nokia-esitteli-uusia-ratkaisuja-valloittamaan-esineiden-internetia/>

Mobile World Congress, "2017 Event Themes", saatavilla: <https://www.mobileworldcongress.com/start-here/2017-event-themes/>

Mulesoft a, "Top 10 Internet of Things", saatavilla: <https://www.mulesoft.com/infographics/api/internet-things>

MuleSoft b, "Anypoint Platform The Platform for your application network" saatavilla: (<https://www.mulesoft.com/platform/enterprise-integration>)

MuleSoft c, "Solutions for IoT", saatavilla: <https://www.mulesoft.com/integration-solutions/api/iot>)

Nokia a, "Solutions IMPACT IoT Platform", saatavilla: <https://networks.nokia.com/solutions/iot-platform>

Nokia b, "Solution Sheet: Nokia IMPACT (Intelligent Management Platform for All Connected Things) IoT Platform", 2017, saatavilla: <http://resources.alcatel-lucent.com/asset/200332>

PC Magazine, "Microsoft Azure", joulukuu 2015, saatavilla: <http://uk.pcmag.com/microsoft-azure/73781/review/microsoft-azure>

Perry, M.J., "Evaluating and choosing an IoT-platform" O'Reilly Media, sivut:4-5, Sebastopol, USA, tammikuu 2016.

Pihlajaniemi, J., "REST-pohjaisen web-rajapinnan kehittäminen", Metropolia Ammattikorkeakoulu, sivut 1-3, toukokuu 2012.

Predix Developer Network, "Catalog: Services and Software", 2017, saatavilla: <https://www.predix.io/catalog/services/>

Predix a, "The World's First Industrial Internet Platform", saatavilla: <https://www.predix.com/#edge>

Predix b, "The Industrial Internet Platform", marraskuu 2016, saatavilla: <https://www.predix.com/sites/default/files/predix-the-industrial-internet-platform.pdf>

PTC a, "About Us", saatavilla: <http://www.ptc.com/about>

PTC b, "Internet of Things Technology Platform", saatavilla: <http://www.ptc.com/internet-of-things/technology-platform-thingworx>

Sininen polku, "Internet of Things (IoT) eli Esineiden Internet: Mistä on kyse?", kesäkuu 2016, saatavilla: <https://www.sininenpolku.fi/fi/2016/06/01/internet-of-things-iot-eli-esineiden-internet-mista-on-kyse/>

Tekniikan Maailma, "'Ovet avattu 3 kertaa", "Vahvistettu"... Kuuntele reaaliaikaisesti, kuinka Koneen hissit "keskustelevat" emoaluksen kanssa", helmikuu 2017, saatavilla: <https://tekniikanmaailma.fi/muu-tekniikka/ovet-avattu-3-kertaa-vahvistettu-kuuntele-reaaliaikaisesti-koneen-hissit-keskustelevat-emoaluksen/>

ThingWorx, "The ThingWorx IoT Technology Platform. One Platform. Limitless Possibilities", saatavilla: <https://www.thingworx.com/platforms/>

Turck, M. Rogg, D. ja FirstMark Capital, "Internet of Things: Are We There Yet? (The 2016 IoT Landscape)", maaliskuu 2016, saatavilla: [http://mattturck.com/2016/03/28/2016-iot-lands-cape/?\\_\\_hstc=80957384.4376895227c818b4d5356d864a71fb25.1486730126232.1486730126232.1487744568582.2&\\_\\_hssc=80957384.2.1487744568582&\\_\\_hsfp=383608920](http://mattturck.com/2016/03/28/2016-iot-lands-cape/?__hstc=80957384.4376895227c818b4d5356d864a71fb25.1486730126232.1486730126232.1487744568582.2&__hssc=80957384.2.1487744568582&__hsfp=383608920)

Uusi Teknologia, "Sonera tuo uuden IoT-alustan – pilotit ketterämmin", toukokuu 2016, saatavilla: <http://www.uusiteknologia.fi/2016/05/25/sonera-uuden-iot-alustan-pilotit-ketterammin/>

Wirepas a, "Technology", saatavilla: <http://www.wirepas.com/connectivity/technology/>

Wirepas b, "Applications", saatavilla: <http://www.wirepas.com/applications/>



## KUVALÄHTEET

- [1] IoT Analytics, "5 Things To Know About The IoT Platform Ecosystem", tammikuu 2016, saatavilla: <https://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform/>
- [2] Microsoft Azure, "What is Azure Event Hubs?", marraskuu 2016, saatavilla: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/event-hubs/event-hubs-overview>
- [3] Bittium, "IoT Architecture", saatavilla: [https://www.bittium.com/products\\_\\_services/iot\\_and\\_wearable\\_solutions](https://www.bittium.com/products__services/iot_and_wearable_solutions)
- [4] RCR Wireless News, "Nokia launches IMPACT platform to target the IoT market", kesäkuu 2016, saatavilla: <http://www.rcrwireless.com/20160615/internet-of-things/nokia-launches-im-pact-platform-targets-iot-market-tag23>
- [5] Wallenstein, L., "Android FTW", elokuu, 2009, saatavilla: <https://www.flickr.com/photos/lwallenstein/3869245383>
- [6] Kaa, "Kaa IoT Development Platform overview", saatavilla: <https://www.kaaproject.org/overview/>
- [7] Amazon Web Services, "How the AWS IoT Platform Works", saatavilla: <https://aws.amazon.com/iot-platform/how-it-works/>
- [8] Predix Developer Network, "What is Predix Platform?", saatavilla: <https://www.predix.io/docs/?r=309627#wiAgc3jw>
- [9] IBM, "IBM Watson Analytics", © Copyright IBM Corporation 1994, 2017. U.S. Government Users Restricted Rights - Use, duplication or disclosure restricted by GSA ADP Schedule Contract with IBM Corp. Saatavilla: <https://www.ibm.com/us-en/marketplace/watson-analytics>
- [10] Thingworx, "The Ideal IoT Platform", saatavilla: <https://www.thingworx.com/platforms/>
- [11] Freeboard, "How It Works", saatavilla: <http://freeboard.io/>
- [12] Wirepas, "Unique technology for device communication", saatavilla: <http://www.wire-pas.com/connectivity/technology/>
- [13] Foam, Centria TKI
- [14] Foam, Centria TKI
- [15] Freeboard.io, Centria TKI
- [16] Microsoft Azure, "Deep Personalization", saatavilla: <https://azure.microsoft.com/en-us/features/azure-portal/>
- [17] Y Media Labs, "Most Wanted Internet of Things Devices", saatavilla: <https://ymedialabs.com/internet-of-things-ideas/>

Biline-hankkeessa kehitetään turvallisuuden digitaalista kokonaiskuvaa. Hankkeessa hyödynnetään erilaisia antureita ja sensoreita, jotka keräävät tietoa ympäristöstään. Sensoritiedon perusteella luodaan turvallisuuden kokonaiskuva, jonka avulla turvallisuuden riskitilanteita voidaan välttää, tai niihin voidaan reagoida nopeasti ja tehokkaasti. Turvallisuuskenttä luodaan käyttämällä sensoreita, jotka seuraavat teollisuusalueen laitteiden toimintaa, ajoneuvojen ja ihmisten liikkumista ja työntekijän toimia. Tämän toimintavaatimuksen ratkaisuna toimii IoT-alusta. Tämän tarpeen vuoksi on koottu tämä selvitys, jota käytetään hankkeessa käytettävän IoT-alustan valintaa tehdessä.

Selvityksessä tutustutaan erityisesti IoT-alustojen end-to-end ratkaisuihin, mutta tutkitaan myös yksinkertaisempia alustoja, jotka joissain tapauksissa voivat olla tehokas valinta IoT-integraation toteuttamiseen. IoT-alusta luo yhteisen järjestelmän pilvipalvelun ja laitteiden välille, ja tuo datan suoraan laitteesta alustan käyttöön. Dataa usein jatkojalostetaan analysoinnin ja visuaalisten kaaviokuvien kautta. Selvityksessä kartoitetaan kehittyneimpien alustojen käyttömahdollisuuksia ja ominaisuuksia. Integraatioalusta tulee valita omia tarpeita vastaavasti, ja tämän selvityksen on tarkoitus helpottaa valintaa.

Centria. Raportteja ja selvityksiä, 21

ISBN 978-952-7173-21-3 (PDF)

ISSN 2342-933X