



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

THINGER.IO-ALUSTAN KÄYTTÖ KONETEKNIIKAN IOT-SOVELLUKSISSA

Eetu Vimpari

TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö

Helmikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Thingier.io-alustan käyttö konetekniikan IoT-sovelluksissa

Eetu Vimpari

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö, 2022, 31 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Yrjö Louhisalmi

Työn tavoitteena on tutustua yleisesti Thingier.io-alustan käyttöön konetekniikan IoT-sovelluksissa. Työssä tutustutaan ensin yleisellä tasolla koneiden tiedonkeruuseen ja sen tärkeimpiin nykyaikaisiin teknologioihin sekä IoT-laitteisiin ja niiden haasteisiin. Työssä pyritään esittämään Thingier.io-alustan pääominaisuudet sekä käyttöliittymän toiminta yleisellä tasolla. Lopuksi tarkastellaan alustan mahdollisia käyttökohteita sekä alustan kehittäjien tulevaisuuden suunnitelmia.

Työn lähteinä käytetään aiheesta tehtyä kirjallisuutta ja tutkimuksia sekä Thingier.io-alustan omaa dokumentaatiota. Työssä on käytetty lisäksi alustan käyttöä ja ominaisuuksia havainnollistavia kuvia. Työn perusteella voidaan todeta, että mittalaitteiden kohtaamia ongelmia voidaan minimoida esimerkiksi optimoimalla alustojen toimivuutta. Lisäksi huomataan, että Thingier.io-alusta on ominaisuuksiltaan kykenevä moneen eri sovellukseen.

Asiasanat: Anturit, esineiden internet, laitteet

ABSTRACT

Use of the Thingier.io platform in mechanical engineering IoT applications

Eetu Vimpari

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2022, 31 pp.

Supervisor at the university: Yrjö Louhisalmi

The aim of this work is to get acquainted with the general use of the Thingier.io platform in mechanical engineering IoT applications. The work first introduces general data collection of machines and its most important modern technologies as well as IoT devices and their challenges. The aim of the work is to present the main features of the Thingier.io platform and the operation of the user interface in general. Finally, the possible uses of the platform as well as the future plans of the platform developers are examined.

The sources of the work are literature and research on the topic, as well as Thingier.io platform's own documentation. In addition, images illustrating the use and features of the platform have been used in the work. Based on the work, it can be stated that the problems encountered by measuring devices can be minimized, for example, by optimizing the functionality of the platforms. In addition, it is noted that the Thingier.io platform is by its features capable of many different applications.

Keywords: Sensors, Internet of Things, devices

ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on tehty osana Oulun Yliopiston tekniikan kandidaatin tutkintoa. Työn tarkoituksena on perehtyä Thingier.io-alustan pääominaisuuksiin sekä käyttöliittymän toimintaan yleisellä tasolla konetekniikan IoT-sovelluksissa. Työ on kirjoitettu pääosin aikavälillä 28.12.2021-17.2.2022.

Haluan kiittää työn ohjauksesta Yrjö Louhisalmea sekä työhön liittyvästä lisäohjeistuksesta Toni Liedestä.

Oulu, 17.02.2022

Eetu Vimpari

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	7
2 NYKYAIKAINEN TIEDONKERUU	8
2.1 Big Data, Internet of Things ja Cloud.....	9
2.2 IoT-laitteiden toiminta ja haasteet.....	10
3 THINGER.IO-ALUSTAN YLEISKATSAUS	12
3.1 Alustan yleisesittely ja valmiit ominaisuudet	12
3.1.1 Lähetystehokkuus ja kaksisuuntainen reaaliaikainen kommunikaatio	14
3.1.2 REST API ja yhteentoimivuus.....	15
3.1.3 Mallinnuksen yksinkertaisuus	16
4 THINGER.IO-ALUSTAN KÄYTTÖLIITTYMÄ	17
4.1 Laitteiden liittäminen	18
4.1.1 Laitteiden ryhmitys	20
4.1.2 Kehittäjien tarjoama laitteisto.....	20
4.2 Datan tallennus.....	21
4.3 Ohjauspaneelit.....	21
4.4 Datan visualisointi.....	22
5 KÄYTTÖKOHTEET JA TULEVAISUUS.....	25
6 YHTEENVETO	28
LÄHDELUETTELO	29
LIITEET:	

MERKINNÄT JA LYHENTEET

API	Application Programming Interface
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
REST	Representational State Transfer
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition

1 JOHDANTO

Nykyaikaisia koneita mitataan ja valvotaan yhä useammilla erilaisilla antureilla, jolloin myös kerättävän datan määrä kasvaa valtavasti. Nykypäivänä erilaisia teknologioita voidaan käyttää apuna datan tallennukseen ja analysoimiseen sekä koneiden ja laitteiden yhdistämiseen toisiinsa. Tässä työssä tarkastellaan Thinger.io-alustan käyttömahdollisuuksia konetekniikan sovelluksissa. Valitsin aiheen, koska nykyajan teknologia ja sen kehitys kiinnostaa minua ja halusin tutkia uuden nykyaikaisen IoT-alustan toimintaa.

Työssä tutustutaan aluksi yleisesti nykyaikaiseen tiedonkeruuseen, Big Data-, Internet of Things- ja Cloud-teknologioihin sekä IoT-laitteisiin ja niiden haasteisiin. Thinger.io-alusta esitellään pääominaisuuksiltaan ja toiminnaltaan sekä kerrotaan hieman sen mahdollisista käyttökohteista ja kehittäjien tulevaisuuden suunnitelmista. Alustan uutuuden vuoksi aiheesta tehtyjä tutkimuksia on niukasti, joten työn tavoitteena on selvittää alustan tärkeimmät ominaisuudet ja havainnollistaa niiden avulla eri käyttömahdollisuuksia ja -kohteita.

2 NYKYAIKAINEN TIEDONKERUU

Monissa nykyaikaisissa laitteissa ja koneissa on erilaisia antureita, joita käytetään laitteiden mittaamiseen, valvomiseen, ohjaamiseen ja turvallisuuden sovelluksiin. Anturit ovat yleisiä varsinkin teollisuudessa sekä lääketieteessä, jossa niitä käytetään esimerkiksi fyysisen herätteen, kuten lämpötilan, paineen, sijainnin ja voiman mittaamiseen tai tietyn kemiallisen tai biokemiallisen materiaalin, kuten hiilimonoksidin, etanolin ja bensiinin konsentraation mittaamiseen. Anturityyppejä on optisia, mekaanisia, magneettisia, elektronisia, elektrokemiallisia ja lämpöantureita, joista esimerkiksi optinen anturi havaitsee tutkivassa kohteessa valon intensiteetin tai aallonpituuden muutosta. Vielä ei ole kehitetty teknologiaa, jonka avulla voitaisiin mitata kaikki kiinnostavat tekijät jokaisessa ympäristössä, joten on hyvin tärkeää valita optimaalisin anturityyppi haluttuun ympäristöön. (Stetter et al., 2006, s.66)

Teollisuuden ja sen teknologian kehityksen myötä myös antureita on kehitetty älykkäämmiksi esimerkiksi paremman suorituskyvyn, korkeamman integroinnin, moniparametrin tunnistuksen ja sisäänrakennetun älykkyyden sekä turvallisen verkon kannalta. Älykkäät anturijärjestelmät mahdollistavat muun muassa menetelmät itsetunnistuksesta tai diagnoosista jopa itsekonfigurointiin, kalibrointiin ja korjaukseen asti. Vaikka teollisuuden kehitys liittyy vahvasti antureihin, ei antureiden merkitys kuitenkaan rajoitu vain teollisiin prosesseihin. Anturit vaikuttavat voimakkaasti esimerkiksi kaikkiin nykyisiin megatrendeihin, kuten älykkäisiin kaupunkiin ja älykkääseen liikkuvuuteen. Parhaita esimerkkejä pitkälle integroiduista anturialustoista ovat älypuhelimet, joihin integroidaan tyypillisesti noin 15 erilaista anturia ja joiden avulla ne suorittavat monisensorista signaalin arviointia, kuten navigointia. Samalla näitä antureita käytetään myös palveluihin, kuten sään seurantaan ja näytön suuntaukseen. (Schütze et al., 2018, s.359-360) Nykypäivänä datan hyödyntämiseen käytetään datafuusiosovelluksia, jotka ovat suuntautuneet muun muassa integroimaan monisensoridataa. Nykyaikaiset datafuusiosovellukset edellyttävät kolmen teknologian integrointia. Nämä teknologiat ovat Big Data, Internet of Things ja Cloud. (Bustamante et al., 2019, s.1-2)

2.1 Big Data, Internet of Things ja Cloud

Älykkäiden mittalaitteiden määrän kasvaessa niiden keräämän datan määrän oletetaan nousevan eksponentiaalisesti. Tällaista dataa kutsutaan nimellä Big Data. (Syafudin et al., 2018, s.2) Big data eli massadata tarkoittaa valtavia tietojoukkoja, joiden suurten ja monimutkaisempien rakenteiden takia niiden tallennuksessa, analysoimisessa ja visualisoinnissa on vaikeuksia. Massadata voi olla jäsentelemätöntä, puolijäsenneltyä tai jäsenneltyä ja sen tallentamista varten kehitetään jatkuvasti uutta teknologiaa. (Sagiroglu & Sinanc, 2013, s.43) Massadatan analysointi on johtanut merkittäviin parannuksiin teollisuudessa, kuten energian kulutuksen vähenemiseen ja tuotannon tehokkuuden paranemiseen. (Syafudin et al., 2018, s.2)

Nykypäivän internet on läsnä lähes kaikkialla maailmassa ja se vaikuttaa monien ihmisten päivittäiseen elämään. Yhä useammat laitteet yhdistetään verkkoon ja olemmekin astumassa ”Internet of Things”-aikakaudelle. Internet of Things eli IoT tarkoittaa yksinkertaistettuna vuorovaikutusta fyysisen ja digitaalisen maailman välillä, jossa useat fyysisen maailman anturit ovat yhdistettynä verkkoon. Yhdessä antureita voidaan käyttää monimutkaisten tehtävien suorittamiseen, jotka vaativat myös korkeaa älykkyyttä. (Sethi & Sarangi, 2017, s. 1) IoT-konsepti tähtääkin tekemään Internetistä yhä mukaansatempaavan ja kaiken kattavan mahdollistamalla helpon pääsyn ja vuorovaikutuksen esimerkiksi kodin laitteiden ja valvontakameroiden kanssa sekä erilaisten anturien, toimilaitteiden, näyttöjen ja ajoneuvojen valvomisen. Kerättyä dataa voidaan hyödyntää useissa eri kohteissa, kuten kodin ja teollisuuden automaatiassa, liikenteen ja energian hallinnassa sekä autoteollisuudessa. Tällainen heterogeeninen sovellusalue tekee kuitenkin mahdollisten sovellutuksien vaatimuksien täyttävien ratkaisujen tunnistamisesta haastavaa. IoT verkon toteuttamisille ja sitä käyttäville laitteille ja palveluille ei olekaan vakiintunutta käytäntöä aihealueen monimutkaisuuden ja uutuuden vuoksi. (Zanella et al., 2014, s.22) IoT-teknologia ja sen liitettävyys tarjoaa massadatan analysoimiseen rajattomat mahdollisuudet. Cloud eli pilvipalvelu mahdollistaa palveluiden sekä turvallisten ja helposti saatavien laskentaresurssien tarjoamisen Internet-yhteyden välityksellä. (Bustamante et al., 2019, s.2) Tällaisia resursseja ovat esimerkiksi verkot, palvelimet ja tallennustila ja ne voidaan varata ja vapauttaa nopeasti minimaalisella hallinnalla tai palveluntarjoajan vuorovaikutuksella. (Bello et al., 2021, s.2) Laskentaresurssit ovat hyödyllisiä varsinkin IoT-teknologian

laitteille, joilla on alhaiset laskenta- ja tallennusmahdollisuudet. Massadata-, IoT- ja Cloud-teknologioiden yhdistämiseen pyritään, koska ne pystyvät täydentämään toisiaan. (Bustamante et al., 2019, s.2)

2.2 IoT-laitteiden toiminta ja haasteet

IoT-laitteiden suorittamien vaativien tehtävien vuoksi laitteet sisältävät upotettuja antureita, toimilaitteita, prosessoreita ja vastaanottimia. IoT-laitteet ovatkin yksittäisen teknologian sijaan kooste useista yhdessä toimivista teknologioista. Anturit ja toimilaitteet ovat vuorovaikutuksessa fyysiseen maailmaan ja niiden keräämä data täytyy tallentaa ja prosessoida älykkäästi, jotta siitä saadaan hyödyllistä tietoa myöhempää käyttöä varten. Toimilaitetta käytetään ohjaamaan ympäristössä tapahtuvaa muutosta, kuten ilmastointilaitteen lämpötilan ohjain. Datan tallennus ja prosessointi voidaan tehdä itse verkon reunalla tai etäpalvelimellä. Jos dataa on mahdollista esikäsitellä, sen yleensä suorittaa anturi tai muu läheinen laite, josta prosessoitu data lähetetään eteenpäin palvelimelle. IoT-laitteiden tallennus- ja käsittelykapasiteetit ovat usein rajoittuneet koon, tehon ja laskennallisen kyvyn osalta, joten tutkimushaasteena on saada oikeanlaista dataa halutulla tasolla ja tarkkuudella. Myös kommunikaatiossa on ongelmia, sillä laitteet kommunikoivat keskenään pääasiassa langattomasti maantieteellisesti hajautetun sijaintinsa vuoksi. Langattomilla kanavilla on usein vääristymää ja ne ovat epäluotettavia, joten kommunikaatioteknologioiden kehittäminen on tärkeä osa IoT-laitteita. (Sethi & Sarangi, 2017, s. 1-2)

Aikaisemmin mainittujen datafuusiosovelluksien käyttöönottoon liittyy useita haasteita, kuten haasteellisen ympäristön valvominen, liitettävyyden, mallinnus, autonomia sekä turvallisuus. Haasteellisen ympäristön valvomiseen on kehitetty antureita, jotka voivat mitata eri parametreja, kuten ilman laatua, kiihtyvyyttä ja kosteutta. Joissakin tapauksissa laitteilla on rajoituksia mittojen suhteen, jolloin joudutaan käyttämään pieniä laitteita, joilla on vähän laskentaresursseja. Laitteiden liittämisen verkkoon voidaan käyttää langattomia verkkoja, kuten wifiä ja bluetoothia, matkapuhelinverkkoja tai langallisia verkkoja, kuten Ethernet ja kuituyhteys. Haasteita syntyy, kun liittämisen on huomioitava liittämisen toimivuus eri antureiden kanssa, laskenta-arkkitehtuurien skaalattavuus sekä joidenkin laitteiden vaatima pysyvä yhteys. Mallinnuksen osalta haasteita on edellä mainitun kolmen teknologian integroinnissa kyky saada tietoa

antureilta, sillä IoT-ympäristössä joudutaan keräämään tietoa erittäin heterogeenisistä laitteista, teknologioista ja protokollista. Mukana olevien erilaisten protokollien tunteminen on pakollista, jotta voidaan mallintaa ratkaisu, joka toimii kaikkien edellä mainittujen kolmen teknologian kanssa. Myös tietojen tallennukseen ja käsittelyyn käytettävät alustat tulee osata. Autonomia on tärkeä haaste, koska jotkin sovellukset vaativat hajautettujen antureiden ja toimilaitteiden käyttöä sellaisella maantieteellisellä alueella, jossa ainoa mahdollinen virranlähde on laitteen oma akku. Tällaisissa tilanteissa optimointi energian kulutuksen osalta on tärkeää, jotta laite pystyy toimimaan itsenäisesti. Energian kulutukseen voidaan vaikuttaa optimoimalla kaistanleveyden säästämistä ja mittausaikaa sekä käyttämällä laitteissa ja antureissa energiansäästötilaa. Turvallisuus on todellinen huolenaihe, koska kodeissa ja teollisuudessa käytettävät laitteet voivat käsitellä hyvin henkilökohtaista informaatiota. Laitteet täytyy suojata siten, että vältetään muun muassa arkaluonteisten tietojen vuotaminen sekä pääsyn myöntäminen luvattomille osapuolille turvallisilla pilvipalveluilla ja yhteyksillä sekä anonyymillä informaatiolla. (Bustamante et al., 2019, s. 3-4)

3 THINGER.IO-ALUSTAN YLEISKATSAUS

Thingier.io on espanjalaisen INTERNET OF THINGER SL-nimisen yrityksen valmistama ilmainen avoimen lähdekoodin pilvipohjainen IoT-alusta, joka on helposti koodattavissa ja jota on helppo ymmärtää. Alusta on suunnattu eri kokoisten yritysten lisäksi myös yksityisille harrastajille, jotka haluavat työstää omia IoT-projektejaan esimerkiksi Arduino- tai Raspberry Pi-laitteistoilla. Skaalattava pilvi-infrastruktuuri mahdollistaa jopa miljoonien laitteiden kytkemisen, joita voidaan ohjata hallintakonsolista käsin. (Thingier.io Documentation, 2021e) Alusta on herättänyt kiinnostusta tiede- ja teknologiayhteisöissä ja sitä onkin käytetty menestyksekkäästi projekteissa sekä koulutuksen alalla. (Bustamante et al., 2019, s.4) Alusta on saanut myös suositun avoimen lähdekoodin kehitysalustan GitHubin täyden tuen. (Aghenta & Iqbal, 2019, s. 10) Thingier.io-alustan uutuuden takia siitä ei löydy vielä kovinkaan paljon tieteellisiä artikkeleita, mutta alustalla on GitBookin avulla tehdyt erilliset nettisivut alustaan liittyvää dokumentaatiota ja informaatiota varten. Sivuilta löytyy monipuolisten ohjeiden lisäksi myös yhteisön keskustelupalsta sekä tukipalvelu. Keskustelupalstalla on mahdollista kysyä muilta alustan käyttäjiltä apua ongelmatapauksissa liittyen alustan käyttöön, integrointiin, kirjastoihin tai laitteisiin. Myös omien projektien ja koodien jakaminen sivulla on mahdollista.

3.1 Alustan yleisesittely ja valmiit ominaisuudet

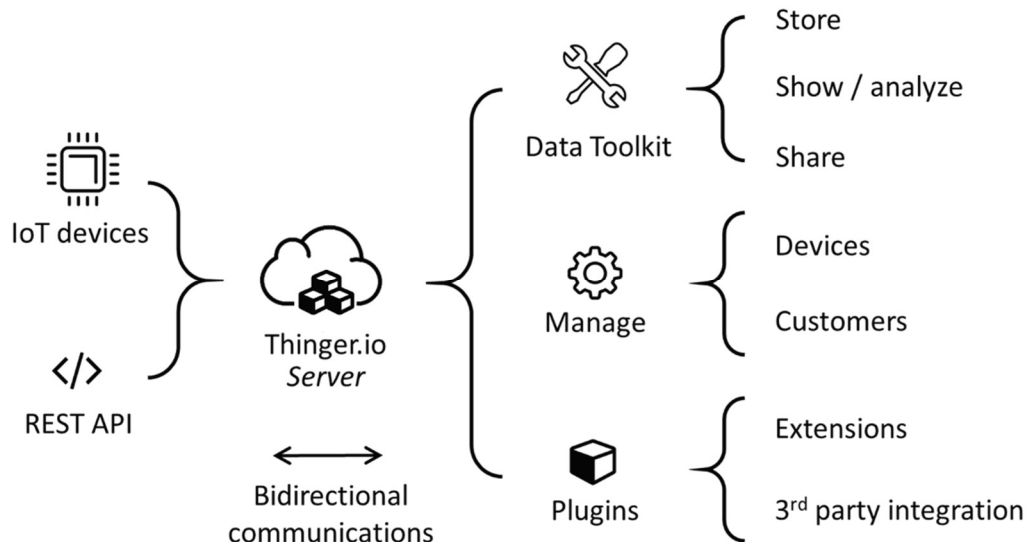
Thingier.io-alusta muodostuu kahdesta päätuotteesta, jotka ovat taustalla toimiva IoT-pilvipalvelin sekä käyttäjälle näkyvä verkkopohjainen käyttöliittymä, josta käytetään myös nimitystä konsoli. Konsolia voidaan käyttää tietokoneen lisäksi älypuhelimella laitteeseen yhdistetyn Android- tai iOS-sovelluksen avulla. (Aghenta & Iqbal, 2019, s.11) Alustan valmiisiin ominaisuuksiin kuuluu laiterekisteri, kaksisuuntainen reaaliaikainen kommunikaatio, datatallennus esimerkiksi aikasarjadataalle, identiteetin ja käyttöoikeuksien hallinta, jotta kolmannet osapuolet voivat käyttää alusta- ja laiteresursseja REST (Representational State Transfer) API:n (Application Programming Interface) kautta sekä kolmannen osapuolien Webhookit, joiden kautta laitteet voivat käyttää muita nettipalveluja, lähettää sähköposteja ja viestejä ja siirtää tietoa muihin pilvipalveluihin. (Bustamante et al., 2019, s.4-5) Alusta on laitteistoagnostikko eli siihen on mahdollista yhdistää mikä tahansa Internet-yhteyksellinen laite, kuten Arduino

yhteensopivat laitteet, Raspberry Pi- ja Sigfox-laitteet sekä Lora-sovellukset yhdyskäytävän kautta. (Bustamante et al., 2019, s.4) Muiden älykkäiden laitteiden hallinnassa ja lukemisessa voidaan käyttää hyväksi REST API-teknologiaa. (Aghenta & Iqbal, 2019, s.10) Alusta tarjoaa useille huippuluokan IoT-laitteille, kuten Arduinoille, kirjastoja, joiden avulla voidaan yhdistää laitteita ilman vaikeita IoT-protokollia. (Bustamante et al., 2019, s.4)

Äärimmäinen skaalausmahdollisuus ja tehokas infrastruktuuri mahdollistavat jopa tuhansien matalan taakan, kaistanleveyden ja latenssin laitteiden hallitsemisen vain yhden Thinger.io istunnon kautta. (Thinger.io Documentation, 2021e) Alustaa on mahdollista käyttää rajoitetulla laitemäärällä ilmaisen tilin kautta, mutta maksullisen premium-version käyttöönottoa suositellaan nostetun laitemäärän lisäksi myös edistyneiden ominaisuuksien ja työkalujen käyttämiseksi. Listattuja hyötyjä maksulliselle yksityiselle palvelimelle on esimerkiksi rajaton määrä yhdistettäviä laitteita ja valvonnan ohjauspaneeleita, erilaiset lisäosat, tiedostojen tallennusjärjestelmä sekä useiden käyttäjien tukipalvelu. Alustan yksityinen pilvipalvelu voidaan ottaa käyttöön projektin vaatimuksista riippuen eri lisensseillä. Maksullisia lisenssejä on neljä eri tasoa, joista maksuvaihtona voi valita kuukausi- tai vuosilisenssin. (Thinger.io Documentation, 2021i) Thinger.io-alusta tarjoaa myös paikallisen palvelimen, johon käyttäjä voi ostaa laitteiston tai laitteiston asennuksen ISO-kuvan kertaluonteisesti. Paikallinen palvelin on turvallisempi, koska käyttäjällä on parempi hallinta palvelimeen ja tallennettuun dataan. (Aghenta & Iqbal, 2019, s.11) Mikäli pilvipalvelu ei ole käyttäjälle tarpeellinen, voidaan ohjelmisto vaihtoehtoisesti asentaa sen ulkopuolella datan ja laitteiden yksityiseen hallintaan, jolloin liittämiseen kuuluvia laiterajoituksia ei ole. (Bustamante et al., 2019, s.4)

Thinger.io-alustan perusta on suunniteltu mahdollisimman kevyeksi, joustavaksi ja helposti opittavaksi, mutta sille on mahdollista hankkia plugineita eli lisäosia, jotka antavat mahdollisuuden täydentää alustaa uusilla ominaisuuksilla tai mahdollistamalla kolmannen osapuolen palveluiden, algoritmien tai laitteiden liittämisen. Integraatioita varten tarjolla on tällä hetkellä The Things Stack ja The Things Network Plugin LoRaWAN-laitteille, Sigfox Plugin Sigfox-laitteille ja Node-RED Plugin Node-RED-kehitystyökalulle. Lisäksi tarjolla on Grafana Plugin, jolla alustaan voidaan yhdistää avoimen lähdekoodin visualisointi- ja analysointiohjelmisto Grafana. Alustaan saatavien pluginien määrä on tällä hetkellä vähäinen, mutta sen suunnitellaan kasvavan paljon

tulevina vuosina. (Thinger.io Documentation, 2021f) Kuvassa 1 kuvataan IoT-laitteiden sekä REST API:n kautta kytkettyjen laitteiden mahdollisuutta kaksisuuntaiseen kommunikaatioon eri datan ja hallinnan työkalujen sekä lisäosien kanssa. Alusta tarjoaa työkaluja tallentamiseen, analysoimiseen ja jakamiseen, hallinta-asetuksia laitteiden ja asiakkaiden osalta sekä lisäosia alustan laajennusta ja kolmannenosapuolen sovellusten integraatiota varten.



Kuva 1. Thinger.io-alustan pääominaisuudet (Thinger.io Documentation, 2021e).

3.1.1 Lähetystekokkuus ja kaksisuuntainen reaaliaikainen kommunikaatio

Monet huippuluokan IoT-alustat käyttävät perinteisiä lähetyksetprotokollia, jotka perustuvat HTTP- (Hypertext Transfer Protocol) tai MQTT- (Message Queuing Telemetry Transport) tiedonlähetystapaan pilveen. Perinteinen HTTP-lähestymistapa on tehoton tapa tiedonlähetykselle kaistanleveyden, latenssin ja virran kulutuksen kannalta, jotka ovat usein IoT-laitteille rajoittavia tekijöitä. MQTT tarjoaa julkaise/tilaa-metodiin perustuvan kaksisuuntaisen kommunikaation palvelimien ja laitteiden välillä, jolloin viestitys skaalautuu paremmin, tarvitsee vähemmän kaistanleveyttä ja vähentää latenssia. Näiden hyötyjen vuoksi monet yritykset ovat alkaneet integroimaan menetelmää sovelluksiinsa. Thinger.io ehdottaa samankaltaista tehokasta lähestymistapaa MQTT-ratkaisun kannalta käyttäen raakoja binääriyhteyksiä ilman HTTP-ylimäärää tai kykyä tarjota julkaise/tilaa-mekanismia. Se myös tarjoaa MQTT-menetelmästä puuttuvia ominaisuuksia, kuten läpinäkyvän HTTP-yhteensopivuuden. Alusta käyttää optimoituja

koodausmallia nimeltään Protoson, joka on suunniteltu alusta alkaen tukemaan laitteita, joilla on rajatut muisti- ja prosessointiresurssit. (Bustamante et al., 2019, s.6) Thinger.io on osoittanut, että Protoson-menetelmä säästää kaistanleveyttä ja vähentää virrankulutusta älykkäissä kohteissa. (Fahmideh & Zowghi, 2020, s.12)

Thinger.io-alusta tarjoaa kaksisuuntaisen kommunikaation kanavan laitteen ja pilvipalvelimen välille, jolloin mikä tahansa sovellus voi vuorovaikuttaa laitteen kanssa reaaliajassa, mikä myös lisää alustalla kehitettävien käyttötapauksien määrää. MQTT-menetelmään perustuvat ratkaisut tarjoavat kaksisuuntaista tiedonsiirtoa laitteiden ja palvelimen välillä, mutta ne keskittyvät kuitenkin vain päätepisteiden kommunikointiin, eivätkä ne määrittele kieltä tiedon mallintamiseen tai salli helppoa yhteentoimivuutta kolmannen osapuolen sovellusten ja palveluiden kanssa. Thinger.io-alusta ratkaisee kyseiset ongelmat Protoson-koodausmallillaan. (Bustamante et al., 2019, s.7)

3.1.2 REST API ja yhteentoimivuus

API tarkoittaa yksinkertaistettuna käyttöliittymää, jonka kautta sovellukset voivat olla yhteydessä toisiinsa. (Rodeghero et al., 2017, s.3) API edustaa aiemmin toteutettua toimintoa tai palvelua, jolloin ohjelmoijien ei tarvitse perehtyä kyseisen toiminnon toteutuksen yksityiskohtiin, vaan he voivat keskittyä suunnittelemaan toimintojen käyttömahdollisuuksia. (Xu et al., 2021, s. 471) Representational State Transfer eli REST on web-standardeihin perustuva arkkitehtuuri, joka käyttää HTTP-protokollaa kommunikaatioon. Menetelmä olettaa jokaisen liitetyn komponentin resurssina, jolloin näihin resursseihin on pääsy yhteisen käyttöliittymän kautta HTTP-menetelmiä käyttäen. (Kodali & Gorantla, 2018, s.3) Tämä mahdollistaa Thinger.io-alustan yhteensopivuuden muiden alustojen ja sovellusten kanssa, jossa mihin tahansa laitteeseen pääsee käsiksi tunnistuksen ja toiminnan osalta standardin mukaisen REST API:n kautta. Laitteiden ja palvelimen välisten protokollien optimoinnin monimutkaisuus pysyy näin myös piilossa. REST-päätepisteet saadaan laitemallin määritelmästä, kun laite yhdistetään pilvipalvelimeen, joten niiden kautta on mahdollista päästä käsiksi tiettyihin laitekoodissa määritettyihin laiteresursseihin reaaliaikaisesti. Esimerkiksi Thinger.io-alustan pilvipalvelimeen voidaan kytkeä kirjastoja ja kaksisuuntaista kommunikaatiota käyttämällä laite, jossa on lämpötila- ja kosteus- ja valoisuusanturi. Laitteen kytkemisen jälkeen näihin laitemallissa määritettyihin resursseihin pääsee käsiksi automaattisesti

luotujen REST-päätepisteiden kautta, joista voidaan saada sen hetkiset lämpötila- ja kosteus- ja valoisuusanturin lukemat. (Bustamante et al., 2019, s. 7-8)

REST API:n kautta on myös mahdollista hakea säännöllisesti päivittyvää dataa, mutta se ei ole kovinkaan tehokasta, koska siitä syntyvä ylimääräinen viestintä luo ylimääräistä latenssia. Thinger.io tarjoaa kuitenkin mekanismia resurssipäivitysten tilaamiseen tavallisten Websockettien kautta, jossa asiakas avaa WebSocketin alustalle ja tilaa siltä resurssin pyydetyllä aikavälillä. (Bustamante et al., 2019, s. 7-8) REST-arkkitehtuuri on ominaisuuksiensa takia toteutukseltaan vaativin verkkopalveluiden kehittämiseen, mutta kuitenkin tärkein menetelmä, kun nousevat teknologiat ovat siirtyneet API-suuntautuneisuuteen. (Kodali & Gorantla, 2018, s.3)

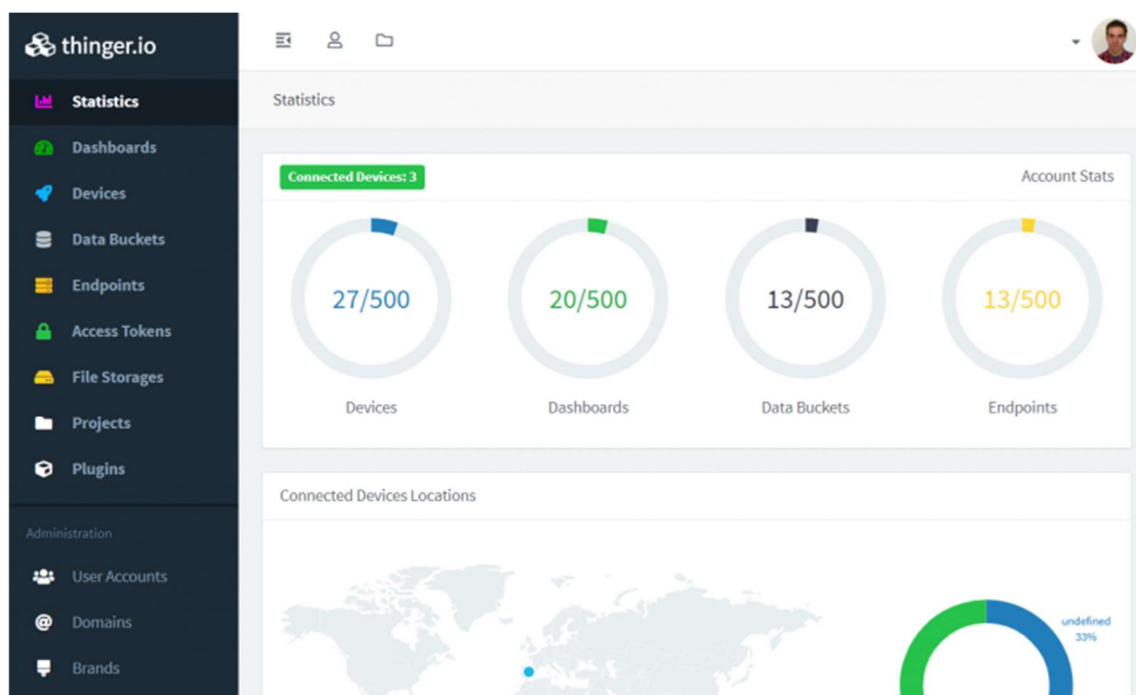
3.1.3 Mallinnuksen yksinkertaisuus

Thinger.io-alustalla laitteiden informaation mallinnus on mahdollista tehdä helpolla tavalla. Useat IoT-ratkaisut tarvitsevat laajaa koodausta yksinkertaisten tehtävien, kuten anturien lukemisen tekemiseen ja sisältää usein muun muassa HTTP-pyyntöjen hallinnoimista ja otsikoiden lisäämistä, jotka lisäävät koodirivien määrää. Thinger.io-alusta tarjoaa kirjastoja, jotka yksinkertaistavat mitä tahansa laitteen resurssin mallinnusta, jolloin myös koodimäärä jää pieneksi. Protoson-koodausmalliin perustuva mallinnuskieli toimii myös hyödyllisenä menetelmänä, jolla voidaan tiivistää merkittävästi kirjoitettavaa koodia. (Bustamante et al., 2019, s. 8-9)

4 THINGER.IO-ALUSTAN KÄYTTÖLIITTYMÄ

Thinger.io-alustalle kirjautuessaan käyttäjä pääsee suoraan verkkopohjaisen käyttöliittymän eli konsolin etusivulle, joka aukeaa oletusarvallisesti Statistics-välilehdelle. Statistics-välilehdeltä nähdään tilastoja alustasta, kuten yhdistettyjen laitteiden, luotujen ohjauspaneelien, päätepisteiden ja data buckettien määrän sekä laitteiden sijainnin maailmankartalla. Käsitteelle data bucket ei ole vakiintunut suomenkielistä termiä, joten tässä työssä siitä käytetään nimitystä tietosäilö.

Konsolin vasemmassa reunassa on päävalikko, josta löytyy listattuna kaikki alustan toiminnot, joita IoT-projektin rakentamiseen tarvitaan. Konsolia käyttämällä on mahdollista lisätä ja poistaa laitteita, luoda reaaliaikaisia ohjauspaneeleita, käyttää laitteen API:a ja suorittaa muita laitteiden ja datan hallinnan operaatioita. (Aghenta & Iqbal, 2019, s.10) Kuvassa 2 vasemmalla puolella näkyy konsolin päävalikko ja oikealla puolella tilastot.

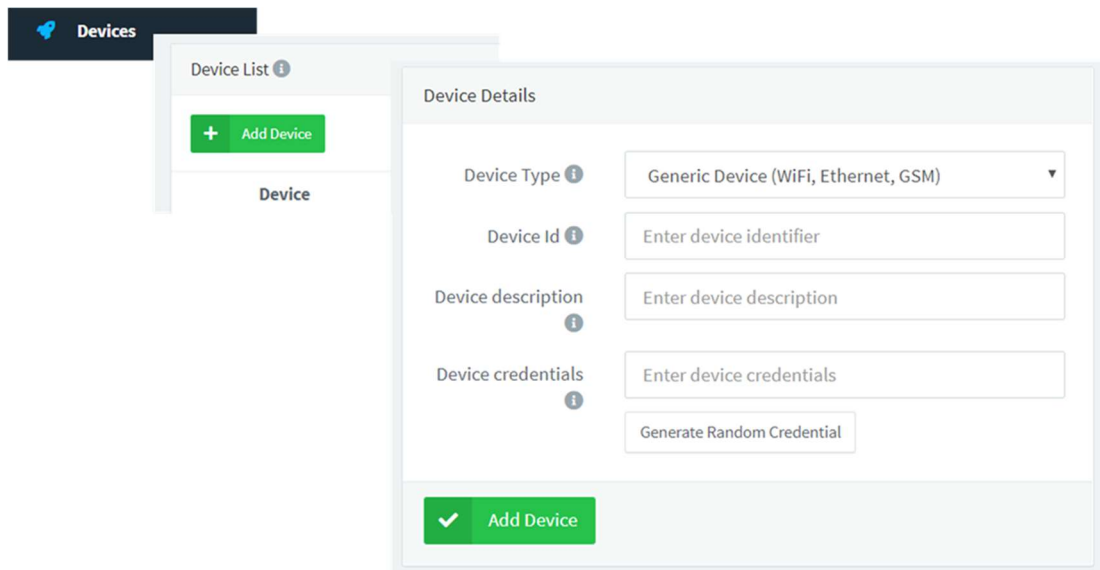


Kuva 2. Konsolin aloitusnäky (Castán, 2020).

4.1 Laitteiden liittäminen

IoT-projektit aloitetaan luomalla Devices-välilehdellä laiteprofiilit lisäämällä liitettävien laitteiden parametrit. Parametrit antavat pääsyn liittää laitteet Thinger.io-alustan käyttäjätiliin, johon jokainen laite täytyy rekisteröidä pilvipalveluun pääsyä varten. Tällainen parametri on esimerkiksi laitteen tyyppi, joka voi alustalla olla muun muassa yleinen laite, HTTP-laite tai MQTT-laite. Yleisiksi laitteiksi luetaan laitteet, joissa on Thinger.io-sovellusasiakas, kuten esimerkiksi Raspberry Pi-, Linux- ja Arduino-laitteet. HTTP-laitteet ovat REST API:n kautta kytkettäviä kolmannen osapuolen laitteita, kuten esimerkiksi Sigfox- ja Lora-laitteet. MQTT-laitteeksi taas luetaan nimensä mukaisesti laitteet, jotka käyttävät MQTT-tiedonlähetystapaa. Kaikki laitteet tunnistetaan yksilöidystä tunnisteesta ja tunnistetiedoista, joten pilvipalveluun on mahdollista lisätä rajaton määrä laitteita ilman, että ne häiritsevät toisiaan. Käyttäjätilin luomisen yhteydessä käyttäjänimelle ja salasanalle luodaan pääsytunnus, joka mahdollistaa pääsyn kaikkiin käyttäjätiliin liitettyjen laitteiden resursseihin. (Aghenta & Iqbal, 2019, s.10) Alustaa käyttäessä selain uusii automaattisesti kirjautuneen käyttäjän valtuudet, mutta muilla käyttäjillä ne vanhenevat melko nopeasti. Tästä johtuen laitteiden resursseja käyttäville nettisivuille, puhelimille ja toisille laitteille on syytä luoda henkilökohtaistetut tunnukset, jolloin valtuudet uusiutuvat muillekin käyttäjille automaattisesti eikä päätilin tunnistautumistietoja tarvitse jakaa ulkopuolisille. Tunnukseen on mahdollista rajata, mihin laitteen resursseihin valtuutetulla osapuolella on pääsy sekä kauanko tunnus on voimassa. (Thinger.io Documentation, 2021d)

Lisätyt laitteet näkyvät alustan laitelistalla, josta nähdään laitteiden tyyppien lisäksi niiden yhteyden tila pilvipalveluun sekä niiden viimeisin yhteyspäivämäärä. Listalta voidaan avata laitekohtainen välilehti, josta saadaan tarkempaa tietoa valitun laitteen yhteyden tyyppistä ja laadusta. Sivulla voidaan myös hallita laitteen valtuuksia, ominaisuuksia ja toiminnallisuuksia sekä säätää joidenkin laitteiden asetuksia. (Thinger.io Documentation, 2021d) Kuvassa 3 esitetään laitteen lisäämisen polku konsolissa sekä laitemäärityksessä tarvittavat parametrit. Parametreja ovat laitteen tyyppi, tunniste, kuvaus sekä valtuustiedot.



Kuva 3. Laitemäärityksen polku (Thingiverse Documentation, 2021h).

Kytkeyn laitteen toiminnallisuuksia kutsutaan yleisesti laitteen resursseiksi. Thingiverse-alustan ainutlaatuinen ominaisuus on, että käyttäjä voi löytää liitettyihin laitteisiin määritetyt resurssit. Resursseja voivat olla erilaisten anturien, kuten lämpötila-, kosteus- ja paineanturien datan lukemista tai minkä tahansa toiminnallisen elementin, kuten moottorin, valon tai releen käyttöä. Laitteiden resurssit ovat niin kutsuttuja callback-toimintoja, joita voidaan kutsua Thingiverse-alustan REST API:n kautta. Alustalla voidaan määrittää neljä erilaista resurssityyppiä, joita ovat syöttö, ulostulo, syöttö/ulostulo ja callback. (Aghenta & Iqbal, 2019, s.10) Syöttöresurssilla lähetetään kytketylle laitteelle tietoja eli esimerkiksi käsky vilkuttaa lediä tai muuttaa servon asentoa. Ledin käyttäminen on esimerkki yksinkertaisesta resurssista, joka vaatii vain on/off-tilan, mutta servon asennon muuttamiseen käytetään koodissa kokonaislukuja. Syötön kautta on mahdollista ottaa vastaan useita eri arvoja samaan aikaan. Ulostuloresurssia käytetään ottamaan vastaan laitteen lähettämiä tietoja eli esimerkiksi tunnistamaan tai lukemaan anturin arvoja. Syötön tapaan myös ulostulo voi tarjota useita tietoja samanaikaisesti, kuten esimerkiksi GPS-paikantimen leveys- ja pituusasteen. Syöttö/ulostulo-resurssia on hyödyllistä käyttää tilanteissa, joissa ulostulo riippuu syötön arvosta. Esimerkiksi tilanne, jossa anturille täytyy antaa muuttuva viitearvo. (Bustamante et al., 2019, s. 12-14) Callback-toiminnolla voidaan suorittaa laitteen resurssi ilman tiedon lähetystä tai vastaanottoa. (Aghenta & Iqbal, 2019, s. 10)

4.1.1 Laitteiden ryhmitys

Alustalle kytketyt laitteet voidaan määrittää ja ryhmittää yhtenevien ominaisuuksien mukaan parantamaan organisointia ja valvontaa, jolloin voidaan esimerkiksi tarkistaa kaikkien ryhmän laitteiden yhteyksien tila kartalta tai määrittää ryhmälle erilaisia ominaisuuksia. Laitteiden maantieteelliseen valvontaan käytetään alustalla normaalin paikantamisen lisäksi myös niin kutsuttua geoaitausta, jossa maantieteelliselle alueelle määritetään virtuaalinen kehä ympyränä, monikulmiona tai vapaasti piirtämällä. Rajauksen avulla voidaan luoda mukautettuja hälytyksiä laitteiden lähtiessä alueelta tai saapuessa alueelle. Suurien laiteverkkojen konfiguroimisessa voidaan hyödyntää periytyvien ominaisuuksien toiminnallisuutta, jonka avulla kaikki ryhmään liitetyt laitteet perivät automaattisesti syötetyt konfiguraatioparametrit ja muut laitteille asetetut kontekstiedot, kuten edellä mainitut geoaidat. (Thingier.io Documentation, 2021a)

Laitteet, ohjauspaneelit, tietosäilöt, päätepiestet ja tiedostojärjestelmät voidaan myös yhdistää niin kutsutuksi projektiksi, jolloin on helpompaa hallita niiden käyttämää dataa sekä konfiguraatiota. Toisille käyttäjille voidaan jakaa näitä resursseja, jolloin he voivat käyttää, esittää ja lukea niitä. Projektin jäsenille on myös mahdollista luoda resurssikohtaiset pääsyoikeudet tai adminoikeudet, jolloin heillä on täysi pääsy kaikkiin resursseihin ja niiden hallintaan. (Thingier.io Documentation, 2021g)

4.1.2 Kehittäjien tarjoama laitteisto

Pilvipalvelun lisäksi kehittäjät ovat luoneet Internet of Things -kehityspaketin ClimaStick, joka integroi sekä anturit, että Internet-yhteyden ja on täysin yhteensopiva Arduino-kehitysympäristön kanssa. ClimaStick sisältää antureita, joilla voidaan mitata lämpötilaa, suhteellista kosteutta, ilmanpainetta sekä kirkkautta, joten se soveltuu hyvin meteorologiseen sovellukseen, kuten sääasemakäyttöön. Laite sisältää myös kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin ja magnetometrin inertia-antureita vaativiin tilanteisiin. (Bustamante et al., 2019, s. 16) Muita käyttökohteita laitteella on esimerkiksi opetuksessa helppokäyttöisyyden vuoksi, etätelemetriassa keveytensä ja wifi yhteytensä vuoksi sekä teollisuuden ehkäisevän huollon käytössä. (Thingier.io Documentation, 2021b)

4.2 Datan tallennus

Nykypäivänä käsiteltävän datan määrän kasvun vuoksi halutun kohdetiedon tehokas hakeminen on hyvin aikaa vievää. Tämän takia, varsinkin isojen tietomäärien kohdalla, tietorakenteiden suunnittelu on hyvin tärkeää. (Higuchi & Tsuji, 2010) Tietorakenne voi olla esimerkiksi data bucket eli tietosäilö, jossa lähekkäin mitatut datapisteet voidaan säilyttää tietyssä järjestyksessä. (Hutflesz et al., 1988). Thinger.io-alusta käyttää laitteiden informaation tallentamiseen tällaista virtuaalista tallennustilaa. Alustalla bucket on pilvipalvelimen resurssi aikasarjadatan tallentamiseen ja data bucket on aikasarjatalennustila, johon laitteet voivat lähettää informaatiota tarvittaessa. Jokainen datapiste aikaleimataan automaattisesti pilvipalvelimen vastaanottoaikana, sillä IoT-laitteet eivät hallitse reaaliaikaista kelloa. Informaatio tallennetaan pilveen turvallisessa, tehokkaassa ja skaalattavassa muodossa, joka voidaan esittää ohjauspaneelissa konsolin käyttöliittymässä tai viedä skaalattavaan tallennustilaan offline-analyysiä varten. (Bustamante et al., 2019, s. 10) Informaation tallennus aloitetaan määrittämällä laitteen resurssit ja niiden käyttöä koskevat tiedot, jonka jälkeen itse laite voidaan kytkeä kiinni. Alustan infrastruktuuriin yhdistettäessä laitteen heti saatavilla olevat resurssit tulevat näkyville, joilta kerättävä data voidaan lähettää suoraan reaaliajassa ohjauspaneelille tai tallentaa tietosäilöön. Konsolissa konfiguroitavaan tietosäilöön määritetään syöttöresurssin lisäksi näytteistysaika, jolloin laite voi aloittaa datan jakamisen. (Bustamante et al., 2019, s. 11)

4.3 Ohjauspaneelit

Thinger.io-alustan Dashboard eli ohjauspaneeli on toiminto, jolle voidaan luoda laitteista kerätystä datasta helposti luettavista graafeista muodostuvia käyttöliittymiä. Ohjauspaneelin luomisessa ei tarvitse osata koodata, vaan luonti tapahtuu drag&drop-teknologialla, jossa käyttäjän haluamat widgetit eli pienoishjelmat raahataan ja pudotetaan listalta ohjauspaneelille, jonka jälkeen niille voidaan määrittää datalähteet, näytteenottotaajudet ja muut tarvittavat arvot. Pääpionoishjelmatyypit ovat tietojen esittäminen reaaliajassa tai historiallisena datana sekä säädettävien laitteiden on/off-napit ja liukukytkimet. Ohjauspaneelin luomisen jälkeen sen voi jakaa kolmannelle osapuolelle linkin kautta vain lukuun tarkoitettussa muodossa tai se voidaan konfiguroida sapluunaksi, jota voidaan hyödyntää samankaltaisten laitteiden datan tulkitsemiseen. Ohjauspaneelin

pienoisohjelmat voivat ottaa datansa yleisesti ottaen suoraan laitteilta tai vaihtoehtoisesti tietosäilöstä. Ohjauspaneelia voidaan selkeyttää välilehdillä, jolloin esimerkiksi saman datalähteen kaaviot voidaan sijoittaa samalle välilehdelle. Jos ohjauspaneelissa käytetään pienoishjelmaa, joka ottaa datansa laitteelta reaaliaikaisesti, tieto poistuu, kun kyseinen ohjauspaneeli suljetaan. Välilehtiä käyttäessä tieto saadaan säilymään, vaikka haluttua kaaviota ei visualisoitaisikaan juuri sillä hetkellä, kunhan itse pääohjauspaneeli pidetään auki. (Thinger.io Documentation, 2021c)

4.4 Datan visualisointi

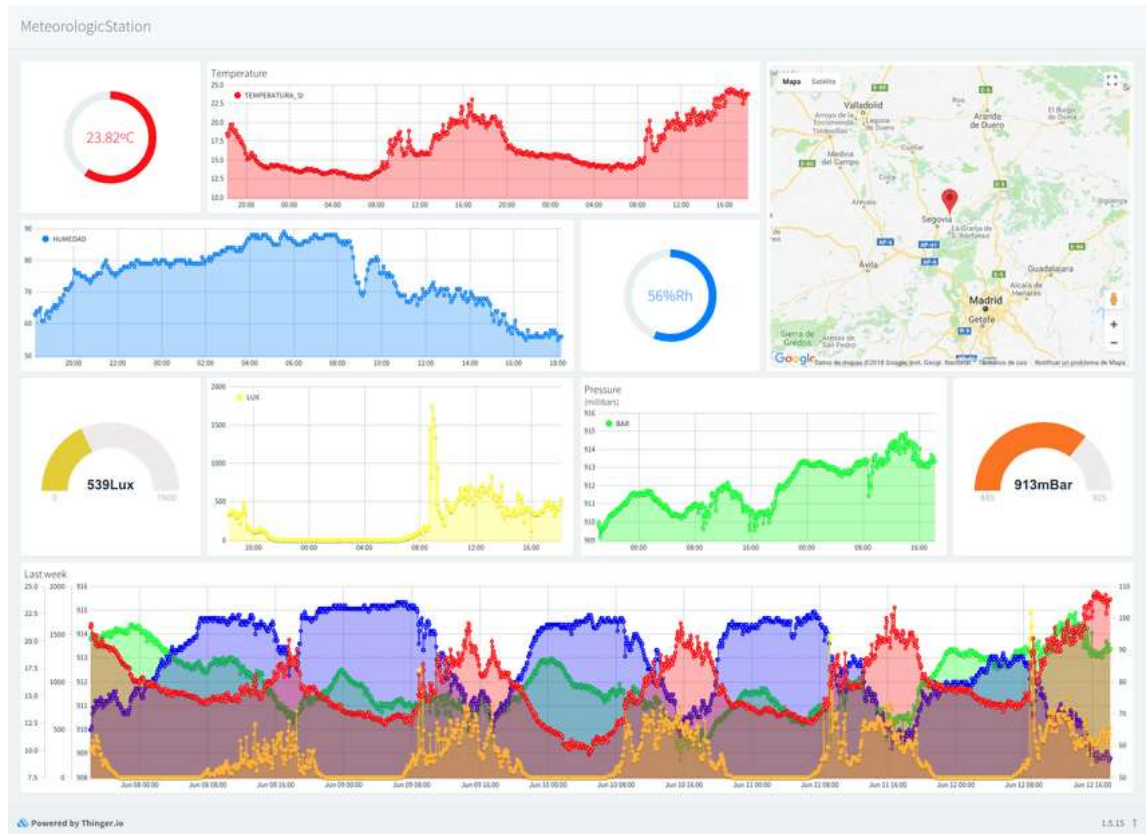
Alusta tarjoaa käyttäjälle useita erilaisia visuaalisia pienoishjelmia koneiden tietojen esittämiseen ja analysoimiseen. Työkaluja koneiden ja laitteiden tietojen esittämiseen ovat erilaiset aikasarjakaaviot, kierroslukumittarit, virtuaaliset ledit, donitsikaaviot, edistymispalkit, Google Mapsin sijaintipalvelu, paikallaan olevan tai liikkuvan kuvan käyttäminen, teksti sekä kello. Lisäksi alusta tarjoama HTML-pienoishjelma mahdollistaa mukautetun käyttöliittymän luomisen, mutta käyttäjän on osattava koodata standardoidulla web-lähdekoodin kielellä, joita ovat esimerkiksi HTML, CSS ja JS. (Thinger.io Documentation, 2021c)

Aikasarjakaaviot ovat kuvaajia, joissa liitettyjen laitteiden keräämää dataa esitetään ajan funktiona. Tyypillinen esitys on samaan kuvaajaan koostettuna kosteuden ja lämpötilan muutos päivän aikana esimerkiksi kymmenen minuutin välein mitattuna. Laitteilta kerätyssä raakadatassa saattaa olla paljon kohinaa varsinkin lyhyen aikavälin mittauksissa, mutta sen korjaamiseksi kaavioille voidaan määrittää datanyhdistämisparametrit, jotka tasoittavat käyrän helpommin luettavaan muotoon. Kierroslukumittareita voidaan käyttää kohteessa esimerkiksi reaaliaikaisen kosteuden, lämpötilan, moottorin nopeuden tai paineen kuvaamiseen. Mittarin arvojen tulkitsemista varten tietyt arvoalueet voidaan värjätä, jolloin voidaan havainnollistaa esimerkiksi vihreällä värjäyksellä koneen haluttu toiminta-alue ja punaisella värillä arvoalue, joka on toiminnalle haitallinen. Samaa tapaan voidaan käyttää myös virtuaalisia ledejä osoittamaan binäärisiä statusarvoja, jossa esimerkiksi vihreä led-valo osoittaisi koneen normaalia toimintaa ja punainen laitevikaa. Donitsikaaviot näyttävät mitatun arvon pyöristettynä prosentiarvona, joten niiden käyttö on hyödyllistä, kun tunnetaan muuttuja, joka vaihtelee tietyn maksimi- ja minimiarvon välillä. Edistymispalkki on yksiselitteisesti

kaavio, joka näyttää helposti luettavasti toiminnon tai prosessin edistymisen ja sen käyttö on mahdollista, kun seurataan prosessia, joka valmistuu ajan myötä. Esimerkiksi oven sulkeutumiselle voidaan laittaa edistymispalkkiesitys aukiolosta kiinni menemiseen. (Thinger.io Documentation, 2021c)

Alustalla on mahdollista käyttää Googlen Maps-palvelua hyödyksi, kun halutaan seurata laitteen sijaintia reaaliaikaisesti. Tätä varten vaadittu data voidaan poimia suoraan laitteelta esimerkiksi GPRS yhteyden kautta tai tietosäilöstä, jolloin myös laitteita, kuten Sigfox, voidaan seurata alustan avulla. Kuvapienoisohjelma mahdollistaa paikallaan olevan kuvan tai liikkuvan kuvan, kuten suoran lähetyksen MJPEG lähteestä käyttämisen valvomisen työkaluna. Syöte voidaan ottaa MJPEG:n lisäksi vaihtoehtoisesti käyttäjän valitsemasta URL-osoitteesta. Tekstipienoisohjelmalla voidaan esittää mielivaltaista tekstidataa, jota ei ole muulla tapaa mahdollistaa esittää, kuten vaikkapa laitteen vastaanottamia viestejä. Kello on yksinkertaisesti ajan ilmaisua varten ja sen voi määrittää esittämään laitteen paikallista aikaa tai vaihtoehtoisesti UTC-aikaa, joka on hyödyllistä tietää prosessin reaaliaikaisessa valvomisessa. HTML-pienoisohjelma on monimutkaisin, mutta myös monipuolisin esitystapa, sillä se mahdollistaa mukautetun dataesityksen käyttöliittymän standardoidulla web-lähdekoodin kielellä. Data voidaan poimia muiden pienoisohjelmien tapaa suoraan laitteesta tai tietosäilöstä, mutta myös lisäksi kolmannen osapuolen lähteestä. (Thinger.io Documentation, 2021c)

Kuvassa 4 on esitetty esimerkki meteorologiseen käyttöön tarkoitetusta ohjauspaneelistä, jossa on hyödynnetty useita visuaalisia pienoisohjelmia. Ohjauspaneelissa esitetään neljällä donitsikaaviolla kohteen lämpötilaa, kosteutta, valoisuutta ja painetta reaaliaikaisesti sekä kootaan tiedot omiin aikasarjakaavioihinsa, joista vaihtelun näkee vuorokausitasolla. Näiden neljän aikasarjakaavion tiedot on myös yhdistetty ohjauspaneelin alaosaan laajempaan aikasarjakaavioon, jossa tarkkailuvälinä on yksi viikko. Ohjauspaneelin oikeassa yläkulmassa on Google Maps-pienoisohjelma joka näyttää laitteen sijainnin. Mittaamiseen käytettiin kehittäjien valmistamaa ClimaStick-laitetta.



Kuva 4. Esimerkki ohjauspaneelistä (Bustamante et al., 2019, s. 20).

5 KÄYTTÖKOHTEET JA TULEVAISUUS

Thinger.io-alustan monipuolisten ominaisuuksien ja laajan laitteen sen käytöllä on monia mahdollisuuksia. Alustan uutuuden vuoksi tutkimuksia käyttökohteista on haastava löytää, mutta alustan portfolio-sivulle on listattu yleisesti mahdollisiksi käyttökohteiksi sovellukset maataloudessa, teollisuudessa, omaisuuden paikannuksessa, älykaupungeissa sekä älykkäässä vedessä. (Thinger.io Portfolio, 2020)

Maataloudessa IoT-laitteiden valvonta ja kauko-ohjaus mahdollistavat tuottavuutta lisäävän tarkkuusmaatalouden kehittämisen, jossa erilaisilla antureilla voidaan tarkkailla esimerkiksi peltojen ja varastojen ilmastotiedettä, yhdistettyjen maatalouskoneiden kuntoa ja sijaintia sekä sisäviljelykasveja ja karjaa. Maanviljelyyn voidaan myös kehittää esimerkiksi älykäs kasteluinfrastruktuuri ilman kaapeleita. (Thinger.io Portfolio, 2020)

Teollisuudessa alusta mahdollistaa turvallisen ja skaalattavan infrastruktuurin, suunnittelusta, tuotantoon ja toimintaan. Koneet ja teollisuusinfrastruktuuri voidaan liittää toisiinsa minimaalisella vaikutuksella integroimalla perinteiset SCADA- (Supervisory Control and Data Acquisition) järjestelmät ja uudet nykyaikaiset IIoT- (Industrial Internet of Things) laitteet, joilla on mahdollista koota tietoa erilaisista tietolähteistä ja saada tietoa, johon vanha SCADA ei pysty. Alusta on yhteensopiva esimerkiksi Modbus-, OPC UA- ja ProfiBUS-teollisuusprotokollien kanssa ja sitä voidaan käyttää sähkönkulutuksen ja laitteiden kunnan tarkkailuun sekä pullonkaulojen tunnistamiseen ja hiilidioksidipäästöjen mittaamiseen. Optimoimalla prosessia IIoT-laitteilla saadaan vähennettyä kustannuksia, nostettua tehokkuutta, parannettua turvallisuutta ja laadunvalvontaa sekä nostettua varastonhallinnan tarkkuutta. (Thinger.io Portfolio, 2020)

IoT mahdollistaa parannuksia omaisuuden seurantaan, jossa laivastoja tai muuta kalustoa voidaan seurata GPS-paikaintimilla ja sisätilojen laitteita esimerkiksi RFID- tai LoRA-tunnisteiden avulla. Thinger.io on yhteensopiva kaikkien Internet-yhteyden omaavien GPS-paikantimien kanssa, joilta kerättävä dataa voidaan analysoida vaikkapa karttaesityksen avulla. Seurannan hyötyjä ovat esimerkiksi käyttökustannuksien minimoiminen ja omaisuuden tehokkuuden ja turvallisuuden parantaminen. Seurannalla

voidaan myös tunnistaa omaisuuden suorituksesta heikkouksia ja parantaa saatavuutta ja kunnossapitoa. (Thinger.io Portfolio, 2020)

IoT on myös yksi kaupunkien digitaalisen kehityksen pilareista, sillä se tarjoaa taloudellisen ja skaalattavan infrastruktuurin suurten tiedonpalautusjärjestelmien ja palveluautomaation käyttöönotolle, jolle kaupunkien strategiset suunnitelmat voidaan perustaa. Avoimen lähdekoodin teknologia tarjoaa teknologian, joka pystyy kytkeytymään mihin tahansa anturiin, laitteeseen tai tietolähteeseen ja joka on mukautettavissa kaikkiin kaupungin palvelualoihin. Tämä mahdollistaa huippuluokan ratkaisujen, kuten keinotekoisien älykkyyden, ennakoivan analyysin, massadatan ja sosiaalisen massadatan tiedon yhdistämisen. Sovelluksia älykaupungeissa on esimerkiksi ympäristön ja saasteiden valvonnassa, julkisen infrastruktuurin ja liikenteen valvonnassa, jätteen keräyksen tehokkuuden parannuksessa sekä veden ja energian hallinnan parannuksessa. Alustan avulla voidaan myös mahdollisesti seurata julkisen liikenteen ja kaupungin eri alueiden käyttöastetta. (Thinger.io Portfolio, 2020)

Vesi on tärkeä resurssi sivilisaatioille, joten sitä on tärkeä osata käyttää oikein. Thinger.io tarjoaa älykkään veden infrastruktuurin projekteja, kuten rannikkovalvontaa älypoijuilla, vesilaitosteollisuutta, älykkäitä kastelujärjestelmiä, vesisäiliöiden mittausta sekä käsittely- ja suolanpoistolaitosten valvontaa. Nykyaikaiset anturit antavat mahdollisuuden mitata muun muassa veden happamuuden, suolapitoisuuden, hapettumisen, kloorin sekä taudinaiheuttajat. Jakeluinfrastruktuuria varten on myös hyödyllisiä antureita, jotka mahdollistavat esimerkiksi hetkellisen vesivirtauksen, säiliön tason ja paineen mittauksen. Antureilta kerättävä tieto voidaan tallentaa ja analysoida Thinger.io-alustan avulla, jolloin älykkään veden osalta voidaan lisätä tehokkuutta, tietojen jäljitettävyyttä, ehkäistä ja varoittaa vesivuodoista ja taata puhtaammat ja turvallisemmat saniteettivedet sekä tehokkaat ja kestävämmät toimitusjärjestelmät. (Thinger.io Portfolio, 2020)

Alustan käyttöä on myös jonkin verran tutkittu muun muassa liikkeen tunnistamisen apuna ja älykkäässä hätäapujärjestelmässä sekä meteorologisessa valvonnassa käyttäen kehittäjien luomaa ClimaStick-kehityspakettia. Liikkeen tunnistuksen ja älykkään hätäapujärjestelmän tutkimuksissa liikeanturilta saatu data lähetettiin Thinger.io-alustalle, jonka apuna käytettiin myös IFTTT-sovellusta. Esimerkiksi hätäapujärjestelmässä Thinger.io-alustaa ja IFTTT-sovellusta käytettiin hätäviestien

lähettämiseen sähköpostiin ja puhelimeen hätätilanteessa. (Kodali & Mahesh, 2017, s. 713)

Thingier.io-alusta tarjoaa historiansa lisäksi roadmapin eli kehityssuunnitelman vuodeksi eteenpäin, johon kehittäjät listaavat alustalle prioriteettijärjestyksessä mahdollisesti suunniteltavat ominaisuudet sekä parannukset. Esimerkiksi vuonna 2022 alustalle suunnitellaan tulevan muun muassa Java Script IoT- ja Python IoT-asiakasohjelmat, parannuksia MQTT-menetelmän integrointiin sekä raportointityökalu. Toteutuneet suunnitelmat merkitään kehityssuunnitelman listoille oikein-merkillä. Alustan kehittäjät mahdollistavat ja kannustavat yksityisiä käyttäjiä sekä yrityksiä kertomaan mahdollisesti puuttuvista ominaisuuksista, jotka he haluaisivat alustan ottavan käyttöön. (Thingier.io Documentation, 2022)

6 YHTEENVETO

Teknologian kehittyessä älykkäiden mittalaitteiden määrä kasvaa ja niiden keräämän datan oletetaan myös nousevan eksponentiaalisesti. Tällaisen massadatan analysoiminen on johtanut esimerkiksi tuotannon tehokkuuden nousemiseen, joten sen kerääminen IoT-alustalle tarkastelua varten on hyvin hyödyllistä. IoT-laitteisiin liittyy useita haasteita esimerkiksi virrankulutuksen, tehokkuuden ja kommunikaation osalta, mutta näitä ongelmia yritetään ratkaista muun muassa optimoimalla laitteiden käyttämä IoT-alusta sujuvammaksi, jolloin myös laitevaatimukset laskevat.

Thingier.io-alusta on avoimen lähdekoodin pilvipohjainen IoT-alusta, joka tarjoaa hyödyllisiä työkaluja laitteilta kerätyn datan tallennukseen, analysoimiseen ja jakamiseen. Alustalle on mahdollista yhdistää mikä tahansa Internet-yhteyksellinen laite, jonka resursseja voidaan esimerkiksi ohjata reaaliajassa REST API-teknologian avulla. Laitteilta kerättävä dataa voidaan säilyttää tietosäilöön tallennusta, jakamista tai offline-analyysiä varten. Niin kutsuttuihin ohjauspaneeliin voidaan koota useita visuaalisia pienoisohjelmia, joita ovat esimerkiksi erilaiset aikasarjakaaviot, donitsikaaviot ja googlen karttapalvelu. Ohjauspaneelin pienoisohjelmat voivat ottaa datansa suoraan laitteilta tai tietosäilöstä ja niihin koottua dataa voidaan helposti seurata reaaliaikaisesti tai historiallisena datana. Ohjauspaneelija voidaan myös jakaa kolmansille osapuolille tarkastelua ja muokkausta varten.

Alustan uutuuden takia tutkimuksia eri käyttökohteista on niukasti, mutta alustan työkaluja on mahdollista hyödyntää esimerkiksi maatalouden, teollisuuden sekä älykaupunkien sovelluksissa, jossa niitä voidaan käyttää optimoimaan eri laitteiden ja prosessien tehokkuutta. Alustalle saatavien lisäosien määrä ei myöskään ole tällä hetkellä suuri, mutta kehittäjät suunnittelevat niiden määrän kasvavan paljon tulevaisuudessa. Thingier.io-alustan dokumentaationsivuilta löytyy myös niin kutsuttu roadmap eli kehityssuunnitelma, jossa kuvaillaan suunnitellut tulevana vuonna tulevat ominaisuudet. Thingier.io-alusta on herättänyt kiinnostusta tiede- ja teknologiayhteisöissä ja sen avoimen lähdekoodin, helpon käytettävyyden ja tehokkaiden ominaisuuksien vuoksi sillä on mahdollisuus olla tulevaisuuden yksi tärkeimmistä IoT-alustoista.

LÄHDELUETTELO

Aghenta, L.O. & Iqbal, M.T. (2019). Low-Cost Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thingier.IO and ESP32 Thing. *Electronics (Switzerland)*, 8(8), 822.

Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/electronics8080822>

Bello, S. A., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Davila Delgado, J. M., Akanbi, L. A., Ajayi, A. O., & Owolabi, H. A. (2021). Cloud computing in construction industry: Use cases, benefits and challenges. *Automation in Construction*, 122, 103441.

<https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2020.103441>

Bustamante, A.L., Patricio, M.A. & Molina, J.M. (2019). Thingier.io: An Open Source Platform for Deploying Data Fusion Applications in IoT Environments. *Sensors (Switzerland)*, 19(5), 1044. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/s19051044>

Castán, J. T. (2020, May 9). New Thingier.io Free IoT Platform Release. *Thingier.io Blog*.

Saatavissa: <https://thingier.io/new-thingier-io-free-iot-platform-release/>

Fahmideh, M. & Zowghi D. (2020). An exploration of IoT platform development. *Information Systems*, 87, 101409. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.06.005>

Higuchi, K. & Tsuji, T. (2010). A distributed linear hashing enabling efficient retrieval for range queries. *2010 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 838-842. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2010.5641860>

Hutflesz, A., Six, H.-W & Widmayer, P. (1988). Globally order preserving multidimensional linear hashing. *Proceedings. Fourth International Conference on Data Engineering*, 572-579. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ICDE.1988.105505>

Kodali, R. K. & Mahesh, K. S. (2017). Smart emergency response system. *TENCON 2017 - 2017 IEEE Region 10 Conference*, 712-717. Saatavissa:

<https://doi.org/10.1109/TENCON.2017.8227953>

Kodali, R. K. & Gorantla, V. S. K. (2018). RESTful Motion Detection and Notification using IoT. *2018 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 1-5. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ICCCI.2018.8441423>

Rodeghero, P., McMillan, C. & Shirey, A. (2017). API Usage in Descriptions of Source Code Functionality. *2017 IEEE/ACM 1st International Workshop on API Usage and Evolution (WAPI)*, 3-6. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/WAPI.2017.3>

Sagioglu, S. & Sinanc, D. (2013). Big data: A review. *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 42-47. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/CTS.2013.6567202>

Schütze, A., Helwig, N. & and Schneider, T. (2018). Sensors 4.0 – smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 7, 359–371. Saatavissa: <https://doi.org/10.5194/jsss-7-359-2018>

Sethi, P., & Sarangi, S. R. (2017). Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017. Saatavissa: <https://doi.org/10.1155/2017/9324035>

Stetter, J., Hesketh P. & Hunter, G. (2006). Sensors: Engineering Structures and Materials from Micro to Nano. *The Electrochemical Society Interface*, 15(1), 66-69. Saatavissa: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2.F19061IF>

Syafrudin, M., Alfian, G., Fitriyani, N. L., & Rhee, J. (2018). Performance analysis of IoT-based sensor, big data processing, and machine learning model for real-time monitoring system in automotive manufacturing. *Sensors (Switzerland)*, 18(9). Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/s18092946>

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22–32. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>

Thingier.io Documentation. (2022). About. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/about> [viitattu 14.2.2022]

Thingier.io Documentation. (2021a). Asset Types & Groups. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/features/assets-manager> [viitattu 18.1.2022]

Thingier.io Documentation. (2021b). Clima Stick. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/others/hardware/climastick-devices> [viitattu 1.2.2022]

Thingier.io Documentation. (2021c). Dashboards. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/features/dashboards> [viitattu 17.1.2022]

Thingier.io Documentation. (2021d). Devices administration. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/features/devices-administration> [viitattu 17.1.2022]

Thingier.io Documentation. (2021e). Overview. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/>
[viitattu 10.1.2021]

Thingier.io Documentation. (2021f). Plugins Marketplace. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/plugins> [viitattu 22.1.2022]

Thingier.io Documentation. (2021g). Projects Manager. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/projects> [viitattu 22.1.2022]

Thingier.io Documentation. (2021h). Quick Start. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/quick-start> [viitattu 7.2.2022]

Thingier.io Documentation. (2021i). Thingier.io Cloud. Saatavissa: <https://docs.thingier.io/server/deployment/thingier.io-cloud-server> [viitattu 18.1.2022]

Thingier.io Portfolio. (2020). Saatavissa: <https://thingier.io/portfolio/#use-cases> [viitattu 13.2.2022]

Xu, Y., Wu, Y., Gao, H., Song, S., Yin, Y., & Xiao, X. (2021). Collaborative APIs recommendation for Artificial Intelligence of Things with information fusion. *Future Generation Computer Systems*, 125, 471–479. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2021.07.004>