

MQTT-viestintä logiikalta pilvipalveluun

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2022

Aleksi Kangasniemi

Tiivistelmä

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------|
| Tekijä(t) Kangasniemi, Aleks | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Valmistumisaika 2022 |
| | Sivumäärä 20 | |
| Työn nimi MQTT-viestintä logiikalta pilvipalveluun | | |
| Tutkinto Insinööri (AMK) | | |
| Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Harri Lääveri, Development Manager, Innotect Oy | | |
| Tiivistelmä <p>Työn aiheena on MQTT-viestintä Siemensin logiikoilta edge-laitteen kautta Microsoftin Azure IoT-hub:iin. Työssä selvitetään mitä yhteyden muodostaminen ja viestien lähettäminen logiikalta IoT-hub:iin vaatii. Työn toimeksiantaja on Innotect Oy.</p> <p>Työ on toteutettu hakemalla tietoa internetistä ja laitteiden kanssa käytännössä testaamalla. Työn alkuvaihe oli tiedonhaku ja aiheeseen perehtymistä, kun taas työn loppuvaiheessa työskentely painottui asioiden toimivuuden testaamiseen käytännössä.</p> <p>Työssä saatiin selville työssä käytettyjen laitteiden keskinäisen tunnistautumisen vaatimuksia, ja minkälaisia ongelmia tunnistautumisessa voi ilmaantua. Työ toimii hyvin pohjana anturidatan siirrossa logiikoilta pilvipalveluun. Tavoitteiden saavuttamista mitataan vertaamalla saavutettuja tuloksia toimeksiantoon.</p> | | |
| Asiasanat ohjelmoitavalogiikka, MQTT, pilvipalvelut, Siemens | | |

Abstract

| | | |
|--|------------------------------------|-------------------|
| Author(s) Kangasniemi, Aleks | Type of Publication Thesis, UAS | Published 2022 |
| | Number of Pages 20 | |
| Title of Publication Title of the Bachelor's Thesis | | |
| Name of Degree Engineer (UAS) | | |
| Name, title and organization of the client Harri Lääveri, Development Manager, Innotect Oy | | |
| Abstract <p>The topic of the work is MQTT communication from Siemen's logics via an edge device to Microft's Azure IoT hub. The work explains what it takes to establish a connection and send messages from logic to the IoT-hub. The client of the work is Innotect Oy.</p> <p>The work has been carried out by searching information from the Internet and experimenting with the equipment's in practice. At the beginning of the work, there was a search for information and familiarization with the topic, while at the end of the work, the emphasis was on trying things out in practice.</p> <p>The work found out what the mutual identification of the devices used in the work requires, and what kind of problems may occur during the identification. The thesis works well as a basis for transferring sensor data from logics to the cloud. The achievement of goals is measured by comparing the achieved results with the work order.</p> | | |
| Keywords programmable logic, MQTT, cloud services, Siemens | | |

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto..... | 1 |
| 2 | Kohdeyritys ja työn tavoite | 2 |
| 2.1 | Innotect Oy | 2 |
| 2.2 | Työn tavoite | 2 |
| 3 | Ohjelmoitavat logiikat..... | 3 |
| 3.1 | Siemens | 3 |
| 3.1.1 | Tia Portal | 3 |
| 3.1.2 | Logiikat | 3 |
| 3.1.3 | Paneelit | 4 |
| 3.2 | Muut valmistajat..... | 5 |
| 3.2.1 | Beckhoff | 5 |
| 3.2.2 | Rockwell Automation/Allen Bradley | 6 |
| 3.2.3 | Mitsubishi Electric..... | 6 |
| 3.2.4 | Schneider Electric..... | 6 |
| 3.2.5 | ABB | 6 |
| 3.2.6 | Honeywell Process | 7 |
| 3.2.7 | Omron | 7 |
| 3.2.8 | IDEC..... | 7 |
| 4 | Protokollat..... | 8 |
| 4.1 | MQTT | 8 |
| 4.2 | OPC UA..... | 8 |
| 5 | Logiikasta pilveen | 9 |
| 5.1 | Compulab fitlet2..... | 9 |
| 5.2 | Azure IoT-Hub | 9 |
| 5.3 | Pilvipalvelut..... | 9 |
| 5.3.1 | Microsoft Azure..... | 9 |
| 5.3.2 | Google cloud | 10 |
| 5.3.3 | Amazon Web Services (AWS) | 10 |
| 6 | Yhteyden muodostaminen ja viestien lähettäminen | 11 |
| 6.1 | Yhteyden muodostaminen logiikalta edge-laitteelle..... | 11 |
| 6.2 | Viestien lähettäminen | 15 |
| 7 | Tulosten analysointi | 17 |
| 8 | Yhteenveto | 18 |
| | Lähteet | 19 |

1 Johdanto

Tässä työssä käydään läpi kommunikointiyhteyden muodostamista ohjelmoitavilta logiikoilta pilveen, sekä MQTT-viestien lähettämistä logiikalta edge-laitteen kautta pilveen. Työssä käytettävät logiikat ovat Siemensin 1200- ja 1500-sarjan logiikoita. Työssä selvitetään myös mahdollisuuksia viestintään suoraan ohjauspaneelin kautta pilveen. Käytettävä edge-laite on fitlet2 compulab 2, jossa käyttöjärjestelmä on Linux. Pilvipalvelu johon yhteys muodostetaan ja MQTT-viestejä lähetetään, on Microsoftin Azure IoT-hub.

Työssä käydään läpi eri laitteiden välistä tunnistautumista, ja tunnistautumisen vaatimuksia. Erityisesti työssä käsitellään ohjelmoitavien logiikoiden ja edge-laitteen välistä tunnistautumista. Näiden laitteiden osalta kerrotaan, mikä kyseisten laitteiden välisessä tunnistautumisessa toimivat, ja mitkä asiat eivät toimineet.

Node-Red-ohjelman toimintaa käsitellään myös luvussa 6. Node-Red-ohjelma toimii edge-laitteella välikätenä viestien lähettämässä ja tunnistautumisessa. Kyseisen ohjelman osalta käsitellään muun muassa vaadittavat parametrit, jotta yhteyden muodostaminen ja viestien lähettäminen onnistuu.

Logiikkaohjelman osalta työssä käsitellään Siemensin LMQTT-kirjastokomponentin toimintaa. Kyseinen kirjastokomponentti on Siemensin kehittämä ja julkaisema Tia Portal-ohjelmistoon ladattava lisäosa. Työssä selvitetään kyseisen kirjastokomponentin vaatimat parametrit, jotta yhteyden muodostaminen ja viestien lähettäminen onnistuu.

Työssä käsitellään myös edge-laitteena toimivan fitlet compulab 2:n toimintaa ja ominaisuuksia. Pilvipalveluista käsitellään pääosin Microsoftin palveluita, koska Microsoftin IoT-hub:a käytetään tässä työssä. Myös muita pilvipalveluita käsitellään pintapuolisesti. Logiikoiden osalta Siemensin logiikoita ja paneeleita tarkastelleen syvällisemmin, kun taas muiden valmistajien laitteita tarkastellaan ainoastaan yleisellä tasolla.

2 Kohdeyritys ja työn tavoite

2.1 Innotect Oy

Innotect on suomalainen yritys, joka suunnittelee ja toimittaa digitaalisia palveluita. Yrityksen toimipisteet sijaitsevat Espoossa ja Lahdessa, ja toiminta-alueena ovat Suomen lisäksi myös muut pohjoismaat. Innotectilla on asiakkaita monilta eri toimialoilta. (Innotect Oy 2021)

Innotect tarjoaa seuraavia palveluita: (Innotect Oy 2021)

- IoT-ratkaisuja koneiden sekä laitteiden ohjaukseen, ja tuotannon analysointiin ja optimointiin
- työkaluja datan raportointiin ja visualisointiin
- pilvipalveluiden käyttöönottoja
- integraatioita
- mobiilikehitystä
- verkkopalveluita

2.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tutkia ja todentaa tiedonsiirtoa Siemensin ohjelmoitavilta logiikoilta ja ohjauspaneelilta fitlet2 compulab:n kautta Microsoftin Azure-pilvessä olevaan IoT-hubiin. Tunnistautuminen laitteiden välillä on tarkoitus toteuttaa käyttäen x509-sertifikaatteja. Työn pääpaino on tiedonsiirrossa ohjelmoitavien logiikoiden tai ohjauspaneelin ja fitlet2 compulab:n välillä.

Tiedon siirron tutkiminen ja todentaminen on tarkoitus toteuttaa käyttäen kahta eri tiedonsiirtoprotokollaa, fitlet2 compulab:ta, kahta eri ohjelmoitavaa logiikkaa ja yhtä ohjauspaneelia. Ohjelmoitavat logiikat ovat Siemensin 1200- ja 1500-sarjaa ja paneeli on myös Siemensin. Työssä käytettävät tiedonsiirtoprotokollat ovat MQTT ja OPC UA. Edge-laitteena toimii fitlet2 compulab.

3 Ohjelmoitavat logiikat

3.1 Siemens

Siemens on saksalainen yritys. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Saksassa. Sen toimialoja ovat muun muassa teollisuusautomaatio, energiantuotanto ja liikennetekniikka. (Siemens.e)

Siemens valmistaa myös tuotteita kuluttajille. Tuotteita on muun muassa kodinautomaatioon, -turvallisuuteen ja rakennusten ohjaamiseen. Siemens AG ei enää ole mukana kodinkoneliiketoiminnassa, mutta BSH Hausgeräte GmbH:lla on oikeus käyttää Siemens-tavamerkkiä kodinkoneissa. (Siemens.f)

3.1.1 Tia Portal

Tia Portal on lyhenne sanoista Totally Integrated Automation Portal. Sen avulla on mahdollista tehdä plc-ohjelmointia, ja simuloida tehtyjä ohjelmia. Simuloinnit skaalautuvat tarpeen mukaan, joten on mahdollista simuloida yksittäistä ohjainlaitetta tai vaikka kokonaista tehdasta. (Siemens.a)

Tia Portalin avulla on mahdollista myös ohjelmoida ja luoda käyttöliittymät HMI-paneeleille. Käytettävät paneelit lisätään Tia Portalissa projektiin, jonka jälkeen muodostetaan yhteys haluttuihin laitteisiin. Tia Portalissa voidaan tehdä myös selainpohjaisia käyttöliittymiä, joita käytetään pääosin valvomoratkaisuissa.

3.1.2 Logiikat

SIMATIC S7 1200

1200-sarjan logiikat ovat tarkoitettu alemman- ja keskitasonsuorituskyvyn ratkaisuihin. Ne ovat melko pienikokoisia, joten ne mahtuvat ahtaisiinkin paikkoihin. Saatavilla on tasa- ja vaihtosähköllä toimivat versiot. Sarjan logiikat ovat modulaarisia ja Siemensillä on laajavalkoima niihin liitettäviä moduuleita. Saatavilla on ainoastaan IP 20 luokituksella olevia logiikoita, joten ne on useimmiten asennettava ohjauskaapin tai -keskuksen sisälle. (Siemens.b)

Sarjan logiikoissa on paljon erilaisia kommunikointi vaihtoehtoja. Profinet-väylä ja kommunikointi sen kautta on integroitu logiikkaan. Muita kommunikointi tapoja varten on hankittava erillinen kommunikointi moduuli. Erillisiä kommunikointi moduuleja on saatavissa muun muassa GPRS- ja LTE-kommunikointiin. (Siemens.b)

SIMATIC S7 1500

1500-sarjan logiikat ovat tarkoitettu korkeaa suorituskykyä vaativiin ratkaisuihin. Myös tämä sarja on IP luokitukseltaan IP 20, joten se on tarkoitettu ohjauskaappiin tai -keskukseen asennettavaksi. Sarjan logiikat ovat modulaarisia ja siihen on saatavilla laaja valikoima siihen liitettäviä moduuleita. Saatavilla on myös turvalogiikoita, joita voi käyttää laitteiden ohjaamisen lisäksi turvalaitteiden ohjaamiseen. (Siemens.c)

Profinet kommunikointi on tämän logiikkasarjan tyypillisin kommunikointiväylä. Logiikoissa on valmiina tyypillisesti kaksi Profinet-kommunikointiporttia ja lisäportteja on saatavilla lisämoduuleiden avulla. Muitakin väylävaihtoehtoja on saatavilla, mutta nekin vaativat erillisen lisämoduulin. (Siemens.c)

Sarjan logiikoissa on hyvä tietoturva. Logiikassa olevat ohjelmat on mahdollista suojata salasanalla, jolloin voidaan estää luvaton ohjelman lukeminen tai ohjelmaan kirjoittaminen. Ohjelmalohkot voidaan myös sitoa logiikan sarjanumeroon, jolloin ne eivät toimi kuin kyseisessä logiikassa. Ethernet verkkoon liitettäessä logiikka on syytä suojata palomuurilla. (Siemens.c)

1500-sarjan logiikoissa on pieni näyttö tietojen tarkastelua varten. Näytöltä voi tarkistaa esimerkiksi logiikanohjelmistoversion, IP-osoitteen ja logiikkaan liitetyt moduulit. Siitä voi myös tarkastella logiikan sen hetkistä tilannetta, kuten virheilmoituksia ja muuta diagnostiikkaa. Näytöltä voi myös muokata logiikan asetuksia, kuten kellonaikaa, IP-osoitteen ja muita internetasetuksia. (Siemens.c)

3.1.3 Paneelit

Siemensin HMI (Human Machine Interface)-paneelit jakautuvat kahteen pääryhmään, jotka ovat Basic Panels ja Comfort Panels. Paneeleiden suurin ero on se, että Basic-sarjan paneeleissa on tyypillisesti painikkeet paneelin laidassa, kun taas Comfort-sarjan paneeleissa on yleensä pelkästään kosketusnäyttö.

Basic-sarja

Basic-sarja on edullisempi sarjavaihtoehto, joka on tarkoitettu yksinkertaisempia HMI-toimintoja varten. Paneeleiden IP-luokitus (65) on kohtuullisen hyvä, joten paneelit soveltuvat hyvin tehdas olosuhteisiin. Näytön kokoja on saatavilla 4 ja 12 tuuman väliltä, joten ne soveltuvat erilaisiin kohteisiin ja käyttötarkoituksiin. Kommunikointi muiden laitteiden välillä tapahtuu PROFINET- tai PROFIBUS-väylän kautta. (Siemens.d, s6)

Saatavilla on myös vaativiin olosuhteisiin tarkoitettuja erikoisversioita. Näissä erikoisversioissa on parempi kestävyys ympäristön kuormitusta kohtaan. Erikoisversioita löytyy

äärimmäisiä lämpötiloja, syövyttäviä kaasuja, kosteutta ja äärimmäisiä asennuskorkeuksia varten. (Siemens.d, s7)

Comfort-sarja

Comfor-sarja on Basic-sarjaa laadukkaampi HMI-paneeli, jossa on korkeampi suorituskyky. Siitä löytyy laaja valikoima eri versioita. Näyttökokoja on saatavilla 4” ja 22” väliltä. Ne on suunniteltu toimimaan erityisesti 1500-sarjan logiikoiden kanssa. (Siemens.d, s8)

Myös Comfort-sarjan paneeleista on saatavilla erikoisversioita, jotka on tarkoitettu normaalia tehdasympäristöä vaativampiin olosuhteisiin. Valikoimasta löytyy kylmiin ja kuumiin olosuhteisiin sekä, UV-suojattuja, korkeisiin asennuspaikkoihin (3000 m), syövyttäviä kaasuja kestäviä, tärinältä suojattuja ja iskunkestäviä malleja. (Siemens.d, 9)

3.2 Muut valmistajat

3.2.1 Beckhoff

Beckhoff on kansainvälinen automaatiovalmistaja, jonka pääkonttori on Saksassa. Heidän automaatiojärjestelmänsä ovat avoimia ja perustuvat PC-pohjaiseen ohjausteknologiaan. Tuotevalikoiman pääalueita ovat teollisuus-PC:t, kenttäväyläkomponentit, liikkeenohjaukseen liittyvät komponentit, automaatio-ohjelmistot ja ohjauskaapiton automaatio. Tuotteet sopivat käytettäväksi erillisinä komponentteina tai kokonaisena ohjausjärjestelmänä. Tuotevalikoima kattaa ohjaus- ja automaatoratkaisuja työstökeskuksista rakennusautomaatioon. Beckhoffin maailmanlaajuinen liikevaihto oli 923 miljoonaa euroa vuonna 2020. Työntekijöitä yrityksessä oli vuonna 2020 yhteensä noin 4500, joista noin 1900 insinööriä. (Beckhoff.a)

Beckhoff:lla on toimintaa myös Suomessa. Yritys on toiminut Suomessa edustajan välityksellä vuodesta 1986. Vuodesta 2000 lähtien Beckhoff on toiminut Suomessa Beckhoff-yhtiönä. Suomessa toimintaa on Hyvinkäällä, Tampereella, Seinäjoella ja Oulussa. Suomen pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä. Beckhoff työllisti Suomessa vuonna 2020 yhteensä 34 henkilöä. (Beckhoff.a)

Beckhoff MX-System

MX-System on uudenlainen sarja automaatiojärjestelmän toimilaitteita, jotka eivät tarvitse ohjauskaappia, koska sarjan toimilaitteilla on korkea IP-luokitus. Sarjan toimilaitteet ovat muuten samankaltaisia kuin perinteiset automaatiojärjestelmien toimilaitteet, mutta niiden IP-luokitus on IP67. Tämä IP-luokitus riittää useimpiin teollisuuden ympäristöihin. Kyseinen sarja on modulaarinen ja asennettavissa keskitetysti tai hajautetusti. (Beckhoff.b)

3.2.2 Rockwell Automation/Allen Bradley

Rockwell Automation yhdistyi Allen Bradleyyn kanna vuonna 1985, kun Rockwell Automation osti Allen Bradleyyn. Molemmat yritykset on perustettu vuonna 1903. Yhdistyneinä ne muodostavat yhden maailman suurimmista teollisuusautomaatioyhtiöistä. (Francis 2020.)

Tuotevalikoimasta löytyy ohjelmoitavia logiikoita todella pienikokoisista aina suuri kokosiin saakka. Yhtiön markkina-arvo on noin 25 miljardia US\$ ja liikevaihto noin 7 miljardia US\$. (Francis 2020.)

3.2.3 Mitsubishi Electric

Mitsubishi Electric on osa Mitsubishi-konsernia. Mitsubishi Electric:n markkina-arvo on vaihdellut suuresti. Vuonna 2020 sen markkina-arvo oli noin 28 miljardia US\$, kun taas vuonna 2017 liikevaihto oli 37 miljardia US\$. Mitsubishi Electric on yksi suurimmista PLC-valmistajista ja sen pääkonttori sijaitsee Japanissa. (Francis 2020.)

Mitsubishi Electricin tuotevalikoimasta löytyy laaja valikoima tuotteita. Valikoimasta löytyy muun muassa ohjauslaitteita ja käyttölaitteita. Mitsubishi Electric:n tuotteita käytetään muun muassa auto-, elektroniikka-, elintarvike- ja tekstiiliteollisuudessa. (Mitsubishi Electric.)

3.2.4 Schneider Electric

Schneider Electric on syntynyt vuonna 1999 useiden fuusioiden ja yritysostojen kautta. Se on ranskalainen yritys, joka työllisti 135 000 henkilöä vuonna 2020. Schneider Electric on teollisuuden ulkopuolella hieman tuntemattomampi yritys, koska sen valikoimassa ei ole kuluttajatuotteita. Logiikka toimittajana Schneider Electric on merkittävä toimittaja. Sen markkina-arvo on noin 55 miljardia US\$ ja vuotuinen liikevaihto yli 27 miljardia US\$. (Francis 2020.)

3.2.5 ABB

ABB on sveitsiläis-ruotsalainen teollisuusyritys. Se on yksi maailman suurimmista teollisuusrobottien toimittajista, ja valikoimasta löytyy myös laaja määrä erilaisia ohjelmoitavia logiikoita. Yksi ABB:n tunnetuimmista roboteista on kaksikäsinen yhteistoimintarobotti YuMi. ABB:n markkina-arvo on noin 50 miljardia US\$ ja vuosittainen liikevaihto noin 28 miljardia US\$. Se työllistää yhteensä 144 000 työntekijää. (Francis 2020.)

ABB on syntynyt vuonna 1988 ASEA:n ja BBC:n fuusioituttua. Se aloitti toimintansa ABB nimellä 05.01.1988. Yhtiön liikevaihto oli tuolloin 17 miljardia US\$, ja se työllisti 160 000 henkilöä maailmanlaajuisesti. (ABB.)

Toinen ABB:ksi fuusioitunut yritys ASEA on rakentanut vuonna 1972 Ruotsin ensimmäisen ydinvoimalan. Toinen ASEA:n merkittävä saavutus on vuodelta 1953, jolloin se ensimmäisenä yrityksenä maailmassa valmisti synteettisiä timantteja. (ABB.)

BBC on perustettu jo vuonna 1891. Sen toimialaa olivat erilaiset turbiinit ja suurjänniteinfrastruktuuri. Vuonna 1901 se rakensi Europan ensimmäisen höyryturbiinin. Vuonna 1978 se aloitti kaksinapaisten puolijohteiden valmistuksen Lenzburgin tuotantolaitoksessa. (ABB.)

3.2.6 Honeywell Process

Honeywell Process on osa Honeywell International konsernia. Emoyhtiön pääkonttori on Yhdysvalloissa ja se työllistää yhteensä 114 000 henkilöä. Konsernin markkina-arvo on yli 103 miljardia US\$ ja sen liikevaihto 42 miljardia US\$ vuodessa. (Francis 2020.)

Honeywell on yksi merkittävistä reunalaskenta-alanyrityksistä. Kvanttilaskennassa se kilpailee Googlen ja IBM:n kanssa. Honeywell Process:n tarjoamat logiikat kuuluvat sen ControlEdge-sarjaan. Honeywell Process vaikuttaa asettavan reunalaskennan pilvilaskennan edelle. Tämä sopii hyvin yrityksille, jotka haluavat pitää datan omassa hallinnassa. (Francis 2020.)

3.2.7 Omron

Omron on vuonna 1933 perustettu yritys, jossa on lähes 40 000 työntekijää. Yrityksen markkina-arvo on noin 14 miljardia US\$, ja vuosittainen liikevaihto yli 8 miljardia US\$. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Japanissa. (Francis 2020.)

Omronin PLC-valikoimaan kuuluu erilaisia ohjelmoitavia logiikoita mikroversioista modulaarisiiin versioihin. Sen valikoimaan kuuluu myös teollisuusrobotit ja erilaiset anturit. (Francis 2020.)

3.2.8 IDEC

IDEC on aiemmin esiteltyjä valmistajia pienempi yritys. Se on japanilainen yritys, jonka markkina arvo on noin 523 miljoonaa US\$. (Francis 2020.)

Yritys suosii Ethernetiä kommunikointitapana, ja sen logiikoihin pääseeikin käsiksi verkkoselaimen kautta. Tämä mahdollistaa erilaisia etävalvonta ratkaisuja, jollaisia sen asiakkaat käyttävätkin laajasti. (Francis 2020.)

4 Protokollat

4.1 MQTT

MQTT-protokolla on yleinen protokolla esineinen internetissä (Internet of Things, IoT). Protokolla on julkaisijatilaaaja-tyyppinen. Sen hyviä puolia ovat keveys, yksinkertaisuus, tehokkuus sekä alhainen kaistan kulutus. (Collin & Saarelainen 2016, 187.)

Protokolla ei tue viestijonoja. Tiedon vastaanottavan laitteen on oltava valmiudessa, jotta tieto ei katoa matkalla. MQTT ei myöskään tue M2M-viestintää tai tiedonsiirtoa suoraan useammalle laitteelle. Kyseinen protokolla ei myöskään itsessään sisällä salausta. Verkon yli liikennöidään kuitenkin TCP-protokollaa käyttäen, joka taas tukee TLS/SSL-salausta. (Collin & Saarelainen 2016, 187.)

MQTT on julkaistu IBM:n toimesta vuonna 1999. Se suunniteltiin toimimaan suuren verkko-viiveen ja alhaisen kaistanleveyden olosuhteissa. Protokollassa julkaisija pystyy osoittamaan tilaajalle aiheen, johon uusi viesti menee. (Soni & Makwana)

Protokolla sisältää kolme eri tasoa viestinnän laadulle. Ensimmäinen on QoS0, jossa viesti lähetetään enintään kerran. Toinen on QoS1, jossa viesti lähetetään vähintään kerran. Kolmas ja viimeinen on QoS2, jossa viesti lähetetään tasan kerran. (Soni & Makwana)

4.2 OPC UA

OPC UA on tiedonsiirto-protokolla sekä tiedonsiirron arkkitehtuuri. Protokolla on kehitetty M2M-viestintää varten. OPC UA-protokolla sisältää kaksi protokollaa, jotka ovat binaarinen ja web-palveluille tarkoitettu SOAP. Binaarista ja SOAP:sta voi hyödyntää jompaakumpaa tai niitä voi yhdistellä. (Collin & Saarelainen 2016, 189.)

Protokollan hyvinä puolina on tietoturva ja suorituskyky. Protokolla mahdollistaa myös TCP-portin valinnan vapaasti, mikä helpottaa tiedonsiirron tunnelointia ja palomuurin läpäisyä. (Collin & Saarelainen 2016, 189.)

5 Logiikasta pilveen

5.1 Compulab fitlet2

Fitlet2 on Compulabin valmistama IoT yhdyskäytävä. Se on pienikokoinen tietokone, jossa voi käyttää Windows tai Linux-käyttöjärjestelmiä. Windows käyttöjärjestelmistä tuettuja ovat Windows 10 ja Windows 10 IoT Enterprise LTSB. Linux käyttöjärjestelmistä yhteensopiviksi Compulab on ilmoittanut Linux Mint:n ja muut Linux versiot. (Compulab)

Fitlet2 sopii ominaisuuksiensa puolesta monenlaiseen käyttöön ja erilaisiin kohteisiin. Pienen kokonsa ansiosta sen voi asentaa pieneenkin tilaan. Koteloita on saatavilla kolmea eri kokoa; 112x84x25 mm, 112x84x34 mm ja 112x112x25 mm. Fitlet2 kestää hyvin myös sekä kylmää että kuumaa. Perusmallin käyttöalue on 0-70 °C ja teollisuuskäyttöön tarkoitetun mallin käyttöalue -40-85 °C. Asennusta varten on myös saatavilla valmiita ratkaisuja. Saatavilla on seinäasennusteline ja DIN-kiskoon kiinnitettävä asennusalusta. (Compulab)

Laite on suunniteltu erityisesti IoT-käyttöön. Se käynnistää automaattisesti itsensä sähkökatkoksen jälkeen. BIOS asetukset tallentuvat Flash-muistiin, joten ne eivät häviä sähkökatkon aikana. Fitlet2 ei myöskään tarvitse toimiakseen RTC-paristoa. (Compulab)

5.2 Azure IoT-Hub

Azure IoT-Hub on Microsoftin Azure-pilven osa-alue, jonka avulla voidaan liittää IoT-laitteita Microsoftin pilveen. IoT-Hubia voidaan käyttää tiedonsiirtoon IoT-laitteilta pilveen tai pilvestä IoT-laitteille. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi IoT-laitteita päivitetessä tai anturitiedon keräämisessä pilveen. (Microsoft a)

5.3 Pilvipalvelut

5.3.1 Microsoft Azure

Microsoft Azure on Microsoftin pilvipalvelu. Pilvipalveluita on tarjolla kolmella eri palvelumallilla, jotka ovat IaaS, PaaS ja SaaS. Palvelussa ovat tuettuja monet ohjelmointikielet ja rakenteet. Microsoft aloitti Azuren toiminnan vuonna 2008, ja projektin nimenä oli tuolloin "Project Red Dog". (Kamal, Raza, Alam & Su'ud)

Microsoft on yksi merkittävimmistä pilvipalveluiden toimittajista. Azure sisältää joukon erilaisia pilvipalveluita, joiden avulla voi luoda, kehittää ja ylläpitää sovelluksia. Microsoftin Azure -portaalissa on hallintapaneeli, jonka avulla käyttäjän on helppo navigoida palvelun eri osioiden välillä. Azuren hyviä puolia ovat joustavuus ja skaalautuvuus tarpeen mukaan. Microsoft myös tarjoaa mahdollisuuden maksaa palvelusta käytön mukaan, joten

kapasiteettia on helppo muuttaa tarpeen mukaan. Azuren IoT-työkalut on koottu Azure IoT Central:iin. Sieltä löytyvät esimerkiksi Azure IOT Solution Accelerators ja Azure IOT Hub. (Shitole, A. S., & Mankar, J. (2021))

5.3.2 Google cloud

Google cloud on Googlen pilvipalvelualusta, joka on julkaistu vuonna 2008. Se on luotu käyttäen eri ohjelmointikieliä, jotka ovat Java, C++ ja python ja Go. Googlen pilvialustan ominaisuuksiin kuuluvat yksinkertaisuus ja monipuolisuus. Palvelussa on myös ilmainen kokeilujakso, joka helpottaa palveluun tutustumista. Yleisimpiä päivittäisessä käytössä olevia Googlen pilvipalveluita ovat Google mail ja Google drive. (Shitole & Mankar 2021)

5.3.3 Amazon Web Services (AWS)

Amazonin pilvialusta on nimeltään Amazon Web Services, josta usein puhutaan tai kirjoitetaan lyhenteellä AWS. Se tarjoaa laskentaa, tallennustilaa, sisällönjakeluverkkoa ja muita toimintoja helpottamaan liiketoiminnan skaalautuvuutta ja kasvua. Pilvipalveluista suurin laskentakapasiteetti on AWS:llä. (Shitole & Mankar 2021)

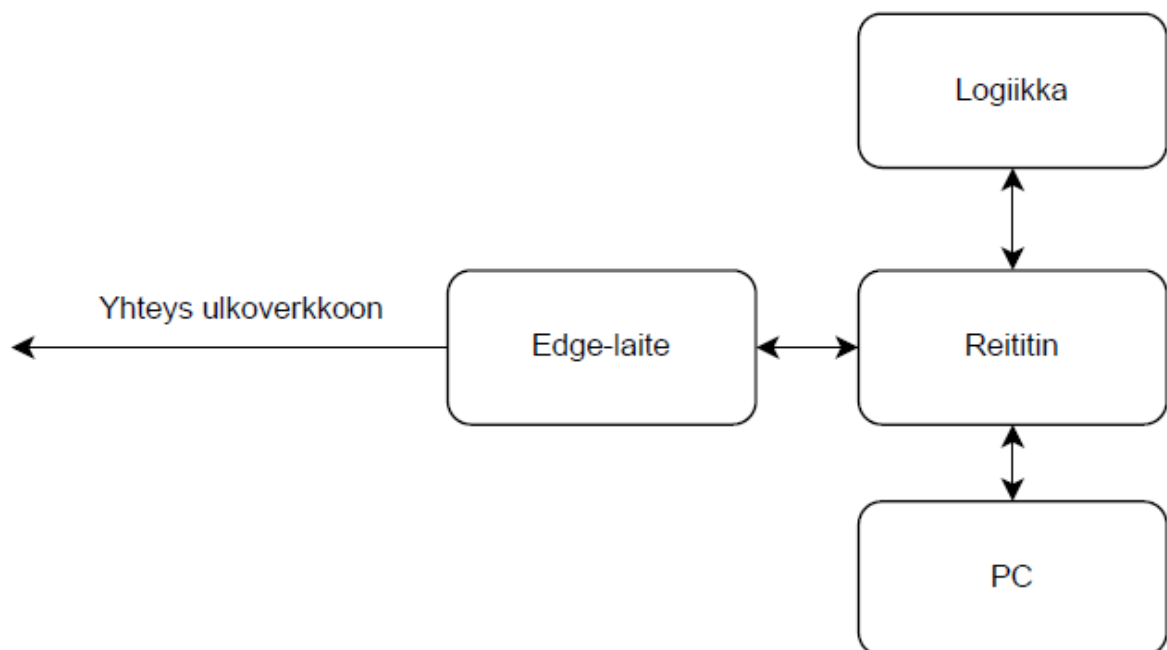
Amazonin pilvialusta on myös vahva arkkitehtuuri, joka on maailmanlaajuinen. AWS:n ominaisuuksiin kuuluvat johdonmukaisuus, luotettavuus, turvallisuus ja kustannustehokkuus. AWS on erittäin suosittu pilvipalveluiden tarjoaja, jolla on paljon tunnettu asiakkaita. Sen asiakkaisiin kuuluvat muun muassa Adobe, Airbnb, Autodesk, Canon ja NASA. (Shitole & Mankar 2021)

6 Yhteyden muodostaminen ja viestien lähettäminen

6.1 Yhteyden muodostaminen logiikalta edge-laitteelle

Yhteyden muodostaminen logiikalta edge-laitteelle toteutettiin käyttäen apuna Siemensin MQTT-viestintään tarkoitettua TIA Portal-ohjelmistoon lisättävää kirjastokomponenttia (LMQTT) ja Node-Red-ohjelmistoa. Siemensin LMQTT-kirjastokomponentti on Siemensin kehittämä TIA Portal-ohjelmistoon lisättävä kommunikointikomponentti. Kyseisen kommunikointikomponentti on ladattavissa Siemensin verkkosivuilta, joskin tämä vaatii tunnusten luomista. Node-Red ohjelmisto puolestaan on ladattavissa vapaasti osoitteesta: <https://github.com/node-red://github.com/node-red> tai sen voi Linux-käyttöjärjestelmässä asentaa myös terminalin kautta. Node-Red pyöri edge-laitteella toimien yhteydenmuodostuksessa ja viestien välittämisessä välikätenä, koska logiikalta yhteyden muodostusta Azure IoT-hubiin ei saatu suoraan toimimaan.

Laitteet kytkettiin testausvaiheessa niin, että ainoastaan edge-laitteelta oli yhteys ulkoverkkoon, koska Siemens suosittelee erillisen palomuurin käyttöä logiikoita verkkoon kytkettäessä (Siemens c). Reititin on mukana kytkennässä, koska pc:n liittäminen saman lähiverkkoon logiikan kanssa teki testaamisesta helpompaa, mutta testausvaiheen jälkeen logiikan voi kytkeä myös suoraan edge-laitteen Ethernet-porttiin. Kuvassa 1 on kuvattu käytetty kytkentä.



Kuva 1.

MQTT brokers & clients

Logiikka ohjelmien sisältämä LMQTT-komponentti toimii clienttina (sama LMQTT-komponentti toimii 1200- ja 1500-sarjan logiikoissa). Node-Red toimii välissä sekä brokerina että clienttina. Node-Red:stä MQTT-client komponentti on valmiina, mutta MQTT-broker on erikseen asennettava lisäosa. Node-Redissä MQTT-brokerina toimii Node-Rediin saatavilla oleva lisäosa Aedes MQTT broker. Node-Redin lisäosat ovat asennettavissa ja hallittavissa valikosta löytyvän "Manage palette" kohdan alta. Microsoftin Azure IoT-hub ei ole MQTT-broker, mutta toimii brokerin tavoin vastaanottaessaan MQTT-sanomia.

Parametrit, jotka logiikkaohjelman MQTT-clientille pitää vähintään antaa yhteydenmuodostusta varten tunnistautumisen tapahtuessa käyttäjätunnuksella ja salasanalla;

- hardware identifier
- connection identifier
- brokerin IP-osoite
- käytettävä portti
- client id
- käyttäjätunnus
- salasana.

Hardware identifierin tilatiedon voi katsoa TIA Portalissa esimerkiksi Default tag table:sta kohdasta System constant. Arvona voi käyttää myös nollaa, jolloin logiikka valitsee interfacen automaattisesti. Väärällä hardware identifierin arvolla yhteyden muodostus epäonnistuu. Connection identifier arvo yksilöi yhteyden brokerille. Arvon pitää olla suurempi kuin nolla. Päällekkäisiä arvoja ei saa olla, jos brokerille muodostetaan yhteys yhtä aikaa useammalla kuin yhdellä logiikalla. Käytettäessä brokerina Node-Redin Aedes MQTT-brokeria client id -kenttään pitää syöttää ainakin jokin merkki. Joihinkin brokereihin kuten Mosquitto:oon on mahdollista muodostaa yhteys myös ilman client id:tä, jos näin on asetuksissa määritetty. Connparams:sin alta löytyvään qndAddress kenttään ei tule syöttää mitään, jos yhteys muodostetaan IP-osoitteen avulla. Kuvassa 2 on logiikan tietotaulu (datablock), jossa toimivat yhteydenmuodostuksen parametrit.

| MqttDb | | | | | |
|--------|---------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------|
| | Name | Data type | Start value | Monitor value | Retain |
| 1 | Static | | | | |
| 2 | control | Struct | | | |
| 3 | connect | Bool | false | TRUE | |
| 4 | publish | Bool | false | FALSE | |
| 5 | subscribe | Bool | false | FALSE | |
| 6 | unsubscribe | Bool | false | FALSE | |
| 7 | output | Struct | | | |
| 8 | connparams | "LMQTT_typeConn... | | | |
| 9 | hwid | HW_ANY | 64 | 64 | |
| 10 | connid | CONN_OUC | 16#0015 | 16#0015 | |
| 11 | brokerAddress | Struct | | | |
| 12 | qdnAddress | String | " | " | |
| 13 | ipAddress | IP_V4 | | | |
| 14 | ADDR | Array[1..4] of Byte | | | |
| 15 | ADDR[1] | Byte | 192 | 16#C0 | |
| 16 | ADDR[2] | Byte | 168 | 16#A8 | |
| 17 | ADDR[3] | Byte | 0 | 16#00 | |
| 18 | ADDR[4] | Byte | 57 | 16#39 | |
| 19 | port | UInt | 8884 | 8884 | |
| 20 | tls | Struct | | | |
| 21 | keepAlive | UInt | 20 | 20 | |
| 22 | clientid | WString[20] | WSTRING#'plc' | WSTRING#'plc' | |
| 23 | username | WString[40] | WSTRING#'testi' | WSTRING#'testi' | |

Kuva 2. Yhteyden muodostukseen vaadittavat parametrit

Node-Red:n Aedes MQTT-broker:lle pitää tehdä seuraavat määrittelyt tunnistauduttaessa käyttäjätunnuksella ja salasanalla;

- käytettävä portti
- käyttäjätunnus
- salasana.

Palomuurista pitää sallia myös tietoliikenne käytettävästä portista, jotta yhteyden muodostus onnistuu. Kuvassa 3 on Node-Red:ille tehtyt määrittelyt, Käyttäjätunnus ja salasana määritellään erikseen Security välilehdellä.

Edit aedes broker node

Delete Cancel Done

Properties

Name

Connection Security

MQTT port 8884

WS bind port

WS port Enter Websocket port. Leave blank to disable Websocket support

Enable secure (SSL/TLS) connection

DB Url mongodb://localhost:27017/mqtt

Kuva 3. Node-Red määrittelyt

Node-Redin MQTT-clientille täytyy tehdä seuraavat määrittelyt, kun tunnistautuminen tapahtuu sertifikaattien avulla:

- palvelin
- portti
- protokolla
- client id
- TLS käyttöön
- käyttäjänimi

Edellä lueteltujen määrittelyjen lisäksi clientille pitää osoittaa käytettävät sertifikaatit. Toimivat määrittelyt on esitetty kuvassa 4.

Edit mqtt out node > **Edit mqtt-broker node**

Delete Cancel Update

Properties

Name

Connection Security Messages

Server supersense-edgedev2 Port 8883

Connect automatically

Use TLS TLS configuration

Protocol MQTT V3.1.1

Client ID plc

Keep Alive 60

Session Use clean session

Kuva 4. Sertifikaattien määrittely

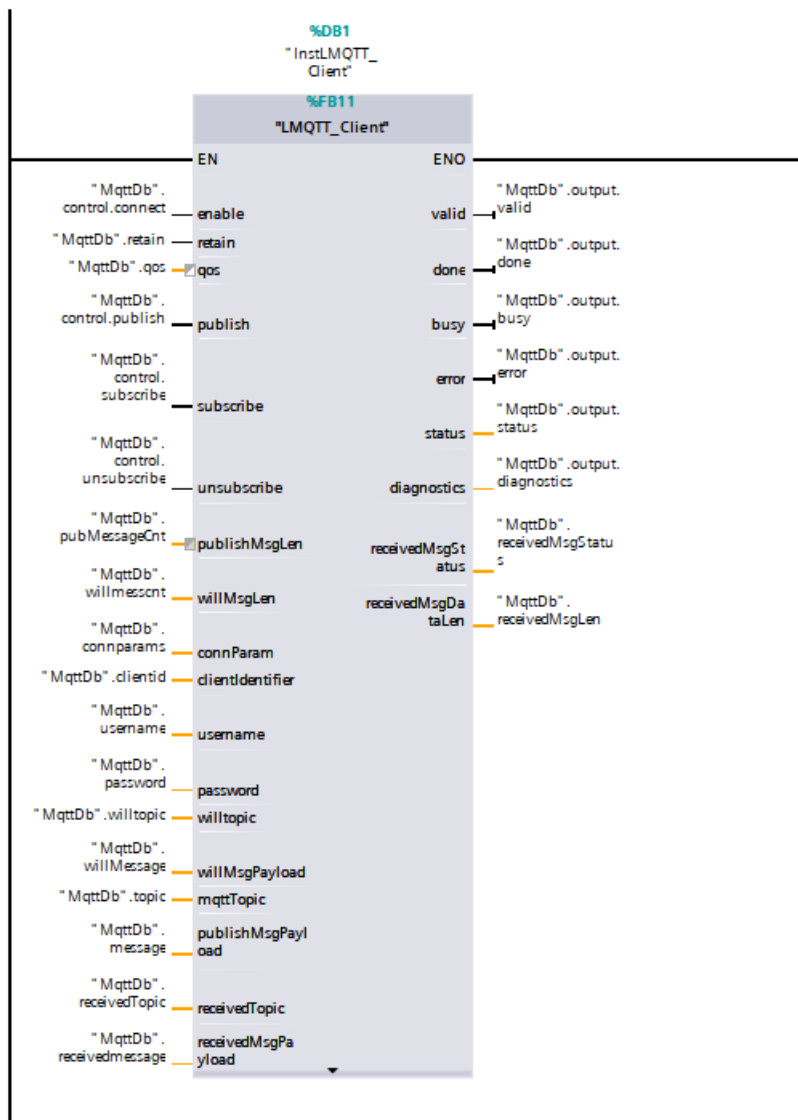
6.2 Viestien lähettäminen

Viestien lähettäminen tapahtuu MQTT-protokollaa käyttäen ja viestien muotona on JSON. Kuvassa 5 on esimerkki JSON-muotoisesta viestistä. Viestien muodon täytyy olla oikein, jotta viestien lähettäminen onnistuu.

```
{
  "date": "{{date '2019-01-01' '2019-12-31' 'YYYY-MM-DD'}}",
  "time": "{{time '00:00' '23:59' 'hh:mm'}}",
  "temperature": "{{float 1 100 round=0.01}} °C"
}
```

Kuva 5. JSON-muotoinen viesti

Viestien lähettäminen tapahtuu saman Siemensin LMQTT-kirjastokomponentin avulla kuin yhteyden muodostaminenkin. Viestejä voidaan lähettää yhteydenmuodostamisen jälkeen muuttamalla LMQTT-komponentin publish-muuttujaan arvo true. Viestin sisältö kirjoitetaan logiikkaohjelmassa LMQTT-komponentin muuttujaan publisMsgPayload. Kuvassa 6 on esitetty kuvankaappaus LMQTT-kirjastokomponentista.



Kuva 6. LMQTT-kirjastokomponentti

7 Tulosten analysointi

Työn tavoitteita olivat:

- laitteiden välinen tunnistautuminen käyttäen x509-sertifikaatteja
- tiedonsiirto MQTT- ja OPC UA-protokollilla
- tiedonsiirto 12xx- ja 15xx-sarjan logiikoilta ja ohjauspaneelilta.

Laitteiden välinen tunnistautuminen käyttäen x509-sertifikaatteja onnistui osittain, mutta ei alkuperäisten tavoitteiden mukaisella tavalla. Edge-laitteelta Azuren IoT-hubiin tunnistautuminen onnistui käyttäen x509-sertifikaatteja, mutta ohjelmoitavan logiikan ja edge-laitteen välinen tunnistautuminen ei onnistunut sertifikaattien avulla.

Edge-laitteen ja logiikan välisessä tunnistautumisessa sertifikaateilla keskeiseksi ongelmaksi koitui edge-laitteen osoittaminen logiikalle. Yhteydenmuodostamisen kohde on mahdollista osoittaa logiikalle käyttäen IP-osoitetta tai domain-nimeä. Sertifikaateilla yhteyttä muodostettaessa yhteyden muodostamiseen taas pitää käyttää sertifikaatteihin kirjoitettua hostnimeä. Työssä käytetty LMQTT-kirjastokomponentti ei tarjonnut mahdollisuutta muodostaa yhteyttä hostname:a käyttäen. Ongelma olisi kenties mahdollista ratkaista ohjelmoimalla yhteydenmuodostukseen oma ohjelma SCL-kieltä käyttäen tai muokkaamalla LMQTT-kirjastokomponenttia.

Tiedonsiirto MQTT- ja OPC UA-protokollia käyttäen onnistui myös osittain. Tiedonsiirto onnistui MQTT-protokollaa käyttäen. OPC UA-protokolla taas jäi työstä pois jo työn alkuvaiheessa havaittujen lisenssiongelmiensa johdosta.

Tiedonsiirto 1200- ja 1500-sarjan logiikoilla ja ohjauspaneelilta onnistui myös osittain. 1200- ja 1500-sarjan logiikoille sopii molemmille sama LMQTT-kirjastokomponentti, jonka avulla muodostetaan yhteys ja lähetetään MQTT-sanomia. Ohjauspaneelilta ei löytynyt tapaa kommunikoida edge-laitteelle, joten tämä jäi toteutumatta.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteet toteutuivat osittain. Teknisistä haasteista johtuen työn aikataulu ei pitänyt, vaan työn valmistuminen viivästyi suunnitellusta.

Työtä tehdessä selvisi paljon uusia asioita tietoliikenteestä ja hieman myös logiikkaohjelmoinnista. Tietoliikenteen osalta uusina asioina tuli muun muassa sertifikaattien luominen ja eri laitteiden välinen tunnistautuminen. Lisäksi kokemusta tuli Linux-käyttöjärjestelmän käytöstä, mikä oli käytössä edge-laitteella. Logiikkaohjelmoinnista uutena asiana tuli sertifikaattien käsittely logiikalla. Näiden lisäksi työtä tehdessä tuli perehdyttyä monen uuden ohjelmiston käyttöön, kuten; Microsoft Visual Studio Code, Mosquitto, Node-Red, OpenSSL ja Wireshark.

Työssä selvisi useita asioita, jotka pitää ottaa huomioon MQTT-viestinnässä.

Työssä selvisi seuraavat asiat:

- mitä logiikan ja edge-laitteen välinen tunnistautuminen vaatii
- kuinka logiikalta voidaan lähettää MQTT-viestejä
- missä muodossa MQTT-viestien pitää olla
- kuinka Node-Red toimii välikätenä tiedonsiirrossa
- mitä pitää ottaa huomioon yhteydenmuodostuksessa sertifikaattien kanssa.

Työ opetti tekijälle monia uusia tiedonsiirtoon liittyviä teknologioita. Toimeksiantajalle työ antoi lisätietoa eri laitteiden välisistä tiedonsiirron mahdollisuuksista ja haasteista.

Lähteet

ABB. Viitattu 31.12.2021. Saatavissa <https://global.abb/group/en/about/history>

Beckhoff. a Viitattu 30.12.2021. Saatavissa <https://www.beckhoff.com/fi-fi/company/>

Beckhoff. b Viitattu 30.12.2021. Saatavissa <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/mx-system/>

Compulab. Viitattu 22.12.2021. Saatavissa <https://www.compulab.com/products/iot-gateways/iot-gate-apl-fitlet2-apollo-lake-gateway/>

Francis, S. 2020. Top 20 programmable logic controller manufacturers Viitattu 31.12.2021 Saatavissa <https://roboticsandautomationnews.com/2020/07/15/top-20-programmable-logic-controller-manufacturers/33153/>

Innotect Oy 2021. Viitattu 18.10.2021. Saatavissa <https://innotect.fi>

Kamal, M. A., Raza, H. W., Alam, M. M., & Su'ud, M. M. (2020). Highlight the features of AWS, GCP and Microsoft Azure that have an impact when choosing a cloud service provider. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE).

Collin, J & Saarelainen, A. 2016. Teollinen internet. Alma Talent Viitattu 20.10.2022 Saatavissa <https://bisneskirjasto-almatalent-fi.ezproxy.saimia.fi/teos/BAFBIXCTEB#avaa%20rakennepuu#avaa%20rakennepuu#avaa%20rakennepuu#avaa%20rakennepuu/piste:tj>

Microsoft a Viitattu 27.10.2021. Saatavissa

https://azure.microsoft.com/en-gb/services/iot-hub/?&ef_id=EA1aIQobChMI3pnO_8_q8wIVcXxvBB2Z7qyfEAAYASAAEgLqiPD_BwE:G:s&OCID=AID2200184_SEM_EA1aIQobChMI3pnO_8_q8wIVcXxvBB2Z7qyfEAAYASAAEgLqiPD_BwE:G:s&gclid=EA1aIQobChMI3pnO_8_q8wIVcXxvBB2Z7qyfEAAYASAAEgLqiPD_BwE#documentation

Mitsubishi Electric Viitattu 31.12.2021. Saatavissa

<https://www.mitsubishielectric.com/fa/business/core/index.html>

Shitole, A. S., & Mankar, J. (2021). A Quick Review of Cloud Computing & its Service Providers. Recent Trends in Cloud Computing and Web Engineering, 3(2).

Siemens a Viitattu 08.12.2021 Saatavissa

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>

Siemens b Viitattu 08.12.2021 Saatavissa

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10045647?tree=CatalogTree>

Siemens c Viitattu 08.12.2021 Saatavissa

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10204162?tree=CatalogTree>

Siemens d Viitattu 09.12.2021 Saatavissa

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:796d5e95-d5a9-4ddc-93d0-a3597bdaa7b5/dffa-b10135-03-br-simatic-hmi-mehrwerte-24-pages-deenus-144.pdf>

Siemens e Viitattu 24.02.2022 Saatavissa

<https://new.siemens.com/global/en/general/legal.html>

Siemens e Viitattu 24.02.2022 Saatavissa

<https://new.siemens.com/global/en/products/consumer.html>

Soni, D., & Makwana, A. (2017). A survey on mqtt: a protocol of internet of things (iot). In International Conference On Telecommunication, Power Analysis And Computing Techniques (ICTPACT-2017) (painos 20)

