



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Järjestelmien välinen tiedonsiirto
soodakattilalla – esimerkkinä OPC UA**

**Jan Lehmusvirta
Tampereen ammattikorkeakoulu,
Sähkö- ja automaatiotekniikan
tutkinto-ohjelma**

22.12.2023

Raportti 11/2023

(16A0913-E0232)



Järjestelmien välinen tiedon- siirto soodakattilalla - esimerk- kinä OPC UA

Jan Lehmusvirta

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

LEHMUSVIRTA, JAN:

Järjestelmien välinen tiedonsiirto soodakattilalla – esimerkkinä OPC UA

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Joulukuu 2023

Opinnäytetyö tehdään Suomen Soodakattilayhdistykselle tutkimuksena uusista mahdollisuuksista soodakattilan järjestelmien päivittämistä varten. Tutkimuksen tarkoituksena on tutustua tehtaiden automaatiojärjestelmiin sekä OPC UA -järjestelmän mahdollisuuksiin lähtökohtaisesti soodakattiloiden väliseen tiedonsiirtoon. Työn rakenne seuraa johdonmukaisesti uusien järjestelmien teorian sekä käytössä olevien järjestelmien kartoitusta. Opinnäytetyön painopiste on kuitenkin OPC UA -järjestelmän tutkiminen keskittyen sen vahvuuksiin, kuten tietoturvallisuuden parannuksiin ja helppokäyttöisyyteen.

Työ toteutettiin täysin teoreettisena tutkimuksena ja dokumentaationa. Tiedonhankinta perustui tehtailta tehtyihin haastatteluihin, joissa kartoitettiin tällä käytössä olevia järjestelmiä. OPC UA -järjestelmän dokumentointi toteutettiin julkisia tietolähteitä, kuten OPC UA standardia sekä muita OPC Foundation -järjestön materiaalia, käyttäen. Tutkimus eteni tulosten tarkasteluun, jossa vertailtiin nykyisten järjestelmien ja OPC UA -järjestelmän eri puolia keskenään. Näistä koostettiin lopputulos uuden järjestelmän kannattavuudesta. Vertailujen keskeisinä aiheina toimi tietoturva, helppokäyttöisyys sekä mahdolliset ongelmatilanteet.

Tutkimuksen tuloksina esitettiin tulevaisuudenkestävyys, tietoturvaparannukset sekä helppokäyttöisyys järjestelmän päivitystä puoltavina, mutta käyttöönottojen pitkäkestoisuus ja yhteensovittaminen todettiin suurimmiksi syiksi päivityksen välttämiseen soodakattiloiden kokoiseen osakokonaisuuteen. Mahdollisten jatkotutkimusten potentiaalisena aiheena on OPC UA ja PROFINET-järjestelmien yhteensopivuus jälkimmäisen ollessa myös potentiaalinen tiedonsiirtoprotokolla nopeuden ja kapasiteetin suuruuden myötä. Toinen vaihtoehtoinen jatkotutkimus on OPC UA ja Modbus-järjestelmien yhteensopivuus.

Asiasanat: toteutus, mahdollisuudet, tulokset, jatkotutkimukset

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

LEHMUSVIRTA, JAN:
Data Transfer Between Systems Using a Soda Boiler – a Study of OPC UA

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 0 pages
December 2023

The focus of this thesis was to study the possibilities and potential of OPC UA to replace or extend factory automation systems used specifically for recovery boilers. The thesis was a theoretical study done for the Finnish Recovery Boiler Committee. The data were collected from the specifications and interviews of a number of pulp mills. The theory for OPC UA was based on the OPC standard. The data for current systems were collected from the interviews.

The results showed that to switch or update an automation system to OPC UA, it would have to be done to improve information security, easy access and future-proofness in order for it to be seen as a necessary update. For that reason, it might not be seen as an important improvement specifically for soda boilers.

The unfortunate issues for an OPC UA update were linked to server application and compatibility with an existing automation system from which the latter seemed to be a rarer issue.

The verdict is that even if OPC UA could be a technological and future proof improvement for the existing systems, it is not seen necessary to replace the current systems. Further studies could focus on OPC UA compatibility with other relevant systems such as PROFINET or Modbus.

Key words: OPC UA, focus, results, issues, verdict

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	OPC UA	8
2.1	Arkkitehtuuri	8
2.2	Tietoturva	9
2.3	Yhteensopivuus.....	14
2.3.1	PROFINET	14
2.3.2	Modbus.....	16
2.3.3	MQTT	17
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	20
3.1	Haastattelut.....	20
3.1.1	Yritys A.....	20
3.1.2	Yritys B.....	21
3.1.3	Yritys C.....	21
4	NYKYTILANNE	22
4.1	Käytössä olevat menetelmät	22
4.2	Ylläpito	23
4.3	Ongelmat	24
4.4	Parannustarpeet.....	25
5	TULOKSET	26
5.1	Vertailu	26
5.2	Mahdollisuudet.....	27
5.3	Johtopäätökset.....	28
6	POHDINTA	29
	LÄHTEET	30

ERITYISSANASTO

OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
PROFINET	Process Field Network
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
MES	Manufacturing Execution System
ERP	Enterprise Resource Planning
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia OPC UA järjestelmän mahdollista käyttöönottoa sekä mahdollisuuksia soodakattilan järjestelmän ja tehtaan automaatiojärjestelmän väliseen tiedonsiirtoon. Tutkimuksessa haastatellaan eri yritysten sellutehtaita ja kartoitetaan tämänhetkinen tilanne käytössä olevien järjestelmien kannalta, josta luodaan kokonaiskuva hyvistä ja huonoista puolista.

Ongelmakohtia ja syitä, miksi nykyiset järjestelmät on otettu käyttöön ovat analysoinnin keskipisteenä kappaleessa saavuttaaksemme mahdollisimman kattavan kokonaiskuva, johon voidaan ottaa kantaa OPC UA järjestelmän tutkimisessa. Kun nykyisten järjestelmien kokonaiskuva on selvillä, siirrytään OPC UA teoriaan. Tässä osuudessa kerrotaan tiivistettynä ensin, mikä OPC UA käytännön tasolla on ja mihin se kykenee.

Teoriassa käydään läpi myös arkkitehtuuri ja rakenne, josta on tarkoitus selvittää OPC palvelimen rajapinnat ja toimintatavat automaatiojärjestelmässä. OPC UA järjestelmän ongelmatilanteet tulee kartoittaa selkeästi haastatteluissa ilmenneiden käyttöönottojen kannalta ja tehdä huomioita tutkimuksen yhteenvetoa varten. Kappaleen yhtenä painopisteenä on tietoturva, jota pidetään OPC UA järjestelmän yhtenä suurimmista vahvuuksista.

Tietoturva -osiossa käydään läpi yleiset menetelmät järjestelmän kannalta ja tuodaan esille tietoturva-arkkitehtuuri rakennekuvia käyttäen. Osioista on selvittävä tietoturvaratkaisujen laajuus sekä potentiaaliset hyödyt järjestelmän käyttöönottoa varten.

Luvun lopuksi otetaan kantaa mahdollisuuksiin, kuten yhteiskäyttöä nykyisten käytössä olevien järjestelmän kanssa. Näitä yhteensopivuuksia pohditaan myös mahdollisissa jatkotutkimuksissa työn lopussa.

Seuraavassa luvussa tehdään vertailu hyötyjen ja huonojen puolien suhteen nykyisten järjestelmien ja OPC UA järjestelmän välillä, jonka jälkeen lopputuloksista

tehdään vielä yhteenveto. Lopuksi tuodaan esille omia ajatuksia tutkimuksen suhteen sekä mahdolliset havaitut potentiaaliset jatkotutkimusten kohteet.

2 OPC UA

OPC UA on OPC Foundation -järjestön vuonna 2008 kehittämä alustariippumaton arkkitehtuuri OPC Classic järjestelmän seuraajaksi. OPC UA on palvelinperustainen protokolla/joukko määritelmiä, jonka lähtökohtina on ohjelma- ja käyttöjärjestelmäriippumattomuus sekä tietoturvallisuuden parantaminen. (OPC Foundation n.d.)

Ohjelma- ja alustariippumattomuus mahdollistaa OPC UA palvelimen käytön Linux, Apple OS, Android ja Windows -käyttöjärjestelmillä sekä sulautetuilla järjestelmillä tai suorittimilla verrattuna OPC Classicin toimivuuteen vain ja ainoastaan Windows käyttöjärjestelmällä. (OPC Foundation n.d.)

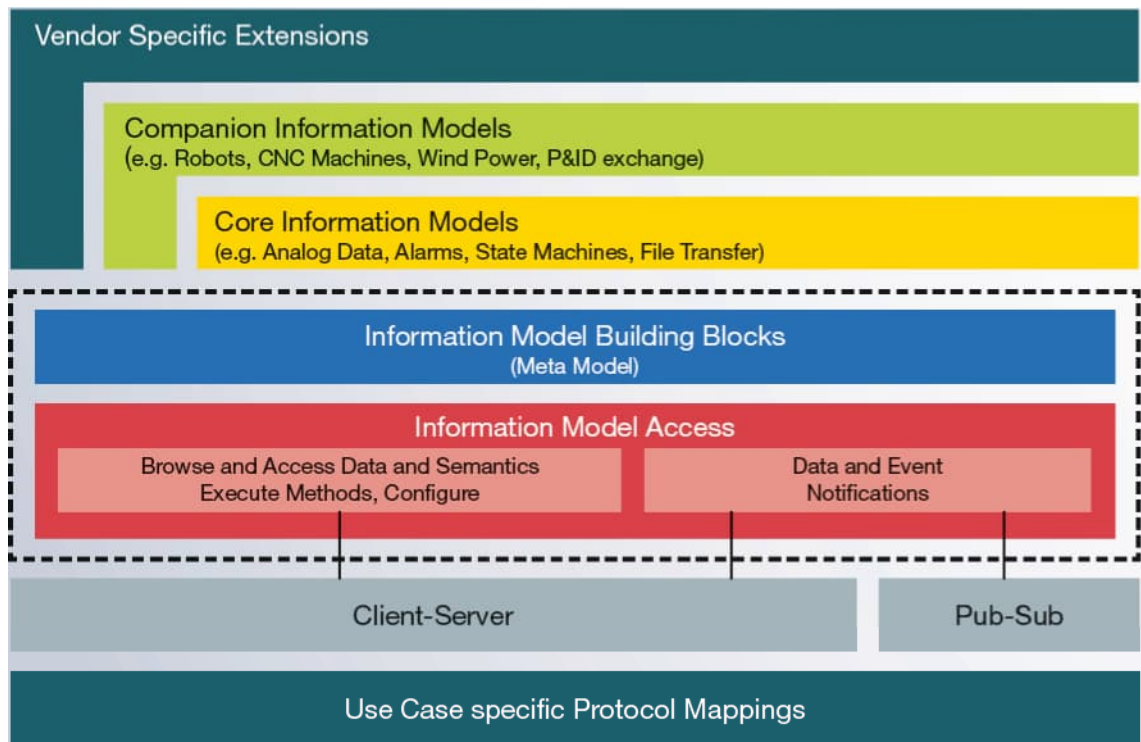
Tietoturvasalla OPC UA järjestelmään on tuotu useita eri parannuksia, kuten viestien parempi salaustapa ja mahdollisuus käyttää järjestelmää palomuurin takaa. (OPC Foundation n.d.)

2.1 Arkkitehtuuri

OPC UA -järjestelmää käytetään palvelimelta, joka voidaan integroida suoraan automaatiojärjestelmään esimerkiksi kenttälaitteiden ja ylemmän tason laitteiden välille siten, että millä tahansa ylemmän tason laitteella on pääsy mille tahansa kenttälaitteelle, kunhan ne ovat yhteydessä jossain kohtaa järjestelmän rakennetta UA-palvelimeen. (OPC Foundation n.d.)

OPC UA mahdollistaa tiedonsiirron Client/Server ja PubSub menetelmillä. Client/Server menetelmällä asiakas pyytää palvelimelta tiettyä dataa, johon tämä tietty palvelin vastaa. PubSub menetelmällä julkaisija (publisher) lähettää dataa määritettyyn verkkoon ottamatta kantaa siihen, vastaanottaako kukaan lähetettyä dataa, jota kuka tahansa tilaaja (subscriber) voi vastaanottaa. (OPC Foundation n.d.)

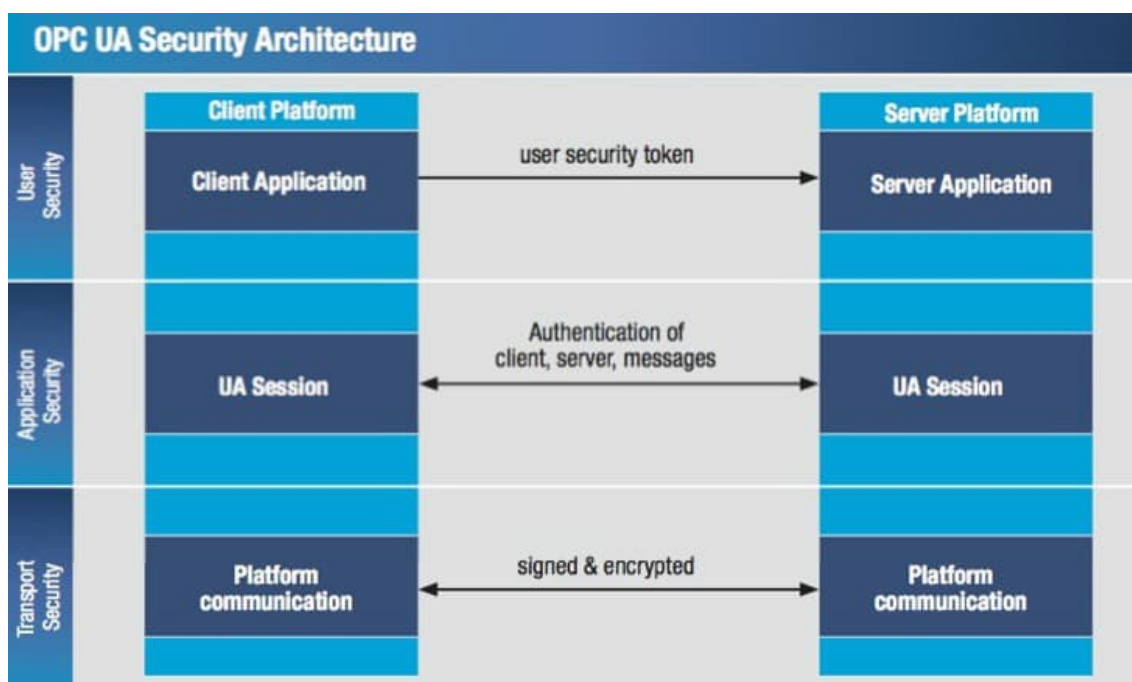
OPC UA -arkkitehtuuri on loppujen lopuksi yksinkertainen, mutta monipuolinen ja on täten sovellettavissa useisiin eri käyttötarkoituksiin. (kuva 1)



KUVA 1. OPC UA arkkitehtuuri (OPC Foundation n.d.)

2.2 Tietoturva

OPC UA tietoturva-arkkitehtuuri jaetaan pääsääntöisesti kolmeen osa-alueeseen: Käyttäjäturvallisuus, sovellusturvallisuus ja kuljetusturvallisuus (kuva 2). Käyttäjäturvallisuus vastaa Client/Server -toteutuksella käyttäjän todennuksesta käyttäjän henkilökohtaisella suojaustunnuksella. Sovellusturva vastaa 'asiakkaan', palvelimen sekä viestien varmennuksesta. Kuljetusturvallisuus vastaa puolestaan digitaalisesta allekirjoituksesta sekä salauksesta. Kaikki menetelmät tapahtuvat kuvan 2 mukaisesti. (OPC Foundation 2018)

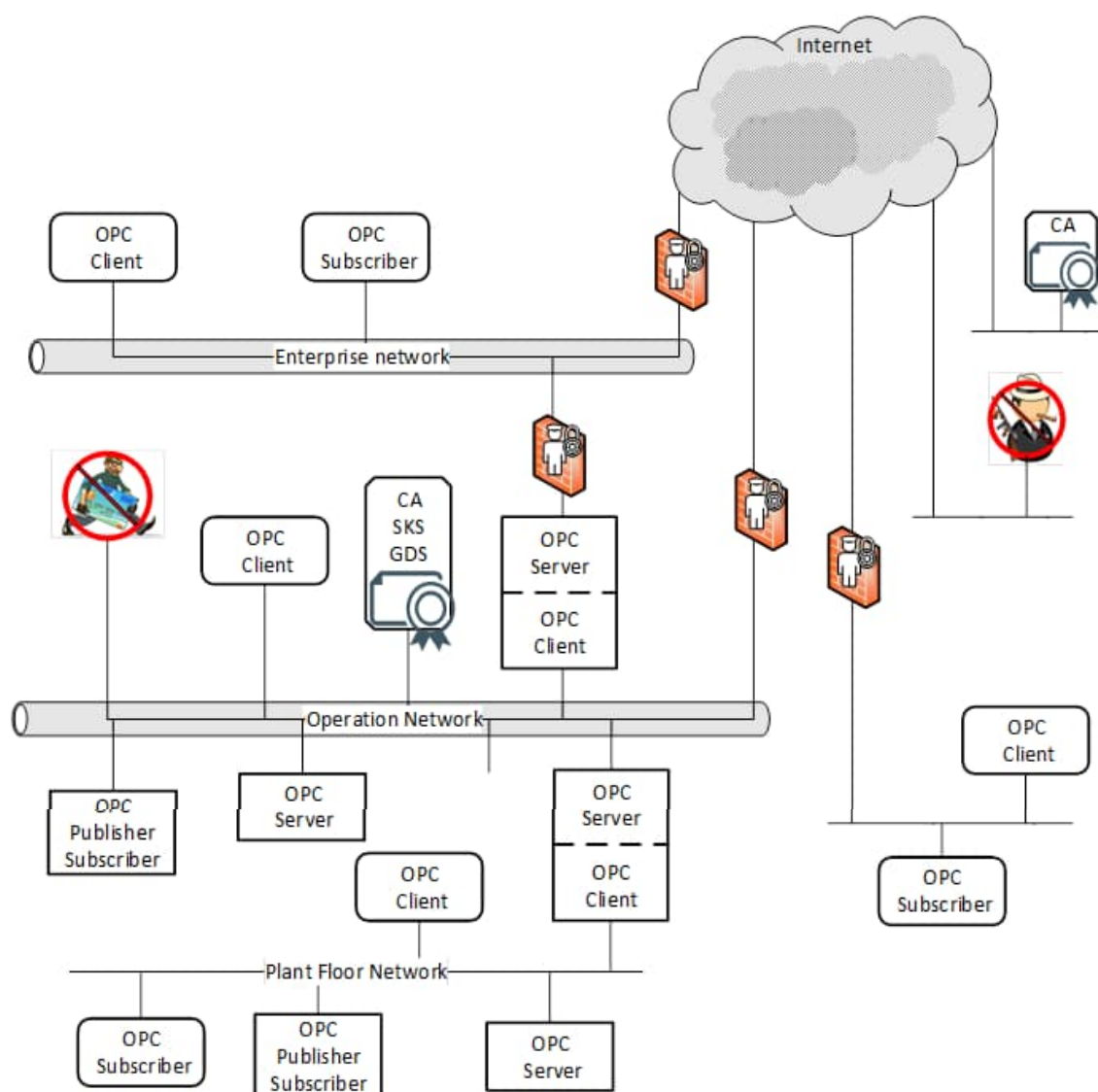


KUVA 2. OPC UA tietoturva-arkkitehtuuri (OPC Foundation 2018)

OPC UA tuo huomattavia uudistuksia tietoturvaan edeltäjänsä nähden. Palvelinta voidaan käyttää turvallisesti palomuurin takaa, jolloin palvelimen alainen data kulkee palomuurin läpi yhdestä portista helpottaen sen seuraamista sekä tietoturvariskien paikantamista (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2).

Tehdasautomaatiossa OPC UA palvelimen tietoturvamenetelmistä voi olla yleisellä tasolla hyötyä vahvan tunnistautumisen sekä viestin alkuperän ja eheyden helpon tunnistamisen takia (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2). Näiden menetelmien avulla tiedonsiirto olisi mahdollista esimerkiksi kolmannelle osapuolelle minimaalisilla tietoturvariskeillä.

OPC UA -järjestelmä mahdollistaa myös sekä Client/Server että Publish-Subscribe toteutuksien yhteiskäytön verkkorakenteessa esimerkiksi kuvan 3 mukaisesti. Tämä lisää joustavuutta ja helppokäyttöisyyttä. (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2)

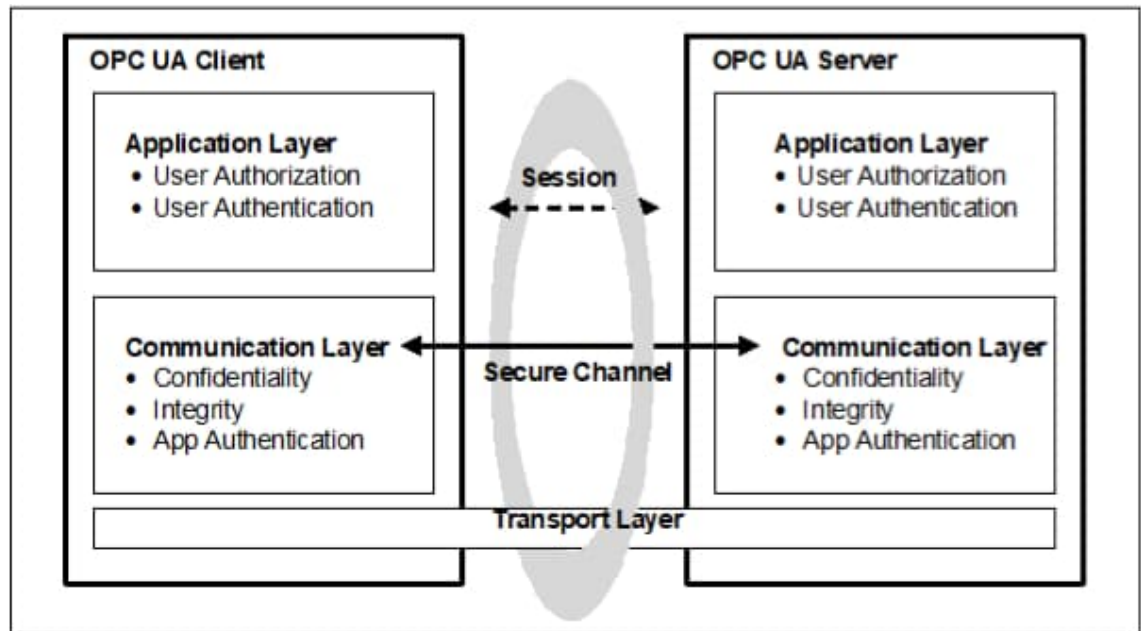


KUVA 3. Esimerkki OPC UA verkosta (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2)

OPC UA palvelimessa on tietoturva-arkkitehtuurit sekä Client/Server (kuva 4) että Publish-Subscribe (kuva 5) toteutustavoille. Client/Server toteutustavan tiedonsiirto tapahtuu sovelluserroksessa (kuva 4), joka on myös vastuussa varmenteista sekä käyttäjän valtuuttamisesta. Sovelluserroksessa käynnissä oleva istunto kommunikoi suojatun kanavan yli, joka on luotu kommunikaatiokerroksessa (kuva 4) ja joka mahdollistaa suojatun tiedonsiirron. Kaikki istuntodata siirretään kommunikaatiokerrokseen. (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2)

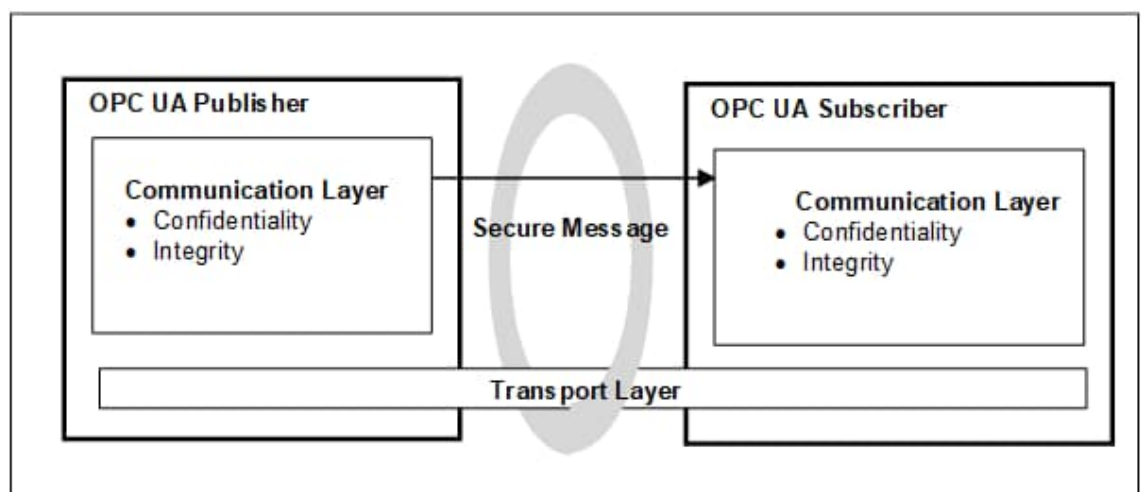
Client/Server toteutuksessa toimiva kuljetuserrosta (kuva 3) voidaan myös käyttää luottamuksellisuuden sekä eheyden toteuttamiseen käyttämällä HTTPS-protokollaa, mutta sen käyttämisessä on hyvä huomioida haavoittuvaisuus OPC UA-järjestelmän ulkopuolisessa käytössä. Tämä haavoittuvaisuus johtuu siitä, että

useat sovellukset pystyvät jakamaan HTTPS-varmenteita alustalla. Kaikki yhden alustan sovellukset, jotka käyttävät samaa varmennetta käyttävät myös samoja asetuksia. HTTPS ei myöskään vaadi sovellusvarmennetta, mutta se voidaan ottaa halutessa käyttöön istunnon perustamisvaiheessa. (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2)



KUVA 4. OPC UA Client/Server tietoturva-arkkitehtuuri (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2)

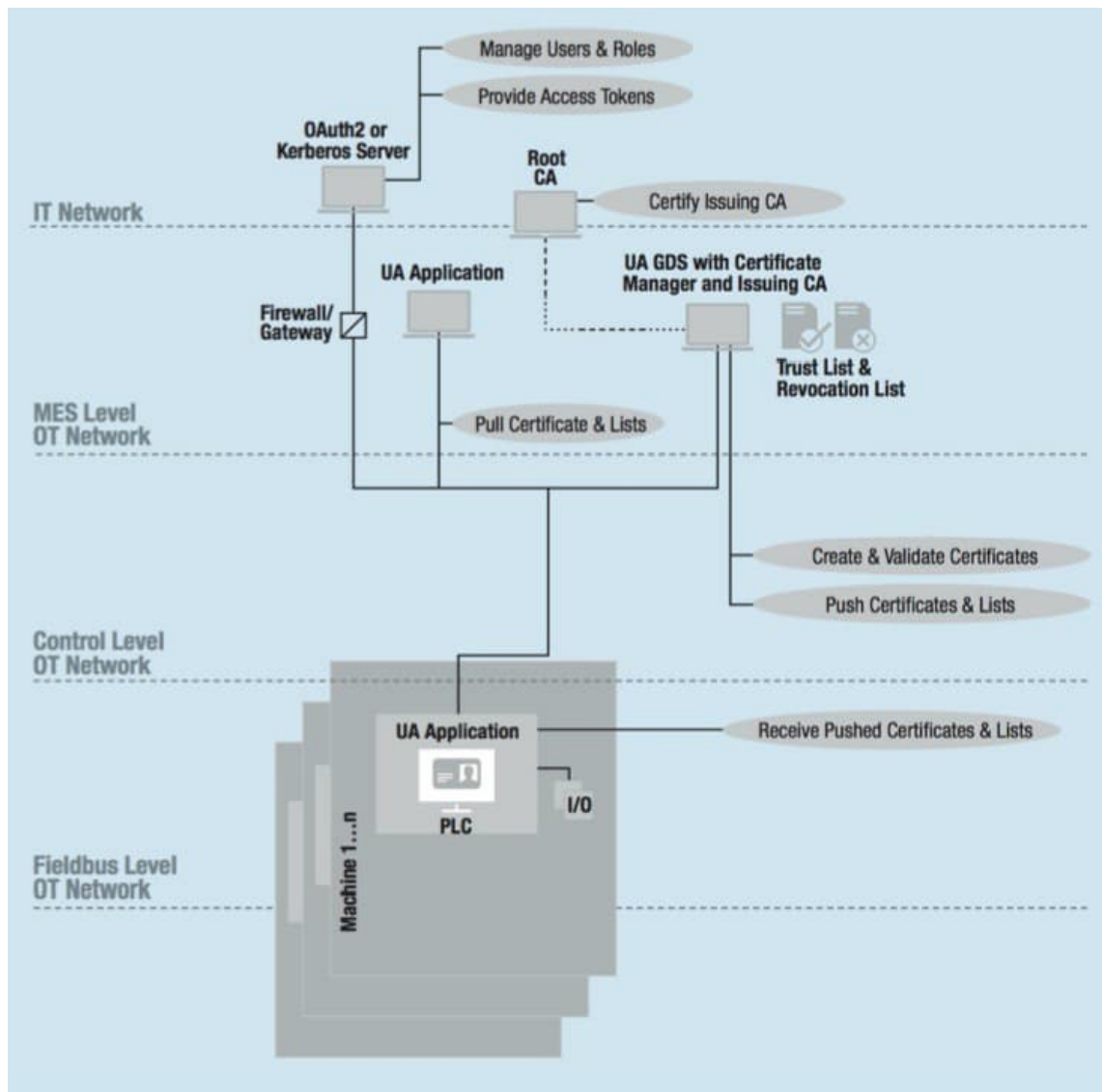
Publish-Subscribe toteutustavan tietoturva-arkkitehtuuri on puolestaan kuvan 5 mukainen.



KUVA 5. OPC UA Publish-Subscribe tietoturva-arkkitehtuuri (OPC Foundation 2022, OPC 10000-2)

Sovelluskerroksen tietoturvallisuus on osa kommunikaatiokerroksessa suoritettavaa istuntoa, joka sisältää digitaalisesti allekirjoitettuja X.509 varmenteita. Näitä varmenteita käytetään sovelluksen todennusta varten.

Esimerkkinä UA-sovelluksen käyttöönotto voisi olla kuvan 6 mukainen.



KUVA 6. Tietoturvamalli (OPC Foundation 2018)

2.3 Yhteensopivuus

Kappaleessa esitellään PROFINET ja Modbus-järjestelmät lyhyesti sekä tutkitaan yhteensopivuutta OPC UA järjestelmän kanssa. Tarkoituksena on muodostaa alustava kuva kyseisten järjestelmien yhteensopivuudesta OPC UA -järjestelmän kanssa.

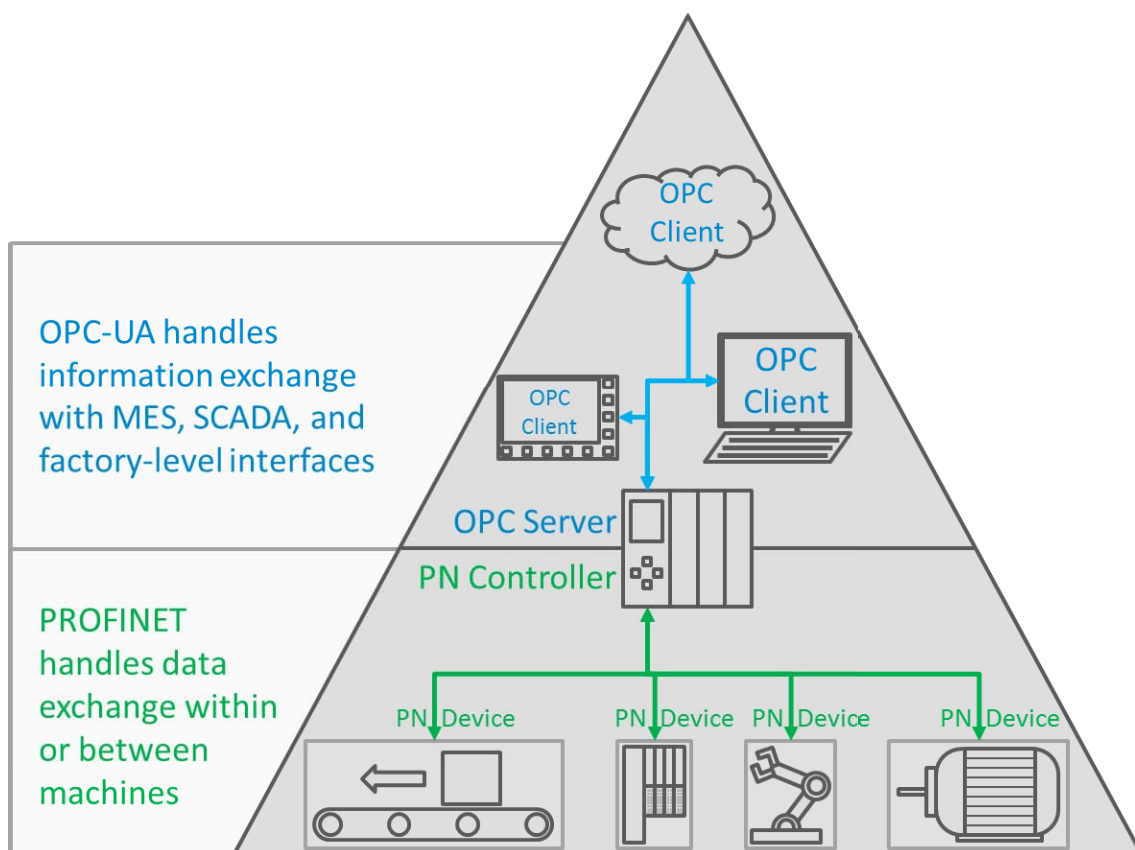
Tutkimuksen painopisteen ollessa OPC UA -järjestelmässä, käydään PROFINET ja Modbus-järjestelmät vain pinnallisesti läpi. Kappaleessa keskitytään tuomaan esille esimerkin omaisesti järjestelmien toiminta- ja liittämistapoja OPC UA -järjestelmän kanssa. Lopuksi otetaan lyhyesti kantaa MQTT-protokollan teoriaan, josta voisi myös saada aiheen jatkotutkimukselle.

2.3.1 PROFINET

PROFINET on Ethernet -pohjainen protokolla, jota käytetään automaatiojärjestelmien väliseen tiedonsiirtoon. Kyseisen protokollan vahvuuksia ovat suuret tiedonsiirtonopeudet sekä -kapasiteetti. Suuri nopeus mahdollistaa huomattavan pienet sykliajat, jonka takia PROFINET sopii hyvin reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon toisin kuin OPC UA. (PI North America n.d., PROFINET Technology)

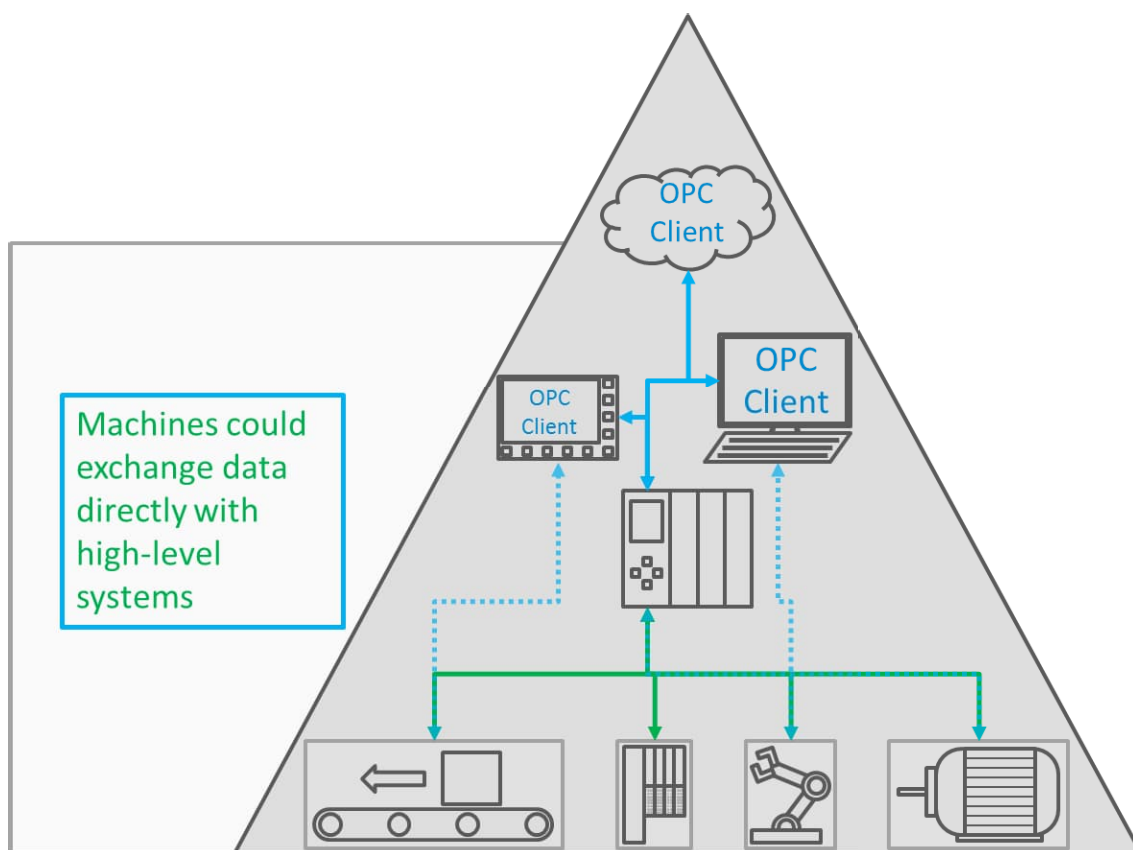
OPC UA on mahdollista yhdistää väyläprotokollien kanssa, mikä tuo lisää joustavuutta sekä kestävyyttä tulevaisuuden suhteen. Esimerkiksi PROFINET väylä on mahdollista yhdistää UA palvelimen kanssa siten, että PROFINET hoitaa kenttälaitteiden välisen reaaliaikaisen tiedonsiirron ohjaimelle, josta tieto siirtyy OPC palvelimelle ja palvelin hoitaa tiedonsiirron ylemmän tason järjestelmille tai laitteille (kuva x). (PROFINET University n.d.)

Tällä menetelmällä mahdollistetaan reaaliaikainen tiedonsiirto ja minimoidaan viiveet kenttälaitteilla, johon PROFINET kykenee hyvin. Ylemmän tason laitteilla kuitenkin säilytetään OPC palvelimen monipuolisuus ja tietoturvallisuus. Kuvassa 7 nähdään esimerkkirakenne kyseisestä toteutustavasta (PROFINET University n.d.)



KUVA 7. OPC UA/PROFINET toteutus yhdellä palvelimella (PROFINET University n.d.)

On myös mahdollisuus toteuttaa OPC UA/PROFINET järjestelmä tavalla, jossa jokaisella laitteella on oma OPC palvelin, jolloin selvä hierarkia katoaa ylemmän tason järjestelmien vaihtaessa dataa suoraan kenttälaitteiden kanssa (kuva 8). (PROFINET University n.d.)



KUVA 8. OPC UA/PROFINET toteutus laitekohtaisilla palvelimilla (PROFINET University n.d.)

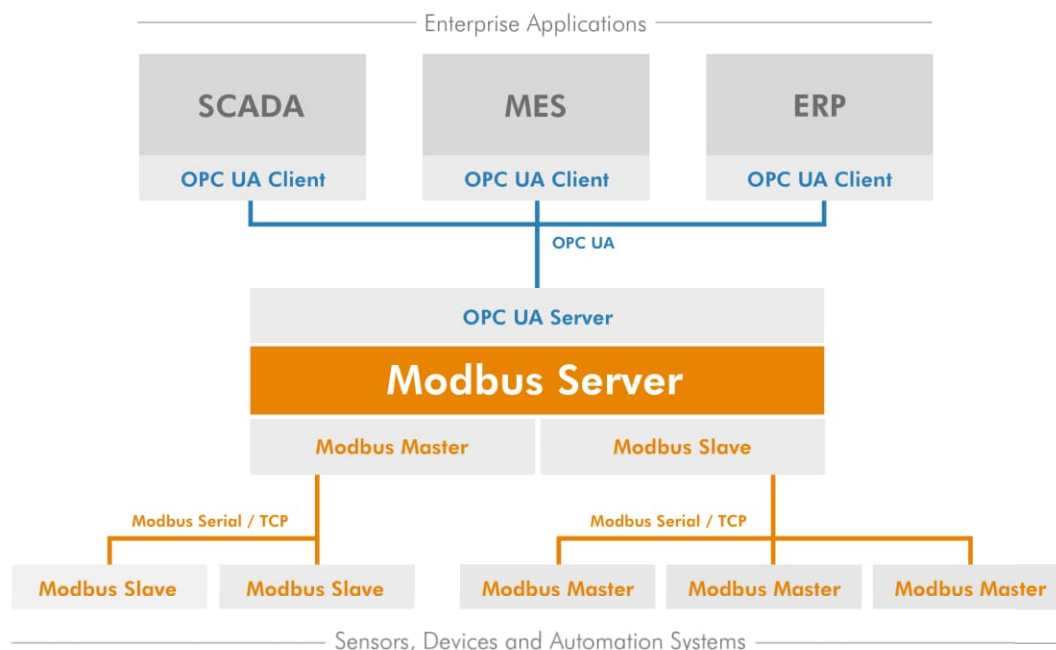
2.3.2 Modbus

Modbus protokolla on Modicon -yhtiön vuonna 1979 kehittämä viestintäkehys. Modbus tukee vain Client/Server toteutustapaa toisin kuin OPC UA, joka tukee myös Publish-Subscribe toteutusta. (The Modbus Organization. n.d.)

Modbus -protokolla on alustavasti suunniteltu kentälaitteiden ohjaukseen ja tukee vain client-server toteutusta, kun taas OPC UA tukee myös Publish-Subscribe toteutusta. OPC UA on myös tietoturvallisesti monipuolisempi ratkaisu ja täten Modbus soveltuu paremmin kenttälaitte/HMI rajapintaan OPC UA -järjestelmän sopiessa taas IT-verkon liittämiseen tehdasverkkoon (OPC Foundation n.d.).

OPC UA ja Modbus-järjestelmien yhteistoiminta on yleisesti kuvan 9 mukainen, jossa Modbus palvelin on vastuussa kenttälaitteiden tiedonsiirrosta ja OPC UA -palvelin puolestaan vastaa esimerkiksi SCADA, MES ja ERP-järjestelmien sekä

Modbus-palvelimen välisestä tiedonsiirrosta turvallisesti ja vaivattomasti. (Prosys OPC n.d.)

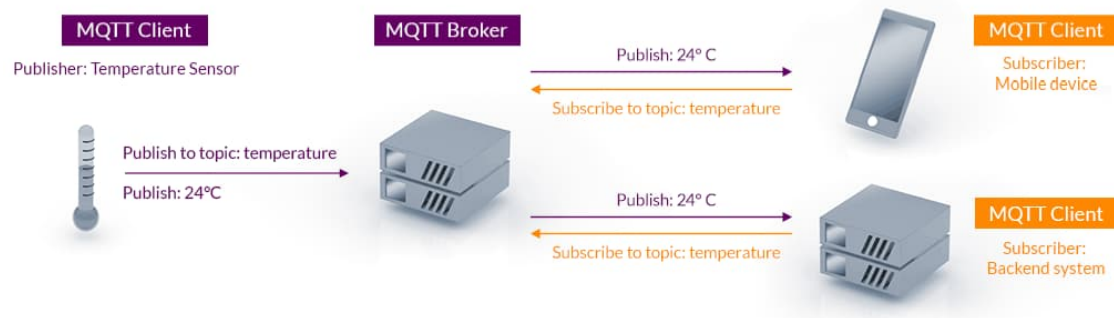


KUVA 9. Esimerkki OPC UA/Modbus -rakenteesta (Prosys OPC n.d.)

2.3.3 MQTT

MQTT on Tri Andy Stanford-Clarkin (IBM) ja Arlen Nipperin (Arcom) 1999 kehittämä OASIS standardi IoT-yhteyksille. MQTT on kevyt ja helppokäyttöinen viestintäprotokolla, joka on suunniteltu matalan kaistanleveyden, korkean viiveen tai epäluotettaviin verkkoihin. (MQTT 2022, MQTT: The Standard for IoT Messaging)

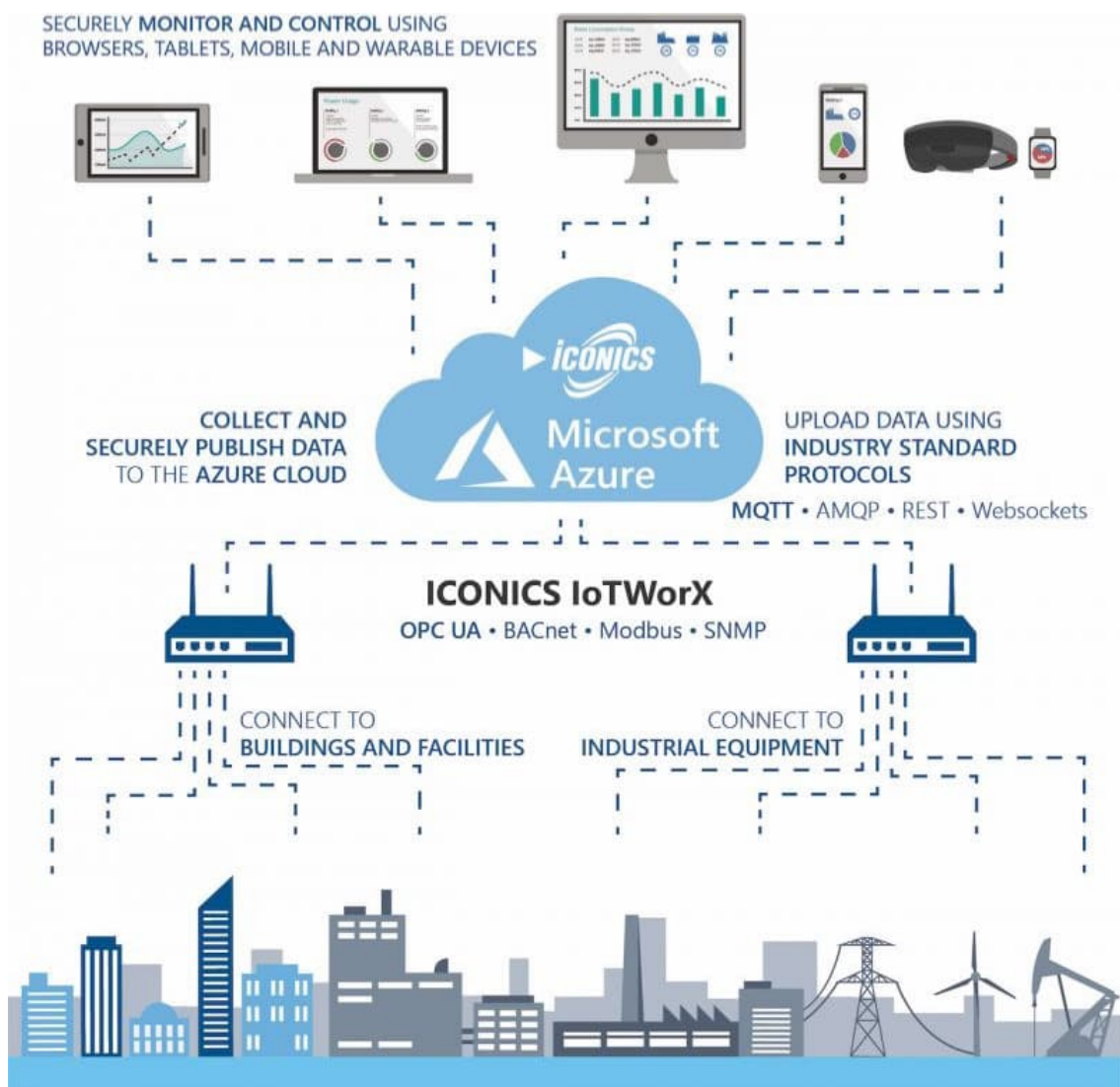
Erona OPC UA -järjestelmään MQTT-protokolla käyttää vain Publish-Subscribe menetelmää (kuva 10). Tämä kuitenkin mahdollistaa MQTT-protokolla laajennuksen OPC UA -järjestelmään. (OPC Foundation 2019)



KUVA 10. MQTT arkkitehtuuri (MQTT 2022)

Laajennuksena MQTT-protokolla mahdollistaa OPC UA -järjestelmän käytön internetin yli suoraan Publish-Subscribe menetelmän ansiosta, kuitenkin pitäen kiinni OPC UA -palvelimen tuomasta koko järjestelmän kattavasta tietoturvasta. (OPC Foundation 2019)

Yhdistettynä siis OPC UA voi olla vastuussa tehdasverkosta ja MQTT taas datan lataamisesta pilvipalveluihin ja sitä kautta esimerkiksi mobiililaitteille (kuva 11). MQTT-protokolla voisi toimia myös kevyempänä ratkaisuna OPC UA -järjestelmälle pienempiin osakokonaisuuksiin.



KUVA 11. OPC UA/MQTT verkkorakenne (OPC Foundation 2019)

Modbus -protokollaan nähden MQTT-protokolla on taas tietoturvallisempi ratkaisu, koska Modbus ei tarkasta viestien eheyttä itsessään vaan luottaa muiden protokollien tekemän sen. Modbus ei myöskään sisällä sisäänrakennettuja turvallisuusominaisuuksia MQTT ja OPC UA -järjestelmän tavoin. (Bevywise n.d.)

MQTT-protokolla on myös monipuolinen käyttömahdollisuuksiltaan. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi tuotannossa tai voimalaitoksissa. (MQTT 2022)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Opinnäytetyö toteutettiin teoreettisena tutkimuksena, jossa hyödynnettiin vapaasti saatavilla olevaa materiaalia teoria osuuteen ja sellutehtaille toteutettuja haastatteluja empiiriseen osuuteen.

Teoria osuuden lähteet olivat pääsääntöisesti OPC Foundation -yhdistyksen vapaasti saatavilla olevaa materiaalia yhdistyksen nettisivuilta ja määritelmästä OPC UA -järjestelmää varten.

Muiden tutkimuksessa esiintyneiden järjestelmien lähteinä toimivat pääsääntöisesti kyseisiä järjestelmiä koskevat nettisivut.

3.1 Haastattelut

Haastatteluiden tarkoituksena oli selvittää haastateltavien sellutehtaiden käytössä olevat järjestelmät, niiden hyvä puolet ja mahdolliset ongelmakohdat. Haastatteluissa otettiin myös kantaa jo mahdollisten käyttöönotettujen OPC UA -järjestelmien käyttöönoton ja ylläpidon hyvät puolet sekä ongelmat, jos niitä esiintyi.

Kokonaisuudessaan haastattelut olivat informatiivisia ja ne auttoivat luomaan kokonaiskuvaa tehdasautomaatiosta yleisellä tasolla sekä järjestelmien rooleista tehdasautomaation eri osissa.

3.1.1 Yritys A

Yritykselle tehtiin haastattelut kahteen eri tehtaaseen, joissa oli käytössä hyvin samantyyppiset menetelmät vastauksien perusteella. Yrityksessä oli jo käytössä OPC UA -sovelluksia, mutta ei soodakattilan tiedonsiirtoa varten.

Tehtailta saatiin varsin hyvin käytännön tason tietoa OPC UA -järjestelmästä, sen käyttöönotosta sekä ylläpidosta. Useamman tehtaan haastattelut antoivat myös

kokonaisemman yleiskuvan järjestelmien eroavaisuuksista ja käyttötarkoituksista.

3.1.2 Yritys B

Yritykselle tehtiin yksi haastattelu. Haastattelun perusteella yrityksessä uskottiin muihin toteutuksiin enemmän kuin OPC UA -järjestelmään. Tämän perusteella tutkimukseen otettiin mukaan muita ajankohtaisia järjestelmiä OPC UA yhteensopivuutta sekä mahdollisia jatkotutkimuksia ajatellen.

Kyseisen tehtaan haastattelu toi tiivistettynä enemmän huomioita muiden järjestelmien tutkimiseen kuin pelkän OPC UA -järjestelmän.

3.1.3 Yritys C

Yrityksellä OPC UA automaatiojärjestelmissä ei ole käytössä. OPC UA -järjestelmä on vain tiedon keruuseen, joka on automaatiojärjestelmien ulkopuolella. Soodakattiloiden tiedonsiirto tapahtuu analogisella järjestelmällä. Loppujen lopuksi yritys ei ole nähnyt käyttöönottoa tarpeelliseksi.

Haastattelun perusteella tehtaalla toimii pääsääntöisesti yksi automaatiojärjestelmä, jolloin yhteensovittamista ei nähty tarpeellisena nykyisen helppokäyttöisyyden takia.

4 NYKYTILANNE

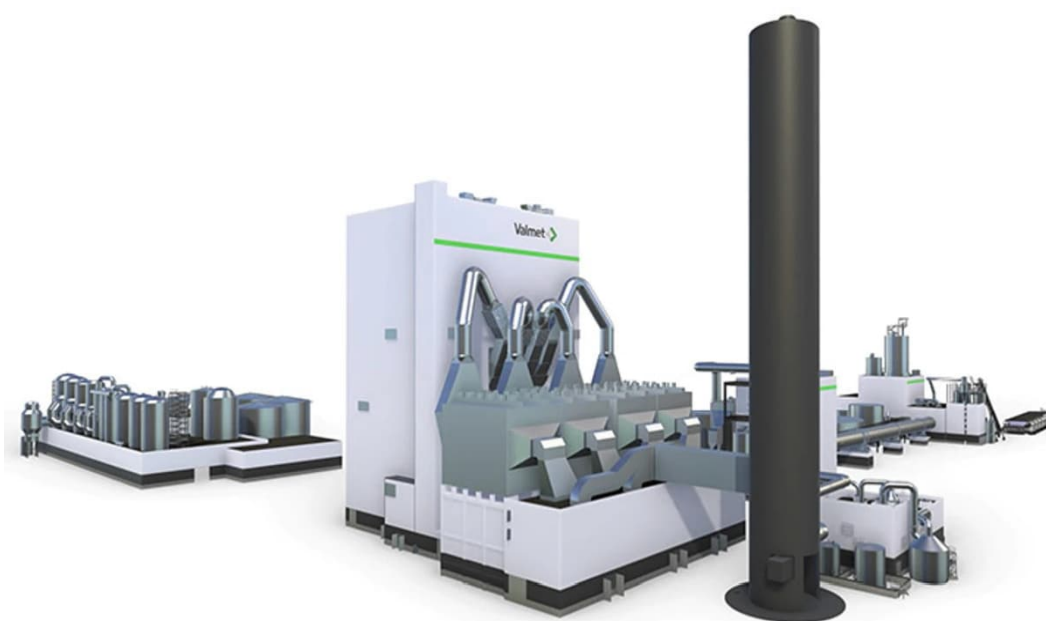
Yleisesti tehtaiden automaatiojärjestelmistä saattaa jo löytyä useita OPC UA toteutuksia lähtökohtaisesti ei-kriittisiin automaatiojärjestelmiin, mutta soodakattiloiden ja automaatiojärjestelmien väliseen tiedonsiirtoon sitä ei ole vielä nähty tarpeelliseksi ottaa käyttöön datan yksinkertaisuuden vuoksi.

Soodakattilan eri järjestelmien välinen tiedonsiirto on toistaiseksi toteutettu analogisesti tarvittavien suureiden mittaamiseen ja ohjaamiseen, eikä UA palvelimelle ole täten nähty tarvetta.

4.1 Käytössä olevat menetelmät

Soodakattila (kuva 12) on osa sellutehdasta ja sen järjestelmät osa isompaa automaatiojärjestelmää, jossa jo hyödynnetään UA palvelimia eri käyttötarkoituksiin.

Näitä käyttötarkoituksia ovat esimerkiksi ulkopuolisen toimijan ylätason palvelimen yhdistäminen automaatiojärjestelmään, jolloin ylätaso on täysin erotettu tehdasautomaatiosta. (Yritys A 2023, haastattelu.)



KUVA 12. Soodakattilajärjestelmä (Valmet – Forward n.d.)

Soodakattilalta automaatiojärjestelmään siirrettävä data on lähtökohtaisesti diagnostiikkadataa, jolloin analoginen tiedonsiirtojärjestelmä on koettu riittäväksi, eikä UA palvelimen käyttöönottoa varsinaisesti juuri soodakattilalle ole toistaiseksi nähty tarpeelliseksi. (Yritys A 2023, haastattelu.)

Käytössä olevat UA palvelimet hallinnoivat esimerkiksi mittausdataa, mutta ei ohjausdataa, eivätkä palvelimet ole yleisesti osana kriittisiä automaatiojärjestelmiä (Yritys B 2023, haastattelu).

Käytössä olevat toteutukset soodakattiloilla ovat suurilta osin analogisia tuloja ja lähtöjä, joilla mittaus- ja ohjaussignaalit viedään esimerkiksi ohjelmoitavalle logiikalle. Ohjauslaitteelta data viedään ylemmän tason ohjausjärjestelmälle (Yritys A 2023, haastattelu).

Analogisten tulojen ja lähtöjen käyttö on todettu riittäväksi soodakattiloiden tiedonsiirtoon siirrettävän tiedon ollessa suhteellisen yksinkertaista sekä pientä (Yritys C 2023, haastattelu).

4.2 Ylläpito

Ylläpitoon vaadittavat resurssit ovat lähtökohtaisesti kevyet OPC-palvelimen monipuolisuuden takia. OPC-palvelimen käyttöönotossa ei ole havaittu suurempaa merkitystä automaatiojärjestelmien toteutustavoilla palvelimen ollessa yhteensopiva lähes minkä tahansa väyläprotokollan kanssa.

OPC-palvelimen ylläpito on myös kehityksen kestävä avoimuuden takia, jolloin tulevat väyläprotokollamuutokset tai lisäykset ovat helppo toteuttaa ilman suurempia muutoksia UA rajapintaan.

OPC UA -järjestelmälle on valittava vastuuhenkilö tai ylläpitäjä tehtaalta, jota varten luodaan myös ohjeistukset. Tämä voi aiheuttaa omat haasteensa tehtaassa, ja se voi myös pitkittää järjestelmän käyttöönottoa. Itse järjestelmän toimivuuden ja helppokäyttöisyyden osalta haasteet kohdistuvat pääsääntöisesti vain käyttöönottoon.

4.3 Ongelmat

Ongelmakohtia nykyisissä järjestelmissä on esiintynyt lähinnä UA-palvelinten käyttöönotossa. Yhdessä ilmenneessä tapauksessa OPC UA -järjestelmää ei ole saatu yhteensovitettua olemassa olevan järjestelmän kanssa, mikä on johtanut palvelimen purkamiseen ja siirtymiseen takaisin vanhempaan toteutustapaan. (Yritys A 2023, haastattelu)

UA palvelinten käyttöönotossa ongelmakohtia ovat lähinnä kolmannen osapuolen toimijat ja järjestelmät. Kaikkien osapuolten järjestelmät täytyy olla ajan tasaiset niiden käyttöönottoa varten, jolloin on huomioitava paljon eri asioita, kuten järjestelmien yhteensopivuus päivitettyinä, toimijakohtaiset tietoturva ratkaisut, jotka ovat tehtaan tietoturvastandardien mukaiset, järjestelmien kahdennus sekä niiden toiminta-alueiden raja. (Yritys A 2023, haastattelu)

UA palvelimen käyttöönotto voi viedä huomattavasti enemmän aikaa, kuin aikaisemmat toteutukset ja kustannukset voivat olla moninkertaiset tämän takia, mutta käyttöönoton jälkeen itse ylläpito on vaivatonta ja puolestaan huomattavasti kevyempää, kuin aikaisemmilla toteutuksilla. (Yritys A 2023, haastattelu)

Tietoturvallisuuden kannalta on tärkeää ottaa kaikki pienetkin yksityiskohdat huomioon ja tämän takia UA palvelinten integrointi tehdasverkkoon voi olla pitkäkestoinen prosessi. OPC UA -järjestelmän ei välttämättä koeta parantavan tehtaan tietoturvaa, koska vaikka itse UA-palvelimen tietoturva on edeltäjänsä huomattavasti kehittyneempi, täytyy ottaa myös huomioon automaatiojärjestelmän laite- ja ohjelmakohtainen tietoturva. (Yritys A 2023, haastattelu)

UA palvelimen tuomat ongelmat ovat kohdistuneet lähtökohtaisesti sen käyttöönottoon useamman toimijan työskennellessä tehdasympäristössä, jolloin tietoturvastandardien huomiointi sekä järjestelmien yhteensovittaminen automaatiojärjestelmän kanssa voi olla vaativampaa ja vie enemmän aikaa. (Yritys A 2023, haastattelu)

On myös olemassa mahdollisuus, että UA palvelin on jouduttu poistamaan käytöstä yhteensopivuusongelmien takia ja palaamaan vanhempaan järjestelmään, mutta kyseiset tapaukset ovat harvinaisia (Yritys A 2023, haastattelu).

4.4 Parannustarpeet

Kokonaisuudessa automaatiojärjestelmän parannustarpeet liittyvät jo olemassa olevien OPC UA -palvelinten optimointiin, mutta itse soodakattilan järjestelmien väliseen tiedonsiirtoon on mahdollista tuoda uusia toimintatapoja ja toteutuksia.

Uusia toteutuksia voisi olla esimerkiksi soodakattiloiden virhe- ja turvallisuusdatan siirtämistä yhteiselle Soodakattilayhdistyksen hallinnoimalle palvelimelle, jota hallinoisi järjestön jäsenet.

Hallinnointi tapahtuisi kuitenkin siten, että tehtailla sijaitsevalta palvelimelta jaetaan hallitusti dataa järjestön palvelimelle, jolloin tehtaat ovat edelleen kontrollissa jaettavasta datasta.

5 TULOKSET

Tehtyjen haastattelujen pohjalta OPC UA -järjestelmän merkitys soodakattiloiden väliseen tiedonsiirtoon on toistaiseksi nähty vähäisenä, mutta mahdollisuuksia sen käyttöönottoon on silti olemassa datansiirron optimointiin sekä helppokäyttöisyyden parantamiseen. OPC UA -järjestelmän parannukset tietoturvallisuuteen ja helppokäyttöisyyteen voivat olla käyttöönoton kannalta järkevä ratkaisu pitkällä tähtäimellä UA-palvelimen tulevaisuudenkestävyyden takia.

5.1 Vertailu

OPC UA vertailukohteena muihin vastaaviin palvelin pohjaisiin vaihtoehtoihin, kuten Modbus -järjestelmään, on laajempi ja turvallisempi kokonaisuus. UA-palvelimen käyttöönotto on suunniteltu suuremmille kokonaisuuksille kuin Modbus joka on puolestaan suunniteltu kentälaitteille.

Tietoturvallisuus ominaisuuksissa OPC UA on huomattavasti varmempi, kun sitä käytetään IT- ja tehdasverkon rajapintana. Tulevaisuudenkestävyys kannalta OPC UA on varmempi valinta sen ollessa avoin alusta, joka tukee tällä hetkellä jo suurta väylätekniikoiden kirjastoa, ja johon on helppo lisätä tulevia uusia ratkaisuja.

Nykyisiin soodakattiloiden käytössä oleviin järjestelmiin verrattaessa voidaan todeta OPC UA -järjestelmän olevan uudempi sekä monipuolisempi, mutta ei välttämättä tietoturvalisempi ratkaisu.

Käytössä olevien analogisten järjestelmien päivitys esimerkiksi OPC UA -järjestelmään on toistaiseksi koettu tarpeettomana niiden toimivuuden ja luotettavuuden takia. Käyttöönotossa vastaan tulleet ongelmatilanteet ja käyttöönoton viemä aika nostavat kynnystä päivitykselle entisestään.

Analogisten järjestelmien vahvuutena on puolestaan yksinkertaisuus ja helppous. Järjestelmät on helppo asentaa ja toteuttaa laitteisto- sekä ohjelmistotasolla automaatiojärjestelmään. Muutokset ja päivitykset kaapelointeihin, laitteisiin ja ohjelmiin ovat suhteellisen yksinkertaisia.

Yhtenä vertailukohteena on myös PROFINET-väyläprotokolla, jota on otettu jo jonkinasteisesti otettu käyttöön, ja joka nähdään kokonaisvaltaisesti jopa OPC UA -järjestelmän korvaajana (Yritys B 2023, haastattelu). PROFINET-järjestelmän vahvuuksia on puolestaan suuret tiedonsiirtonopeudet sekä mahdollisuus toteuttaa koko tehdasverkko kyseisellä tekniikalla. PROFINET tuo siis fyysisen helppokäyttöisyyden sen ollessa Ethernet pohjainen väylä, ja tämä on myös hyvä vertailukohde OPC UA -järjestelmälle.

OPC UA -järjestelmän mahdollistaessa minkä tahansa järjestelmien liittämisen toisiinsa palvelimen kautta tietoturvalisellä tavalla, PROFINET-järjestelmä puolestaan voidaan nähdä fyysisesti myös yhtä helppokäyttöisenä ja tulevaisuudenkestävänä ratkaisuna siirryttäessä enemmän Ethernet-pohjaisiin toteutustapoihin. Tässä tapauksessa myös soodakattilat olisi helppo liittää PROFINET-verkoon nopeasti ilman pitkäaikaista käyttöönottoa.

5.2 Mahdollisuudet

OPC UA -palvelimen tuomat mahdollisuudet soodakattiloiden väliseen tiedonsiirtoon kohdistuvat pääsääntöisesti turvallisuus- ja vikadatan keräämiseen sekä jakamiseen, mutta reaaliaikaiselle tiedonkeruulle ei välttämättä nähdä tarvetta nykyisen järjestelmän päivittämiseen (Yritys A 2023, haastattelu).

Yksi mahdollisuus on kerätä sekä vaihtaa vika- ja turvallisuusdataa eri toimitsijoiden välillä yhteisen palvelimen kautta. Tämä on jo nykyisellä tekniikalla toteutettu, mutta sitä olisi mahdollista parantaa ja optimoida OPC UA -palvelimella. UA-palvelimen tuomat tietoturvaparannukset antavat mahdollisesti joustavuutta datan käsittelyyn.

5.3 Johtopäätökset

Lopputuloksena tutkimuksessa tuli esille hyviä ja huonoja puolia OPC UA -palvelimen käyttöönotossa sekä ylläpidossa. OPC UA -järjestelmän potentiaali piilee pääsääntöisesti tietoturvallisuudessa ja tulevaisuudenkestävyydessä.

Heikkouksina puolestaan on mahdollisesti pitkäkestoinen käyttöönotto ja nousevat kustannukset. Palvelimen ylläpito puolestaan on helppokäyttöistä, eikä vaadi suurempia resursseja.

Soodakattiloiden väliseen tiedonsiirtoon OPC UA -järjestelmän päivittäminen ei välttämättä ole tällä hetkellä ensimmäinen prioriteetti tehtailla nykyisten järjestelmien toimiessa moitteettomasti, mutta tulevaisuutta ajatellen sen harkitseminen voi olla hyvä vaihtoehto datan parempaan ja laajempaan hallintaan sekä vikatilanteiden kirjaamiseen tietokantoihin.

Tiivistettynä OPC UA -järjestelmä kykenisi mahdollisesti optimoimaan paremmin ja tehokkaammin datan hallinnointia tehdasverkosta IT-verkkoon, mutta halukkuutta sen käyttöönottoon juuri soodakattiloiden järjestelmiä varten ei tunnu olevan. Tämän syynä vaikuttaisi olevan lähtökohtaisesti nykyisten järjestelmien toimivuus ja riittävyys kyseiseen tarkoitukseen. Järjestelmien päivityksen kynnystä nostaa myös todennäköisesti OPC UA -palvelimen käyttöönoton pitkäkestoisuus. (Yritykset A-C 2023, haastattelut)

6 POHDINTA

OPC UA on helppokäyttöinen tulevaisuudenkestävä ratkaisu, jolla on huomattavaa potentiaalia eri järjestelmien yhteensovittamiseen sekä datan hallintaan. OPC UA -järjestelmää päivitetään jatkuvasti uusilla ominaisuuksilla, yhteensopivuus- ja tietoturvallisuusparannuksilla. Järjestelmää hallinnoiva OPC Foundation päivittää etenemissuunnitelmaa, josta on helppo seurata standardiin jo tehtyjä, tulevia sekä suunnitteilla olevia päivityksiä.

OPC UA -järjestelmän käyttöönotto ei kuitenkaan tutkimuksen perusteella veisi mitään pois automaatiojärjestelmästä sen monipuolisuuden vuoksi, ja siksi sen päivitys voisi tuoda tulevaisuudenkestävyyttä soodakattilajärjestelmiin. Esimerkiksi jos tulevaisuudessa halutaan tai joudutaan vaihtamaan järjestelmiä soodakattilan järjestelmien ympäriltä, niin OPC UA -järjestelmän monipuolinen tuki ja avoimuus saattaisi helpottaa tai nopeuttaa soodakattilajärjestelmien yhteensovittamista uusien ja vanhojen järjestelmien kanssa.

Jatkotutkimusten kannalta on hyvä tutkia laajemmin PROFINET ja OPC UA -järjestelmien yhteensopivuutta molempien järjestelmien suosion kasvaessa jatkuvasti. PROFINET on väyläprotokollana tehdasverkkoon varma, nopea ja helppokäyttöinen vaihtoehto, kun taas OPC UA mahdollistaa tehdasverkon liittämisen muihin verkkoihin palomuurin takaa, ja tämä yhdistelmä kahta eri järjestelmää saattaisi olla tulevaisuuden kannalta parhaita vaihtoehtoja tehdasautomaatioon.

Vaihtoehtoisesti OPC UA ja Modbus-järjestelmien yhteensovittamisessa on potentiaalia Modbus-palvelimen hallinnoidessa kenttälaitteiden välistä tiedonsiirtoa ja OPC UA -palvelimen toimiessa turvallisena rajapintana Modbus-palvelimen ja toisen verkon välillä. Modbus vaikuttaa toimivan hyvin pienten tiedonsiirtomäärien kanssa, kun taas OPC UA -järjestelmän kapasiteetti soveltuu hyvin suurien datamäärien ja verkkojen käsittelyyn.

MQTT-protokolla on myös hyvin yhteensopiva OPC UA -järjestelmän kanssa, ja se voisi toimia hyvänä rajapintalisäyksenä OPC UA -palvelimen ja pilvipalveluiden välissä. Tämä voi olla myös potentiaalinen jatkotutkimuksen kohde.

LÄHTEET

OPC Foundation. n.d. Unified Architecture. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>

OPC Foundation. 2022. OPC 10000-2: UA Part 2: Security 1.05.02. Dokumentti. Viitattu 6.11.2023. <https://reference.opcfoundation.org/Core/Part2/v105/docs/4>

OPC Foundation. 2018. Practical Security Guidelines for Building OPC UA Applications. Verkkosivu. Viitattu 6.11.2023. <https://opccconnect.opcfoundation.org/2018/06/practical-security-guidelines-for-building-opc-ua-applications/>

PROFINET University. n.d. OPC UA and PROFINET. Verkkosivu. Viitattu 6.11.2023. <https://profinetuniversity.com/industrial-automation-ethernet/opc-ua-profinet/>

PI North America. n.d. PROFINET Technology. Verkkosivu. Viitattu 15.11.2023. <https://us.profinet.com/technology/profinet/>

The Modbus Organization. n.d. Modbus FAQ: About the Protocol. Verkkosivu. Viitattu 15.11.2023. <https://modbus.org/faq.php>

Prosyst OPC. n.d. OPC UA Modbus Server. Verkkosivu. Viitattu 7.12.2023. <https://www.prosysopc.com/products/opc-ua-modbus-server/>

MQTT. 2022. MQTT: The Standard for IoT Messaging. Verkkosivu. Viitattu 7.12.2023. <https://mqtt.org/>

Bevywise. n.d. MQTT Implementation on Celikler Holding's Power Plant Monitoring. Verkkosivu. Viitattu 9.12.2023. <https://www.bevywise.com/blog/iot-success-stories-mqtt-broker-celikler-holding/>

OPC Foundation. 2019. OPC UA + MQTT = A Popular Combination for IoT Expansion. Verkkosivu. Viitattu 9.12.2023. <https://opccconnect.opcfoundation.org/2019/09/opc-ua-mqtt-a-popular-combination-for-iot-expansion/>

Valmet – Forward. n.d. Valmet Recovery Boiler. Verkkosivu. Viitattu 10.12.2023. <https://www.valmet.com/pulp/chemical-recovery/recovery-boilers/>

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 7.4.2022, esitelmät
Sokos hotelli Kaarle, Kokkola, UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat
(16A0913-E0215) 7.4.2022
- 2/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2021
(16A0913-E0216) 26.4.2022
- 3/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 27.10.2022
Lapland hotels Arena, Tampere
(16A0913-E0217) 27.10.2022
- 4/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kyberturvallisuuden perusteet soodakattiloiden automaatiojärjestelmissä
Suvi Kaartinen ja Henry Haverinen, Insta Advance Oy
(16A0913-E0218) 7.11.2022
- 5/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Suositus soodakattilan tulipesän seinien ja pohjan compoundputkien pinnoitehitsin tunkeumalle
Andritz Oy, Inspecta Tarkastus Oy, Replico Oy, Valmet Technologies Oy, Kestoisuustyöryhmä
(16A0913-E0219) 26.10.2022
- 6/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Selvitys soodakattiloiden keraamisista rakenteista
Saara Söyrinki, Pekka Pohjanne, Pertti Lintunen, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
(16A0913-E0220) 9.11.2022
- 7/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilatyöntekijän suojavaatesuositus
Susanna Mäki ja Kirsi Jussila, Työterveyslaitos
(16A0913-E0221) 10.11.2022

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 9.2.2023, esitelmät
Sokos hotelli Seurahuone, Kotka, MM Kotkamills
(16A0913-E0222) 9.2.2023
- 2/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2022
(16A0913-E0223) 20.4.2023
- 3/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilalaitoksen sähkötekniset turvajärjestelmät
Riku Kilpivuori ja Otto Laakkonen
Savonia Ammattikorkeakoulu
(16A0913-E0224) 4.5.2023
- 4/2023 Finnish Recovery Boiler Committee
Recommendation for glad welding penetration of wall and floor composite tubes in black liquor
recovery boiler furnace
Andritz Oy, Inspecta Tarkastus Oy, Replico Oy, Valmet Technologies Oy, Durability sub-committee
(16A0913-E0225) 8.6.2023
- 5/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Viherlipeäsakan POP-yhdistetutkimus
Ympäristötyöryhmä
(16A0913-E0226) 19.6.2023
- 6/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Towards carbon-negative future of the pulp and paper industry
Kasper Heikkilä, LUT-yliopisto
(16A0913-E0227) 19.6.2023
- 7/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Tulistimien maksimipintalämpötilaisän muutos kattilan koon funktiona
Tulistinprojekti Osat I & II
Jussi Saari, Esa Vakkilainen, LUT-yliopisto
(16A0913-E0228) 19.6.2023
- 8/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2.11.2023
Helsinki Congress Paasitorni
(16A0913-E0229) 2.11.2023
- 9/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan tuhkan suolojen erotus ja hyötykäyttömahdollisuudet
Jenna Ylimäki, Oulun yliopisto, Prosessitekniiikan tutkinto-ohjelma
(16A0913-E0230) 22.12.2023
- 10/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Polttolipeän jatkuvatoimisten mittalaitteiden luotettavuus
Tuuliina Petrelius, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
(16A0913-E0231) 22.12.2023
- 11/2023 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Järjestelmien välinen tiedonsiirto soodakattilalla – esimerkkinä OPC UA
Jan Lehmusvirta, Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
(16A0913-E0232) 22.12.2023