



KIRISTYSLAITTEIDEN OPEN PROTOCOL KOMMUNIKOINTI

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

01 / 2024

Jesse Nurmi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja raportoida Open Protocol kommunikointijärjestelmän luomisesta sekä antaa valmiudet tuotannon käyttöönottoa varten. Järjestelmä on tarkoitettu kiristyslaitteille, jonka avulla pyritään saavuttamaan nykyaikaisempi sekä kokonaisvaltaisempi kommunikointi laitteiden välille. Opinnäytetyön tilaajana toimii Valmet Automotive Oyj.

Kolmannen teollisen vallankumouksen myötä muodostui käsite teollisesta internetistä. Teollisella internetillä tarkoitetaan teollisuuden digitalisaatiota, joka muodostuu, kun fyysinen teollisuus ja digitaalinen maailma yhdistetään tiiviisti toisiinsa. Open Protocol kommunikointi on yksi osa teollisen internetin kokonaisuutta. Kommunikointi perustuu avoimen kommunikoinnin standardiin. Kommunikointi standardi on turvallinen ja luotettava tietoviestintä alusta tuotantolaitosten automaatioissa sekä muissa teollisuuden laitteissa. Automatisaation ansiosta nykypäivänä voidaan hyödyntää avointa kommunikointi järjestelmää eri laite valmistajien välillä.

Kiristyslaitteille luotiin käyttöjärjestelmä, joka toimii Open Protocol kommunikoinnilla. Käyttöjärjestelmällä saadaan ohjattua kiristysohjelmia kiristyslaitteelle sekä visualisoitua kiristystulokset käyttölaitteen näytölle. Tehdyillä testeillä saatiin todennettua järjestelmän toimivuus.

Kehitysprojektin onnistumisesta huolimatta kiristyslaitteiden kommunikoinnin rakentaminen on vasta pieni osa kokonaisuutta, ennen kuin Open Protocol -ohjausjärjestelmä olisi täydessä sarjatuotanto toiminnassa. Seuraavat vaiheet ennen tuotannon käyttöönottoa olisivat kiristystulosten tallennus palvelimelle sekä automaattisen järjestelmän luonti.

Avainsanat Open Protocol, kiristyslaite, tuotantolaitteisto

Sivut 26 sivua

The aim of this thesis is to develop and report on the creation of an Open Protocol communication system, and to provide the necessary capabilities for its implementation in production. The system is intended for tightening devices, with the goal of achieving a more modern and comprehensive communication between the devices. This thesis was commissioned by Valmet Automotive Oyj.

With the advent of the third industrial revolution, the concept of the Industrial Internet of Things emerged. The Industrial Internet of Things refers to the digitalization of industry, which occurs when the physical industry and the digital world are closely interconnected. Open Protocol communication is a part of the overall Industrial Internet of Things. Communication is based on the open communication standard, providing a secure and reliable data communication platform for automation in production facilities and other industrial devices. Automation enables the utilization of open communication systems between different device manufacturers.

An operating system was developed for tightening devices, functioning with Open Protocol communication. The operating system allows for the control of tightening programs on the tightening device and visualizes the tightening results on the user interface screen. Through conducted tests, the functionality of the system was verified.

Despite the success of the development project, building the communication for tightening devices is only a small part of the whole process until the Open Protocol control system is fully operational in serial production. The next steps before production deployment would include storing tightening results on a server and creating an automatic system.

Keywords Open Protocol, tightening device, production devices

Pages 26 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Teollinen Internet 4.0	2
2.1	Mahdollisuudet.....	2
2.2	Historia	2
3	Open Protocol.....	4
3.1	OPC UA.....	5
3.2	Server & Client.....	6
3.3	TCP/IP	6
3.4	MQTT	7
3.5	ASCII	7
4	Dokumentoiva kokoonpanotyökalu.....	8
5	Nykyinen järjestelmä.....	9
6	Open Protocol -ohjausjärjestelmä	10
6.1	Kommunikointi	11
6.2	Laitteisto	13
6.3	Käyttöjärjestelmä testaukset	14
6.4	Järjestelmän hyödyt.....	23
7	Pohdinta.....	24
	Lähdeluettelo	25

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1, Neljä teollista vallankumousta.....	3
Kuva 2, Yleisesti käytössä oleva OPC järjestelmä	4
Kuva 3, OPC UA vaatimukset	5
Kuva 4, Yleinen Client-Server toimintamalli	6
Kuva 5, ASCII taulukko	8
Kuva 6, Nykyinen ohjausjärjestelmä	9

Kuva 7, Viesti esimerkki tavu numeroilla	11
Kuva 8, Viesti esimerkki ilman tavunumeroita	11
Kuva 9, Hälytys viestin data	12
Kuva 10, Ethernet yhteyden luonnin esimerkki.....	12
Kuva 11, Open Protocol- järjestelmän hahmotelma	13
Kuva 12, CellTek cordless electric pistol.....	14
Kuva 13, Atlas Copco ICB-mutteriväännin	14
Kuva 14, Testilaitteisto.....	15
Kuva 15, Käyttöjärjestelmän perusnäkyä	16
Kuva 16, Testi 1 käyttöjärjestelmän näkyä kiristystuloksista.....	17
Kuva 17, Testi 1 Atlas Copco näkyä kiristysohjelman tuloksista.....	18
Kuva 18, Testi 2 käyttöjärjestelmän näkyä kiristystuloksista.....	19
Kuva 19, Testi 2 Atlas Copco näkyä kiristys numero 2	19
Kuva 20, Testi 3 käyttöjärjestelmän näkyä kiristystuloksista.....	20
Kuva 21, Testi 3 Atlas Copco näkyä kiristysohjelmasta.....	21
Kuva 22, Testi 4 käyttöjärjestelmän näkyä kiristystuloksista.....	22
Kuva 23, Testi 4 Atlas Copco näkyä kiristysohjelmista	23

1 Johdanto

Innovointi ja jatkuva kehittäminen ovat tärkeitä tekijöitä teollisuuden huipulla pysymiseen. Etenkin autoteollisuus on viimeisten vuosien aikana ollut todellisen murroksen edessä, mikä on vaatinut myös alan tekijöitä kehittämään omia liiketoiminta tapojaan. Yksi merkittävä tekijä tämän murroksen läpikäymisessä on automatisaation käytön hyödyntäminen. Automatisaatiolla yritykset ovat pystyneet lisäämään työn tuotannon tehokkuutta.

Yksi Suomen merkittävin autoteollisuuden toimija on Valmet Automotive Oyj. Valmet Automotive on vuonna 1968 perustettu autoteollisuuden palveluntarjoaja. Yritys on historiansa aikana valmistanut yli 1,8 miljoona ajoneuvoa useille eri toimijoille. Liiketoimintaan kuuluu autoteollisuuden lisäksi akkujen- sekä katto- ja kinematiikka järjestelmien valmistus- ja kehitystyötä. (Valmet Automotive Oyj, n.d.) Valmet Automotive toimii tämän opinnäytetyön tilaajana.

Open Protocol kommunikointijärjestelmästä on tullut nykyaikaisuudessa yleisesti käytetty keino tehostaa omaa toimintaa. Tässä sähkö- ja automaatiotekniikan opinnäytetyössä käsitellään kiristyslaitteiden Open Protocol kommunikoinnin kehittämisprojektia Valmet Automotiven tuotannon käyttöönottoa varten. Käyttöjärjestelmän tarkoitus on luoda avoin kommunikointijärjestelmä usealle ei kiristyslaitevalmistajalle. Lisäksi tavoitteena on saavuttaa säästöjä hankintakuluista sekä tuotannon muutoksista johtuvista töistä. Kiristyslaitteella tarkoitetaan älykästä mutteriväännintä, jotka sopivat tuotantolaitosten laatuvaatimuksiin. Toimin itse kyseisessä yrityksessä kokoonpanon projekti-insinöörinä ja kehitysprojektin vetäjänä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ja raportoida uuden avoimen kommunikointijärjestelmän luomisesta sekä antaa valmiudet laitteiston tuotannon käyttöönottoa varten. Kehityksellä halutaan saavuttaa kustannustehokkaampi ja nykyaikaisempi kokonaisuus, jolla pystytään pienentämään automaatiologiikoiden kuormitusta. Opinnäytetyö alkaa pohjustuksella Teollisesta Internetistä, Open Protocol järjestelmästä sekä kiristyslaitteiden ominaisuuksista. Tämän jälkeen käydään läpi Valmet Automotiven nykyinen kiristyslaitteiden järjestelmä sekä toimintatapa, josta edetään käsittelemään uuden järjestelmän luomista sekä toimintaa.

2 Teollinen Internet 4.0

Teollisella internetillä tarkoitetaan teollisuuden digitalisaatiota, joka muodostuu, kun fyysinen teollisuus ja digitaalinen maailma yhdistetään tiiviisti toisiinsa. Fyysisten ja digitaalisten laitteiden yhdistelmä kytkettynä verkkoon luo tuotteista ja palveluista älykkäitä. Teollisella internetillä pyritään tuottamaan liiketoiminnallisia hyötyjä seuraamalla laitteita ja prosesseja käyttäen analytiikkaa, automaatiota sekä internetin rajapintoja. Digitalisaation ansiosta arkipäiväiset työtehtävät ja -tavat tulevat muuttumaan, kun koneet ja järjestelmät kehittyvät ohjaamaan itse itseään sekä tekemään päätöksiä. Fyysiset työt vähenevät tulevaisuudessa, mutta korkeamman asteen luovuutta ja työskentelyä tullaan tarvitsemaan entistä enemmän tuotekehityksessä sekä erilaisissa palvelumuodoissa. (Collin & Saarelainen, 2016, ss. 18-19)

Ympäri maailmaa teollinen internet on jo nykypäivänä herättänyt suurta mielenkiintoa ja se on myös voimakkaasti esillä yrityksien ja valtioiden tulevaisuuden suunnitelmissa. Hyvänä esimerkkinä on erilaisten valtioiden, järjestöjen, tutkimuslaitosten ja yliopistojen aiheita koskevat hankkeet sekä tapahtumat. (Collin & Saarelainen, 2016, s. 22)

2.1 Mahdollisuudet

Teollisen internetin mahdollisuuksissa on vain mielikuvitus rajana. Teollinen internet voidaan määrittää neljään sovellusalueeseen, joita ovat etävalvonta ja -hallinnointi, ennakoivat huoltopalvelut, datapohjainen palveluliiketoiminta sekä älykäs tehdas ja autonomiset tuotteet. Näiden sovellusalueiden keskiössä on data. Data on analyysin tuottamaa informaatiota, josta muodostuu tietoa. Jotta analyysi onnistuisi, datan täytyy liikkua antureilta jatkuvasti verkkoa pitkin talteen tietokantoihin ja analytiikka-alustoille. Datasta saadulla tiedolla on tarkoitus luoda liiketoiminnallista hyötyä, mikä mahdollistaa kestävämpiä tuotantolaitteita, tuotantokatkojen vähentymisiä sekä tuotantoprosessien kehittämistä ja optimointia. Teollisen internetin mahdollisuuksilla toteutettu autonominen ja älykäs tehdas osaa toimia itsenäisesti, tehokkaasti ja turvallisesti. (Collin & Saarelainen, 2016, ss. 48-63)

2.2 Historia

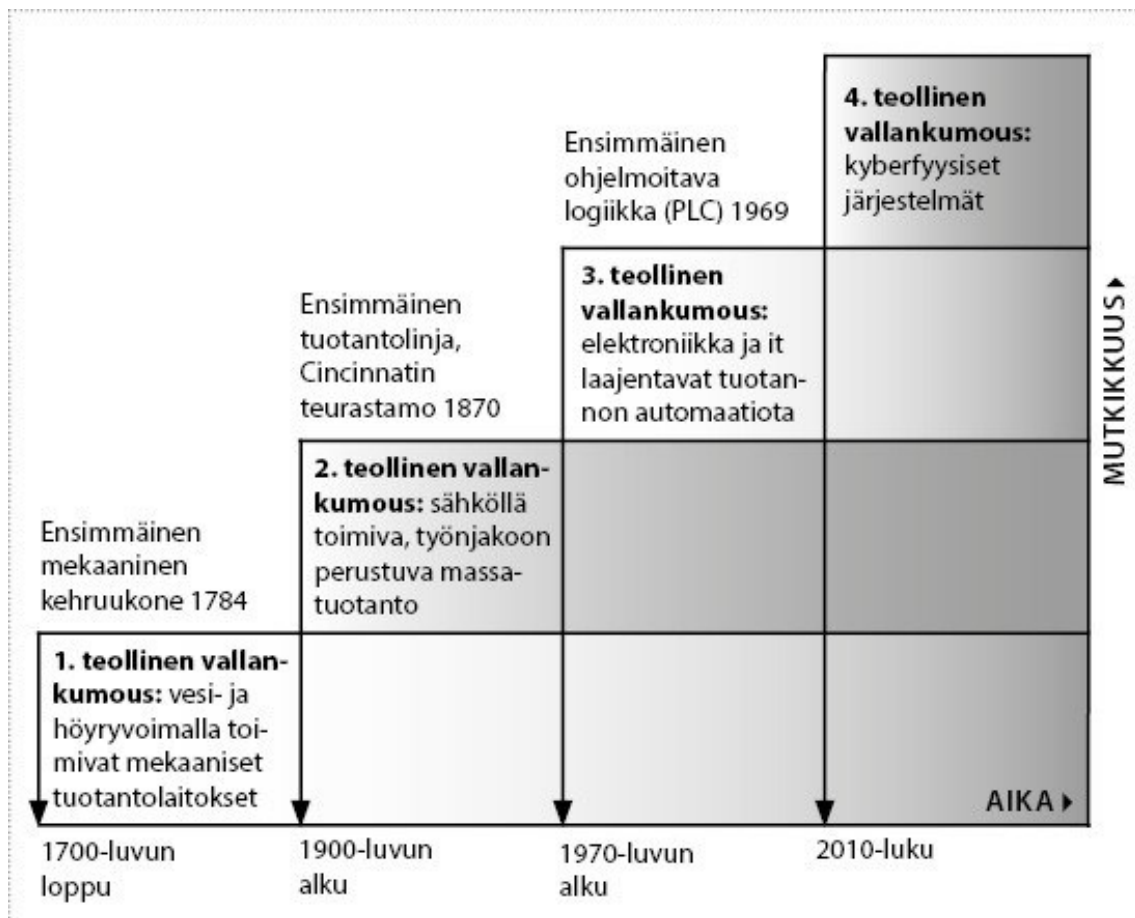
Teollisen vallankumouksen historia voidaan jakaa neljään vallankumous jaksoon, jotka ovat esitetty kuvassa 1. Ensimmäinen teollinen vallankumous on alkujaan jo 1760-luvulta, jolloin on kehitetty höyrymoottorit. Höyrymoottoreiden avulla siirryttiin käsityö valmistuksesta koneiden avustamaan valmistukseen. Koneiden tulo johti tuotannon valmistusmäärien kasvuun, hintojen laskuun sekä ihmisten elintasojen nousuun. (Britannica, 2023)

Toinen vallankumous ulottuu 1800-luvun loppuun sekä 1900-luvun alkuun. Toisen vallankumouksen suurimmat kehityskohdat olivat kevyemmät metallit, muovin valmistus sekä uudet energiantuotanto mahdollisuudet. Aikakauden loppuvaiheilla kehiteltiin ensimmäiset mekaaniset kokoonpanolinjat. (Britannica, 2023)

Kolmas vallankumous loi mahdollisuuden sähköisen- ja tietokoneteknologian käytölle teollisuudessa. Kolmas vallankumous loi käsitteen myös teolliselle internetille. Teollisen internetin alku on vuodelta 1968, jolloin Dick Morley kehitti tiiminsä kanssa ensimmäisen ohjelmoitavan logiikan. Teollinen internet on yksi osa kolmatta teollista vallankumousta. (Epicor, n.d.)

Neljäs vallankumous, joka tunnetaan nimellä Teollisuus 4.0 on tuonut digitaalisen teknologian uudelle tasolle teollisuuslaitoksissa. Neljännen teollisuuden vallankumouksen ansiosta pystytään yhdistämään fyysiset ja digitaaliset laitteet sekä tuottamaan dataa reaaliaikaisesti ja turvallisesti. (Epicor, n.d.)

Kuva 1, Neljä teollista vallankumousta (Collin & Saarelainen, 2016, s. 39)

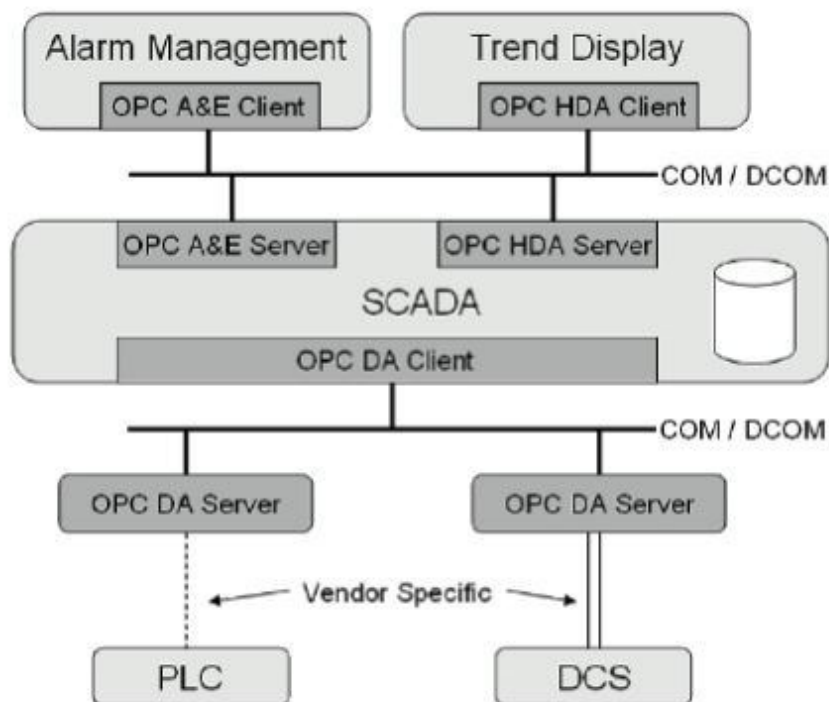


3 Open Protocol

OPC eli Open Platform communications on kommunikointi standardi, joka on turvallinen ja luotettava tietoviestintä alusta tuotantolaitosten automaatioissa sekä muissa teollisuuden laitteissa. OPC kommunikointi standardi on yksi tärkeimmistä sovelluksista teollisen internetin kehityksessä, joka yhdistää verkkopalvelut ja tietoturvan edut yhteen tietomalliin. Kommunikointi alustana OPC on itsenäinen ja avoin kaiken tyyppisille laitteille ja valmistajille. Standardi on kehitetty yhteistyössä valmistajien, käyttäjien sekä tutkimuslaitosten kanssa. (OPC Foundations, n.d.)

Teollistenlaitosten eri järjestelmä vaatimusten mukaisesti OPC järjestelmään on kehitetty kolme suurempaa sovellus kokonaisuutta. Kokonaisuudet koostuvat datasta (Data Access), hälytyksien ja tapahtumien seurannasta (Alerts & Events) sekä historia kirjastosta (Historical Data Access). Kuvassa 2 on esitetty yleinen käyttömuoto OPC kommunikoinnissa. OPC käyttöjärjestelmä käyttää Microsoftin kehittämää COM ja DCOM teknologiaa. (Mahke ym., 2009, s. 3) DCOM eli Distributed Component Object Model on sovellusten ja tietokoneiden kommunikointiin luotu ohjelmisto. DCOM teknologia on kehittyneempi versio aiemmasta COM teknologiasta. DCOM ohjelma pystyy käyttämään useita sovelluksia hajautetuilla verkosta löytyvillä palvelimilla. (GE Digital, 2023)

Kuva 2, Yleisesti käytössä oleva OPC järjestelmä (Mahke ym., 2009, s. 3)



Data tietojen käyttöliittymällä voidaan kirjoittaa, lukea ja seurata teollisuuden prosessista saatua informaatiota. Se on tärkein sovellustyyppi OPC kommunikoinnissa. Käyttöliittymän keskeisin käyttötarkoitus on tuottaa reaaliaikaista tietoa käyttöpaneelille. Hälytys ja tapahtuma käyttöliittymän tarkoituksena on seurata järjestelmää sekä tehdä ilmoituksia muuttuneista prosessi olosuhteista. Yleisesti käyttöliittymän hälytyksistä vaaditaan käyttäjän kuittausta tai toimia ennen prosessin jatkamista. Historia seurantajärjestelmällä voidaan lukea aiemmin saatua dataa sekä tehdä vertailuja prosessista saatujen tietojen välillä. Käyttöjärjestelmä luo jokaiselle tapahtumalla aikaleiman, jolloin historiatiedoista voidaan hakea tarkasti tarvittavaa tietoa. (Mahke ym., 2009, ss. 4-6)

3.1 OPC UA

OPC UA eli Open Platform Communications unified architecture on tuorein versio teolliselle tietoviestinnälle luodusta tiedonvaihtostandardista. OPC UA on aiemman OPC järjestelmän korvaava käyttöliittymä. Se sisältää kaikki aiemmat COM ja DCOM tyyppisten järjestelmien ominaisuudet. Kuvassa 3 on listattuna OPC UA tärkeimmät vaatimukset ja ominaisuudet. (Mahke ym., 2009, ss. 8-9)

Kuva 3, OPC UA vaatimukset (Mahke ym., 2009, s. 9)

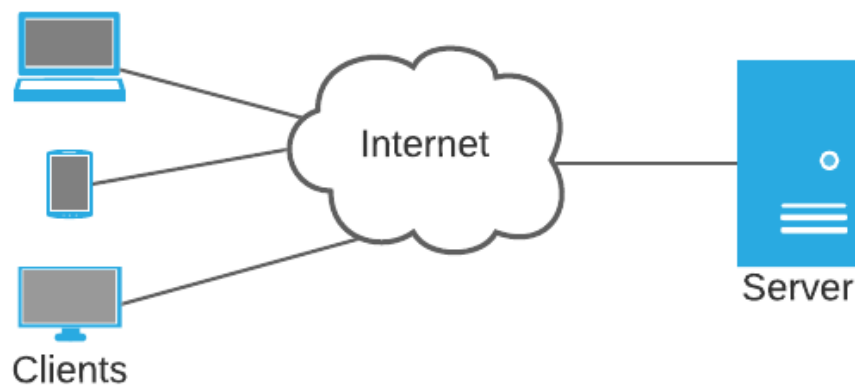
Communication between distributed systems	Modeling Data
<ul style="list-style-type: none"> • Reliability by <ul style="list-style-type: none"> • Robustness and fault tolerance • Redundancy • Platform-independence • Scalability • High performance • Internet and firewalls • Security and access control • Interoperability 	<ul style="list-style-type: none"> • Common model for all OPC data • Object-oriented • Extensible type system • Meta information • Complex data and methods • Scalability from simple to complex models • Abstract base model • Base for other standard data models

OPC UA suurimmat hyödyt ovat tietoturvallisuus sekä alustariippumattomuus. Tietoturvan puolesta OPC UA on palomuuristävällinen, joka tarjoaa erityyppisiä salaustasoja, laillisuustarkastuksia, valvontaa sekä käyttäjähallintaa. Alustariippumattomuuden vuoksi OPC UA alustaa voidaan käyttää erilaisissa käyttöjärjestelmissä, laitteistoympäristöissä sekä ohjelmointikielissä. (Atlas Copco, n.d.)

3.2 Server & Client

Server on palvelinsovellus, joka on tehty standardin mukaisesti ja tarjoaa sen avulla rajapinnan muille laitteille. Palvelin on perusta koko avoimelle kommunikoinnille. Palvelimen perusajatus on, että laitteiston valmistajat tarjoavat avoimen protokollan järjestelmän laitteelleen ja mahdollistavat siten tiedonsiirron laitteelle. (OPC Router, n.d.) Client taas on käyttäjän sovellus, joka muodostaa yhteyden palvelimelle. Client rakentaa käyttäjän luoman kutsun ja lähettää tiedon serverille. Server ja Client käyttävät yleisesti kommunikoinnissa TCP/IP viestintää. Kuvassa 4 nähdään yleinen Internetin toimintamalli, jossa on käytössä Server ja Client järjestelmät. (TCP/IP tutorial and technical Overview, 2006, s. 10)

Kuva 4, Yleinen Client-Server toimintamalli (Baeldung, 2022)



Palvelin on ohjelmoitu ottamaan vastaan kutsuja tietyistä lähteistä. Server vastaanottaa kutsun, toteuttaa vaaditut toimenpiteet ja kuittaa käyttäjälle tekemänsä tehtävän. Palvelin pystyy suorittamaan useaa kutsua samanaikaisesti monelta eri käyttäjältä. (TCP/IP tutorial and technical Overview, s. 10)

3.3 TCP/IP

TCP/IP eli Transmission Control Protocol/Internet Protocol on standardoitu internet kommunikointijärjestelmä, jonka avulla digitaaliset koneet pystyvät kommunikoimaan pitkillä välimatkoilla. Verkon tiedonsiirto toimii pakettikytkentä menetelmällä, jossa isommat tietopaketit jaetaan pienempiin paketteihin. Protokolla lähettää pienemmät datapaketit yksittäin moneen eri reitittimeen samanaikaisesti. TCP on protokollassa se, joka kerää ja

kokoaa datapaketit takaisin yhteen. IP on protokollassa vastuussa siitä, että datapaketit kulkevat oikeaan paikkaan. (Britannica, 2023)

3.4 MQTT

MQTT eli Message Queue Telemetry Transport on suosittu viestintäprotokolla, joka on vuonna 2016 lisätty ISO/IEC-standardiin. Protokolla on suunniteltu telemetriadatan keräämiseen, etämittaukseen ja -valvontaan. MQTT protokolla on kevytrakenteinen, yksinkertainen ja tehokas. MQTT ei sovellu kenttälaitteiden keskinäiseen viestintään eikä tiedonsiirtoon usealle vastaanottajalle. (Collin & Saarelainen, 2016, s. 187)

MQTT viestintä protokollan avulla resurssirajoitetut IoT-laitteet voivat lähettää tietoa palvelimelle, joka toimii MQTT viestien välittäjänä. Käyttäjä pystyy pyytämään välittäjältä haluamansa laitteiston datan. Varsinkin heikoille langattomille verkoille MQTT protokolla on hyvä valinta. Verkko yhteyden katkettua välittäjän palvelu puskuroid viestit ja lähettää ne käyttäjälle yhteyden palautuessa. (OPC Router, n.d.)

3.5 ASCII

ASCII eli American Standard Code for Information Interchange on standardoitu koodausmuoto tietoviestinässä. ASCII määrittää numeraaliset arvot kirjaimille, numeroille, välimerkeille sekä muille yleisille merkeille. Ennen ASCII järjestelmän luomista eri merkkiset- ja malliset laitteet eivät pystyneet kommunikoimaan keskenään. ASCII järjestelmä käyttää kahdeksan merkkistä binaari numerointia, jolloin koodilla voidaan esittää 128 erilaista merkkiä. (Britannica, n.d.) Kuvassa 5 on esitettyä ASCII taulukko, josta voidaan määrittää haluttu toiminto, kirjain, numero tai merkki.

Kuva 5, ASCII taulukko (CMU School of Computer Science, n.d.)

Dec	Char	Dec	Char	Dec	Char	Dec	Char
0	NUL (null)	32	SPACE	64	@	96	`
1	SOH (start of heading)	33	!	65	A	97	a
2	STX (start of text)	34	"	66	B	98	b
3	ETX (end of text)	35	#	67	C	99	c
4	EOT (end of transmission)	36	\$	68	D	100	d
5	ENQ (enquiry)	37	%	69	E	101	e
6	ACK (acknowledge)	38	&	70	F	102	f
7	BEL (bell)	39	'	71	G	103	g
8	BS (backspace)	40	(	72	H	104	h
9	TAB (horizontal tab)	41	)	73	I	105	i
10	LF (NL line feed, new line)	42	*	74	J	106	j
11	VT (vertical tab)	43	+	75	K	107	k
12	FF (NP form feed, new page)	44	,	76	L	108	l
13	CR (carriage return)	45	-	77	M	109	m
14	SO (shift out)	46	.	78	N	110	n
15	SI (shift in)	47	/	79	O	111	o
16	DLE (data link escape)	48	0	80	P	112	p
17	DC1 (device control 1)	49	1	81	Q	113	q
18	DC2 (device control 2)	50	2	82	R	114	r
19	DC3 (device control 3)	51	3	83	S	115	s
20	DC4 (device control 4)	52	4	84	T	116	t
21	NAK (negative acknowledge)	53	5	85	U	117	u
22	SYN (synchronous idle)	54	6	86	V	118	v
23	ETB (end of trans. block)	55	7	87	W	119	w
24	CAN (cancel)	56	8	88	X	120	x
25	EM (end of medium)	57	9	89	Y	121	y
26	SUB (substitute)	58	:	90	Z	122	z
27	ESC (escape)	59	;	91	[	123	{
28	FS (file separator)	60	<	92	\	124	|
29	GS (group separator)	61	=	93	]	125	}
30	RS (record separator)	62	>	94	^	126	~
31	US (unit separator)	63	?	95	_	127	DEL

4 Dokumentoiva kokoonpanotyökalu

Dokumentoivat kokoonpanotyökalut soveltuvat laatukriittisiin kohteisiin, joissa laatu, turvallisuus sekä joustavuus ovat erityisessä asemassa. Yleisesti dokumentoiva kokoonpanotyökalu koostuu vääntimestä ja erillisestä ohjainyksiköstä. Uusimissa väännin malleissa ohjainyksikkö on saatu yhdistettyä vääntimen sisään. Vääntimiä on kahdenlaisia kulma- ja pistoolimallisia. Pistoolimallista on myös mahdollisuus saada iskevällä toiminnolla toimiva väännin. Iskevä-malli on suunniteltu parantamaan käyttäjän ergonomiaa sekä mahdollistamaan korkeamman momentin pienemmällä vastavoimalla. (Atlas Copco, n.d.)

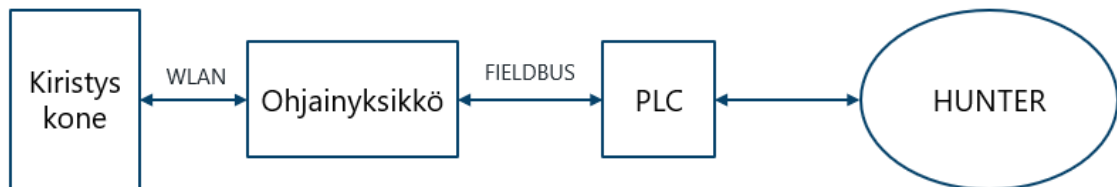
Ohjainyksikkö ohjaa vääntimille kiristysohjelmat, jotka vääntimen tulee suorittaa. Eri valmistajien ohjainyksiköistä löytyy eroja mutta periaate on sama. Atlas Copco:n

ohjainyksikköön saa yhdistettyä maksimissaan 6 väännintä yksikköä kohden. Ohjainyksikön tärkeimmät komponentit ovat IAM ja Virtuaali- asema. IAM eli Intelligent Application Module on ohjelmisto, joka tallettaa kiristystulokset ja ohjelmat yksikköön sekä pitää varmuuskopiointia yksikössä. Virtuaali- asema on lisenssi, jolla voidaan ohjata yksittäistä väännintä. Jokainen yhdistetty väännin vaatii oman asemalicenssin. Virtuaali- asema määrittää vääntimelle kiristysohjelmat. Kiristysohjelma voi sisältää yksittäisiä kiristyksiä tai määritettyjä kiristyssarjoja. (Atlas Copco, n.d.)

5 Nykyinen järjestelmä

Nykyinen käytössä oleva kiristyslaitteiden tiedonsiirto järjestelmä koostuu kiristyslaitteesta, kiristyslaitteen ohjainyksiköstä, Siemensin tai Omronin logiikasta sekä Hunter nimisestä data palvelimesta (Kuva 6). Logiikkajärjestelmän kommunikointi toimii Profinet tai EtherNet/IP kommunikointi yhteydellä. Kiristyslaite ja ohjainyksikkö kommunikoivat langattomasti WLAN-yhteydellä tai mahdollisesti fyysisellä kaapeliyhteydellä. Näiden kommunikointien avulla järjestelmällä pystytään tallentamaan kiristyksestä saadut momenttiarvot yksilöllisesti ajoneuvon tietokantaan.

Kuva 6, Nykyinen ohjausjärjestelmä



Kiristysohjelman toimintakierto perustuu automaatio sekvenssiin, joka alkaa ajoneuvon liikuttua kuljettimella asemapaikalle. Jokaisessa linjalla liikkuvassa ajoneuvossa on yksilöity RFID-tunniste. RFID-lukija lukee ajoneuvon tunnisteen, josta logiikka saa asemapaikalla olevan ajoneuvon tilausnumeron. Tilausnumerolla logiikka lähettää kyselyn palvelimelle. Tämän jälkeen logiikka saa palvelimelta vastaukseksi ajoneuvoon vaaditun kiristys reseptin. Logiikalle on ohjelmoitu kyseisen kiristyskohteen joka reseptille vaatimat kiristysmäärät. Kiristyksiä voidaan ohjata joko yksittäisinä kiristyksinä tai yhtenä kiristys kokonaisuutena. Kun asemalla asentaja on saanut kiristykset suoritettua, ohjainyksikkö lähettää kiristyksien momentti- ja kulma-arvot sekä tiedon onko kiristykset suoritettu hyväksytysti vai epäonnistuneesti. Logiikka tallentaa saadut tulokset ajoneuvon tilausnumeron mukaisesti palvelimen tietokantaan.

6 Open Protocol -ohjausjärjestelmä

Kiristyskone Open Protocol -ohjausjärjestelmän tarkoitus on luoda valmius tuotannon kiristyskoneille nykyaikaisen kommunikoinnin toteutukseen. Avoimeen kommunikointi yhteyteen perustuvan ohjausjärjestelmän avulla pystytään rakentamaan käyttöjärjestelmä, johon voidaan yhdistää eri valmistajien laitteita ilman ohjelmamuutoksia. Ohjausjärjestelmä laitteisto koostuu kiristyslaitteesta ja tabletti tietokoneesta. Tabletille luodaan kommunikointikäyttöjärjestelmä THT-Control Oy:n toimesta käyttäen Ignition ohjelmointialustaa.

Kommunikointijärjestelmän luonti aloitettiin palavereilla yhteistyössä THT-Controlin kanssa. Palavereissa käytiin läpi, mitä käyttöjärjestelmältä vaaditaan sekä millaista visuaalista ulkoasua haluttaisiin. Kommunikointi viestinnän laadinnassa käytettiin kiristyskone valmistajien Open Protocol -tiedostoja, jossa on ilmaistu kaikki avoimen kommunikoinnin viestintäkäskytykset. Tarvittavia toimintoja käyttöjärjestelmälle olivat alkuvaiheessa yhteyden avaus, kiristyskoneohjelman valinta, kiristysluvan myöntö sekä kiristystulosten kysely. Käyttöjärjestelmään luotiin manuaaliohjaukseen soveltuva näyttö, jolla pystyy avaamaan yhteyden ja määrittämään halutun kiristysohjelman. Näytölle myös tulostetaan kiristyslaitteella tehtyjen kiristysten momentti- ja kulma-arvot sekä kiristysohjelmaan määritetyt raja-arvot. Näillä määritetyillä toiminnoilla pystytään luomaan avoin kommunikointiyhteys kiristyskoneen ja käyttöjärjestelmän välille sekä toteuttamaan testejä todentamaan järjestelmän toimivuus.

Suunnittelupalaverin jälkeen projekti eteni hyvin tiiviissä yhteistyössä THT-Controlin kanssa. THT-Controlin vastuulla oli muodostaa koodi, jota testattiin käytännössä heti sen valmistuttua. Mikäli testaustulos oli myönteinen, siirryttiin kehittämään seuraavan vaiheen koodia mutta mikäli se ei toiminut jatkettiin kyseisen vaiheen kehittämistä. Tällä menettelyllä projekti eteni loppuun asti. Valmet Automotiven, tarkemmin sanottuna projektin vetäjän, vastuulla oli siis testauksien tekeminen ja koodien käyttöönotto käytännössä sekä palautteen anto THT:lle.

Seuraavaksi esitellään Open Protocol -ohjausjärjestelmän kommunikointi sekä itse laitteisto. Tämän jälkeen avataan projektin kulkua, ja tarkemmin sanottuna Valmet Automotiven osuutta sen etenemisessä.

6.1 Kommunikointi

Kommunikointi väänninlaitteen ja käyttöjärjestelmän välillä toimii TCP/IP viesti protokollan välityksellä. Järjestelmien välinen kommunikointi viesti koostuu kolmesta osasta: otsikosta, data kentästä sekä viestin lopetuksesta. Järjestelmän viestintä tapahtuu ASCII järjestelmää käyttäen. Kuvassa 7 on kuvattuna esimerkki kommunikointi viestinnän esitystavasta tavulukujen avulla. Yksi tavu kuvaa yhtä binäärisarjaa eli kahdeksaa bittiä.

Kuva 7, Viesti esimerkki tavu numeroilla (Atlas Copco, n.d.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
0	0	5	3	0	0	7	1													0	1	E	4	0	4	0	2	1	0	3	1	0	4	2	0	0	0	-	0	9	-	2	5	:	1	0	:	1	4	:	1	8	NUL

Yllä olevan kuvan esimerkissä on kuvattuna MID0071 hälytysviesti. MID lyhenne tulee sanoista Message ID eli viestin tunnus. Kuvassa 8 on kuvattuna sama hälytys esimerkki selkeämmässä muodossa ilman tavunumeroita.

Kuva 8, Viesti esimerkki ilman tavunumeroita (Atlas Copco, n.d.)

00530071	01E404021031042008-09-25:10:14:16NUL
----------	--------------------------------------

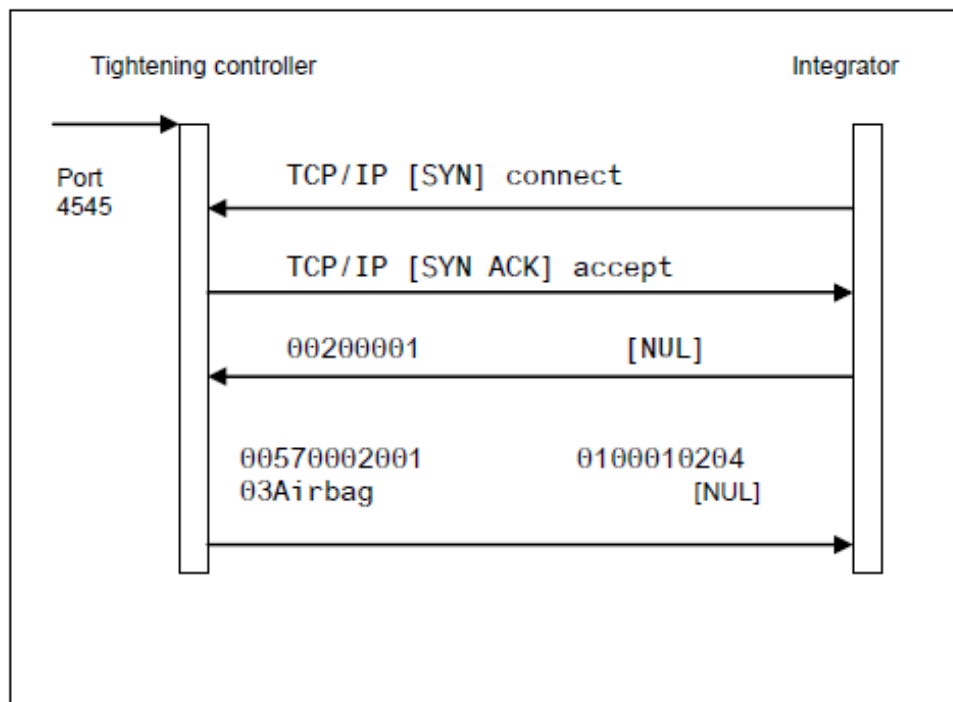
Kun kuvassa olevan viestin pienentää pienemmiksi kokonaisuuksiksi, saadaan viestin tarkoitus selville. Otsikko osuus koostuu kahdeksasta numerosta, jotka pitävät sisällään viestin pituuden sekä tunnuksen. Data osuudesta saadaan selville, että hälytys koodi on E404, työkalun valmius on OK sekä aikaleima milloin hälytysviesti on ilmaantunut. Kuvassa 9 on vielä tarkemmin esitettyä data osuudessa ilmaantuneet tiedot. Viestin loppuun tulee aina NUL, joka tarkoittaa viestin päättymistä. Tässä esimerkki tapauksessa tulisi katsoa Atlas Copco:n manuaalista virhekoodi E404:n tarkoitus. Manuaalin mukaan E404 tarkoittaa yhdistettyyn I/O-laitteeseen ei saa yhteyttä.

Kuva 9, Hälytys viestin data (Atlas Copco, n.d.)

Parameter	Byte	Value
Error code	21-22	01
	23-26	The error code is specified by 4 ASCII characters. The error code begins with E and is followed by three digits. Example E851.
Controller ready status	27-28	02
	29	Controller ready status 1=OK, 0=NOK
Tool ready status	30-31	03
	32	Tool ready status 1=OK, 0=NOK
Time	33-34	04
	35-53	Time stamp for the alarm. 19 ASCII characters. YYYY-MM-DD:HH:MM:SS

Kommunikointi yhteydenavaus ohjainyksikön ja käyttäjän välille on kuvattuna kuvassa 10. Yhteydenavaus viestissä aluksi täytyy asettaa oikea portti. Tässä tapauksessa se on 4545. Käyttäjä luo yhteyden palvelimelle, josta palvelin vastaa hyväksytyin kuittauksen. Tämän jälkeen käyttäjä lähettää MID 0001 viestin, joka tarkoittaa yhteyden aloitusta. Ohjainyksikkö vastaa kyseiseen viestiin MID 0002 yhteyden aloitus hyväksytty. Ohjainyksikkö voi myös vastata viestiin kieltävästi. Tällöin viestin tunnus olisi MID 0004, jolloin yhteyden muodostuksessa on tapahtunut virhe.

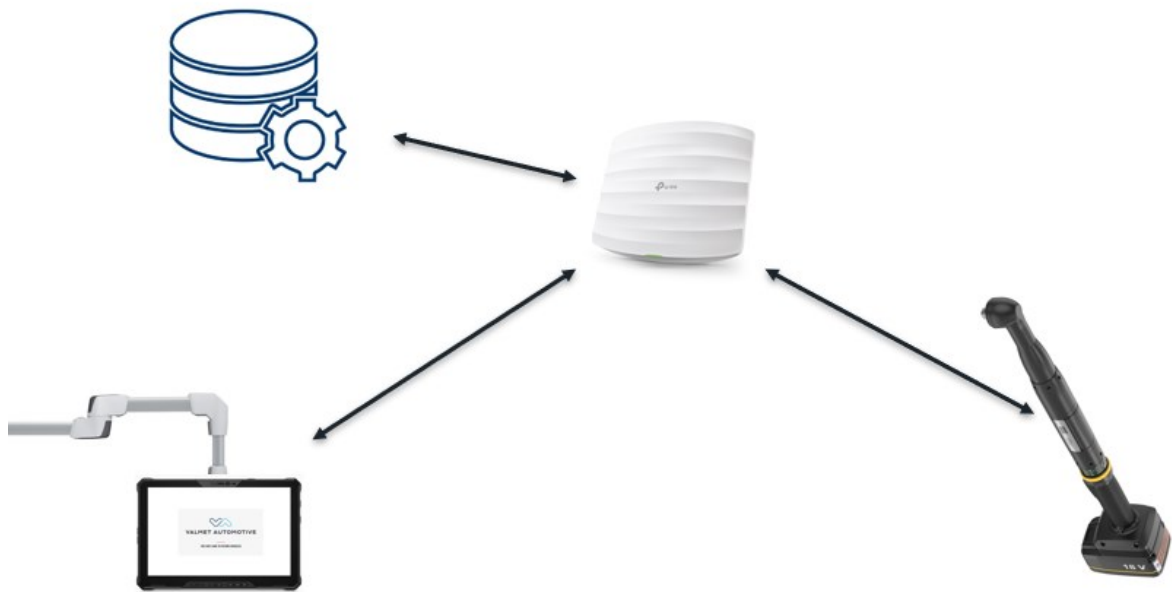
Kuva 10, Ethernet yhteyden luonnin esimerkki (Atlas Copco, n.d.)



6.2 Laitteisto

Ohjausjärjestelmän perustana on langaton verkko, jossa tiedonsiirto tapahtuu. Langaton verkko yhdistää palvelimen, kiristyslaitteen sekä paneelin kokonaisuudeksi. Kuvassa 11 on esitetty hahmotelma ohjausjärjestelmän kommunikoinneista. Käyttöpaneelina toimii Dell Technologies:n valmistama Latitude 7230 Rugged Extreme tabletti tietokone. Käyttöpaneeli mahdollistaa kiristystuloksien ja kommunikointiviestinnän seuranta sekä vääntimen kiristysohjelmien manuaaliohjauksen.

Kuva 11, Open Protocol- järjestelmän hahmotelma



Kiristyslaitteina testeissä on käytetty Cleco tools:n valmistamaa CellTek pistoolimallia (kuva 12) ja Atlas Copcon valmistamaa pientä kulmamallista ICB-väännintä (kuva 13). Vaikka valmistaja on eri, mutterivääntimien toimintaperusta on samanlainen molemmissa vääntimissä.

Kuva 12, CellTek cordless electric pistol (Cleco tools, n.d.)



Kuva 13, Atlas Copco ICB-mutteriväännin (Atlas Copco, n.d.)



6.3 Käyttöjärjestelmä testaukset

Valmet Automotiven vastuulla järjestelmän kehittämisessä olivat sen testaukset ja käytännön toimivuus. Avoimen kommunikointi yhteyden ensimmäiset testaukset päästiin suorittamaan Valmet Automotiven Innovaatio keskuksessa, jossa oli asennettuna Cleco:n valmistama ohjainyksikkö sekä kiristyslaite. Cleco:n käyttöjärjestelmä on tullut tutuksi, joten Open Protocol asetusten konfigurointi onnistui mutkattomasti. Yhteistyössä THT:n kanssa ensimmäiset testit suoritettiin puhelimen välityksellä. Yhteys saatiin avattua ja ensimmäiset kiristykset onnistuttiin suorittamaan. Testistä saatiin hyvää dataa kiristystulosten viestintä tulostus muodosta, josta käyttöjärjestelmän rakennus oli mahdollista aloittaa. Tässä testi

vaiheessa testattiin myös erilaisten kiristysohjelmien eroavaisuutta sekä epäonnistuneiden kiristysten viestintää.

Käyttöjärjestelmän valmistuttua testauksia jatkettiin tablettitietokoneen avulla. Tämä helpotti testauksia, sillä testauksia pystyi suorittamaan itsenäisesti Ignition Vision Client ohjelmiston avulla. Atlas Copco:n ICB-vääntin oli saapunut ja saatu ohjelmoitua testejä varten. Tämä tuo testeihin myös hyvän kokeilu mahdollisuuden avoimen kommunikointi standardin testaukseen, sillä käyttöjärjestelmä viestintä parametreihin ei tehty muutosta laite vaihdoksen yhteydessä. Vääntimen vaihtoa varten järjestelmään oli määritettävä ICB-vääntimen IP-osoite sekä kommunikointi portti. Valmet Automotiven Innovaatio keskuksen oli rakennettu testipöytä kiristyskoneen testikiristyksiä varten. Kuvassa 14 on kuvattuna testipöytä sekä käytössä olleet laitteet, jolla testit suoritettiin.

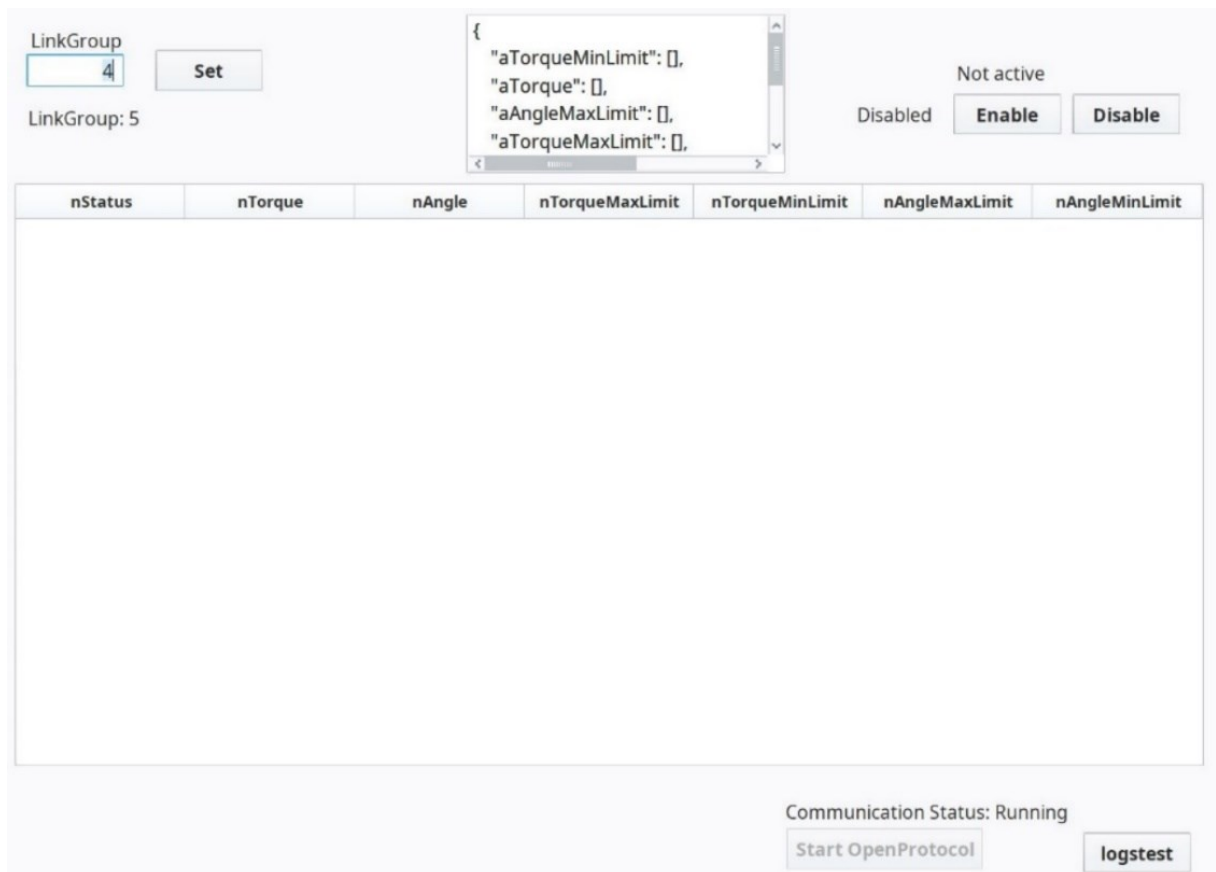
Kuva 14, Testilaitteisto



Kaikki laitteet ovat yhteydessä samassa langattomassa verkossa. Kannettava tietokone on yhdistetty ICB-vääntimen sisäänrakennettuun ohjainyksikköön, josta pääsee muokkaamaan laitteen asetuksia, kiristysohjelmia sekä katsomaan kiristystuloksia. Myös tabletti tietokoneella on mahdollista muodostaa yhteys vääntimen ohjainyksikköön.

Käyttöjärjestelmä on vielä melko alkuvaiheessa ja vain käsiohjaustoiminto on käytössä. Laitteiston tuotantokäyttöön saattamisessa on käyttöjärjestelmän perusnäköä ja välilehtiä vielä kehitettävä luontevan käyttökokemuksen saavuttamiseksi. Kuvassa 15 on kuva käyttöjärjestelmän näköästä. Tämänhetkisestä näköästä voidaan käynnistää avoin kommunikointi yhteys, määrittää kiristettävä kiristysohjelma sekä hyväksyä tai estää vääntimen kiristystoiminto.

Kuva 15, Käyttöjärjestelmän perusnäköä



Ensimmäinen kiristystesti oli saada kiristysohjelma käyntiin sekä antaa vääntimelle lupa kiristää. Käskeyssä kiristysohjelmassa oli määritetty neljä erilaista kiristystä. Kiristysohjelman kiristykset olivat 4Nm, 360°, 2Nm ja 720°. Kuten kuvassa 16 nähdään, tehdyt kiristykset on suoritettu OK tuloksin sekä momentti ja kulma-arvot tulostuivat näytölle.

Kuva 16, Testi 1 käyttöjärjestelmän näkymä kiristystuloksista

LinkGroup

LinkGroup: 4

```
{
  "aTorqueMinLimit": [
    0.0,
    0.0,
    0.0,
  ]
}
```

Not active

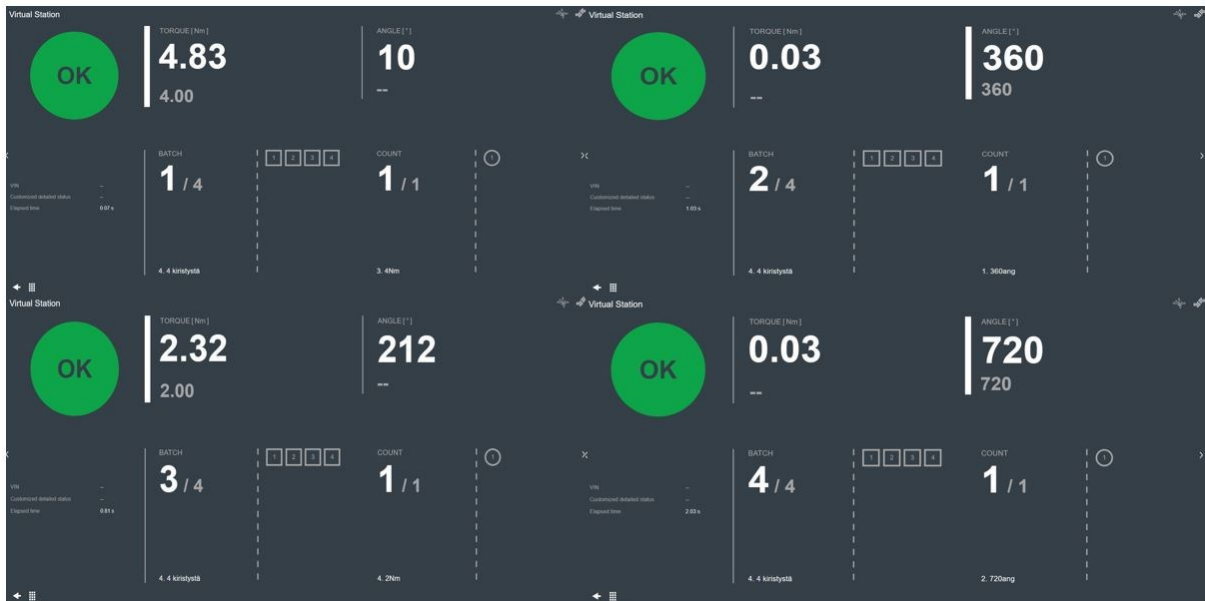
Disabled

nStatus	nTorque	nAngle	nTorqueMaxLimit	nTorqueMinLimit	nAngleMaxLimit	nAngleMinLimit
101	4.83	10	0	0	0	0
101	0.03	360	0	0	0	0
101	2.32	212	0	0	0	0
101	0.03	720	0	0	0	0

Communication Status: Running

Käyttöjärjestelmän tulostaulukosta saadaan luettua kiristuksen lopullinen status, momentti- sekä kulma-arvo. Momentti kiristyksien kulma-arvo määräytyy kiristysohjelmaan määritetystä mittauksen aloituspisteestä. Kyseisessä testissä vääntimille ei ole vielä määritetty kulmaseuranta raja-arvoja, joten tässä vaiheessa momenttikiristuksen kulmatulos kuvaa aste määrää, jolla momentti on saavutettu. Kuvassa 17 on tarkistettu Atlas Copco:n ohjainyksikkö näkymästä, että kiristystulokset täsmäävät käyttöjärjestelmän esittämiin tuloksiin. Testistä voidaan todeta, että tulokset tulostuvat käyttöjärjestelmälle oikeassa järjestyksessä sekä todenmukaisilla arvoilla. Myös vääntimen kiristyslupa estetään, kun kiristysohjelma on suorittanut vaaditut kiristykset.

Kuva 17, Testi 1 Atlas Copco näkymä kiristysohjelman tuloksista



Seuraavassa testissä kokeiltiin NOK-tuloksia ja miten käyttöjärjestelmä reagoi NOK tulokseen. Kuvassa 18 on suoritettu kuuden kiristuksen kiristysohjelma, josta kaksi kiristystä ei ole täyttänyt kiristysohjelmaan määritettyjä tavoitteita. Testi myös osoitti, että järjestelmä katkaisee kiristyslupan vääntimeltä NOK tuloksen seurauksena. Tämä on tarkoituksenmukainen toiminto, jolloin väännintä käyttävän asentajan on reagoitava virheelliseen kiristykseen kuittaamalla kiristyslupa päälle näytöltä. Kuvassa 19 on ohjainyksikön näkymä tehdyistä kiristyksistä, josta saadaan myös selville syy NOK tulokselle. Tässä tapauksessa epäonnistunut kiristys on tullut liian aikaisesta liipaisimen irrotuksesta.

Kuva 18, Testi 2 käyttäjärjestelmän näkymä kiristystuloksista

LinkGroup: 5

```
{
  "aTorqueMinLimit": [
    0.0,
    0.0,
    0.0,
    0.0,
  ]
}
```

Not active
Disabled

nStatus	nTorque	nAngle	nTorqueMaxLimit	nTorqueMinLimit	nAngleMaxLimit	nAngleMinLimit
101	4,3	845	0	0	0	0
102	0,03	623	0	0	0	0
101	2,25	803	0	0	0	0
102	0,03	371	0	0	0	0
101	0,04	360	0	0	0	0
101	2,28	950	0	0	0	0

Communication Status: Running

Kuva 19, Testi 2 Atlas Copco näkymä kiristys numero 2

Virtual Station

NOK

TORQUE [Nm] **0.03**

ANGLE [°] **623**
720

Trigger lost

BATCH **2 / 6**

COUNT **1 / 1**

VIN
Customized detailed status
Elapsed time 176 s

5
4x720x2x4x360x2

2. 720ang

Kolmannessa testissä vääntimen ohjainyksikölle luotiin niin kutsuttu multi-step kiristysohjelma. Multi-step ohjelma muodostuu yhden kiristyksen aikana suoritetuista useasta

erillisestä vaatimuksesta. Tässä esimerkki kiristyksessä tehtiin ohjelma, joka kiristää aluksi 2Nm asti, jonka jälkeen väännin avaa kiristystä 180° ja suorittaa lopullisen kiristyksen 4Nm asti. Kuvassa 20 nähdään, että käyttöjärjestelmä tulostaa kiristyksestä vain lopullisen momentin. Vain lopullisen momentin ilmaisu on tarkoituksenmukainen toiminto, sillä vaikka kiristysvaatimuksissa tulisi suorittaa multi-step toiminto, tallennetaan kiristyksestä vain loppumomentti. Kuvassa 21 on kuva ohjainyksikön tuloksen visualisoinnista. Kuvasta nähdään momenttikäyrä, joka ilmaisee momentin nousun sekä laskun kiristystä avattaessa. Kuten käyttöjärjestelmä myös ohjainyksikkö ilmoittaa tuloksessa todellisen loppumomentin. Ohjainyksikön näkymästä saadaan myös selville multi-step ohjelman välikiristysten tulokset.

Kuva 20, Testi 3 käyttöjärjestelmän näkymä kiristystuloksista

The screenshot displays a control interface for a system. At the top left, there is a 'LinkGroup' field with the value '6' and a 'Set' button. Below it, the text 'LinkGroup: 6' is visible. To the right, a JSON configuration is shown in a scrollable area:

```
{
  "aTorqueMinLimit": [
    0.0
  ],
  "aTorque": [

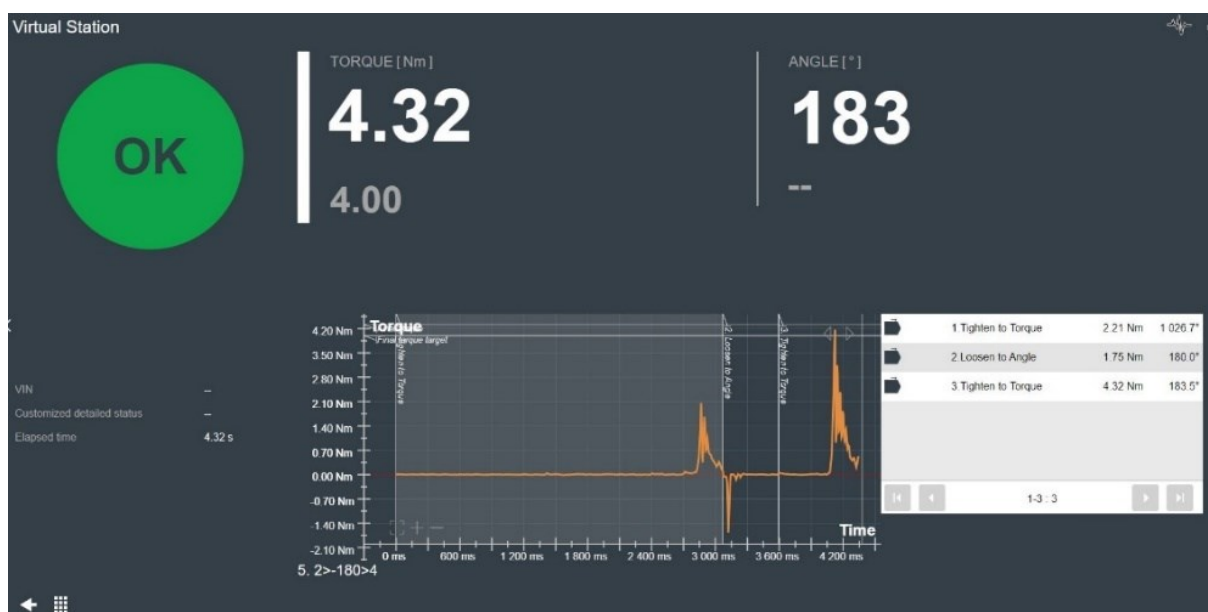
```

Below the JSON, there are buttons for 'Not active', 'Disabled', 'Enable', and 'Disable'. A table below the interface shows the following data:

nStatus	nTorque	nAngle	nTorqueMaxLimit	nTorqueMinLimit	nAngleMaxLimit	nAngleMinLimit
101	4.32	183	0	0	0	0

At the bottom right, the 'Communication Status' is 'Running', with buttons for 'Start OpenProtocol' and 'logstest'.

Kuva 21, Testi 3 Atlas Copco näkymä kiristysohjelmasta



Viimeisessä testissä lisättiin kiristysohjelmiin kulma- ja momenttiraja-arvot. Kiristysohjelmiin määritettiin tarkoituksella testiä varten tiukat raja-arvot. Yleisesti momenttien raja-arvot ovat +/-10 % määritetystä momentista. Kulmaraja-arvot määritetään kiristysohjelmalla tehtyjen kiristysten tuloksista saatujen kulma-arvojen perusteella. Raja-arvot ovat laadun työkalu, jolla saadaan selville pulttien hajoaminen, materiaalien muutokset sekä pulttien väärille kierteille kiertyminen. Kuvassa 22 huomataan, että kiristysohjelmiin lisätyt momentti- ja kulmarajat tulostuvat järjestelmän näytölle. Tämä helpottaa epäonnistuneiden kiristysten ongelman havaitsemista suoraan järjestelmän ruudulta. Testin tuloksista voidaan todeta, että kiristykset kaksi ja kolme jäivät alle kulmaraja-arvon sekä neljäs kiristys ylitti asetetun momenttiraja-arvon.

Kuva 22, Testi 4 käyttöjärjestelmän näkymä kiristystuloksista

LinkGroup

LinkGroup: 4

```
{
  "aTorqueMinLimit": [
    3.5,
    3.5,
    1.9,
  ]
}
```

Active

Disabled

nStatus	nTorque	nAngle	nTorqueMaxLimit	nTorqueMinLimit	nAngleMaxLimit	nAngleMinLimit
101	4,27	10	4,5	3,5	100	10
102	4,36	9	4,5	3,5	100	10
102	2,29	7	2,3	1,9	100	10
102	2,31	31	2,3	1,9	100	10

Communication Status: Running

Testin tuloksien päätelmät voidaan vielä tarkistuttaa ohjainyksiköstä löytyvistä tuloksista. Kuvassa 23 on kuvattu kaikkien neljän kiristysten tulokset. Jokaisen NOK tuloksen alla on visualisoituna tapahtuneen kiristystuloksen virhe. Kuten käyttöjärjestelmän tuloksista pääteltiin, kiristysten kaksi ja kolme virheilmoitus on "Angle Limit not achieved" sekä neljännen kiristysten "Peak Torque Limit exceeded". Käyttöjärjestelmän näkymä siis helpottaa asentajia sekä kunnossapidon henkilöstöä ymmärtämään virheellisen kiristysten juurisyyn tabletilta suoraan.

Kuva 23, Testi 4 Atlas Copco näkymä kiristysohjelmista



6.4 Järjestelmän hyödyt

Kyseinen uuden järjestelmän kehitys on osa Valmet Automotiven CAPEX- hankintoja. CAPEX sana tulee sanoista Capital Expenditures eli suomeksi käyttöpääomainvestoinnit. Yleisesti näillä hankinnoilla on tarkoitus ylläpitää sekä kehittää käytössä olevaa laitteistoa. Kiristyskoneiden kehitysprojekti ei luo heti taloudellista hyötyä tuotannolle, mutta seuraavassa suuremmassa tuotannon päivityksessä on mahdollista luoda suuria taloudellisia säästöjä. Säästöt syntyvät suurimmaksi osaksi automaatiologiikoiden sekä kiristyskone ohjainyksiköiden tarpeiden pois jäännistä.

Yhteinen käyttöjärjestelmä eri kiristyslaitteiden laitevalmistajille tuo edun niin laitteiston käyttöönotossa kuin kunnossapidon huoltotoissa. Kunnossapidon henkilökunnan tutustuttua järjestelmän käyttöön, onnistuu kiristyskoneiden uudelleen yhdistäminen, kalibrointi sekä muut yleiset huoltotoimenpiteet helpommin. Yleisin kiristyslaitteiden siirtoon liittyvä toimenpide on tuotannon tasapainotus, jossa tuotantolinjoja kehitetään toimimaan mahdollisimman tasaisesti sekä tuotteliaasti. Uuden järjestelmän myötä myös laitteiston liikuteltavuus asennuspaikkojen välillä on yksinkertaisempaa, sillä laitteisto ei ole sidoksissa yksittäiseen asennuspaikkaan eikä linjalogiikkaan. Uuden kommunikointijärjestelmän avulla siirtotyökustannukset ovat pienemmät verrattuna nykyiseen järjestelmään, jossa on yleisesti tarvittu ulkopuolista sähköasentajaa sekä logiikkaohjelmoitsijaa kiristyslaitteiston siirrossa.

7 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli raportoida ja rakentaa avoin kommunikointijärjestelmä kiristyslaitteille sekä luoda valmiudet tuotannon käyttöä varten. Opinnäytetyön projektin avulla onnistuttiin luomaan toimiva käyttöjärjestelmä, jolla saadaan määritettyä kiristyskoneelle haluttu kiristysohjelma sekä toteuttamaan kiristykset. Projektissa saatiin todennettua kahden eri laitevalmistajan toimivuus yhdellä järjestelmällä, sekä kiristysohjelmien ja -tuloksien esitys oikeassa muodossa. Kyseisen kommunikointijärjestelmän avulla on mahdollisuus keventää tuotannon automaatiologiikoiden kuormitusta ja ohjelmointityötä. Työssä käsitelty Open Protocol viestintä avasi myös minulle aivan uuden kommunikointityylin hyödyntämisen laiteistoissa.

Opinnäytetyön kommunikoinnin rakentaminen on vasta pieni osa kokonaisuutta, ennen kuin Open Protocol ohjausjärjestelmä olisi täydessä sarjatuotanto toiminnassa. Työn seuraava vaihe olisi kiristystulosten tallennus Valmet Automotiven Hunter-palvelimelle. Tätä varten täytyisi käyttöjärjestelmään luoda kiristysohjelman kysely-, vastaanotto- ja tallennus toiminto. Kun nämä toiminnot on saatu testattua, voidaan tabletin yhteyteen liittää viivakoodilukija, jolla lukea ajoneuvon tilausnumero. Tällöin järjestelmästä saataisiin automaattisesti toimiva, kun luettu viivakoodi käynnistäisi järjestelmän kyselytoiminnon. Käyttöjärjestelmän viimeistelyvaihe olisi luoda pääsivu, josta asentaja näkisi ajoneuvon tilausnumeron, vääntimellä tehtyjen kiristysten tulokset sekä pystyisi suorittamaan epäonnistuneen kiristyksen kuittauksen. Pääsivun alle tulisi perustaa käyttäjätunnuksen ja salasanan vaativat välilehdet. Välilehdet voisi nimetä kunnossapito, kommunikointi ja manuaali ohjaus. Kunnossapidon välilehti mahdollistaisi vääntimen vaihtoja ja kalibrointiohjelmien käynnistämistä. Kommunikointi sivulla olisi Open Protocol viestintä loki, josta näkisi käskytetyt ja vastaanotetut viestinnät vääntimen, käyttöjärjestelmän sekä palvelimen välillä. Manuaali ohjaus sivuston avulla voitaisiin testata kiristysohjelmia ilman palvelimelle lähetettyjä kyselyjä ja tulosten tallennusta. Näillä toiminnoilla opinnäytetyön kommunikointijärjestelmä voitaisiin toteuttaa sarjatuotanto olosuhteissa.

Lähdeluettelo

Atlas Copco. (n.d.). *ICB-A21-20-10*. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/itba/products/icb-a21-20-10-sku8436002020>

Atlas Copco. (n.d.). *Low Reaction Tools leaflet*. <https://www.atlascopco.com/nl-be/itba/plp/low-reaction-tools>

Atlas Copco. (n.d.). *OPC UA ja sen edut*. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/wiki/compressed-air-articles/opc-ua-and-its-benefits>

Atlas Copco. (n.d.). *Open Protocol*. <https://www.servaid.atlascopco.com/AssertWeb/en-US/AtlasCopco/Document/10268853/DownloadConvertedFileAsPdf>

Atlas Copco. (n.d.). *Power Focus Offering*. <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/industrial-technique/general/documents/brochures-leaflets>

Baeldung. (10.11.2022). *Client vs. Server terminology*. <https://www.baeldung.com/cs/client-vs-server-terminology>

Britannica. (26.9.2023). *Industrial Revolution*. <https://www.britannica.com/money/topic/Industrial-Revolution>

Britannica. (2023). *TCP/IP*. <https://www.britannica.com/technology/TCP-IP>

Britannica. (n.d.). *ASCII communications*. <https://www.britannica.com/topic/ASCII>

Cleco tools. (n.d.). *CellTek Cordless Electric Pistol*. <https://www.clecotools.com/products/product-catalog/celltek-cordless-electric-pistol>

CMU School of Computer Science. (n.d.). *ASCII Table*. <https://www.cs.cmu.edu/~pattis/15-1XX/common/handouts/ascii.html>

Collin, J. & Saarelainen, A. (2016). *Teollinen internet*. Alma Talent.

Epicor. (n.d.). *What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things (IIoT)?* <https://www.epicor.com/en-us/blog/what-is-industry-4-0/>

GE Digital. (31.7.2023). *Introducing DCOM*.

https://www.ge.com/digital/documentation/csense/version2023/DCOM%20Configuration%20Guide/Introducing_DCOM.htm

Mahke, W., Leitner, S.-H. & Damm, M. (2009). *OPC unified architecture*. Springer-Verlag cop.

OPC Foundations. (n.d.). *What is OPC?* <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>

OPC Router. (n.d.). *What is OPC UA? A practical introduction*. <https://www.opc-router.com/what-is-opc-ua/#OPC-UA-Industry>

OPC Router. (n.d.). *What is MQTT? A practical introduction*. <https://www.opc-router.com/what-is-mqtt/>

Parziale, L., Liu, D. W., Matthews, C., Rosselot, N., Davis, C., Forrester, J. & Britt, D. (2006). *TCP/IP tutorial and technical Overview*. IBM Redbooks.

Valmet Automotive Oyj. (n.d.). *Yritys*. <https://www.valmet-automotive.com/fi/yritys/>