

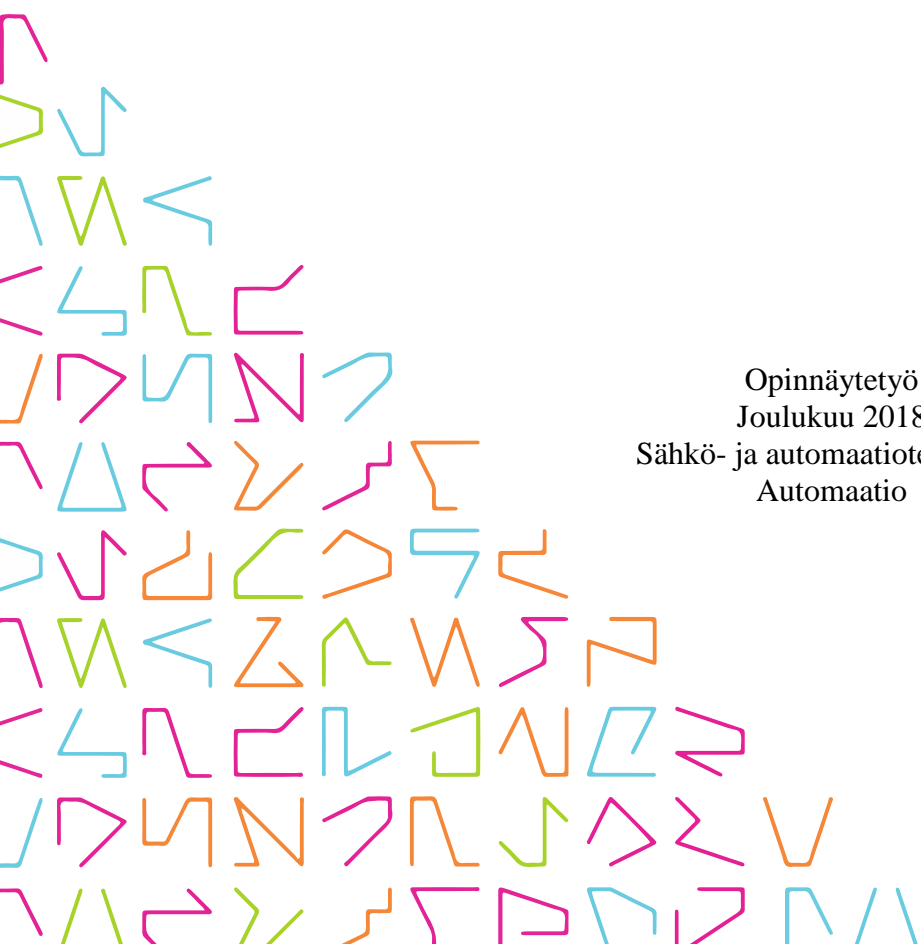


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VÄYLÄ- JA TILA/HÄLYTYSLISTAN SUUNNITTELU

Sabah Palani

Opinnäytetyö
Joulukuu 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

PALANI, SABAH:

Väylä- ja tila/hälytyslistan suunnittelu

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 16 sivua
joulukuu 2018

Tässä opinnäytetyössä käsitellään prosessiautomaation keskeiset asiat, kuten prosessiautomaation rakenne, hajautettu ohjausjärjestelmä (DCS) ja TLJ-järjestelmä. Lisäksi käsitellään viestintä teollisuudessa yleisesti ja kerrotaan COMOS-ohjelmasta, joka on käytössä kohdeyrityksessä.

Erityisesti kerrotaan teollisuudessa käytetyimmistä väyläprotokollista, kuten PROFIBUS ja Modbus. Modbus-protokollasta on esimerkki, miten kyseisellä protokollalla viestintä master- ja slave-laitteen välillä tapahtuu ja mitä erilaisia toimintokoodeja protokolla käyttää. Lopussa tarkastellaan kohdeyrityksessä käytettyä ”väylälistaa”. Tarkastuksen jälkeen, suunnitellaan kaksi erillistä listaa: Signal exchange list ja Status/alarm list. Listat korvaavat vanhan ”väylälistan”.

Asiasanat: Toiminnallinen suunnittelu, väylätekniikka, tila/hälytyslista

ABSTRACT

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

SABAH PALANI:

Bus- and status/alarm list design

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 16 pages
December 2018

This thesis is written in Valmet IE&C department, which is specialized in process automation. The thesis discusses the signal exchange between automation systems such as DCS and SIS. Also, the thesis explains the automation architecture, DCS, SIS, process control system and COMOS-program. Generally, this thesis focuses on industrial communication and the typical industrial bus protocols such as PROFIBUS and Modbus.

In the thesis the old “bus list” is presented and developed to two different lists: Signals exchange list, that is intended for the bus planners and “status/alarm” list, which is for the DCS planner.

Guidance has been made for writing status/alarm signal descriptions in interlocking diagrams to standardize status/alarm signal descriptions in new projects and to help engineers to write the descriptions.

A separate guidance is prepared for making signal exchange lists. In the guidance, the signal exchange list columns have been explained. Moreover, some queries are made for adding signals to the lists.

Key words: functional description, bus technology, status/alarm list

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALMET OYJ	8
3	ERILAISET JÄRJESTELMÄFILOSOFIAT	9
3.1	Tietokantaorientoitunut sovellus.....	9
3.2	Objektiorientoitunut sovellus.....	10
4	COMOS -TIETOKANTA OHJELMA	11
4.1	Yleistä	11
4.2	COMOS -rakenne ja toimintaperiaate	11
5	PROSESSITEOLLISUUDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT	14
5.1	Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä (TLJ)	14
5.2	Prosessiautomaatio.....	14
6	VIESTINTÄ TEOLLISUUDESSA YLEISESTI.....	18
6.1	Väylät teollisuudessa	19
6.2	Modbus	20
6.2.1	Modbus ASCII	22
6.2.2	Modbus RTU.....	23
6.2.3	Modbus TCP/IP.....	24
6.3	PROFIBUS	25
6.3.1	Yleistä	25
6.3.2	PROFIBUS DP (Decentralised Peripherals).....	26
6.3.3	PROFIBUS DP väyläkaapelit	27
6.3.4	PROFIBUS PA	28
7	VÄYLÄ- JA TILS/HÄLYTYSLISTAN SUUNNITTELU	29
7.1	Väylälistan tarkistus.....	29
7.2	Signal Exchange List	31
7.3	Status/alarm List	32
8	Tila/hälytys ohjeet	34
8.1	Tila- ja hälytys ohje	34
8.2	”Tilan” (Status) esitysohje	37
9	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	40
	Liite 1. PROFIBUS PI:n suositeltava kaapeli	44
	Liite 2. Signal exchange list 1 (10).....	45
	1. SIGNAL EXCHANGE LIST 2 (10)	46
	1.1 Developed signal exchange list.....	46
	1.2 Signals to be added to the signal exchange list	49
	Liite 3. Tila/hälytyskuvauksen nykyiset esitystavat. Kuviot otettu erään lukituskaavion samalta sivulta.....	55

Liite 4. Mallikannan kuntoon laittamisessa käytetyt lyhenteet	56
Liite 5. Ohje ”Push-button”- kuvauksien kirjoittamiseen jatkossa	57
Liite 6. Raja-arvon status/alarm-kuvauksien esitys lukituskaaviossa	58

ERITYISSANASTO

BMS	Burner Management System
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer-Aided Design)
COMOS	Tietokantapohjainen suunnitteluohjelma (COMponent Object Server)
DCS	Hajautettu ohjausjärjestelmä (Distributed Control System)
DCS-suunnittelija	Hajautetun ohjausjärjestelmän suunnittelija/automaatiosuunnittelija
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (EnterpriseResource Planning)
EX	Räjähdyksvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevaa lainsäädäntö (ATEX)
IE&C	(Electrical, Instrumentation & Controls)
IP	Internet Protocol
PDM	Tuotetiedon hallinta (Product Data Management)
PI	PROFIBUS and Profinet International
PI-kaavio	Prosessi- ja instrumentointikaavio
PLC	Ohjelmoitavat logiikat (Programable Logic Controller)
PPP	Point to Point Protocol
Status/alarm	Tila/hälytys
Template	Mallipohja
TLJ	Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Valmetin IE&C-osaston käytössä olevaa väylä- ja tila/hälytyslistaa, joka sisältää eri järjestelmien, kuten DCS ja TLJ välillä siirrettävien signaalien tiedot. Väylälista laaditaan väyläsuunnittelijalle järjestelmien välillä käytettävän väylän suunnittelua varten. Teollisuudessa on erilaisia väyläratkaisuja, joista tämä opinnäytetyö rajoittuu suljettuihin väyläprotokolliin ja yleisimpiin avoimiin protokolliin, kuten PROFIBUS ja Modbus.

Tässä opinnäytetyössä, automaatiolaitetoimittajalle suunnitellaan ”status/alarm list”, johon tulostuu lukituskaavioissa esitetyt signaalien tila/hälytyskuvaukset. Jokaisessa uusissa projektissa, tätä listaa (status/alarm list) täytetään ja toimitetaan laitetoimittajalle, jonka perusteella suunnittelevat signaaleista tila/hälytykset. Jotta jatkossa osaston suunnittelijat pystyvät kirjoittamaan helpommin ja laadukkaammin signaaleista tila/hälytyskuvaukset, laaditaan uudet ohjeet kuvauksien kirjoittamiseen lukituskaavioihin. Ohjeiden avulla yhdenmukaistetaan tila/hälytyskuvaukset lukituskaaviossa ja valvomonäytössä. Kuvauksien kirjoittamista varten tehdään parannuksia COMOS-ohjelman tiettyihin objekteihin vaikuttamatta vanhoihin projekteihin. Myös väyläsuunnittelijalle suunnitellaan uusi lista: ”Signal exchnage list”. Listasta laaditaan ohjeet englanniksi, joiden tarkoitus on yhdenmukaista listan suunnittelu Valmetin eri toimipisteillä ympäri maailmassa ja mahdollisesti nopeuttaa listan toimitusta jatkossa laitetoimittajille.

Opinnäytetyön alussa keskitytään COMOS-tietokantaohjelman rakenteeseen sekä aiheeseen liittyviin teorioihin, kuten teollisuusautomaatiojärjestelmät, viestintä teollisuudessa ja erityisesti väyläprotokollat (PROFIBUS ja Modbus). Tämän jälkeen, teorian perusteella suunnitellaan listat (Signal exchnage list ja status/alarm list).

Työn loppuvaiheessa, käytännön osuudessa, parannetaan mallitietokantaa uusien ohjeiden mukaan, jotta jatkossa uusissa projekteissa mallitietokannasta otetut tiedot tulevat valmiina, eikä niitä tarvitse jokaisessa uudessa projektissa erikseen muokata.

2 VALMET OYJ

Valmet Oyj on sellu-, paperi-, energiateollisuuden teknologioiden sekä automaation- ja palveluiden toimittaja- ja kehittäjä. Valmetilla on taustalla yli 200 vuoden teollisuushistoriaa. Nykyinen Valmet muodostui uudestaan joulukuussa 2013, kun sellu, paperi ja voimantuotantoliiketoiminnat irtautuivat Metso Oyj:stä. Silloinen yritys ei juurikaan tehnyt voittoa muutamaan vuoteen ja tarkalleen vuonna 2013 se oli suuresti tappiolla. Lähtien vuodesta 2013, kun Valmet irtautui Metsosta, liikevaihto ja voitto ovat olleet kasvussa. Valmetin liiketoiminta on jaettu neljään liiketoimintalinjaan:

- palvelut
- sellu ja energia
- paperit
- automaatio.

Palveluina Valmet tarjoaa asiakkailleen kunnossapidon ulkoistusta, tehtaiden ja voimalaitosten parannuksia ja varaosia. Valmet tarjoaa teknologiaa sellu-, pehmopaperi-, kartonki- ja paperitehtaille sekä bioenergiaa tuottaville voimalaitoksille. Automaatioratkaisuna Valmetilla on jopa koko tehtaan kattavat "avaimet käteen"- automaatioprojektit. Valmetin erilaiset liiketoiminnat voivat palvella asiakkaita erillään tai kaikki samaa asiakasta riippuen projektien tarpeista.

Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa ja yhtiö on laajentanut ympäri maailmaan. Valmetilla on yhteensä noin 12 000 työntekijää. Vuosi 2017 oli Valmetin paras vuosi lähtien vuodesta 2013, jolloin Valmet irtautui Metsosta. Vuonna 2017 liikevaihto oli 3,159 miljardia euroa ja liikevaihdon kasvu verrattuna vuoteen 2014 oli 28%. Vuosittaisesta taseesta ja tuloslaskelmasta havaitaan, että liikevaihdon rinnalla myös liikevoitto on ollut kasvussa. (Valmet Oy 2018; Valmet Oy 2017. 23-27).

Valmet Technologies Oy on Valmetin tytäryhtiö, jonka toimialat ovat paperi-, paperinjalostus- ja jälkikäsittelykoneisiin ja prosesseihin sekä puukuidun jalostamiseen tarkoitetut koneet ja liiketoiminnan harjoittaminen. Yhtiön rinnakkaistoiminimet ovat Valmet Technologies Ab ja Valmet Technologies, Inc. Yrityksen kieli on suomi ja toimitusjohtajana toimii Pasi Laine. Yhtiön osoite on Keilasatama 5 Espoossa. Henkilöstömäärä vuonna 2015 oli 3742. (Kauppalehti 2015). Tämä opinnäytetyö tehdään Valmet Technologies Oy:n EI&C (Electrical, Instrumentation & Controls) osastolle. Sami Remes on osastopäällikkö ja hän on Valmetin Tampereen lentokentänkadun konttorilla.

3 ERILAISET JÄRJESTELMÄFILOSOFIAT

Projektien dokumentointia tehtiin perinteisellä käsikirjoituksella ainakin 1970-1980-luvulle asti, jolloin siirryttiin ensimmäisiin tietokoneavusteisiin CAD-piirustusohjelmiin eli dokumenttipohjaisiin sovelluksiin. Ensimmäiset kaupalliset CAD-piirustusohjelmaan soveltuvat tietokoneet ja ohjelmistot tulivat markkinoille jo vuoden 1960 alkupuolella, mutta teollisuudessa niiden käyttö yleistyi vasta 1980-luvulla. (Wikipedia-Tietokoneavusteinen suunnittelu 2018)

CAD-ohjelmassa on valmiit symbolit prosessin eri tarpeisiin, joilla pystytään toteuttamaan piiri- ja PI-kaaviot. Dokumenttipohjaisella ratkaisulla kaaviot kuitenkin joudutaan kokoamaan yksittäisistä symboleista, mikä hidastaa työtä. (Loukola, J. 2005. 51). Sovellusratkaisu korvasi perinteistä käsin piirtämistä, nopeuttaisi työtä ja parantaisi dokumentointia, mutta sovellus ei ole sopiva suuriin projekteihin, vaikka useissa yrityksissä se on käytössä. Sovelluksella ns. massa-ajo, mikä on tyypillistä työntekotekniikkaa nykypäivänä, on hyvin rajoitettu. Lisäksi piirrettyihin kaavioihin muutokset voi tehdä ainoastaan käsin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, mikäli vanhoista projekteista otetaan mallia, vanhan projektin virheet siirtyvät myös uusiin projekteihin. (Nissinen 2017, 15–16)

3.1 Tietokantaorientoitunut sovellus

Tietokantaan perustuvalla menetelmällä pystytään tallentamaan koneesta tai laitteesta aakkosnumeerista tietoa PDM:ien eli graafisten esitysten tueksi. Menetelmä on hyvin yleinen nykypäivänä. Ratkaisu mahdollistaa monen käyttäjän tiedon tallentamista yhtäaikaisesti, mikä nopeuttaa työntekoa huomattavasti. Ratkaisulla dokumentteja voidaan ajaa tietokannasta ja sitä myöten nopeuttaa suunnittelutyötä. Ratkaisulla on kuitenkin omat heikkoutensa, muun muassa se on vain yksisuuntainen. Tietokantaan tehdyt muutokset eivät vaikuta valmiisiin dokumentteihin ja dokumentteihin tehdyt muutokset eivät päivity reaaliaikaisesti kaikille osapuolille, mikä muutosta tehtäessä dokumentteihin aiheuttaa helposti ristiriitaista tietoa. (Loukola 2005, 51).

3.2 Objektioitoitunut sovellus

Objektioitoitunut sovellus on ohjelmointikieli, joka koostuu luokasta ja objektista. Objektioitoituneessa ratkaisussa jokaisella rakenteen osalla on oma itsenäinen objekti ja ne on loogisesti liitetty toisiinsa. Jokainen objekti sisältää siihen osaan liittyvät tiedot, joita kutsutaan attribuuteiksi. Objekti-idea perustuu reaalimaailmaan. Idean lähtökohta on ollut yhdenmukainen ja sovellettava kuvaus todellisesta laitteesta, kuten painemittarista, lämpötilamittarista jne. Objektin skriptin avulla käyttäjä määrittää itse objektin sisältämät tiedot. Lisäksi objektiin voidaan liittää eri kaavioihin soveltuva kuvaus laitteesta tai komponentista. Objektioitoituneen sovelluksen huomattava etu on kuitenkin se, että tiedonkulku on kaksisuuntaista. Kaikki muutokset päivittyvät projektitietokantaan reaaliaikaisesti. Tällöin muutokset päivittyvät reaaliajalla kaikkialle ja näin vältetään ristiriitaisen tiedon syntymistä. Ratkaisu mahdollistaa objektien välillä navigoinnin, jolla käyttäjä voi helposti liikkua objektien ja kaavioiden välillä. Tästä on suuri apu suunnittelussa, tietojen haussa ja vian etsinnässä. (Loukola 2005, 51–52).

4 COMOS -TIETOKANTAOHJELMA

Kohdeyrityksessä pääsuunnitteluohjelma on COMOS. Kaikki kaaviot ja listat suunnitellaan tällä ohjelmalla; tästä johtuen on tarpeellista kertoa yleisesti ohjelmasta. Tässä kapaleessa kerrotaan COMOS-tietokantaohjelmasta yleisesti.

4.1 Yleistä

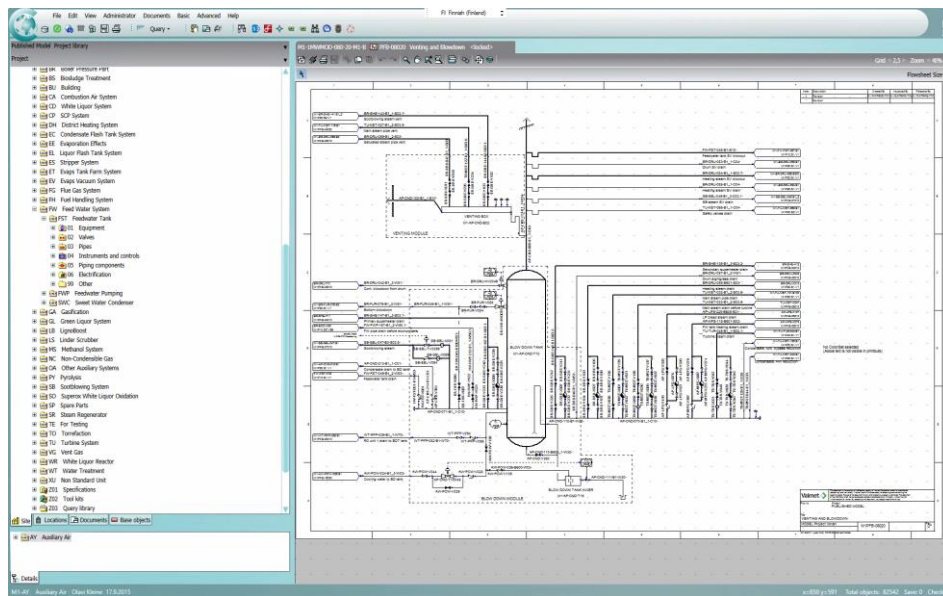
COMOS (COMponent Object Server) on Siemensin objektipohjainen suunnitteluohjelma, joka pohjautuu Visual Basic-ohjelmointikieleen. Comos-ratkaisuja on neljä: COMOS Lifecycle, COMOS process, COMOS Automation, COMOS Operation (Siemens. N.d.). Keskitymme COMOS Automation ratkaisuun, joka on käytössä kohdeyrityksessä ja jota käytetään tässä opinnäytetyössä. Saksalainen GmbH yhtiö kehitti ensimmäisen objektipohjaisen ratkaisunsa vuonna 1991. Alun perin nimi oli COMOS[®] PT. Ensimmäinen COMOS[®] PT versio tuli markkinoille vuonna 1996. (Wikipedia-COMOS 2018). Vuonna 2008 Siemens osti GmbH yhtiön. Tämän jälkeen on tullut monta päivitettyä versiota ohjelmasta, joista nykyinen versio on COMOS 10.1, joka on käytössä kohdeyrityksessä.

4.2 COMOS -rakenne ja toimintaperiaate

Comoksen rakenne on moduulirakenteinen, eli järjestelmälle on rakennettu tuotemallipuu, joka jakautuu osajärjestelmiin ja osajärjestelmät pienempiin yksikköihin/objekteihin ja nämä taas pienempiin objekteihin jne. Comoksella on kattavat työkaluvalikoima lukitus-, säätö-, sekvenssi- ja PI-kaavioiden piirtämiseen. PI-kaaviot yleensä pohjautuvat muihin kaavioihin (Loukola 2005, 46–47.) Kohdeyritys on kehittänyt mallitietokantaa, jossa on eri kattilatyypeille valmiit dokumentit, kuten kaaviot, järjestelmät, osajärjestelmät, objektit jne. Uusissa projekteissa kohdeyritys ottaa mallitietokannasta projektimallin. Projektimallin standarditaulut ja templatien voi ottaa joko paikallisena tai suorassa yhteydessä mallitietokantaan. Mikäli projekti on luotu paikallisena projektina, mallitietokannan standarditaulujen ja templatien muutokset eivät enää vaikuta projektiin. Mikäli

projekti ei ole otettu paikallisena, mallitietokannan standarditaulujen ja templatien muutokset päivittyvät projektiin reaaliaikaisesti. Yleensä projektit otetaan paikallisena silloin, kun halutaan esittää symbolit eri tavalla kuin mallikannan symbolit.

Ohjelman vasemmassa reunassa on projektin moduulit ja oikeassa reunassa avautuu objektien ominaisuudet (Properties) tai kaaviot kuvan 1 mukaisesti. Mikäli käyttäjällä on käytössä kaksi näyttöä, ohjelmalla on mahdollista avata myös toinen ikkuna, joka helpottaa suunnittelua.



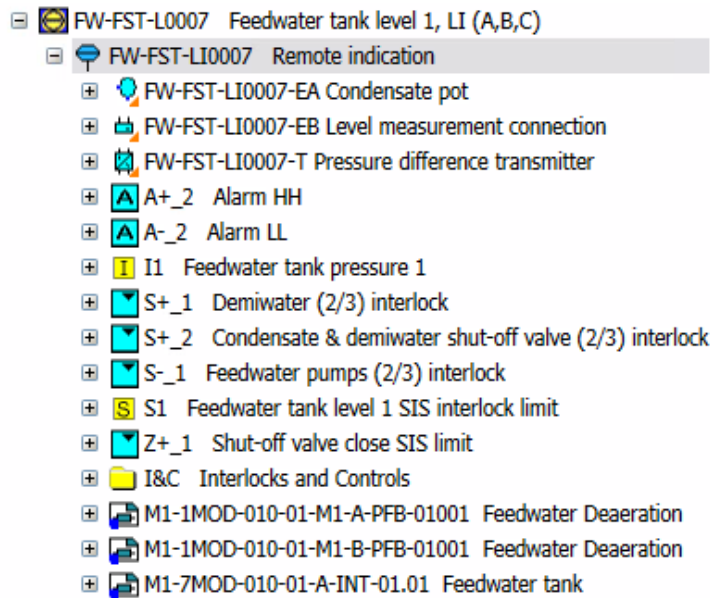
KUVA 1. Comoksen päänäkymä

Comoksessa jokainen osa pohjautuu base-objektiin. Base-objektin properties-ikkunassa on objektiin liittyvät kaikki tarvittavat tiedot, kuten tekniset tiedot, objektin tiedot jne. (kuva 2). Base-objektin attribuutit määritellään skriptin avulla, joka pohjautuu ”Visual Basic” ohjelmointikieleen. Tarvittaessa käyttäjä itse voi määrittellä projektikohtaisesti tarpeelliset attribuutit, joihin voi syöttää ko. laitteen tai instrumentin tekniset tiedot jne.

Name	L1	Label																					
Description	Remote indication	Folder	<input type="checkbox"/>																				
<table border="1"> <tr> <th>General</th> <th>Attributes</th> <th>Elements</th> <th>Connectors</th> <th>Status</th> </tr> <tr> <td>Responsibility matrix</td> <td>Delivery data</td> <td>Label calculation</td> <td>Object info</td> <td>Function data measuring point</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Customer specified data</td> <td>AutoCAD Blocks</td> <td>Editing interconnecting diagrams</td> <td>Additional Import data</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Product Data</td> <td colspan="2">Presentation</td> <td></td> </tr> </table>				General	Attributes	Elements	Connectors	Status	Responsibility matrix	Delivery data	Label calculation	Object info	Function data measuring point		Customer specified data	AutoCAD Blocks	Editing interconnecting diagrams	Additional Import data		Product Data	Presentation		
General	Attributes	Elements	Connectors	Status																			
Responsibility matrix	Delivery data	Label calculation	Object info	Function data measuring point																			
	Customer specified data	AutoCAD Blocks	Editing interconnecting diagrams	Additional Import data																			
	Product Data	Presentation																					
Group 1 process																							
Measurement function	L Level	Control System	SIS																				
Measured variable	Level	Status																					
Output and handling	Primary location																						
Process web	Shared display / control																						
Num of process connectors	1																						
SW template																							
Display scale	0.0 100.0 %																						
Additional Note	Hook Up	ALB3	<input type="checkbox"/>																				
Display name	SIS Principle	QIA	<input type="checkbox"/>																				
- Display name is given by DCS supplier																							
Safety integrity level (SIL)																							
IEC/EN 61508 SIL Level																							
Value will inherit to instruments																							

KUVA 2. Pinnanmittaus objektin properties-ikkuna Comoksessa

Instrument and controls piirissä, jokaiselle instrumentille tai säätimelle löytyy itsenäinen puurakenne, jonka alla on siihen liittyvät objektit. Kuvassa 3 on syöttövesisäiliön erään pinnankorkeusmittauksen objektit, jotka koostuvat anturista, lähettimestä, hälytysrajoista jne. Rakenteessa on viittaukset kaavioihin, joissa ko. mittaus on käytössä. Lisäksi jokaisen objektin alla on viittaus kaavioon, jossa objektia on käytetty. Näin navigointi kaavioiden välillä on helppoa.



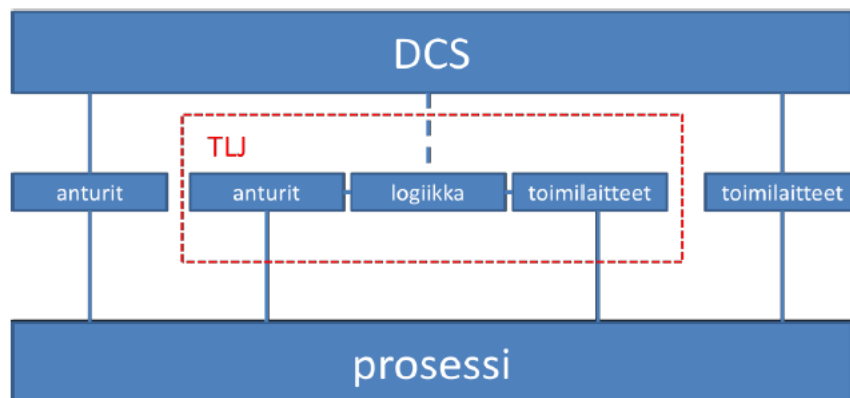
KUVA 3. Erään pinnankorkeusmittauksen objektit Comos-ohjelmassa

Projekteissa käytettävien objektien määrät ovat suuria ja niiden nimeämiseen on mahdollista käyttää periytymistekniikkaa. Ns. omistajalle annetaan standardimukainen nimi ja sen alla olevat objektit perivät nimensä siltä. Tällöin virheiden muodostumisen riski on pienempi ja työnteko nopeampaa.

5 PROSESSITEOLLISUUDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

5.1 Turvallisuuden liittyvä järjestelmä (TLJ)

”TLJ on suojausjärjestelmä, joka keskeyttää prosessin tai ohjaa sen turvalliseen tilaan prosessin ajautuessa vaaralliseen tilaan. TLJ käsittää koko suojausketjun anturit-logiikka-toimilaitteet, ja toimii itsenäisesti erillään pääautomaatio- ja muista järjestelmistä. Sen toiminta testataan määrääjoin. Muutamissa automaatiojärjestelmissä turvajärjestelmät muodostuvat turvallisuuskäyttöön sertifioiduista automaatiojärjestelmän komponenteista, jotka voidaan sijoittaa automaatiojärjestelmän kaappeihin muun elektroniikan joukkoon.” (Oamk N.d, 72.) Kuvassa 4 on havainnollistettu TLJ-järjestelmä automaatiojärjestelmän rakenteessa.



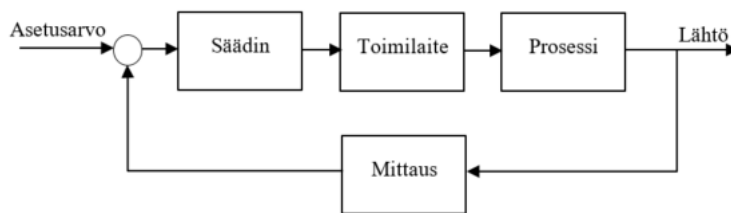
KUVA 4 TLJ automaatiojärjestelmän rakenteessa (Oamk N.d, 72.)

5.2 Prosessiautomaatio

On olemassa erilaisia automaatiojärjestelmiä erilaisiin tarpeisiin, kuten tehdasautomaatio (Factory Automation), prosessiautomaatio (Process Automation) jne. Tehdasautomaatiossa käytetään digitaalista ON/OFF-signaalia. Tyypillisiä esimerkkejä ovat autotehtaat, joissa signaalit ovat joko päällä tai pois päältä. Tähän tarkoitukseen 1970-luvulla markkinoille tulivat ensimmäiset ohjelmoitavat logiikat (PLC), jotka anturilta saadun digitaalisen signaalin perusteella antoivat digitaalisen ohjauksen. Nykyään PLC:t ovat kehittyneempiä ja kykenevät käsittelemään myös analogisia signaaleja. (Library.automation direct. N.d; Segovia & Theorim 2013, 2–3).

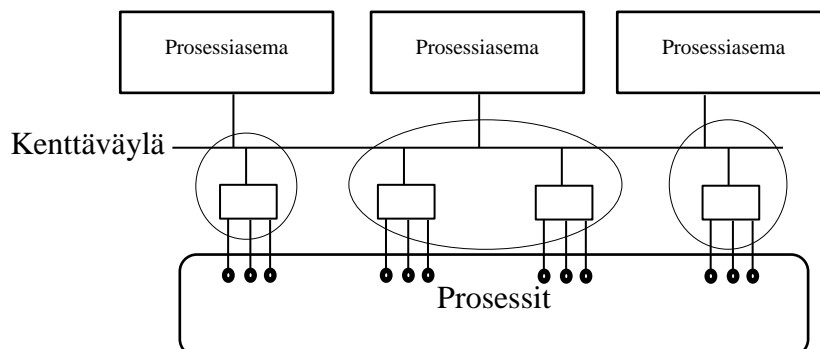
Toisin kuin tehdasautomaatiossa, prosessiautomaatiossa signaalit ovat yleensä analogisia. Prosessista riipuen on käytetty eri säätöpiiriä prosessin säätöä varten. Yksittäisen suljetun säätöpiirin malli on havainnollistettu Kuviossa 1. Säädin saa lähettimestä prosessin mittausviestiä ja vertaa sitä asetusrvoon, jonka perusteella se muodostaa analogisen ohjausviestin toimilaitteelle. Tyypillisesti prosessin säätöä varten tarvitaan seuraavat osat:

- Kenttäinstrumentit: lämpötila-, virtaus-, painemittarit jne.
- Toimilaitteet: venttiilit, vaimentimet jne.
- Säädin
- PID-silmukka: matemaattiset yhtälöt, joilla säädin laskee ohjausarvoa



KUVIO 1. Takaisinkytketyn säätöpiirin malli

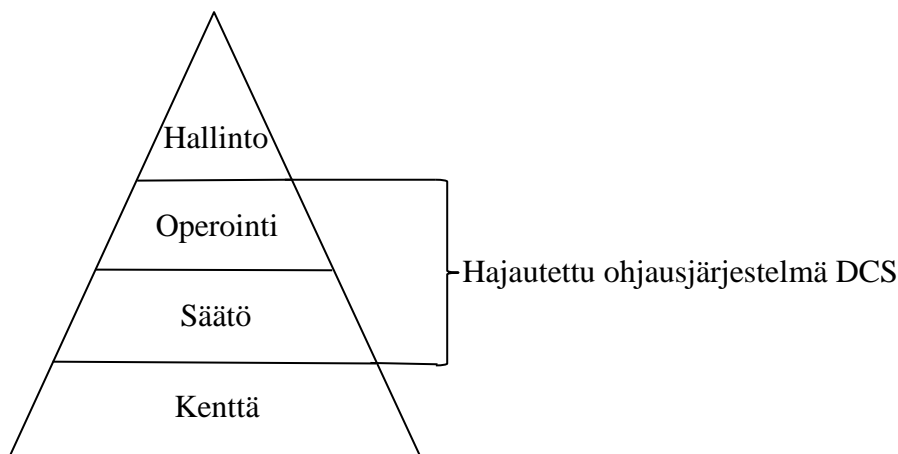
Esimerkkinä voidaan ajatella voimalaitosta, jossa on useita prosesseja ja jokaisen prosessin säätöä varten tarvitaan useita kenttäinstrumentteja, toimilaitteita ja PID-silmukoita. Lisäksi prosessit ovat riippuvaisia toisistaan eli säätimien välillä on oltava suorayhteys. Tällaisia prosesseja ei ole loogista toteuttaa keskitetyllä ohjausjärjestelmällä, sillä keskusyksikön vikaantuessa, kaatuu koko järjestelmä. Ei ole myöskään loogista toteuttaa yksittäisillä säätimillä, sillä satojen säätimien hallinta on mahdoton. Tähän sovellukseen on olemassa hajautettu ohjausjärjestelmä (DCS), jossa yksittäisen säätimen sijan on käytetty tehokkaita prosessiasemia. Jokaisen prosessiaseman hallinnassa on monen pisteen säätöä prosessista (kuvio 2). (Electrical Technology N.d; Wshington University in St.Louis 2009).



KUVIO 2. Prosessiautomaation hajautettu ohjausjärjestelmä

”Hajautetun automaatiojärjestelmän prosessiasemat kykenevät hoitamaan mittaustiedon käsittelyn, ohjausten laskennan ja ohjausten tekemisen paikan päällä. Tällöin ei tarvitse lähettää mittaustietoja jollekin keskustietokoneelle laskentaa varten ja sitten palauttaa ohjausarvoja. Tästä seuraa, että järjestelmä voidaan rakentaa prosessilayoutin mukaan.” (ABB:n TTT-käsikirja N.d, 1). Varmuuden ja turvallisuuden vuoksi yleensä prosessiasemat ovat kahdennettuja.

Suurissa prosessiautomaatioprojekteissa, kuten voimalaitokset, automaatiojärjestelmät hajautetaan eri tasoihin, minkä ansiosta järjestelmän hallinta on helpompaa, eikä yhden järjestelmän vikaantuminen välttämättä kaada koko järjestelmää. Prosessiautomaation rakenteessa ”DCS” koostuu säätö- ja valvomotasoista. Kuviossa 3 on havainnollistettu tyypillisen prosessiautomaation arkkitehtuuri. (Automation forum 2017).



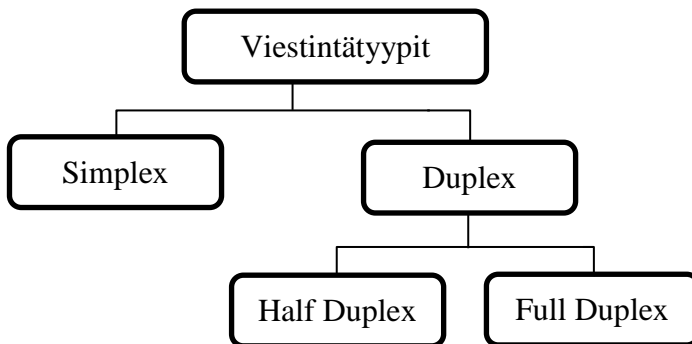
KUVIO 3. Prosessiautomaation arkkitehtuuri

- **Kenttätaso:** Tässä tasossa on kenttäinstrumentit, toimilaitteet jne. Datan koko tässä tasossa on pieni, mutta myös vasteaika täytyy olla lyhyt, millisekunteja. Kenttätaso on yhteydessä ylempään tasoon, eli säätötasoon tyypillisesti kahdella tavalla, perinteisellä I/O-liitynnällä tai kenttäväylän kautta. I/O-liityntä nostaa kaapeloinnin määrä ja sitä myöten myös kustannuksia. Kenttäväylällä vähennetään kaapelien määrä ja sitä myöten myös kustannukset ovat pienempiä.
- **Sääto:** DCS-järjestelmän elementti, joka on kenttätason yläpuolella, jossa on prosessiasemat. Prosessiasemat ovat yhteydessä sekä keskenään että ylempään tasoon, eli valvomoon, väylän kautta. Datan koko tässä tasossa lasketaan tavuissa, ja vasteaika täytyy olla vähemmän kuin sekunti.

- Operointiasema: DCS-järjestelmän elementti, jolla operaattorit seuraavat valvomonäyttöistä prosessien tiloja. Datan koko tässä tasossa on suurempi kuin em.-tasoissa ja vasteaika täytyy olla sekunneissa.
- ERP: Tämä on hallintotaso, jossa tiedon koko on suuri, mutta myös vasteaika saa olla pidempi kuin em. tasoissa.

6 VIESTINTÄ TEOLLISUUDESSA YLEISESTI

Kuten ihmisten keskuudessa, myös teollisuudessa kommunikaatio on tärkeää. Mittauksien lukemista ja laitteiden ohjausta varten tarvitaan kommunikaatiota laitteiden välillä, jotta saadaan prosessit ohjattua haluttuun tilaan. Kommunikaatio on jaettu kolmeen eri tyyppiin: Simplex, Half Duplex ja Full Duplex. Kuviossa 4 havainnollistetaan kommunikaatiotyypit. (Orenda 2016)



KUVIO 4. Viestintätyypit

Simplex-kommunikaatiossa viestintä tapahtuu yksisuuntaisesti, eli lähettäjä ja vastaanottaja eivät pysty vaihtamaan rooleja. Tyypillinen esimerkki on televisio ja kaukosäädin, kaukosäädin lähettää ohjausta ja televisio vastaanottaa sitä. Toinen havainnollinen esimerkki on lähettimet ja logiikkakortit; mittarien lähettimet lähettävät mittausviestiä ja logiikkakortit vastaanottavat mittausviestiä. Lähetin ei vastaanota logiikkakortista viestiä, eli tiedonkulku on yksisuuntainen.

Toinen kommunikaatiotyyppi on Duplex, jossa lähettäjä voi myös vastaanottaa viestiä. Duplex jakautuu kahteen eri tyyppiin: Half Duplex ja Full Duplex. Half Duplex-tyypissä lähettäjä ei pysty samanaikaisesti vastaanottamaan viestiä. Tyypillinen esimerkki tästä on radiopuhelimet. Full Duplex-tyypissä lähettäjä voi vastaanottaa viestiä samanaikaisesti, esimerkiksi puhelin.

6.1 Väylät teollisuudessa

Prosessiautomaatiojärjestelmässä on erilaisia tasoja (kuvio 3) ja tasot ovat liitetty toisiinsa erilaisilla väyläprotokollilla, joista on saatu huomattavia etuja, joiden tärkeimmät ovat seuraavat:

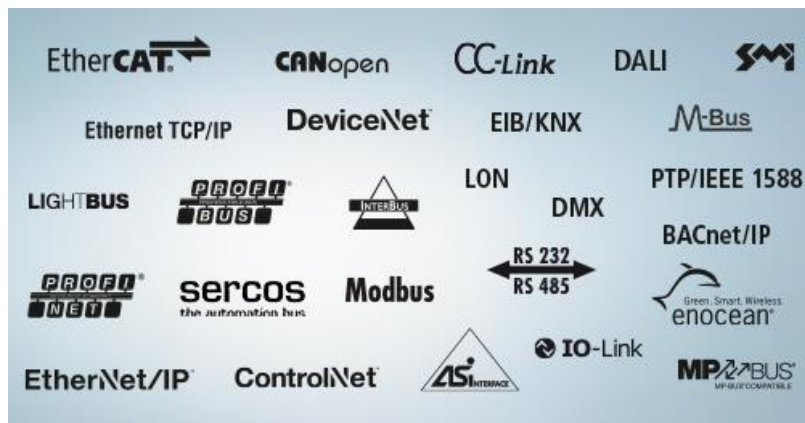
- Kaapeloinnin määrä vähentyy suuresti, etenkin pitkillä etäisyyksillä, mikä puolestaan vaikuttaa suoraan kustannukseen
- Vian diagnosointi on helppoa
- Mikäli on käytössä avoin väylä, voi yhdistää useiden eri valmistajien laitteita
- Prosessin seuranta on helpompaa (University of Pittsburg N.d, 1–2.)

Väyläratkaisuja on kaksi:

- suljettu väylä
- avoin väylä

Suljettu väylä on valmistajakohtainen väylä, joka palvelee ainoastaan valmistajan automaatiolaitteita. Suljettu väyläratkaisu voi lisätä koulutustarvetta esimerkiksi väylän suunnittelussa, ja usein laitteet on tilattava samalta valmistajalta, sillä muiden valmistajien laitteet eivät välttämättä ole yhteensopivia suljetussa väyläratkaisussa. Kuitenkin on tapauksia, joissa yhteistyötä tekevät eri laitevalmistajat sopivat suljetusta väyläratkaisusta, esimerkiksi Valmet DNA ja HIMatrix. Valmet DNA toimittaa DCS-laitteet ja HIMatrix toimittaa TLJ-laitteet. Järjestelmien välillä käyttävät Himatrix:n suljettuja väyläprotokollaa ”SAFE EDR”. Laitevalmistajat käyttävät suljettua väyläratkaisua välttämään joko avoimien väyläprotokollien lisenssimaksua tai niiden rajoitteita.

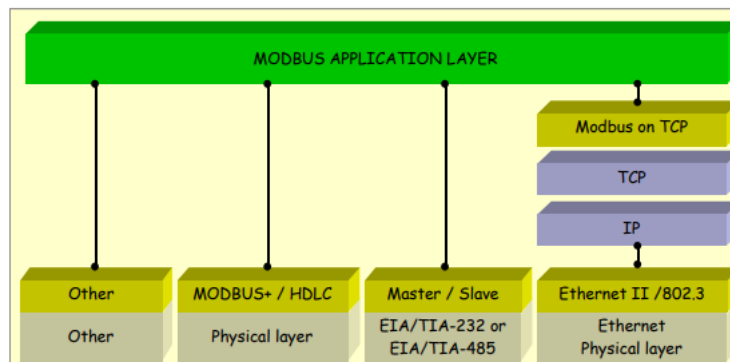
Avoin väylä on väyläratkaisustandardi, joka palvelee eri valmistajien laitteita. Valmistajien laitteet, jotka käyttävät samaa väylästandardia, ovat yhteensopivia. Tyypillisesti prosessiautomaatiojärjestelmässä on käytössä avoin väyläprotokolla. (Bernard Controls N.d). Kuvassa 5 on esitetty lista väyläprotokollista, joista Modbus ja PROFIBUS ovat eniten käytettyjä teollisuudessa.



KUVA 5. Teollisuudessa käytetyt väyläprotokollat (Beckhoff 2018)

6.2 Modbus

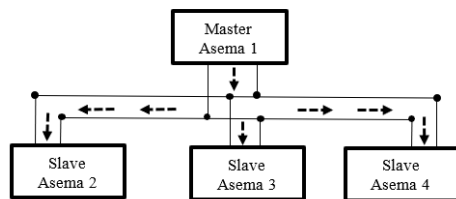
Modbus on Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneväylä. Alussa sen oli tarkoitus olla suljettu väyläratkaisu ainoastaan Modiconin ohjelmoitavia logiikkoja (PLC) varten, mutta myöhemmin, kun Modicon virallisesti julkaisi protokollansa, ilmoitti se väylän olevan avointa väyläprotokollaa. (History of the Modbus Protocol N.d). Modbusin perusversiossa on käytetty OSI-mallista kerroksia 1, 2 ja 7. Kuvassa 6 on havainnollistettu Modbusin eri mallissa käytetyt OSI-kerrokset.



KUVA 6. Modbusin käyttö OSI-kerrkoksista (Modbus. 2012, 2)

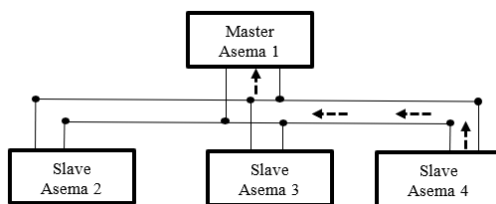
Modbus on master/slave protokolla ja tyypillisesti väylän hallinta on kokonaan master-laitteella. Jokaisella slave-laitteella on yksilöllinen numero, joka voi olla väliltä 1-247, tai slave-laitteella on IP-osoite, mikäli se on Modbus TCP/IP. (What is Modbus 2017). Protokollalla viestintä master- ja slave-laitteiden välillä voi tapahtua kahdella tavalla: Unicast tai Broadcast. (National Instruments 2014).

- Unicast: Master-laite kutsuu väylään yksilöllisellä numerolla slave-laitetta, joka voi olla ohjelmoitava logiikka, muuntaja jne. Yhteyskutsu käy myös muut slave-laitteet läpi, mutta vain kutsuttu slave-laite vastaa ja näin yhteys muodostuu ai-noastaan master-laitteen ja halutun slave-laitteen välille. Kun yhteys on muodos-tettu, master-laite käskee slave-laitetta toimintokoodilla (function code) pyytä-määnsä toimintaan ja slave-laite vastaa pyyntöön. Kun slave-laite lähettää ke-kyksen, master-laite tarkastaa saapuneen kehyksen varmistaen, että kehys on oi-kealta slave-laitteelta ja ettei kehys sisällä virheitä. Mikäli kehys on lähetetty väärältä slave-laitteelta tai sisältää virheitä, master-laite odottaa oikeaa kehystä rajoitetun ajan. Jos rajoitetun ajan kuluessa oikea kehys ei saavu master-lait-teelle, muodostuu virhesignaali, tällöin master-laite yrittää uudelleen muodostaa yhteyttä oikean slave-laitteen kanssa. Kuviossa 5 ja 6 havainnollistetaan vies-tintä master- ja slave-laitteiden välillä ”unicast”-tavalla.



KUVIO 5. Master-laite kutsuu slave-laite väylään

Kuviossa 5 oletetaan, että kutsuttu slave-laite on asema 4, jonka yksilöllinen numero on 4. Slave-laitteen numerolla master-laite kutsuu slave-laitetta ja kuvion 6 mukaisesti slave-laite vastaa pyyntöön.



KUVIO 6. Slave-laite 4 vastaa pyyntöön

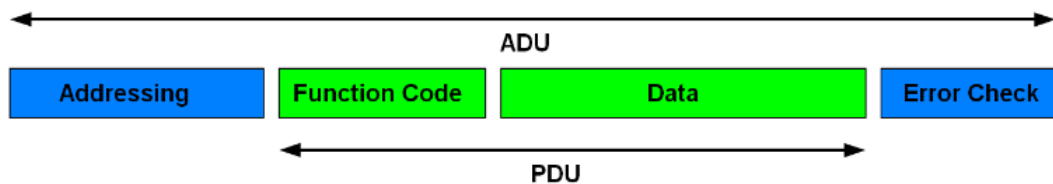
- Broadcast: Broadcastyhteydellä master-laite kutsuu kaikki slave-laitteet väylään ja vaihtaa dataa niiden kanssa (kirjoittaa tai lukee) yhtä aikaa. Jotta voidaan käyttää broadcastyhteyttä, on otettava huomioon datan maksimi koko Modbus RTU-pro-tokollassa (244 tavua). Esim. prosessiautomaatiossa on binäärisiä ja analogisia signaaleja. Binäärinen signaali varaa yksi bitti, tällöin väylään voi liittää 1 952

binääristä signaalia ($244 \cdot 8 = 1\,952$). Analogiset signaalit ovat usein liukulukuja, eli varaavat 4 tavua; tässä tapauksessa väylään voi liittää maksimissaan 61 signaalia. Tästä johtuen, jokaisen väylään liitettävän signaalin datan kokoa on laskettava yhteen, yhteensä signaalien datojen koot eivät saa ylittää 244 tavua, mikäli halutaan käyttää broadcast yhteyttä tällä protokollalla.

Modbus protokollaa on kolmea mallia;

- Modbus ASCII
- Modbus RTU
- Modbus TCP/IP.

Protokollan yleisen sanomakehyksen rakenne on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Modbus protokollan yleisen sanomakehyksen rakenne (Witthoeft_2013).

6.2.1 Modbus ASCII

Modbus ASCII on tekstipohjainen ja ihmisen ymmärrettävässä muodossa oleva ensimmäinen Modbus väyläprotokolla. Mikäli yhteys on pisteestä pisteeseen (PPP), on mahdollista käyttää RS-232 protokollaa, mutta yleisesti on käytössä RS-485 protokolla, joka mahdollistaa monta slave-laitetta väylässä. Protokollassa on ainoastaan yksi master-laite, johon voi liittyä 247 slave-laitetta, ja kehyksen maksimikoko on 256 tavua. Johtuen siitä, että Modbus ASCII koostuu merkeistä ja numeroista, viesti on luettavampi ja sitä myöten myös viestissä on vähemmän virheitä kuin Modbus RTU:ssa, joka on binäärinen. (MBS AG. 2012. 4). Modbus ASCII-kehys havainnollistetaan kuvassa 8.

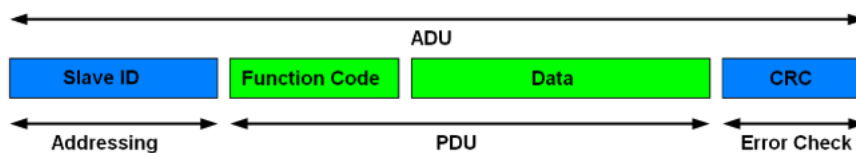
Start	Address	Function	Data	LR-Check	End
1 Char. (:)	2 Char.	2 Char.	0..2*252 Char.	2 Char.	2 Char. (CR+LF)

KUVA 8. Modbus ASCII sanomakehys (MBS AG 2012, 4).

Kehyksessä ensimmäinen kenttä on odotusaika, ja osoitekentällä on slave-laitteen yksilöllinen numero. Toimintokentällä on halutun käskyn koodi, jonka master-laite haluaa slave-laitteelta. Tarkistussumman tarkoitus on pyrkiä havaitsemaan tiedonsiirron aikana erilaisten häiriöiden vaikutuksesta aiheutuneet bittivirheet siirrettävään kehykseen.

6.2.2 Modbus RTU

Modbus RTU on binääripohjainen master/slave väyläprotokolla. Kehyksen maksimi koko on 256 tavua ja fyysisellä kerroksella protokolla käyttää RS-232 tai RS-485 tekniikkaa. (Modbus 2012, 5) Kuvassa 9 havainnollistetaan Modbus RTU sanomakehystä.



KUVA 9. Modbus RTU sanomakehys (Witthoef 2013)

Kuten edellisessä mallissa, myös tässä mallissa Slave ID-kentällä on slave-laitteen yksilöllinen numero, jolla master-laite kutsuu slave-laitetta. ”Function code” koostuu eri toimintokoodista, joilla master-laite pyytää toimintoja slave-laitteelta. Tyypilliset toimintokoodit on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Modbus protokollan yleisemmät toimintokoodit

Toimintokoodi	Toiminto	Nimi	Rekisterinumero
01	Read	Discrete Output Coils	1-9999
02	Read	Discrete Input Contacts	10001-19999
04	Read	Analog Input Registers	30001-39999
03	Read	Analog Output Holding Registers	40001-49999

Esimerkiksi master-laite haluaa lukea slave-laitteen numero 15 digitaaliset tulot välillä 40–60, eli 21 binäärisignaalia. Digitaaliset tulot ovat slave-laitteen 15 muistissa välillä 10001–19999 (taulukko 1, rivi 3, sarake 4). Master-laite käskää slave-laitetta numero 15, toimintokoodilla ”02” (taulukko 1, rivi 3, sarake 1), eli ”Discrete Input Contacts” seuraavasti:

- Slave-laite: F (decimal 15 = F hex)

- Toimintokoodi: 02 (Lue tulot)
- Ensimmäinen osoite: 27 (27 hex = 39 desimaali + 10001 = 10040)
- Signaalit yhteensä: 15 (15 hex = 21 desimaali + 10040 = 10060)
- CRC: BAA9 (Tarkistuskoodi)

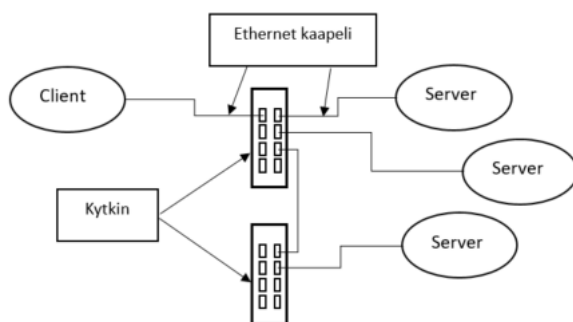
Master-laite lähettää koodit seuraavasti: F 02 0027 0015 BAA9

Slave-laite vastaa seuraavasti:

- Slave Address: F
- Toimintokoodi: 02
- 10040-10047 = 8 Bittiä: AC hex (1010 1100) /Väliltä 40-47
- 10048-10055 = 8 Bittiä: DB hex (1101 10011) /Väliltä 48-55
- 10056-10060 = 5 Bittiä: 15 hex (0001 01 01) /Slave-laite lähettää 8 bittiä kerralla, vaikka jäljellä jää vain 5 Bittiä. (SimplyModbus. Modbus RTU/ASCII N.d).

6.2.3 Modbus TCP/IP

Modbus TCP/IP on yleisesti Modbus RTU protokollaa vastaava protokollaa, joka tiedon siirtovälineenä fyysisellä kerroksella käyttää Ethernet-protokollaa. Protokollalla viestintä laitteiden välillä tapahtuu Ethernet verkkokaapelin kautta sarjakaapelin sijaan, mikä on käytössä muissa Modbus-protokollissa. Master/slave-termien sijaan Modbus TCP/IP käyttää termejä client/server. Sanomakehyksen koko on 260 tavua (RTU=256). Server-laitteella on IP-osoite ja väylään voi liittyä enemmänkin kuin vain yksi client. (Modbus TCP/IP 2017). Kuviossa 7 havainnollistetaan viestintä protokollalla.



KUVIO 7. TCP/IP viestintä

Protokollan tyypilliset käyttökohteet ovat valvomot ja ohjaukset, mutta jonkun verran sitä käytetään myös tietokoneiden, ohjelmoitavien logiikkojen ja I/O-korttien liittämiseen toisiinsa. OSI-mallista protokolla käyttää kerrokset 1, 2, 3, 4 ja 7. Riippuen server-laitteesta, client-laite voi lähettää 1-16 viestiä server-laitteelle odottamatta vastausta. Server-laite

voi olla yhteydessä moneen client-laitteeseen yhtä aikaa, toisin kuin muut Modbus master/slave-protokollat, joissa viestintä on ainoastaan yhden master-laitteen ja yhden slave-laitteen välillä.

6.3 PROFIBUS

6.3.1 Yleistä

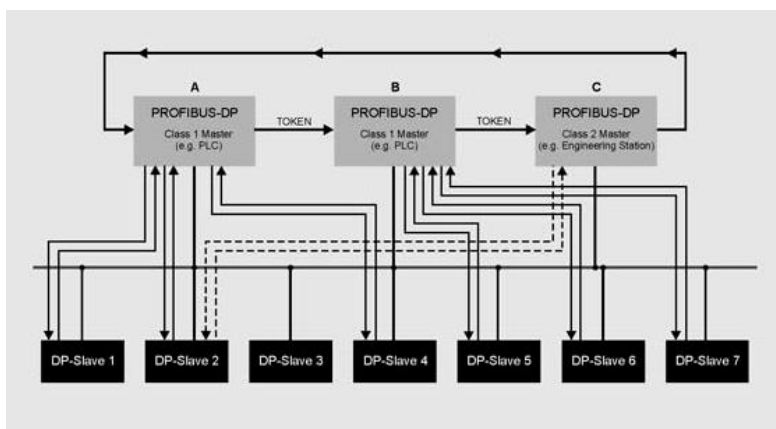
Vuonna 1987 yli 20 saksalaista yhtiötä ja organisaatiota, joista yksi oli Siemens, kokoon-
tuivat luomaan verkkostandardin kenttätasolla. Tarkoituksena oli luoda avoin verkko,
joka tukisi ohjelmoitavia logiikkoja ja hajautettuja ohjausjärjestelmiä (DCS). Kolmen
vuoden jälkeen vuonna 1990, yhtiöt julkaisivat ensimmäisen väylästandardin, PRO-
FIBUS FMS:n. Vuonna 1993 he kehittivät PROFIBUS DP:n, josta on tullut 3 versiota:
DP-V0, DP-V1 ja DP-V2. Näiden lisäksi vuonna 1995 yhtiöt julkaisivat PROFIBUS
PA:n, mikä on kehitetty ja ATEX-hyväksytty versio PROFIBUS DP:sta. Vuodesta 1995
PROFIBUS on ollut PI-organisaation hallinnassa, johon kuuluu yli 1400 yhtiötä ympäri
maalima. Automaatiosastoilla PROFIBUS-protokollan käyttö on tyypillisesti kenttä- ja
säätötasoilla. (PROFIBUS & PROFINET International. About PI 2017; RTA PROFIBUS
N.d).

PROFIBUS-väylään voi liittyä enintään 127 solmua (NODE), joihin kuuluu master ja
slave-laitteet. Protokollaa mahdollistaa yleisen master/slave tavan lisäksi myös Token
Pass tavalla, jolloin väylään voi liittää monta master-laitetta. (Addressing station N.d; Me-
dium access control N.d).

Token pass- verkossa muodostuu looginen solmu master-laitteiden välillä. Master-lait-
teille on annettu numerotunnuksia; solmu on numeroitu pienimmästä numerosta suurem-
paan numeroon järjestyksessä. Tällöin jokainen master-laite vuorollaan muodostaa yh-
teyttä tarvittavien slave-laitteiden kanssa, ja suorittaa toimenpiteet. Jokaisella master-lai-
teella on lista, joka koostuu seuraavista tunnuksista:

- NS
- PS
- TS.

NS kertoo seuraavan aseman numeron, TS kertoo oman aseman numeron ja PS edellisen aseman numeron. (Willig 1999, 4–6). Kuvassa 10 on havainnollistettu Token Pass verkko.



KUVA 10 Token Pass pariaate PROFIBUS protokollalla (Powel 2013)

OSI-mallista PROFIBUS käyttää kerrokset 1, 2, ja tarvittaessa 7. PROFIBUS protokollassa on käytetty seuraavia standardeja:

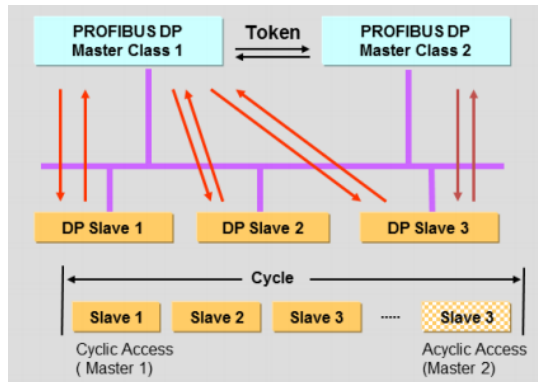
- EII RS-458
- IEC 870-5-1
- EN60 870-5-1
- DIN 19245
- IEC 955
- ISO DIS 7498-4

6.3.2 PROFIBUS DP (Decentralised Peripherals)

PROFIBUS DP on master/slave-väyläprotokolla, joka käyttää OSI-mallista kerrokset 1 ja 2. DP-V0 on ensimmäinen versio protokollasta. Tässä versiossa väylä on ainoastaan yhden master-laitteen hallinnassa (Mono Master). Mikäli väylään on liitetty useampi master-laite (Multimaster), master-laitteet käyttävät väylää vuorotellen, eikä väylällä saa olla enempää kuin yksi master-laite kerrallaan. (PI 2016, 10).

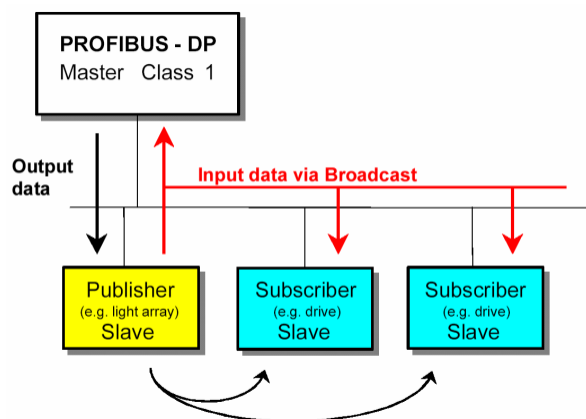
Broadcastyhteydellä master-laite käskää kaikkia slave-laitteita ja multicast-yhteydellä ryhmää slave-laitteista. Maksimi datan siirto väylällä on 244 tavua; tästä johtuen, myös tässä väyläprotokollassa on laskettava väylään liitettävien signaalien datan koko.

DP-V1 on seuraava versio protokollasta, johon on lisätty master-laiteluokka 2. Master-laiteluokka 2 on tarkoitettu tyypillisesti kalibroinnin ja parametrien kirjoittamiseen slave-laitteisiin, eli tämä luokka on käytössä vain tarvittaessa. (PI 2016, 10-11). Kuvassa 11 on havainnollistettu master-laiteluokat 1 ja 2.



KUVA 11 DP-V1 Master-luokka 1 ja 2 (PI 2016, 11)

DP-V2 on viimeisin versio PROFIBUS DP-protokollasta. Tässä versiossa myös slave-laitteet pystyvät toimimaan isäntinä väylällä. Valittu slave-laite on julkaisija (publisher) ja muut slave- ja master-laitteet tilaajia (subscriber). Julkaisija-laite lähettää broadcastyhteydellä dataa kaikkiin tilaajalaitteisiin yhtä aikaa (Kuva 12). (Gigarashi 2017, 83-85)



KUVA 12. PROFIBUS DP-V2 Publisher ja Subscriber periaate (Gigarashi 2017, 85)

6.3.3 PROFIBUS DP väyläkaapelit

PROFIBUS DP-protokolla käyttää tiedonsiirtoon fyysisellä kerroksella kuparikaapelia, valokuitua tai langatonta yhteyttä. Kuparikaapelina DP käyttää EI1 RS458 standardin mukaista kuparikaapelia ja PI-organisaatio suosittelee A-tyyppistä kaapelia (liite 1). Ko.

kaapeliin voi liittää maksimissaan 32 slave-laitetta. Mikäli slave-laitteiden lukumäärä on enemmän kuin 32, toistimella (Repeater) segmenttejä voi lisätä. Toistimia käytetään myös signaalin vahvistukseen. EN 50170 standardin mukaan sarjassa saa olla enintään 9 toistinta ja toistimien avulla on mahdollista käyttää myös muita topologioita väylän lisäksi, kuten tähti- tai puutopologia. (PI 2016, 4–5). Tiedonsiirtonopeus ja segmentin pituuden riippuvaisuus toisistaan on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Tiedon siirtonopeus segmentin pituuden funktiona

Siirtonopeus kbit/s	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	2000
Segmentin pituus	1200	1200	1200	1000	400	200	100

Fyysisellä kerroksella on mahdollista käyttää myös valokuitua, joka on suunniteltu PNO-standardin mukaan. Lasista valmistetulla valokuidulla laitteiden etäisyydet toisistaan saa olla jopa 15 km ja muovista valmistetulla 100 m. (PI 2016. 5). Valokuidulle on ominaista, ettei siihen vaikuta sähkömagneettiset häiriöt, jotka ovat tyypillisiä häiriöitä kuparikaapeleissa. Toistimen sijaan valokuituteknologiassa DP käyttää ”OLM”. ”OLM” toimii sekä segmentin toistimena että muuntimena valokuidun ja kuparikaapelin välillä. Käyttäessä valokuitua DP-protokollassa, on mahdollista väylän lisäksi käyttää tähti-, puu ja silmukatopologiaa. (Optical networks with OLMs-Optical Link Modules N.d).

6.3.4 PROFIBUS PA

PROFIBUS DP:sta on kehitetty PROFIBUS PA-protokolla, jonka käyttökohde on automaattiorakenteen kenttätasolla sekä räjähdysvaaralliset ATEX-tilat. Tiedonsiirtovälineenä PA käyttää RS485-IS tai MBP-standardia. MBP-standardilla tiedonsiirtonopeus on vakio 31,25 kbit/s; sen sijaan RS-485-IS-standardilla tiedonsiirtonopeus on vaihteleva välillä 9,7–500 kbit/s. MBP-standardilla solmujen (node) lukumäärä riippuu solmujen nimellisvirrasta, kaapelin materiaalista ja käyttökohteesta. Solmujen lukumäärä kuitenkin on maksimissaan 132 solmua yhdessä segmentissä. DP/PA ”couplerin” avulla PROFIBUS protokollat PA ja DP voi liittää yhteen. (Wanclink N.d).

7 VÄYLÄ- JA TILS/HÄLYTYSLISTAN SUUNNITTELU

Aikaisimmissa kappaleissa käytiin läpi aiheeseen liittyvät teoriat. Tästä kappaleesta eteenpäin keskitytään itse aiheeseen eli listoihin, joita suunnitellaan ja, joihin laaditaan ohjeet.

7.1 Väylälistan tarkistus

Kohdeyrityksessä laaditaan väyläsuunnittelua varten väylälista, johon sisältyy tiedot signaaleista, joita halutaan liittää väylään. Tämän listan (väylälista) perusteella, laitetoimittajan väyläsuunnittelijat suunnittelevat järjestelmien väliset väylät. Esim. TLJ-järjestelmästä siirretään signaalit digitaalisena tai analogisena DCS-järjestelmään, kuitenkin tiedonkulku voi olla myös toisinpäin tai muiden järjestelmien välillä, kuten PLC tai BMS jne.

Valmet DNA:n lisäksi, kohdeyritys tekee yhteistyötä myös muiden laitetoimittajien kanssa, joista asiakkaat voivat itse valita mistä hankkivat automaatiolaitteet. Eli laitetoimittajia on monta ja jokainen käyttää omaa suljettua tai avointa väyläratkaisua. Tästä johtuen, väylälistaa laadittaessa, on otettava huomioon erilaisten teollisuuden väyläprotokollien, kuten Modbus ja PROFIBUS rajoitteet.

Nykyinen väylälista, joka tarkistetaan, koostuu taulukon 3 tiedoista. Taulukossa 3, BUS-sanalla tarkoitetaan väyläsuunnittelijalle tarkoitettua tietoa ja DCS- tarkoittaa DCS-suunnittelijalle tarkoitettua tietoa.

TAULUKKO 3. Nykyinen väylälista

Tieto signaalista	Selyits suomeksi	Suunnittelija
Loop TAG ja Signal TAG	Piirin ja signaalin positio	BUS/DCS
Loop description:	Piirin kuvaus	BUS/DCS
Control System	Lähdejärjestelmä, usein TLJ- järjestelmä	BUS
Destination control system	Kohdejärjestelmä, usein DCS	BUS
INT-diagram	Signaalin sijainti lukituskaaviossa	BUS/DCS
CNT-diagram	Signaalin sijainti säätökaaviossa	BUS
Signal description	Signaalin kuvaus	BUS/DCS
Display scales and unit	Skaalaukset ja yksiköt	BUS/DCS
Signal type	Signaalin tyyppi, analoginen tai digitalinen	BUS
Status/Status&alarm	Tila tai hälytys ja hälytys	DCS
Status 0, 1 ja alarm text	Tilan- ja hälytyksen kuvaukset	DCS
Alarm direction	Hälytyssuunta, nouseva tai laskeva	DCS
Connection type	Liityntätapa: Väylä tai kaapeli	BUS

Taulukossa 3 käy ilmi, että sekä DCS-suunnittelijalle että väyläsuunnittelijalle on laadittu yksi yhteinen lista (väylälista), joka sisältää tarpeettomia tietoja molemmille osapuolille. Esim. ”Signal type” on tarpeellinen vain väyläsuunnittelijalle, mutta ”status 0, 1 ja alarm text” on vain DCS-suunnittelijalle oleellinen tieto. Lista sisältää väylän suunnittelua varten tarvittavat tiedot, sekä tila/hälytystiedot, joka on tarpeeton väylälistassa. Väyläsuunnittelijat eivät tarvitse tila/hälytystietoja, sillä heille siirrettävän signaalin tila (tosi tai epä-tosi) on tarpeeton. Sen sijaan siirrettävän signaalin positio, tyyppi ja skaalaukset ovat ratkaisevia.

Myös DCS-suunnittelijalle väylän tiedot ovat tarpeettomia, koska signaali, josta halutaan näyttää tilatietoa tai, josta tehdään hälytystä, pitää olla jo DCS järjestelmässä, jotta voivat yhdistää valvomoon, joka on yksi DCS-järjestelmän elementti (Kuvio 3). DCS-suunnittelija ei välttämättä tarvitse sitä tietoa, miten (väylällä tai kaapelilla) signaali on liitetty DCS-järjestelmään.

Yleensä väyläsuunnittelijat tarvitsevat väylän suunnittelua varten signaalitiedot, eli ”väylälista” projektin hyvin aikaisessa vaiheessa, ja tila/hälytyskuvauksien kirjoittamiseen lukituskaavioihin usein kuluu paljon aikaa. Johtuen tästä, mikäli listat toimitetaan yhteisenä listana, kuten on tähän asti tehty, listan toimittaminen voi viivästyä. Viivästys siis johtuu usein tila/hälytys kuvauksien kirjoittamisesta. Palaverissa ohjaajien kanssa päätettiin, jotta väyläsuunnittelijan tarvitsema lista voidaan toimittaa määrättyssä ajassa ilman viivästystä, jatkossa laaditaan kaksi erillistä listaa: ”Signal Exchange List”, joka sisältää ainoastaan väyläsuunnittelijalle tarkoitettuja tietoja, ja ”Status/alarm List”, joka sisältää tila/hälytystietoa DCS-suunnittelijalle.

7.2 Signal Exchange List

Jatkossa väyläsuunnittelijalle toimitetaan ”Signal Exchange List”, joka on esitetty taulukossa 4. Listassa on otettu huomioon sekä suljettu väyläratkaisu, että avoin väyläratkaisu, kuten PROFIBUS ja Modbus. Lisäksi, jotta lista palvelisi kaikkea osapuolia hyvin, on otettu myös sitä huomioon, että välillä samassa projektissa on osallisena eri laitetoimittajat. Esimerkiksi TLJ-laitteen toimittaa Venäjällä oleva laitetoimittaja ja DCS-järjestelmän toimittaa laitetoimittaja Suomesta. Tällöin listan pitäisi palvella molempia osapuolia mahdollisimman hyvin, jotta työnteko on sujuva. Liitteessä 2 on esitetty ”Signal Exchange List” ohje yksityiskohtaisesti englanniksi, jotta myös suunnittelijat Valmetin muissa toimipisteissä ympäri maailmassa voivat käyttää.

TAULUKKO 4. Signal exchange list

Tieto signaalista	Selitys suomeksi
Loop TAG	Signaalin positio
Loop description	Piirin kuvaus
Signal	Digital/Analog
Display scale min	Skaalauksen minimi
Display scale max	Skaalauksen maksimi
Display scale unit	Skaalauksen yksikkö
Control system	Lähde ohjausjärjestelmä
Destination control system	Kohde ohjausjärjestelmä
Data type	Datatyyppe
Precision factor	Kerroin
Slave ID	-
Coil/register number	-
Interlocking diagram	Lukituskaavio, missä signaali sijaitsee
Control diagram	Säätökaavio, missä signaali sijaitsee
Connection type	BUS/Väylä
Note	Huomautukset
REV	Revisio

kohdeyrityksen suunnittelijoille listasta seuraavat termit listassa ovat uusia:

- Data type: Automaatiossa datan tyypillä on todella suuri merkitys, sillä usein kokonaisluku (integer) ottaa muistista kaksi tavua ja desimaaliluku (float) 4 tavua, eli tuplasanaa. Laitetoimittajat voivat tässä kohtaa ilmoittaa toisilleen millaista datatyyppiä kohde- ja lähdejärjestelmässä on käytetty. Osasto, jolle opinnäytetyö tehdään, ei täytä tätä saraketta. Se on tarkoitettu laitetoimittajan väyläsuunnittelijalle täytettäväksi.

- Precision factor: Tässä kentässä laitetoimittajat ilmoittavat kertoimet, joilla ovat desimaalilukua muuttaneet kokonaisluvuiksi. Modbus ja PROFIBUS väylällä maksimi tiedonsiirto on kooltaan 244 tavua, tästä johtuen välillä myös desimaaliluku, joka ottaa 4 tavua, siirretään kahden tavun ”integerinä” eli kokonaisluvuina. Esimerkiksi desimaaliluku 2,2 kerrotaan TLJ, eli lähdejärjestelmässä luvulla 10, jolloin siitä tulee kokonaisluku 22. Kun signaali on siirretty DCS- eli kohdejärjestelmään, lukua (22) jaetaan luvulle 10, jolloin siitä tulee alkuperäinen luku 2,2. Tällä lasku toimenpiteellä säästetään kaksi tavua. Desimaalilukuja projektissa voi olla kymmeniä, näin säästetään paljon tavuja, jonka tuloksena säästetään väylien kokonaismäärää projektissa.
- Slave ID: Slave-laitteeseen on kytketty signaalit, jotka ovat digitaalisia tai analogisia. Esimerkiksi TLJ-järjestelmä on jaettu moneen osaan ja jokainen osa on oma itsenäinen slave-laite. DCS-järjestelmä, joka on master-laite, pitää tunnistaa mihin slave-laitteeseen mikäkin signaali on kytketty, jotta voi lukea signaalin tila.
- Coil/register number: Slave-laitteessa signaalilla on muistipaikka, master-laitteen pitää tunnistaa, mihin muistipaikkaan slave-laitteessa, mikäkin signaali on kytketty.

7.3 Status/alarm List

”Hälytyksien tarkoitus on kiinnittää käytöstä vastaavan henkilön huomio sellaiseen prosessin tilan muutokseen, joka vaatii käyttäjän toimenpiteitä. Ja josta voi olla vaaraa tai haittaa prosessin toiminnalle. Hälytykset jaetaan kahteen luokkaan kosketinhälytykset ja analogiahälytykset. Kosketinhälytyksissä prosessissa on aina jonkinlainen kytkin joka tilaansa vaihtamalla antaa hälytyksen. Kun taas analogiahälytykset ovat toteutettu siten että lähettimen mittausviestiä verrataan hälytysrajaan.” (Oulun seudun AMK 2009).

Tilan (Status) tarkoitus on näyttää valvomonäytössä signaalin tila, eikä siitä tehdä hälytystä. Valmet DNA-järjestelmässä, signaalin tilatiedot näkyvät valvomonäytön tapahtumalistalla ja yksittäisissä piiri ikkunoissa, joilla operaattori seuraa prosessin tilatietoja eri kohteista. Tämä on hyvin yleinen myös muissa DCS-järjestelmissä.

Jatkossa tehdään itsenäinen ”Status/alarm List”, johon sisältyy vain tila/hälytystiedot DCS-suunnittelijalle. Eli signaali, josta halutaan näyttää tilatietoa tai siitä tehdä hälytystä, siitä toimitetaan taulukon 5 tiedot DCS-suunnittelijalle.

TAULUKKO 5 Status/alarm List

Tieto signaalista	Selitys suomeksi
Loop TAG	Signaalin positio
Loop description	Piirin kuvaus
Signal description	Signaalin kuvaus
Display scale min	Skaalauksen minimi
Display scale max	Skaalauksen maksimi
Display scale unit	Skaalauksen yksikkö
Status/status&alarm	Tila vai tila- ja hälytys?
Status 0	”Epätosi tila”
Status 1	”Tositila”
Alarm text	Hälytyksen kuvausteksti
Alarm Direction	Hälytyksen suunta
Interlocking diagram	Lukituskaavio, missä signaali sijaitsee
Connection type	Liityntätyyppi; väylä tai kaapeli
Note	Huomautukset
REV	Revisio

Lukituskaaviossa, tila/hälytystietojen kirjoittamiseen ei ole laadittu ohjeita; tästä johtuen eri projekteissa, on kirjoitettu eri tavalla tila/hälytystiedot lukituskaaviossa. Seurauksena tiedot ovat olleet puutteellisia, virheellisiä tai joissakin tapauksissa ei ole kirjoitettu tila/hälytystietoja ollenkaan (liite 3). Tarkistuksen jälkeen selvisi myös, että lukituskaaviossa kirjoitetut kuvaukset eivät ole tulostuneet nykyiseen väylälistaan ollenkaan, ja sitä myöten ei myöskään valvomonäyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, että signaalista, josta on haluttu tehdä hälytystä, tai näyttää tilatietoa, sen kuvaus on esitetty eri tavalla lukituskaaviossa kuin valvomonäytössä. Tämä on vaarallinen virhe, sillä saman tiedon esitys eri paikoissa ei täsmää, minkä seurauksena se voi harhaanjohtaa käyttäjää. Kaaviot ja listat on oltava yhdenmukaisia, jotta ne pystyvät palvelemaan käyttäjää hyvin ongelmatilanteissa. Jatkossa lukituskaaviossa tila/hälytyskuvaukset tulostetaan ”Status/alarm listaan”, jonka kautta ne tulostuvat myös valvomonäyttöön, näin sama tieto ilmaistaan kaikkialla samalla tavalla.

8 Tila/hälytys ohjeet

Jotta jatkossa kaikki suunnittelijat kirjoittavat samalla tavalla signaalien tila/hälytyskuvakset, kuvaukset tehdään ohjeiden mukaan, jotka on esitetty seuraavissa kappaleissa. Ohjeet on esitetty esimerkkien kautta, jotta sen ymmärtäminen olisi helpompi.

8.1 Tila- ja hälytys ohje

Signaaleista voidaan näyttää tilatietoa (Status) tai tehdä niistä hälytys (Alarm) valvomonäyttöön. On mahdollista myös tehdä molemmat, eli näyttää tilatietoa sekä tehdä hälytystä yhdessä; tällöin, operaattori voi seurata signaalin tilaa tarvittaessa ja, mikäli signaalin tila vaihtuu ”vaaratilaan”, signaalin hälytys ilmestyy hälytyslistaan. Tässä on ohje, miten jatkossa kirjoitetaan kuvaukset signaaleista, joista halutaan näyttää sekä tilatietoa että tehdä niistä hälytys. Esimerkkinä on kattilan hätäseis painike, josta halutaan näyttää tilatietoa, ja painikkeen painettaessa, tehdä hälytys valvomonäytössä. Esimerkkiohje on esitetty kuvassa 13.

The image shows a software configuration window for a signal object. At the top, there is a 'Description' field containing the text 'Boiler emergency stop' and a 'Folder' checkbox. Below this is a tabbed interface with tabs for 'General', 'Attributes', 'Elements', 'Connectors', and 'Status'. Under the 'Status' tab, there are sub-tabs for 'Technical data', 'Label calculation', 'Object Info', 'Customer specified data', and 'System informations'. The main configuration area includes:

- A checked checkbox 'Show signal description in diagram (replaces alarm text in diagrams)' and a 'Copy description to owner signal' button.
- A dropdown menu 'Select status/alarm/status-alarm' set to 'Status & Alarm'.
- A 'Status 0 text' field with the value 'PUSHED'.
- A 'Status 1 text' field with the value 'NOT PUSHED' and an unchecked checkbox 'Show status 1 text in diagram'.
- An 'Alarm text' field with the value 'BUTTON PUSHED' and a checked checkbox 'Show alarm text in diagram'.
- An 'Alarm direction' dropdown menu set to 'Descending'.

KUVA 13 Status/alarm-objektin ikkuna

Description kenttä: (Boiler Emergency Stop)

Kuvassa 13, ”Description” kenttään kirjoitetaan signaalin kuvaus ja on oltava tarkka, ettei tähän kirjoiteta signaalin tilaan viittaavaa tekstiä, kuten on tähän asti tehty. Esim. L >MIN tai PUSHED jne, eli tässä kentässä kirjoitetaan ainoastaan signaalin kuvaus. Tässä on otettava seuraava rajoite huomioon: Signaalin kuvaus ei saa ylittää 26 merkkiä, sillä Valmet

DNA:n hälytyslistalle on varattu 26 merkkiä signaalin kuvausta varten. Pyritään käyttämään piirin kuvausta mahdollisesti, mikäli piirin kuvaus kuvaa signaalia hyvin. Tässä esimerkissä, piirin kuvaus on ”Boiler emergency stop”, ja se kuvaa myös signaalia hyvin, eli signaali on kattilan hätäseis painike. Liitteessä 4 on esitetty eri tilanteissa käytetyt lyhenteet. Valitsemme ”Show signal description in diagram”, mikäli halutaan esittää signaalin kuvaus lukituskaaviossa.

Status 0 kenttä: PUSHED

Tähän kirjoitetaan signaalin ”epätosi tilaa” kuvaava teksti. Tässä esimerkissä, mikäli hätäseis painiketta painetaan, signaalin tila on ”epätosi” ja ”status 0” kenttään kirjoitetaan ”PUSHED”, eli hätäseis painike painettu. Tässä kentässä saa kirjoittaa enintään 10 merkkiä. On oltava tarkka hälytyksen suunnasta ”Alarm direction”. Tässä esimerkissä hälytys tehdään laskevasta reunasta (Descending), eli mikäli signaalin tila on ”epätosi”, tehdään hälytys. Jos nousevasta (Ascendant) reunasta tehtäisiin hälytys, tähän kenttään oltaisiin kirjoitettu ”NOT PUSHED”. Liitteessä 5 on esitetty ohje hätäseis painikkeelle ja liitteessä 6 on raja-arvon ohje.

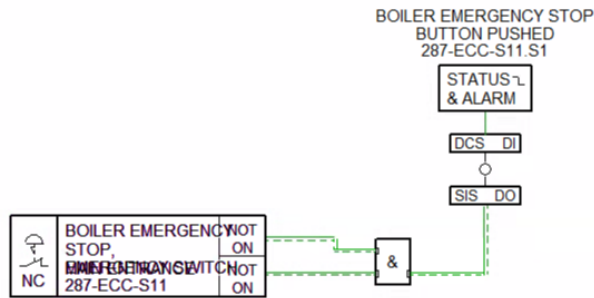
Status 1 kenttä: NOT PUSHED

Tässä kirjoitetaan signaalin ”tositilaa” kuvaava tekstiä, joka ei saa ylittää 10 merkkiä. Mikäli kirjoitetaan yli 10 merkkiä tekstiä, valvomonäytössä näkyy vain 10 merkkiä, eli ylimääräiset leikkaantuu; tästä johtuen on oltava tarkka merkkirajoitteiden kanssa. Koska hälytys tehdään signaalin laskevasta reunasta, signaalin ”tositila” tarkoittaa, että painiketta ei ole painettu, eli ”status 1” kenttään kirjoitetaan ”NOT PUSHED”.

Alarm text kenttä: BUTTON PUSHED

Tähän kirjoitetaan hälytystekstiä riippumatta siitä, tehdäänkö hälytys nousevasta reunasta vai laskevasta reunasta. Hälytystekstin pituus saa olla enintään 15 merkkiä. Valitsemme ”Show alarm text in diagram”, kun halutaan näyttää hälytystekstiä lukituskaaviossa.

Nyt ollaan kirjoitettu kaikki tarvittavat kuvaukset signaalille, josta halutaan näyttää tila ja hälytys. Lukituskaaviossa se näkyy kuvan 14 mukaisesti.



KUVA 14. Tila & hälytys lukituskaaviossa

Mikäli signaalin tila on tosi, eli hätäseis painike ei ole painettu, DNA-valvomonäytön signaalin piiri-ikkunassa, kuvaukset näkyvät kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15. Signaalin piiri-ikkuna DNA-valvomonäytössä

Mikäli hätäseis painiketta painetaan, signaalin tila on epätosi, tällöin piiri-ikkunassa signaalin kuvaus on kuvan 16 mukaisesti.



Kuva 16. Signaalin epätositila DNA-valvomonäytössä

Signaalin tilatiedon osa (Status) esitettiin kuvissa 15 ja 16. Signaalista tehtiin myös hälytys, joten signaalin ”epätosi tila” tulostuu myös valvomonäytön hälytyslistalle (kuva 17).

Aika	Prioriteet	Alue	Positio	Position kuvaus	Tapahtuma
14-05-18 06:35:30:417	▲▲▲▲	P HK2	287-ECC-S11.S1	BOILER EMERGENCY STOP	BUTTON PUSHED

Kuva 17. DNA-valvomonäytön hälytyslista

8.2 ”Tilan” (Status) esitysohje

Mikäli signaalista halutaan näyttää vain tilatietoa (Status) valvomonäytössä, eikä siitä tehdä hälytystä, kuvaukset kirjoitetaan seuraavan esimerkkiohjeen mukaan, joka on esitetty kuviossa 8.

The image shows a configuration window for a signal object. The 'Description' field contains 'Feedwater tank level 1' and is annotated with a green callout 'MAX 26 CHAR'. The 'Alias' field contains '*** Not set'. Below the tabs, there are several options: 'Show signal description in diagram' (checked), 'Copy description to owner signal' (button), 'Select status/alarm/status-alarm' (dropdown set to 'Status'), 'Status 0 text' (input 'L > MAX2' with callout 'MAX 10 CHAR'), 'Status 1 text' (input 'L < MAX2' with callout 'MAX 10 CHAR' and 'Show status 1 text in diagram' checked), 'Alarm text' (empty input with callout 'MAX 15 CHAR' and 'Show alarm text in diagram' unchecked), 'Alarm direction' (dropdown 'Descending'), 'Alarm area' (empty input with 'Show position in diagram' checked), and 'Alarm priority' (empty input with 'Show signal tag (name/label)' checked).

KUVIO 8. Staus/alarm-objektin ikkuna

Description (Feedwater tank level 1)

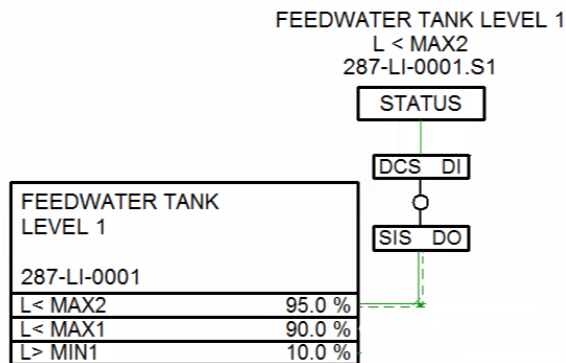
Tähän kirjoitetaan signaalin kuvaus ja on oltava tarkka, ettei tähän kirjoiteta signaalin tilaan viittaava tekstiä kuten on ennen tehty. Tässä on otettavaa seuraava rajoite huomioon: mikäli signaalin kuvaus ylittää 26 merkkiä, lyhennetään se 26 merkkiin, sillä Valmet DNA:n hälytyslistalle on varattu 26 merkkiä signaalin kuvausta varten. Pyritään käyttämään piirin kuvausta mahdollisesti, mikäli piirin kuvaus kuvaa signaalia hyvin. Tässä esimerkissä piirin kuvaus on ”Feedwater tank level 1”. Se kuvaa myös signaalia hyvin. Muissa tapauksissa kirjoitetaan selvästi signaalia kuvaavaa tekstiä ottaen huomioon merkikirajoitteet. Liitteessä 4 on esitetty eri tilanteissa käytetyt lyhenteet. Valitsemme ”Show signal description in diagram” (kuvio 8), mikäli halutaan esittää signaalin kuvausta lukituskaaviossa.

Status 0

”Status” tapauksessa ei tehdä hälytystä ja sitä myöten myös ei välitetä signaalin suunnasta (nouseva tai laskeva). ”Status 0” on ” epätosi tila” ja tähän kirjoitetaan tätä tilaa kuvaava tekstiä, eli tässä esimerkissä ”L > MAX2”.

Status 1

Tähän kirjoitetaan signaalin ”tositilaa” kuvaava tekstiä, joka saa olla enintään 10 merkkiä. Tässä esimerkissä signaalin ”tositila” on ”L < MAX2” ja se näytetään lukituskaaviossa valitsemalla ” Show status 1 text in diagram” (Kuvio 8). Kuvassa 18 on esitetty esimerkimmme lukituskaaviossa.



KUVA 18 STATUS lukituskaaviossa

9 POHDINTA

Pidän projektia onnistuneena, sillä tein kaiken mitä oli vaadittu. Lukituskaaviossa esitetyt tila/hälytyskuvaukset paranneltiin ja niistä laadittiin uudet ohjeet. Comos-ohjelman tiettyihin objekteihin tehtiin muutoksia ottaen huomion vanhat ja meneillään olevat projektit. Lisäksi lukituskaavion ja valvomonäytön esitetyistä tila/hälytyskuvauksista tehtiin yhdenmukaisia. Jatkossa tila/hälytyssignaaleista tehdään itsenäinen lista, joka on DCS-suunnittelijalle tarkoitettu, jossa ei ole tarpeettomia eikä puuttuvia tietoja. Tehtiin valmiit kyselypohjat, jotta jatkossa kuvauksien kirjoittaminen olisi helpompaa ja nopeampaa. Jatkossa kuvauksien kirjoittamiseen kuluu selvästi vähemmän aikaa kuin ennen ja työn lopputulos on laadukkaampi.

Nykyisessä väylälistassa on paljon sekä tarpeettomia että puuttuvia tietoja. Laadittiin uusi lista, eli ”Signal exchange list”, joka on ainoastaan väyläsuunnittelijalle tarkoitettu. Lista palvelee sekä avointa, että suljettua väyläratkaisua ja näin se palvelee eri osapuolia hyvin.

Lopputuloksesta pidin esitystä osaston suunnittelijoille, jossa toin esiin kaikki mahdolliset virheet mitä ennen on tehty ja selitin uudet ohjeet ja listat yksityiskohtaisesti. Ohjaajien palautteet esityksestä ja yleisestä opinnäytetyön lopputuloksesta oli hyvin positiivinen, eli onnistunut.

Haastavinta raportoinnissa oli kuitenkin suomen kieli, joka ei ole äidinkieleni. Luin paljon aiheesta, mutta johtuen kielitaidostani, en voinut esittää kaikkea mitä tein opinnäytetyössä kuten olisin halunnut. Lopputulokseen olen kuitenkin tyytyväinen.

LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja. N.d. Prosessiautomaatio. Luettu 17.7.2018.

http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/24_Prosessiautomaatio.pdf

Automation forum. 2017. What is 5 level system in dcs. Luettu 17.7.2018.

<https://automationforum.in/t/what-is-5-level-system-in-dcs/2513>

Beckhoff. 2018. Overview fieldbus systems. Luettu 17.7.2018.

https://www.beckhoff.com/english.asp?fieldbus_components/system_overview.htm

Bernard controls. N.d. Open Fieldbus system. Luettu 17.7.2018.

<https://www.bernardcontrols.com/en/our-solutions/our-technologies/open-fieldbus-systems>

Electrical Technology. N.d. What is distributed control system (DCS). Luettu 17.8.2017.

<https://www.electricaltechnology.org/2016/08/distributed-control-system-dcs.html>

Felser. N.d. Addressing stations. Luettu 18.7.2018.

https://www.felser.ch/profibus-manual/adressierung_der_stationen.html

Felser. N.d. Medium access control. Luettu 18.7.2018.

<https://www.felser.ch/profibus-manual/mediums-zugriff.html>

Gigarashi. 2017. Slave to Slave communication (DxB). Luettu 18.7.2018.

https://gigarashi.files.wordpress.com/2017/03/profichip-seminar_16012008.pdf

Kauppalehti. 2015. Valmet technologies Oy. Luettu 23.7.2018.

<https://www.kauppalehti.fi/yrietykset/yrietyt/valmet+technologies+oy/15391809>

Library.automationdirect. N.d. History of the PLC. Luettu 17.7.2018.

<https://library.automationdirect.com/history-of-the-plc/>

Loukola, J. 2005. Kattilaajotapojen tuotteistaminen. Tampereen teknillinen opisto. Diplomityö.

MBS AG. 2012. EMU professional Modbus RTU/ASCII. Luettu 18.7.2018.
http://www.mbs-ag.com/de/pages/Downloads/Schnittstellenprotokolle/08_Spec_Modbus_RTU-ASCII.pdf

Modbus. 2012. Modbus application protocol specification. Luettu 17.7.2018.
http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf

National instruments. 2014. Introduction to Modbus Masters and Slaves. Luettu 18.7.2018.
http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370622M-01/lvmve/modbus_master_slave/

Nissinen, J. 2007. Verkostuneen sähköistys- ja instrumentointiprojektin detalisuunnittelun tiedonhallinnan automatisointi. Tampereen teknillinen opisto. Diplomityö.

Oamk. N.d. Voimalaitosautomaation järjestelmät. Luettu 17.7.2018.
https://www.oamk.fi/~timohei/k/0140T130304/Voimalaitosautomaation_jarjestelmat.pdf

Oulun seudun AMK. 2009. Järjestelmien tehtävät. Luettu 18.7.2018.
http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2009u.htm

Orenda. 2016. Introduction to Simplex, Half Duplex and Full Duplex. Luettu 17.7.2018.
<https://medium.com/@fiberstoreorenda/introduction-to-simplex-half-duplex-and-full-duplex-fbda8d591e3a>

Powel, J. 2013. Profibus and Modbus: a comparison. Luettu 18.7.2018.
<https://www.automation.com/automation-news/article/profibus-and-modbus-a-comparison>

PROFIBUS & PROFINET International. 2016. PROFIBUS System Description. Luettu 18.7.2018.
<https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=52380&to-ken=4868812e468cd5e71d2a07c7b3da955b47a8e10d>

PROFIBUS & PROFINET International. 2017. About PI. Luettu 18.7.2018.
<https://www.profibus.com/pi-organization/about-pi/>

RTA. N.d. Modbus RTU/ASCII. Luettu 18.7.2018.
<https://www.rtaautomation.com/technologies/modbus-rtu/>

RTA. N.d. PROFIBUS.
Luettu 18.7.2018.
<https://www.rtaautomation.com/technologies/profibus/>

Segovia V. & Theorim A. 2013. History of PLC and DCS. Luettu 17.7.2018.
http://www.control.lth.se/media/Education/DoctorateProgram/2012/HistoryOfControl/Vanessa_Alfred_report.pdf

Siemens. N.d. History of the Modbus protocol. Luettu 17.7.2018.
https://w3.usa.siemens.com/us/internet-dms/btlv/CircuitProtection/MoldedCaseBreakers/docs_MoldedCaseBreakers/Modbus%20Information.doc

Siemens. N.d. Optical networks with OLMs – Optical Link Modules.
Luettu 18.7.2018. <https://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/profibus/network-components/optical-networks/olm/pages/olm.aspx>

Siemens. N.d. Plant engineering software. Luettu 17.7.2018.
<https://w3.siemens.com/mcms/plant-engineering-software/en/Pages/Default.aspx>

SimplyModbus. N.d. Modbus RTU/ASCII. Luettu 18.7.2018.
<http://www.simplymodbus.ca/index.html>

SimplyModbus. 2017. Modbus TCP/IP. Luettu 18.7.2018.
<http://www.simplymodbus.ca/TCP.htm>

SimplyModbus. 2017. What is Modbus? Luettu 18.7.2018.
<http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm>

University of Pittsburg. N.d. Introduction to fieldbus system. Luettu 17.7.2018.
<http://people.cs.pitt.edu/~mhanna/Master/Introduction.pdf>

Valmet Oy. 2017. Tilinpäätös 2017 ja tietoa sijoittajille. Luettu 23.7.2018.
<https://www.valmet.com/globalassets/investors/reports--presentations/annual-reports/2017/valmet-tilinpaatos-2017.pdf>

Valmet Oy. 2018. Valmet lyhyesti. Luettu 23.7.2018.
<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Wanclik, T. N.d. PROFIBus Protocol. Luettu 18.7.2018.

<http://wanclik.consultor.free.fr/profibus.htm>

Washington University in St.Louis. 2009. Distributed control system (DCS). Luettu 17.8.2017.

<https://classes.engineering.wustl.edu/2009/spring/che433/2009-LAB/DCS%20overview.pdf>

Wikipedia. 2018. Tietokoneavusteinen suunnittelu. Luettu 17.7.2018. https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen_suunnittelu

Wikipedia. 2018. Tietokoneavusteinen suunnittelu. Luettu 17.7.2018. https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen_suunnittelu

Wikipedia. 2018. COMOS. Luettu 17.7.2018.

<https://de.wikipedia.org/wiki/COMOS>

Willig, A. 1999. Analysis and Tuning of the PROFIBUS Token Passing Protocol for use over Error. Luettu 18.7.2018.

http://www.tkn.tu-berlin.de/fileadmin/fg112/Papers/tkn_report01.pdf

Witthoeft, J. 2013. Modbus in a Nutshell. Luettu 18.7.2018. <https://gridconnect.com/blog/tag/modbus-explained/>

LIITTEET

Liite 1. PROFIBUS PI:n suositeltava kaapeli

The values above apply to <u>cable type A</u> with the following properties		
	PROFIBUS DP	PROFIBUS PA
Wave resistance	135 ... 165 Ω	80 ... 120 Ω
Capacitance per unit	≤ 30 pf/m	≤ 2 pf/m
Loop resistance	≤ 110 Ω /km	≤ 44 Ω /km
Core diameter	> 0.64 mm	≥ 1 mm
Core cross-section	$> 0,34$ mm ²	$\geq 0,8$ mm ²

A-tyypin kaapelin ominaisuudet (PI 2016, 5)

Signal exchange list

Table of Contents

1. SIGNAL EXCHNAGE LIST	46
1.1. Developed signal exchange list.....	46
1.2. Signals to be added to the signal exchange list.....	49

1. SIGNAL EXCHANGE LIST

2 (10)

In boiler plants, different automation systems are used including SIS, DCS, BMS etc. Between systems usually communication requires to provide the means to control the process and protect equipment. There are two ways to construct the communication between systems: basic cable system and bus protocols.

EI&C (Electric, instrument and control) department of Valmet, generates the signal exchange list for system suppliers to plan the buses between the systems. Developed signal exchange list is shown in paragraph 1.1.

1.1 Developed signal exchange list

The signal exchange list has the information in picture 1

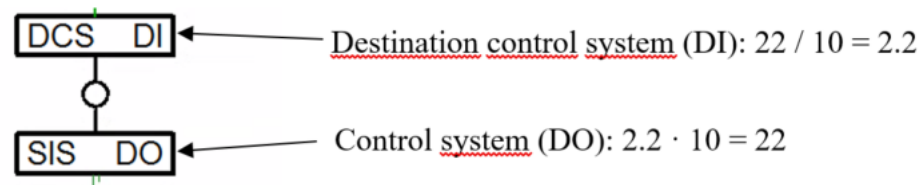
Loop TAG	Loop description	Signal	Data type	Precision factor	Slave ID	Coil/register number	Display scale min	Display scale max	Display scale unit	Control System	Destination Control System	Interlocking diagram	Control diagram	Connection type	Note	REV
----------	------------------	--------	-----------	------------------	----------	----------------------	-------------------	-------------------	--------------------	----------------	----------------------------	----------------------	-----------------	-----------------	------	-----

Picture 1. Signal exchange list

- **Loop TAG:** Every signal has its own single address, which is named as “signal position”; in this way signals are separated from each other, to make the lists and diagrams more understandable. With the “Loop TAG” bus planner can calculate the number of signals and plan the buses.
- **Loop Description:** Short descriptions are provided to the signals to make them more understandable. The descriptions of the signals are usually simple.
- **Signal:** signals can be analog or digital in the automation systems. Digital signals are Boolean data type with only two values: true or false. With more options, analog signals can be integer data type (with 2 bytes), or float data type with 4 bytes. In this field signal type, which is digital, or analog is announced.
- **Data type:** This area is not filled by Valmet functional design department, even though it is an attribution in COMOS. In this area of the bus list, the parties fill the type of the data which can be integer or float.

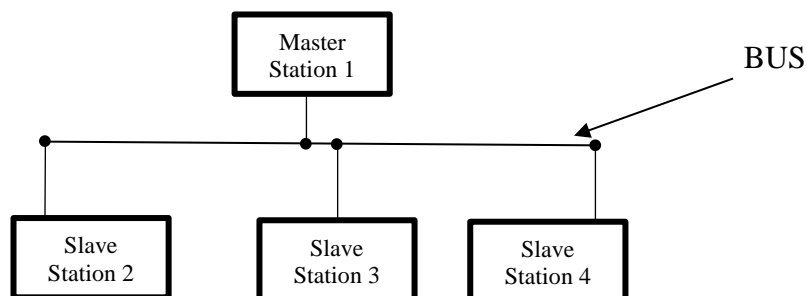
3 (10)

- Precision factor: In computer language, digital signal is 1 bit and analog signals can be integer (2 bytes) or float (4 bytes). Usually decimal numbers or the float numbers, are sent as integer numbers by using precision factor. For example, decimal number 2.2 is multiplied by 10 in the control system and sent out as integer 22. In destination control system, the number (received as 22) is divided by the same defined precision factor (in this case 10). With this method, the original number 2.2 is obtained (picture 2). The purpose of this mathematic operation is that in PROFIBUS and Modbus bus protocols, the maximum data transfer is 244 bytes. Therefore, only 244 bytes of signals can be connected to each bus. In the cases, when signals are more than 244 bytes, extra buses are needed.



Picture 2. Precision factor example

- Slave ID: In Modbus and PROFIBUS open protocol bus technology, several slave systems are connected to one bus. Every slave system contains several signals and measurements. Master system connects to the slaves for getting process information cyclically. Each slave has individual ID number, referred as “slave address”. For making connection, master system needs to know in which slave system, signals are located (Picture 3). Slave ID area is filled by slave system suppliers.



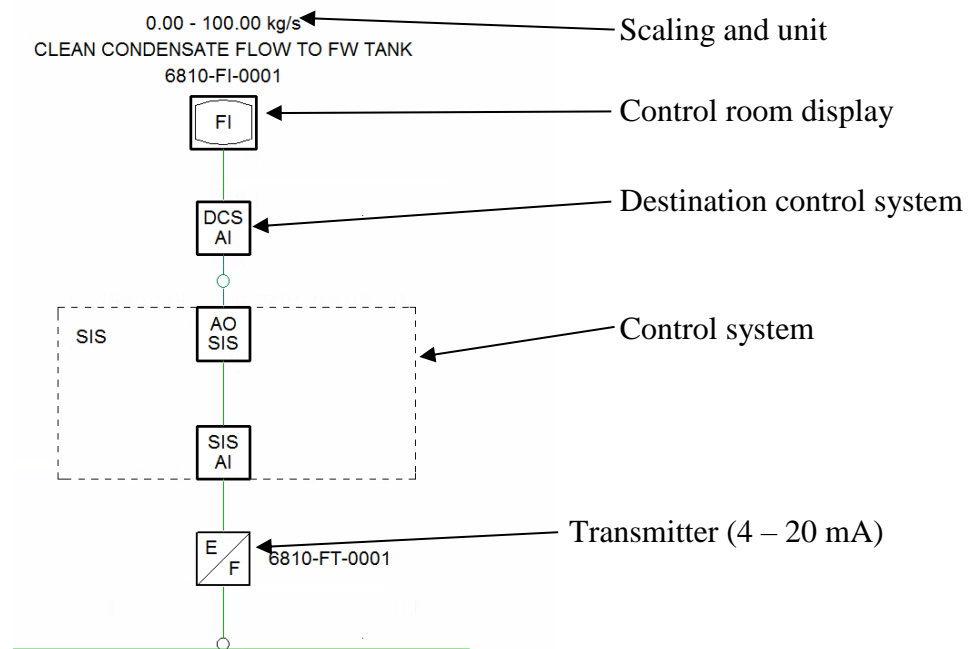
Picture 3 Master/slave communication

- Coil/Register number: Slaves have groups of register numbers and every signal of slave has its individual register number. To make communication happen between

4 (10)

master and slave, master needs to know the register number of the signal of the slave. This field also, is filled by system supplier.

- Display scale min: The transmitter signals are rescaled for control room displays to provide a better understanding of the process. For example, if the transmitter signal is between 4–20 mA, then for a tank level, the signal is rescaled to 0–100% in which 0% attributes to 4 mA and 100% to 20 mA. Another example is flow measurement (picture 4); the transmitter sends 4-20 mA, but the control room display shows 0.00–100-00 kg/s. The “Display scale min” field in the bus list, only shows the minimum scale, which is 0.00 in this example.



Picture 4. Scaling example in interlocking diagram

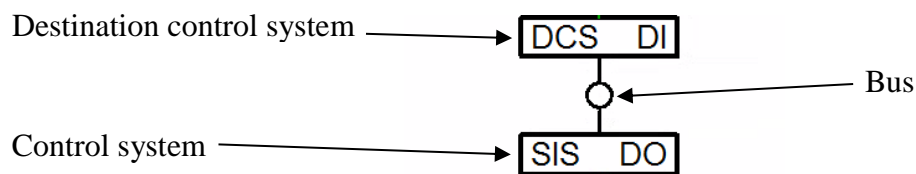
- Display scale max: In this field max scale is shown, which in this example is equal to 100.00.
- Display scale unit: Measurements have different units and depending on the measurement, unit is shown in this field. Typical units are %, bar, °C, kg/s etc. In this example unit is kg/s.
- Control system: In control system, digital or analog signals are sent via bus or cable (picture 4). In this example, an analog signal sent out from SIS to DCS. Since the SIS is sending the signal, it is controlling system and DCS is destination control system (as the signal receiver)

5 (10)

- Destination control system: Destination control system receives the analog (AI) or the digital (DI) signal.
- Interlocking diagram: Usually signal exchange object is used in diagrams to give more understandable description of the signal circuit. This field shows interlocking diagram objects. Therefore, the bus planner can find the signal in the interlocking diagram if required.
- Control diagram: The bus planner can find the signal in the controlling diagram if required.
- Connection type: Connection type between systems can be cable or bus.
- REV: This field shows the revision of the list so the bus planner can separate them from each other.

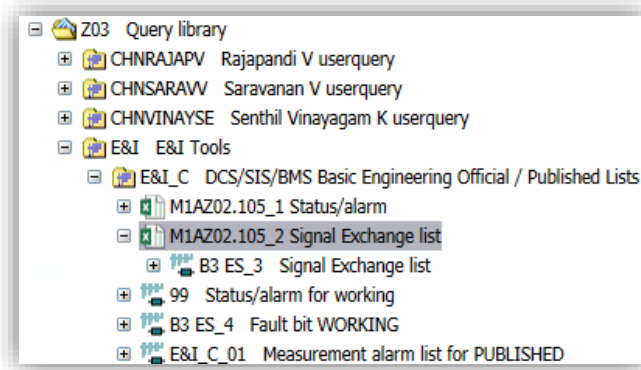
1.2 Signals to be added to the signal exchange list

The signal exchange list shows the signals, that are sent out by bus technology from control system to destination control system. Often, these signals are shown in interlocking or control diagram in the COMOS. Picture 5 shows the related object in COMOS. The circle between systems refers to the bus. When the circle is not shown, it refers to the cable transferring between systems.



Picture 5. COMOS signal exchange object in interlocking diagram

A fixed “query” is made in COMOS for signal exchange list (Picture 6). The query will search in all the INT and CNT diagrams and gets the required attributes. Therefore, there is no need for filling the signal exchange list columns manually.

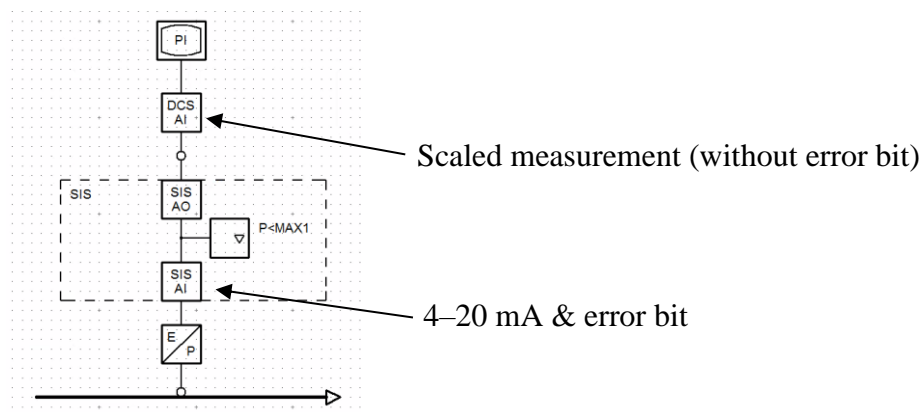


Picture 6. Signal exchange query and list

However, some signals are not shown in the INT or CNT diagram, therefore, these signals should be added to the list, manually. Signals to be added manually are:

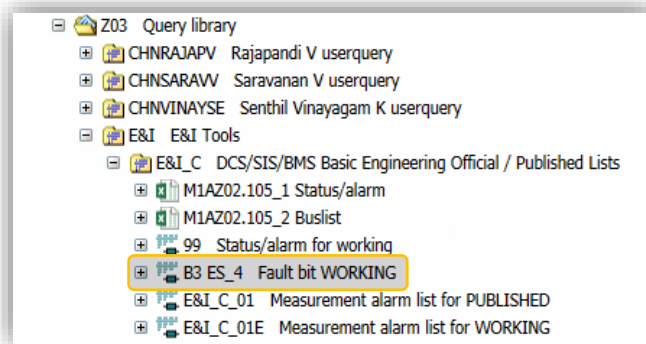
- The Fault bit
- DCS Control to SIS
- Feedback control
- The Raw value

The Fault Bit: Transmitters send the measurement signal (4–20mA) and a “error bit” (true or false) to the control system (picture 7). However, the fault bit is sent to the destination control system, separately; to show if the transmitter is working properly. This separate bit (also transferred via bus) is not represented in the CNT diagram, therefore, it is not found by the fixed prepared query, and should be added manually to the signal exchange list.



Picture 7. fault bit description

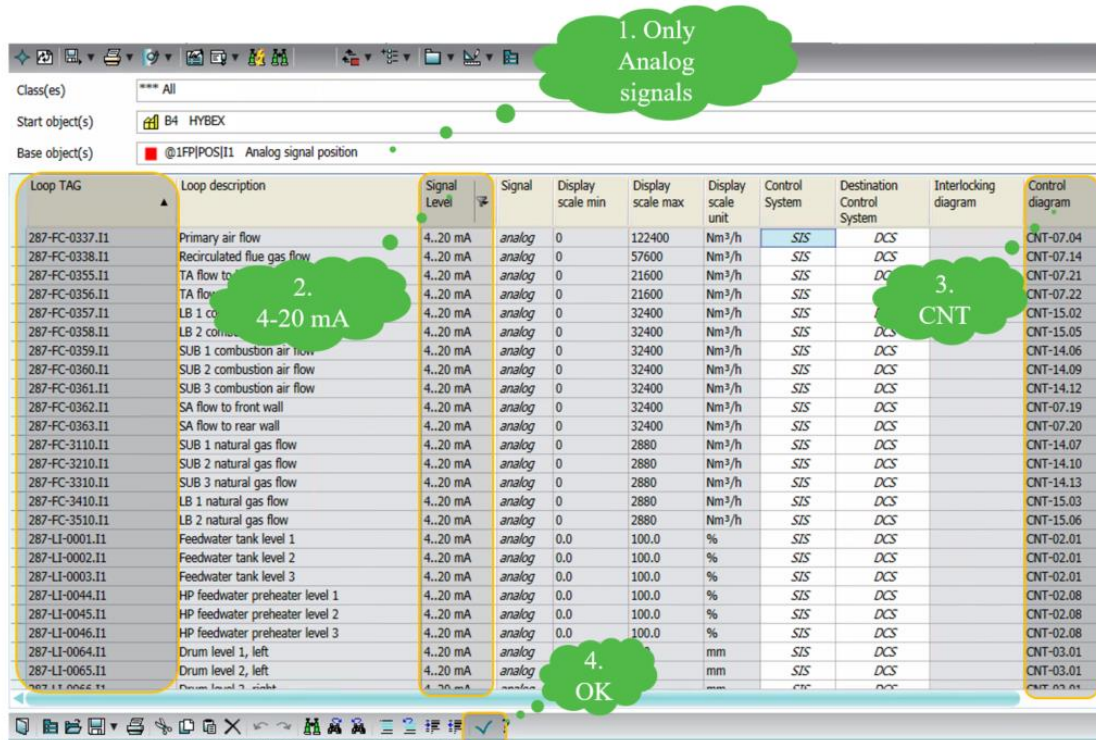
Moreover, using fixed query is recommended to find the target transmitters for adding “the fault bit” object to their loops. The “fault bit” query is shown in the picture 8.



Picture 8. Fault bit query in query library

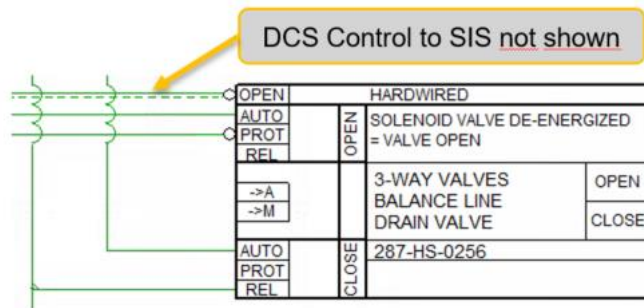
For using query, open the “Fault bit WORKING” query and follow the next steps:

1. Only analog signals
2. Signal level: 4-20 mA
3. Only CNT diagram objects
4. OK



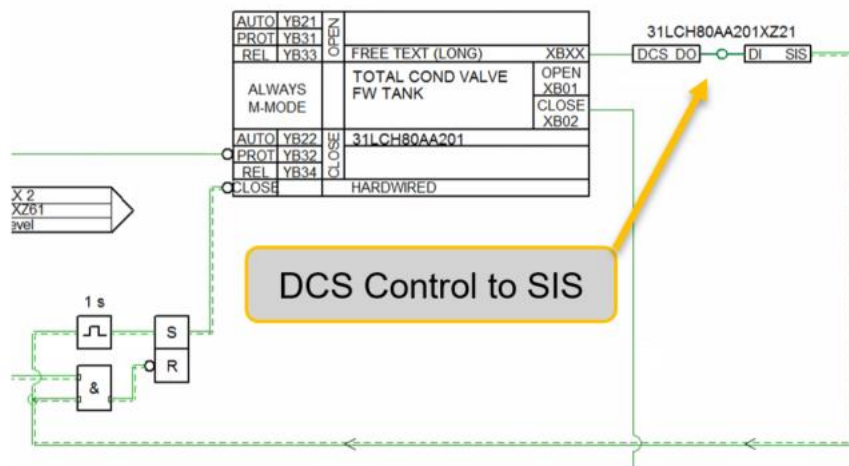
Picture 9. The fault bit query

DCS Control to SIS: In some cases, valve open/close control comes from SIS (picture 10), without showing signal from DCS, however the valve open/close control is given by operator in DCS. When the valve open/close is controlled by SIS and showed as the picture 10, the “DCS Control to SIS” signal should be added to the signal exchange list manually.



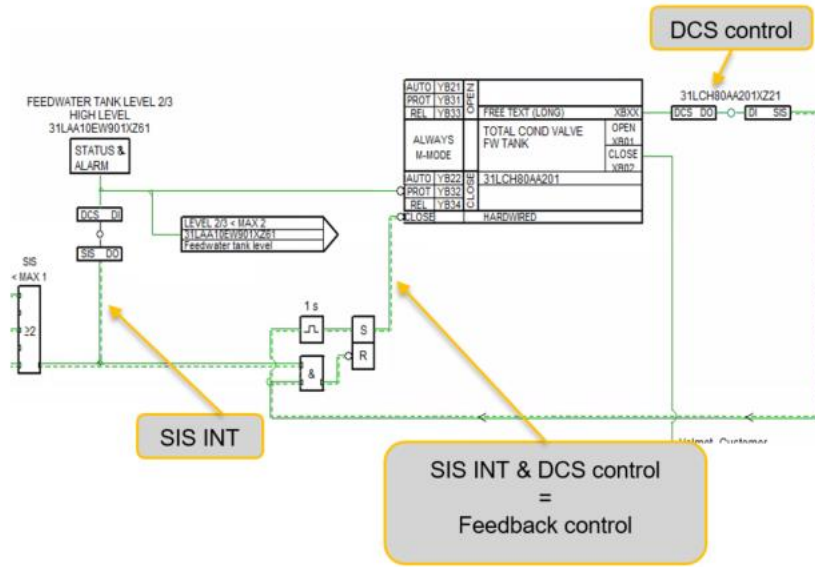
Picture 10. Valve open controlled in SIS without showing DCS signal

In the picture 11 is shown an example, that DCS control to SIS is shown in the INT diagram.



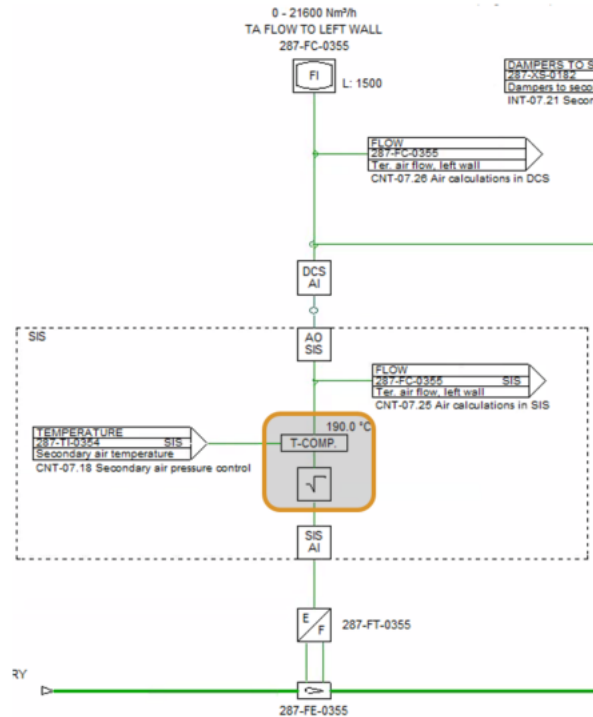
Picture 11. Operator control to SIS is shown in INT diagram

Feedback Control: Feedback control bit shows the “real” control, that consist of SIS interlock and DCS control. The signal direction is from “SIS to DCS” and the description is “Feedback Control” (picture 12). There is no need to add digital signal object to the interlocking diagram, however the object should be added to valve loop, that could print to the signal exchange list.



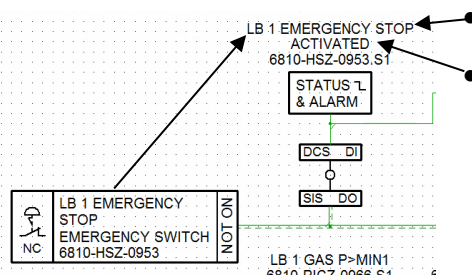
Picture 12. Feedback control example

The Raw Value: The purpose of sending “Raw value” via bus is to show transmitters real measurement in the control room display, without compensation or square (picture 13). If compensation or square is not used, then “Raw value” not needed. For the “Raw value” analog signal position object is used, and the signal is from SIS to DCS. The description is “Raw Value”.



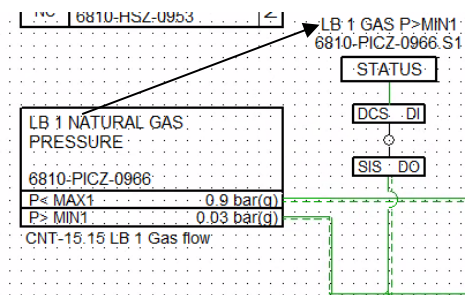
Picture 13. The raw value example

Liite 3. Tila/hälytyskuvauksen nykyiset esitystavat. Kuviot otettu erään lukituskaavion samalta sivulta.



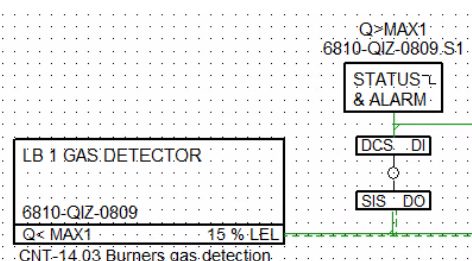
• Signaalin kuvaus otettu suoraan piirikuvauksesta.

Toisella rivillä on kirjoitettu hälytyksen teksti ACTIVATED. Mikäli painiketta ei ole painettu, signaalin tila on tosi, tällöin ei tehdä hälytystä ja ACTIVATED ei ole voimassa. Hälytysteksti voi harhaanjohtaa käyttäjä, sillä signaali on hälytystilalla eli ACTIVATED, kun signaalin tila on epätosi. Tähän on laadittu uudet ohjeet.



• Signaalin kuvaus on otettu osittain piirikuvauksesta ja siihen lisätty myös Status 1 tila:

P>MIN1. Signaalin kuvaukseen ei voi lisätä tilan kuvaus, sillä tila on vaihteleva eli tosi tai epätosi, mutta signaalin kuvaus on vakio. Mikäli kyseistä kuvausta tulostettaisiin valvomonäyttöön piiri ikkunaan, kuvaus saattaa harhaanjohtaa käyttäjä, sillä kuvauksessa ilmoitetaan vakio P>MIN1, mutta signaalin tila voi olla myös P<MIN1. Tällöin samassa piiri-ikkunassa on kaksi vastakkaista kuvausta, toinen P>MIN1 ja toinen P<MIN1.

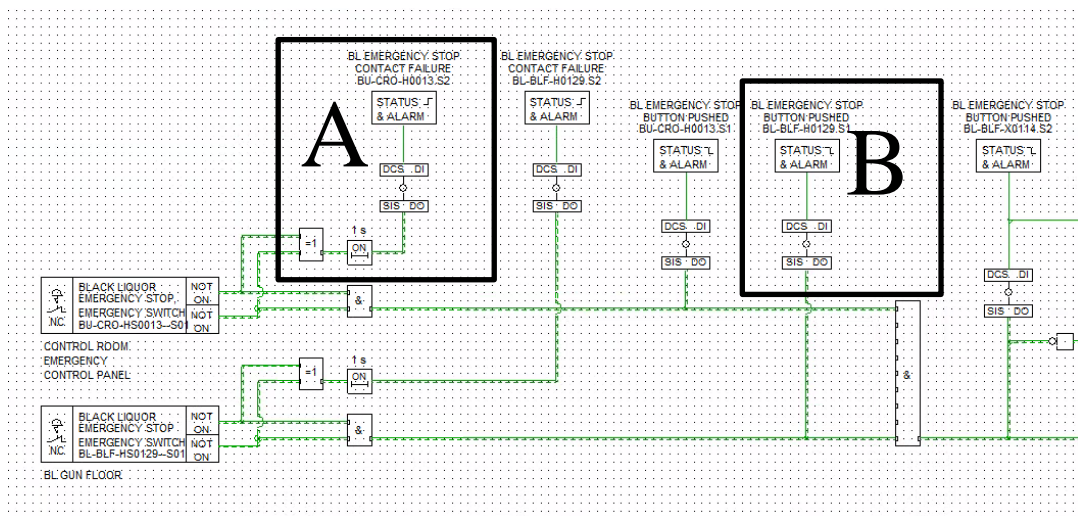


• Signaalin kuvaus ei ole esitetty ollenkaan lukituskaaviossa. Mikäli kuvaus on kirjoitettu Comos-ohjelmassa, mutta ei ole näytetty lukituskaaviossa, tällöin kuvauksen kirjoittamisesta ei ole mitään hyötyä, sillä nykyisessä esitystavassa, kuvaukset tulevat ainoastaan lukituskaavioon.

Liite 4. Mallikannan kuntoon laittamisessa käytetyt lyhenteet

Heavy Fuel Oil	HFO
Pressure	Press
Atomizing Air	Atom Air
Burner/Burners	Burn
Natural Gas	NG
Fluidized Bed	FB
Pneumatic	Pneum
Transmitter	Trans
Black liquor	BL
DIRECT HEATER	DH
FLUIDZING AIR	FA
Loop seal	LS
Measurement	Meas
Cyclone	Cycl
Rapid drain	RD
Recirculated flue gas	RFG
Safety switch	SS
Grounding switch	GS

Liite 5. Ohje ”Push-button”- kuvauksien kirjoittamiseen jatkossa



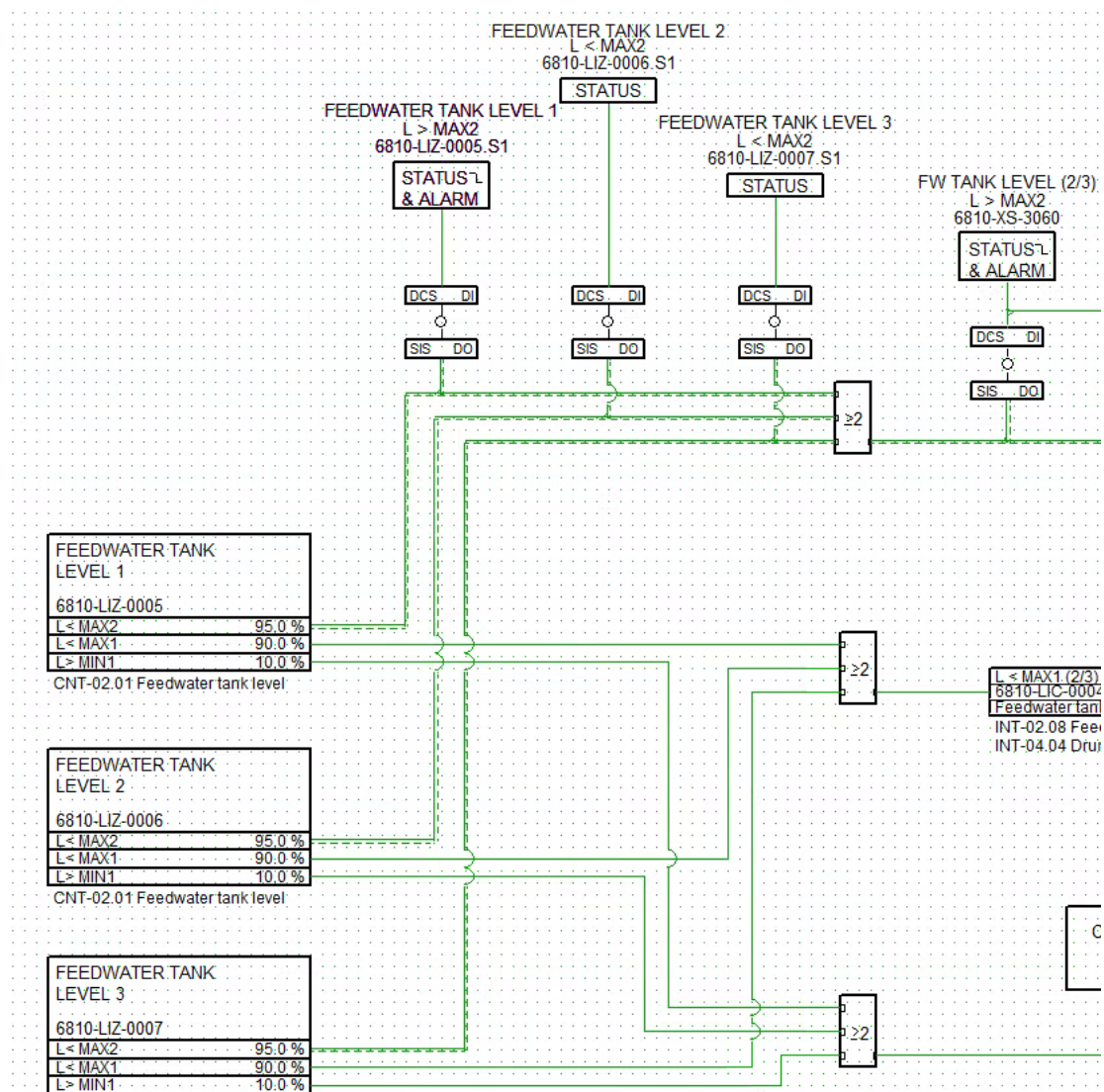
- A. Tässä seurataan Hätä-seis painikkeen kärjet. Mikäli kärkien signaalit eivät täsmää, tehdään hälytystä. Hälytystä tehdään nousevasta reunasta, mikäli signaalin tila on tosi, tehdään hälytystä. Hälytyskuvaukset kirjoitetaan alla olevan esimerkkiohjeen mukaan:

Signaalin kuvaus	Status 0	Status 1	Alarm text
BL EMERGENCY STOP	CONTACT OK	CONT FAIL	CONTACT FAILURE

- B. Tässä seurataan painikkeen molempia kärkeä. Normaalitilassa signaali on tosi eli painiketta ei ole painettu. Mikäli painiketta painetaan, signaalin tila on ”epätosi” ja siitä tehdään hälytystä, eli hälytystä tehdään laskevasta reunasta. Hälytyskuvaukset kirjoitetaan alla olevan esimerkkiohjeen mukaan:

Signaalin kuvaus	Status 0	Status 1	Alarm text
BL EMERGENCY STOP	PUSHED	NOT PUSHED	BUTTON PUSHED

Liite 6. Raja-arvon status/alarm-kuvauksien esitys lukituskaaviossa



- Mikäli signaali on "status&alarm" ja hälytys tehdään laskevasta reunasta, kuvaukset kirjoitetaan seuraavan esimerkin mukaisesti:

Signaali	Raja-arvo	Status 0	Status 1	Alarm text
Status&alarm	(L)MAX2	L > MAX2	L < MAX2	L > MAX2
Status&alarm	(L)MIN1	L < MIN1	L > MIN1	L < MIN1
Status&alarm	(P)MIN1	P < MIN1	P > MIN1	P < MIN1

Esimerkkiohje pätee kaikkiin raja-arvoihin.

- Mikäli signaali on vain "status", tällöin ei oteta huomioon suunta, ja raja-arvon tekstit kirjoitetaan seuraavan esimerkin mukaisesti:

Signaali	Raja-arvo	Status 0	Status 1
Status	(L) MAX2	$L > \text{MAX2}$	$L < \text{MAX2}$
Status	(L) MIN1	$L < \text{MIN1}$	$L > \text{MIN1}$
Status	(P) MIN1	$P < \text{MIN1}$	$P > \text{MIN1}$