

PROFINETIN SOVELTAMINEN VIILUNPINKKAAJASSA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2010
Janne Pelkonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

PELKONEN, JANNE:

Profinetin soveltaminen viilun-
pinkkaajassa

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 39 sivua

Kevät 2010

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia PROFINET-väylätekniikkaa ja sen soveltuvuutta Rauten valmistamaan viilunpinkkaajaan. Tässä opinnäytetyössä käsitellään PROFINET-väylätekniikka, viilunpinkkaajan ohjelmointia ja käytännön testaustuloksia.

PROFINET-tekniikan nopeutta testattiin yksinkertaisilla testeillä, joiden perusteella sen soveltuvuutta Rauten valmistamaan viilunpinkkaajaan arvioitiin. Työtä varten kerättiin tietoa PROFINET-väylätekniikasta alan kirjallisuudesta ja Internetistä. Rauten valmistamasta viilunpinkkaajasta saatiin tietoa haastattelemalla Rauten automaatio suunnittelijoita. Työn ohjaajina toimivat koulun puolesta Arto Kettunen sekä Antti Pennanen ja Mika Hyysti Raute Oyj:stä.

Käytännössä tehdyillä testeillä voitiin todeta, että PROFINET-väylätekniikan nopeus on riittävä viilunpinkkaajassa vaadittavaan vasteaikaan ja sen soveltaminen aikakriittisissä sovelluksissa on hyödyllistä. Työn tuloksista saatiin kattava paketti PROFINET-tekniikasta ja siitä, miten sitä voisi hyödyntää tulevaisuudessa Rauten valmistamassa viilunpinkkaajassa.

Avainsanat: ohjelmoitava logiikka, automaatio, kenttäväylä, teollisuusautomaatio, Ethernet, datasiirto

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

PELKONEN, JANNE: An application of PROFINET in the
control of a veneer stacker

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics, 39 pages

Spring 2010

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to investigate the PROFINET Bus technology and its compatibility with a veneer stacker produced by Raute Oyj. This thesis deals with the PROFINET Bus technology, veneer stacker programming, and practical test results.

The speed of the PROFINET technology was tested with simple tests to estimate its use in the Raute veneer stacker. The information of the PROFINET Bus technology was collected from literature and from the Internet. Information of the Raute veneer stacker was acquired by interviewing the designers of automation at the company. The work was supervised by Arto Kettunen from the Faculty of Technology, and Antti Pennanen and Mika Hyysti from Raute Oyj.

The practical tests showed that the speed of the PROFINET Bus technology was sufficient to the required response time, and its use in time-critical applications is useful. The result of the study was a comprehensive package of PROFINET technology with suggestions on how it could be exploited in the Raute veneer stacker in the future.

Key words: PLC, automation, field bus, industrial automation, Ethernet, data transmission

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YRITYSESITTELY	2
3	VIILUNPINKKAAJA	3
3.1	Yleistä viilunpinkkaajista	3
3.2	Viilunpinkkaajan toiminta	3
3.3	Kuivapinkkaajan ohjelman peruseriaate	5
4	PROFINET-KENTTÄVÄYLÄ	7
4.1	PROFINET-väylätekniiikan edut suhteessa muihin väyläteknikoihin	7
4.2	PROFINET-reaaliaikakommunikointiluokat	9
4.2.1	Luokka 1: PROFINET (RT)	9
4.2.2	Luokka 2: PROFINET IRT High flexibility	9
4.2.3	Luokka 3: PROFINET IRT High performance	10
4.3	PROFINET-komponenttien valinta projektiin	11
4.4	Hardware-konfigurointi	12
4.5	PROFINET-väyläkonfigurointi	13
4.5.1	RT- ja IRT-luokan määrittäminen	16
4.5.2	IRT-konfigurointi ja verkkotopologia	16
5	TESTAUSMENETELMÄT	20
5.1	Käytettävät ohjelmat ja laitteet	20
5.2	PROFINET-väylän nopeuden testaus	20
5.2.1	Testauskoonpano	21
5.2.2	Testausohjelma	23
6	TESTAUSTULOKSET	25
6.1	Väyliä mittaustulokset	25
6.1.1	Suora I/O	27
6.1.2	PROFIBUS	27
6.1.3	PROFINET	28
6.2	Yhteenveto mittaustuloksista	28

7	PROFINET-TEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN RAUTEN VIILUNPINKKAAJASSA	31
7.1	Hardware-keskeytyksen korvaaminen	31
7.1.1	Syklisen ohjelman keskeytys	31
7.1.2	Viilunpinkkaaja ilman hardware-keskeytystä	32
7.2	PROFINET-väylätekniikan hyödyntäminen ja sen tuomat edut tuotantolaitteissa	33
7.3	PROFINETin käyttö vanhemmissa kohteissa	34
8	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	38

SANASTO

CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
DATABLOCK	DB, tiedostoyksikkö Siemens-logiikoissa, tiedon väliaikainen tallennuspaikka
FB	Function Block, toimintayksikkö, Siemens-logiikkaohjelmoinnissa käytettävä ohjelmayksikkö
HMI	Human Machine Interface, ihmisen ja logiikan välisessä kommunikoinnissa käytettävä käyttöliittymä
I/O	Input/Output, tulot ja lähdöt
IP-OSOITE	”Internet Protocol” -osoite, yksilöi Internet-verkkoon kytketyn tietokoneen
IRT	Isochronous Real-Time, nopeampi PROFINET-luokka, priorisoitu tiedonsiirto
KENTTÄVÄYLÄ	Mahdollistaa logiikoiden I/O:n hajauttamisen kentällä isoissa automaatiosovelluksissa
LAD	Ladder Diagram, kontaktikaavio, logiikoissa käytettävä symbolinen ohjelmointikieli
MAC-OSOITE	Media Access Control, jokaisella verkkolaitteella on oma osoite, joka yksilöi verkkosovittimen
NODE	Connection point, laite, joka on kenttäväylässä
NRT	Non Real Time, vastaa tavallista Ethernet-luokkaa, jossa ei ole prioriteetteja
OB	Organization Block, organisaatioyksikkö, Siemens-logiikkaohjelmoinnissa käytettävä ohjelmayksikkö
RT	Real-Time, hitain PROFINET-luokka, priorisoitu tiedonsiirto
SIIRTOREKISTERI	Bittijono, jota siirretään liukuvasti eteenpäin, alkuun syötetään uusi bitti, jolloin tavun tai sanan viimeinen bitti putoaa pois
STL	Statement List, käskylista, logiikoissa käytettävä käskypohjainen ohjelmointikieli

TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol, tietoliikenneprotokolla/Internet-protokolla
TRIGGER	Oskilloskoopilla mitattaessa vaakapyyhkäisy tahdistetaan liipaisupiirin avulla. Liipaisu voidaan ottaa mitattavasta signaalista tai erillisestä liipaisusignaalista
VERKKOTOPOLOGIA	Verkkotopologialla tarkoitetaan verkon perusrakennetta ja sitä, miten laitteet on liitetty toisiinsa

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Raute Oyj. Tehtävänantona oli suunnitella, ohjelmoida ja testata viilunpinkkaajan logiikkaohjauskonsepti, missä kaikki I/O on PROFINET-kenttäväylässä. Työn tavoitteena oli tutkia PROFINET-tekniikkaa, sen nopeutta ja soveltuvuutta Rauten valmistamaan viilunpinkkaajaan. PROFINET-kenttäväylää käyttäen viilunpinkkaaja olisi mahdollista toteuttaa pienemmillä kustannuksilla, jolloin siitä muodostuisi itsenäisempi liitettävissä oleva kokonaisuus.

Työn tulosten perusteella oli tehtävä päätös, voisiko viilunpinkkaajan logiikkaohjauksen toteuttaa kenttäväyläpohjaisesti käyttämättä aikaisempaa, suoraan logiikkaan johdotettua I/O:ta ja keskeytysohjelmaperiaatetta. Väylät ovat olleet liian hitaita aikaisemman ohjelmointitavan ja laitteiston kanssa, ja myös logiikoiden normaalin ohjelmasyklin kiertoaika ei ole mahdollistanut pinkkaajan vaatimaa vasteaikaa muutoin kuin hardware-keskeytyspohjaisesti ohjelmituna.

Teoriaosuudessa käsitellään PROFINET-kenttäväylätekniikkaa, logiikkaohjelmointia, laitteiston testausta ja viilunpinkkaajan toimintaa. Pääpaino työssä on PROFINET-väylätekniikassa, testauksessa ja sen soveltuvuudessa Rauten viilunpinkkaajaan. Soveltuvuutta on pohdittu ja tutkittu PROFINET-laitteiden testaustulosten ja teoreettisten arvojen perusteella. Tiedonhankintamenetelminä on käytetty automaatioalan kirjallisuutta, Internetiä ja vanhempien automaatio suunnittelijoiden tietoa.

2 YRITYSESITTELY

Raute Oyj

Raute Oyj:n pääkonttori sijaitsee Nastolassa noin 15 kilometrin päässä Lahdesta, vanhan Kouvolantien varressa osoitteessa Rautetie 2. Yrityksessä työskentelee yli 500 henkilöä kahdeksassa eri maassa. Rauten työntekijöistä osa työskentelee asiakkaiden pitkäaikaisissa projekteissa eri puolilla maailmaa. Raute Oyj:n liikevaihto on ollut viime vuosina 100 miljoonan euron luokkaa. Päätoimipisteen lisäksi yrityksellä on toimipisteitä Vancouverin alueella Kanadassa, Shanghain alueella Kiinassa sekä Suomessa Jyväskylässä ja Kajaanissa. Raute Oyj:n myyntiverkosto on maailmanlaajuinen ja kattaa kaikki markkina-alueet. Raute Oyj valmistaa puutuotetoteimialan tarvitsemia koneita, ja sen ydinosaminen keskittyy viilupohjaisten puutuotteiden valmistusprosesseihin. (Raute Oyj 2009a.)

Raute Oyj tarjoaa puutuoteteknologian tarvitsemia koneita vaneri-, viilu-, LVL- ja ohutviiluteollisuuteen. Raute Oyj:llä on johtava markkina-asema näissä valitsemisissaan asiakasteollisuuksissa. Raute Oyj:n teknologiatarjonta kattaa asiakkaiden koko tuotantoprosessin aina raaka-aineesta lopputuotteen viimeistelyyn ja pakkaukseen. Toiminta on jaettu tuotteisiin ja teknologiapalveluihin. Tuotteita ovat kokonaiset tehtaot, tuotantolinjat sekä yksittäiset koneet. Lisäksi tarjolla on puutuoteteknologiassa käytettäviä konenäkösovelluksia ja mittausteknologiaa. Teknologiapalveluihin kuuluvat kunnossapito- ja varaosapalvelut, modernisoinnit sekä asiakkaan liiketoiminnan kehittämiseen tähtäävät palvelut. (Raute Oyj 2009a.)

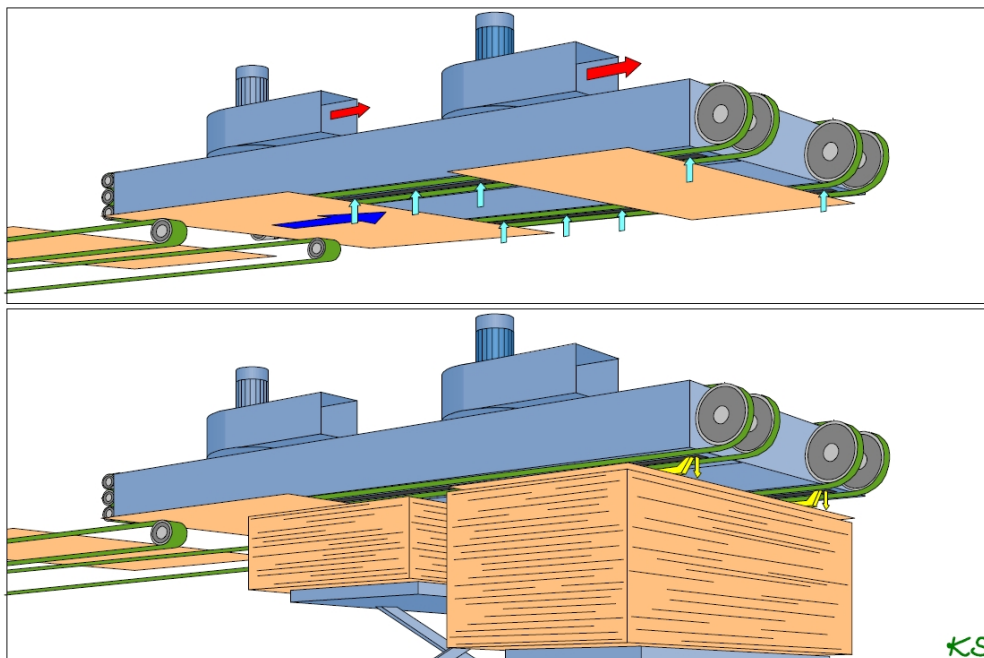
3 VIILUNPINKKAAJA

3.1 Yleistä viilunpinkkaajista

Viilunpinkkaajia käytetään vanerin valmistusprosessin eri vaiheissa pinoamaan viilut omiin pinkkoihin tietyn muuttujan mukaan. Muuttujia voivat olla esimerkiksi kosteus, pituus, leveys ja laatu. Viilunpinkkauslaitteita on yleisesti kaikissa tuotantolinjoissa, joissa käsiteltävänä tuotteena on viilua. Tällaisia tuotantolinjoja ovat esimerkiksi paikkaus-, jatkos-, saumaus- ja kuivauslinjat sekä sorvit. Pinkkaajia on erimallisia ja -kokoisia, riippuen siitä missä tuotantolaitteessa niitä käytetään. Viilunpinkkaajista suurimmat ovat märkä- ja kuivaviilun pinkkaamiseen tarkoitetut koneet, jotka ovat toiminnaltaan lähes samanlaisia, mutta linjanopeudeltaan nopeimpia. Tässä työssä käsitelty viilunpinkkaaja on kuivaviilunpinkkaaja.

3.2 Viilunpinkkaajan toiminta

Viilunpinkkaajassa viilu kulkee pinkkaajan alapuolella, ja se on toteutettu käyttämällä hammashihnoja ja imua. Imun muodostavat pinkkaajan ontto rakenne sekä puhaltimet, jotka on sijoitettu pinkkaajan päälle. Puhaltimien pyöriessä muodostuu alipaine, jonka avulla viilu pysyy pinkkaajan imussa, ja sitä on mahdollista liikuttaa vapaasti haluttuun määränpäähän. Erilaiset viilutyypit tarvitsevat eritehoisen imun, ja puhaltimen tehot ovatkin yleensä säädettävissä käyttöliittymästä. Imun säädettävyyden mahdollistaa pinkkaajien puhaltimissa käytetyt taajuusmuuttajat. Kuviossa 1 viilu on tulossa pinkkaajalle, missä se siirtyy pinkkaajan omille hihnoille ja jatkaa matkaansa imussa pinkattavaan lokeroon.



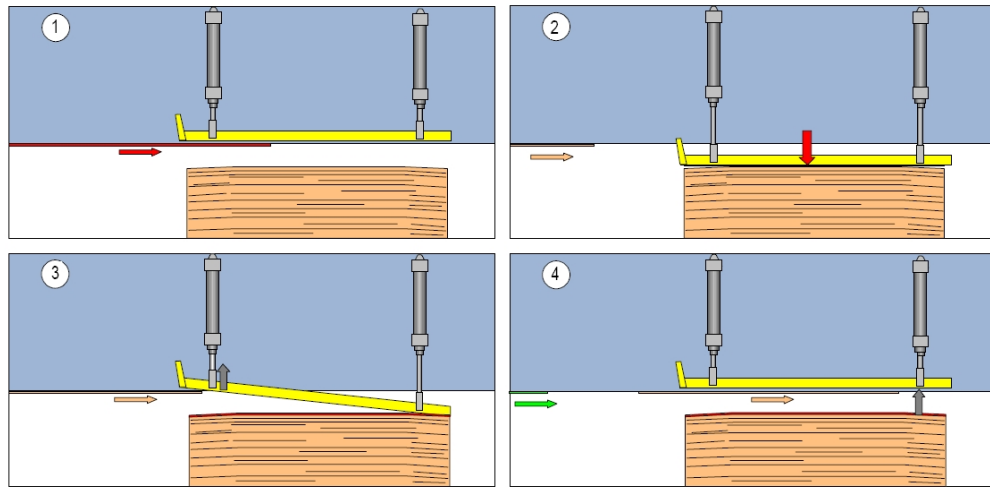
KUVIO 1. Viilu siirtyy pinkkaajan alussa imuun, minkä jälkeen se pinkataan kohdelokeroon (Raute Oyj 2009b)

Viilut pinkataan lokeroihin, jotka on ennalta valittu ohjelmallisesti tai operaattorin mukaan. Käyttöliittymissä viilunpinkkaajan resepteihin asetetaan viilujen mitat ja kosteudet, joiden mukaan viilut voidaan lajitella omiin lokeroihinsa. Lajitteluun viilunpinkkaajassa käytetään konenäköä. Lokeroita voi olla pinkkaajasta riippuen useita. Yleensä niitä on kuitenkin vähintään kaksi, jotta viilujen lajittelu olisi mahdollista.

Pinkkaustapahtuma toteutetaan yleensä 2–4 aisalla, joiden molemmissa päissä on paineilmasylinterit. Viilunpinkkaajan aisojen määrä määräytyy suunnitteluvaiheessa pinkattavan tuotteen maksimileveyden ja -pituuden mukaan, mikä vaikuttaa myös pinkkaajan leveyteen. Viilun tullessa ennalta (käsien tai ohjelmassa) valitun lokeron kohdalle aisat iskevät sen pois imusta lokeron alla olevalle nostolavalle (kuvio 1, alakulma). (Raute Oyj 2009b.)

Kuviossa 2 on esitetty pinkkaustapahtuma vaiheittain yhden lokeron näkökulmasta. Lokeroon merkattu viilu on tulossa, jolloin se lyödään pinkkaan lokeron kohdalla. Aisat nousevat ja palautuvat yläasentoon ensin lokeron etupäästä, jotta seu-

raavana imussa tuleva viilu ei törmäisi aisoihin. Viilut, jotka tulevat peräkkäin, voivat myös mennä eri lokeroihin, minkä vuoksi aisojen palautuksen on oltava nopeaa. (Raute Oyj 2009b.)



KUVIO 2. Pinkkaustapahtuma vaiheittain viilun tullessa lokeron kohdalle (Raute Oyj 2009b)

3.3 Kuivapinkkaajan ohjelman peruseriaate

Pinkkaajan ohjelman toiminta perustuu käytännössä pinkkaajan alussa oleviin 1–3 valokennoon sekä lokeroiden aisojen ja pulssianturin toimintaan. Normaaliassa kuivapinkkaajassa luetaan pinkkaajan alun valokennoja, joiden mukaan alkaa askellus lokeroihin. Askellusmatka kuhunkin lokeroon syötetään yleensä suoraan datablockiin tai käyttöliittymän kautta. Alkupään valokennoilla lasketaan myös viilussa olevia reikiä, minkä avulla tiedetään, onko samainen viilu vielä kennojen alla. Reikälaskurin tarkoitus on suodattaa valokennoille osuvat reiät tai oksakohdat. Reiän maksimikoko asetetaan ohjelmaan käyttöliittymän kautta, ja kun reiän maksimikoko ylittyy, lasketaan viilu loppuneeksi. Reikälaskurin avulla voidaan siis tarkastella, onko kyseessä sama viilu, uusi viilu vai onko kohdalla väli. Vaikka anturit ja toimilaitteet ovat suhteellisen yksinkertaisia, pinkkaajan ohjelmointi on haastavaa. Haastavaa ohjelmoinnista tekee se, että pinkkaajan alla voi olla useita viiluja samanaikaisesti menossa samaan tai eri lokeroon. Tämän takia pinkkaajassa käytetään siirtorekistereitä. (Laine 2009; Hyysti 2009.)

Valokennojen luku tapahtuu myös hardware-keskeytyksessä. Ohjelmassa hardware-keskeytys tulee jokaisella pulssianturin pulssin nousevalla reunalla, jolloin keskeytyksessä määritetty OB luetaan. OB sisältää kutsun FB:hen, jossa luetaan joikaista käytössä olevaa alkupään valokennoa, joilla viilun leveyden mittausta toteutetaan. Samassa FB:ssä asetetaan myös askellusmatka siirtorekisterin pesään. Arkin mittaustuloksesta tieto laitetaan pääohjelmalle ja viilutiedot tallennetaan siirtorekisterin ensimmäiseen vapaaseen pesään. Siirtorekisteri hakee tiedon askellusmatkasta ja lokeroista, johon kyseinen viilu tulisi pinkkata. Pinkkaaminen tapahtuu aina kun askellusmatka jossain pesässä on mennyt nolleen. Askellusmatka voi olla erilainen pinkkaajan vasemmalla ja oikealla puolella, jos viilu on tullut vinoon pinkkaajan alkuun. Tällöin pinkkauksen toisen puolen aisa lyö hieman myöhemmin, mikä myös suoristaa viilun. Siirtorekisterissä pesiä tulee olla vähintään yhtä monta kun viiluja voi olla matkalla lokeroon. Tämä riippuu pitkälti pinkkaajan pituudesta ja lokeroiden lukumäärästä. (Laine 2009; Hyysti 2009.)

Pinkkaajan ohjelma on tehty pääsääntöisesti STL-ohjelmointikielellä, siirtorekisterin ja laskufunktioiden käytön vuoksi. Perusasiat, kuten moottori ja aisojen ohjaukset, ovat kuitenkin yleensä tehty LAD-ohjelmointikielellä.

4 PROFINET-KENTTÄVÄYLÄ

Kenttäväylällä mahdollistetaan I/O:n hajautus kentälle kohteissa, joissa on paljon tuloja ja lähtöjä tai jotka on hajautettu suurelle alueelle. Kenttäväylällä säästetään kaapelointia ja sen aiheuttamia kustannuksia. Väyläkaapelointi tapahtuu yleensä parikaapelilla tai Ethernet-kaapeloinnilla.

PROFINET on teollisuuden kehitetty Ethernet-standardi, jolla voidaan yhdistää kenttätason laitteet suoraan tuotannonohjaustasolle. PROFINET käyttää TCP/IP:tä parametroiintiin, konfigurointiin ja diagnostiikkaan. PROFINETIN tarkoitus on toteuttaa samassa väylässä aikaisemmat Ethernet- ja PROFIBUS-sovellukset. PROFINET hyödyntää samaa kaapelia reaaliaikaiseen kommunikointiin ja prosessitiedon siirtoon. (Siemens Osakeyhtiö 2009a.)

PROFINETissä käytettäviä laitteita:

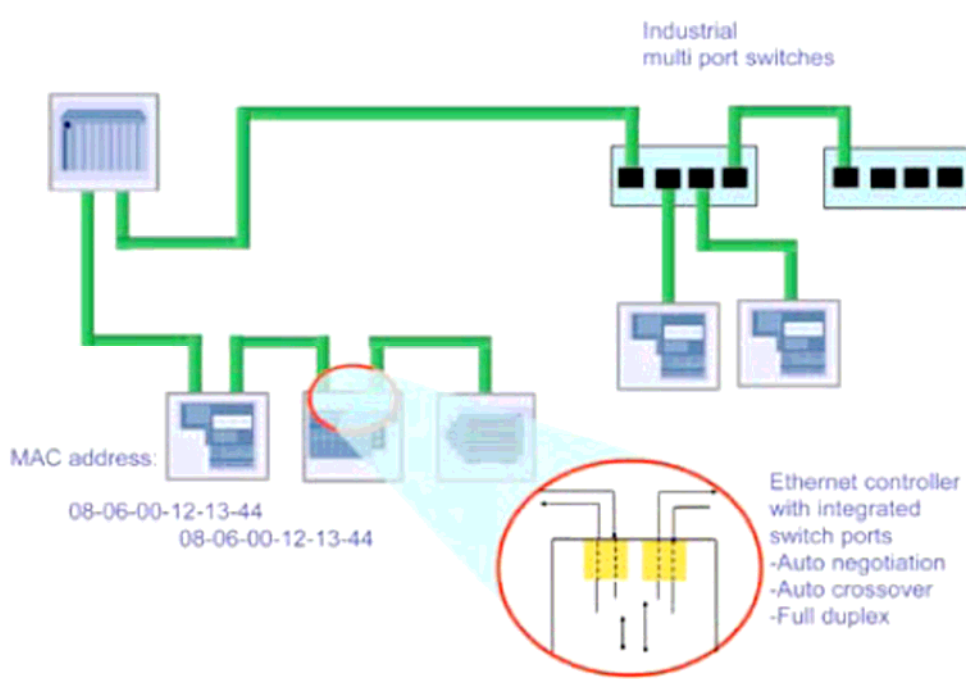
- PROFINET IO -ohjain (IO-Controller)
- PROFINET IO -laite (IO-Device)
- PROFINET IO -valvoja (IO-Supervisor)
- paneelit, valvomot yms.
- ohjelmointilaite (PC, jossa on ohjelmointityökalu) .

4.1 PROFINET-väylätekniiikan edut suhteessa muihin väyläteknikoihin

PROFINET-väyläteknikalla pystytään toteuttamaan luokituksesta riippuen aika-kriittisiä kokonaisuuksia, joissa kenttäväylän kiertoaajat saadaan pudotettua jopa 250 mikrosekuntiin. Suurimpia etuja väylän nopeuden lisäksi on liitettävyyys tuotannonohjaustasolle sekä reaaliaikainen kommunikointi. PROFINET I/O:n suurimpia eroja aikaisempaan PROFIBUS DP:hen on se, että ohjain ei kysele erikseen väylälaitteiden tulojen tilatietoja, vaan väylälaitteet lähettävät ne ennaltamää-

riteltyinä sykleinä. Tällä tekniikalla vältetään tiedon yhteentörmäykset, ja se mahdollistaa nopean reaaliaikaisen kommunikoinnin. (Siemens Osakeyhtiö 2009b.)

PROFINET-kenttäväylä on integroitavissa muihin kenttäväyliin ilman suuria muutoksia. PROFINETin kautta voidaan integroida teollisuuden tarpeisiin kaikki tarvittava laitteisto. Suunniteltaessa PROFINET-pohjaisia automaatiolaitteistoja voidaan joustaa verkkotopologiassa muita väyläratkaisuja enemmän. Esimerkiksi kaikkia väylään kytkettäviä laitteita voidaan komponenteista riippuen kytkeä sarjaan tai vaikka erillisen verkkokytkimen kautta. Kuviossa (kuvio 3) on esitetty PROFINET-väyläratkaisu, jossa osa kenttälaitteista on kytketty sarjaan ja osa verkkokytkimien kautta. (Siemens Osakeyhtiö 2009b.)



KUVIO 3. Malli I/O-kenttäväylästä (Siemens Osakeyhtiö 2009b)

4.2 PROFINET-reaaliaikakommunikointiluokat

PROFINET-reaaliaikakommunikointiluokat on jaettu kolmeen eri kategoriaan nopeuden mukaan. Luokka 1 on hitain ja luokka 3 nopein. Seuraavaksi käydään läpi eri luokitukset ja luokkien väliset erot.

4.2.1 Luokka 1: PROFINET (RT)

Real-Time (RT) -luokka on niin sanottu softareaaliaikasuusluokka, joka vastaa nopeudeltaan nykypäivän PROFIBUS-kenttäväylää. Se on PROFINET-kenttäväylässä prioriteetiltaan korkeammalla etusijalla kuin tavallinen ei-syklinen (NRT, Non Real Time) kommunikointi. Luokan 1 kanssa käytetään Ethernet-kytkimiä, jotka tukevat eri tärkeysluokkia nopean kommunikoinnin varmistamiseksi. Luokan 1 profinetilla päästään 1...10 millisekunnin vasteaikoihin. Tätä kommunikointityyppiä voidaan käyttää tehtaiden automaatiosovelluksissa normaaliin prosessidatan käsittelyyn. Luokkaa 1 käyttäessä ei hardware-konfiguroinnissa tarvitse määrittää verkon topologiaa ja sanomien sisäinen käsittely on optimoitu itse PROFINET-laitteessa.

4.2.2 Luokka 2: PROFINET IRT High flexibility

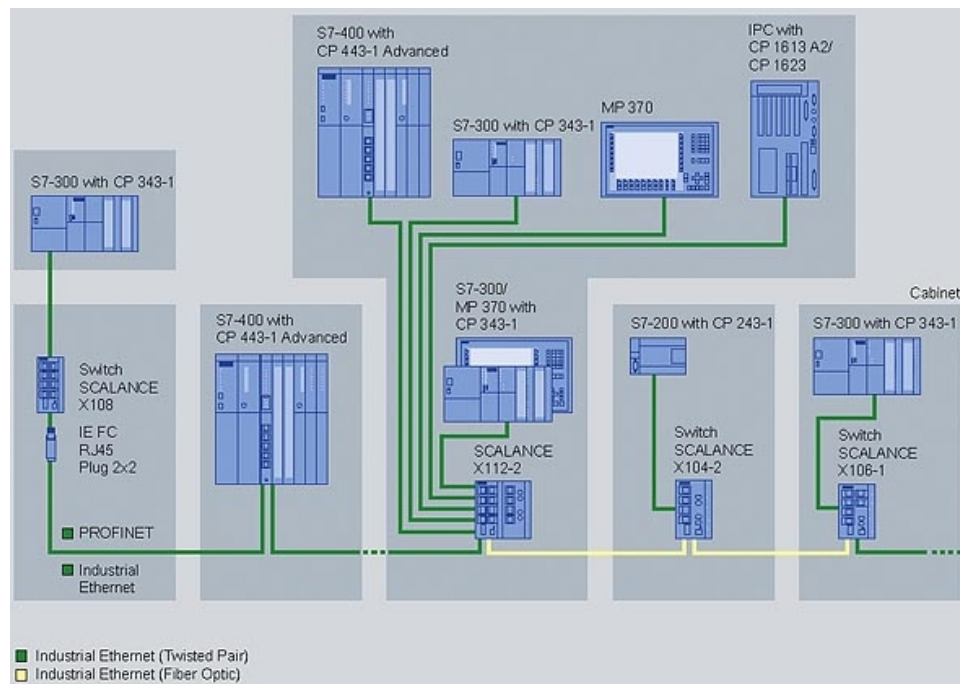
Isochronous Real-Time (IRT) -luokka eroaa ensimmäisen luokan laitteista nopeudellaan, ja sillä voidaan päästä jopa 0.25...1.0 millisekunnin vasteaikoihin. IRT-luokassa tarvitaan Siemensin omia erikoiskytkimiä, joilla mahdollistetaan nopeampi ja tarkempi vasteaika. IRT-syklissä tieto siirretään suoraan kytkimen läpi ilman tiedon puskurointia. Komponentteja, jotka tukevat IRT-moodia pystytään käyttämään hyvinkin aikakriittisissä sovelluksissa. Tätä kommunikointiluokkaa käyttäessä tarvitsee hardware-konfiguroinnissa valita ”sync master”, joka synkronoi kommunikoinnin väylässä. ”Sync masterina” toimii esimerkiksi logiikan CPU tai kommunikointiprosessori, jolloin muut PROFINET-laitteet toimivat ”sync slaveina”. Masterin on myös tuettava kyseistä IRT-moodia. RT-

kommunikointi kulkee samassa kaapelissa, mutta sillä ei ole vaikutusta IRT-kommunikoinnin vasteaikoihin.

4.2.3 Luokka 3: PROFINET IRT High performance

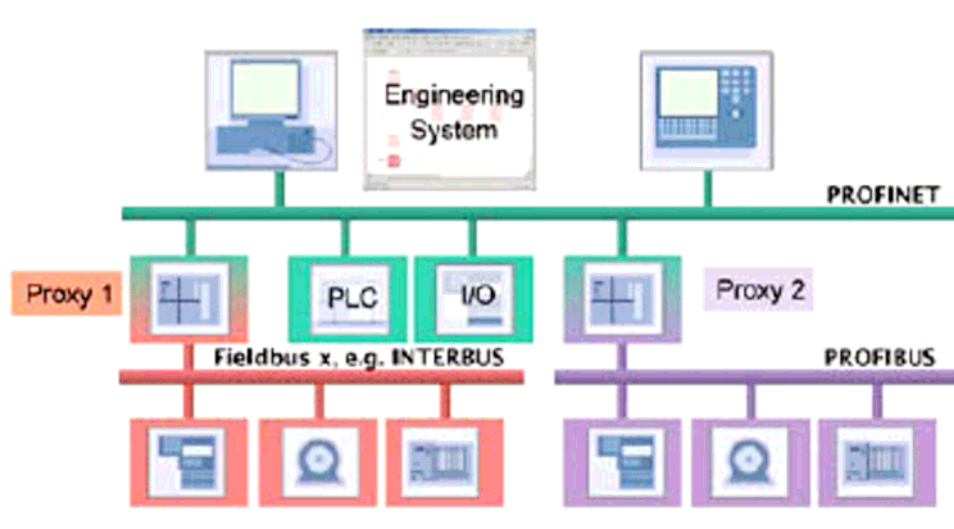
Luokka 3 toimii käytännössä samalla tavalla kuin luokka 2, mutta lisäksi luokan 3 väyläratkaisuissa täytyy konfiguroida koko verkkotopologia. Topologian avulla voidaan optimoida kommunikointisykli vielä paremmin kuin luokassa 2.

Kuviossa (kuvio 4) on graafinen kuva, johon on muodostettu tehtaan verkkotopologia. Siinä on käytetty IRT- sekä RT-luokan PROFINET-tekniikka. Kytkimien kautta voi väylään liittää useita hajautuksia ja logiikoita.



KUVIO 4. Esimerkki tehtaan verkkotopologiasta (Siemens, Automation and Drives 2009)

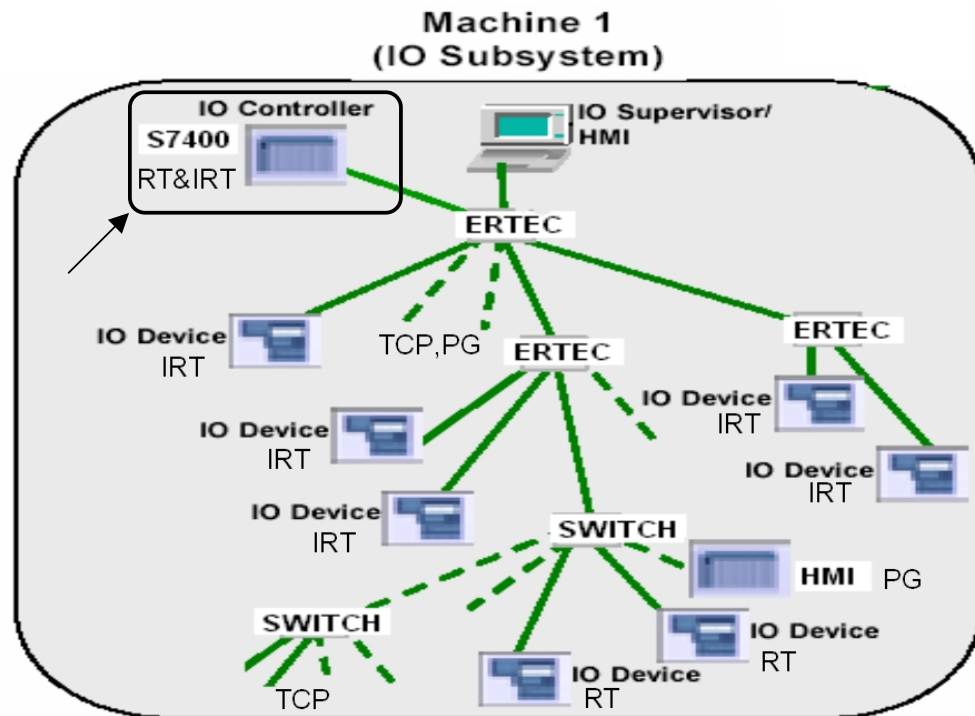
Kuvion 5 taulukosta nähdään, kuinka Fieldbus ja PROFIBUS voidaan integroida PROFINET-kenttäväylään sijoittamalla välityspalvelin (proxy) eri väylätekniikoiden väliin.



KUVIO 5. PROFIBUS ja Fieldbus integroituna PROFINET-järjestelmään proxyn avulla (Siemens Osakeyhtiö 2009b)

4.3 PROFINET-komponenttien valinta projektiin

PROFINET-komponentteja valittaessa tulee ottaa huomioon komponenttien tukevat kommunikointiluokat. Tärkeimpänä on CPU:n valinta, jota käytetään PROFINET-sovelluksissa IO-controllerina. IO-controllerin tulee tukea käytettävien kenttälaitteiden kommunikointiluokkaa. Vaihtoehtoisesti controllerina voivat toimia myös kommunikointiprosessori (CP) tai Siemensin omat erikoisverkkokytkimet. Kuviossa 6 esitetyssä PROFINET-kaaviossa esiintyvä IO-controller tukee sekä RT- että IRT-kommunikointia, jolloin väylään voidaan liittää molemman tyyppin kenttälaitteita. Vanhemmissa PROFINET-CPU:ssa tuki löytyy yleensä vain synkronoimattomaan RT-kommunikointiin, jolloin väylään ei ole mahdollista liittää IRT-luokkia tukevia komponentteja. Joissakin kenttäväylähajautuksissa on integroituna kytkin, jota voidaan käyttää komponenteista riippuen kaikissa PROFINET-kommunikointiluokissa.



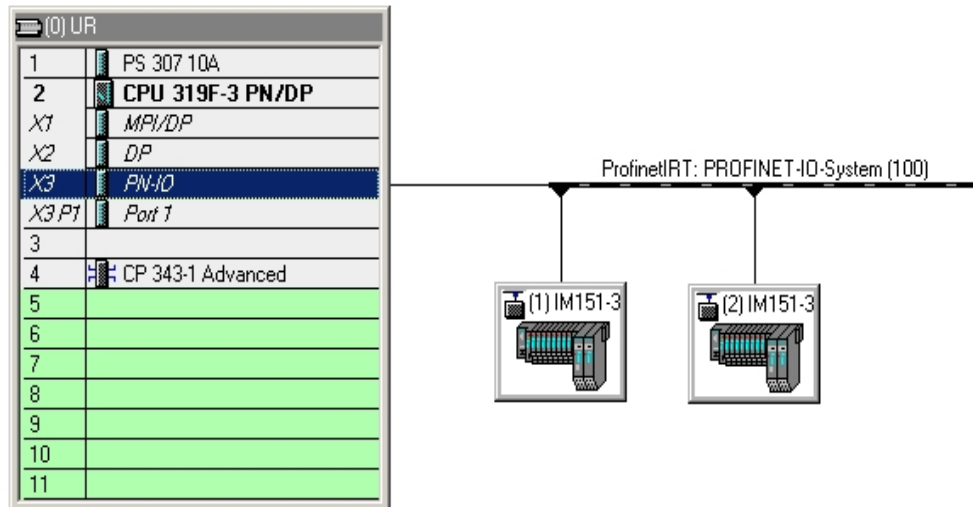
KUVIO 6. PROFINET-kaavio RT/IRT (Siemens Osakeyhtiö 2009b)

4.4 Hardware-konfigurointi

Konfigurointi on tärkein osa-alue koko laitteiston toiminnan kannalta, ja se tehdään aina ensimmäisenä suunnittelua aloitettaessa. Konfiguroinnin yhteydessä keskusyksikölle (CPU) kerrotaan, millainen kokoonpano on kyseessä ja millaisia laitteita väylässä on. Konfiguroinnissa väylässä oleville hajautusyksiköille tai toimilaitteille määritetään myös osoitteet, jotka riippuvat väylän tyypistä.

Hardware-konfigurointi PROFINET-pohjaisessa ratkaisussa eroaa hieman tavallisemmin käytetystä PROFIBUS-pohjaisesta ratkaisusta. Konfiguroinnissa PROFINET-komponenteille annetaan normaalit IP-osoitteet ja laitenimet, joiden avulla keskusyksikkö osaa kommunikoida väylässä olevien laitteiden kanssa.

Kuviossa (kuvio 7) on Siemens S7-Manager -ohjelmiston näkymä PROFINET-väyläkonfiguraatiosta, jossa on käytetty kahta logiikan (IM 151-3) hajautusyksikköä. PROFINET-väylä muodostetaan kohdan PN-IO asetuksista.



KUVIO 7. Hardware-konfiguraatio PROFINET-väylällä

4.5 PROFINET-väyläkonfigurointi

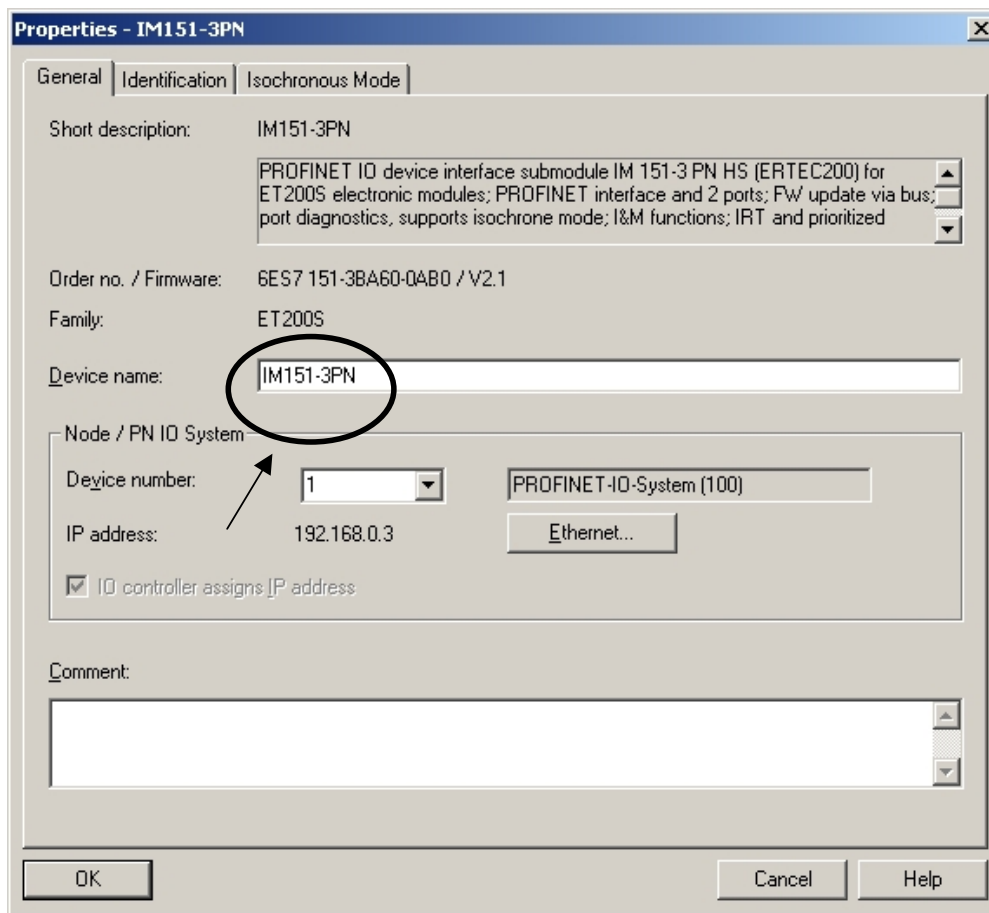
PROFINET-väyläkonfigurointi aloitetaan asettamalla väyläkomponenteille halutut IP-osoitteet ja laitenimet. Kyseisten tietojen avulla keskusyksikkö saadaan kommunikoimaan kommunikointiprosessorin ja väylässä olevien laitteiden kanssa.

Konfiguraatiossa määritetyt IP-osoitteet ja laitenimet ladataan hajautusyksiköihin ja väylälaitteisiin suoraan Ethernet-kaapelilla, tai vaihtoehtoisesti muistikorttia tukevilla laitteilla voidaan tallentaa laitteen tiedot muistikortille, joka voidaan laittaa haluttuun yksikköön. Muistikortilla varustetun laitteen voi helposti vaihtaa uuteen vaihtamalla vain komponentti, jolloin konfigurointitiedot säilyy muistikortilla ja uudelleenkonfigurointia kyseiselle laitteelle ei tarvita. Laitetta korvattaessa on väylälaitteen kuitenkin oltava identtinen korvattavan komponentin kanssa.

IP-osoite määritetään hardware-konfiguroinnissa laitteen asetuksista, joihin myös asetetaan haluttu laitenimi ja numero. Jokaisen väylässä olevan laitteen tiedot on myös tallennettava itse laitteeseen ennen kuin hajautusyksikkö tai muu vastaava väylässä oleva toimilaite alkaa kommunikoida keskusyksikön kanssa. Kuviossa 8 on määritetty uusi laitenimi hardware-konfiguraatioon, ja kuviossa 9 samainen

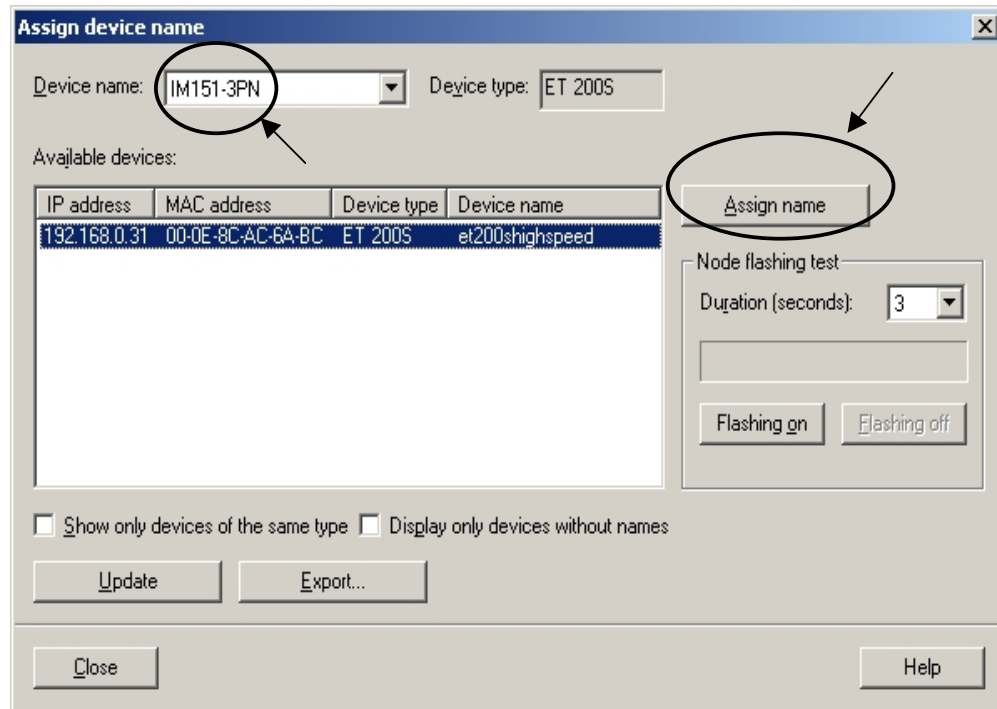
laitenimi päivitetään suoraan hajautusyksikköön. Uusi laitenimi korvaa vanhan, jolloin keskusyksikkö voi tunnistaa väylälaitteen.

Kuviossa 8 on esitetty hajautusyksikön (IM151-3PN) asetusvalikko, josta voidaan määrittää väylälaitteen tiedot muun muassa tunnistamista varten. Jos laitenimeä muutetaan väyläkonfiguraatiossa, se on tallennettava myös itse laitteeseen.



KUVIO 8. IP-osoitteen, laitenimen ja laitenumeron määrittäminen konfiguraatioon

Kuviossa 9 esitetyssä asetusikkunassa hajautusyksikön laitenimi eroaa hardware-konfiguroinnissa annetusta nimestä, jolloin IO-controlleri ei tunnista väylässä olevaa laitetta. Uuden nimen asettaminen tapahtuu valitsemalla listasta haluttu laite ja nimeämällä (Assign name) se uudestaan.



KUVIO 9. Laitenimen tallennus Ethernet-kaapelilla suoraan hajautusyksikköön

4.5.1 RT- ja IRT-luokan määrittäminen

Väylän toiminta vaatii PROFINET-luokan määrittämisen projektissa. PROFINET-luokka määreytyy väylässä käytettävän IO-controllerin ja komponenttien mukaan. Näistä tärkeimpänä on keskusyksikkö, joka yleensä toimii IO-controllerina. Väylässä olevat laitteet voidaan määrittää toimivaksi joko IRT- tai RT-luokassa IO-controllerin tukeksi kaikkia luokkia. IRT-luokka onkin valittavissa ainoastaan silloin kun controlleri sitä tukee. Ilman oikeaa PROFINET-konfiguraatiota ei projektia voi myöskään tallentaa tai ladata logiikalle. Oletuksena S7-Manager-ohjelmisto antaa luokan RT (not synchronized), joka on PROFINET-luokista hitain vaihtoehto.

4.5.2 IRT-konfigurointi ja verkkotopologia

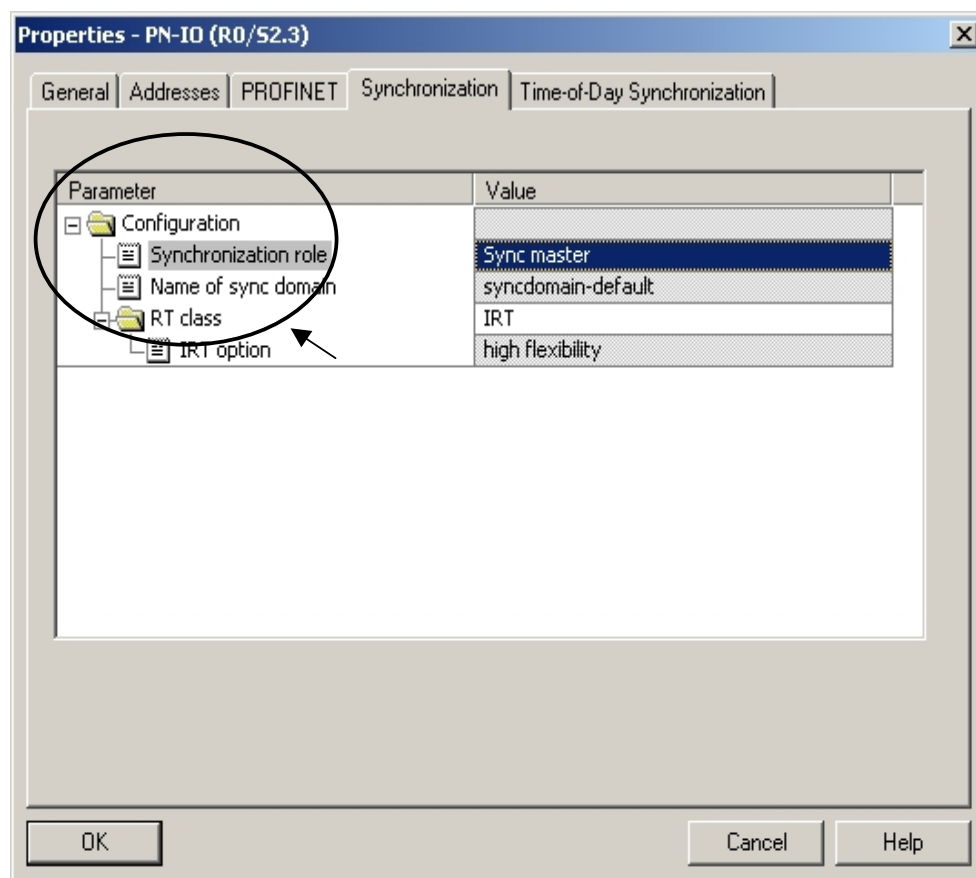
Aikakriittisiin sovelluksiin, joissa tarvitaan nopeaa ja tarkkaa vasteaikaa, on syytä käyttää IRT-luokkia. Konfiguroinnissa valitaan IO-controlleri toimimaan synkronointimasterina, jolloin muut väylässä olevat laitteet ovat automaattisesti orjia (sync slave). Jokaisessa PROFINET-laitteessa löytyy oma PROFINET-asetusikkuna, josta on mahdollista muuttaa synkronointiasetuksia. Synkronointiasetuksista löytyvät niin luokan kuin synkronoinnin tyyppi. Väylän vasteaika on vakiona 1 millisekunti myös IRT-luokkia käytettäessä ja se tulee vaihtaa pienemmäksi tarpeen mukaan.

Synkronointiasetukset ovat myös nähtävissä ja muutettavissa Domain Managementin (kuvio 11) kautta. Isoissa projekteissa, joissa väylään kuuluu lukuisia laitteita, on tätä kautta helpoin seurata, missä laitteissa ja millä vasteajalla kukin laite toimii.

Määrittäessä nopeinta mahdollista PROFINET-väylää on lisäksi määritettävä verkon topologia. Topologia voidaan helpoiten määrittää topologiaeditorilla, jossa valitaan kommunikointipari jokaiselle laitteelle. Parin valitseminen onnistuu piir-

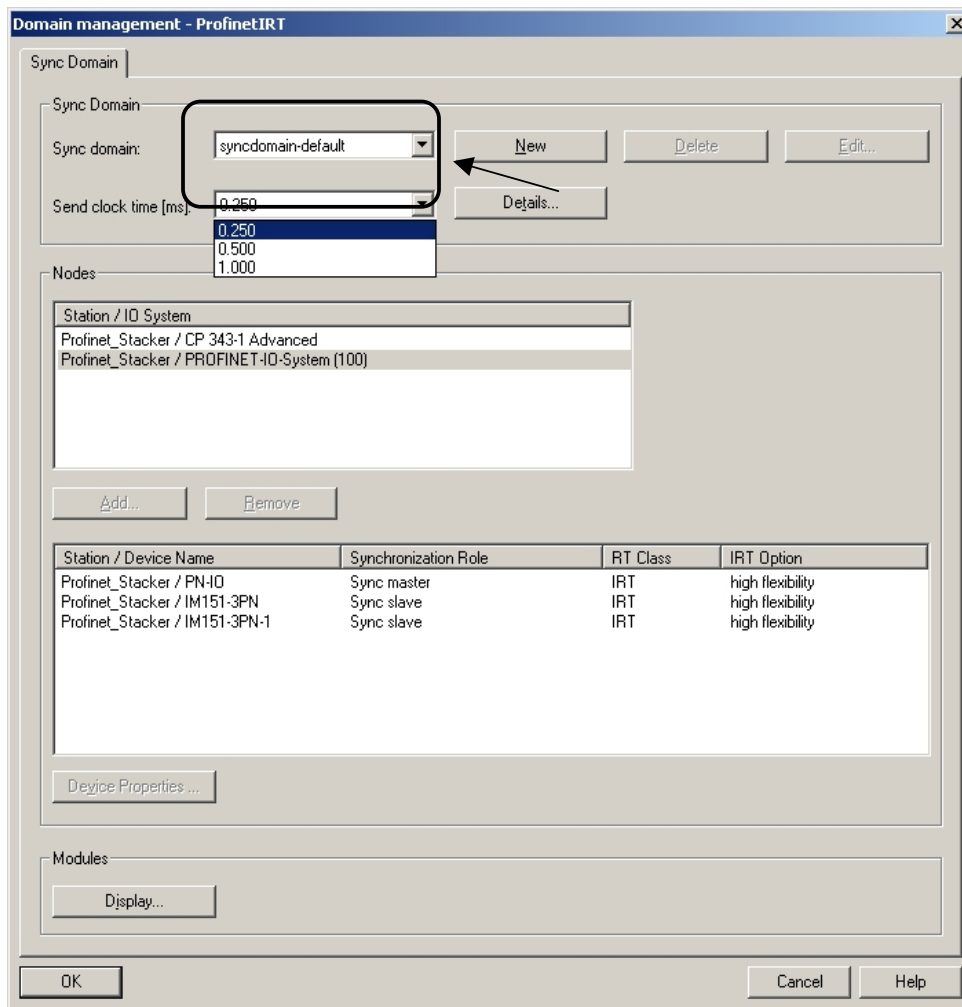
tämällä graafisesti (kuvio 12) tai jokaisen väylässä olevan laitteen asetuksista. Asetuksissa voidaan määrittää myös kaapelin pituus, jonka mukaan määräytyy myös signaaliviive väylässä.

IO-controllerin synkronointiasetukset voidaan määrittää synkronointivälilehdellä (synchronization) PN-IO asetuksista. IO-controlleri toimii oletuksena ”sync masterina”. Kommunikointiluokkaa voidaan vaihtaa samaisen välilehden kohdasta RT class. IRT option -kohdassa valittavana voi myös olla high performance, jos kyseinen laitekokonaisuus tukee nopeinta PROFINET-luokitusta.



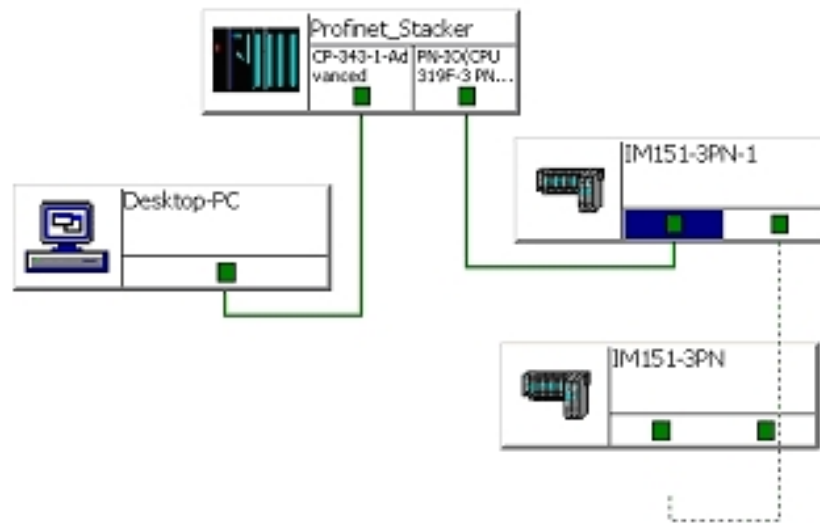
KUVIO 10. IO-controllerin synkronointiasetukset

Kuviossa (kuvio 11) on domain managementin pääikkuna, jossa voidaan tarkastella väylässä olevien laitteiden synkronointiasetuksia. Asetussivulta löytyy myös vasteajan (send clock time) määrittäminen, jota voi muuttaa, jos kysessä on IRT-luokan laite.



KUVIO 11. Vasteajan ja synkronoinnin määrittäminen domain managementissä

Topologian määrittäminen piirtämällä onnistuu vetämällä halutut laiteparit yhteen halutusta portista. Kuviossa (kuvio 12) portteja kuvaavat vihreät neliöt laitteen alapuolella. Graafinen topologian määrittäminen on helpoin ja selkein tapa määrittää verkkotopologiaa, jossa laitteita on useampia.



KUVIO 12. Topologian määrittäminen graafisessa tilassa piirtämällä

5 TESTAUSMENETELMÄT

5.1 Käytettävät ohjelmat ja laitteet

PROFINET-väylän nopeuden todentamiseen ja tekniikan soveltuvuuden testaamiseen Rauten kuivapinkaajaan käytettiin useita PC-ohjelmia ja erilaisia testauskoonpanoja.

Projektissa käytetty fyysinen laitteisto:

- Siemens PS307 /10A -virtalähde
- Siemens S7-300 CPU 317-2 PN/DP (RT) -keskusyksikkö
- Siemens S7-300 CPU 319-3F PN/DP (IRT) -keskusyksikkö
- Siemens Simatic Net CP343-1 IT Advanced -kommunikointiprosessori
- Siemens ET 200S IM151-3 PN High Speed -logiikan hajautus
- Siemens ET 200S IM151-1 DP Standard -logiikan hajautus
- Trio AG203 -pulssigeneraattori
- TiePie engineering Handyscope HS4 PC -oskilloskooppi
- Simatic USB-PROMMER
- HP nw 8440 -tietokone.

Projektissa käytetyt PC-ohjelmistot:

- Siemens Simatic manager v5.4 + SP4 -ohjelmointityökalu
- TiePie engineering Handyscope HS4-5 v2.88
- IrfanView v3.98 -kuvankaappaus/käsittely.

5.2 PROFINET-väylän nopeuden testaus

Aikaisemman ohjelmointitavan ja väylätekniiikan takia pinkkaajan ohjelmointi on täytynyt toteuttaa logiikan hardware-keskeytyksellä. Uudemman PROFINET-

tekniikan soveltuvuutta nopeuden ja toistettavuuden osalta testattiin erilaisilla kokoonpanoilla, joissa käytettiin vertailukohteena PROFIBUS-kenttäväylyä ja suoraa I/O:ta.

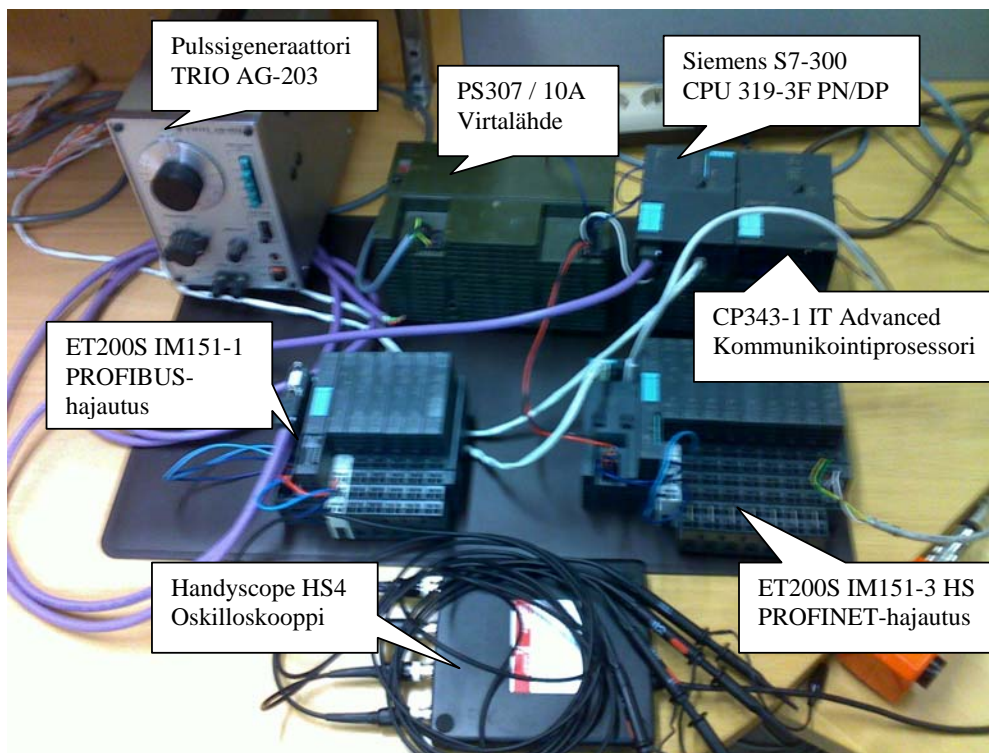
Testaus toteutettiin yksinkertaisella ohjelmalla ohjaamalla logiikan lähtöjä samanaikaisesti niin suoraan logiikasta kuin PROFINET- ja PROFIBUS-väylistä. Logiikan lähtöjä asetettiin päälle logiikan kellopulsseilla ja käyttämällä ulkoista pulssigeneraattoria. Pulssigeneraattoria käytettäessä 24 V -pulssi oli kytketty logiikan tuloon. Logiikan lähtöjä ohjattiin ohjelmallisesti päälle aina kun logiikan tulo havaitsi pulssin. Tällä tavoin pystyttiin todentamaan väyliä vastajat verrattuna suoran I/O:n vasteaikaan.

Vasteajan mittaukseen käytettiin PC-pohjaista oskilloskooppia, joka antoi selkeät kuvaajat, joita analysoimalla saatiin tietoa eri väylätekniikoiden ja PROFINET-luokkien todellisesta suorituskyvystä.

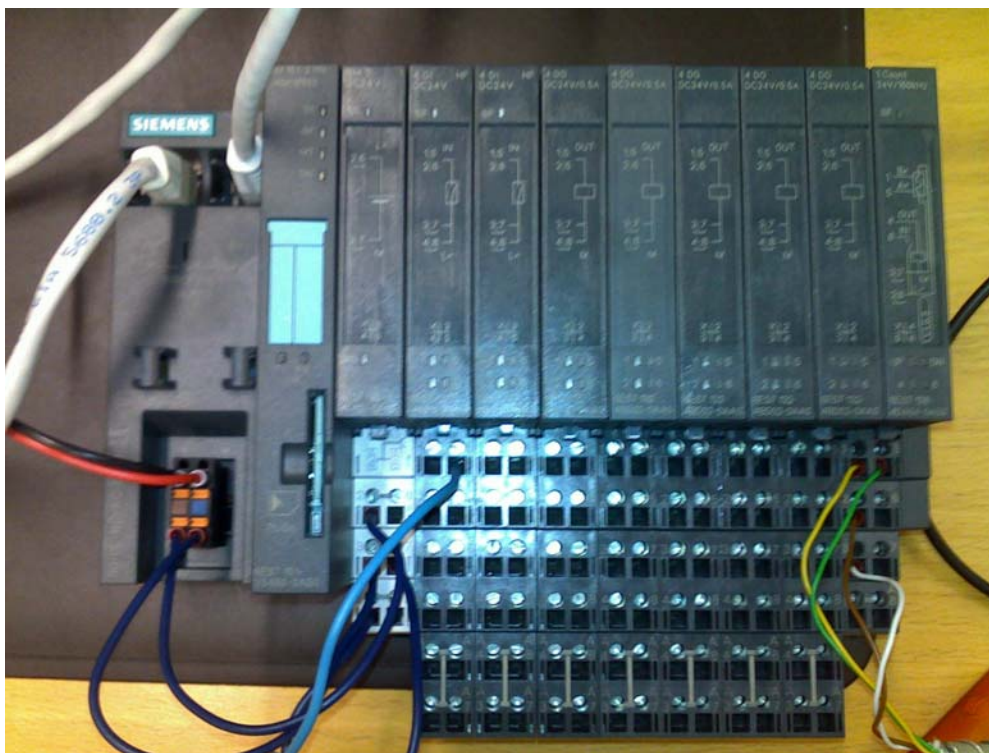
5.2.1 Testauskokoonpano

Testauskokoonpano rakennettiin yhdestä keskusyksiköstä, kommunikointi-prosessorista ja kahdesta logiikan hajautuksesta. Hajautusyksiköistä (ET200S) toinen oli konfiguroitu PROFINET-väylään ja toinen PROFIBUS-väylään. Vertailukohteena käytettiin logiikassa kiinni olevaa suoraa I/O:ta. Lisäksi kokoonpanossa käytettiin pulssigeneraattoria ja oskilloskooppia. Oskilloskoopin kanavat oli kytketty väylissä oleviin lähtöihin sekä logiikan suoraan lähtöön. Pulssigeneraattorin ollessa käytössä oskilloskoopin 4. kanava oli kytkettynä pulssigeneraattoriin. Oskilloskooppi oli PC-pohjainen, mikä oli kokoonpanon kannalta parempi kuvakaappauksen helppouden vuoksi. Oskilloskoopin säätö tapahtui siihen kuuluvan ohjelmiston avulla.

Testauskokoonpano selityksineen on esitetty kuviossa 13. Kuviossa (kuvio 14) on työssä käytetty logiikan hajautusyksikköä (IM 151-3 PN High Speed), joka sisältää kahden portin Ethernet-kytkimen.



KUVIO 13. Testauskoonpano ja laitteiden selitykset



KUVIO 14. ET200S HighSpeed Hajautusyksikkö 2-porttisella kytkimellä

5.2.2 Testausohjelma

Testausohjelma laadittiin pelkästään väylien ja suoran I/O:n vertailua varten, joten ylimääräinen ohjelmallinen kuormitus jätettiin pois. Ohjelman tarkoitus oli asettaa lähdöt päälle jokaisessa hajautuksessa sekä logiikan suorassa I/O:ssa jokaisella pulssilla, jonka logiikalla muodostettu kellopulssi tai pulssigeneraattori antaa.

Siemens S7-300 -sarjan logiikoilla kellopulssin tavun voi valita hardware-konfiguraatiossa logiikan asetuksista. Työssä määritetty tavu oli 2 (MB2), mikä tarkoittaa sitä, että jokaisella toisen tavun bitillä on oma pulssinsa. Erojen aikaansaamiseksi käytettiin tavun 1 bittiä 1 (M2.0), joka oli logiikalta tuleva nopein pulssi.

Taulukosta 1 on nähtävissä logiikan antamat kellopulssit. Taulukosta voidaan myös todeta, että tavun ensimmäisellä bitillä (M2.0) saatiin logiikalta työssä käytetty 10 pulssia (10Hz) sekunnissa.

TAULUKKO 1. S7-300 -sarjan logiikan sisäiset kellopulssit (Simatic manager 2009)

Period Duration

A period duration/frequency is assigned to each bit of the clock memory byte:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Period duration (s):	2	1.6	1	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1
Frequency (Hz):	0.5	0.625	1	1.25	2	2.5	5	10

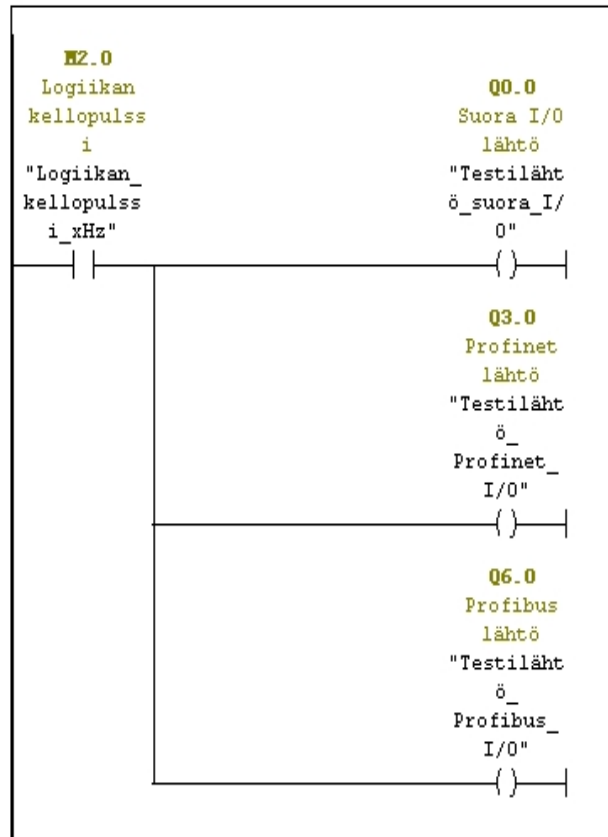
Toistettavuutta ja pulsseja kokeiltiin myös laittamalla kellopulssibitin tilalle logiikan nopea tulo, johon syötettiin 24 voltia pulssia pulssigeneraattorin avulla. Pulssigeneraattori oli mukana testissä, koska kuormitusta haluttiin kokeilla myös suuremmilla taajuuksilla, mikä ei logiikan omalla kellopulssilla ollut mahdollista. Kuviossa 15 on esitetty testauksessa käytetty yksinkertainen ohjelma, jossa käytettiin logiikan omaa kellopulssia.

FB10 : Title:

Pulssiohjelma

Network 1: Lähtöjen ohjaus

Logiikan suoran I/O:n ja väylän lähtöjen ohjaus jokaisella pulssilla.



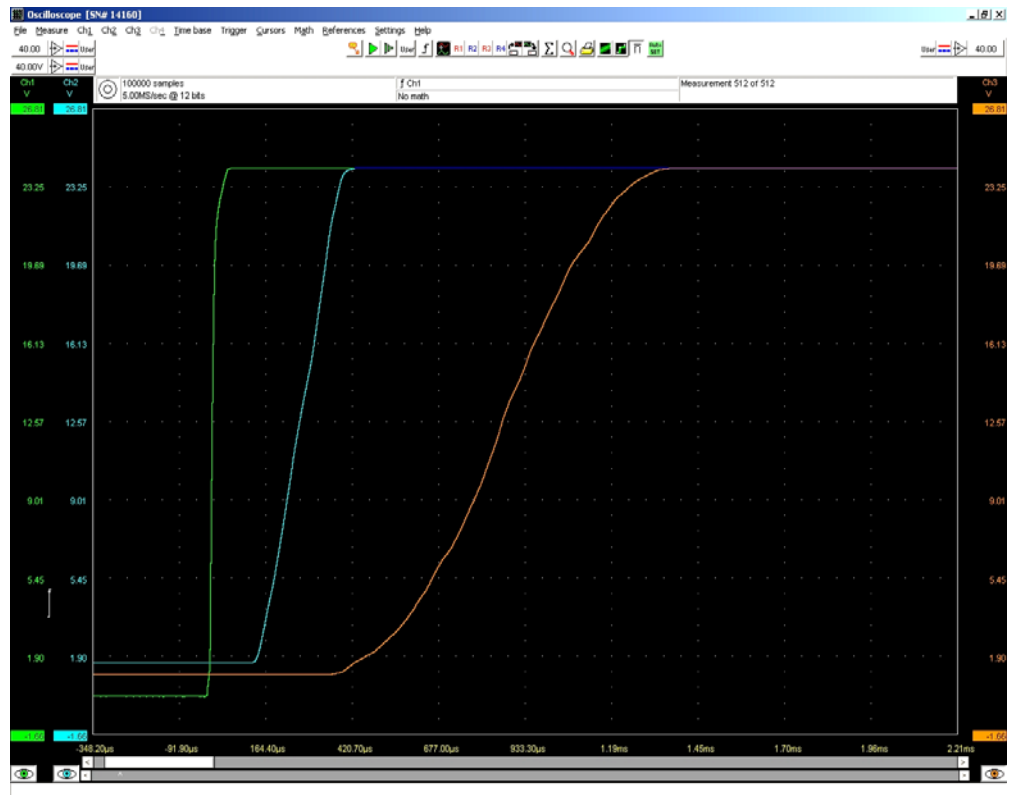
KUVIO 15. Testausohjelma logiikan kellopulssia käyttäen

6 TESTAUSTULOKSET

6.1 Väylien mittaustulokset

Ennen testausta oli tiedossa, että suora I/O olisi nopein vaihtoehto, johon muita väyliä verrattiin ja jolla viilunpinkkaajat on aikaisemmin toteutettu. Testauvaiheessa oskilloskoopilla tehtiin 512 toiston mittauksia, joista saatiin selville väylien huonoin ja paras vasteaika sekä keskimääräinen väylän vasteaika 512 mittauskerran perusteella. Myös suoran I/O:n vasteajan vaihtelu saatiin esiin käyttämällä ulkoista pulssigeneraattoria.

Kuviossa (kuvio 16) on oskilloskoopilta saadut käyrät 512 mittauksen tuloksista. Esittämissäni taulukoissa vihreä kuvaa suoraa I/O:ta, sininen PROFINETtiä ja oranssi PROFIBUS-väylää. X-akseli kuvaa aikaa ja Y-akseli jännitettä, joka nousee 24 volttiin lähdön mennessä päälle. Toistettavuus todettiin 512 mittauksen parhaan (min) ja heikoimman (max) vasteajan erotuksesta, jonka väliin muut mittaustulokset asettuivat.



KUVIO 16. 512 mittauksen yhteenvedo 50 Hz:n pulssituksella, tulokset graafisessa muodossa

6.1.1 Suora I/O

Kuviossa 16 on esitetty suoran I/O:n vasteaika vihreällä. Suoran I/O:n reagointi oli huonoimmillaan 58 mikrosekuntia ja parhaimmillaan lähes nolla, mikä sekin käytännössä muodostuu ohjelmakäskeyjen viemästä ajasta. Hyvän toistettavuuden vuoksi kuviossa esitetty käyrä on lähes kohtisuora ylöspäin. Mittauksien keskiarvoksi muodostui noin 5 mikrosekuntia, vaikka mediaani oli 29 mikrosekuntia. Kuviossa 16 olevan käyrän ollessa lähes kohtisuora ylöspäin voidaan myös todeta, että suoran I/O:n ollessa erittäin nopea on se myös toistettavuudeltaan erittäin hyvä.

TAULUKKO 2. Väylien vasteajat, min/max- ja keskiarvo

Viive / uS	Min.uS	Max. uS	Ka. uS
Suora I/O	0	58	29
Profibus	347	1341	844
Profinet	123	421	272

6.1.2 PROFIBUS

PROFIBUS-väylätekniikalla päästään yleisesti alle 2 millisekunnin vasteaikoihin, mutta PROFIBUS-väylän nopeuteen vaikuttaa huomattavasti myös väylässä olevien hajautuksien ja toimilaitteiden määrä. Testissä käytettiin yhtä logiikan hajautusyksikköä, joten ylimääräinen väylän pituudesta johtuva kuormitus jäi pois. Kuviossa 16 on esitetty PROFIBUS-väylä oranssilla käyrällä, ja kuten käyrän muodosta ja taulukon 2 min/max-arvoista näkee, sen toistettavuus on ollut noin 1 millisekunnin sisällä, mikä on huomattavasti muita heikompi. Taulukosta 2 nähdään, että parhaillaan väylän vasteaika on ollut 347 mikrosekuntia, joka on hyvä myös aikakriittisiin kohteisiin, mutta huonoimmillaan vasteaika on lähes 1,4 millisekuntia. Vasteajan keskiarvoksi 512 mittauksesta muodostui 844 mikrosekuntia. Kaik-

ki suoritettut mittaukset jäivät kuitenkin alle 2 millisekunnin, jonka valmistaja PROFIBUS-väylälle myös lupaa.

6.1.3 PROFINET

PROFINET-väylä oli tärkein testattavista väylistä, koska työn tarkoitus oli tutkia PROFINET-tekniikkaa ja sen soveltuvuutta Rauten valmistamaan viilunpinkkaajaan. PROFINET-väylää testattiin PROFINET-luokan 1 ja 2 laitteilla. Siemensin mukaan luokan 1 niin sanotulla softareaaliaikaisuusväyläkonfiguraatiolla päästään 1–10 millisekunnin vasteaikoihin, kun taas luokan 2 laitteilla päästään jopa 250 mikrosekuntin vasteaikoihin. (Siemens Osakeyhtiö 2009.)

Kuviossa 16 PROFINET on sinisellä käyrällä, ja mittauksessa on käytetty nopeaa PROFINET 2 -luokkaa, jossa verkkotopologia oli myös konfiguroitu. PROFINET 2 -luokkaa käytettäessä oli vasteaika parhaimmillaan 123 mikrosekuntia (taulukko 2), joka on huomattavasti alle valmistajan lupaaman 250 mikrosekuntin. Huonommassakin tapauksessa PROFINETin vasteaika oli vain 421 mikrosekuntia.

Toistettavuutta voidaan tarkastella käyrän jyrkkyydestä ja taulukon 2 min/max-arvojen erotuksesta, joka oli noin 300 mikrosekuntia. Taulukosta 2 voidaan nähdä, että PROFINETin vasteajan keskiarvo 512 mittauksella oli 272 mikrosekuntia, joka on vain hieman enemmän kuin valmistajan lupaama 250 mikrosekuntia.

Tuloksia tarkastellessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon väylän jatkuva kuormitus ja sen aiheuttama lisäviive. Ottaessa huomioon kuormituksen keston ja toistojen määrän vasteajat luokan 2 PROFINET-laitteilla ovat erittäin hyviä ja verrattavissa valmistajan lupaamiin vasteaikoihin.

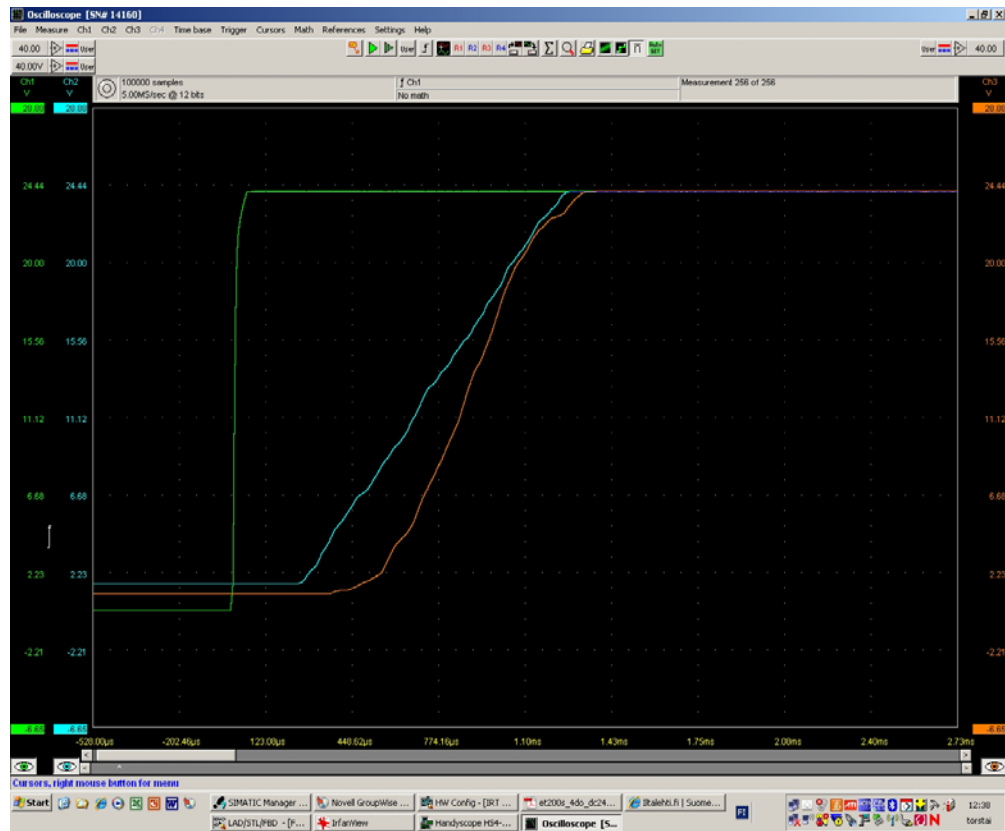
6.2 Yhteenveto mittaustuloksista

Tuloksista voidaan vahvistaa, että jo ennalta tiedetty suora I/O on kaikkein nopein vaihtoehto ja myös toistettavuudeltaan paras. Nopeampaa PROFINET-luokkaa käytettäessä PROFINET jää parhaillaan vain muutaman kymmenen mikrosekun-

nin päähän suoran I/O:n huonoimmasta vasteajasta, mikä on erittäin hyvin. PROFINET-luokan 2 väyläkonfiguraatio oli myös huonoimmillaan lähes yhtä nopea kuin PROFIBUS-väylä parhaimmillaan. Nopean PROFINET-luokan huonoin vasteaika, joka oli 421 mikrosekuntia, on myös hyvä ajatellen aikakriittisiä sovelluksia. PROFIBUS-väylän vasteajan heitellessä 0,35–1,5 millisekunnin välissä sen toistettavuus on heikko. Tästä syystä sen soveltuvuus on nopeaa ja tarkkaa paikoitusta vaativaan Rauten viilunpinkkaajaan PROFINET-väylää huonompi.

Tärkeimpänä nopeuden lisäksi oli vasteajan toistettavuus, kun pulsseja tuli 50 pulssia sekunnissa ja mittauksia tehtiin 512 kappaletta. Ylivoimaisesti paras toistettavuus oli suoralla I/O:lla. PROFINETin vasteajan toistettavuus luokan 2 PROFINETillä oli 300 mikrosekunnin sisällä, mikä oli yli kolmanneksen parempi verrattuna PROFIBUS-väylän 1 millisekuntiin.

Testauksessa kokeiltiin myös PROFINET-luokkaa 1, joka nopeimmillaan pystyi lähes luokan 2 vasteaikoihin, mutta huonoimmillaan nopeus oli PROFIBUS-väylän luokkaa. Kuviosta 17 voidaan nähdä kuinka luokan 1 PROFINETiä käytettäessä mittauksien keskiarvo on hyvin lähellä PROFIBUS-väylän tasoa.



KUVIO 17. PROFINET-väylän mittaustulokset PROFINET-luokkaa 1 käytettäessä

7 PROFINET-TEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN RAUTEN VIILUNPINKKAAJASSA

7.1 Hardware-keskeytyksen korvaaminen

Aikaisemmin Rauten pinkkaajassa on käytetty keskeytysohjelmointia pulssianturin lukemiseen, mikä on mahdollistanut pulssianturin tarkan lukemisen ilman häviäviä pulsseja ja suuria viiveitä. Seuraavissa luvuissa on käsitelty hardware-keskeytyksen korvaamista sekä keskeytyksen toteuttamista logiikan hajautusyksikössä.

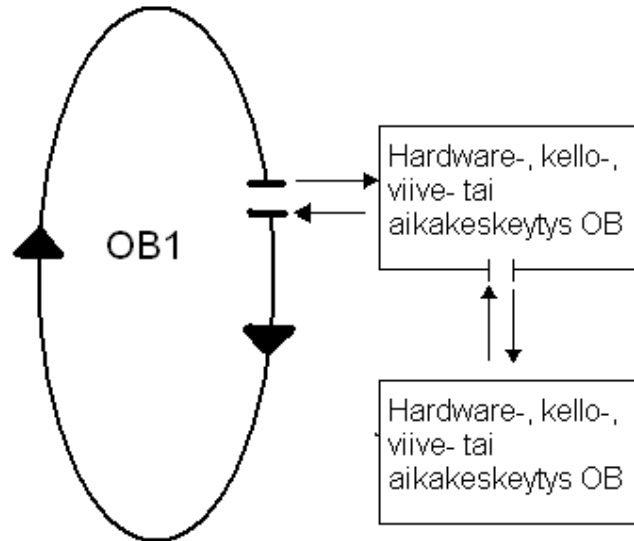
7.1.1 Syklisen ohjelman keskeytys

Pääohjelma OB1 on ohjelma, jota CPU käy jatkuvasti syklisesti läpi. Kun ohjelman sisällä kutsutaan toista OB:tä, keskeytyy syklinen ohjelmakierto, koska OB1:n prioriteetti on alhaisin organisaatioyksiköistä. Kaikilla muilla OB:llä voidaan näin ollen keskeyttää pääohjelma ja suorittaa oma keskeytys OB:ssä oleva ohjelma. Keskeytyksen jälkeen pääohjelma jatkuu samasta paikasta, jossa keskeytys on tapahtunut. Keskeytyksen tapahtuessa myös koko rekisterisisältö tallennetaan ja sitä käytetään hyväksi, kun keskeytettyä yksikkö jatketaan. (Siemens osakeyhtiö 2001.)

Hardware-keskeytyksessä pääohjelma keskeytetään esimerkiksi tulon tai lähdön liipaisusta. Keskeytyksen aiheuttava signaali määritetään keskeytyskortin asetuksista HW-Konfiguraatiossa.

Kuviossa 18 on kuvattu pääohjelman kierto, joka voidaan keskeyttää ylemmän prioriteetin organisaatioyksiköillä. Jos kuvion 18 ensimmäinen keskeytys olisi aikakeskeytys, voitaisiin siinä luettava OB keskeyttää esimerkiksi toisella korkeamman prioriteetin organisaatioyksiköllä.

Pääohjelmaa OB1 käydään syklisesti läpi, kunnes toinen OB keskeyttää kierron.



KUVIO 18. Syklisen ohjelmakierron keskeytyks

7.1.2 Viilunpinkkaaja ilman hardware-keskeytystä

Viilunpinkkaajassa aikaisemmin käytetty keskeytystulokortti on ollut suoraan kytkettynä logiikkaan. Hardware-keskeytyks on toteutettu tämän tulokortin avulla. Keskeytystuloa on käytetty pulssianturin lukemiseen, koska aikaisempi tekniikka ei ole mahdollistanut pulssianturin tarkkaa lukua suoraan hajautetusta I/O:sta. Syitä ovat olleet liian hitaat väylät ja ohjelmien suuret ohjelmakiertoajat.

Ilman logiikkaan johdotettavaa suoraa I/O:ta pulssianturin lukemiseen vaadittava kortti tulisi sijoittaa väylässä olevaan hajautusyksikköön ilman keskeytyskorttia. Pulssianturin lukeminen olisi näin ollen mahdollista hajautukseen liitettävällä laskurikortilla.

Mittauksissa selvisi, että IRT-luokan PROFINET-laitteet olivat hyvin nopeita, mikä mahdollistaa sen, että väylän vasteajan ei pitäisi vaikuttaa pulssianturin toi-

mintaan laskurikortin ollessa väylässä. Pulssianturin nopean ja luotettavan lukemisen mahdollistamiseksi pulssianturin luku olisi paras suorittaa maksimissaan 1 millisekunnin aikakeskeytyksessä pääohjelman ollessa huomattavasti raskaampi, jolloin paikoitus saataisiin mahdollisimman tarkaksi. Ongelmaksi voisi muodostua aikakeskeytyksessä olevan ohjelman kiertoaika, jonka pitää pysyä keskeytyksessä määritetyn ajan alapuolella.

Ohjelman kiertoaikaan voidaan vaikuttaa ohjelmointityylillä ja keskusyksikön (CPU) tehoa nostamalla. Jos keskeytyksessä olevan pulssianturin lukemiseen tarvittavan ohjelman kiertoaika saadaan pidettyä alle 1 millisekunnin, saadaan nopeaa PROFINETiä ja aikakeskeytystä käyttämällä toimiva ja tarpeeksi nopea kokonaisuus pulssianturin lukemiseen.

7.2 PROFINET-väylätekniiikan hyödyntäminen ja sen tuomat edut tuotantolaitteissa

PROFINET-väyläteknikka tulee tulevaisuudessa mahdollisesti korvaamaan laajalti käytetyn PROFIBUS-väylän. Rauten valmistamat koneet, kuten myös viilunpinkkaaja, käyttävät hyödykseen PROFIBUS-väyläteknikkaa, mikä vaatiikin logiikoilta usein erillisiä Ethernet-kortteja, jotta erilaisten teollisuustietokoneiden ja HMI-laitteiden liittäminen olisi mahdollista. PROFINETillä toteutetut järjestelmät mahdollistavat näiden laitteiden liittämisen samaan kokonaisuuteen ilman erillisiä komponentteja. PROFINET-järjestelmää käyttäessä logiikan ohjelmointi voidaan suorittaa helposti myös kentältä käsin sen helpon liitettävyyden takia. Ohjelmoinnin kannalta hyöty on suuri varsinkin pitkissä tuotantolinjoissa, joissa ohjelmoijan täytyy päästä käsiksi logiikkaan tietyistä paikasta, missä itse logiikka ei ole lähettyvillä.

Yksi PROFINETillä saatavista suurista hyödyistä on sen nopeus aikakriittisissä sovelluksissa. Aikakriittisiin kohteisiin tarkoitettu IRT-luokka mahdollistaa helpon ja nopean toteutuksen laitteiden kuitenkin toimiessa kenttäväylässä. PROFINETin nopeus tulee esiin myös kohteissa, joissa väylän ”kuorma” on suuri. Nykyään käytetyllä PROFIBUS-tekniikalla väylässä olevien laitteiden määrän

kasvaessa myös väylien vasteajat kasvavat suuremmiksi kuin PROFINET-tekniikkaa käytettäessä. PROFINET-tekniikka mahdollistaa myös aikasempaa suuremman määrän kenttälaitteita samassa väylässä.

Kuviossa 19 on esitetty kaavio, josta voidaan tarkastella väylässä olevien laitteiden (node) vaikutusta väylän vasteaikaan. Väylän vasteajan tulisi pysyä 250 mikrosekunnissa, jos laitteiden lukumäärä pysyy alle 56. Tämän on tapahduttava kuitenkin sillä oletuksella, että jokaisen laitteen lähtö- ja tulodata pysyy alueella 0...40 tavua.

Performance values for Motion Control applications with PROFINET and IRT			
Cycle time	1 ms	500 μ s	250 μ s
Number of nodes ^{*)}	272	128	56
Jitter	<1 μ s	<1 μ s	<1 μ s
Reserved for open communication with standard IT protocols	50%	50%	50%

*) Number of devices each with 40 bytes input data and 40 bytes output data on a controller with 4 ports
The limits of a specified controller regarding I/O area, cycle time and number of nodes must be considered

KUVIO 19. Väylään liitettävien laitteiden vaikutus väylän kiertoaikaan (Siemens Osakeyhtiö 2009b)

7.3 PROFINETin käyttö vanhemmissa kohteissa

PROFINETin helpon integroinnin ansiosta se on helposti liitettävissä vanhempia väylätekniikoita käyttäviin teollisuuden laitteisiin. Rauten valmistamat koneet, kuten viilunpinkkaaja, olisi näin ollen korvattavissa PROFINET-komponenteilla joko kokonaan tai vain tietyltä osa-alueelta.

Vanhempaa väylätekniikkaa käyttävien laitteiden korvaaminen PROFINETillä vaatii halutusta nopeudesta ja ominaisuuksista riippuen jopa kaikkien väyläkomponenttien, kuten hajautusyksiköiden ja logiikan, uusimista. Käyttökohteesta ja nopeudesta riippuen on mahdollista käyttää myös S7-400/300 -logiikoihin lii-

tettäviä PROFINET-kommunikointiprosessoreita. Ohjelmiin ja ohjelmointitapaan ei PROFINET-tekniikka juuri muutoksia aiheuttaisi, joten uusien laitteiden toteutus PROFINETilla sujuisi suhteellisen helposti. PROFINET-laitteisiin siirryttäessä tulee kuitenkin huomioida väylältä vaaditut tarpeet PROFINET-luokkien ja käyttökohteen osalta. Monessa tapauksessa perinteiset luokan 1 PROFINET-komponentit olisivat riittäviä nopeuden ollessa PROFIBUS-väylän luokkaa. Kohteet, joissa tarvittaisiin nopeaa PROFINET 2- ja 3-luokkaa, tulisi kartoittaa etukäteen, ja PROFINET-laitteisto tulisi koota niiden vaatimuksien mukaisesti.

PROFINETin käyttö tuotantolinjoissa on myös mahdollista toteuttaa vain tietyltä osa-alueelta. Esimerkiksi kohteissa, joissa on useampia logiikoita, voidaan yksi tai useampi logiikka korvata PROFINET-tekniikkaa tukevalla keskusyksiköllä tarpeen mukaan. Tällaisena käyttökohteena voisi toimia esimerkiksi Rauten valmistaman pinkkaajan logiikkaohjauskonsepti. Tällä periaatteella olisi mahdollista pitää pinkkaajan osa erillisenä PROFINETia käyttävänä osana, jolloin kommunikointi pinkkaajaa edeltävään linjaan tai linjan osaan toimisi käyttämällä joko PROFINETia ja kommunikointiprosessoria tai perinteistä PROFIBUS-väylää.

PROFINET-kenttäväylän hajautusyksiköitä voidaan käyttää myös tavallisten PROFIBUS-keskusyksiköiden kanssa PROFINET-kommunikointiprosessorin avulla. Tässä tapauksessa voidaan myös käyttää nopeita PROFIBUS-luokan laitteita, ja ne ovat helposti liitettävissä vanhempiin koneisiin.

8 YHTEENVETO

Tämän Raute Oyj:lle tehdyn opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia PROFINET-väylätekniikkaa ja sen soveltuvuutta Rauten valmistamaan viilunpinkkaajaan. Työn tulosten perusteella tuli arvioida, voiko viilunpinkkaajan toteuttaa ilman suoraa I/O:ta käyttäen PROFINET-kenttäväylää. Toisena pääasiana oli tutkia voisiko PROFINET-tekniikkaa käyttämällä korvata hardware-keskeytyksen, jota nykyisessä ohjelmamallissa käytetään. Viilunpinkkaajan toiminnasta ja PROFINET-väylätekniikasta on laadittu omat kattavat selosteet työssä tehtyjen mittaustuloksien tueksi. Aihetta on käsitelty lähinnä logiikkaohjelmoijan näkökulmasta.

PROFINET-väylätekniikan nopeutta tutkittiin käytännön testeillä, mittaamalla väylän vasteaikoja ja vertaamalla niitä PROFIBUS-väylätekniikkaan sekä suoraan I/O:hon. Testit toteutettiin mahdollisimman yksinkertaisesti rajaamalla ulkoiset häiriötekijät pois. Testaustuloksien perusteella voitiin todeta, että PROFINET-väylätekniikka oli vasteajoltaan nopeampi kuin aikaisemmin käytetty PROFIBUS-väylätekniikka. PROFINET-tekniikkaa käyttäessä eri komponenteilla on myös huomattavia eroja, jotka riippuvat PROFINET-luokituksista. Tekstin PROFINET-osiossa on käsitelty eri PROFINET-luokkia ja niiden välisiä eroja teknisten dokumenttien pohjalta. Eroja on myöhemmin myös todettu käytännön testeillä.

Aikaisemman ohjelmointitavan mukaisen hardware-keskeytyksen korvaamista ja sen vaikutuksia ohjelmointiin pohdittiin osana tämän työn tekstiä. Testaustulosten ja teknisten tietojen perusteella hardware-keskeytys olisi korvattavissa PROFINET-tekniikkaa käyttäen ja nykyisen viilunpinkkaajassa käytetyn ohjelman muokkaamisella. Hardware-keskeytyksen korvaaminen tulisi vaatimaan vähintään luokan 2 PROFINET-komponentteja ja keskeytysohjelman kiertoajan saamista nykyistä pienemmäksi.

Testaustulosten ja teknisten tietojen mukaan PROFINET-väylätekniikkaa käyttämällä suoran I/O:n korvaaminen olisi mahdollista. Tuloksista voitiin todeta, että PROFINETin nopeaa luokkaa käyttämällä jää se keskimäärin vain hieman yli 250 mikrosekuntia suoran I/O:n vasteajoista, mikä riittäisi saavuttamaan myös tarvittavan paikoitustarkkuuden Rauten valmistamassa viilunpinkkaajassa.

Eri väylätekniikoita testattaessa väylissä käytettiin vain yhtä logiikan hajautusyksikköä, mikä saattaa pienentää väylän vasteaikaa ja vaikuttaa sitä kautta tuloksiin. Teknisistä dokumenteista kuitenkin selviää, että PROFINETtia käyttäessä pitäisi väylän vasteajan pysyä pienenä, vaikka väylässä olisi useampia hajautusyksiköitä. PROFIBUS-väylää käyttäessä vaikuttaa väylässä olevien laitteiden määrä huomattavasti enemmän, mikä suuremmassa testissä vaikuttaisi PROFIBUS-väylän tuloksiin huomattavasti enemmän.

Tässä työssä tehdyt testit oli suoritettu pinnessä testausympäristössä ja ulkoisten häirtatekijöiden vaikutus oli pieni. Parempien testaustuloksien saavuttamiseksi väylissä olevien laitteiden määrä tulisi moninkertaistaa ja väylän kuormitusta tulisi lisätä. Tällä tavoin olisi mahdollista tutkia, miten paljon väylässä olevien laitteiden määrä vaikuttaa väylän vasteaikoihin käytännössä. Suuremman mittakaavan testit vaatisivat enemmän aikaa ja suuren määrän erilaisia logiikan hajautusyksiköitä, joita tässä työssä ei ollut mahdollista käyttää.

Opinnäytetyössä päästiin onnistuneesti tavoitteeseen, joka oli tutkia PROFINETin soveltuvuutta Rauten valmistamaan viilunpinkkaajaan. Työn tuloksia voidaan soveltaa käytäntöön, ja työ antaa lisäinformaatioita PROFINET-väylätekniikasta ja siinä käytettävistä komponenteista. Työn tuloksia voisi myös pitää pohjana suunnitellessa PROFINET-tekniikkaa käyttäviä koneita.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

Siemens Osakeyhtiö. 2001. Automaatiokoulutus ohjelmointikurssi 1 kurssikansio.

Sähköiset lähteet:

Raute Oyj. 2009b. Viilunpinkkaaja. [viitattu 13.11.2009]. Saatavissa Raute Osakeyhtiön intranetissä.

Raute Oyj. 2009a. Yritys [viitattu 10.10.2009]. Saatavissa: <http://www.raute.fi/>

Siemens, Automation and Drives. 2009. Network topology and network configuration [viitattu 3.12.2009]. Saatavissa:

<https://mall.automation.siemens.com/WW/guest/content.asp?display=G&aktTab=1&lang=en&nodeID=10021466>

Siemens Osakeyhtiö. 2009a. Profinet [viitattu 28.9.2009].

Saatavissa: <http://www.siemens.fi/>

Siemens Osakeyhtiö. 2009b. Väylätekniikat. Re: Profinet komponentit [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Pelkonen, J. Lähetetty 31.8.2009 [viitattu 28.9.2009].

Simatic manager. 2009. Kellopulssin muodostus siemens ohjelmoitityökalulla [viitattu 3.12.2009].

Saatavissa Siemens simatic manager ohjelmiston ohjeista.

Suulliset lähteet:

Hyysti, M. 2009. Teknologipäällikkö. Raute Oyj. Haastattelu 10.8.2009.

Laine, T. 2009. Automaatiosuunnittelija. Raute Oyj. Haastattelu 5.8.2009.