

Jere Kangasniemi

3D-mallin ohjaaminen ohjelmoitavalla logiikalla

Opinnäytetyö

Kevät 2015

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Jere Kangasniemi

Työn nimi: 3D-mallin ohjaaminen ohjelmoitavalla logiikalla

Ohjaaja: Jyri Lehto

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä:

Opinnäytetyössä oli aiheena tutkia, kuinka Siemens NX MCD -ohjelmisto voitaisiin yhdistää logiikkaan niin, että logiikalla voitaisiin ohjata MCD-ohjelmassa olevaa 3D-mallia. Työssä käytettiin Siemensin TIA Portal PLC -ohjelmaa logiikkaohjelmointiin ja OPC-palvelimena. Työssä simuloitiin Seinäjoen Ammattikorkeakoulun laboratoriossa sijaitsevaa porausasemaa. Simuloituun virtuaaliseen porausasemaan tehtiin samanlainen logiikkaohjelma kuin oikeaan fyysiseen porausasemaan. Työn tuloksena logiikalla voitiin ohjata Siemens NX MCD -sovelluksessa olevaa virtuaalista porausasemaa samalla tavalla kuin oikeaakin porausasemaa. Työtä esiteltiin myös Ideal PLM:n messuilla Tampereella.

Avainsanat: OPC, TIA portal, NX, MCD, Siemens

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Technology

Specialisation: Electric Automation

Author: Jere Kangasniemi

Title of thesis: Controlling a 3D-model with a programmable logic

Supervisor: Jyri Lehto

Year: 2015

Number of pages: 32

Number of appendices:

The topic of this thesis was to connect a PLC to the Siemens NX: Mechatronics Concept Designer -application. The goal was to find out how it can be done using the OPC-network. The work was realized using the TIA portal PLC-program. The drilling station at the laboratory of Seinäjoki University of Applied Sciences was simulated with these two programs. A logic program similar to the one that is being used in the real physical machine was also made to the simulated version. The result of the work was that the logic could be used to control the virtual 3D-model in the MCD as well as in the real physical machine. The final work was demonstrated at Ideal PLM's fair in Tampere.

Keywords: OPC, TIA portal, NX, MCD, Siemens

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva-, ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 Johdanto.....	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite	9
1.3 Työn rakenne.....	9
1.4 Digital Factory -projekti	10
2 Työssä käytetyt ohjelmistot	11
2.1 Siemens NX & Mechatronics Concept Designer.....	11
2.2 TIA Portal.....	13
2.3 PLC Data Gateway	14
3 OPC-yhteys.....	15
3.1 OPC	15
3.2 OPC Foundation	16
3.3 Data Access Specification	16
3.4 OPC Data Access	17
3.5 OPC Historical Data Access, OPC Alarms & Events	18
3.6 OPC Unified Architecture.....	18
4 Järjestelmän testaaminen	20
4.1 Syyt testausten toteuttamisiin	20
4.2 Syyt ohjelmien epäonnistumisiin	21
4.3 Virheenkorjaus.....	22
5 Työn kulku	24
5.1 Ensimmäinen projektityö.....	24
5.2 Opinnäytetyö.....	27
5.3 Teknologiapäivä.....	29
6 Pohdintaa ja yhteenveto.....	30

LÄHTEET 31

Kuva-, ja taulukkoluetelo

Kuva 1. NX MCD:n käyttöliittymä	12
Kuva 2. TIA Portalin käyttöliittymä	13
Kuva 3. PLC Data Gatewayn käyttöalueet (Fernhill Software. 2015.)	14
Kuva 4. OPC Foundationin Logo (OPC Foundation. 2015.)	16
Kuva 10. Ensimmäinen porausasema malli	24
Kuva 11. Työssä käytetty Omronin logiikka	25
Kuva 12. Oikea porausasema Seinäjoen Ammattikorkeakoulun laboratoriossa ..	26
Kuva 13. Työssä käytetty Siemensin logiikka	27
Kuva 14. Virtuaalinen porausasemamalli MCD-ohjelmistossa	28
Kuva 15. Seinäjoen Ammattikorkeakoulun messuesittely IDEAL PLM - teknologiapäivillä	29
Taulukko 1. Virheenlöytämisen hinta eri vaiheessa projektia.....	22

Käytetyt termit ja lyhenteet

APC	Advanced process control on kehittyneempi ohjausjärjestelmä. APC:ksi kutsutaan järjestelmää, joka on yksityiskohteisemmin järjestetty ja optimoitu tietyille yksittäiselle laitteelle tai järjestelmälle (Honeywell. 2015).
CAD	Computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAE	Computer aided engineering, tietokoneavusteinen laskenta.
CAM	Computer aided manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus.
COM	Component Object Model. Microsoftin kehittämä ohjelmisto arkkitehtuuri, joka helpottaa ohjelmistojen yhteiskäyttöä. Tämän avulla eri valmistajien tekemät komponentit voidaan yhdistää toisiinsa. (Microsoft. 2015a.)
DCOM	Distributed Component Object Model. Microsoftin kehittämä teknologia, jonka avulla ohjelmat voivat kommunikoida muiden koneita kanssa verkkoyhteyden avulla. (Microsoft 2015b.)
ERP	Enterprise resource planning. Yrityksen tietojärjestelmä, joka yhdistää eri toimintoja esim. tuotantoa, jakelua, varastointia, laskutusta ja kirjanpitoa (Syspro. 2015).
HMI	Human-Machine Interface. Käyttöliittymä, jolla käyttäjä kommunikoi laitteen kanssa.
IP	Internet Protocol. IP on TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perille pakettikytkentäisessä Internet-verkossa (Indiana University. 2014).

I/O	Input/output. Ohjelmoitavan logiikan sisään- ja ulostulot.
MCD	Mechatronics Concept Designer on Siemens NX-ohjelmassa oleva sovellus, jolla saadaan simuloitua kappaleiden ja mallinnettujen kokonaisuuksien fysiikoita virtuaalisesti ja reaaliaikaisesti (Isilog [Viitattu 2.4.2015]).
OLE	Object Linking and Embedding. Microsoftin kehittämä menetelmä yhdistää kaksi objektia.
OPC	OLE for Process Control. Open Connectivity through Open Standards on sen vanha termi. Rajapinta, jonka avulla laite ja ohjelmisto pystyvät kommunikoimaan keskenään. (OPC Foundation. 2015.)
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka on automaatioteollisuudessa paljon käytetty laite. Sitä käytetään reaaliaikaisen prosessin ohjaukseen sekä tiedon käsittelyyn (AMCI. 2014).
PLM	Product lifecycle management, tuotteen elinkaaren hallinta.
Tag	Ohjelmoitavan logiikan digitaalinen muuttuja.
TIA Portal	Totally integrated automation. Siemensin PLC-ohjelmisto.

1 Johdanto

Opinnäytetyöhön kuuluu kaksi osiota. Ensimmäinen osio on projektiopinnoissa keväällä 2014 aloitettu työ, jonka tuloksia ja tietoja hyödynnettiin opinnäytetyöprojektin tekemisessä. Toinen osio on opinnäytetyöprojektina tehty työ, joka aloitettiin tekemään syksyllä 2014. Työn tavoite oli yhdistää Siemensin logiikka MCD-ohjelmistoon käyttäen OPC-yhteyttä. Tässä opinnäytetyön dokumentissa kerrotaan kummankin työn kulusta ja tuloksista, sillä ensimmäinen projektityö on tärkeä osa tämän opinnäytetyön tekoa.

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyössä jatkettiin projektiopinnoissa aloitettua projektia, jossa tehtävänä oli tutkia Siemens NX -ohjelmiston toimintaa. Toimeksiantaja Seinäjoen ammattikorkeakoulu halusi lisää tietoa NX-ohjelmistosta. Erityisesti tutkimisen aiheena oli MCD-lisäsovellus. Sovelluksen avulla voidaan mallintaa fyysisestä tuotteesta virtuaalinen malli, jossa voidaan testata laitteen toimintaa virtuaalisesti ja reaaliajassa. Projektissa oli myös tehtävänä tutkia, voiko PLC:n ja NX-ohjelmiston välille luoda yhteyden niin että logiikka antaa tietoa NX-ohjelmistolle ja NX takaisin logiikalle. Yhteys tehtiin käyttäen OPC-yhteyttä. Projektin lopussa yhteys NX-ohjelmiston ja PLC:n välille saatiin luotua käyttäen OPC-yhteyttä. Projektissa käytettiin Omronin logiikkaa. OPC-yhteys luotiin käyttäen Fernhill Softwaren kehittämää PLC Data Gateway -nimistä OPC-ohjelmaa.

Varsinainen opinnäytetyö on jatkoa edellisen projektin pohjalle. Opinnäytetyössä käytetään Siemens NX MCD -ohjelmaa ja Siemensin logiikkaa. PLC-ohjelma tehtiin käyttäen Siemens TIA Portal -ohjelmaa, jolla voidaan myös luoda OPC-yhteys. TIA Portalin kanssa ei siis enää tarvita ylimääräisiä kolmannen osapuolen ohjelmia. Opinnäytetyöt' tehtäessä päätettiin työtä lähteä esittelemään Ideal PLM:n teknologiapäiville Tampereelle.

1.2 Työn tavoite

Projektityön tavoitteena on tutustua Siemens NX:n MCD -ohjelmistoon ja tutkia voiko sen yhdistää OPC-yhteydellä logiikkaan. Työn tuloksia on tarkoitus käyttää tutkimaan työn mahdollista käyttöä opetuskäytössä. Työn tavoitteena oli myös tehdä käyttöohjeet opinnäytetyössä tehdystä työstä, jotta työtä voitaisiin jatkaa myöhemmin.

Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä työssä käytettyjä ohjelmia ja laitteita. Opinnäytetyössä kerrotaan myös OPC-yhteyden ja järjestelmän testaamisen teoriaa. Työn lopussa kerrotaan vielä työn kulku ja pohdintaa opinnäytetyöstä.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyössä johdannon jälkeen kerrotaan työssä käytetyistä ohjelmista, jotka ovat Siemens NX MCD -ohjelmisto ja TIA Portal. PLC Data Gateway -ohjelmalla saatiin ensimmäisen kerran luotua yhteys MCD-ohjelmiston ja logiikan välille. Tätä ohjelmaa käytettiin ensimmäisessä työssä. Tämän jälkeen kerrotaan OPC:n teoriaa, sillä tämän yhteyden käyttö oli työssä suuressa osassa. Järjestelmän testaaminen luvussa kerrotaan järjestelmän testaamisesta ja siitä miksi se on hyödyllistä varhaisessa vaiheessa projekteja. Opinnäytetyössä luotu MCD-ohjelmiston ja logiikan yhteys liittyy tähän aiheeseen, sillä opinnäytetyössä luotu yhteys mahdollistaa laitteiden testaamisen ennen kuin laitetta on aloitettu valmistamaan fyysisesti. Työn kuluksa kerrotaan ensin projektiopinnoissa aloitetusta työstä, jonka jälkeen esitellään opinnäytetyön kulku. Luvun lopussa on vielä kerrottu Ideal PLM:n messuista Tampereella. Opinnäytetyön lopussa on vielä pohdintaa työstä ja työn yhteenvetoa.

1.4 Digital Factory -projekti

Työ liittyy SeAMKin Digital Factory -projektiin. Projektin ensisijainen tavoite on rakentaa SeAMK Digital Factory -oppimisympäristö. Oppimisympäristön ideana on tarjota insinööriopiskelijoille osaamista ja kokonaisnäkemyistä koko tehtaanlaajuisen tuotetiedon ja tuotteen elinkaaren hallintaan. Sen tarkoituksena on, ettei opiskella irrallisia suunnitteluohjelmia. Oppimisympäristöstä ollaan tekemässä osa tekniikan alan opetusta. Se tehostaa oppimista yhdistelemällä irrallisia opintojaksoja ja tuottamalla yhtenäisiä opintokokonaisuuksia. (SeAMK. 2015.)

Projektin toisena tavoitteena on saada muodostettua digitaalisesta valmistuksesta kiinnostuneiden pk-yritysten verkosto, josta hyötyvät sekä pk-yritykset että oppilaitos. Yritykset saavat tietoa SeAMKin työn tuloksista ja ideoista ja SeAMK saa taas yrityksiltä arvokasta tietoa yritysten kiinnostusten kohteista ja askarruttavista kysymyksistä. (SeAMK. 2015.)

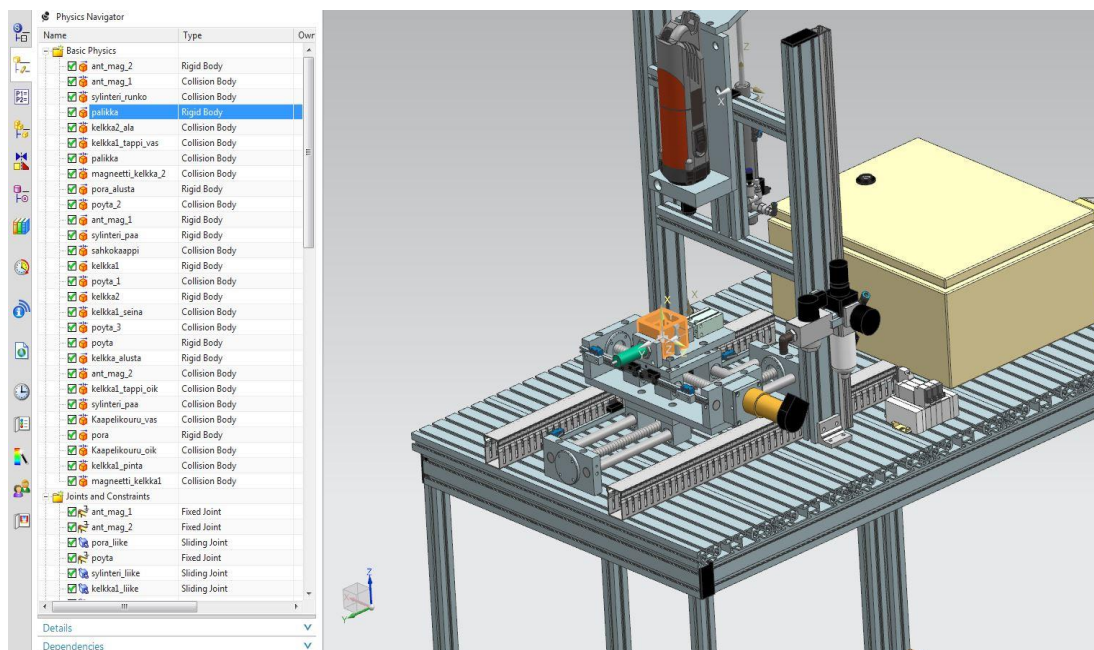
2 Työssä käytetyt ohjelmistot

Tässä luvussa esitellään työssä käytetyt ohjelmistot. Työssä esitellään Siemens NX MCD -ohjelmisto, jossa virtuaalista mallia pystytään ohjaamaan logiikan avulla. Logiikkaohjelmointi ja OPC-palvelin ovat tehty TIA Portalilla. Luvun lopussa on esitelty ensimmäisessä työssä käytetty OPC-ohjelma PLC Data Gateway.

2.1 Siemens NX & Mechatronics Concept Designer

Siemens NX on Siemensin CAD-ohjelmisto. Sitä käytetään tuotekehityksen, valmistuksen ja suunnittelun tarpeisiin. Ohjelma on hyvin monipuolinen ja sillä pystyy tekemään CAD-, CAM-, CAE- ja PLM-toimintoja. Siemens NX on hyvin suosittu ohjelmisto sitä käyttävät monet suuret yritykset mm. Nissan Rally Raid, Volkswagen Racing (WRC), Honda, UAZ. (Siemens. 2015a.)

Mechatronics Concept Designer on kehitetty laitteiden suunnittelun kehittämisen nopeuttamiseksi ja laadun parantamiseksi. Sitä käyttämällä päätösten tekeminen ja laitteiden testaaminen parantuu projektin edetessä. Yhdistämällä malli kinematiikan simulointiin voidaan haastavakin laite testata virtuaalisesti virtuaalisilla antureilla ja moottoreilla. MCD-ohjelmistolla saadaan hyvin yhdistettyä mekaaninen malli automaatiokehitykseen. Tämän tekniikan avulla voidaan säästää aikaa erittäin varhaisessa vaiheessa projektia. Mekaanista mallia voidaan muuttaa jo kehitysvaiheessa niin, että mallin virheitä ja kehitysideoita saadaan jo varhaisessa vaiheessa projektia. Myös muiden CAD-sovellusten malleja voidaan tuoda MCD-ohjelmaan. (Isilog [Viitattu 2.4.2015].)



Kuva 1. NX MCD:n käyttöliittymä

MCD -ohjelmassa käytetään reaaliaikaista fysiikan simulointia. MCD käyttää NVIDIA PhysX -grafiikkamoottoria. Tällöin voidaan simuloida myös hyvin tarkkoja töitä tarkasti. (Isilog [Viitattu 2.4.2015].)

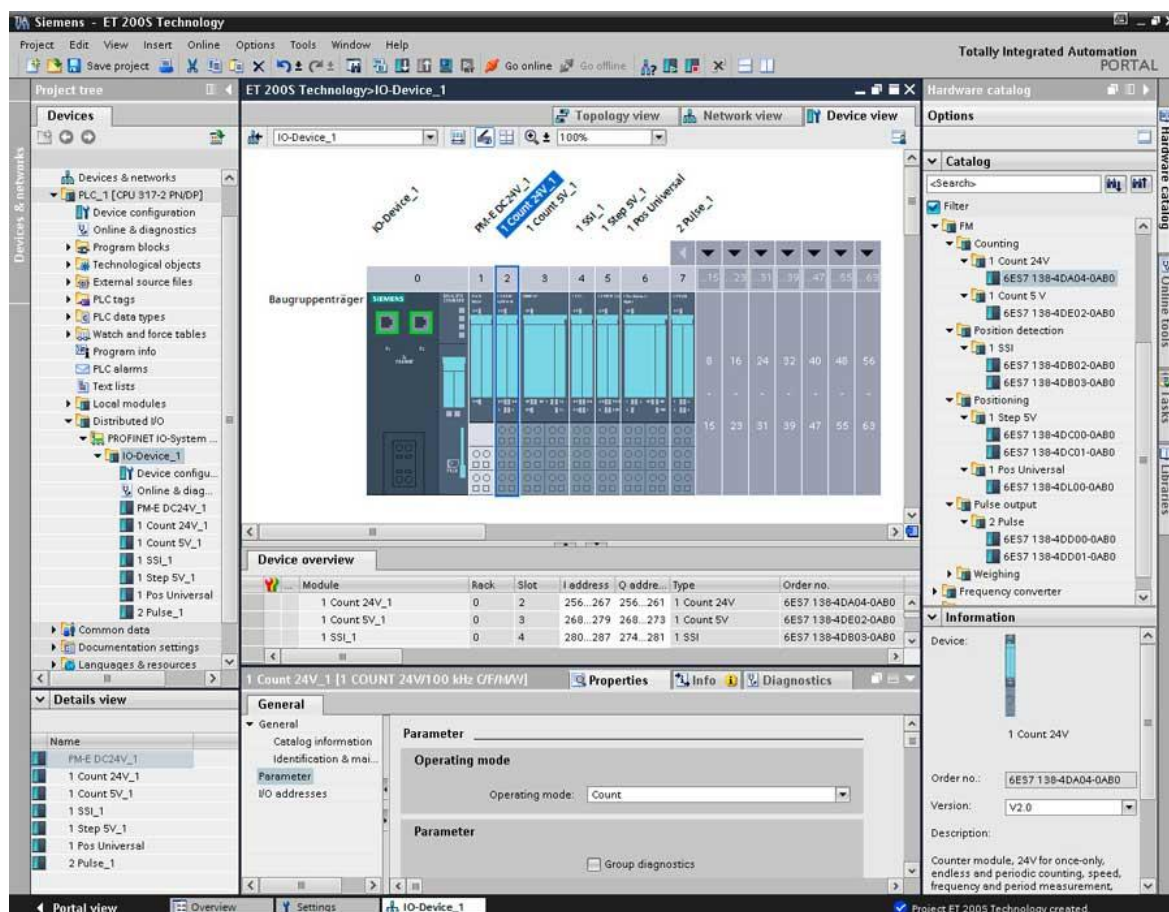
Zipperin (2011) mukaan Siemens NX:n ensimmäinen versio syntyi vuonna 1973. Se oli silloin vielä nimellä UNI-Graphics. Se oli maailman ensimmäinen edistynyt CAM-ohjelma. Ohjelman omistajuus on vaihdellut vuosien varrella. Ohjelman nimi muuttui vuonna 1975 Unigraphicsiksi, kun se myytiin McDonnell Douglas Aircraftille. Ohjelma myytiin EDS:lle (Electronic Data Systems), jonka omisti silloin General Motors vuonna 1991. (Zipper. 2011.)

Vuonna 1982 luotiin ohjelma nimeltään I-DEAS (Integrated Design and Engineering Analysis Software). Ohjelman loi Structural Dynamics Research Corporation. Se oli pitkälle edistynyt CAD-ohjelma ja sitä käytti mm. Ford Motor Company ja General Motors. (Zipper. 2011.)

Vuonna 2002 Unigraphics ja I-DEAS yhdistettiin ja luotiin uusi toisen sukupolven 3D-suunnitteluohjelma, NX. Ohjelma yhdisti silloin kaksi hyvin pitkälle edistynyttä suunnitteluohjelmaa, jotta saatiin monta ominaisuutta yhteen ohjelmaan. (PLM World. 2015.)

2.2 TIA Portal

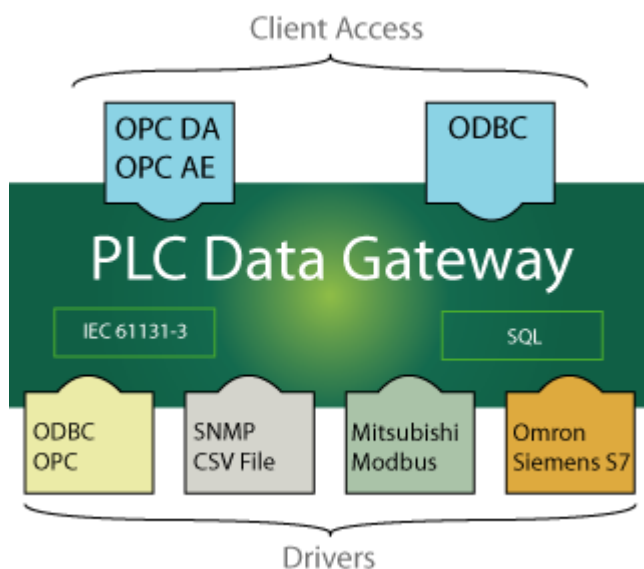
TIA Portal on Siemensin kehittämä ohjelmointityökalu. TIA Portal yhdistää logiikkaohjelmoinnin, käyttöliittymäsuunnittelun ja taajuusmuuttajien ohjelmoinnin. TIA Portal mahdollistaa suunnittelu- ja tuotantoprosessien teon koko tuotantoketjulle yhden ohjelman avulla. (Siemens. 2015b.)



Kuva 2. TIA Portalin käyttöliittymä

2.3 PLC Data Gateway

PLC Data Gateway on Fernhill softwarin kehittämä OPC-ohjelma, jonka tarkoituksena on yhdistää ja siirtää dataa PLC:hen erilaisista ohjelmista ja laitteista. Ohjelmassa on tuki lukuisille laitevalmistajille, kuten esimerkiksi Siemensin S7, Modbus, Mitsubishi ja Omron. Yritys lupaa yhteensopivuuden myös monelle muulle ohjelmalle. Ohjelma käyttää dataa OPC-palvelimen kautta. (Fernhill Software. 2015.)



Kuva 3. PLC Data Gatewayn käyttöalueet (Fernhill Software. 2015.)

3 OPC-yhteys

Työssä käytetty OPC-yhteys mahdollistaa 3D-mallin ja ohjaamisen ohjelmoitavalla logiikalla. OPC-yhteys on avoimen tiedonsiirron standardi. Sitä käytetäänkin automaatiosovelluksissa logiikan, valvomoiden ja käyttöliittymien välillä rajapintana. Tämä rajapinta mahdollistaa laitteiden ja ohjelmistojen välisen yhteyden niin, että ne voivat keskustella keskenään molempiin suuntiin (OPC Foundation. 2015). Tämän takia OPC-yhteyden käyttö on järkevää tässä työssä.

3.1 OPC

OPC on laajalle hyväksytty teollisuuden kommunikoinnin standardi laitteiden ja ohjelmistojen välillä. OPC-yhteys mahdollistaa jatkuvan yhteyden PLC:n, laitteiden, HMI:n (käyttöliittymien) ja ohjelmistojen välille. Yhteyden voi luoda eri valmistajien laitteiden ja ohjelmistojen välille. OPC:n standardissa on monia ohjeita loppukäyttäjille ja ohjelmoijille. Nämä standardit käsittelevät ohjelmistojen ja palvelimien rajapintojen välistä yhteyttä. Standardi sisältää myös kahden tai useamman palvelimen välisen yhteyden luomisen. Näiden yhteyksien välillä voidaan välittää ja seurata dataa reaaliaikaisesti. Yhteydellä voidaan seurata myös dataa hälytyksistä ja tapahtumista laitteiden välillä. Tähän kuuluu myös tapahtumahistorian ja muiden ohjelmistojen seuraaminen. (Kepware. 2015.)

Ennen kuin standardi ensimmäisen kerran julkaistiin 1996, laitteiden ja ohjelmistojen välille ei ollut mitään standardisoitua yhteyttä. Jokaiselle laitteelle ja ohjelmistolle piti tehdä erillinen yhteys. Tämä yhteys ei välttämättä toiminut enää saman laitteen eri ohjelmiston kanssa. Tämä aiheutti paljon ylimääräistä työtä. Ensimmäisen OPC-standardin loi ryhmä, joka tunnetaan nykyään nimellä OPC Foundation. (Kepware. 2015.)

3.2 OPC Foundation

OPC Foundation on OPC-standardin luonut yritys. OPC Foundation kehittää OPC-yhteyttä ja päivittää standardia. OPC Foundationin tehtävänä on olla maailmanlaajuinen yhtiö joka tekee käyttäjille ja kehittäjille luotettavan ja turvallisen datan siirron teollisuusautomaatiossa. OPC Foundation on voittoa tavoittelematon yritys. (OPC Foundation. 2015.)



Kuva 4. OPC Foundationin Logo (OPC Foundation. 2015.)

OPC Foundationin päätoimipaikka on Arizonassa, Yhdysvalloissa. OPC Foundationiin kuuluu yli 450 automaatioalan yritystä ympäri maailmaa. OPC Foundation on listannut yli 1500 erilaista OPC-teknoologiaan liittyvää sovellusta. Nämä ovat vain OPC Foundationin jäsenten tekemiä tuotteita. Koko maailmassa on yli 15000 erilaista OPC-sovellusta 2500 eri asiakkaalta. (Damm, Leitner & Mahnke 2009, 2.)

3.3 Data Access Specification

Vuonna 1994 joukko teollisuuden ammattilaisia perusti järjestön, joka tunnetaan nykyään nimellä OPC Foundation. Heidän tavoitteenaan oli kehittää yksittäinen sovellus tai serveri työmääritelmä, jota kaikki asiakkaat kehittäisivät. Tämä kehitys jaettaisiin kaikkien kesken. Ideana oli, että saataisiin tehtyä työtä saman asian eteen, ettei jokaisen asiakkaan tarvitsisi tehdä samaa suunnittelutyötä eli tehtäisiin yhdessä työtä saman tavoitteen eteen. Vuonna 1996 OPC Foundation kehitti ensimmäinen työhjeen nimeltä Data Access Specification 1.0a. Tämän ohjeen avulla, asiakkaat saivat nopeasti kehitettyä laitteitaan ja sovelluksiaan. (Kepware. 2015.)

OPC Foundationin ja Data Access Specificationin avulla tehtävänä oli poistaa asiakailta tarve kehittää omaa kommunikointiohjelman tai ajuria laitteelle. OPC teknologian avulla asiakas sai keskittyä melkein täysin pelkän ohjelman kehittämiseen, sillä Data access specification sisälsi ohjeet ohjelman ja palvelimien käyttöliittymän rakentamiseen. Noudattaen ohjetta oikein käyttäjän oli mahdollista yhdistää teollinen laite saamaan datatietoa OPC:n avulla. Ajalliset ja kaupalliset ongelmat eivät enää vaikuttaneet OPC-ohjelmistoihin. Loppukäyttäjä hyötyi tästä eniten, sillä nyt oli mahdollisuus valita mikä tahansa ohjelmisto. (Kepware. 2015.)

3.4 OPC Data Access

OPC Data Access (OPC DA) on ensimmäinen kehitetty OPC-yhteys. Sitä kutsutaan myös "classic"-nimellä, sillä OPC UA on uusi ja kehittyneempi OPC. OPC Data Access on vain Microsoft Windowsissa toimiva palvelin. Se käyttää Microsoftin DCOM-teknologiaa. OPC DA antaa mahdollisuuden reaaliaikaisen datan siirtoon ja lukuun. Ohjelmat voivat sen avulla käyttää reaaliaikaista dataa monitoroimaan prosesseja. Käyttäen OPC DA -yhteyttä voidaan myös kirjoittaa dataa. Tämän takia yhteyttä voidaan käyttää valvontaan hyvin. OPC DA -yhteyden käyttökohteita prosessin ohjauksessa on käyttöliittymät, kehittyneempi prosessin ohjaus (APC), kunnossapito, toiminnanohjaus (ERP), analyysit ja optimointi. OPC DA ei voinut kommunikoida OPC Historical Data Accessin tai OPC Alarms & Eventsin kanssa. OPC DA on silti erittäin tärkeä vieläkin. Vaikka OPC DA on vanhaa teknologiaa, silti kaikista OPC-teknologiaa käytettävistä laitteista 99 % käyttää vielä OPC DA -yhteyttä. (OPC Training Institute. 2015.; Damm, Leitner & Mahnke 2009, 4.)

OPC DA -yhteyden kaksi huonoa puolta ovat sen Windows-riippuvuus ja DCOM-riippuvuus. DCOM-teknologian huonot puolet ovat sen vaikea konfigurointi ja pitkät aikakatkaisut, joita ei voi konfiguroida. Sitä ei voi myöskään käyttää internetkommunikointiin (Damm, Leitner & Mahnke 2009, 4.)

3.5 OPC Historical Data Access, OPC Alarms & Events

OPC DA käyttää vain reaaliaikaista dataa eli sillä pystyy seuraamaan vain viimeisintä arvoa. Monissa tilanteissa tarvitaan myös vanhojen arvojen tietoja ja lukuja. Vanhoihin arvoihin pääsyyn tarvitaan erilainen sovellus OPC HDA (Historical Data Access). Tämä eroaa OPC DA:sta sillä, että tämän avulla pystytään selaamaan ja tallentamaan vanhoja arvoja ja tietoja. HDA:ta voidaan käyttää myös automaattiseen tiedonsiirtoon vanhojen tietojen välillä. Yritykset voivat käyttää yhteyttä tasa-painottamaan katkoksia reaaliaikaisessa datasiirrossa. (OPC Training Institute. 2015.; Damm, Leitner & Mahnke 2009, 5-6.)

OPC AE (Alarms & Events) eroaa DA-yhteydestä vain sillä, että se siirtää reaaliaikaisesti hälytys- ja tapahtumadataa prosessinohjauksesta. Se on julkaistu vuonna 1999 ja suunniteltiin käytettäväksi prosessinohjausjärjestelmissä siirtämään hälytys- ja tapahtumatietoja. Se käyttää dataa tallennetuista tiedoista, joista se pystyy lukemaan haetun tiedon ajan ja laadun. (OPC Training Institute. 2015.; Damm, Leitner & Mahnke 2009, 6.)

3.6 OPC Unified Architecture

OPC UA on uudempi ja kehittyneempi OPC-yhteys. Se syntyi ideasta luoda täysin uusi korvaava ohjelma kaikille COM-yhteys spesifikaatioille ilman että mitään ominaisuuksista menetetään. Sen ensimmäiset versiot julkaistiin syksyllä 2006 ja kokoversio julkaistiin 2009 alkuvuodesta. OPC Foundation kehitti sen, sillä OPC DA alkoi olla vanhaa tekniikkaa ja toimi vain Windows-pohjaisella alustalla. OPC UA on tehty käyttöjärjestelmäneutraaliksi, eli sen voi asentaa jokaiselle käyttöjärjestelmälle. Tärkeä asia OPC UA -yhteydessä oli sen monipuolisuus. Se yhdisti DA-, HDA- ja AE-yhteydet saman ohjelman alle. Tämä vaikutti paljon OPC-yhteyksiin, sillä nyt nämä kolme eri ohjelmistoa pystyivät keskustelemaan keskenään. (MatrikonOPC. 2015.; Damm, Leitner & Mahnke 2009, 8.)

OPC UA -yhteydessä on siis monia parannuksia OPC DA -yhteyteen verrattuna. Sitä voi käyttää jokaisessa käyttöjärjestelmässä. Se on hyvin yhteensopiva vanhan

DA-yhteyden kanssa, joka on käytössä vielä monissa laitteissa. Se on helppo koriguroida ja ylläpitää. (MatrikonOPC. 2015.)

OPC UA -yhteys on enemmän muokattavissa ja siinä on enemmän ominaisuuksia kuin OPC DA-, OPC HDA- ja OPC AE -standardeissa yhteensä. Siinä on kuitenkin monia edellisten standardien ominaisuuksia ja ohjelmointivirheitä on korjailtu. Lisäksi siinä on paljon eri käyttömahdollisuuksia. Yksi OPC UA -yhteyden tavoitteista olikin, että OPC DA -yhteyden vaihtaminen OPC UA -yhteyteen olisi mahdollisimman helppoa. Sen takia monet vanhat ominaisuudet löytyvätkin uudesta OPC UA -yhteydessä, pienillä muutoksilla. Kaikkia DA-yhteyden ominaisuuksia siinä ei kuitenkaan ole. Nämä vanhat asetukset ja käyttöperiaatteet voidaan tehdä OPC UA -yhteydellä, pienillä muutoksilla asetuksiin ja käyttöönottoon. (Damm, Leitner & Mahnke 2009, 15.)

4 Järjestelmän testaaminen

Järjestelmän testaaminen on tärkeää tehdä aikaisessa vaiheessa projekteja. Logiikan yhdistäminen OPC-yhteydellä Siemens NX MCD -ohjelmistoon mahdollistaa loogiikkaohjelmiston suunnittelun ja aloittamisen pelkän 3D-mallin avulla. Tällöin laitteen fyysistä valmistusta ei ole välttämättä vielä aloitettukaan. Näin luodaan uusia mahdollisuuksia ohjelmiston suunnitteluun, sillä mahdolliset virheet löytyvät jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Virtuaalinen ympäristö on myös turvallinen tapa testata ja kokeilla laitetta. Menetelmä säästää myös rahaa, sillä testaamista ja simulointia voidaan tehdä pelkän 3D-mallin avulla. Virheiden korjaaminen maksaa aina enemmän, mitä myöhemmin ne löydetään.

4.1 Syyt testausten toteuttamisiin

Järjestelmän testaamisella pyritään saamaan järjestelmästä mahdollisimman luotettava ja turvallinen. Testaamisella pystytään suunnittelemaan ja luomaan ohjelmisto sellaiselle tasolle, ettei se vahingoita ihmisiä, ympäristöä tai yritystä. Testaamisella voidaan löytää viat varhaisessa vaiheessa ohjelman tekoa, jolloin samoja virheitä ei toisteta. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 11.)

Järjestelmän testaus ei ole vaikeaa eikä haasteellista suorittaa, vaikka näin usein väitetään. Järjestelmien testaus on kallista, koska se vaatii paljon miestyötunteja. Se voi myös maksaa käytettävän teknologian takia paljon. Testaamista käytetään kuitenkin harvoin niin tehokkaasti, että siihen kulutetut varat ja työtunnit antaisivat täyden varmuuden laitteen toimimista tehokkaasti tai jopa oikein. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 7.)

Testaaminen on systemaattista tutkimista laitteelle tai järjestelmälle, jonka tarkoituksena on löytää niiden virheitä. Testaamisvaiheeseen ei liity vielä niiden korjaus. Testaamisen tarkoituksena on siis löytää ja raportoida löydetyistä virheistä niiden suunnittelijalle. Testaamiseen kuuluu kuitenkin, että muutosten ja korjausten vaikutukset komponenttiin tai järjestelmään tarkistetaan. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 15.)

4.2 Syyt ohjelmien epäonnistumisiin

Järjestelmästä löytyy aina virheitä jossain vaiheessa sen kehitystä. Järjestelmä voi myös epäonnistua ympäristön vuoksi. Syynä voi esimerkiksi olla kylmyys, magnetismi, säteily, lämpö ja sähkö magneettiset kentät. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 11, 19.)

Järjestelmien virheistä voi seurata vakavia ja kalliita vahinkoja:

- ❖ Vuonna 1996 julkaistiin ensimmäistä kertaa Euroopan avaruusjärjestön alus Ariane 5. Sen laukaisu epäonnistui 37,5 sekuntia sen laukaisusta. Epäonnistumisen aiheutti ohjelmassa ollut virhe, joka muutti sen pystysuorassa menevää lentoreittiä. Raketti jouduttiin tuhoamaan itsetuhoapainikkeella, ennen kuin se aiheutti isompia ongelmia. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 10.)
- ❖ Kun Iso-Britannian hallitus otti käyttöön verkossa näkyvät veronpalautukset, käyttäjä pystyi joskus näkemään edellisen käyttäjän luvut (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 10).
- ❖ Pieni, yhden linjan muutos elektroniseen laskutukseen pimensi koko suurkaupungin Amerikassa (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 10).

Edellä mainittujen esimerkkien virheenkorjaus tuli maksamaan moninkertaisena sen, mitä kunnollinen ja monipuolinen testaus olisi maksanut. Kaikkia asioita ei voida huomioida kuitenkaan ohjelmistonkehityksessä tai testauksessa, kuten ympäristön, viallisten komponenttien ja väärinkäytön mahdollisuudet. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 10.)

4.3 Virheenkorjaus

Virheenkorjausta tehdään koko järjestelmän teon ajan. Virheet pyritään löytämään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa projektia. Virheiden löytäminen järjestelmästä myöhässä vaiheessa on aina kalliimpaa korjata, ne tekevät järjestelmästä vikaherkemmän ja jopa voivat tehdä järjestelmästä vaarallisen. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 18.)

Taulukko 1. Virheenlöytämisen hinta eri vaiheessa projektia

(Samaroo, Thompson & Williams 2010, 18.)

Virheenlöytymisvaihe	Korjauksen hinta
Vaatimusten määrittely	\$1
Ohjelmointi/koodaus	\$10
Ohjelman testaus	\$100
Koko järjestelmän testaus	\$1 000
Asiakkaalle tuotteen esittely	\$10 000
Tuote käytössä	\$100 000

Taulukosta nähdään, että järjestelmien virheenlöytäminen on erittäin kallista, mitä pidemmälle projekti edistyy.

Virheenkorjaamisella ja testauksella pystytään välttämään paineet viimeisten viikkojen ja päivien kiireestä. Kun järjestelmän valmistumispäivä lähenee järjestelmän tulisi olla mahdollisimman valmis. Jos vianetsintää ja testausta ei ole suoritettu kunnolla, testaajille jää hyvin vähän aikaa testata valmista järjestelmää. Virheiden määrää lisäävät myös ympäristölliset syyt. Tämä tulee ottaa huomioon testauksessa. Tärkeää on miettiä, millaisessa ympäristössä järjestelmä toimii ja suorittaa testaus niin, että nämä asiat on otettu huomioon. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 11.)

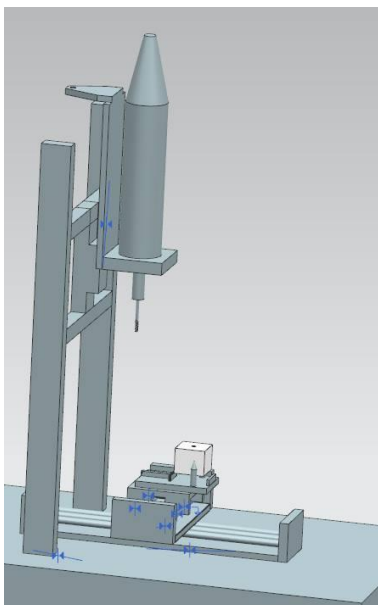
Järjestelmien virheet vaikuttavat yritykseen. Yritykseen vaikuttavat asiat ovat rahan- ja ajan menetys. Jos joudutaan korjaamaan paljon virheitä järjestelmän vuoksi, tulee se erittäin kalliiksi yritykselle. Tähän liittyy suuresti myös yrityksen maine. Kukaan ei halua epäluotettavaa ja tehotonta järjestelmää omiin projekteihin tai hankkeisiin. Viat ja testaamisen puuttuminen voivat johtaa henkilöstön ja ympäristön vahingoittamiseen, jopa kuolemaan. (Samaroo, Thompson & Williams 2010, 11.)

5 Työn kulku

Tässä luvussa kerrotaan opinnäytetyön kulusta. Opinnäytetyön teko alkoi syksyllä 2014. Projektiopintojen projektityö on kuitenkin hyvin tärkeässä osassa opinnäytetyötä. Työn kulussa kerrotaan ensin projektityöstä, jonka jälkeen kerrotaan opinnäytetyön etenemisestä. Työssä käytettiin OPC DA -yhteyttä.

5.1 Ensimmäinen projektityö

Opinnäytetyö on jatkoa projektityöhön, joka on suoritettu ennen opinnäytetyön aloitusta. Projektityön aiheena oli tutkia kuinka PLC voitaisiin yhdistää Siemens NX MCD -ohjelmistoon. Samalla tehtävänä oli tutkia, voiko työtä hyödyntää opetuskäyttöön. Aluksi päätettiin, että mallinnetaan koulun laboratoriossa oleva porausasema, jonka jälkeen tutkitaan sen mahdollista liikuttamista PLC:llä OPC-yhteyden avulla. Porausasemasta mallinnettiin hyvin yksinkertainen malli, sillä mallin liikuttelua pidettiin tärkeämpänä kuin sen ulkoasua.



Kuva 5. Ensimmäinen porausasema malli

Mallinnuksen jälkeen voitiin aloittaa MCD-ohjelmistoon tutustuminen. Ohjeita MCD-ohjelmiston käytöstä on niukasti internetissä, joten työ eteni alussa hitaasti. Ongelmat olivat alussa lähinnä mallin fysiikoiden luonnissa MCD-malliin. Kun simuloinnin aloitti, osat eivät pysyneet paikoillaan vaan putosivat pois näytöltä tai lähtivät pois paikoiltaan. Tämä johtui siitä, että osien fysiikat olivat määritetty virheellisesti. Fysiikat saatiin lopuksi määriteltyä oikein työhön. MCD-ohjelmistoon tutustumisen jälkeen päätettiin käyttää Omronin PLC:tä, sillä se oli kokonsa puolesta helposti liikuteltavissa ja siinä oli valmiiksi kytkimiä, joilla voitiin kokeilla yhteyden toimivuutta.



Kuva 6. Työssä käytetty Omronin logiikka

OPC-yhteyden luominen oli projektityön suurin haaste. Suurin syy tähän oli oikeiden ohjeiden löytäminen. Ohjeiden löytymisen jälkeen alkoi OPC-yhteyteen tutustuminen. OPC-ohjelman löytäminen tuotti hankaluuksia, sillä monet OPC-ohjelmat ovat maksullisia ja niitä ei ollut vielä käytössä SeAMKissa. Työssä käytettiin aluksi Kepware-nimistä OPC-ohjelmaa, joka ladattiin internetistä. Kyseisen ohjelman käytöstä kuitenkin luovuttiin myöhemmin, sillä sen ilmaisversiossa aikaa työn tekemiseen oli vain kaksi tuntia, jonka jälkeen ohjelma tuli käynnistää uudelleen. Ohjelmasta ei myös löytynyt valitulle Omron-logiikalle ajureita.

Työssä päätettiin käyttää Fernhill Softwaren ohjelmaa PLC Data Gateway. Ohjelma on ilmainen, mutta siinä oli rajoituksena tagien määrä. Ohjelmassa voi käyttää vain 25 erilaista tagia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ohjelman ilmaisversiolla ei voi tehdä kovin laajaa ohjelmaa. Kyseisessä projektissa se ei ollut ongelma, sillä projektissa tarvittiin vain n. 10 erilaista tagia. Kun OPC-yhteys MCD:n ja PLC:n välille saatiin luotua, alkoi liikkeiden tekeminen käyttäen kytkimiä, jotka oli kiinnitetty PLC-ohjaimen.



Kuva 7. Oikea porausasema Seinäjoen Ammattikorkeakoulun laboratoriossa

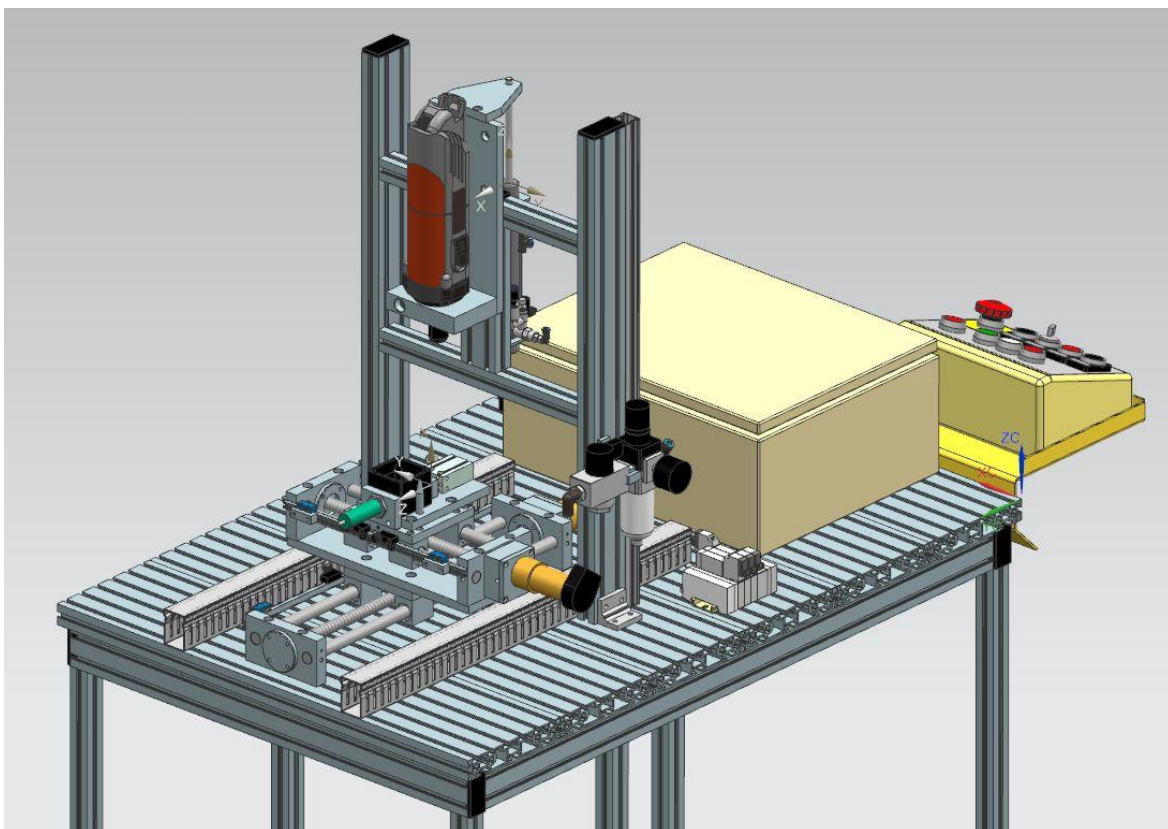
5.2 Opinnäytetyö

Opinnäytetyössä piti tutustua Siemensin 1500-sarjan logiikan käyttöönottoon ja TIA Portal -ohjelmistoon. Opinnäytetyön teko alkoi syksyllä 2014. Opinnäytetyössä käytettiin SeAMK:in laboratoriossa olevaa porausasemaa, joka oli jo mallinnettu valmiiksi. Työ alkoi tietokoneen IP-asetusten muutoksilla. Logiikka yhdistettiin tietokoneeseen Siemens-verkkokaapelilla. Logiikassa ja tietokoneessa pitää olla sama IP-osoite, jotta ne voidaan yhdistää. TIA Portal -projektiin määritettiin logiikan tyyppi, verkkokortti ja OPC-palvelin. Konfigurointien jälkeen aloitettiin yhteyden luominen OPC:n avulla logiikan ja MCD-ohjelmiston välille. Yhteyden luominen tapahtuu Siemens NX MCD -ohjelmiston asetuksista. Asetuksista tulee löytää koneella tai samassa verkossa oleva OPC-palvelin, jonka jälkeen se yhdistetään Siemens NX MCD -ohjelmistoon. Tämän jälkeen MCD-ohjelmistoon pitää määrittää logiikalle lähtevät ja logiikalta tulevat I/O-osoitteet. Määrittelyn jälkeen piti tehdä logiikkaohjelma automaattiselle työkierrolle. Työkierto toteutettiin niin, että poraus tehdään palikan jokaiseen kulmaan, jonka jälkeen porausasema ajaa referenssipisteeseen ja aloittamaan työkierron alusta automaattisesti. Työkierto haluttiin aloittaa painamalla fyysistä oikeaa nappia. Logiikkaan liitettiin fyysinen nappi, jolla ohjelma käynnistettiin. Työhön lisättiin vielä merkkivalo, joka syttyi aina, kun kelkka liikkui MCD-ohjelmistossa.



Kuva 8. Työssä käytetty Siemensin logiikka

Ohjelmiston tutustumisen alku oli haastava, sillä opiskelijoilla ei ole oikeutta muuttaa tietokoneiden asetuksia. Logiikkaan ei saatu alussa yhteyttä, sillä työn tekijä ei päässyt muuttamaan IP-asetuksia. Työn tekijälle myönnettiin tietokoneeseen täydet oikeudet, jolloin tekeminen helpottui. TIA Portal -ohjelmisto piti myös päivittää, sillä logiikoita ei ollut ennen käytetty koululla. Ohjelmiston päivittämisen jälkeen alkoi logiikan konfigurointi ja käyttöönotto. Käyttöönoton jälkeen, TIA Portalista piti löytää oikeat asetukset OPC-palvelimen tekoon. OPC-palvelimen tekeminen tuotti haasteita. Asiasta kysyttiin Siemensiltä, josta asiaa osattiin neuvua. OPC-palvelimena tuli käyttää yhtä versiota vanhempaa, kuin ohjelmassa ollut uusin versio. Tämän jälkeen OPC-palvelin saatiin toimimaan. Logiikkaohjelma saatiin toimimaan Siemens NX MCD -ohjelmistossa olleella virtuaalisella porausasemalla. Työ onnistui muuten tavoitteessaan hyvin, mutta lopulta ongelmaksi jäi pieni viive logiikan ja MCD-ohjelmiston välille. Viive on noin puoli sekuntia, mutta se vaikuttaa jonkin verran ohjelman toimintaan. Viive vaikuttaa anturien toimintaan ja liikkeiden aloittamiseen.



Kuva 9. Virtuaalinen porausasemamalli MCD-ohjelmistossa

5.3 Teknologiapäivä

Opinnäytetyötä oltiin esittelemässä myös Siemensin PLM-ohjelmistoja toimittavan Ideal PLM:n järjestämällä messuilla. Messut järjestetään vuosittain ja niiden teema oli tänä vuonna ”vauhtia ja voimaa tulevaisuuteen”. Messuilla käy vuosittain monia eri yritysten esittelijöitä. Messut tarjoavat maailmanluokan mahdollisuuksia suurille ja pienille yrityksille. Messuilla esitellään joka vuosi Siemensin uusia tuotteita ja tulleita tuotteita. Tänä vuonna esittelijöihin kuului mm. Infiniti Red Bull Racing ja ABB. ABB:n edustajat kertoivat heidän valmistamistaan korkean hyötysuhteen moottoreista ja generaattoreista. Paikalla oli Siemens PLM:n ja IDEAL PLM:n johtohenkilökuntaa ja asiantuntijoita, jotka kertoivat viimeisistä uutisista liiketoiminnasta ja teknologiasta.



Kuva 10. Seinäjoen Ammattikorkeakoulun messuesittely IDEAL PLM -teknologia-päivillä

Esiteltävä työ keräsi paljon huomiota messuilla. Paikalla olleet Siemensin johtohenkilöt olivat hyvin kiinnostuneita työstä ja he ilmaisivat mielenkiintonsa yhteistyön kehittämistä SeAMKin kanssa. SeAMKin messuosastolla vieraili myös paljon muita messuvieraita, jotka olivat kiinnostuneita OPC-yhteyden mahdollisuuksista. Tämän tyyppinen työ ei kuitenkaan ollut monelle messuvieraalle tuttu, sillä tällainen teknologia ei ole vielä yleisessä käytössä työelämässä. Messuilta sai hyvän kuvan siitä, mihin yritykset tarvitsisivat tällaista työtä.

6 Pohdintaa ja yhteenveto

Työssä päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Logiikan ja MCD-ohjelmiston välisen yhteyden luonti on tuottanut monia uusia ideoita Seinäjoen Ammattikorkeakoululle. Siemens on hyvin kiinnostunut jatkamaan kyseisen aiheen tutkimista ja kehittämistä. Tämänkin takia jo työtä voi pitää hyvin onnistuneena. Työssä ilmenneet ongelmat saatiin ratkaistua hyvin ja ainoa ongelma, joka työn loputtakin jäi vielä ratkaisematta, oli pieni viive logiikan ja MCD-ohjelmistossa olevan 3D-mallin välillä. Tämä viive ei haittaa työtä paljon, mutta se on yksi jatkokehityksen aihe. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu on tekemässäkin jo uusia projekteja aiheeseen liittyen. Tehdyn työn tuloksista tehtiin myös käyttöohjeet koululle, jotta työn tekeminen uudelleen ja sen jatkaminen helpottuisi.

Opinnäytetyö liittyi SeAMKin Digital Factory -projektiin. Projektin yksi tavoitteista on oppimisympäristön luominen. Virtuaalisen 3D-mallin käyttö oppimisympäristönä luo uusia mahdollisuuksia automaationtekniikan opiskeluun. Virtuaalisen mallin käyttö mahdollistaa sen, ettei laitetta ole pakko olla fyysisesti paikalla. Tämä mahdollistaa myös sen, että luokallinen opiskelijoita voi kaikki testata ja kokeilla laitetta virtuaalisessa ympäristössä omalla koneellaan ja turvallisessa ympäristössä. Virtuaalinen malli on myös edullinen tapa opiskella laitetta. Virtuaalinen malli ei kuitenkaan vielä tällä teknologialla pysty korvaamaan fyysisiä laitteita ja koneita opetuskäytössä. Vaikka virtuaaliseen malliin voidaan luoda törmäyspintoja ja tarttumapintoja, eivät ne käyttäydy samalla tavalla kuin oikeassa laitteessa. Myös esimerkiksi magneettianturien käyttö ei toimi virtuaalisessa ympäristössä samalla tapaa kuin fyysisesti.

Työn aihe oli kiinnostava ja opetti paljon uusien laitteiden ja ohjelmistojen käytöstä. Myös tiedonhankintaa sai tehdä paljon työssä ja ongelmatilanteissa oli koulun henkilökunta tukemassa projektin tekoa. Projektityöt ovat hyvin mielenkiintoisia opiskelijoille. Tampereen teknologiapäivät olivat myös hyvä tapa tavata yritysten edustajia ja johtoa. Siellä sai harjoitusta esiintymisestä ja harjoitella oman työnsä esittelyä muille alan ammattilaisille.

LÄHTEET

- AMCI. 2014. What is Programmable Logic Controller (PLC)? [WWW-dokumentti]. Advanced Micro Controls, Inc. [Viitattu 22.4.2015]. Saatavana: <http://www.amci.com/tutorials/tutorials-what-is-programmable-logic-controller.asp>
- Damm, M., Leitner, S-H. & Mahnke, W. 2009. OPC Unified Architecture. Saksa: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Fernhill Software. 2015. PLC Data Gateway. [WWW-dokumentti]. Fernhill Software. [Viitattu 13.3.2015]. Saatavana: <http://www.fernhillsoftware.com/Features.php>
- Honeywell. 2015. Advanced Process Control. [WWW-dokumentti]. Honeywell. [Viitattu 21.4.2015]. Saatavana: <https://www.honeywellprocess.com/en-US/training/programs/advanced-applications/Pages/advanced-process-control.aspx>
- Indiana University. 2014. Knowledge Base. [WWW-dokumentti]. Indiana University. [Viitattu 20.4.2015]. Saatavana: <https://kb.iu.edu/d/abkr>
- Isilog. Ei päiväystä. Mechatronics Concept Designer. [WWW-dokumentti]. Isilog. [Viitattu 2.4.2015]. Saatavana: <http://www.isilog.de/en/products/products/mechatronics-concept-designer.html>
- Kepware. 2015. About OPC. [WWW-dokumentti]. Kepware technologies. [Viitattu 10.3.2015]. Saatavana: http://www.kepware.com/Menu_items/industry OPC Foundation.asp
- MatrikonOPC. 2015. OPC UA (Unified Architecture). [WWW-sivu]. MatrikonOPC. [Viitattu 10.4.2015]. Saatavana: <http://www.matrikonopc.com/opc-ua/index.aspx>
- Microsoft. 2015a. What is COM? [WWW-dokumentti]. Microsoft Corporation. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana: <https://www.microsoft.com/com/default.mspx>
- Microsoft. 2015b. Distributed Component Object Model. [WWW-dokumentti]. Microsoft Corporation. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana: <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc958799.aspx>
- OPC Foundation. 2015. What is OPC?. [WWW-dokumentti]. OPC Foundation. [Viitattu 11.4.2015]. Saatavana: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- OPC Training Institute. 2015. OPC Data Access (OPC DA) Specification. [WWW-dokumentti]. OPC Training Institute. [Viitattu 13.4.2015]. Saatavissa: <http://www.opcti.com/Content.aspx?id=16&AspxAutoDetectCookieSupport=1>

- Samaroo, A., Thompson, G. & Williams, P. 2010. Software Testing. 2. painos. Great-Britain: British Informatics Society Limited (BISL).
- SeAMK. 2015. SeAMK Digital Factory. [WWW-dokumentti]. Seinäjoen Ammatti-korkeakoulu. [Viitattu 10.4.2015]. Saatavana: <http://www.seamk.fi/fi/Tutkimus,-kehittaminen--innovaatiot/Projektit/Projektien-omia-sivuja/SeAMK-Digital-Factory>
- Siemens. 2015a. About NX Software. [WWW-dokumentti]. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Corporate. [Viitattu 22.4.2015]. Saatavana: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/about-nx-software.shtml
- Siemens. 2015b. TIA Portal – teollisuudenautomaation ohjelmistoalusta. [WWW-dokumentti]. Siemens AG. [Viitattu 11.4.2015]. Saatavana: http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php
- Syspro. 2015. What is ERP. [WWW-dokumentti]. Syspro. [Viitattu 24.4.2015]. Saatavana: <http://www.syspro.com/product/what-is-erp>
- PLM World. 2015. Unigraphics Today. [WWW-dokumentti]. PLM World. [Viitattu 22.4.2014]. Saatavana: <http://www.plmworld.org/index.php?mo=cm&op=ld&fid=223>
- Zipper, S. 2011. See GM, IBM in CAD/CAM fight; after Unigraphics deal. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 28.4.2015]. Saatavana: <http://archive.today/Giyk>