



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sami Juntunen

Matrox Iris GTR -älykameran PROFI- NET-konfigurointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

11.11.2018

Tekijä Otsikko	Sami Juntunen Matrox Iris GTR -älykameran PROFINET-konfigurointi
Sivumäärä Aika	25 sivua + 5 liitettä 11.11.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Timo Kasurinen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli toteuttaa Matrox Iris GTR -älykameran PROFINET-yhteyden konfigurointi Siemens S7-1500 -ohjelmoitavaan logiikkaan. Laitteiden konfiguroinnin ja ohjelmoinnin onnistumisen kannalta oli oleellista, että laitteet ja konfiguroinnissa käytetty tietokone sijaitsivat samassa aliverkossa. Konfiguraatioissa kaikille laitteille määritettiin staattiset IP-osoitteet. Älykamerasta löytyy erillinen PROFINET-moduuli, joka tarvitsi myös oman staattisen IP-osoitteen.</p> <p>Älykameran IP-osoite konfiguroitiin Matroxin omassa Linux-pohjaisessa käyttöjärjestelmässä kytkemällä kamera VGA-liittimellä näyttöön. Käyttöjärjestelmässä hyväksyttiin myös PROFINET-protokollan käyttö kameralle.</p> <p>Logiikalle ladattavat laitekonfiguraatiot tehtiin käyttäen Siemens TIA Portal -ohjelmistoa. Kameran konfiguraatiotiedot saatiin lataamalla kameran laitetiedot sisältävä GSDML-tiedosto TIA portaaliin. Portaalissa konfiguroitiin logiikan ja kameran PROFINET-moduulin staattiset IP-osoitteet, sekä PROFINET-yhteys kameran ja logiikan välille.</p> <p>Kameraan ladattava konenäköohjelma, jota käytettiin demonstrointiin, toteutettiin Matrox Design Assistant 5 -ohjelmistolla, joka sijaitsi koulun verkossa olevalla virtuaalikoneella. PROFINET-protokollan käyttö hyväksyttiin luodulle projektille ja projekti ladattiin kameralle. Demonstrointia varten luotiin logiikkaohjelma TIA portaalissa. Demonstraatiossa todettiin yhteyden toiminta ja tiedonkulku havainnollistamalla konenäkösovelluksen toimintaa verkkoselainpohjaisella operointinäkykymällä.</p> <p>Kaikki insinööriyön tavoitteet saavutettiin ja älykameran voi liittää osaksi prosessinohjausta opetuskäyttöön tarpeen tullen. PROFINET-yhteyden konfiguraatiosta tehtiin havainnollinen ohje opettajien ja opiskelijoiden käyttöön.</p>	
Avainsanat	konenäkö, älykamera, PLC, PROFINET, IP-osoite

Author Title	Sami Juntunen The PROFINET Configuration of Matrox Iris GTR Smart Camera
Number of Pages Date	25 pages + 5 appendices 11 November 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Timo Kasurinen, Senior Lecturer
<p>The goal of this study was to configure a PROFINET connection between the Matrox Iris GTR smart camera and the Siemens S7-1500 programmable logic controller. It was crucial for the hardware and the computer used for the configurations to be connected to the same subnet. Each of the hardware used required static IP addresses while the computer got a dynamically generated IP address in the same subnet. The smart camera included a hardware-assisted mechanism for PROFINET communication which required a static IP address separate from the camera's own IP address.</p> <p>The static IP address for the smart camera was set in a customized Linux based operating system. The operating system was accessed by connecting the camera to a monitor via a VGA cable and was also used for the PROFINET configuration of the camera.</p> <p>The hardware configurations used in the controller were made using the Siemens TIA Portal. To obtain the hardware data needed for the configuration of the smart camera in TIA Portal, a GSDML file had to be downloaded into the Portal. The configuration in the Portal consisted of setting the IP addresses for the logic controller and the hardware-assisted PROFINET mechanism, as well as configuration of the PROFINET connection itself.</p> <p>The machine vision project used in the demonstration of the study was created with the Matrox Design Assistant 5. To avoid possible conflicts in assigning IP addresses in the computer's network interface controller, the Matrox Design Assistant 5 was installed and used in a virtual machine. The use of the PROFINET protocol had to be configured in the project before downloading it to the camera. For the demonstration to work, a logic program activating certain outputs had to be created in the TIA Portal and downloaded to the controller. A web browser based operating view for the machine vision project was used to demonstrate the successful configuration of the PROFINET connection.</p> <p>The goal of the study was achieved, and the smart camera can be used in teaching if needed. In addition, an illustrative manual for the configurations was created for teachers and students to use.</p>	
Keywords	machine vision, smart camera, PLC, PROFINET

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Alkuasetelma	2
2.1	Käytetyt laitteistot	2
2.1.1	Ohjelmoitava logiikka	2
2.1.2	Konenäkökamera	4
2.2	Käytetyt protokollat ja ohjelmistot	5
2.2.1	Internet-protokolla ja IP-osoitteet	5
2.2.2	Ethernet ja Profinet	6
2.2.3	Virtuaalikone	7
2.2.4	Matrox Design Assistant	7
2.2.5	Siemens TIA Portal v13	9
3	Työn kulku	10
3.1	Aloitukset ja alun ongelmat	10
3.2	Matrox Iris GTR -älykameran konfiguraatio	11
3.3	Matrox Design Assistant 5 konfiguraatio	11
3.4	TIA portaalin konfiguraatiot	12
3.5	Tulot ja lähdöt	14
3.6	Demonstraatio	17
3.6.1	Konenäkösovellus	17
3.6.2	Step 7 -ohjelma	20
3.7	Automaatiolaboratorioverkkoon siirtyminen	22
4	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1. Siemens S7-1513-1 PN ohjelmoitava logiikka käyntitilassa

Liite 2. Matrox Iris GTR -kameran mitat

Liite 3. Matrox Iris GTR -älykameran käyttäjärjestelmä ja PROFINET-konfiguraatio

Liite 4. Operator View

Liite 5. Siemens S7-1513-1 PN IP -asetukset

Lyhenteet

CPU	Central Processing Unit, tietokoneen prosessoripiiri.
DB	Data Block on Siemensin Step 7:ssä käytetty muistialue sisältää ohjelmaan määritellyn datan, jota käytetään funktioiden suorittamisessa.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol on verkkoprotokolla, joka jakaa dynaamisesti IP-osoitteita uusille lähiverkkoon kytkeytyville laitteille.
FB	Funktion Blockiin kirjoitetaan funktion tapaan logiikkaohjelmia, mutta erona on, ettei FB tarvitse tietoa data blokista, vaan sisältää datan määrittelyä varten muistia.
FBD	Function Block Diagram, logiikkaohjelmointikieli.
FC	Functioniin eri funktioon kirjoitetaan logiikkaohjelmia, joissa käytetään data blokkeihin määriteltyjä arvoja.
GSDML	General Station Description Markup Language, Profinet-liitännäisen kentälaitteen ominaisuustiedot sisältävä XML-standardin mukaan kirjoitettu tiedosto, jota käytetään PLC:n laitekonfiguraatiossa.
HMI	Human Machine Interface, teollisuuden käyttöliittymä, jolla voidaan ohjata tuotannon eri laitteita.
ICANN	Internet Corporation For Assigned Names and Numbers on voittoa tavoittelematon organisaatio, joka hallinnoi Internetin IP-osoitteiden tunnuksia.
I/O	Input/Output, tulo/lähtö.
LAD	Ladder Diagram eli tikapuukaavio, logiikkaohjelmointikieli.
MIL	Matrox Imaging Library on ohjelmakokoelma konenäön kehitykseen, hallintaan ja kuvien käsittelyyn.

PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka on teollisuuden prosessien reaaliaikaiseen ohjauksessa käytettävä kompakti modulaarinen tietokone.
PPI	Profibus and Profinet International on Karlsruhessa Saksassa toimiva saateenvarjostusyhdistys.
RJ45	Registered Jack 45 tai 8P8C (position 8 conductor 8) on kahdeksan pinninen modulaarinen liitin. Käytetään Ethernet-kaapeloinnissa.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition on valvomo-ohjelmisto, jossa graafinen käyttöliittymä on yhdistetty suoraan automaatiojärjestelmään. Tämä mahdollistaa suoran kommunikaation järjestelmän laitteiden kanssa.
SCL	Structured Control Language, korkean tason tekstipohjainen logiikkaohjelmointikieli.
STL	Statement List, tekstipohjainen ohjelmointikieli Simatic ohjelmoitaville logikoille.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol on usean tietoliikenneprotokollan yhdistelmä. IP on internet verkon alin yhtenäinen protokolla. IP-osoitteen perusteella verkossa kulkevat datapaketit löytävät perille.
TIA	Siemens Totally Integrated Automation -ohjelmistoalusta, joka sisältää useita ohjelmistoja PLC:n ohjelmointiin, konfigurointiin ja visualisointiin. Uudemmat versiot sisältävät lisäksi ohjelmiston taajuusmuuttajien ohjelmointiin.
UDT	User Defined Data Types, käyttäjän erikseen määrittelemät datatyypit.
USB	Universal Serial Bus on sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.
VGA	Video Graphics Array on IBM:n vuonna 1987 esittelemä näytönohjauspiiri.

- VLAN Virtual Local Area Network eli virtuaalinen lähiverkko on tekniikka, jolla fyysinen tietoliikenneverkko voidaan jakaa erillisiin lähiverkkoihin riippumatta niiden sijainnista.
- XML Extensible Markup Language on merkintäkieli, joka määrittelee säännöt dokumenttien tietojenkäsittelyyn, jotta ne olisivat sekä ihmis- että koneluettavia.

1 Johdanto

Työn tavoitteena oli konfiguroida yhteys Matrox Iris GTR -älykameran ja Siemens S7-1500 -ohjelmoitavan logiikan välille käyttäen PROFINET-protokollaa. Molemmat laitteet kytkettiin samaan aliverkkoon konfigurointiin käytetyn tietokoneen kanssa.

Työn laitekonfiguraatiot logiikkaa varten tehtiin käyttäen Siemens TIA Portal:n Step 7 -osuutta. Portaalissa määriteltiin käytetyn logiikan konfiguraatio, väylä sekä kameran konfiguraatio. Kameran konfiguraatioon vaadittiin sen laitetiedot sisältävän GSDML-tiedoston lataamista TIA-portaaliin. Kamerassa on erillinen moduuli PROFINET-kommunikaatiota varten. Konfiguraatiossa määritettiin staattiset IP-osoitteet logiikkaa ja kameran PROFINET-moduulia varten.

Kameralle määritettiin oma, PROFINET-moduulista erillinen, IP-osoite Matroxin omassa Linux-pohjaisessa käyttöjärjestelmässä. Käyttöjärjestelmään siirtyminen tapahtui kytkeväällä kamera näyttöön VGA-liitännällä. Kameran PROFINET-protokollan käytön hyväksyntä tehtiin käyttöjärjestelmästä löytyvällä MILConfig-ohjelmistolla.

Kameran konenäkösovellus tehtiin käyttäen Matrox Design Assistant 5 -ohjelmistoa, joka asennettiin eri käyttöjärjestelmään kuin TIA-portaali, jotta välttyttäisiin mahdollisilta konflikteilta IP-osoitteiden jaossa koneen verkkokortilla. Tässä tapauksessa ohjelma sijaitsi virtuaalikoneella, johon oli pääsy koulun verkosta, mahdollistaen molempien ohjelmien käytön samalla tietokoneella.

Matrox Iris GTR -älykamera kykenee käyttämään Matroxin QuickComm-tekniikkaa, joka mahdollistaa tilannetietojen lähetyksen logiikalle automaattisesti ohjelmakierron eri vaiheissa ilman erillisen kommunikointilohkon luontia ohjelmaan. PROFINET-konfiguraatioon määriteltiin tulojen ja lähtöjen osoitteet, jotta PLC osaa tulkita tietoja oikein. Osoitealueet sijaitsevat TIA-portaalin kameran laitekonfiguraation tiedoissa. TIA-portaalin ja Matrox Design Assistantin konfiguraatioissa määriteltiin yhteneväiset I/O-osoitteet. Konenäkösovellus ladattiin kameralle, ja sen lähtöjä käytettiin TIA-portaalissa ohjelman luonnissa. Lopuksi todettiin konfiguraation toiminta verkkoselaimella toimivan operointinäkömänn avulla.

2 Alkuasetelma

2.1 Käytetyt laitteistot

2.1.1 Ohjelmoitava logiikka

PLC eli ohjelmoitava logiikka on alun perin autoteollisuuden käyttöön tehty mikrokontrolleripohjainen kompakti tietokone, jolla voitiin helposti korvata satoja tai tuhansia releitä ja ajastimia vähentäen johdutusten tarvetta autoissa. Sittemmin ohjelmoitavia logiikoiden käyttö on laajentunut kaikkialle teollisuuteen.

Tyypillinen PLC teollisuudessa on modulaarinen eli se voidaan kasata tarpeen mukaan erillisistä moduuleista. Vähimmillään PLC tarvitsee toimiakseen virtalähteen ja I/O-moduuleja. I/O-moduulit koostuvat yleensä joko analogisista tai digitaalisista I/O-porteista, mutta esimerkiksi kenttäväylillä voidaan mahdollistaa hajautettujen I/O:den käytön, jolloin ei välttämättä tarvita erillistä I/O-moduulia. PLC:n muokattavuus, käyttövarmuus ja reaaliaikaisuus tekevät siitä oleellisen osan nykyaikaista prosessinohjausta teollisuudessa. Suurin ero muihin tietokoneisiin on PLC:n fyysisissä vaatimuksissa. PLC on tarkoitettu vaativampiin olosuhteisiin ja on tästä syystä kestävämpi esimerkiksi kosteutta, pölyä, värinää ja eri lämpötiloja kohtaan kuin tyypilliset tietokoneet. Tuloina PLC:ssä voi käyttää esimerkiksi yksinkertaisia digitaalisia signaaleja rajakytkimistä tai digitaaliantureista, analogisia signaaleja lämpötila- tai paineantureista, tai monimutkaisempaa sijaintidataa konenäkösovelluksista. Lähtö- eli ohjaussignaaleilla voidaan ohjata esimerkiksi indikaatiovaloja, moottoreita, sylintereitä tai magneettiventtiilejä. Yksittäisellä PLC:llä voidaan käsitellä muutamista I/O-pisteistä useisiin tuhansiin I/O-pisteisiin. [1.]

Työssä käytetty PLC, Siemens S7-1513-1 PN (liite 1), on osa Siemens S7-1500 -tuoteperhettä, johon kuuluu erilaisilla teknisillä ominaisuuksilla varusteltuja logiikoita teollisuuden eri tarpeisiin. S7-1500-logiikat on jaettu kolmeen eri pääkategoriaan niiden prosessorien mukaan: vakio CPU:t kompaktit CPU:t ja Failsafe CPU:t. Kompaktit CPU:t kykenevät toteuttamaan keskimäärin pienempää määrää ohjelmalohkoja muihin nähden ja

ovatkin tarkoitettu pienempien prosessien ohjaukseen, kun tilaa on käytettävissä vähemmän [2]. Failsafe CPU kykenee ohjaamaan normaalien prosessien lisäksi turva-automaatiota [3]. S7-1513-1 PN on keskitason toteutuksiin soveltuva vakio CPU. Siinä on integroitu näyttö, 300 kilotavun työmuisti koodeille, 1,5 megatavun työmuisti datalle ja 40 nanosekunnin bittioperointiaika. PROFINET-kommunikointia varten siitä löytyy PROFINET I/O-ohjain ja integroitu PROFINET-liitäntä kahdella portilla. Teknologia-toiminnoista integroituina löytyvät liike-, ohjaus-, lasku- ja mittaus-toiminnot, sekä diagnostiikkatoiminto. [4.]

Lisäksi logiikkaan voidaan lisätä 32 gigatavun SIMATIC-muistikortti, joka toimii varmuistina. I/O-ominaisuudet ovat seuraavat:

- I/O-osoitealue maksimissaan: 32 kilotavua
- prosessikuvat: 32 kilotavua
- digitaalikanavat: 262 144
- analogikanavat: 16 384
- keskitetyt I/O:t: tarvitaan I/O-moduuleja
- hajautetut I/O:t: PROFIBUS-protokollaa varten tarvitaan kommunikointimoduuli; PROFINET-portteja kaksi. [5.]

Ominaisuudet bittimuisti-, ajastin- ja laskurilohkoille:

- bittimuisti: 16 kilotavua
- S7 ajastimet: 2048
- S7 laskurit: 2048
- elementit eli DB:t, FB:t, FC:t, UDT:t ja globaalit vakiot ym.: 2000. [5.]

Logiikkaohjelmointiin ja -konfigurointiin S7-1513-1 PN käytetään Step 7 v12:ta tai uudemmaa, työssä käytettiin versiota 13. Tuettuja ohjelmointikieliä ovat LAD, FBD, STL, S7-SCL ja S7-GRAPH. [5.]

2.1.2 Konenäkökamera

Konenäkö kattaa teknologiat ja menet, joita käytetään kuvapohjaisessa automaattisessa tarkastelussa ja analyysissa. Konenäköä käytetään muun muassa automaattiseen kuvantarkasteluun, prosessinohjaukseen ja robotin ohjaukseen. Tyypillisesti konenäköjärjestelmä koostuu valonlähteestä, kuvattavasta kohteesta, kamerasta, tietokoneesta ja siinä olevasta kuvankäsittelyohjelmasta, joka tulkitsee kuvan automaattisesti. [6.]

Älykamera on konenäköjärjestelmä, joka kuvankaappauksen lisäksi pystyy poimimaan ja käsittelemään sovelluskohtaista tietoa otetuista kuvista ja tuottamaan tapahtumakuvaus- ja tekemään päätöksiä, joita voidaan käyttää automaatiojärjestelmissä. Se sisältää oman prosessorin lisäksi kaikki tarvittavat kommunikointiliitännät, kuten Ethernetin-kaapelin ja teollisuuden sopivat 24V:n I/O-johdot yhteyden luomiseen PLC:n, erinäisten toimilaitteiden, releiden tai pneumaattisten venttiilien kanssa. Tietokonepohjaiseen konenäköjärjestelmään verrattuna älykamera on kompakti ja usein halvempi yksinkertaisemman käyttöjärjestelmän kustannuksella. Älykamerat soveltuvat erityisen hyvin käyttökohteisiin, joissa useamman kameran vaaditaan toimivan itsenäisesti ja asynkronisesti. Mahdollisia käyttökohteita älykameralle ovat esimerkiksi automaattinen laadun- tarkkailu, etämittaukset, kohteiden lajittelu, viivakoodinluku ja robottikäden ohjaus. [7.]

Työssä käytetty älykamera oli Intel Celeron -kaksisydinprosessorilla varustettu Matrox Iris GTR, joka kykenee nopeaan kuvankaappaukseen ja kuvien tehokkaaseen käsittelyyn. Kamera soveltuu laajalti teollisuuden eri ympäristöihin sen kompaktin koon (liite 2) ja IP67-luokitellun suojakuoren ja kestävien M12-liitinten ansiosta. [9.] Kolmesta liittimestä ensimmäistä käytetään virransyöttöön, LED-valaisimen hallintaan, laukaisukäskyyn sekä digitaalituloihin ja -lähtöihin. Tulot ja laukaisukäsky ovat optoerotettuja, eli niissä tiedonkulku tapahtuu valon välityksellä, jolloin korkeat jännitteet eivät aiheuta häiriötä. Toinen liitin on VGA:n ja UBS 2.0: n käyttöä ja kolmas liitin Gigabit Ethernetiä varten. [8.] Kamerassa löytyy liitännä Corning Varioptic C-C -sarjan automaattitarkennuslinssille. Linssin tarkkuutta ja valaisuuden vahvuutta on mahdollista ohjata suoraan kameran ohjelmasta vähentäen manuaalisen säätämisen tarvetta. [9.]

Kamerasta löytyy digitaalisten I/O:iden hallintaan erillinen suoritin reaaliaikaisen toiminnallisuuden mahdollistamiseksi. Suorittimen avulla lähtötapahtuma voidaan lähettää tarkoin määriteltyyn aikaan, tietyn ajan kuluttua tai vastauksena tiettyyn tulotapahtumaan.

Ohjelmoitu lähtötapahtuma varastoidaan hardware -listalle, josta sitä käytetään joko kelon tai tulotapahtuman perusteella. Lähtötapahtuma toteutetaan tilatiedon siirtona, pulsina tai pulssijunana määriteltyyn lähtöön. Matrox Iris GTR sisältää myös erillisen moduulin PROFINET-kommunikoinnin hoitamiseen. Moduuli takaa kommunikoinnin toimimisen prosessorin ollessa muiden tehtävien käytössä. [9.]

2.2 Käytetyt protokollat ja ohjelmistot

2.2.1 Internet-protokolla ja IP-osoitteet

Internet-protokolla eli IP on TCP/IP-mallin Internet-tason pääasiallinen kommunikaatio-protokolla, joka vastaa datapakettien toimituksesta kohteeseen IP-osoitteiden perusteella. Protokolla osoittaa kohteet, tiivistää datan datapaketeiksi ja reitittää datapaketteja lähteeltä kohteelle yhden tai useamman IP-verkon kautta. Yleisin käytössä oleva IP versio on IPv4. [10.]

IP-osoite on 32 bittinen numerosarja IP-verkkoihin kytkettyjen verkkosovittimien yksilöimiseen. IP-osoite kirjoitetaan neljässä 8 bitin osassa ja osat erotetaan pisteellä, joten ne sijoittuvat välille 0.0.0.0–255.255.255.255. Osoitteet ovat kuitenkin verkkokorttikoh- taisia ja niitä on vain rajallinen määrä, joten niiden jakamista pitää valvoa. Maailmanlaajuisesti osoitteiden jakoa valvoo IANA eli Internet Assigned Numbers Authority, jota ylläpitää ICANN-niminen organisaatio. RIR eli Regional Internet Registry, joka koostuu viidestä eri organisaatiosta, jotka jakavat osoitteita maantieteellisten alueidensa operaattoreille. Osoitteet jaetaan osoiteavaruuksina, joissa operaattori saa kaikki samalla alkuosalla olevat osoitteet. Operaattorit jakavat osoitteita asiakkailleen pienempinä osoiteavaruuksina. [11.]

Operaattoreilta saatuja osoiteavaruuksia käytetään yleensä aliverkoissa, jolloin tarvitaan myös aliverkkopeite, joka kertoo, bittiä osoitteen alusta ilmaisee verkon osoitetta lopun jäädessä ilmaisemaan yksittäisiä verkkokortteja. Peite siis rajaa osoiteavaruudesta käytettävissä olevan IP-osoitteiden joukon. Rajatuista IP-osoitteista jaetaan osoitteita eteenpäin verkkokorteille dynaamisesti käyttäen DHCP-protokollaa. [11.] Teollisuudessa useilla laitteilla on kuitenkin staattiset IP-osoitteet toimintavarmuuden varmistamiseksi.

RFC 1918 standardi määrittää kolme yksityiskäyttöön varattua IP-osoiteryhmää, joita ei saa reitittää julkiseen Internet:iin. Nämä kolme osoiteryhmää ovat

- 10.0.0.0/255.0.0.0 eli osoitteet 10.0.0.1 – 10.255.255.255,
- 172.16.0.0/255.240.0.0 eli osoitteet 172.16.0.1 – 172.31.255.255,
- 192.168.0.0/255.255.0.0 eli osoitteet 192.168.0.1 – 192.168.255.255. [11.]

Julkiseen Internetiin yhdistyäkseen pitää yksityinen IP-osoite muuntaa julkiseksi osoite-muunnoksen tekevän reitittimen kautta.

2.2.2 Ethernet ja Profinet

Ethernet on joukko tietoverkkoratkaisuja, joita tavallisimmin käytetään paikallisverkoissa, kaupunkiverkoissa ja laajaverkoissa. Alkuperäinen Ethernet käytti koaksiaalikaapelointia saavuttaen 2,94Mb/s siirtonopeuden. Uudemmat variantit käyttävät yleensä joko pari- tai valokuitukaapelointia saavuttaen parhaimmillaan 400 gigabitin sekuntinopeuden. Nykyään nopeammat yleisessä käytössä olevat Ethernet-tekniikat jaetaan kolmeen tyyppiin nopeuden perusteella: Fast Ethernet -verkkotekniikat kykenevät 100 Mb/s nopeuksiin, Gigabit Ethernet 1 Gb/s nopeuksiin ja 10 Gb Ethernet 10 Gb/s nopeuksiin. Nopeammat Ethernet-tekniikat saavat hyödynnettyä aikaisempia toimiviksi todettuja hitaampia tekniikoita. Ethernet-kaapelit yhdistetään yleensä kytkimiin, joihin laitteet liitetään RJ45-liittimillä. Kytkimet ohjaavat laitteiden välistä kommunikaatiota porttikohtaisesti. [12.]

Tyypilliset Ethernet-tekniikat eivät kuitenkaan täytä teollisuuden vaatimuksia vasteajan, varmuuden tai kestävyuden saralta. Teollisuuden käyttöön kehitetyt teollisuus-Ethernet-protokollat mahdollistavat datan keräyksen teollisuusjärjestelmistä ja niissä olevien laitteiden ohjauksen tiukkojen aikavaatimusten vallitessa. PROFINET on PPI:n eli Profibus and Profinet Internationalin hallinnoima ja tukema teollisuus-Ethernet-standardi. [13.]

Kansainvälisen standardin IEC 61784-2 mukaan PROFINET I/O voidaan jakaa kolmeen yhdenmukaisuusluokkaan:

- Luokassa A (CC-A), vain laitteet ovat sertifioituja. Valmistajasertifikaatti riittää verkkoinfrastruktuuriin.

- Luokka B (CC-B) edellyttää, että verkkoinfrastruktuuri sisältää myös sertifioituja tuotteita ja on rakennettu PROFINET I/O:n suositusten mukaisesti. Suojatut kaapelit lisäävät kestävyyttä ja hallinnointiominaisuuksilla varustetut kytkimet mahdollistavat verkkodiagnostiikan ja verkon topologian kartoittamisen.
- Luokka C (CC-C) mahdollistaa paikannusjärjestelmien käyttöönoton. [13.]

Vasteaikojen perusteella on määritelty kolme protokollatasoa:

- TCP/IP ei-kriittiselle kommunikoinnille ja laitoksen toimeksiannoille 100 ms:n vasteajoilla,
- RT eli Real-Time -protokolla alle 10ms:n vasteaikoja vaativille PROFINET I/O -sovelluksille,
- IRT eli Isochronous Real-Time -protokolla alle 1 ms:n vasteaikaa vaativille taajuusmuuttajajärjestelmille. [13.]

2.2.3 Virtuaalikone

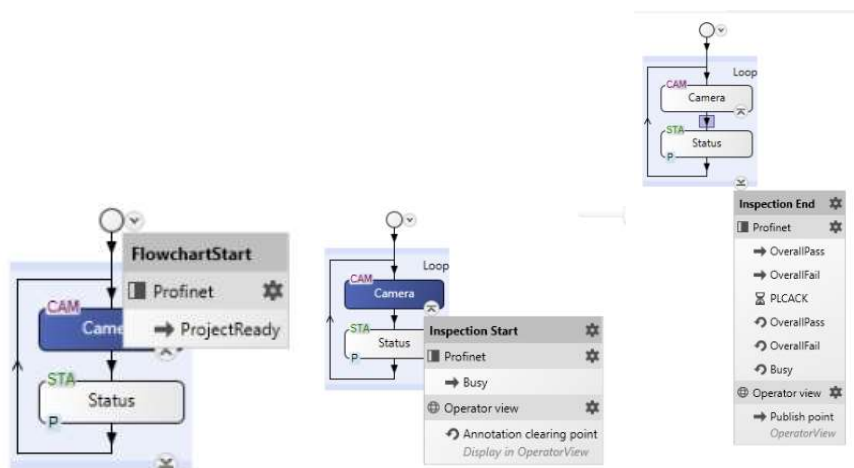
Virtuaalikone on tietokonejärjestelmän emulaatio, johon voi kirjautua etänä toiselta käyttöjärjestelmästä. Virtuaalikonetta käytetään yleensä, kun siinä on johonkin tiettyyn tarkoitukseen erikoistunutta laitteistoa tai ohjelmistoa, tai molempia, eikä näitä löydy käytettävältä tietokoneelta. Virtuaalikone voi olla joko järjestelmävirtuaalikone, jolloin se pyörittää täyttä käyttöjärjestelmää ja toimii kuten fyysinen tietokone, tai prosessivirtuaalikone, jota käytetään, kun halutaan käyttää yksittäisiä ohjelmia irrallisesti. [14.] VMware Workstation Player on yksi virtuaalikoneiden luonti- ja hallintaohjelma, jolla voi helposti virtualisoida useita eri käyttöjärjestelmiä, sekä rajoittaa käyttäjien oikeuksia tilanteissa, joissa kirjautuminen tapahtuu käyttäjän omalta tietokoneelta [15]. VMware Horizon tarjoaa käyttäjille yhtenäisen alustan, jolta pääsee kirjautumaan kaikkiin käytettävissä oleviin virtuaalikoneisiin [16]. Työympäristöissä kirjautuminen tapahtuu usein erikseen luoduilla tunnuksilla, joilla saattaa olla eriäviä oikeuksia virtuaalityöpöydällä.

2.2.4 Matrox Design Assistant

Matrox Design Assistant on Windows-käyttöjärjestelmässä toimiva integroitu kehitysympäristö, jolla konenäkösovellukset luodaan rakentamalla havainnolliset kulkukaaviot perinteisen koodin kirjoittamisen sijaan. Konenäkösovelluksen lisäksi Design Assistant antaa käyttäjän suunnitella graafisen verkkoselainpohjaisen operaattorikäyttöliittymän so-

vellukselle. Design Assistant ei ole laiteriippuvainen, joten sillä voidaan ohjelmoida kaikkia GigE Vision ja USB3 Vision -kameroita, sekä Matrox Iris GTR -älykameraa. Yhdessä projektissa voi käyttää useampaa kameraa samanaikaisesti tai käyttää kameroita projektikohtaisesti toisistaan riippumattomina. [18.]

QuickComm on kommunikointiominaisuus Matrox Design Assistantissa, jonka tarkoitus on helpottaa ohjelman luontia sisällyttämällä tärkeimpiä ohjelman osia suoraan ohjelman kulkukaavion rakenteeseen. QuickComm-kommunikointi kameran ja PLC:n välillä tapahtuu lähtökohtaisesti kolmessa osassa: projektin käynnistyksessä, ohjelmakierron alussa ja ohjelmakierron lopussa (kuva 1). Ennen ohjelmakiertoa lähetetään lähtökohtaisesti vain tieto projektin aloitusvalmiudesta PLC:lle. Ohjelmakierron alussa, laukaisukäskyn saatuaan, kamera lähettää PLC:lle Camera_Busy -tiedon ja nolaa operaattorinäkymän kuvan. Ohjelmakierron lopussa lähetetään tieto kuvan hyväksynnästä tai hylkäämisestä PLC:lle ja julkaistaan tulokset ja uusi kuva operaattorinäkymään, sekä lopuksi vielä nolataan nämä tiedot kameran muistista.



Kuva 1. QuickComm vaiheet perusohjelmassa. Vasemmalla ennen ohjelmakiertoa, keskellä ohjelmakierron alussa ja oikealla ohjelmakierron lopussa.

2.2.5 Siemens TIA Portal v13

Siemens TIA Portal v13 sisältää PLC-ohjelmointiin ja konfigurointiin tarkoitetun Simatic Step 7 -ohjelmiston sekä käyttöliittymäsuunnitteluun Simatic WinCC -ohjelmiston samassa ohjelmistoympäristössä mahdollistaen automaation konfiguroinnin, diagnostiikan sekä ylläpidon yhdellä ohjelmistolla. [19.]

Simatic Step 7 on Simatic logiikoiden konfigurointiin, ohjelmointiin, testaukseen ja diagnostiikkaan tarkoitettu ohjelmisto TIA-portaalissa. Step 7 tarjoaa käyttäjäystävällisen käyttöliittymän ja havainnollisen laitekonfiguraationäkymän. Siinä on mahdollista käyttää logiikkaohjelmointikieliä LAD, FBD, STL, SCL ja Graph. Ohjelmien ja I/O-pisteiden toimintaa voidaan seurata reaaliajassa Online-tilassa, mikä helpottaa diagnosointia ja optimointia ohjelmoinnissa. Ohjelmassa ei vaadita käyttäjältä erillistä ohjelmointia järjestelmädiagnooseihin, vaan ne on sisällytetty ohjelmistoon. Ohjelma- ja konfiguraatiomuutoksia tehdessä Step 7:ssä voi tehdä kattavia online/offline -vertailuja laitteiden ja ohjelmien osalta nopeuttaen mahdollisten erojen tunnistusta. [20.] Eri toimittajien laitteita voidaan lisätä Step 7 -laittekonfiguraatioon käyttämällä laitetiedot sisältäviä GSD- tai GSDML-tiedostoja.

Logiikoiden lisäksi myös käyttäjien pitää pystyä ohjaamaan teollisuuden prosesseja tarpeen mukaan. Tällöin voidaan käyttää erillisiä HMI-laitteita, kuten kosketusnäyttöpaneeleita, joissa pyörii oma käyttöliittymänsä. Siemensin Simatic HMI-laitteiden konfiguraatio ja operointinäkökuvan ohjelmointi toteutetaan TIA-portaalin Simatic WinCC -ohjelmalla. WinCC tarjoaa ratkaisuja yksinkertaisista paneeleista aina laajoihin SCADA- eli valvomo-sovelluksiin saakka. [20.]

3 Työn kulku

3.1 Aloitus ja alun ongelmat

Insinööriyön tilaajana ja valvojana toimi Metropolian automaatiotekniikan lehtori, Timo Kasurinen, joka halusi uuden Matrox Iris GTR -älykameran käyttävän PROFINET-protokollaa kommunikoidessaan ohjelmoitavan logiikan kanssa. Ohjelmoitavaksi logiikaksi valikoitui Siemens S7-1513-1 PN.

Työn tekemiseen tarvittiin työkone, johon oli valmiina asennettuna Siemens TIA Portal ja mahdollisesti toinen, johon asennetaan Matrox Design Assistant 5 -ohjelmisto, joka toimitettiin kameran mukana. TIA-portaalin sisältävä kone löytyikin Automaatiotekniikan elektroniikkalaboratoriosta, jossa oli Leiritien kampuksen laajennuksen johdosta käynnissä muutto.

Opettajan toimittamista ohjeista kävi ilmi, ettei Matrox Design Assistant 5 ja Siemens TIA Portal -ohjelmistoja saa asentaa samalle käyttöliittymälle, johtuen mahdollisista IP-osoitteiden jakamiseen liittyvistä konflikteista koneen verkkokortilla. Ongelma ratkaistiin asentamalla Matroxin ohjelma virtuaalikoneelle, jolloin sitä voitiin käyttää samalla koneella TIA-portaalin kanssa.

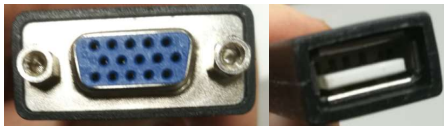
Muuton johdosta työhuoneen löytyminen tuotti ongelmia, mutta ratkaisu löytyi helpdeskin avustuksella Kemiantekniikan pintakäsittelylaboratorion yhteydestä. Yhteyksien muodostamiseen tarvittiin kahta samassa aliverkossa olevaa rj45-pistokepaikkaa, mutta tilan pistokepaikoista vain toinen oli konfiguroitu, joten helpdesk konfiguroi myös toisen pistokepaikan samaan aliverkkoon.

Ensimmäiset suuremmat ongelmat alkoivat, kun TIA-portaali ei kyennyt havaitsemaan PLC:tä verkossa olevien laitteiden haussa (Accessible Devices). Tätä ongelmaa ei saatu ratkaistua kesän aikana opettajien ja tietoa omaavien henkilöiden ollessa kesälomilla. Alkusyksystä helpdeskin avustuksella löytyi opettaja, joka hallitsi Siemensin ohjelmistot ja laitteistot, ja osasi neuvoa, että Siemensin TIA-portaalin hakutoiminnon protokolla pitää erikseen konfiguroida aliverkkoon palomuurissa. Helpoin ratkaisu oli liittää rj45-pistokepaikat automaatiotekniikan laboratorion VLANiin.

Samaan aikaan kävi ilmi, että TIA-portaalin lisenssit eivät olleet ajan tasalla, joten ne piti päivittää. Päivitys ei kuitenkaan onnistunut tietokoneen lisenssikirjaston ollessa korruptoitunut, joten kone vaihdettiin toiseen. Muuton johdosta uuden koneen löytyminen tuotti vaikeuksia, mutta onnistui lopulta ja johti työn etenemiseen.

3.2 Matrox Iris GTR -älykameran konfiguraatio

Matrox kameran konfigurointi tapahtui Matroxin omassa Linux-pohjaisessa käyttöjärjestelmässä, joka löytyi valmiiksi kamerasta. Käyttöjärjestelmä käynnistyy aina kameran kanssa ja sitä pääsi käyttämään liittämällä kamera VGA -kaapelilla tietokoneen näyttöön. Kamerasta itsestään löytyi VGA:n naaraspää, sekä USB liittimen naaraspää hiiren ja näppäimistön käyttöä varten (kuva 2). Koska UBS -liittimiä oli vain yksi kappale, vuoroteltiin hiiren ja näppäimistön käyttöä tarpeen mukaan.



Kuva 2. Vasemmalla VGA naarasliitin, oikealla UBS naarasliitin.

Käyttöjärjestelmässä avautuu ensimmäisenä verkkoselain, jossa aukee kameran operointinäkökymä. Ensimmäiseksi asetuksista vaihdettiin kameran IP-osoite staattiseksi, ennalta päätetyksi osoitteeksi. Osoitteen määrittelyn jälkeen olisi pitänyt käynnistää MILconfig ohjelmisto Matroxin käyttöjärjestelmässä ja aktivoida sieltä kameran PROFINET-protokolla, mutta epäselvyyksien takia tähän palattiin myöhemmin.

3.3 Matrox Design Assistant 5 konfiguraatio

Matrox Design Assistant 5 -ohjelmistoa käytettiin virtuaalikoneella, johon kirjaututtiin koulun verkosta käyttämällä VMware Horizonia, mikä helpotti työn tekoa, koska tarvittiin vain yksi työkone. Virtuaalikoneelle kirjautuminen tapahtui koulun verkossa henkilökohtaisilla tunnuksilla. Koneelle on asennettu MIL-ohjelmisto sisältää hallintatyökalun MIL Control Centerin. MIL Control Centeristä sai avattua Matrox Design Assistant 5 -ohjelman.

Vaihtoehtoina ohjelman käynnistyttyä olivat kameraan yhteydenotto paikallisesti kaapeleilla tai etänä, sekä emulointi, jolla voi luoda ja testata konenäkösovelluksia ilman kameraa. Työssä oli tarkoitus toimia verkossa, joten valittiin etäyhteys. Etäyhteyden muodostaminen tapahtui ottamalla suoraan yhteys kameran IP-osoitteeseen, joka oli määritelty kameran omassa konfiguraatiossa.

Kameraan luotiin konenäköohjelma, jonka perusteella se hyväksyy tai hylkää otetut kuvat. Ohjelma lähettää PLC:lle tietoa, jota käytetään sen omassa ohjelmassa. Tämän työn kannalta ei ollut olennaista konenäköohjelman teko, joten parhaaksi ratkaisu oli ottaa käyttöön yksi Design Assistantin esimerkkiohjelmista. Ohjelma tunnisti vesipullon korkeja, hylkäsi korkittomia ja viallisia tai löysiä korkeja. Se ei kuitenkaan sopinut universaalisti kaikkiin pulloihin, joten sitä muokattiin mukana olleen pullon parametreihin sopivaksi, jotta sitä voitaisiin käyttää demonstrointitarkoituksiin.

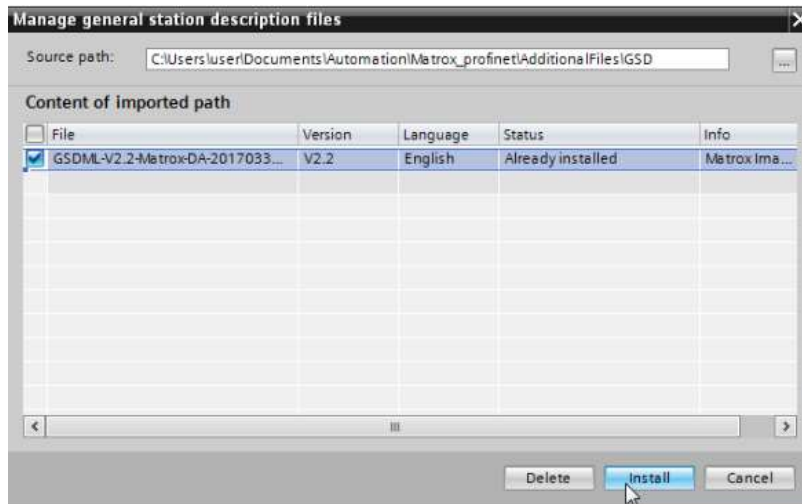
Projektissa hyväksyttiin PROFINET-protokollan käyttö ja ladattiin konfiguraatio kameralle. Tässä vaiheessa kuitenkin kävi ilmi, ettei protokollan käyttöä saatu hyväksytyä ennen kuin kameran käyttöjärjestelmästä oli hyväksytty protokolla kameran käyttöön. Käyttöjärjestelmän näkymän vasemmasta ylälaidasta löytyi Activities-painike, josta saatiin käynnistettyä MilConfig ja hyväksyttyä protokollan käyttö (liite 3).

3.4 TIA portaalin konfiguraatiot

Ennen konfiguroinnin aloittamista TIA-portaalissa, luotiin projekti valitsemalla sille nimi ja tiedostopolku. Itse konfiguraatio aloitetaan valitsemalla käytössä oleva PLC listasta. Tässä vaiheessa täytyi olla tarkkana, että valitsee oikean PLC:n lisäksi oikean firmware version, jotta logiikalle lataus onnistuu. Logiikan firmware versio löytyi sen käyttöpaneelista infon alta. Virtalähteen konfigurointi tapahtui valitsemalla se TIA-portaalin laitekatalogista ja lisäämällä se laitekonfiguraatioon PLC:n kanssa samaan kehikkoon.

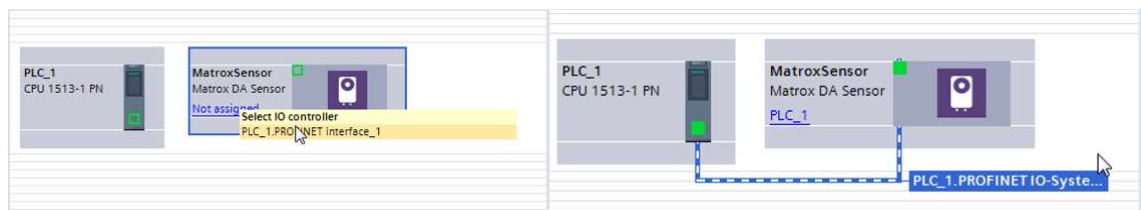
Matrox Iris GTR -älykameraa laitekatalogista ei kuitenkaan löytynyt, mutta Matrox Design Assistant 5:n käyttöohjeista löytyi tiedostopolku kameran tekniset tiedot sisältävälle GSDML-tiedostolle. Tiedosto siirrettiin virtuaalikoneelta TIA-portaalin sisältämän koneen

levylle. TIA-portaalissa tiedoston avulla saatiin ladattua kameran tiedot portaalin laite-
luetteloon. Tiedoston ladattiin käyttämällä TIA-portaalin GSD-tiedostojen hallinnointityö-
kalua ja etsimällä levyllä GSDML-tiedoston sijainti (kuva 3).



Kuva 3. TIA portaalin GSD-tiedostojen hallinnointityökalu.

Helpoin tapa löytää kamera muiden laitteiden joukosta oli käyttää katalogin hakutoimin-
toa. Kameran lisäyksen jälkeen konfiguroitiin PROFINET-yhteys PLC:n ja kameran vä-
lille klikkaamalla Not assigned -linkkiä ja valitsemalla PLC_1 PROFINET interface_1
(kuva 4).



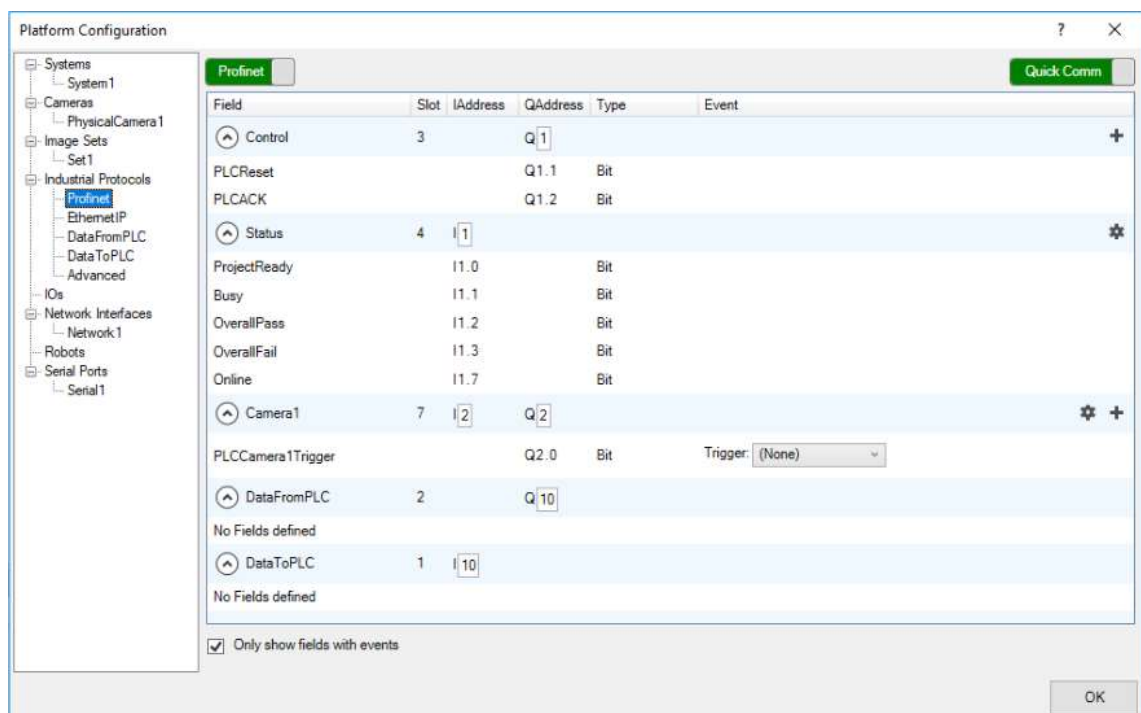
Kuva 4. PROFINET-yhteyden konfigurointi TIA-portaalissa. Oikealla valmis yhteys.

Konfiguraatioon lisättiin vielä laitteiden kiinteät IP-osoitteet. Kameran ja PLC:n staattiset
IP-osoitteet, jotka olivat ennalta päätettyjä, sijaitsivat eri aliverkoissa, mikä aiheutti on-
gelmia. Tarkemmin tutkittua selvisi kuitenkin, että Matroxin kamerassa oleva erillinen
PROFINET-moduuli saa oman IP-osoitteensa samaan aliverkkoon PLC:n kanssa, mikä
ratkaisi ongelman. Moduulin staattinen IP-osoite määritettiin kameran laitekonfiguroin-
nissa.

3.5 Tulot ja lähdöt

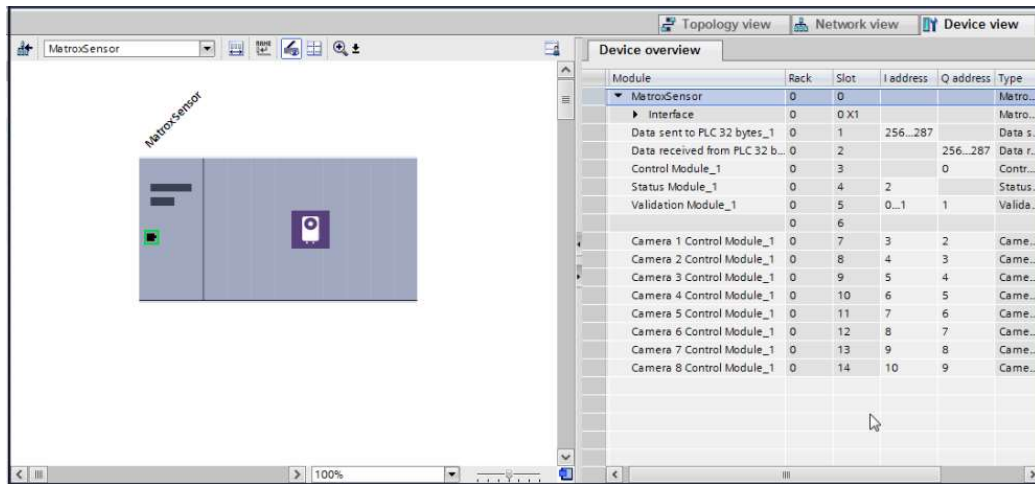
Konfiguraation ja yhteyden toiminta varmistettiin demonstraatiolla, jota varten tehtiin ohjelmat sekä Matrox Design Assistant 5 :llä että TIA-portaalilla.

Ennen demonstrantiohjelman tekoa, selvitettiin käytettävät I/O-osoitteet ja luotiin TIA-portaaliin osoitteita vastaava tunnistetaulu. Osoitteet löytyivät Matrox Designin PROFINET-konfiguraatiosta (kuva 5).



Kuva 5. Matrox Design Assistant 5 PROFINET-konfiguraatio.

Aluksi TIA-portaalin tunnistetaulu tehtiin vastaamaan suoraan Matrox Design Assistantin PROFINET-konfiguraatiota. I/O-osoitteista ei kuitenkaan saatu vastausta, koska Matrox Iris GTR -älykameran kommunikointia hoitavan moduulin käyttämät osoitteet olivat eri osoitealueelta kuin taulukossa olevat. Osoitealueet löytyivät TIA-portaalista Matroxin kameran konfiguraation tiedoista (kuva 6). Sieltä nähtiin, että Control-moduulin osoitteet löytyvät alueelta Q0 eivätkä Q1, Status-moduulin osoitteet alueelta I2 eivätkä I1 ja kameran Control-moduulin input-osoite alueelta I3 eivätkä I2.

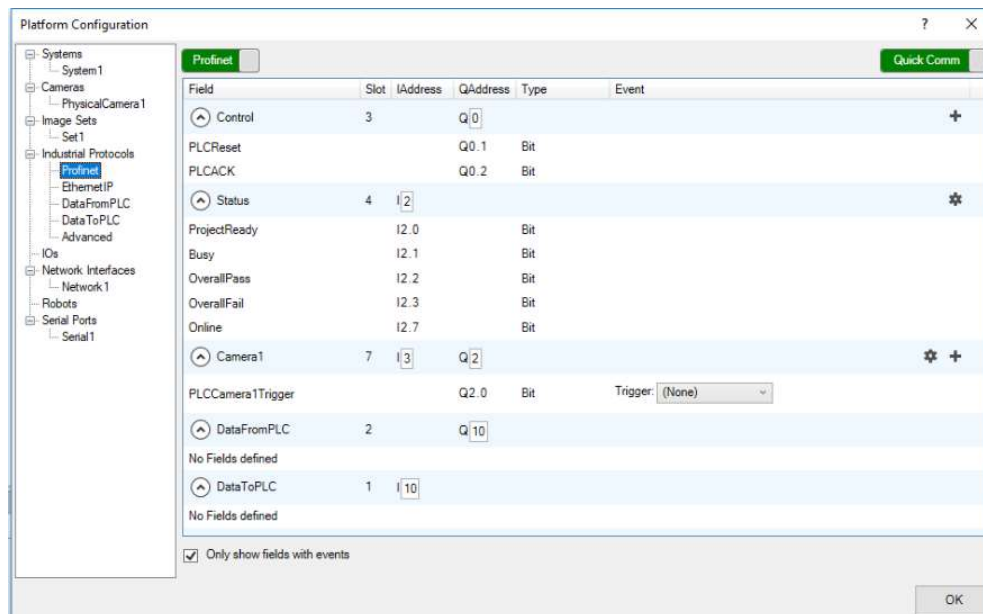


Kuva 6. Matrox kameran laitetiedot osoitealueineen.

Osoitteet muutettiin vastaamaan konfiguraatiosta saatuja osoitealueita TIA-portaalin tunnistetauluun (kuva 7) ja Matroxin PROFINET-konfiguraatioon (kuva 8). TIA-portaalin tunnistetauluun lisättiin demonstrointiohjelmassa käytettävät laskuripiirit. Muutosten jälkeen osoitteiden voitiin todeta muuttavan tilaansa kameran output signaalien mukaan TIA-portaalissa.

Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment
1 Camera_Pri_Ready	Bool	%I2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2 Camera_Busy	Bool	%I2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3 OverallPass	Bool	%I2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4 OverallFail	Bool	%I2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5 Camera_Online	Bool	%I2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6 PLC_Camera1_Trigger	Bool	%I3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7 Camera1_TriggerACK	Bool	%Q2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8 PLCReset	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9 PLCACK	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10 FAIL_COUNT	Counter	%C3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11 PASS_COUNT	Counter	%C4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12 <Add new>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Kuva 7. TIA-portaalin korjattu tunnistetaulu.



Kuva 8. Matrox Design Assistant 5:n korjattu PROFINET-konfiguraatio.

Kaikkia tauluun kirjattuja I/O-pisteitä ei ollut tarpeellista käyttää demonstratiohjelmassa, mutta ne kirjattiin sinne selkeyden vuoksi. QuickComm kommunikoinnissa osa tunnisteiden avulla tapahtuvasta kommunikoinnista sisältyy kameran pohjaohjelmaan.

- Camera_Prj_Ready: tilannetieto kameralta konenäköprojektin ollessa valmis. QuickComm kommunikoinnissa ensimmäinen lähetettävä tilannetieto.
- Camera_Busy: tilannetieto kameralta sen käydessä läpi konenäköohjelmaa. QuickComm kommunikoinnissa ohjelmakierron alussa lähetettävä tieto, kun kameran ottaman kuvan prosessointi alkaa. Signaali on päällä ohjelmakierron loppuun saakka.
- OverallPass: kuva on täyttänyt konenäköohjelman kriteerit. QuickComm-kommunikoinnissa ohjelmakierron lopussa lähetettävä tieto kuvan hyväksymisestä.
- OverallFail: kuva ei ole täyttänyt konenäköohjelman kriteerejä. QuickComm-kommunikoinnissa ohjelmakierron lopussa lähetettävä tieto kuvan hylkäämisestä.
- Camera_Online: tilannetieto kameran verkossa olosta.
- PLC_Camera1_Trigger: tieto kameralta laukaisukäskyn vastaanotosta.
- Camera1_TriggerACK: laukaisukäsky PLC:ltä, joka johtaa kuvankaappaukseen.
- PLCReset: nollauskäsky kameralle, joka nollaa kameran ohjelman. Erikseen ohjelmoitava käsky PLC:ltä, jota ei käytetä suoraan QuickComm-kommunikoinnissa.
- PLCACK: kättelytieto PLC:ltä kameralle, jota kameran ohjelma odottaa jokaisen ohjelmakierron lopussa ennen kierron uudelleenaloittamista.
- FAIL_COUNT/PASS_COUNT: PLC-ohjelman laskuripiirit, joita käytettiin demonstratiohjelmassa OverallPass/OverallFail tietojen havainnointiin.

3.6 Demonstraatio

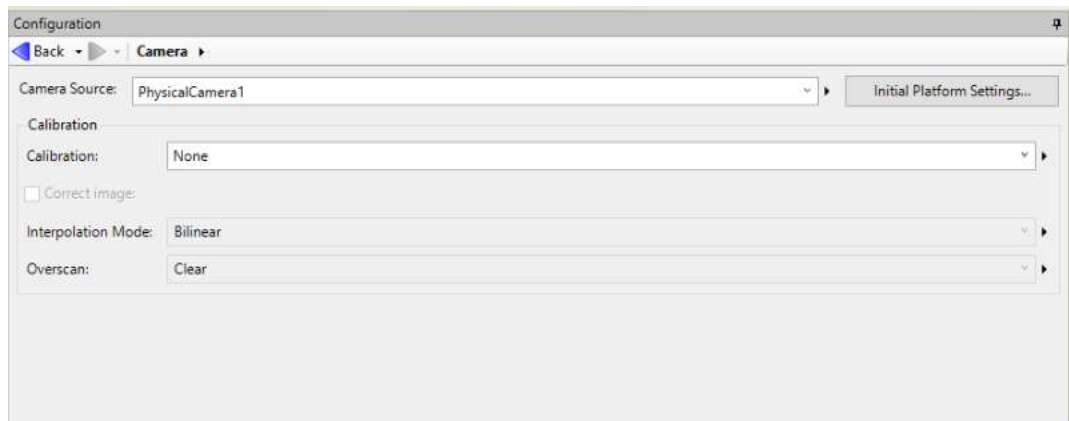
Yhteyden onnistuneesta muodostamisesta tehtiin yksinkertainen, mutta toimiva demonstraatio, josta voitiin todeta PROFINET-yhteyden läpi kulkeva reaaliaikainen tiedonkulku. Ohjelmallisesti demonstraatioissa käytettiin sekä Matrox Design Assistant 5 -ohjelmistoa konenäkösovelluksen luontiin, että Siemens TIA Portal v13:n Step 7 -osuutta yksinkertaisen ohjelman luontiin, jonka tarkoituksena oli todeta tiedonkulku ja havainnoida hylättyjen ja hyväksytyjen kuvien määrää.

Demonstrointi tapahtui ottamalla yhteys Matrox Iris GTR -älykameran luomaan operointinäkömään kirjoittamalla kameran IP-osoite verkkoselaimen osoitepalkkiin ja käynnistämällä projekti BottleInspection. Operointinäkömässä keskellä näkyy käsiteltävä kuva, oikealla tulokset ja ehtojen täytyminen, sekä hyväksytyjen ja hylättyjen kuvien laskurit. Alhaalla näkyy aiemmin käsitellyt kuvat ja tulokset. Pullon fyysinen paikka kameran edessä oli erittäin oleellisessa osassa, sillä Matrox Design Assistant 5:llä tehtyyn ohjelmakiertoon pullon mukaan muokattavien parametrien hyväksymisrajat olivat erittäin tarkkoja. Operointinäkömän alalaidassa osa hylätyistä kuvista johtuivat pullon väärästä paikasta. (Liite 3, sivu 1).

3.6.1 Konenäkösovellus

Matrox Iris GTR -älykameraan demonstrointia varten ladattavan ohjelman kulkukaavion runkona työssä käytettiin BottleInspection-esimerkkiohjelmaa, jossa tutkittiin pullon korkeja. Kuvan hyväksymiseksi täytyi pullon korkin olla kireästi paikallaan ja ehjä, sekä pullon eristerengas kunnossa.

Esimerkkiohjelmassa tutkitaan Matrox Designin tietokannasta löytyviä kuvia, joten sitä ei suoraan voitu käyttää kameran kanssa. Ohjelman kuvien lähde muutettiin valmiista kuvista kameran ottamiin kuviin. Kuvan lähteen muutos tapahtui kulkukaavion Camera-lohkon konfiguraatiosta (kuva 9).



Kuva 9. Kulkukaavion kuvan lähteen konfigurointi.

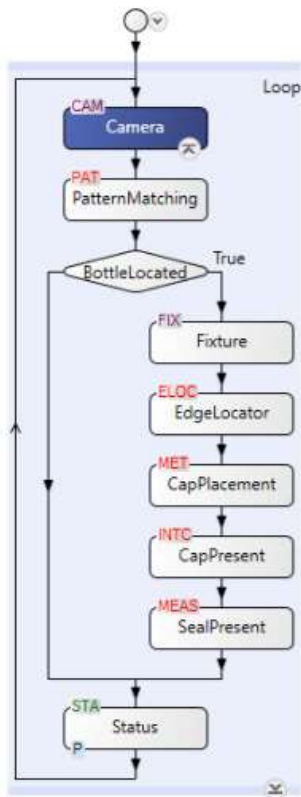
Demonstroinnissa käytettiin erillistä vesipulloa, jonka parametrien mukaan esimerkkiohjelmaa muutettiin. Kameran linssiä säädettiin riittävän tarkan kuvan saamiseksi. Jotta linssin säätö onnistui, piti linssin suojusta ensin ruuvata irti ja kiristysruuveja löysätä (kuva 10).



Kuva 10. Matrox Iris GTR linssin säätö.

Kulkukaaviossa (kuva 11) konenäköohjelma lähettää valmiustiedon PLC:lle ja siirtyy ohjelmakierron Camera-lohkoon. PLC lähettää kameralle laukaisukäskyn, joka johtaa kuvankaappaukseen. Kuvasta etsitään vesipullo hakemalla valmiiksi määritellyjä kaulanmuotoja kuvasta. Riippuen siitä löytyykö pullo, joko siirrytään suoraan Status-lohkoon ja lähetetään tieto kuvan hylkäämisestä, tai siirrytään tarkastamaan pullon korkki ja eristerengas. Korkin ja eristerengaan ollessa kunnossa, siirrytään Status-

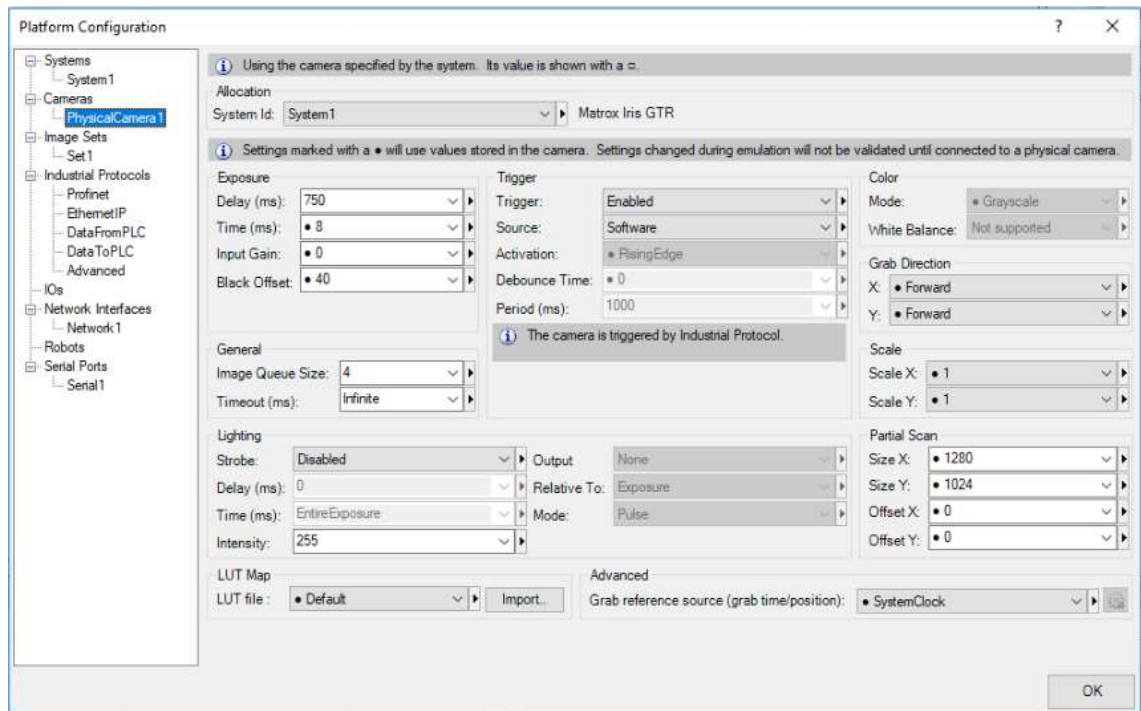
lohkoon ja lähetetään tieto kuvan hyväksymisestä. Hylkäämis- ja hyväksymistiedot lähetetään sekä logiikalle että operointinäkymään.



Kuva 11. BottleInspection -ohjelman kulkukaavio.

Esimerkiohjelman operaattorinäkömästä puuttuivat hyväksytyjen ja hylättyjen kuvien laskurit ja niiden nollauspainike, jotka havainnollistavat konenäköohjelman toimintaa. Laskurien ja painikkeen lisäys tapahtui Operator View Layout -näkömässä (liite 3, sivu 2).

Ohjelman testivaiheessa huomattiin kameran sulkimen nopeuden olevan turhan suuri pelkkään demonstraatioon. Kameran vakiovalotusaika oli 8ms, mikä johti tarpeettoman suureen määrään kuvia sekunnissa. Kameran konfiguraatioon lisättiin 750 ms:n viive (kuva 12), joka vielä hyvin mahdollisti ohjelman toiminnan testaamisen.

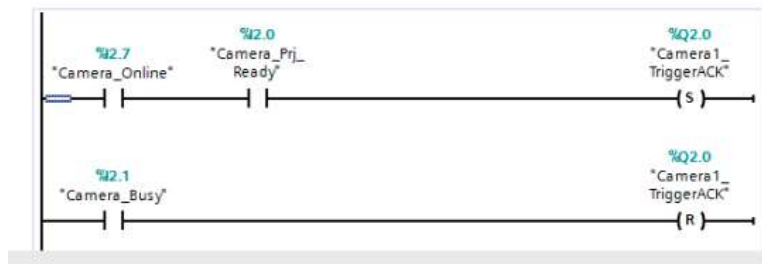


Kuva 12. Kameran konfiguraatio Matrox Design Assistant 5:ssä. Exposure -kohdan alla valotusaika (Time(ms)) ja lisätty viive (Delay).

3.6.2 Step 7 -ohjelma

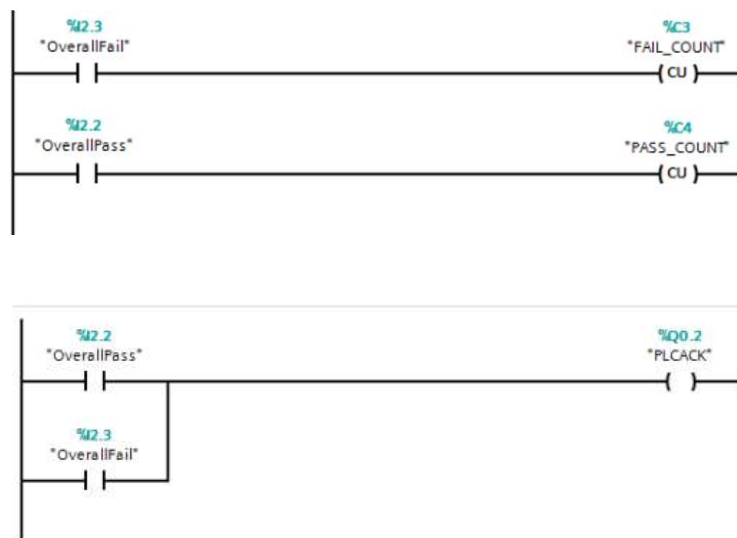
Kameran ohjelmakierron automaattinen toistuminen QuickComm kommunikoinnissa vaatii PLC:ltä vähintään kahta digitaalista signaalia: PLC_Camera1Trigger eli laukaisu-signaali ja PLCACK eli kättelysignaali. Ohjelma signaalien aktivointiin (kuva 13) tehtiin Step 7:llä käyttäen tikapuukaaviota. PLC_Camera1TriggerACK -lähdön aktivoinnissa tuloina käytettiin digitaalisia tuloja Camera_Online ja Camera_Prj_Ready. Molemmat tulot ovat jatkuvasti päällä, jolloin ohjelmakierron toimimisen takaamiseksi käytettiin yksinkertaisia Set- ja Reset-käämejä. Camera_Online ja Camera_Prj_Ready asettivat PLC_Camera1Trigger-lähdön arvoon 1. Lähdön arvon nolauksessa käytettiin tuloa Camera_Busy, joka pysyy aktiivisena, kunnes kamera saa kättelysignaalin PLC:ltä ja aloittaa uuden ohjelmakierron. Set- ja Reset-käämien molempien ollessa aktiivisina, saa Reset-käämi prioriteetin, jolloin PLC_Camera1TriggerACK-lähdön arvo pysyy 0:na, kunnes

Camera_Busy tulon arvo palautetaan ohjelmakierron lopussa ja PLC_Camera1Trigger arvo muuttuu takaisin 1:ksi ohjelmakierron alkaessa alusta.



Kuva 13. Step 7 tikapuukaavio Camera1_TriggerACK -signaalin lähetyksestä.

Yhteyden toimintaa havainnollistettiin lisäksi PLC-ohjelmassa hyväksytyjen ja hylättyjen kuvien määrää kuvaavilla laskureilla FAIL_COUNT ja PASS_COUNT. Laskurien toimintaa voitiin seurata reaaliajassa projektin ollessa Online-tilassa ja ohjelman monitoroinnin ollessa päällä. PLCACK-kättelysignaali toteutettiin OverallFail- ja OverallPass-tuloilla siten, että toisen tuloista ollessa aktiivinen, lähettää ohjelma kättelysignaalin kameralle. (Kuva 14.)



Kuva 14. Tikapuukaaviot laskureista ja kättelysignaalin lähetyksestä.

3.7 Automaatiolaboratorioverkkoon siirtyminen

Työn ensimmäinen demonstraatio tehtiin väliaikaisessa tilassa pintakäsittelylaboratorion sivuhuoneessa, joten se piti saada vielä toimimaan uuden automaatiolaboratorion verkossa. Työkoneen siirron jälkeen aloitettiin laboratorion verkkokonfiguraation edistymisen selvitys. Helpdesk ei ollut koululla käynnissä olleen muuton takia ehtinyt konfiguroida verkko loppuun.

Työpisteen fyysinen sijainti ja siinä käytettävät verkkopistorasiat voitiin kuitenkin jo selvittää etukäteen. Myös laitteille tarvittavat uudet staattiset IP-osoitteet voitiin päättää ja konfiguroida valmiiksi. Päätöksen IP-osoitteista teki automaatiolaboratorion laboratorio-insinööri, ja tieto niistä kirjattiin Google Docs -dokumenttiin. Dokumentti jaettiin myös helpdeskin kanssa, jotta käyttöön otetut IP-osoitteet otettaisiin huomioon verkon konfiguroinnissa. Osoitteet valittiin samasta aliverkosta ja ne konfiguroitiin toimimaan käytetyissä verkkorasioissa. Laboratorioverkon IP-osoitteet olivat alueelta 10.67.0.0/21.

Logiikan IP-osoite muutettiin sen oman fyysisen paneelin kautta navigoimalla asetuksissa osoitteisiin (liite 5). Kameran IP-osoite muutettiin Matroxin käyttöjärjestelmän kautta samalla tavalla kuin aikaisemmin. Sekä logiikan että kameran PROFINET-moduulin IP-osoitteet konfiguroitiin uudestaan TIA-portaalissa. PLC:n IP-osoitteeksi valittiin 10.67.3.84, kameran 10.67.3.83 ja PROFINET-moduulin 10.67.3.86.

Demonstraatio voitiin suorittaa toimivasti automaatiolaboratorion verkossa helpdeskin tehtyä verkkokonfiguraatio loppuun. Demonstroinnissa käytettiin kameraan jo aikaisemmin ladattua BottleInspection -ohjelmaa. Matrox Design Assistant 5 -ohjelmaa ei kuitenkaan päästy käyttämään, koska virtuaalikoneisiin ei vielä voitu kirjautua laboratorioverkosta. Myyrmäen kampuksen helpdesk ei hallinnoinut virtuaalikoneita, joten niiden lisäämisessä verkkoon meni aikaa. Tehdystä konfiguraatiosta haluttiin lisäksi käyttäjäystävälliset ohjeet, joihin sisältyisi paljon kuvia ja kuvakaappauksia konfiguroinnin eri vaiheista. Ohjeita ei voitu tehdä loppuun ilman virtuaalikoneeseen pääsyä. Ohjeet saatiin tehtyä loppuun, kun virtuaalikoneet oli lisätty laboratorioverkkoon.

4 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli konfiguroida toimivat PROFINET-yhteys Matrox Iris GTR -älykameran ja Siemens S7-1500 -ohjelmoitavan logiikan välille. Työssä käytiin läpi käytettyjä laitteistoja ja ohjelmistoja, sekä työn kannalta oleellisia protokollia. Työn kulusta annettiin yksityiskohtainen selonteko, jossa käytiin läpi konfiguraation vaiheita ja mahdollisia ongelmia. Ensimmäinen viallinen tietokone ja koululla käynnissä ollut muutto viivästyttivät työn edistymistä huomattavasti. Muutosta oli kuitenkin myös hyötyä, sillä automaatiolaboratorion tiloissa tehdyistä konfiguroinneista sai tehtyä paremmin sovellettavat ohjeet opettajien ja opiskelijoiden käyttöön. Konfigurointien muuttaminen eri ali-verkkoon sopiviksi auttoivat ymmärtämään insinööriyön aihetta syvällisemmin. Kaikki työn tavoitteet saavutettiin ja konfiguroinneista tehty ohje sai työn ohjaajan hyväksynnän.

Lähteet

- 1 Vosough; Vosough. PLC and its Applications. International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering Vol. 2, No. 8. <<http://www.ijmse.org/Volume2/Issue8/paper9.pdf>>.
- 2 Compact CPUs. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-1500/cpu/Pages/cpus-portfolio.aspx?tabcardname=compact%20cpus>>.
- 3 Failsafe CPUs. Verkkoaineisto. Siemens. <<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-1500/cpu/Pages/cpus-portfolio.aspx?tabcardname=failsafe%20cpus>>.
- 4 Standard CPUs. Verkkoaineisto. Siemens. CPU 1513-1 PN for medium applications. <<https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-1500/cpu/Pages/cpus-portfolio.aspx?tabcardname=standard%20cpus>>.
- 5 Siemens S7-1500 Technical Data. PDF-tiedosto. <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-1500/cpu/Documents/s7-1500_techn_data_cpu_en.pdf>.
- 6 Turek, Fred. 2011. Machine Vision Fundamentals: How to Make Robots 'See'. Verkkoaineisto. <<https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/features/articles/10531>>. Luettu 4.11.2018.
- 7 Hornberg, Alexander. Handbook of Machine Vision. 2006. Berlin: Wiley-VCH.
- 8 Matrox Iris GTR. Esittelyvideo. Youtube. <<https://www.youtube.com/watch?v=my1cGblAbe4>>. Katsottu 5.11.2018.
- 9 Matrox Iris GTR. Datasheet. PDF-tiedosto. <https://www.matrox.com/imaging/media/pdf/products/iris_gtr/iris_gtr.pdf>.
- 10 Internet Protocol. Verkkoartikkeli. <https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol>. Päivitetty 3.11.2018. Luettu 5.11.2018.
- 11 IP-osoite. Verkkoartikkeli. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/IP-osoite>>. Päivitetty 8.10.2018. Luettu 5.11.2018.
- 12 Ethernet. Verkkoartikkeli. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet>>. Päivitetty 31.10.2018. Luettu 6.11.2018.

- 13 Easy Profinet implementation. PDF-tiedosto. <<https://web.archive.org/web/20150402183456/http://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentcenter/sc/ic/Documentsu20Brochures/E20001-A24-M116-X-7600.pdf>>. Arkistoitu 2.4.2014. Luettu 6.11.2018.
- 14 Virtual Machine. Verkkoartikkeli. <https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_machine>. Päivitetty 16.10.2018. Luettu 7.11.2018.
- 15 VMware Workstation Player. Tuotekuvaus. <<https://www.vmware.com/products/workstation-player.html>>.
- 16 VMware Horizon. Tuotekuvaus. <<https://www.vmware.com/products/horizon.html>>.
- 17 MIL. Matrox. Tuotekuvaus. <<https://www.matrox.com/imaging/en/products/software/mil/>>.
- 18 Matrox Design Assistant. Tuotekuvaus. PDF-tiedosto. <https://www.matrox.com/imaging/media/pdf/products/software/da/design_assistant.pdf>.
- 19 Siemens TIA Portal. Tuotekuvaus. <http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php>.
- 20 Siemens TIA Portal. Esite. PDF-tiedosto. <http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/tia_portal/tia_portal_brochure.pdf>.

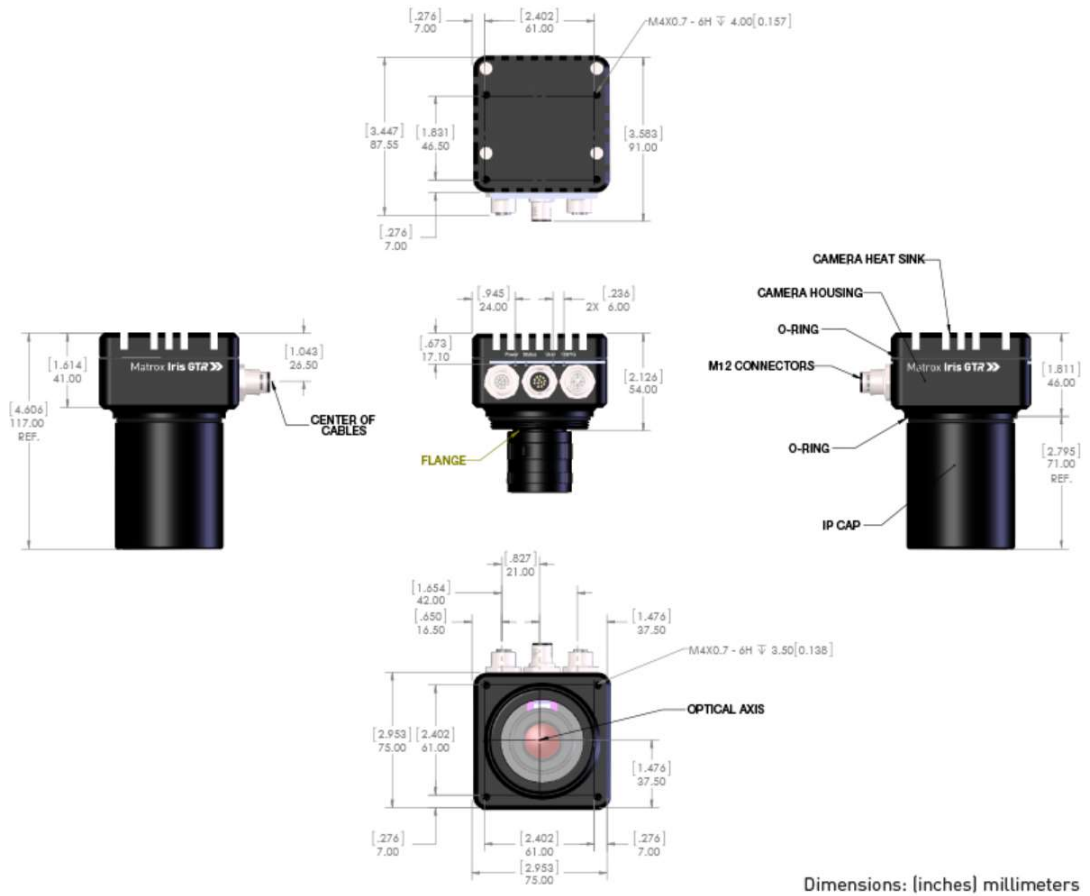
Siemens S7-1513-1 PN ohjelmoitava logiikka käyntitilassa



Vasemmalla virtalähde, jossa virtakytkin. Oikealla logiikka, jossa SIMATIC -muistikortti-
paikka, tilanvalitsin ja kytkennät.

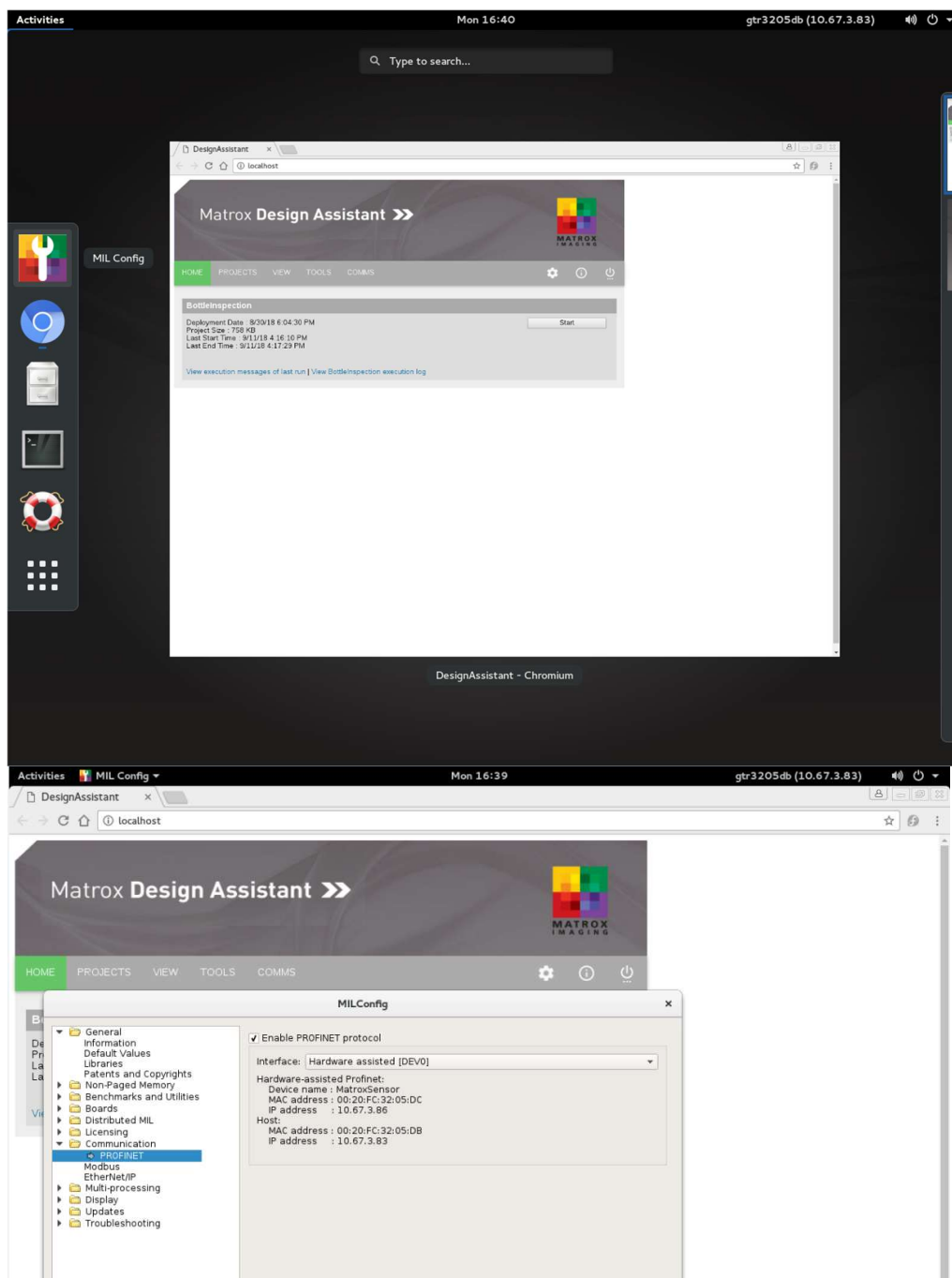


Matrox Iris GTR kameran mitat



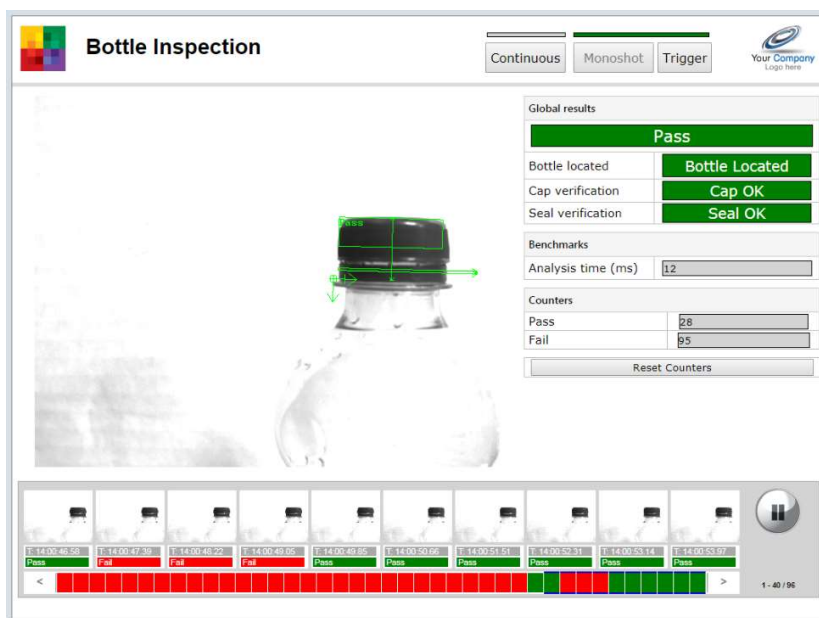
Matrox Iris GTR -älykameran käyttöjärjestelmä ja PROFINET-konfiguraatio

Matrox käyttöjärjestelmä ja MilConfig PROFINET-konfiguraatio.

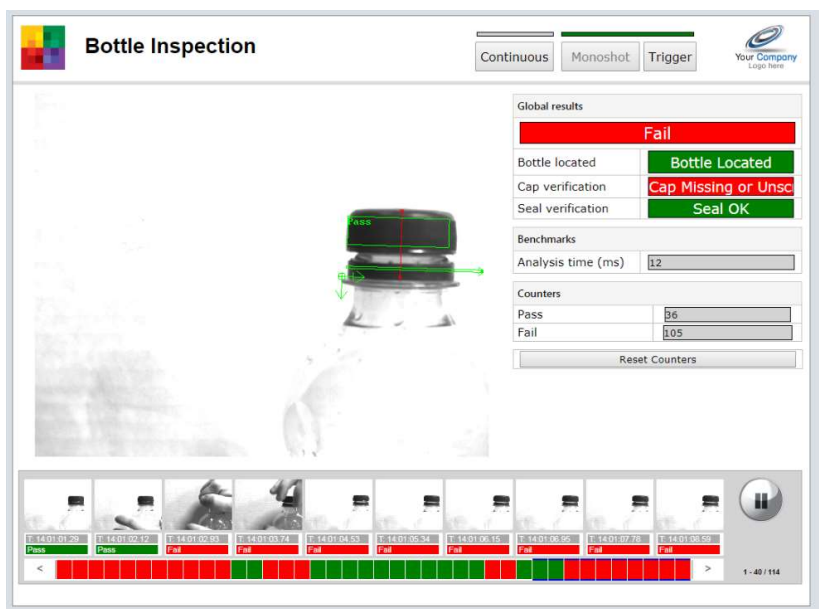


Operator View

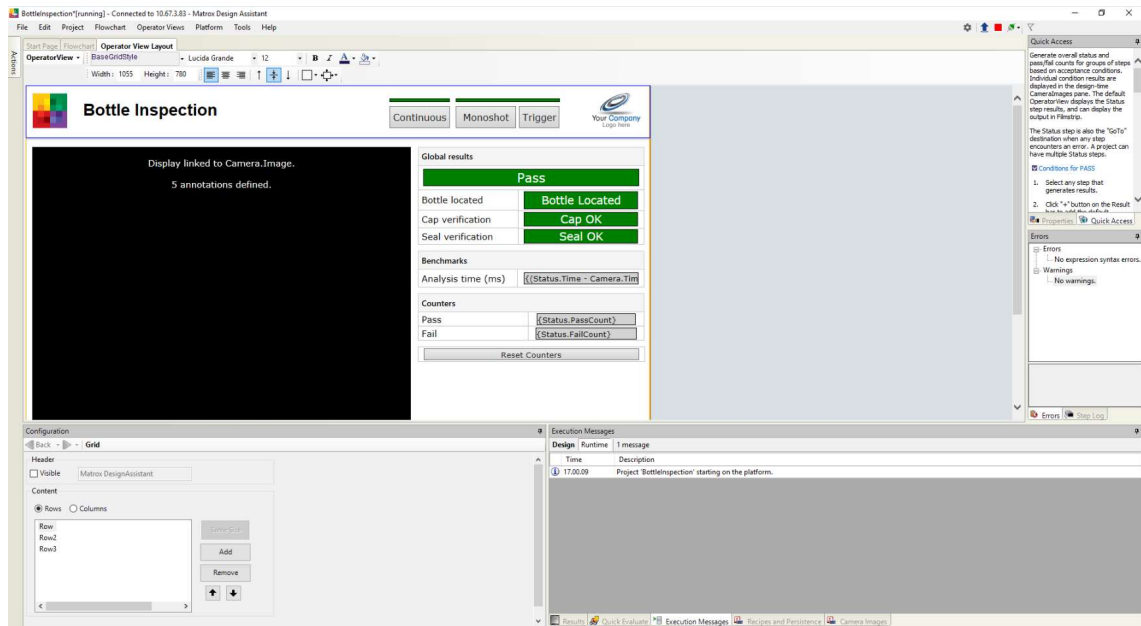
Hyväksytty kuva: pullo löydetty, korkki paikallaan ja eristerengas löydetty.



Hylätty kuva: pullo löydetty, eristerengas löydetty, mutta korkki löysällä.



Operaattorinäkömön muokkaus, Matrox Design Assistant 5.



Siemens S7-1513-1 PN IP -asetukset

