

Ari Kilpivuori

REUNANOHJAUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI
ÄLYKAMEROIDEN AVULLA

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
2010

REUNANOHJAUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI ÄLYKAMEROIDEN AVULLA

Kilpivuori, Ari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2014
Ohjaaja: Kilpivuori, Ari
Sivumäärä: 36
Liitteitä:13

Asiasanat: älykamera, konenäkö, reunanohjaus

Työ kohdistuu läpivetouunin vetokelojen reunanohjauksiin. Uuni on linjasto, jossa kuparinauha aluksi pestään. Pesun jälkeen nauha kulkee hehkutusuunin läpi. Nauha peitataan ja pestään uudelleen ennen kelausta rullalle. Reunanohjauksessa vetokelan asemaa muutetaan, jotta nauha kelautuu tasaisesti rullalle. Kuparinauhan jatkokäsittelyn kannalta on erittäin tärkeää, että nauha on kelattu reunan kannalta virheettömästi.

Työssä korvataan käytössä olevat reunanohjausjärjestelmät uusilla. Vanhat ovat AEG:n valmistamia analogisia järjestelmiä ja perustuvat valokenno teknologiaan. Valokennot mittaavat vastavalolta tuotteen ohi heijastuvaa valon määrää. Tämän avulla ohjataan omaa hydraulikkajärjestelmää, joka taas suorittaa kelaimen sivusiirron. Järjestelmä on yhä toimiva, mutta haavoittuvainen varaosien saannin vuoksi.

Korvaava järjestelmä toteutetaan täysin digitaalisella systeemillä. Reunoja kuvataan Cognex:n älykameroilla. Optiikka valitaan vastaamaan tuoteleveyksien vaihteluita, eli saadaan riittävän leveä kuva reunojen havaitsemiseksi. Kameroilla etsitään kuvasta reunaa ja ohjaus suoritetaan sen perusteella. Sivusiirto toteutetaan normaalihydrauliikkaan liitettävällä propotionaali venttiilillä.

Kamerat liitetään linjan automaatiojärjestelmään Profinetin välityksellä. Automaatiojärjestelmän ja kameran välinen tiedonsiirto pitää sisällään ohjauksia ja tilatietoja molempiin suuntiin.

RENOVATE EDGECONTROLSYSTEM WITH MACHINEVISION (SMART CAMERA)

Kilpivuori, Ari
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Automation Engineering
April 2014
Supervisor: Kilpivuori, Ari
Number of pages:36
Appendices:13

Keywords: smart camera, machine vision, edge control

The purpose of this thesis was reform the old edge control system, (ECS). The product-line where is the ECS, called (pull-through) oven. First product goes washing. Then is goes through the furnace, annealed. After that product pickled and wash again. And the end of process, product rolled to coil. Edge control system moves position of coiler so that edge of coil is straight.

Of the further processing is very important at the edge of the coil is highly straight.

The old ECS was made by AEG and it was all analog system. It includes light barrier and backlight lamp. Light barrier measure how much the light reflected back. With this information the system moves the position of coilers. Force for this operation make with special hydraulic unit. The old system working god but there is no spare parts anywhere.

The new system is full digital, machine vision. Machine vision make with two Cognex Insight cameras. The cameras jod is find the product's edge and tell the edge's position to automation. Automation make movement to coiler. It's very important at we choose right objective to camera. We have to know product width, min and max an the distance camera to product. If we know those, we can choose right equipment.

Cameras connected to automation system with Profinet. The connection includes data plc to camera and camera to plc.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tausta.....	6
1.2	Työn tavoite	7
1.3	Yritysesittely	7
2	LÄPIVETOUUNIN RAKENNE/TOIMINTA.....	8
2.1	Purkauskelat.....	8
2.2	Varaustornit.....	8
2.3	Pesukoneet	8
2.4	Hehkutusuuni	9
2.5	Vetokelat.....	9
3	KONENÄKÖ	9
3.1	Älykamera.....	10
3.2	Valaistus.....	12
3.2.1	Suora valo	12
3.2.2	Epäsuora valo	12
3.2.3	Taustavalo	13
3.2.4	Salamavalo	13
3.3	Liitäntä automaatiojärjestelmään	14
4	PROJEKTIN KONENÄKÖLAITTEIDEN VALINNAT.....	14
4.1	Kameran valinta	14
4.2	Optiikan valinta.....	17
4.2.1	Polttoväli	18
4.3	Valaistuksen valinta	18
5	LAITESIJOITTELU AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN	19
5.1	Kameran liittäminen automaatioon.....	19
5.2	Vetokelojen Paikannusanturit	22
5.3	Propotionaaliventtiili.....	23
6	PROJEKTIN OHJELMOINTITYÖT	24
6.1	Kameran ohjelmointi	24
6.2	Automaation ohjelmointi	24
6.3	PLC:n ohjelmarakenne.....	25
6.3.1	Kalibrointi	25
6.3.2	Keskitys	26
6.3.3	Start	26
6.4	Operointipaneli	28
7	KAMERAN KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	29

7.1	Reunan etsintä.....	29
7.2	Tiedonsiirto.....	31
7.3	Kalibrointi.....	32
8	YHTEENVETO.....	33
9	LAITELUETTELO.....	34
	LÄHTEET.....	35
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyöni kohdistuu reunanohjausjärjestelmän modernisoimiseen eli korvaamiseen nykyaikaisella järjestelmällä. Jo alkuvaiheessa oli itsestään selvää, että uusi järjestelmä on älykamerapohjainen.

Tämän työ tarkoitus on laatia valmis ratkaisu vanhan järjestelmän korvaamiseen (Liitteet I ja J). Työ pitää sisällään laitevalinnat, suunnittelun ja tarvittavan ohjelmointityön sekä dokumentoinnin. Laitevalinnoissa käytiin läpi eri laitetoimittajia ja heidän tuotteitaan. Valinnassa huomioitiin jo käytössä olevia älykamera malleja ja näistä saatuja kokemuksia, jotka vaikuttivat erittäin paljon laitevalintaan. Selvittelyn jälkeen mahdolliset kameratoimittajat saatiin supistettua kahteen, joista myöhemmin lisää. Tässä suurena etuna on, että jo käytössä oleviin malleihin oli olemassa varaosat ja tietotaito niiden toiminnan ylläpitämiseen.

Kameravalintaan oleellisena osana kuuluu myös optiikan valinta, joka valaistuksen ohella on tärkeä koko kuvauksen kannalta. Metallien valaiseminen on todella haastavaa ja eri vaihtoehtoja on useita.

Kameran ja automaatiojärjestelmän välinen liitäntä tulee olemaan Profinet, koska se on nopea ja helppo toteuttaa. Tiedonsiirrossa kiinnitetään huomiota siirrettävän tiedon määrään, jotta ei kuormitettaisi liikaa PLC:n prosessoria. Siirretään vain oleellinen tieto ja riittävällä taajuudella.

Luodaan kelaimien läheisyydessä olevaan operointipaneeliin reunanohjaukselle oma sivu, josta nähdään tarvittava tieto kameran toiminnan ylläpitämiseksi. Varsinainen kameran ohjelmointi ja parametointi tapahtuu omalla kameratoimittajan valmistamalla työkalulla.

Työhön kuuluu myös modernisoinnista aiheutuvien muutoksien päivitys jo olemassa oleviin dokumentteihin.

1.2 Työn tavoite

Tavoitteena on saada reunanohjausjärjestelmä tasolle jolla pystytään vastaamaan tuotannon asettamiin vaatimuksiin. Uudistuksen jälkeen järjestelmän toiminta turvataan varaosien saannin avulla moniksi vuosiksi eteenpäin.

Pienillä muutoksilla voidaan järjestelmää kehittää, jolloin myös pinnanlaadun tarkkailu olisi mahdollista.

1.3 Yritysesittely

Kaikki alkoi kun Outokummun Porin tehtaat perustettiin 1941, kun Outokummun metallituotanto päätettiin siirtää turvaan sodan jaloista. 60-luvulla Porin menestyksellistä tuotantoa laajennettiin voimakkaasti. Iso muutos koettiin 2000-luvulla, kun Outokumpu teki päätöksen luopua kuparista ja keskittyä teräkseen. Sen seurauksena kuparintuotanto myytiin Nordic Capitalille ja syntyi Luvata Oy. Vuonna 2011 Luvatan Valssatut tuotteet -divisioona, jolla on tuotantolaitokset Suomen lisäksi Yhdysvalloissa, Ruotsissa ja Hollannissa, siirtyi yrityskaupassa Aurubis-konsernille.

Aurubis Finland Oy on siis toiminut toukokuusta 2011 alkaen Porissa Kuparipuiston alueella, jossa tuotantoyksikkömme Kuparivalimo ja Valssaamo sijaitsevat. Valmistamme vuosittain noin 45 000 tonnia kuparivalanteita ja 30 000 tonnia valssattuja kuparilevyjä ja -nauhoja sähkö-, elektroniikka- ja rakennusteollisuuden tarpeisiin. Toimimme myös muilla teollisuudenaloilla, joissa kuparin sähkön- ja lämmönjohtavuutta tarvitaan. Viennin osuus tuotannostamme on noin 90 %. Porissa työllistämme lähes 200 työntekijää.

Aurubis Finland Oy on osa Aurubis-konsernia, joka on johtava integroitu kuparintuottaja ja maailman suurin kuparin kierrätykseen keskittynyt yritys. Konsernin kes-

keisin strategia on liiketoiminnan vahvistaminen kasvumahdollisuuksia hyödyntäen sekä ihmisiä ja ympäristöä kunnioittaen.

(Aurubis Finland Oy, 2013)

2 LÄPIVETOUUNIN RAKENNE/TOIMINTA

2.1 Purkauskelat

Tuote eli kuparinauha saapuu uunille rullana, vahvuudet ovat välillä 0.2 – 2.0mm. Kelan paino voi olla maksimissaan noin viisi tonnia. Purkauskelaimia on kaksi kappaletta, joiden tarkoitus on syöttää materiaalia linjalle eli purkaa kelaa. Keloja purkavat ns. s-rullastot, jotka vetävät tuotetta sopivalla erikseen säädetyllä voimalla ja mahdollistavat jouhean liikkumisen. Kelaimiin kuuluu myös ns. karvikone jonka avulla uusi nauha liitetään seuraavaan ja saadaan materiaalin puolesta katkeamaton toiminta. Kelaimia ohjataan DC-moottoreilla, jotka toimivat momenttisäädöllä.

2.2 Varaustornit

Linjaan kuuluu kaksi varaustornia, yksi linjan kummasakin päässä. Tornin tarkoitus nimensä mukaisesti on varata materiaalia liitoksen teon ajaksi, eli otetaan uusi pää toiselta syöttökelalta ja liitetään se edellisen loppupäähän. Näin varmistetaan, että tuote liikkuu linjalla koko ajan pysähtymättä. Sama periaate on myös loppupäässä, kun liitoskohta leikataan pois ja tuotteen uusi pää siirretään toiselle vetokelalle. Pysähtyminen ei ole nauhalle suotavaa, koska se kuumenee uunissa liikaa. Tornia ohjataan DC-moottorilla, joka ovat momenttisäädöllä.

2.3 Pesukoneet

Linjalla on useampia harjapesukoneita jotka harjaavat tuotetta molemmilta puolilta, ennen ja jälkeen hehkutuksen. Pesutuloksen parantamiseksi pesussa käytetään pesu-

aineita ja rikkihappoliuosta. Pesukoneissa on kaksi harjaa jotta molemmat pinnat saadaan puhtaaksi. Harjojen nopeus ja paine on säädettävissä. Harjamoottoreita ohjataan taajuusmuuttajilla. Harjapaine on myös säädettävissä.

2.4 Hehkutusuuni

Uuni on leijupeti-tyyppinen eli ilmavirran avulla tuote pidetään irti rakenteista, koska nauhaan ei saa tulla mitään pintanaarmuja. Nauhaan kohdistuvan vedon tulee olla tarkalleen oikea, koska nauha ei kuumana kestä suuria vetoja. Uunissa on sähkölämmitys ja uuni täytetään suojakaasulla hapettumisen estämiseksi. Ilmanlaatu pyritään pitämään hehkutukselle sopivana erilaisten ilmanlaadun mittausten avulla.

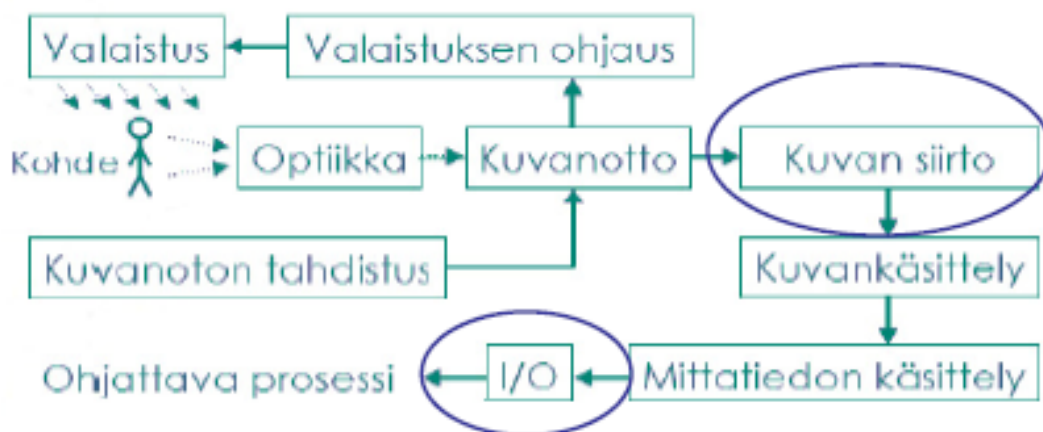
2.5 Vetokelat

Kelaimien tarkoitus on uudelleen kelata hehkutettu nauha taas rullalle. Kelaimet ovat momenttisäätoisia, jolloin niiden kireyttä pystytään säätämään. Reunan ohjaus hoitaa kelojen reunojen laadun vaatimusten mukaisiksi.

3 KONENÄKÖ

Konenäkö on ihmisen näköaistia matkiva koneellisesti toteutettu aisti. Konenäkö jaetaan seuraaviin osa-alueisiin: Kamera, valaistus, analysointi. Kameralla otetaan kohteesta kuvia riittävällä taajuudella. Jotta kuvanlaatu pysyisi riittävällä tasolla, pitää valaistusolosuhteiden pysyä vakioina, eikä esimerkiksi suoraa auringonvaloa saa päästää kuvattavaan kohteeseen. Kuvat analysoidaan ennalta ohjelmoitujen ohjeiden mukaisesti, ja saadun analyysin perusteella ohjauskomennot välitetään edelleen itse tuotantolinjaan, sen koneille ja laitteille.

(Automaatioseura, Antti Soini.)



Kuva 1. Konenäön toimintaperiaate. (Mirka Heino,2012.)

3.1 Älykamera

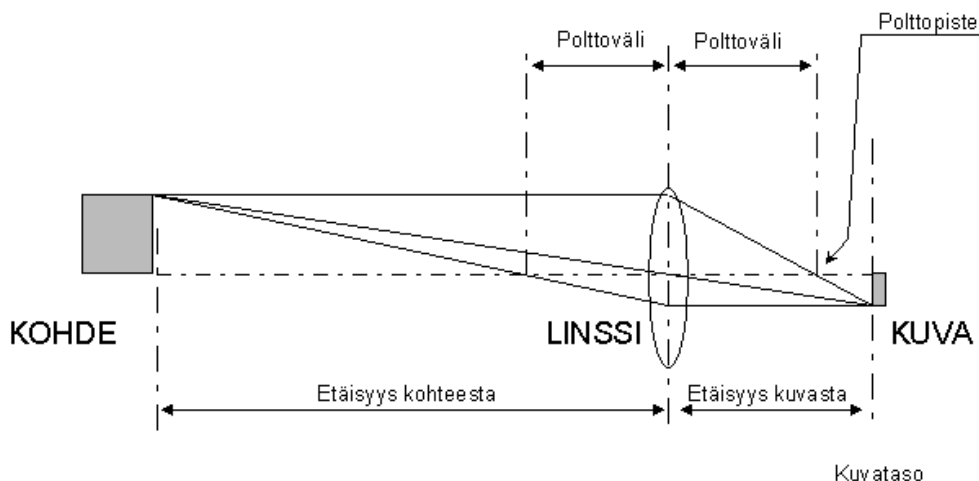
Viimeisin kehityssuunta on ns. älykamerat, joihin on sisäänrakennettu kaikki kone-
näössä tarvittavat elementit: kuvanottokamera, valaistus ja kuvankäsittelyn tietokone.

Yleensä kamera ja kuvankäsittely ovat yhdessä ja I/O-järjestelyt on eroteltu erikseen.



Kuva 2. Älykameran toiminnat. (Mirka Heino,2012.)

Kameran kennolle muodostuva kuva riippuu optiikasta, joka sen sinne projisoi. Op-
tiikan ja linssien valintaan on kiinnitettävä huomiota, jos halutaan erottaa tarkkoja
yksityiskohtia kuvasta.



Kuva 3 Yksinkertaistettu kuva kameran optiikasta. (Automation.tkk.)

Alla on listattu lyhyesti muutamia seikkoja, joihin optiikan valinnassa on syytä kiinnittää huomiota.

Aukko (f-luku)

Mitä suurempi aukko (pienempi f -luku) optiikalla on, sitä enemmän valoa kameran kennolle pääsee, jolloin toiminta huonossa valaistuksessa tai lyhyillä suljinajoilla on mahdollista.

Polttoväli (focal length)

Polttoväli määrittää kuva-alan koon (view angle), joka kameralla nähdään

Zoom/ vakiosuurennuslinssit

Zoomattavaa linssisarjaa on joustavampi käyttää kuin vakiosuurennukseen hiottuja linsskejä. Zoom -optiikassa esiintyy kuitenkin enemmän virhettä kuin vakiolinsseissä, jonka lisäksi virheet saattavat vaihdella riippuen zoomin asennosta.

Erikoislinssit

Linssivirheitä voidaan vähentää erilaisilla valmistusmenetelmillä. Tämä tuo tietysti lisää kustannuksia hankintavaiheessa, mutta tällöin optiikan kalibrointi ja virheiden minimointi ei vaadi yhtä paljon työtä. Nykyisin olemassa olevat matemaattiset menetelmät sisältävät keinoja poistaa pahojakin optiikan aiheuttamia vääristymiä kuvassa. (Automation.tkk.)

3.2 Valaistus

Valaistusta pidetään yleensä konenäön kriittisimpänä tekijänä ja miksi ei pidettäisi. Näkemisen perustuu nimenomaan valon aallonpituuksiin. Konenäkösovelluksen voi joko pelastaa tai tuhota valaistuksella. Hyvin toteutettu valaistus valaisee siten että kuva on mahdollisimman yksinkertainen, mutta silti riittävä informaationvälittämiseen. Valonlähteinä käytetään yleensä loisteputkia, ledejä, kaasupurkauslamppuja tai laservaloa.

Valaistuksen tehtävät:

- Tehdään kiinnostavat kohdat kohteessa näkyviksi
- Parannetaan kiinnostavien piirteiden kontrastia
- Erotetaan tausta ja tutkittava kohde eri harmaan
- sävyillä näkyviksi
- Minimoidaan varjot
- ”Pysäytetään” liikkuvat kohteet
- Lisätään reunojen tarkkuutta
- Poistetaan heijastukset

(Mirka Heino,2012.)

3.2.1 Suora valo

Suunnatut valovoimaiset lamput tuottavat kirkkaan valon ja terävät varjot. Ne eivät tuota tasaista valaistusta kohdepinnalle.

(Automation.tkk)

3.2.2 Epäsuora valo

Epäsuora valo heijastetaan yleensä toisen pinnan kautta kohdepinnalle. Tämä tuottaa tasaisen valon koko pinnalle ja vähentää varjoja.

(Automation.tkk)

3.2.3 Taustavalo

Taustavalo heijastetaan siten kameraa kohti, että valaistava kappale on kameran ja valolähteen välissä. Tällä tavalla saadaan kappaleen ulkoreunat hyvin esille esim. mittausta varten.

(Automation.tkk)

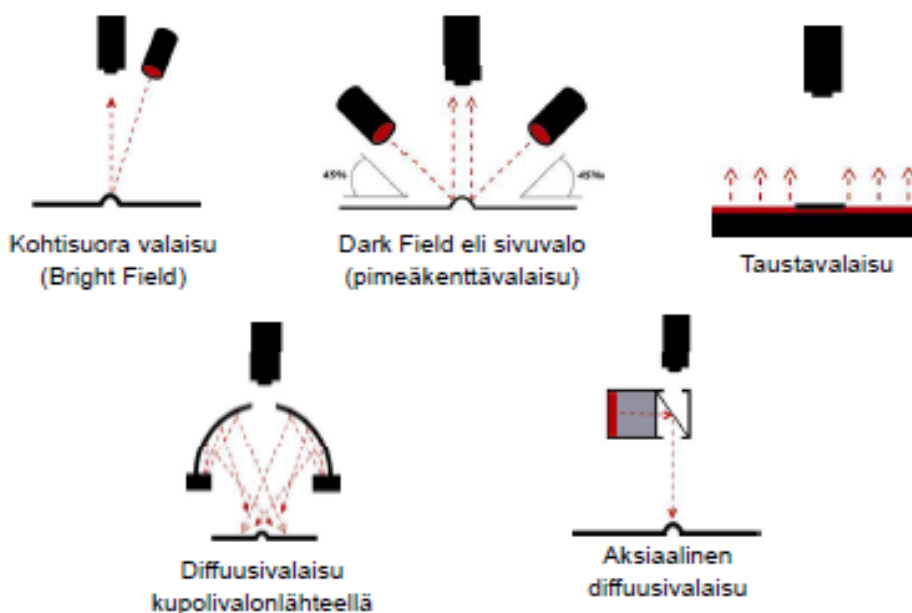
3.2.4 Salamavalo

Stroboskooppi välkkyvät strobovalot ovat tarpeen paitsi tanssilattialla, myös muissa tilanteissa, jolloin kuvattava kohde liikkuu nopeasti. Valaisemalla kohde pienen ajanhetken ajaksi (sekunnin murto-osa) voidaan kohteen liike pysäyttää ja estää muuten sumeaksi muodostuva kuva (blurring).

Yleisesti voidaan sanoa, että hyvän valaistuksen suunnittelun oppii kokemuksen kautta. Onnistuminen edellyttää myös perustietojen hallintaa ja yritys/erehdysmenetelmän käyttöä.

(Automation.tkk)

Yleisiä valaistustekniikoita



Kuva 4. Valaistusratkaisuja. (Mirka Heino,2012.)

3.3 Liitäntä automaatiojärjestelmään

Kuten jo aiempana mainittiin, niin tiedonsiirtoväyläksi valittiin Profinet. Toisena vaihtoehtona oli Profibus-DP jota linjalla on käytössä, mutta Profinet oli tässä tapauksessa helpompi toteuttaa. Kameran jännitesyöttönä käytetään POE-virtalähdettä, joka löytyy valitusta Profinet-kytkimestä (Liite L). Tällöin datakaapeliin saadaan myös kameran jännitesyöttö, jolloin kameralle tarvitaan vain yksi kaapeli.

4 PROJEKTIN KONENÄKÖLAITTEIDEN VALINNAT

Tuotteen jatkokäsittelyn vaatimukset edellyttävät tuotteen reunan kelautuvan juuri oikealla tavalla, eli valmiin rullan reunan tulee olla aivan suora. Nykytekniikan avulla tämä on helppo toteuttaa, käytetään älykaineroita, valaistusta, paikannusantureita, propotionaaliventtiileitä ja ohjelmoitavaa logiikkaa.

Tässä työssä reunan tunnistamiseen käytämme Cognex:n valmistamaa älykameraa, osta liitäntä Siemens S7-400 logiikkaan, johon myös paikannusanturit liitetään ja josta ohjaukset lähtevät.

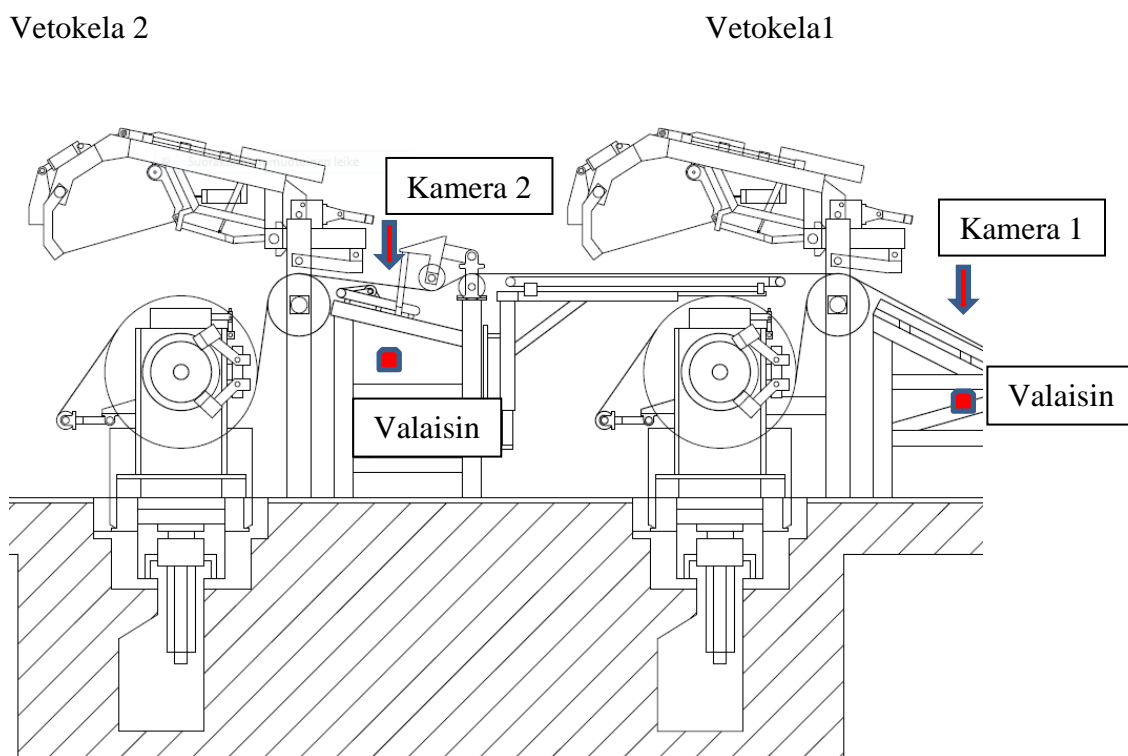
4.1 Kameran valinta

Lähtökohtana oli käyttää jo käytössä olevia kameramalleja. Tällöin varaosien määrä ei kasvaisi ja osaamista olisi omasta takaa. Näin ollen vaihtoehtoja kameravalmistajista oli jäljellä vain kaksi Cognex ja Visionsystem .

Helpon käytettävyyden esim. liitäntöjen osalta sekä hankintahinnan vuoksi päädyttiin Cognex:iin. Aluksi ajattelin käyttää kamerana Cognex:n Insight Micro 1403 kameraa, koska malli oli jo muutamassa sovelluksessa käytössä. Tällöin olisi riittänyt varaosien ylläpitämiseksi yksi malli mutta tyyppi ISM1403-01 ei ollut oikea tähän sovellukseen. Kameran hinta muodostui korkeaksi ja siksi tarkastelin laitteen ominaisuuksia. Kamera oli aivan liian monipuolinen tähän tarkoitukseen. Resoluutioksi riit-

täisi aivan hyvin 800*600 pistettä, koska kuvattava alue olisi kuitenkin suhteellisen pieni ja siitä etsitään vain reunaa, ei pintavirheitä.

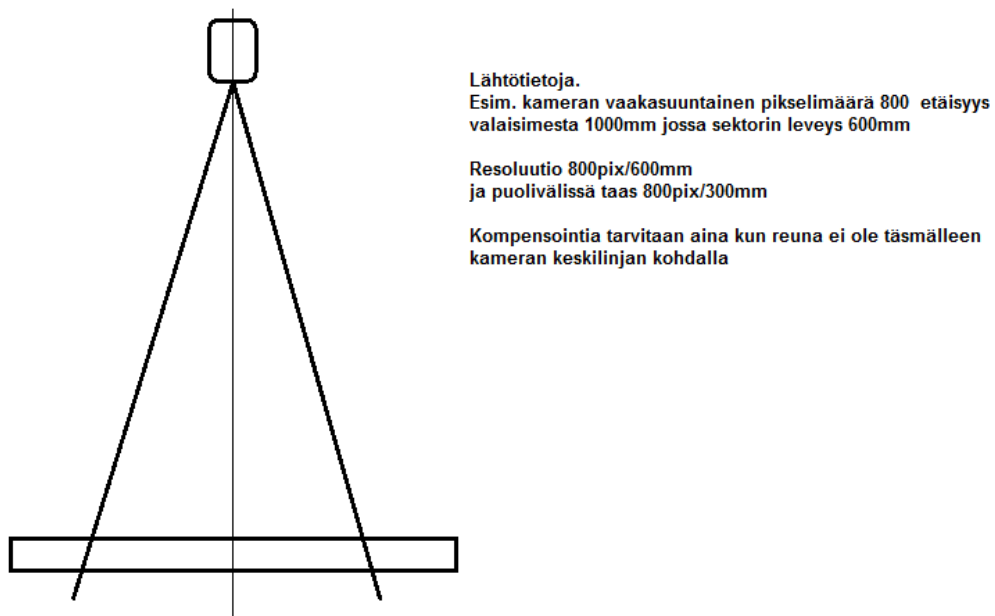
Perusteena resoluution valintaan on se, kuinka pientä reunan aseman muutosta haetaan. Tässä tapauksessa tarvittava havainnointitarkkuus on 0.5-1mm, jonka avulla resoluutio määritellään.



Kuva 5. Laitteiden sijoituskuva

Kuvattavan alueen leveys on maksimissaan 500mm, värikuvausta ei tarvita ja kuvausnopeus ei tarvitse olla huippunopea koska materiaali liikkuu maksimissaan 50m/min nopeudella. Kuvasta etsitään vain reunaa, jolloin ohjelmistossakaan ei tarvitse olla kaikkia työkaluja ja Easy builder käyttöliittymä tällöin riittää. Näillä perusteilla kameran tyypiksi valitaan InSight 7010, IS7010-01.

Kameran oikean toiminnan takaamiseksi pyritään kamera sijoittamaan sellaiseen paikkaan, missä tuotteen ja kameran välinen etäisyys ei muutu. Mikäli etäisyys muuttuu se aiheuttaa laskentaa tuloksen kompensointiin, sillä suhde tarkkuus eli pikselien suhde kuva-alan leveyteen muuttuu.



Kuva 6. Tuotteen ja kameran välisen etäisyyden vaikutus



Kuva 7. InSight7000-sarjan kamera. (InSight7000, 2012)

Model ¹	Speed Rating ²	Acquisition ³ (fps)	Resolution		User Interface		Supported Tools ⁴							Part Number	
			800 x 600	1280 x 1024	EasyBuilder	Spreadsheet	Base Tools	Essential Tools	Extended Tools	ID Tools	Color Tools	PatMax Available	OCR Only		
7010	2x	102	•		•		B					C			IS7010-01
7020	2x	102	•		•		B	E							IS7020-01
7050	2x	102	•		•	•	B	E							IS7050-01
7200	6x	102	•		•	•	B	E	X	I	C	P			IS7200-01, IS7200-11 (PatMax)
7400	12x	102	•		•	•	B	E	X	I	C	P			IS7400-01, IS7400-11 (PatMax)
7402	12x	60		•	•	•	B	E	X	I	C	P			IS7402-01, IS7402-11 (PatMax)

- B** Base tool set includes brightness, contrast, pattern, edge, point-to-point geometry, distance, angle, plot and blob tools.
- E** Essential Tool Set includes blob, edge, curve and line finding, histogram and geometry tools, image filters, pattern matching, and standard calibration.
- X** Extended Tool Set includes non-linear calibration and caliper tool. PatMax option available.
- I** ID tool set includes: 1-D/2-D barcode reading and verification, text reading and verification (OCR/OCV) and image filters.
- C** Color tool set includes MatchColor, ExtractColor, color histogram, color to greyscale filters and color to greyscale distance filter (7010 model with color identification only).
- P** Includes PatMax, Cognex patented geometric pattern matching technology.
- O** OCR model, EasyBuilder only, OCRMax, location tools and a subset of the Base tool set.

Kuva 8. Kameran Insight7000 sarjan ominaisuuksia. (InSight7000, 2012)

4.2 Optiikan valinta

Optiikan valintaa varten pitää selvittää seuraavat asiat:

- kuva-ala
- kohteen etäisyys kamerasta
- kamerassa käytetyn optiikan kiinnitystapa.

4.2.1 Polttoväli

Lyhyesti optiikan yhteydessä puhuttava polttoväli tarkoittaa kameran sensorin ja optiikan linssin välistä etäisyyttä.

Optiikan oikeassa valinnassa pitää aina laskea polttoväli kaavalla,

$$f = hd \frac{D}{hFOV} \text{ tai } f = wd \frac{D}{wFOV}, D=500\text{mm}$$

Kaavan laskemiseksi pitää selvittää kameran spekseistä sensorin koko (wd*hd) sekä kuvattavan alueen koko (hFOV=300mm, wFOV=500mm).

Laskusta saadaan polttoväleiksi wFOV 5.92mm ja hFOV 7.4mm. Polttoväliksi valitaan lyhyempi arvo, koska se toteuttaa kuva-alan vaatimukset. Tässä tapauksessa valitaan polttoväli 6.

Kun kuva-alan leveys/korkeus suhde ei ole sama kuin sensorissa ja siksi saadaan erilaiset polttovälit kummallekin suunnalle, jolloin pitää valita polttoväliksi lyhyempi arvo koska se toteuttaa annetun kuva-alan vaatimuksen. Objektiivien valmistajat käyttävät linssejä vain tietyille polttoväleille (esim. 2,4,6,8,12,16,25,50.....).

(Shermatech Oy,2012.)

4.3 Valaistuksen valinta

Valinnassa käytin perustana saatuja kokemuksia aikaisemmista projekteista. Niissä on todettu useasti että metallien valaiseminen on vaikeaa heijastumien vuoksi. Tässä kohteessa kun tuotteen pinnanlaatukin vielä vaihtelee kiillon perusteella niin tasalaatuinen valaiseminen on vaikeaa, ellei mahdotonta. Ilman mitään ihmeellisiä kokeita valitsin tapaukseen taustavalon, joka toteutetaan led-valaisimilla.

5 LAITESIJOITTELU AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN

Kohteessa automaatiota ohjaa Siemens S7400 pohjainen prosessori. Projektin ympäristöön kuulu yksi valvomo, joka on toteutettu Wonderwaren InTouch ohjelmistolla. Lisäksi linjalla on käytössä kaksi operaatiopanelia. Hajautettua i/o-asemia (ET200S ja ET200M) linjalta löytyy useita (liite K). (Väyläratkaisuja linjalta löytyy Profibus-Dp (Liite K) ja Profinet (LiiteG).

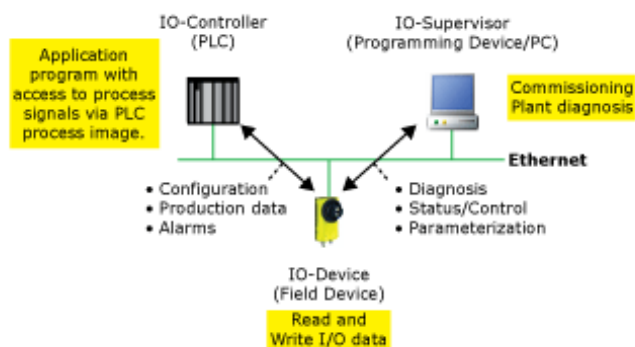
Lisäksi moottorikäyttöjen välillä on valokuiduilla toteutettu huoltoväylä. Kameroiden, kelojen paikannusantureiden ja propotionaaliventtiileiden liittäminen tähän automaatiojärjestelmään aloitetaan HW:n päivittämisellä. HW-konfiguraatio pitää sisälleen kaikki logiikkaan suoraan tai väylän välityksellä liittyvät komponentit (Liite K).

5.1 Kameran liittäminen automaatioon

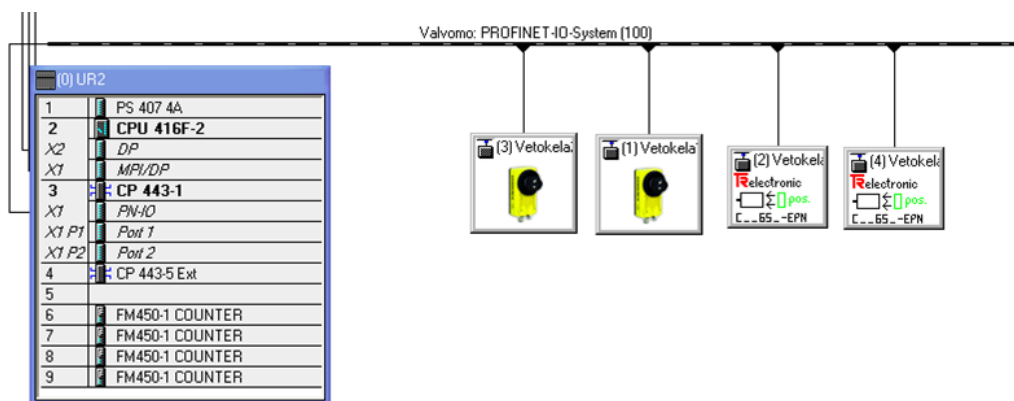
Logiikassa on erillinen kommunikointiprosessori, joka hoitaa Ethernet/Profinet liikenteen. Kortin asetuksista tarkistetaan osoitealueet, jotta kameran asetukset saadaan vastaamaan logiikan asetuksia.

Liikennöintiprosessori, joka oli konfiguroitu hardwareen CP443 6GK7 443-1EX11-0EX0, pitää vaihtaa uuteen tyyppiin 6GK7 443-1EX20-0EX0, koska siihen ei saa profinet-liitäntää.

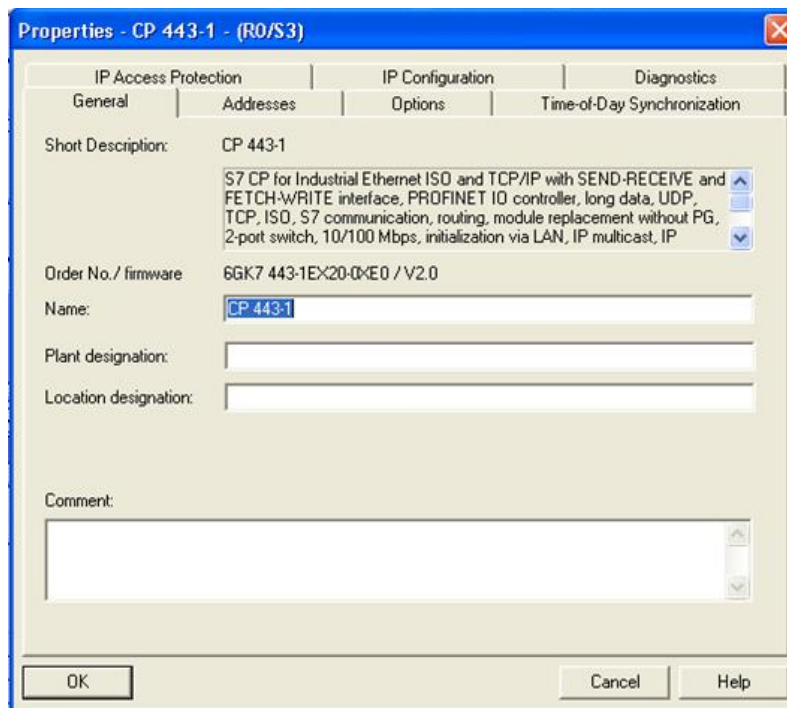
PLC lukee väylältä kameran lähettämät tiedot, PC on kytketty väylään jossa on kameran käyttöliittymä(IN-Sight ohjelmisto) kameran parametroitintia varten



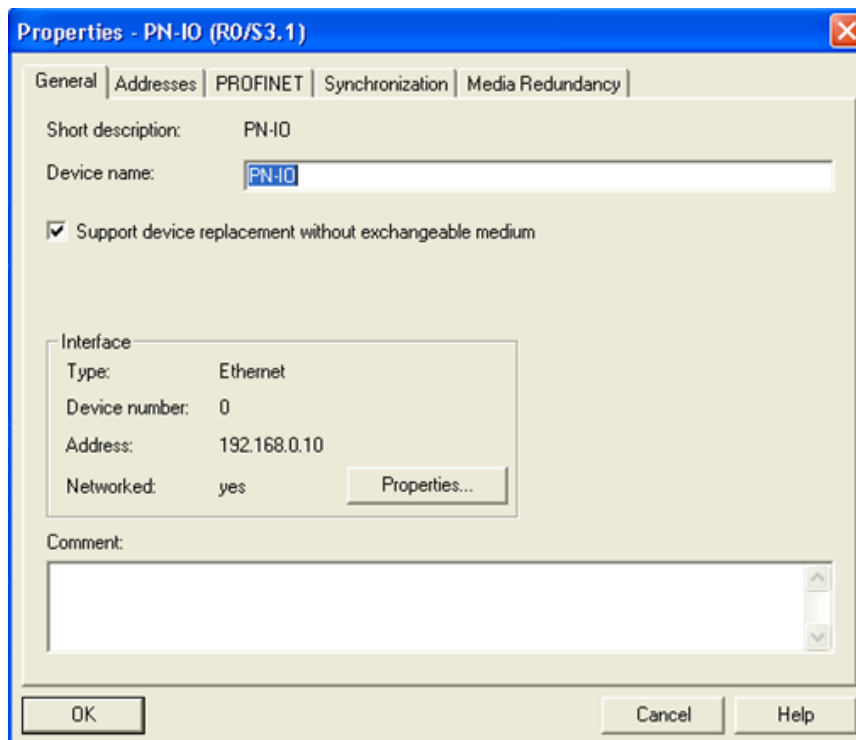
Kuva 9. Älykameran liittäminen/tiedonsiirto. (InSight7000, 2012)



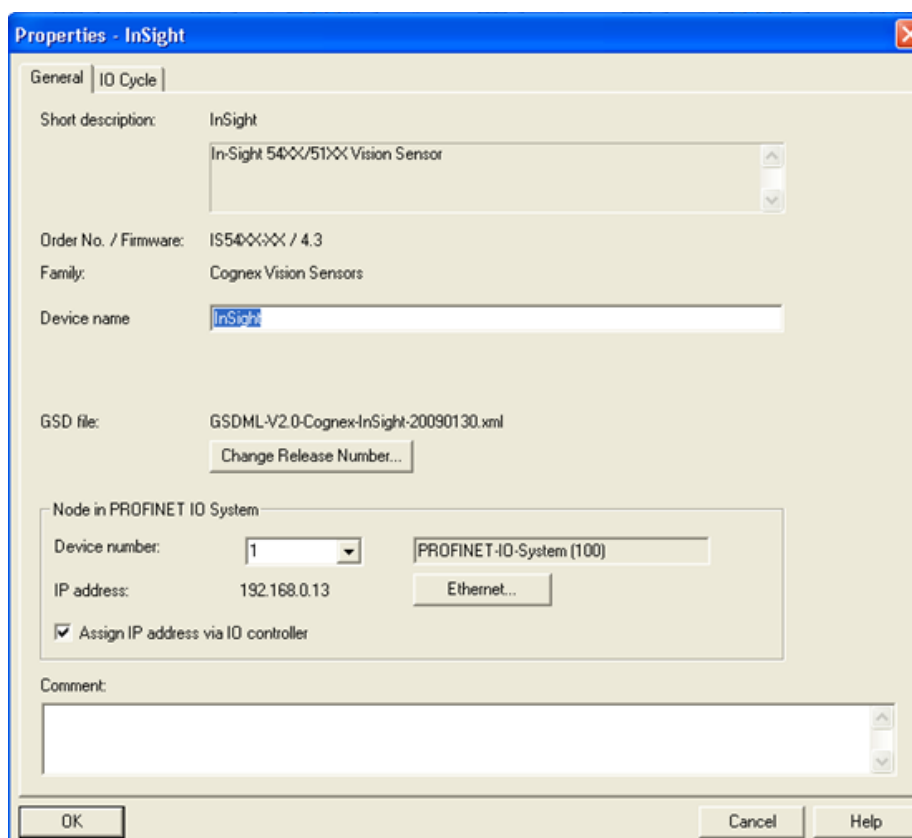
Kuva 10. Kamerat ja paikannusanturit lisätty HW-configuraatioon.



Kuva 11. Kommunikointiprosessorin (CP) asetuksista.

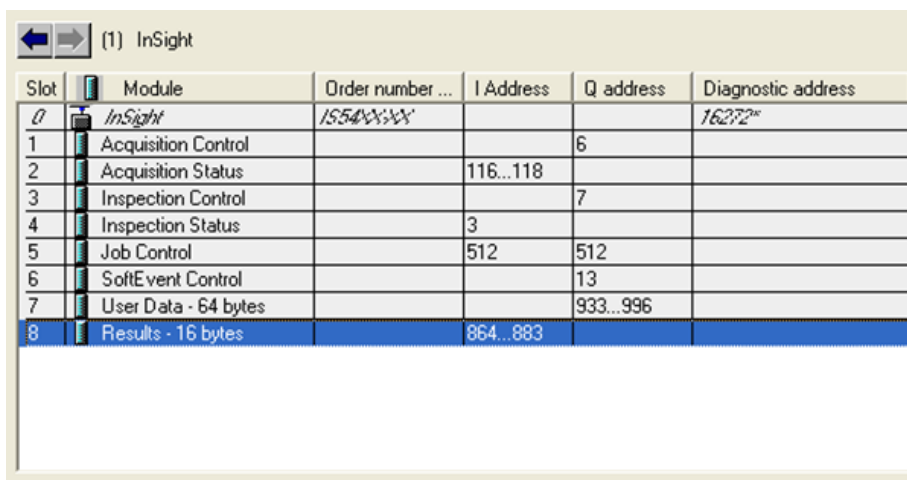


Kuva 12. Profinet-väylän asetuksia



Kuva 13. Kameran IP-osoitteen määrittely

Siirrettävä tieto kannattaa määrittellä niin pieneksi kuin mahdollista, eli siirretään vain tarpeellinen.

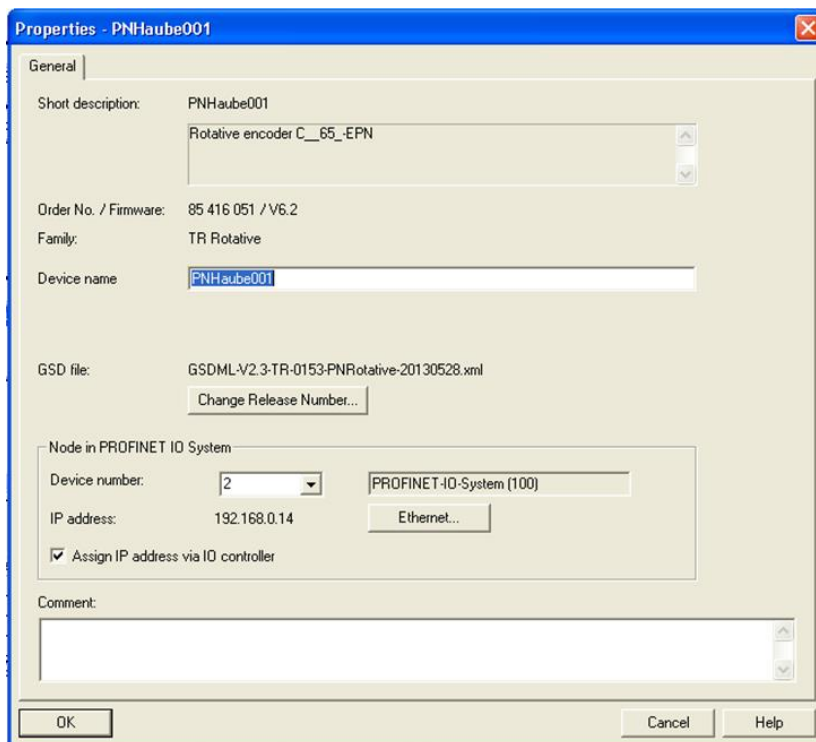


Slot	Module	Order number ...	I Address	Q address	Diagnostic address
0	InSight	1554XXXX			16272*
1	Acquisition Control			6	
2	Acquisition Status		116...118		
3	Inspection Control			7	
4	Inspection Status		3		
5	Job Control		512	512	
6	SoftEvent Control			13	
7	User Data - 64 bytes			933...996	
8	Results - 16 bytes		864...883		

Kuva 14. Datapaketin sisältöä osoitteineen

5.2 Vetokelojen Paikannusanturit

Anturin tyyppiksi valitsin TR-electronicin absoluuttianturin CEV-65 S/M-PN (Liitteet G ja H). Valinnan perusteena tässäkin tapauksessa oli aikaisemmat kokemukset.



Properties - PNHaube001

General

Short description: PNHaube001
Rotative encoder C_65_EPN

Order No. / Firmware: 85 416 051 / V6.2
Family: TR Rotative

Device name: PNHaube001

GSD file: GSDML-V2.3-TR-0153-PNRotative-20130528.xml
Change Release Number...

Node in PROFINET IO System

Device number: 2 | PROFINET-IO-System (100)

IP address: 192.168.0.14 | Ethernet...

Assign IP address via IO controller

Comment:

OK Cancel Help

Kuva 15. Antureiden IP-osoitteet.

Tiedonsiirtoon on varattu neljä tavua mikä pitää sisällään anturin paikkatiedon sekä ohjausparametreja.

Slot	Module	Order number	I Address	Q address	Diagnostic address
0	PNHaube001	85 416 051			16271*
X1	Interface				16270*
X1	Port 1				16269*
X1	Port 2				16268*
1	encoder data 4 byte /		125...128		

Kuva 16. Datapaketin sisältöä osoitteineen

5.3 Propotionaaliventtiili

Kelaimen sivuttaissiirto toteutetaan propotionaaliventtiilillä. Venttiilin ohjaussignaalin muodostamiseen tarvitaan analogialähtökortti, joka on tyypiltään 6ES7 135-4GB01-0AB0 (Liite M), molemmille kelaimille omansa. Kortit lisätään seuraavina oleviin vapaisiin paikkoihin ja osoitteet muodostuvat automaattisesti.

Slot	Module	Order number	I address	Q address	Diagnostic address	Comment
1	PM-E DC24V	6ES7 138-4CA01-0AA0				
2	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	56.0...56.7			
3	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	57.0...57.7			
4	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	58.0...58.7			
5	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	59.0...59.7			
6	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	60.0...60.7			
7	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	61.0...61.7			
8	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	62.0...62.7			
9	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	63.0...63.7			
10	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	64.0...64.7			
11	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	65.0...65.7			
12	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	66.0...66.7			
13	8DI DC24V	6ES7 131-4BF00-0AA0	272.0...272.7			
14	8DO DC24V/0.5A	6ES7 132-4BF00-0AA0		42.0...42.7		
15	8DO DC24V/0.5A	6ES7 132-4BF00-0AA0		43.0...43.7		
16	8DO DC24V/0.5A	6ES7 132-4BF00-0AA0		44.0...44.7		
17	8DO DC24V/0.5A	6ES7 132-4BF00-0AA0		45.0...45.7		
18	8DO DC24V/0.5A	6ES7 132-4BF00-0AA0		46.0...46.7		
19	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		48.0...48.1		
20	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		48.2...48.3		
21	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		49.0...49.1		
22	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		49.2...49.3		
23	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		50.0...50.1		
24	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		50.2...50.3		
25	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		51.0...51.1		
26	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		51.2...51.3		
27	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		52.0...52.1		
28	2RO NO 24...230V/5A	6ES7 132-4HB01-0AB0		52.2...52.3		

Kuva 17. ET-aseman HW-configuraatio

6 PROJEKTIN OHJELMOINTITYÖT

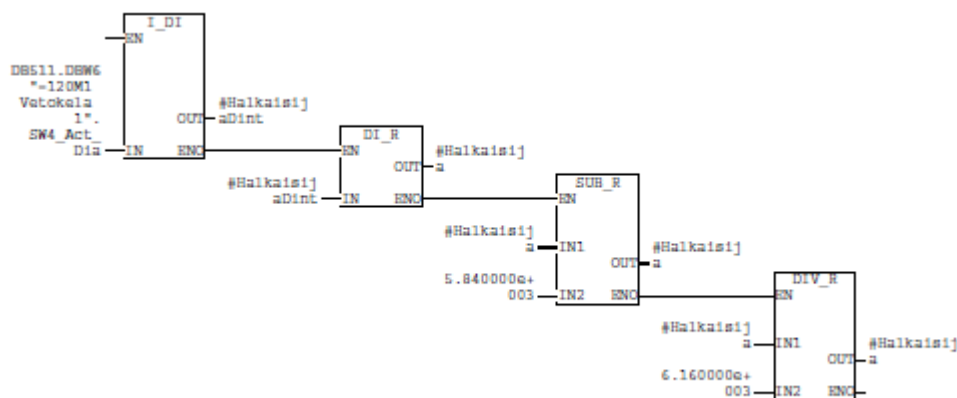
Projektissa vaaditaan ohjelmakoodin kirjoitusta niin kameraan ja automaatiojärjestelmään.

6.1 Kameran ohjelmointi

Kameraa käytetään ja ohjelmoidaan oman käyttöliittymän avulla, johon palataan myöhemmin. Tämän avulla määritellään kameran liitännät ja tehtävät. Tehtävien suorittamiseen on omat työkalunsa, joista nyt käytetään vaan yhtä, reunan hakua. Liityntöjen osalta määritellään myös siirrettävän datan sisältö.

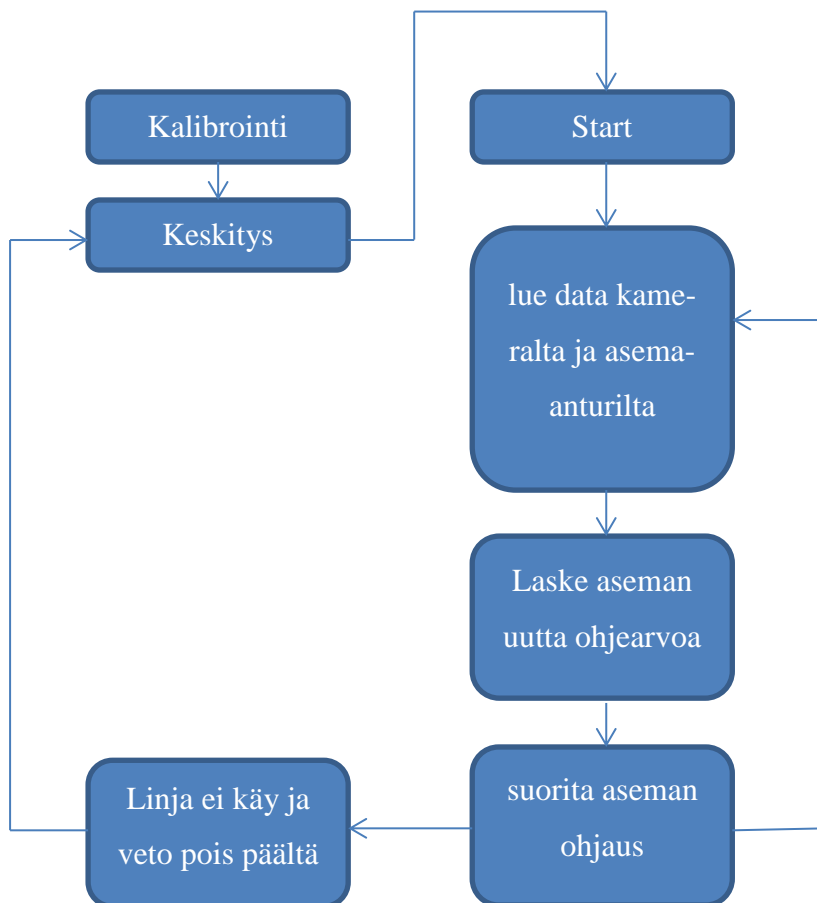
6.2 Automaation ohjelmointi

Automaation osalta ohjelmakoodia ei käydä yksityiskohtaisesti läpi vaan ohjelman toimintaa kuvataa yksinkertaisen lohkokaaavion avulla. Muilta osin käytetään kuvia apuna ohjelman selventämiseen. Reunanohjauksen tilan seuranta varten luodaan kelaimilla olevaan operointipaneliin oma sivu reunanohjausta varten. Logiikan ohjelmointi muotona käytän FBD-muotoa ja alla esimerkki.



Kuva 18. Logiikan ohjelmointityyli

6.3 PLC:n ohjelmarakenne



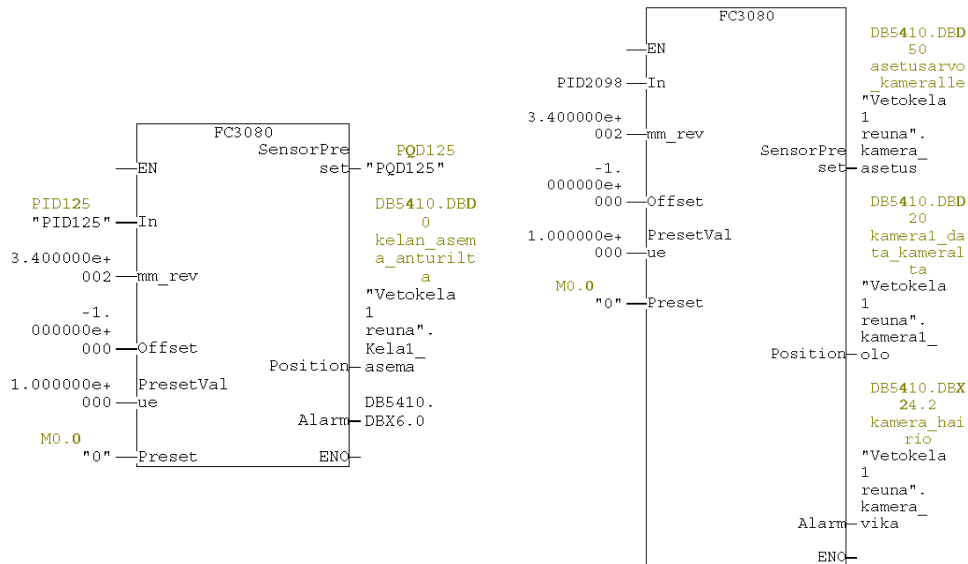
Kuva 19. Ohjelman sekvenssikaavio

6.3.1 Kalibrointi

Kalibroinnissa ajetaan kelaimen sivusiirto sisään äärirajalle ja luetaan asema talteen ja sitten sivusiirto ulos äärirajalla ja asema talteen. Nyt on mitattu sylinterin liike-matka. Kalibrointia valvotaan ja onnistunnesta kalibroinnista ilmoitetaan käyttäjille ohjauspanelin välityksellä. Kalibrointiajota tarvitaan satunnaisesti.

6.3.2 Keskitys

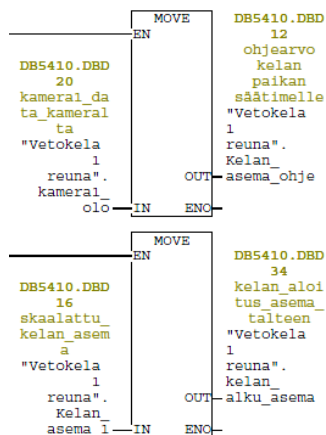
Edellä mitattujen asemien erotus jaetaan kahdella ja ajetaan sivusiirto saatuun tulokseen, joka on keskikohta. Keskitys on aina suoritettava ensin ja sitten vasta voi reunanohjaus siirtyä toimintatilaan.



Kuva 20. Anturin ja kameran datan luenta Profinetin välityksellä

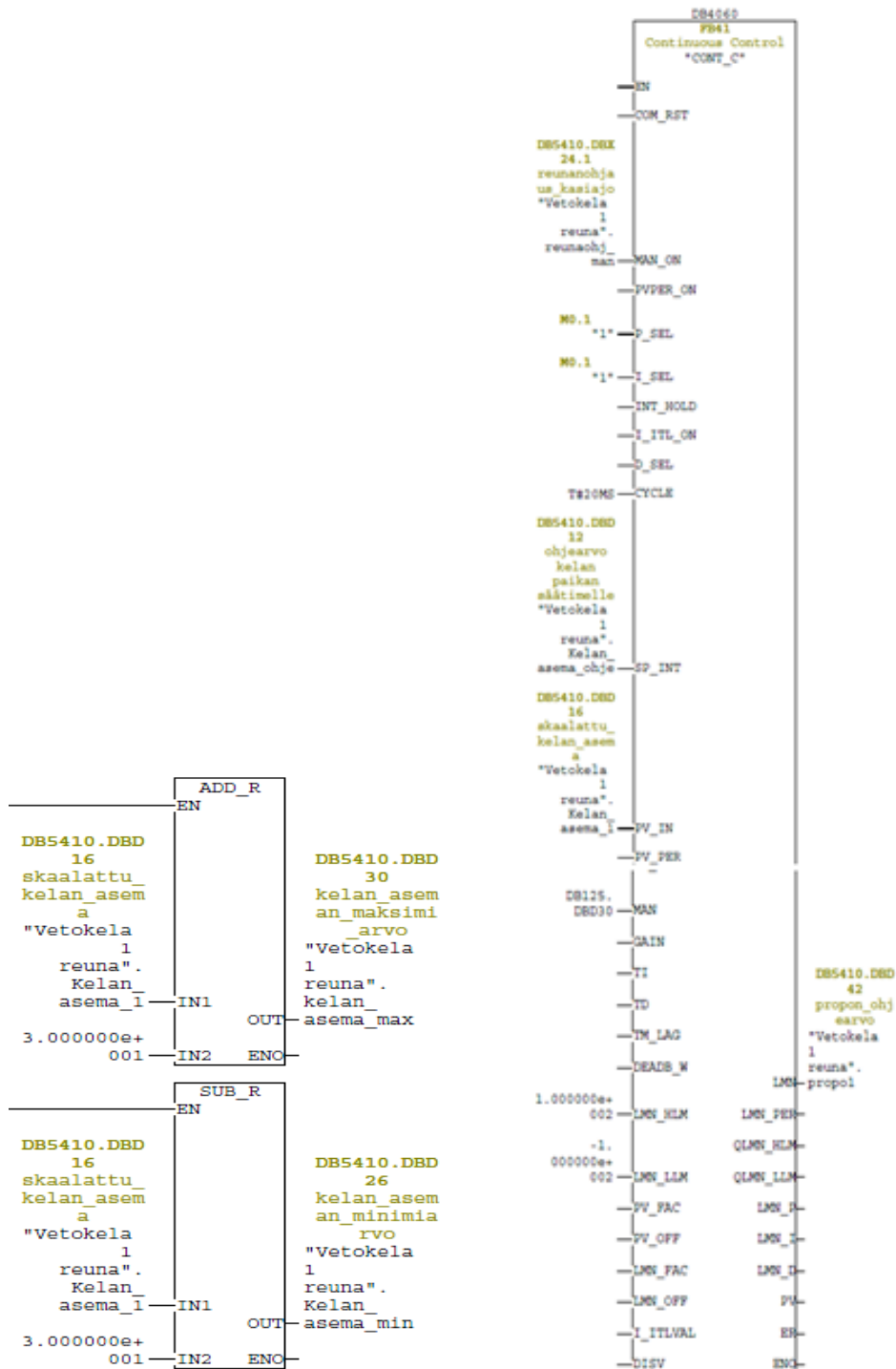
6.3.3 Start

Annetaan reunanohjaukselle toimintalupa, jolloin se toimii itsenäisesti. Kun toimintalupa annetaan, niin sillä hetkellä olevasta kelaimen ja tuotteen reunan paikkatiedoista muodostuu järjestelmän perusarvot.



Kuva 21. Oloarvojen tallennus

Mikäli kameran löytämän reunan asema muuttuu perusarvosta, niin silloin pitää kelainta siirtää vastaavasti, jotta tuotteen reuna kelaantuu suoraksi ja tuote palautuu kameran näkökentässä alkuperäiseen paikkaan. Tämä poikkeaman tarkkailu jatkuu kunnes järjestelmä kytkeytyy pois päältä tuotteen loputtua ja vetotiedon poistuttua. Kelan paikkatiedosta luodaan maksimi- ja minimiarvot eli rajat säädölle.



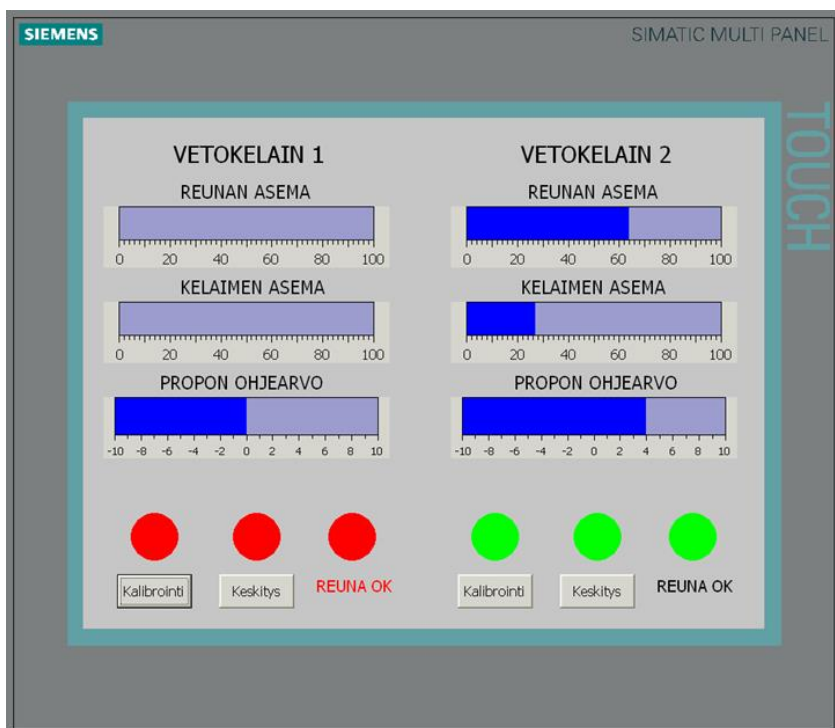
Kuva 22. Min- ja max-arvojen muodostus sekä kelaimen sivusiirron ohjaus

6.4 Operointipaneli

Paneelille luodaan oma sivu, josta voidaan seurata oloarvoja, jotka liittyvät reunanohjausjärjestelmään. Tällaisia arvoja ovat kelaimen asema, kameran mittaama reunan asema, reunan haun status, propotionaali venttiilin ohjearvo sekä keskityksen ja kalibroinnin ohjaukset ja indikoinnit. Liikennöintiä varten luodaan logiikkaan oma DB, johon dataa tallennetaan ja josta paneli sen lukee. Alla luettelo muuttujista, sekä kuva näytöstä.

Name	Display name	Connection	Data type	Symbol	Address
DB1.cam1		Connection_1	Real	cam1	DB 1 DBD 0
DB1.cam2		Connection_1	Real	cam2	DB 1 DBD 4
DB1.propo1		Connection_1	Int	propo1	DB 1 DBW 8
DB1.propo2		Connection_1	Int	propo2	DB 1 DBW 10
DB1.kalibrointi_kela_1		Connection_1	Bool	kalibrointi_kela_1	DB 1 DBX 20.0
DB1.kalibroitu_kela_1		Connection_1	Bool	kalibroitu_kela_1	DB 1 DBX 20.4
DB1.keskitys_ok_1		Connection_1	Bool	keskitys_ok_1	DB 1 DBX 20.6
DB1.reuna_ok_1		Connection_1	Bool	reuna_ok_1	DB 1 DBX 21.0
DB1.kalibroitu_kela_2		Connection_1	Bool	kalibroitu_kela_2	DB 1 DBX 20.5
DB1.keskitys_ok_2		Connection_1	Bool	keskitys_ok_2	DB 1 DBX 20.7
DB1.keskitys_2		Connection_1	Bool	keskitys_2	DB 1 DBX 20.3
DB1.kalibrointi_kela_2		Connection_1	Bool	kalibrointi_kela_2	DB 1 DBX 20.1
DB1.reuna_ok_2		Connection_1	Bool	reuna_ok_2	DB 1 DBX 21.1
DB1.keskitys_1		Connection_1	Bool	keskitys_1	DB 1 DBX 20.2
DB1.kelain_1_asema		Connection_1	Real	kelain_1_asema	DB 1 DBD 12
DB1.kelain_2_asema		Connection_1	Real	kelain_2_asema	DB 1 DBD 16

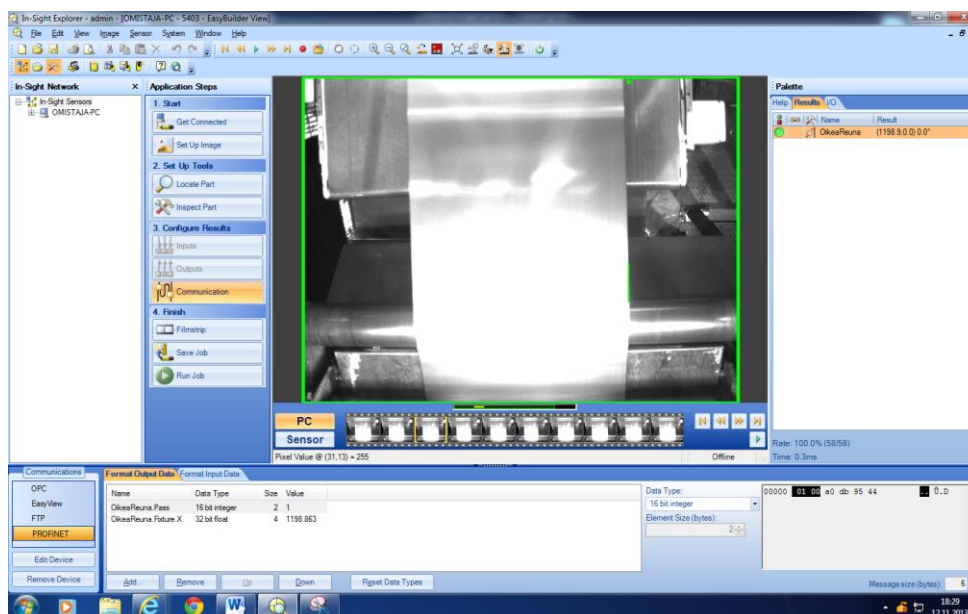
Kuva 23. Panelin muuttujat



Kuva 24. Panelin käyttöliittymä

7 KAMERAN KÄYTTÖLIITTYMÄ

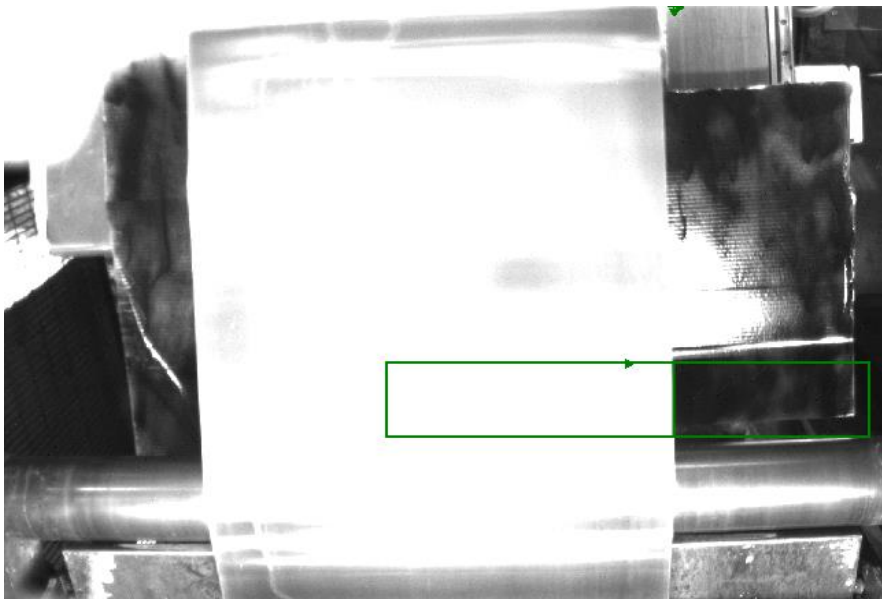
Kameran käyttöliittymänä toimii Cognex:n In Sight Explorer ohjelmisto. Tällä muodostetaan kameraan yhteys ja hallitaan kameras ominaisuuksia ja parametreja. Tällä pystyy myös emuloimaan eli emulaattori matkii Cognex:n kameraa ja voit luoda oman virtuaalisen ympäristön. Tässä ympäristössä voit luoda ja testata omia sovelluksia. Nyt käytetään ohjelmistosta vain näkymää EasyBuilder. Ei ole tarvetta muihin kuin nyt on käytössä vain yksi työkalu, jolla reunaa etsitään.



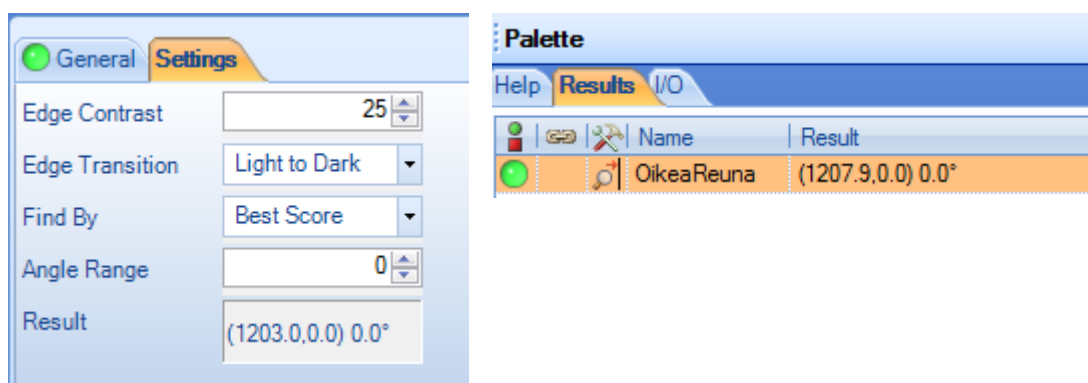
Kuva 25. EasyBuilder näkymä

7.1 Reunan etsintä

Reunan etsimiseen on työkalu Edge osiossa Locate Part. Kun työkalu lisätään, se etsii automaattisesti kuva-alueelta kaikki reunat. Kuva-alue pitää määritellä niin, että siellä on vain yksi tärkeä reuna. Parametreilla estetään turhien reunojen löytyminen. Hakualueen voi muokata hiirellä sopivaksi reunan vaihteluiden mukaan. Reuna havaitaan siis kohdassa, jossa tumma vaihtuu vaaleaksi tai päinvastoin.



Kuva 26. Hakualue jonka sisältä reunaa etsitään

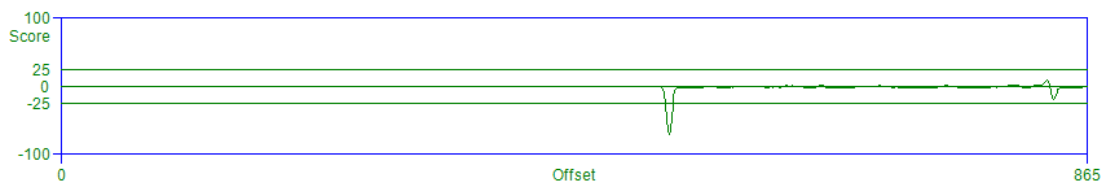


Kuva 27. Hakutyökalun määrittelyä

Edge contrast, määritellään kuinka heikot/vahvat kontrastierot tulkitaan reunaksi.

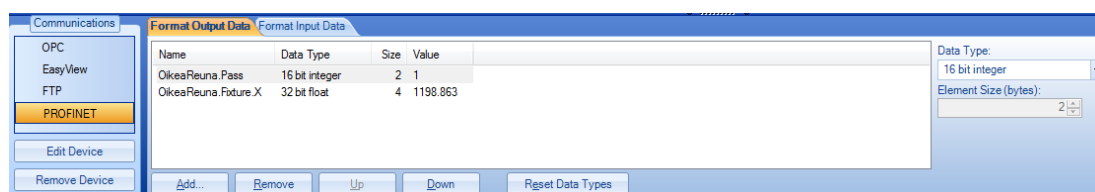
Edge transition, valitaan kontrastin muutos tummasta vaaleaan tai vaaleasta tummaan. Find by, määrätään reunan valinta peruste, mikäli useampia löytyy (ensimmäinen, viimeinen vai paras tulos). Angle range, määrittelee kuinka hyvin reunan tulee noudattaa hakualueen suuntaa.

Tässä kuvasta ilmenee reunan sijanti hakualueella, x-suunnassa. Kuvasta voi päätellä että kamera on skaalattu x-suunnassa alueelle 0-865.



Kuva 28. Reunan sijanti, x-suunnassa

7.2 Tiedonsiirto



Kuva 29. Tiedot jotka siirretään automaatioon.

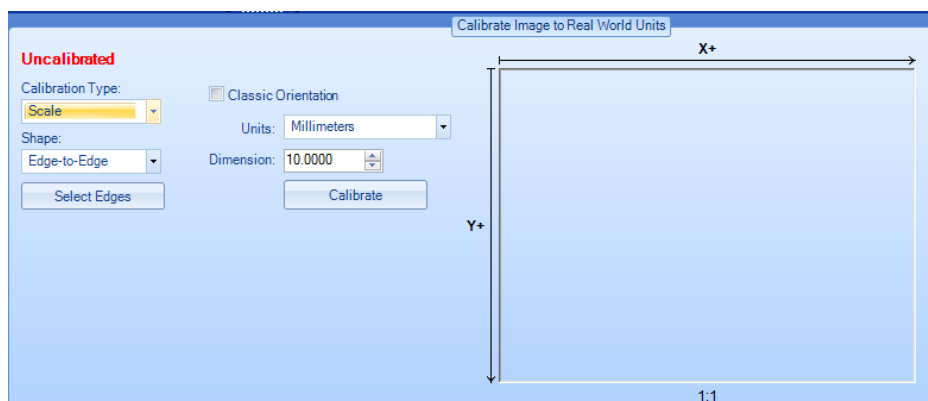
Mittauksen tulos 16bit kokonaisluku, onnistuiko reunan etsintä vai ei sekä reunan sijainti 32bit reaali-luku. Eli alla olevien määritysten mukaan periferiasanasta PIW864 on luettavissa reunan haun tulos (1=hyvä tai 0=huono) ja periferiasanasta PID866 reunan asema.

Slot	Module	Order number ...	I Address	Q address	Diagnostic address
0	InSight	1554XX:XX			16272*
1	Acquisition Control			6	
2	Acquisition Status		116...118		
3	Inspection Control			7	
4	Inspection Status		3		
5	Job Control		512	512	
6	SoftEvent Control			13	
7	User Data - 64 bytes			933...996	
8	Results - 16 bytes		864...883		

Kuva 30. Osoitteiden määrittäminen kameraliittämälle

7.3 Kalibrointi

Kalibrointi on tarpeellista silloin, kun kameralla suoritetaan mittausta ja tulos pitää olla tarkka käytössä olevaan mittayksikköön nähden. Meidän sovelluksessa kalibrointi ei ole välttämätöntä sillä meille riittää pelkkä lukuarvo, koska ääriarajat säädölle on olemassa ja reuna asettuu näiden väliin. Kalibroinnin avulla saavutetaan kuitenkin ”todentuntuisempi” mittaustulos, koska se vastaa oikeita mittayksiköitä.



Kuva 31. Kalibrointityökalu

Kalibrointi tapa Edge to Edge on hyvä silloin kun kuva-alueella on esim. kaksi viivaa joiden välinen etäisyys on tarkasti tiedossa. Tämä mitta asetetaan Dimensio kenttään ja kalibroidaan.

8 YHTEENVETO

Tässä työssä suunniteltiin vanhalle reunanohjausjärjestelmälle uusi korvaava versio, joka vastaa nykypäivän haasteisiin. Vanha analoginen laitteisto sai väistyä uuden digitaalisen älykamerapohjaisen järjestelmän tieltä. Uusi järjestelmä tuo ohjaukseen lisää tarkkuutta ja nopeutta.

Työn suunnittelu oli mielenkiintoista, sillä se piti sisällään monta eri osa-aluetta. Laittevalintoja oli tehtävä niin hydraulikan kuin automaationkin alueilla. Valinnoissa tukeuduttiin aikaisempiin kokemuksiin sekä varaosien saatavuuteen. Automaatiossa järjestelmän parametointi oikean väyläliikenteen aikaansaamiseksi oli haastavaa ja monipuolista.

Järjestelmä on hyvin soveltuva reunanohjaukseen, mutta sitä hieman jalostamalla saataisiin konenäöstä vielä paljon enemmän irti. Valaistusolosuhteiden luominen optimaaliseksi on vaikeaa aina, kun kuvattava materiaali on heijastavapintainen. Valaistus vaatii jatkuvaa seuranta ja kehitystä, koska ympäristön valaistusolosuhteet saattavat muuttua ajan kuluessa.

Järjestelmää voisi kehittää hyödyntämällä konenäön tarkkuutta laadunvalvonnassa. Kameroita lisäämällä saataisiin tarkasteltua pinnanlaatua niin ylä- kuin alapuolelta-kin. Tuotteen leveydestä johtuen, voidaan tuotetta kuvata vaikka kahdella tai useammalla kameralla rinnakkain, jolloin leveys jakautuu pienempiin osiin. Pinnasta pystyttäisiin etsimään erilaisia laatuvirheitä ja näin estettyä niiden pääsy eteenpäin tuoteketjussa.

9 LAITELUETTELO

Absoluuttianturi TR-electronic CEV-65 S/M-PN, 2kpl

Älykamera Cognex IS7010-01, 2kpl

Kommunikointiprosessori PLC, 6GK7 443-1EX20-0EX0

Analogialähtö kortti 6ES7 135-4GB01-0AB0, 2kpl

Propotionaali venttiilit, Rexroth 4WREE-6-W08-24/G24K31/FIV, 2kpl

Kytkin Siemens scalance X108POE 6GK5108-0PA00-2AA3

Profinet kaapelit

LÄHTEET

Schermatec Oy, Kurssimateriaali, Cognex Insight-kameroiden käyttö- ja ohjelmointikoulutus, Jani Uusitalo. Viitattu 26.1.2014

Mirka Heino, 2012. Konenäkö-kurssin oppimateriaali, valaistus. Viitattu 26.1.2014
https://moodle19.samk.fi/moodle19/file.php/2477/Konenaekoe/Valaistus/Valaistus_konenaekoejaerjestelmissae_versio2012.pdf

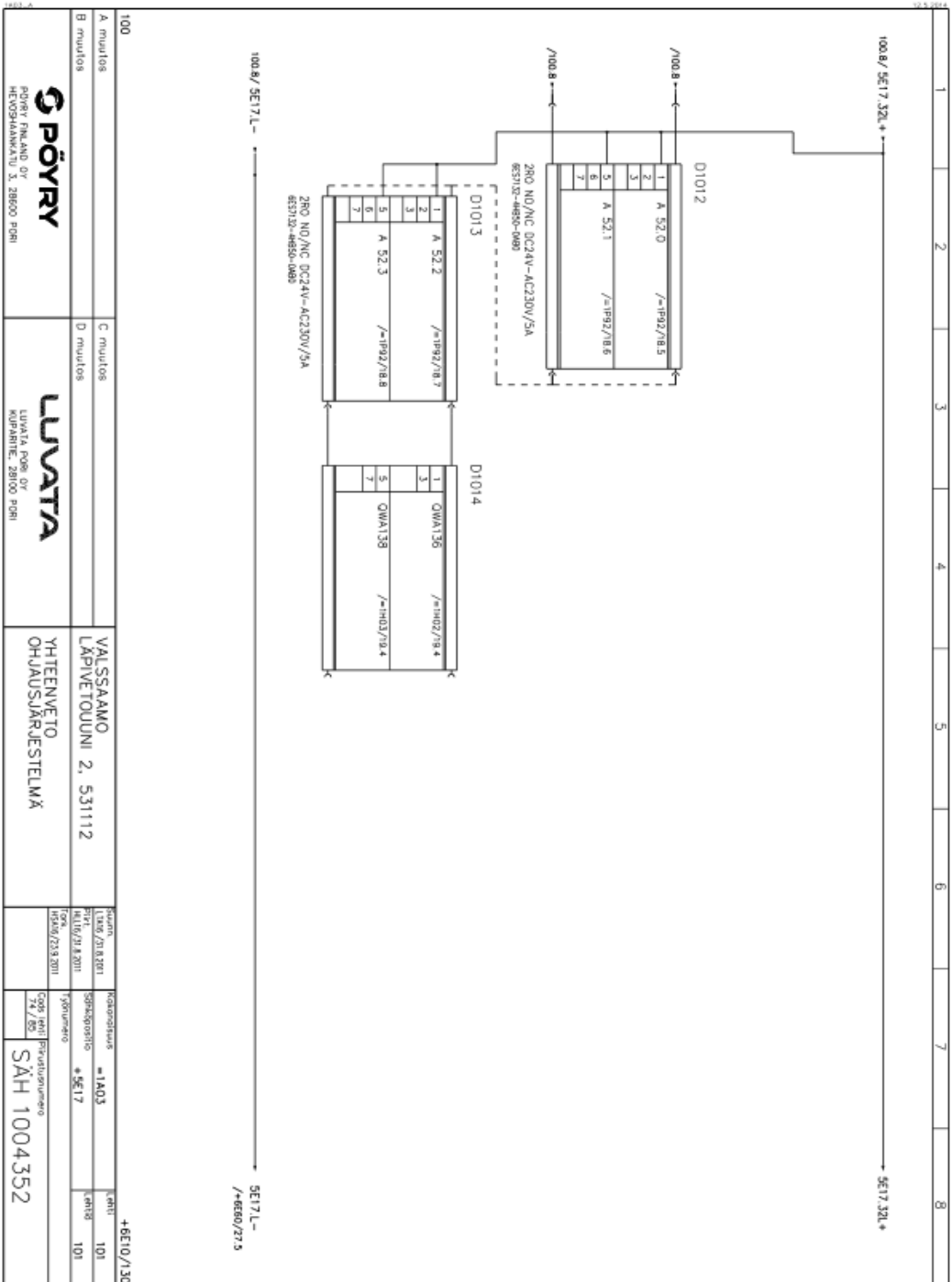
Automation.tkk. Automation TechnologyLaboratory. Teoriaa konenäöstä yleisesti. Viitattu 26.1.2014
http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf

Aurubis Finland Oy, 2013. Artikkelit yrityksen synnystä,. Viitattu 26.1.2014
<http://www.toyota-forklifts.fi/fi/news/news/pages/aurubis%E2%80%93uusin-lukuporilaisen-kuparintuotannon-historiaan.aspx>

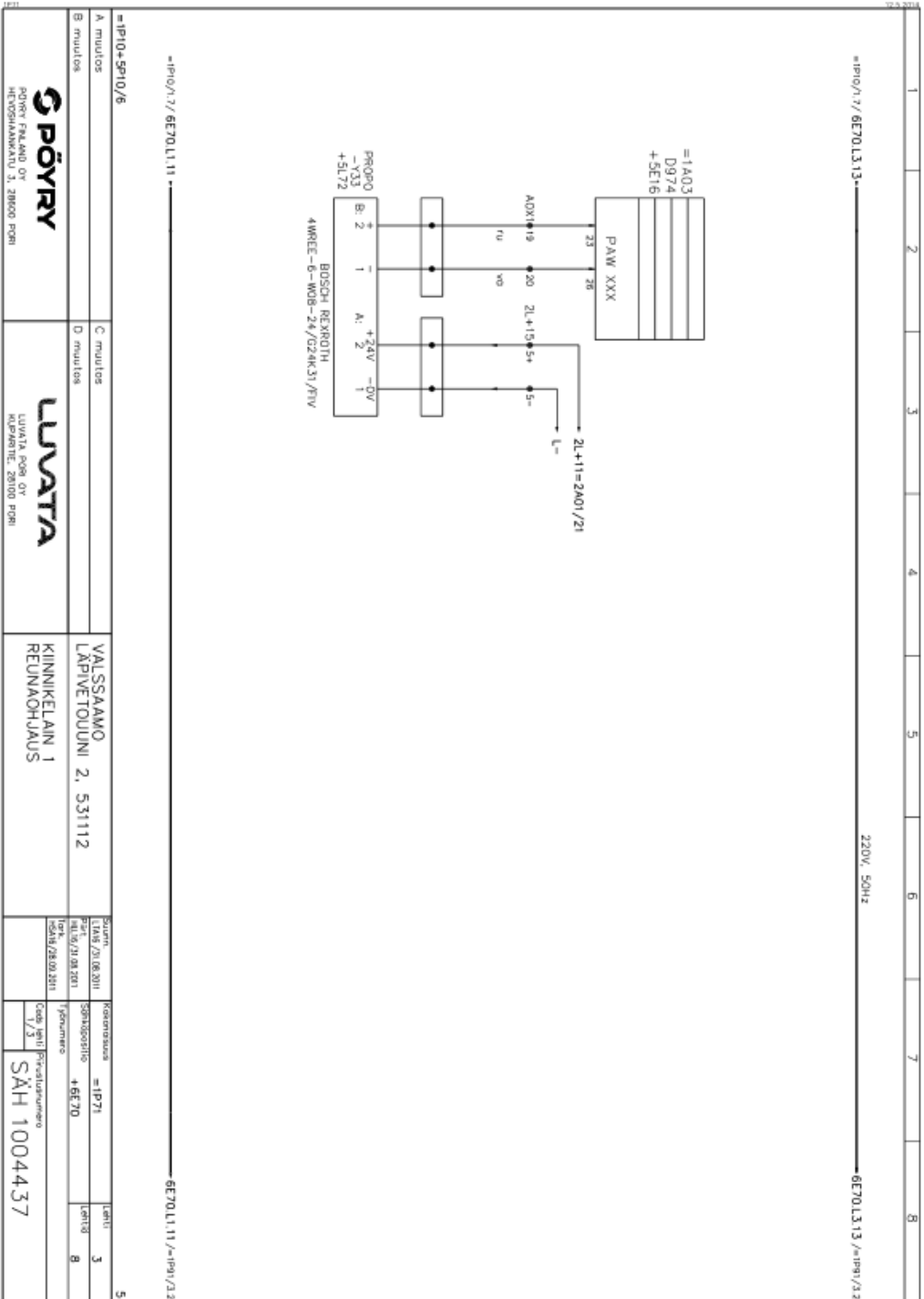
Automaatioseura, Antti Soini
<http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Konenako.pdf>

InSight7000, 2012. Kuva kameratyypistä. Viitattu 26.1.2014.
http://blog.cimtecautomation.com/2012/08/cognex-in-sight-insight-7000-is-small_9.html

LIITE B

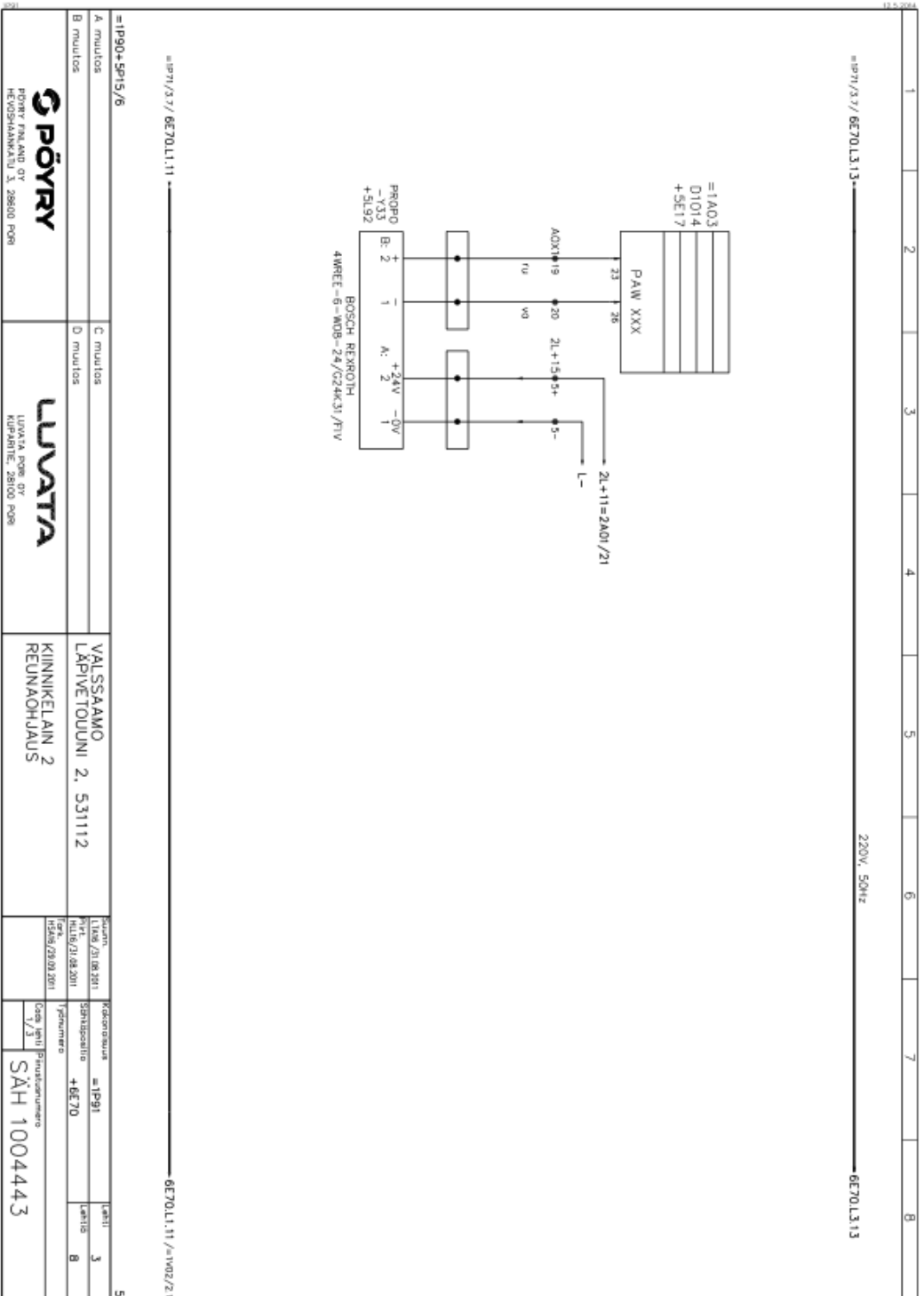


LIITE C

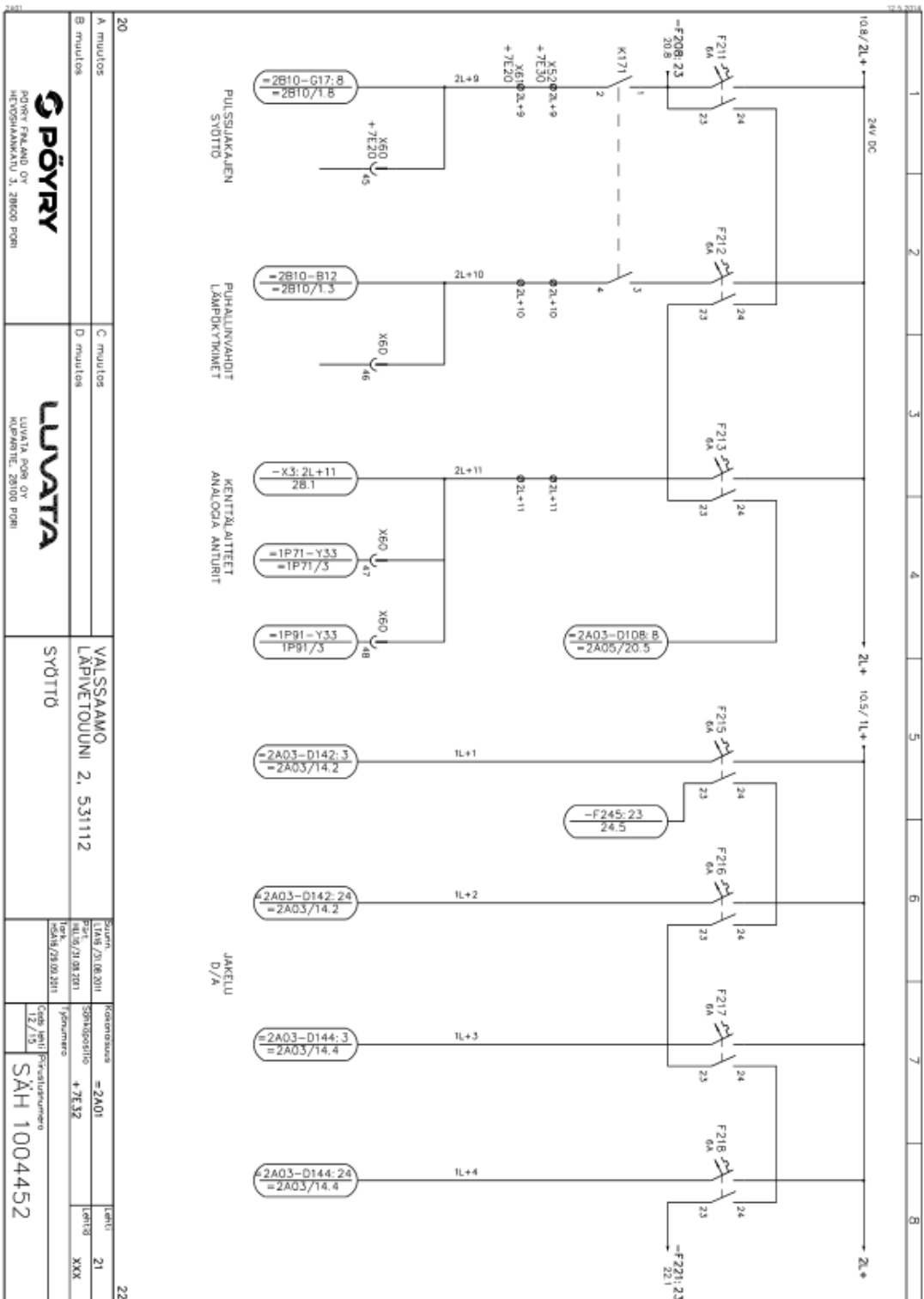


A muutos	C muutos	5
B muutos	D muutos	
 PÖYRY FINLAND OY HEVOSIAKKARU 3, 20600 PORI		 LUVATA PÖYRY OY KUPARITIE 28100 PORI
VALSSAAMO LAPIVETOUUNI 2, 531112		KIINNIKELAIN 1 REUNAHOJAUS
Pöytä- päivä- ja aikataulu- numero		Keskustelu- numero
Luvata / 28.09.2011		=IP71 +6E70
Code / 3		Pöytäluettelo- numero SAH 1004437

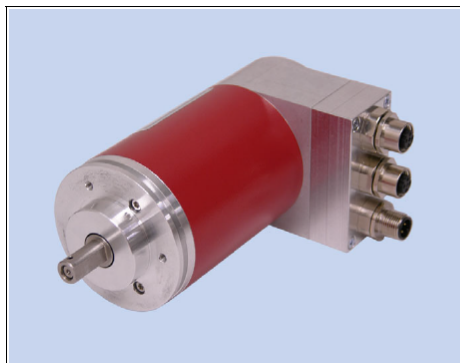
LIITE D



LIITE E



Absolute-Encoder CEV 65 S/M - PN



- PROFINET IO interface
- Type with solid shaft
- Modular product line
- Extensive parameter setting possibilities
- Special parameters upon request
- Further interfaces available
- Modular construction for mechanical customizations

Supply voltage.....	11... 27 VDC
Current consumption without load	< 350 mA
Total resolution ¹⁾	Multi-Turn: \leq 25 Bit, Single-Turn: \leq 12 Bit
Number of steps/revolution ¹⁾	\leq 4.096
Number of revolutions, standard ¹⁾	Multi-Turn: \leq 8.192, Single-Turn: 1
Number of revolutions, extended ¹⁾	Multi-Turn: \leq 256.000, Single-Turn: 1
Profinet IO – Device.....	IEC 61158, IEC 61784-1
- PROFINET specification.....	V2.2
- Conformance class.....	certified according to Conformance Class B
- Physical Layer	PROFINET 100Base-TX, Fast Ethernet, ISO/IEC 8802-3
- Output code.....	Binary
- Cycle time.....	\geq 1 ms (IRT / RT)
- Transmission rate	10 Mbit/s, 100 Mbit/s
- Transmission.....	CAT-5 cable, shielded (STP), ISO/IEC 11801
- Addressing ¹⁾	Per Name (name allocation about engineering tool). Assignment Name --> MAC during system boot
- Real-Time-Classes.....	RT Class 1, 2 Frames (RT), RT Class 3 Frames (IRT)
- Parameter ¹⁾	Switch-over count direction, Scaling function, Preset adjustment
Mechanically permissible speed.....	\leq 6.000 min ⁻¹
Shaft load, at the shaft end.....	\leq 40 N axial, \leq 60 N radial
Bearing life time	\geq 3.9 * 10 ¹⁰ revolutions at
- Speed	\leq 3.000 min ⁻¹
- Operating temperature	\leq 60 °C
- Shaft load, at the shaft end.....	\leq 20 N axial, \leq 30 N radial
Permissible angular acceleration.....	\leq 10 ⁴ rad/s ²
Moment of inertia.....	typically 2.5 * 10 ⁻⁶ kg m ²
Start-up torque at 20°C.....	typically 2 Ncm
Mass.....	typically 0.7 kg

¹⁾ programmable parameter

Rope length transmitter SL3002...SL3003



- Available with or without encoder
- Compact design
- Cable eye with ball joint (removable) compatible to previous model
- Backlash free encoder coupling
- Robust spring drive
- High life time approx. 1 mio. cycles
- Simple assembly encoder-cable retractor

Case design □ 80 mm
 Gear ratio 5 rev./m ± 0,06 mm/rev.
 Measuring cylinder material Aluminium anodized 3.3206.71 ALMgSi0.5F22
 String material Stainless steel 1.4401 X5 CrNiMo 18 10
 String bending radius R..... ≥ 16 mm
 Linearity deviation typ. ± 0,05
 Reproducibility..... 0,1 mm
 Life time.....typ. 1 Mio. cycles

Types	SL 3002	SL 3003			
Article no.	40720002	40720011			
Weight app. in kg	1,2	1,6			
Measuring length in m	2	3			
Leader length	0,05m	0,05m			
String diameter in mm	1,35	1,35			
Adjusting speed	2 m/s	2 m/s			
Spring tension start	7N	7N			
Spring tension end	14N	14N			
Bellows	yes	yes			
Position string see. Dimension drawing	right	right			

LIITE I

Nykyinen reunanohjauksen säätölaite



Asema-anturi, 0-10V



LIITE J

Vanha käytössä oleva valokenno reunan tunnistukseen



LIITE L



Number of electrical/optical connections / for network components or terminal equipment / maximum	8
Number of electrical connections	
for network components and terminal equipment	6
for Power-over-Ethernet / for network components or terminal equipment	2
for signaling contact	1
for power supply	1
for redundant power supply	1
Design of electrical connection	
for network components and terminal equipment	RJ45 port
for Power-over-Ethernet / for network components or terminal equipment	RJ45 port
for signaling contact	2-pole terminal block
for power supply	4-pole terminal block
Signal-Inputs/outputs	
Operating voltage / of signaling contacts / at DC / 24 V rated value	
Operating current / of signaling contacts / at DC / 0.1 A maximum	
Supply voltage, current consumption, power loss	
Type of voltage / of supply voltage	DC
Supply voltage / external	24 V
minimum	18 V
maximum	32 V
Product component / fusing at power supply input	Yes
Type of fusing / at input for supply voltage	4 A / 125 V
Consumed current / maximum	1.7 A
Active power loss / at 24 V / for DC	10 W
Permitted ambient conditions	
Ambient temperature	
during operating	-20...+60 °C
during storage	-40...+80 °C
during transport	-40...+80 °C
Ambient condition	
for (standard) operation mode	Conformal coating, no
Relative humidity	
at 25 °C / without condensation / during operating / 95 % maximum	
Protection class IP	IP30
Design, dimensions and weight	
Design	compact
Width	60 mm
Height	125 mm

Depth	124 mm
Net weight	0.9 kg
Type of mounting	
35 mm DIN rail mounting	Yes
wall mounting	Yes
S7-300 rail mounting	Yes
Standards, specifications, approvals	
Standard	
for EMC / from FM	FM3611: Class 1, Division 2, Group A, B, C, D / T.., Class 1, Zone 2, Group IIC, T..
for hazardous zone	EN 60079-0: 2006, EN60079-15: 2005, II 3 G Ex nA IIT.., KEMA 07 ATEX 0145 X
for safety / of CSA and UL	UL 60950-1, CSA C22.2 No. 60950-1
for hazardous area / of CSA and UL	UL 1604 and UL 2279-15 (Hazardous Location), Class 1 / Division 2 / Group A, B, C, D / T.., Class 1 / Zone 2 / Group IIC / T..
for emitted interference	EN 61000-6-4:2001
for interference immunity	EN 61000-6-2:2001
Verification of suitability	EN 61000-6-2:2001, EN 61000-6-4:2001
CE mark	Yes
C-Tick	Yes
KC approval	Yes
Railway application in accordance with EN 50155	Yes
Marine classification association	
American Bureau of Shipping Europe Ltd. (ABS)	No
Bureau Veritas (BV)	No
Det Norske Veritas (DNV)	No
Germanische Lloyd (GL)	No
Lloyds Register of Shipping (LRS)	No
Nippon Kaiji Kyokai (NK)	No
Polski Rejestr Statkow (PRS)	No
letzte Änderung:	Feb 20, 2014

LIITE M



Supply voltage	
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V; From power module
Reverse polarity protection	Yes
Input current	
from load voltage L+ (without load), max.	150 mA
Consumed current / from backplane bus / at 3,3 V / for DC / maximum	10 mA
Power losses	
Active power loss / maximum	2 W
Address area	
Address space per module	
Address space per module, max.	4 byte
Analog outputs	
Number of analog outputs	2
Current output, no-load voltage, max.	18 V
	1.5 ms
Output ranges, current	
-20 to +20 mA	Yes
4 to 20 mA	Yes
Connection of actuators	
for current output 2-conductor connection	Yes
for current output 4-conductor connection	No
Load impedance (in rated range of output)	
with current outputs, max.	500 Ω
with current outputs, inductive load, max.	1 mH
Destruction limits against externally applied voltages and currents	
Voltages at the outputs towards MANA	15 V; max. 15 V continuous; 75 V for max. 1 s (mark to space ratio 1:20)
Current, max.	50 mA; DC
Cable length	
Cable length, shielded, max.	200 m
Analog value creation	
Integrations and conversion time/ resolution per channel	
Resolution with overrange (bit including sign), max.	14 bit; 4 to 20 mA: 13 bits, +/-20 mA: 14 bits
Settling time	
for resistive load	0.1 ms
for capacitive load	0.5 ms
for inductive load	0.5 ms
Errors/accuracies	
	0.02 %
	0.02 %
Temperature error (relative to output area)	0,01 %/K
	0.05 %
Operational limit in overall temperature range	
	0.5 %
Basic error limit (operational limit at 25 °C)	

Interrupts/diagnostics/status information	0.3 %
Substitute values connectable	Yes; 0 to 65535 (range of values must be within the rated range)
Diagnostic messages	
Wire break	Yes
Group error	Yes
Diagnostics indication LED	
Group error SF (red)	Yes
Parameter	
Remark	7 bytes
Output type/range	deactivated / +/-20 mA / 4 to 20 mA
Diagnosis: wire break	Disable / enable
Group diagnostics	Disable / enable
Behavior on CPU/Master STOP	Output current and de-energized/substitute a value/keep last value
Ex(i) characteristics	
Max. values of output circuits (per channel)	
U ₀ (output no-load voltage), max.	18 V
Galvanic isolation	
Galvanic isolation analog outputs	
between the channels	No
between the channels and the backplane bus	Yes
between the channels and the load voltage L+	Yes
Dimensions	
Width	15 mm
Height	81 mm
Depth	52 mm
Weights	
Weight, approx.	40 g
Status	Feb 8, 2014