

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatiotekniikka

Tutkintotyö

Juha Mielonen

KONENÄKÖSOVELLUS PAPERIRULLIEN HYLSYJEN SIJAINNIN TUTKIMISESSA

Työn valvoja DI Mikko Numminen

Työn teettäjä Pesmel Oy, ohjaajana tekn. Marko Nousiainen

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Mielonen, Juha

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2007

Hakusanat

Konenäkösovellus paperirullien hylsyjen sijainnin tutkimisessa

40 sivua + 24 liitesivua

DI Mikko Numminen

Pesmel Oy, valvojana tekn. Marko Nousiainen

konenäkö, automaatio

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena on luoda paperitehtaan rullien käsittelylinjastoon mittalaitteisto, joka pitää huolen siitä, ettei pituusleikkurin kiinnirullauksen jälkeen tulevia virheellisiä paperirullia ohjata käärintäkoneille. Tämä mahdollistaa sen, että asiakkaalle voidaan toimittaa ainoastaan virheettömiä paperirullia. Virheelliset rullat voivat myös aiheuttaa vaurioita eräille rullien käsittelylinjan lamellikuljettimista. Tässä tapauksessa virheelliset paperirullat ovat kiinnittyneet toisiinsa tai niiden keskiputki eli hylsy on työntynyt päädystä ulos yli 6 mm. Työ on toteutettu käyttämällä Omronin konenäkösovellusta rullien päätyjen tarkkailussa. Paperirullia kuljettavassa lamelliradassa on pieni kulma, joka ”avaa” rullia toisistaan. Tästä raosta konenäkösovellus tarkastaa hylsyjen tilan. Optiset anturit tarkastavat sen, ovatko hylsyt irti toisistaan vai eivät. Näistä laitteista lähtee mittatieto ohjelmoitavalle logiikalle, joka ohjaa rullia jatkokäsittelyyn sen mukaan, mitä tietoa sille on välittynyt. Sovelluksen lopulliset testaukset suoritettiin Virossa osana paperirullien pakkauslinjan käyttöönottotestejä. Testit onnistuivat konenäön osalta erinomaisesti ja näin ollen konenäköä voidaan pitää toimivana ratkaisuna paperirullien laadun valvonnassa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Mielonen, Juha

Engineering Thesis

Thesis supervisor

Commissioning company

May 2007

Keywords

A machine vision application for position measurement of paper coil cores

40 pages, 24 appendices

Mikko Numminen (MSc)

Oy Pesmel AB. Supervisor: Marko Nousiainen (Technician)

machine vision, automation

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to create a measuring application to a paper coil handling line of a paper factory. The application ensures that no defective paper coils from a paper cutter will pass to wrapping machines. That makes it possible for customers to receive flawless paper coils. Defective paper coils can also cause damage to some conveyer lines in a coil handling area. In this case defective coils are attached to each other (for one reason or another) or their center core has come out more than 6 mm from the surface of a coil. In this thesis Omron machine vision application is used to monitor and judge if the coils are flawless or defective. In a paper factory paper coils are moved around with conveyer lines. There is small angle in a certain part of the conveyer that “opens” the paper coils from each other. From this gap optical sensors and machine vision sensor check the conditions of coils. Signals from these devices are programmed to go out to PLC (a programmable logic control) that guides the coils rest of the way. The final tests to the application were done in Estonia as a part of implementation tests of a paper coil wrapping line. The tests were successful regarding machine vision and therefore it can be considered as a functional solution to quality control of paper coils.

ALKUSANAT

Sovellus, jossa käytetään konenäköjärjestelmää, kuulosti heti alusta lähtien mielenkiintoiselta. Sitä se myös oli koko työn ajan. Laitteiston toimintaan perehtyminen ja käytön opettelu alkoi puhtaalta pöydältä. Aiempaa kokemusta tämän kaltaisista järjestelmistä ei juuri ollut. Työ eteni omalla painollaan erittäin vähäisien vastoinkäymisien kautta ja päättyi onnistuneisiin käyttöönottesteihin Sauessa, Virossa Pesmelin tehdashallin testitiloissa.

Konenäköjärjestelmiä voidaan käyttää useisiin teollisuuden eri sovelluksiin, mutta tässä työssä tehty sovellus tulee toimimaan ainoastaan sille suunnitellussa tehtävässä eli tutkimassa paperirullien hylsyjen sijaintia.

Kiitokset työn valvojalle opettajalleni Mikko Nummiselle ja Pesmel Oy:n Marko Nousiaiselle ja Ari-Pekka Aaltoselle.

Tampereella 22.5.2007

Juha Mielonen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Työn kuvaus	6
1.2 Ongelman taustoja - rullaukset ja pituusleikkuri	7
1.3 Työn tavoitteet	9
1.4 Pesimal Oy	9
1.5 International Paper.....	10
2 LAITTEISTO.....	11
2.1 Konenäköteknologia ja toimintaperiaate.....	11
2.1.1 Konenäkö yleisesti	11
2.1.2 Valo	11
2.1.3 Sädeoptiikka	12
2.1.4 Konenäkö käytännössä.....	13
2.2 Omron F160 -konenäköjärjestelmä.....	14
2.2.1 Ominaisuudet ja suoritusarvot.....	14
2.2.2 Virtalähde.....	16
2.2.3 Kamera ja objektiivi.....	17
2.2.4 Laserosoitin ja taustan valaistus	19
2.2.5 Ohjelmisto.....	19
2.3 Ohjelmoitava logiikka.....	21
2.3.1 Yleistä /4/	21
2.3.2 Allen-Bradley /8/.....	21
3 TOTEUTUS.....	23
3.1 Rullien erottelun tutkiminen ja konenäön kuvanotto (triggaus)	23
3.1.1 Laservalokenno.....	23
3.2 Kytännät.....	24
3.3 Laitteiston sijoitus	26
3.4 Omron F160:n asetukset ja ohjelmointi hylsyn mittaukseen	27
3.5 Mekaaninen toteutus.....	28
4 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT	31
4.1 Testaus.....	31

4.1.1	Testaukset toimistotiloissa	31
4.1.2	Testaukset Saussa, Virossa.....	32
4.2	Oman työn arviointi	35
4.3	Päätelmät	36
5	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	40

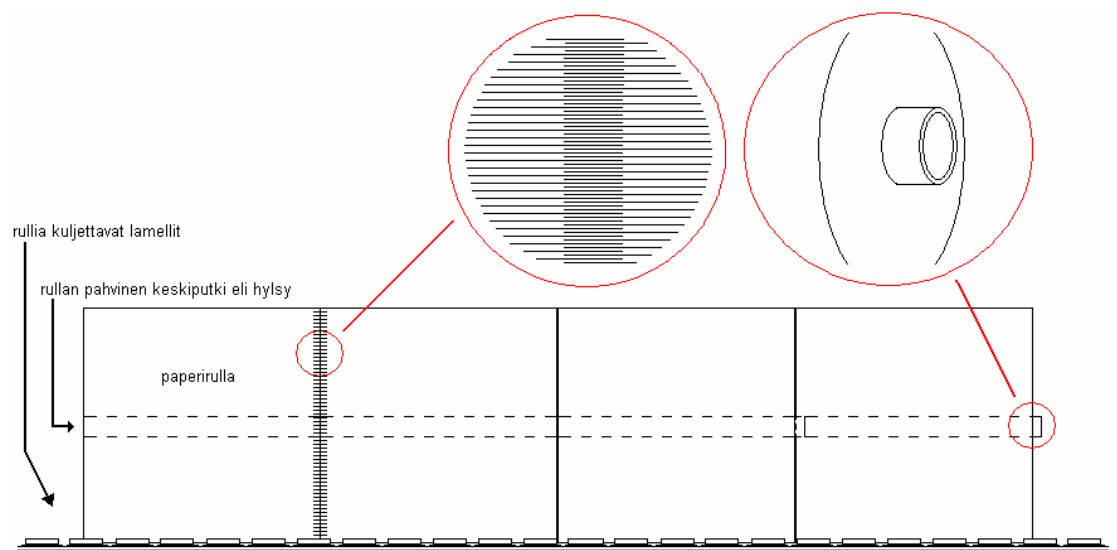
1 JOHDANTO

1.1 Työn kuvaus

Tutkintotyön tarkoituksena on luoda paperirullien pakkauslinjan (liite 6) alkupäähän tarkastusasema, joka ottaa selvää paperirullan keskikutken eli hylsyn asemasta rullassa. Hylsyn tulisi olla kokonaan rullan sisällä, mutta se saa tulla ulos enintään 6 mm. Paperirullat, joiden hylsy on tullut ulos yli tämän mitan, hylätään. Yli 6 mm ulkona olevat hylsytyt voivat vahingoittaa muita rullien käsittelylinjassa olevia kuljettimia ja laitteita. Ennen hylsyn sijainnin mittausta järjestelmä selvittää onko pituusleikkurista tulleet paperirullat irti toisistaan. On mahdollista, että leikkauksen jälkeen kiinnirullausvaiheessa vierekkäiset rullat kiinnittyvät toisiinsa paperin reunojen mennessä limittäin vierekkäisten rullien sisään. Toisiinsa kiinnittyneitä paperirullia ei käsitellä edelleen muiden rullien tavoin, vaan ne hylätään. Paperirullat koskettavat kuljettimella toisiaan. Niiden erottelun tarkkailukohdassa lamelliradassa on 182,5 asteen kulma, joka luo rullien väliin 2,5 asteen raon (kuva 1), josta onnistunut erottelu voidaan havaita. Tästä samasta raosta mitataan myös hylsyn sijainti. Kuva 2 havainnollistaa mahdollisia ongelmatilanteita.



Kuva 1 Paperirullien väliin muodostunut 2,5 asteen rako.



Kuva 2 Kuvaus työn ongelmasta. Limittäin menneet paperirullat ja ulostyöntynyt hylsy.

Hylätyt paperirullat ohjataan giljotiiniin, mikä pilkkoo vialliset rullat. Tämän jälkeen ne kuljetetaan pulpperiin, paperikoneen märkään päähän. Siellä pilkotut rullat menevät uudelleen rainan valmistukseen.

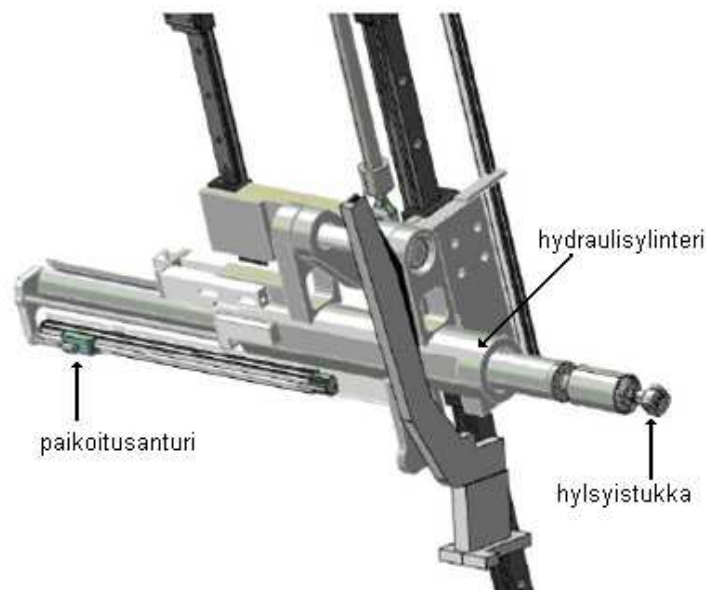
1.2 Ongelman taustoja - rullaukset ja pituusleikkuri

Rullauksen tarkoitus on muuttaa raina tai paperi entistä helpommin käsiteltäväksi. Tässä vaiheessa raina on jo saanut paperin tasomaisen muodon. Auki- ja kiinnirullauksia voidaan tehdä useita kertoja jälkikäsittelyjen lukumäärän mukaan. Paperikoneesta tullessaan paperiraina on täysilevyinen (kuva 3) ja voi olla jopa 90 km pitkä. Raina on tämän lisäksi rullattu konerullaksi tampuuriraudan ympärille.



Kuva 3 Paperikoneen rullain ja konerulla /11/

Pituusleikkurin tehtävä on leikata paperi asiakkaalle sopivaan pituuteen ja leveyteen. Leikattu paperi rullataan pituusleikkurin kiinnirullaimella oman hylsyn ympärille. Tässä vaiheessa hylsytyt ovat vierekkäin kantotelojen muodostamassa nipissä. Ne on puristettu vastakkain hylsylvukkojen hydraulisyntereillä. Hylsylvukko on havainnollistettu kuvassa 4. Hylsylvukko painuu hylsyn sisään ja pitää sen kiinni hylsylvukossa. Jos hylsylvukkojen paine on säädetty väärin tai niiden hydraulisyntereissä on vuotoja, hylsytyt voivat päästä liikkumaan pituussuunnassa. Sen vuoksi vierekkäisten rullien paperit voivat mennä limittäin keskenään, jolloin rullat voivat kiinnittyä toisiinsa hylsylvukkojen pintaan asti.



Kuva 4 Pituusleikkurin hydraulisyntereillä toimiva hylsylvukko. /3/

Rullat voivat kiinnittyä toisiinsa, vaikka hydraulisylinteri toimisikin oikein. Tällöin hylsy on paikoitettu väärin, mikä tarkoittaa sitä, että ne ovat eri linjassa leikkurin terien suhteen. Syynä tähän voi olla vika paikoitusanturissa tai ajomies on paikoittanut hylsylukot väärin ajaessaan leikkuria käsiajolla. Hylsyjen pituuteen vaikuttavat myös niiden kosteusvaihtelut ja varastointiolosuhteet. Väärän mittaiset hylsyt paikoittuvat helposti väärin pituusleikkurin terien kanssa. Hylsyt voivat kiinnittyä toisiinsa, vaikka niiden paikoitus ja asettelu olisikin tehty oikein. On mahdollista, että rata pääsee liikkumaan sivusuunnassa. Tämä voi johtua huonosta rataprofiilista, liian pienestä ratakireydestä tai radan kulkuun vaikuttavien telojen huonosta asemoinnista. /10/

1.3 Työn tavoitteet

Työ toteutetaan konenäkösovelluksella. Aluksi tutustutaan Omronin valmistamaan F160-konenäkölaitteistoon. Pääpaino työssä on paperirullien hylsyjen sijainnin selvittämisessä sen monimutkaisuuden vuoksi. Rullien onnistuneen erottelun selvittäminen on sen sijaan yksinkertaisempi ongelma. Konenäkölaitteistoon luodaan työn vaatima ohjelma ja parametointi. Laitteistosta tehdään myös liitännät sisäänmenoineen ja ulostuloineen työn tilaajan vaatimaan Allen Bradleyn ohjelmoitavaan logiikkaan. Ohjelmoitava logiikka ohjaa koko pakkauslinjaa ja sen suunnittelu ei sisälly tähän työhön. Testausvaiheessa konenäkölaitteen sovittaminen muuhun laitteistoon vaativine hienosäätöineen tulee olemaan työn lopullinen vaihe ennen dokumentoinnin viimeistelyä.

1.4 Pesmel Oy

Tutkintotyönantajana toimii Pesmel Oy. Se valmistaa automaattisia materiaalinkäsittelyjärjestelmiä kappaletavara-, metalli- ja paperiteollisuuteen. Yrityksen toiminta-ajatus on suunnitella ja tuottaa kilpailukykyisiä järjestelmiä, jotka lisäävät asiakkaiden kustannussäästöjä. Tällaisia järjestelmiä ovat mm.

kappaleiden siirtoon, lastaamiseen ja pakkaamiseen tarvittavat järjestelmät. Yritys on perustettu vuonna 1978 Kauhajoelle ja se työllistää tällä hetkellä noin 200 henkeä. Pesimalilla on myös maailmanlaajuinen tytäryhtiö- ja agenttiverkosto. Tämän työn konenäkösovellus on osa Pesimalin suunnittelemaa paperirullien pakkauslinjaa, johon kuuluu kaksi paperirullien käärintäkonetta. /13, 14/

1.5 International Paper

International Paper on yhdysvaltalainen paperialan yritys, joka on tilannut Pesimal Oy:ltä pakkauslinjan ja siihen kuuluvan tutkintotyön mittalaitteiston. Paikkauslinja toimitetaan Pohjois-Carolinaan yhdelle International Paperin paperitehtaista. Yritys valmistaa kirjoitus- ja tulostinpaperia ja erilaisia paketoituituotteita lääke-, tupakka-, kosmetiikka- sekä multimedia- ja elektroniikkateollisuuden käyttöön. International Paper tuottaa näiden lisäksi puutavaraa talonrakennusyhtiöille ja huonekaluteollisuuteen. Yritys on maailmanlaajuinen ja kattaa Lähi-idän, Euroopan, Aasian sekä Etelä- ja Pohjois-Amerikan alueet. /2/

2 LAITTEISTO

2.1 Konenäköteknologia ja toimintaperiaate

2.1.1 Konenäkö yleisesti

Konenäköä pidetään turvallisena, luotettavana ja ajan myötä edullisena ratkaisuna, kun tehdään laaduntarkkailumittauksia liukuhihnatuotannossa. Tämä sovellustapa nopeuttaa prosessia ja poistaa sen mahdolliset pullonkaulat eli yksittäiset hidastumat, jotka hidastavat koko prosessia. Yleisimpiä teollisuuden sovelluksia ovat erilaiset kappaleiden rakenteellisten vikojen havainnoinnit, kappalemäärien laskennat ja sarjanumeroiden luvut. Konenäköjärjestelmä suorittaa siis tarkasti ennalta ohjelmoituja tehtäviä. Konenäköjärjestelmäksi kutsutaan järjestelmää, jossa tietokonenäköä sovelletaan teollisuuden tarkoituksiin. Yksinkertaiseen järjestelmään kuuluu kamera, tietokone ja siinä toimiva kuvankäsittelyohjelma. Se tulkitsee automaattisesti kameralta tulevaa kuvaa ja lähettää sen mukaan signaaleja ohjelmoitavalle logiikalle tai toiselle toimilaitteelle sovelluksen mukaan. /9/

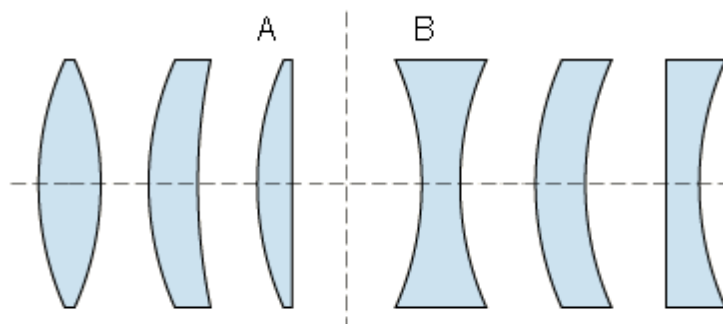
2.1.2 Valo

Konenäköjärjestelmän toiminta perustuu valon eri aallonpituuksien havaitsemiseen. Jokainen aallonpituus näkyy erilaisena värinä. Ihmisen näkemä valon aallonpituusalue on noin 400 – 780 nm (sininen, vihreä, keltainen, punainen). Erilaiset materiaalit ja kappaleet absorboivat itseensä erilaisia aallonpituusalueita ja heijastavat loput pois. Näin muodostuvat niiden värit. Aine, joka absorboi punaisen ja keltaisen värin aallonpituuden säteilyä, mutta heijastaa sinisen aallonpituuden säteilyä, havaitaan sinisenä. Valkeassa valossa on taas kaikkia aallonpituuksia. Noin 200 – 400 nm:n aallonpituusalueutta kutsutaan ultravioletti-alueeksi (UV-alue), jota ihmisen silmä ei pysty enää näkemään. Myöskään infrapuna-alueutta (IP-alue), joka on yli 780 nm, ei ihmisen silmällä voi havaita. Konenäköjärjestelmät

mahdollistavat sen, että näitä ihmiselle näkymättömiä valon aallonpituusalueita voidaan vielä havaita. Oikean valaistuksen valinta on yksi onnistuneen konenäkösovelluksen kulmakivistä. /1/

2.1.3 Sädeoptiikka

Optiikka tarkastelee valon käyttäytymistä, sen ominaisuuksia sekä valon ja aineen keskinäistä vuorovaikutusta. Kun kyse on sädeoptiikasta, puhutaan silloin valon etenemisestä säteenä eikä valon aaltomaisuutta oteta huomioon. Valonsäde taipuu kahden aineen välisessä rajapinnassa aineille ominaisten taitekertoimien mukaan (Snellin laki). Myös linssit taittavat valoa. Linssin pinnanmuoto määrää sen, hajottaako vai keskittääkö se valonsäteitä. Tästä johtuu linssien kuvaa suurentava tai pienentävä vaikutus. Yleisimmät linssimallit (kuva 5) ovat kupera (A) ja kovera (B) linssi. /1/

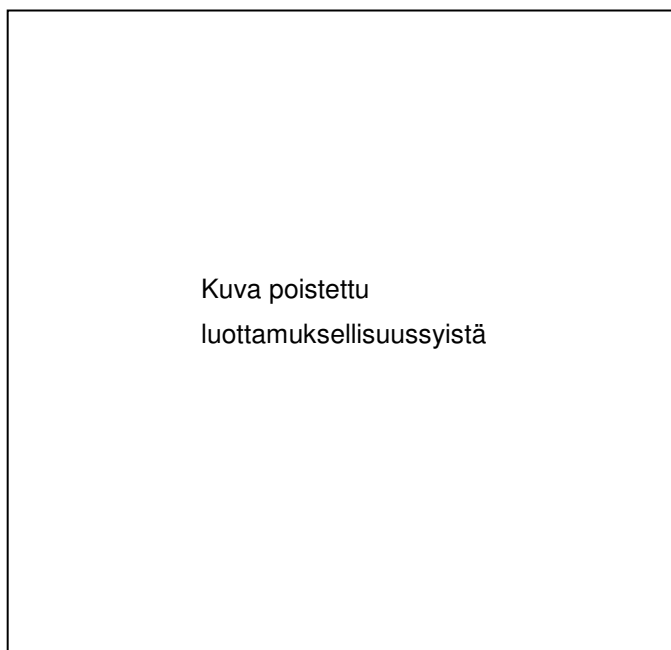
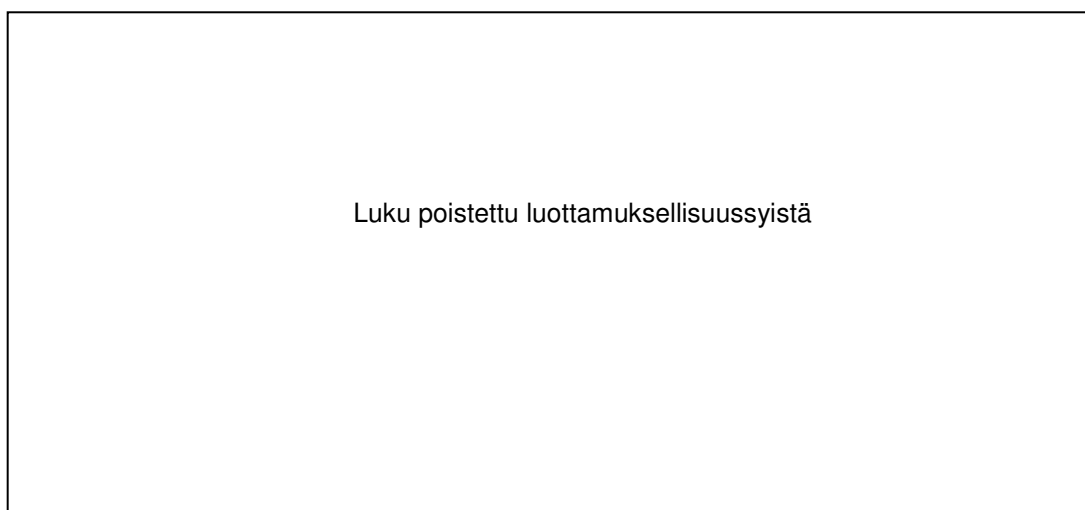


Kuva 5 Erilaisia linsejä.

Objektiivili eli linssijärjestelmä muodostaa optisen kuvan kohteesta, johon se on osoitettu. Objektiivili muodostuvat kahdesta tai useammasta kuvan 5 kaltaisesta linssistä. Linssien valintaan vaikuttaa se, millaiseen tarkoitukseen objektiivili on suunniteltu. Objektiivilien valintaan taas vaikuttaa se, millaisissa olosuhteissa kohdetta tarkastellaan ja kuinka kaukaa. Polttoväli ja aukon koko ovat olennaisia objektiivilien ominaisuuksia. Ne onkin ilmoitettu kunkin objektiivilin kyljessä. Polttovälillä tarkoitetaan etäisyyttä (esim. 35 mm) linssistä kuvatasoon, jossa kuva on tarkimmillaan, kun tarkasteltava kohde on äärettömän kaukana. Aukon koko on polttovälin ja linssin halkaisijan osamäärä (esim. 1:1,6). Tämä tarkoittaa

käytännössä sitä, kuinka paljon objektiivi kykenee päästämään valoa kuvatasoon. Pieniaukkoiset objektiivit saattavatkin tarvita lisävaloa huonosti valaistuissa, hämärissä tiloissa. Kun objektiivi on tarkennettu kohteeseen, näkyvät myös kohteen etu- ja taka-alue tarkennettuina syvyys suunnassa. Tätä tarkennettua aluetta kutsutaan nimellä terävyysalue (depth of field, DOF).

2.1.4 Konenäkö käytännössä



Kuva 6 Poistettu luottamuksellisuussyistä.

2.2 Omron F160 -konenäköjärjestelmä

Omron F160 (High Speed Vision Sensor) on suunniteltu vaativiin ja erittäin nopeisiin konenäkösovellustehtäviin. Järjestelmä on ns. ”Stand alone”-järjestelmä, johon ei tarvitse liittää erillistä PC:tä. Yksinkertaisimmillaan järjestelmään kuuluu ohjauslaite, kamera, käyttäjälle tarkoitettu käsiohjain sekä näyttöpäätte parametointia varten. Itse prosessissa näyttö ei ole kuitenkaan välttämätön. Yleensä laitteistoon lisätään myös kuvattavaan kohteeseen osoittavia valaisimia, objektiiveja ja suotimia kameraan sekä valokennoja tai muita mitta-antureita kuvan triggauksia varten. Olennaisessa osassa on myös ohjelmoitava logiikka, johon voidaan viedä tietoa kuvatusta kohteesta. Ohjelmoitava logiikka voi myös sovelluksen mukaan ohjata konenäköjärjestelmää. Seuraavissa kappaleissa esitellään asioita ja lisälaitteita, jotka ovat olleet tämän työn kannalta olennaisia.

2.2.1 Ominaisuudet ja suoritusarvot

Omron F160:ssä on liitännät kahdelle kameralle, mikä mahdollistaa kahden yhtäaikaisen kuvauksen ja tiedonkäsittelyn. Tiedonkäsittelyajaksi eli luenta-ajaksi tehdas lupaa jopa 8 ms yhtä mittausaluetta kohti. F160:ssä on muistikorttipaikka Compact Flash -muistille, joka antaa tarvittaessa lisää muistikapasiteettia erilaisille tuoteohjelmille. Laitteessa on kuitenkin sisäinen pysyvä muisti, joka riittää 32 tuoteohjelmalle. Kameroiden kanssa on mahdollista käyttää ns. älyvaloa, joka on Omronin suunnittelema lisävaruste vaativiin sovelluksiin, joissa oikeanlainen valo on olennainen osa toimivaa prosessia. I/O-liitännät voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: I/O-terminaalilla tai rinnakkaisportilla (I/O Connector). Näistä kahdesta tavasta ainoastaan toinen voi olla kerrallaan käytössä. Näiden kahden lisäksi F160 voidaan liittää ohjelmoitavaan logiikkaan tai tietokoneeseen myös sarjaportin kautta. /5/

2.2.1.1 I/O-terminaali

Kuvassa 7 F160:n etupaneelissa vasemmalla ylänurkassa ovat vihreät liittimet, jotka ovat ns. I/O-terminaali. I/O-terminaalista saadaan ulostuloina ennalta määrättyjä signaaleja kuusi kappaletta. Noista kuudesta ulostulosta kaksi ilmoittaa mittauksen tuloksen (OK / NG) ja muut toimivat lähinnä laitteen tilan indikaattoreina (RUN, BUSY, ERROR, GATE). Sisäänmenoja on ainoastaan kaksi, joista ensimmäinen (STEP) triggaa eli ottaa kuvan ja toinen (RESET) käynnistää laitteen uudelleen. /5/



Kuva 7 Omron F160 Controllerin (ohjauslaite) etupaneeli.

2.2.1.2 I/O-connector

I/O-connector eli rinnakkaisliitäntä vaatii toimiakseen rinnakkain kytketyn I/O-kaapelin. Liitäntäkohta ohjauslaitteeseen näkyy kuvassa 7 vasemmassa laidassa mustalla muovilistalla suojattuna. Tämä vaihtoehto on I/O-terminaalia

huomattavasti monipuolisempi ja mahdollistaa 10 sisäänmenoa ja 16 ulostuloa, jotka käyttäjä voi itse määrittellä haluamallaan tavalla. Näiden lisäksi liitännässä ovat samat laitteen toiminnan tilaa ilmaisevat signaaliulostulot ja myös ohjaus kahdelle Omronin omalle ”älyvalolle”. Tässä työssä käytetään tätä liitintää. /5/

2.2.1.3 Sarjaporttiliitäntä

Sarjaporttiliitäntä näkyy kuvassa 7 suoraan muistikorttipaikan alapuolella oikeassa reunassa. Sarjaportin kautta voidaan F160:stä siirtää suoraa mittaustietoa ohjelmoitavalle logiikalle, PC:lle tms. Tätä työtä ajatellen hylsyn pituus voitaisiin siirtää suoraan ohjelmoitavalle logiikalle, joka tulkitsisi sen pituuden omien asetusarvojen mukaan. Hyötynä tässä on se, että itse konenäkölaitteen parametreja ei tarvitse muuttaa, jos haluttaisiin nostaa hylkäysrajaa 6 mm:stä vaikkapa 10 mm:iin. Kaikki muutokset voisi tehdä ohjelmoitavan logiikan ohjelmaan.

2.2.2 Virtalähde

Omron F160:n datalehdissä ilmoitetaan laitteen toimivan tasajännitteen alueella 20,4 - 26,4 V. Kuvan 8 Omron S8VM -virtalähde saa verkosta 230 V_{AC}, jonka se muuttaa 24 V:n tasajännitteeksi. Virtalähteen etupaneelissa on vielä hienosäätöön tarkoitettu ruuvi, millä ulostulojännitettä saadaan säädettyä.



Kuva 8 Omron S8VM -virtalähde.

2.2.3 Kamera ja objektiivi

Konenäkölaitteiston kamerana käytetään Omronin F150-S1A-kameraa, johon on valittu Pentaxin 35 mm:n objektiivi. Kameran resoluutio on 659 x 494 pikseliä. Laitteet ovat kuvassa 9.

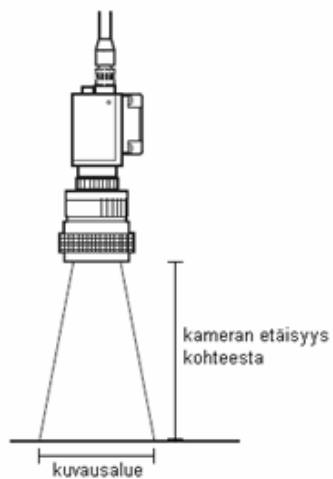


Kuva 9 Omronin F150-S1A-kamera Pentaxin 35 mm:n objektiivilla.

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

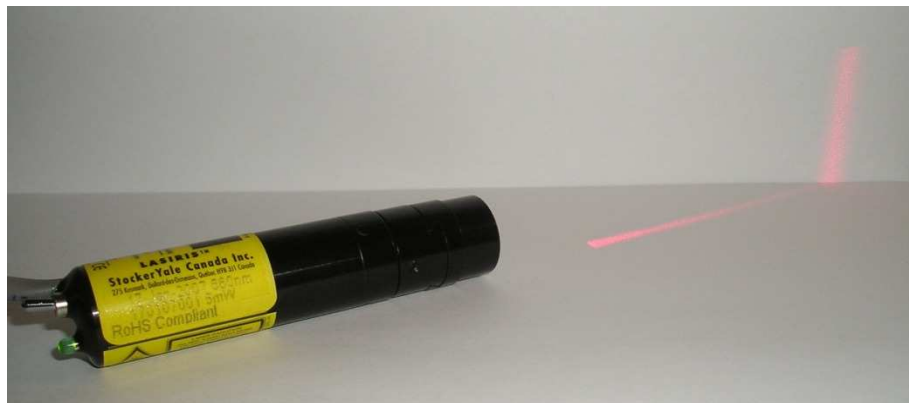
Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä



Kuva 10 Objektiivin valintaan vaikuttavia etäisyyksiä.

2.2.4 Laserosoitin ja taustan valaistus

Työssä käytetään StockerYalen Lasiris -laserosoitinta. Tavallisesta laserosoittimesta poiketen työssä käytetyllä laserosoittimen säteellä on tasomainen muoto. Tämä mahdollistaa sen, että sama lasersäde osuu yhtä aikaa kahden paperirullan päätyihin ja hylsyihin (kuva 6). Lasiris-laserosoitin toimii 660 nm:n aallonpituudella ja on teholtaan 5 mW.



Kuva 11 StockerYalen Lasiris -laser-osoitin.

Tehdashalli, johon mittalaitteisto tulee, on valaistu kattoon sijoitetuilla valoilla, jotka eivät aiheuta loisteputkivalojen kaltaista häiriötä konenäkölaitteistoon. Loisteputkien aiheuttama häiriö ilmenee konenäkölaitteiston näytöllä kirkkauden vaihteluna vakioitaajuudella. Tämä aiheuttaa mittaustulosten vääristymistä. Luonnonvaloa konenäkölaitteiston toiminta-alueelle ei pääse.

2.2.5 Ohjelmisto

Omron F160:llä on oma käyttöliittymänsä, joten erillistä tietokonetta tai ohjelmistoa ei tarvita. Käyttäjä ohjaa ja asettaa asetusarvot ja parametrit kuvan 12 käsiohjaimella.



Kuva 12 Omron F150-KP -käsiohjain

Säätö- ja testausvaiheessa käyttäjä tarvitsee myös näyttöpäätteen, jota ei kuitenkaan itse prosessissa enää tarvita, ellei haluta tarkkailla laitteiston toimintaa. Itse käyttöliittymä on johdonmukainen ja sitä on helppo käsitellä, vaikka erilaisia toimintoja ja mittaustapoja on paljon. Sen toiminta perustuu erilaisiin valikkoihin, joiden alla on vielä useita alavalikoita. Heti laitteen käynnistysvaiheessa pyydetään valitsemaan käytettävä päävalikko. Päävalikkoja on kaksi erilaista: Conversational Menu ja Expert Menu. Conversational-valikossa on seitsemän yksinkertaista mittausvaihtoehtoa. Ne soveltuvat lähinnä kappaleen paikallistamiseen, oikean asennon, pituuden tai leveyden ja valmistusvirheiden tarkastukseen. Kappaleen mahdollisten reikien oikean sijainnin paikantaminen onnistuu myös tämän valikon työkaluilla. Expert-valikko on taas nimensä mukaisesti tarkoitettu vaativimpiin mittauksiin, kuten esimerkiksi kirjaimien tai merkkien tunnistukseen sekä heikosti havaittavien kappaleiden erotteluun. Siinä erilaisia mittausvaihtoehtoja on 17 kappaletta. Myös erilaisten matemaattisten yhtälöiden muodostaminen mitatuista arvoista on mahdollista tässä valikossa. Näiden lisäksi kuvan säätö on mahdollista erilaisten suotimien ja harmaasävytasojen säädön ansiosta. Tässä työssä käytetään Expert-valikon toimintoja. Molempien päävalikoiden valikkopolut ovat liitteessä 1. Valikoiden selaaminen ja parametrien asettaminen onnistuu helposti käsiohjaimen nuolinäppäimillä. Valinnat eteen- ja taaksepäin valikkopoluilla tapahtuvat ENT- ja ESC-näppäimillä (Enter ja Escape).

2.3 Ohjelmitava logiikka

2.3.1 Yleistä /4/

Melkein kaikilla tuotantoalueilla tarvitaan koneiden, laitteiden ja prosessien ohjaukseen ohjauslaitteita. Ennen transistorin keksimistä ohjauslaitteina käytettiin pääosin reletekniikkaa. Transistori- ja mikroprosessoritekniikan kehittyessä alettiin niitä soveltaa PLC-laitteissa (PLC, Programmable Logic Controller). Mikroprosessorien kehityksen myötä ovat myös PLC-laitteiden ominaisuudet ja suorituskyky kasvaneet.

Ohjelmitavat logiikat ovat syrjäyttäneet nykytekniikassa miltei kokonaan releohjauksen. Nykyään jo pienetkin ohjaukset (2 - 3 relettä) kannattaa toteuttaa PLC-laitteella tai ohjelmitavalla releellä. Ohjelmitavina releinä pidetään sellaisia PLC-laitteita, joiden lähdöt ovat vain binäärilähtöjä ja joilla ei ole matemaattisia toimintoja. Muuten ohjelmointi tapahtuu samantapaisilla ohjelmointiohjelmilla kuin ohjelmitavat logiikat.

Maailman logiikkamarkkinoita hallitsevat monikansalliset yritykset, joista merkittävimpiä ovat Siemens, Mitsubishi, Omron, Allen-Bradley ja GE Fanuc.

2.3.2 Allen-Bradley /8/

Allen-Bradleyn ohjelmitava logiikka on amerikkalaisen yhtiön nimeltä Rockwell Automationin valmistama. Allen-Bradley on yksi suurimmasta maailmanlaajuisesti käytettävistä ohjelmitavista logiikoista. Projektissa, johon tämän työn konenäkösovellus tehdään, käytetään Allen-Bradleyn RSLogix 5000 -ohjelmistoa ja ohjelmitava logiikka on mallia Logix5561 (kuva 13).



Kuva 13 Allen-Bradley Logix5561™.

3 TOTEUTUS

3.1 Rullien erottelun tutkiminen ja konenäön kuvanotto (triggaus)

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

3.1.1 Laservalokenno

Työssä käytetty laservalokenno on Omron E3C-LDA -sarjaa (kuva 14). Siinä on erillinen vahvistin tarkkaa paikoittamista ja tunnistamista varten.

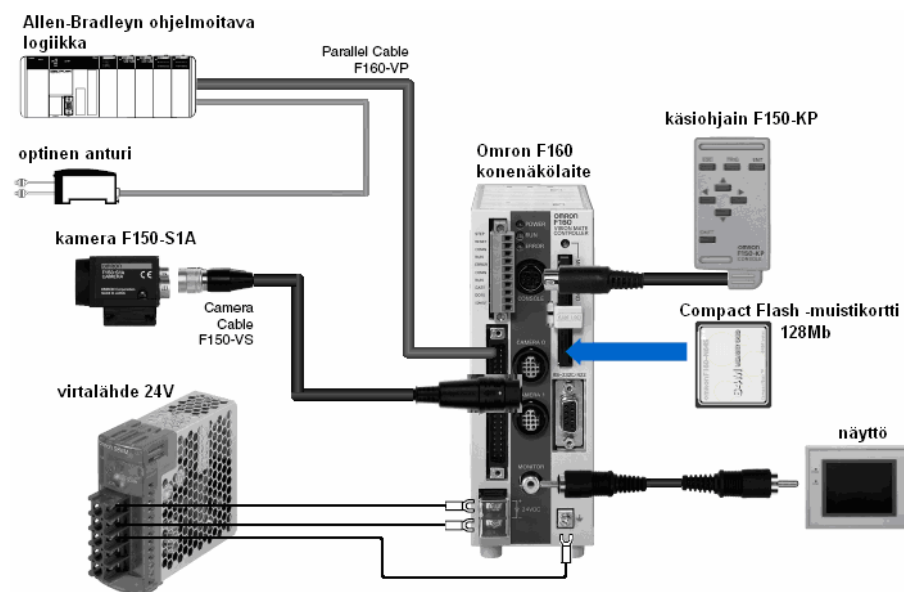


Kuva 14 Omron E3C -laservalokenno vasemmalla ja sen vahvistin oikealla. /12/

Tämän lisäksi valokennossa on myös aktiivinen kynnysohjaus (ATC-toiminto), joka säätelee kynnyksarvon automaattisesti tuloarvon perusteella. Tämä on käytännöllinen tiloissa, joissa pölyä voi keräytyä laservalokennon linssiin ja näin tunnistustulokset voi vääristyä. Mikäli tuloarvo muuttuu pölyn tai muun häiriön takia, voidaan kynnyksarvoa muuttamalla säilyttää vakaat tunnistusolosuhteet. /15/

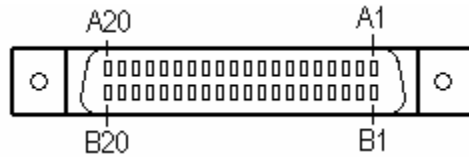
3.2 Kytkenät

Kuvassa 15 on havainnollistettu konenäkölaitteiston peruskytkennät. Sovellus toteutetaan käyttämällä I/O-rinnakkaisliitäntää (I/O connector).



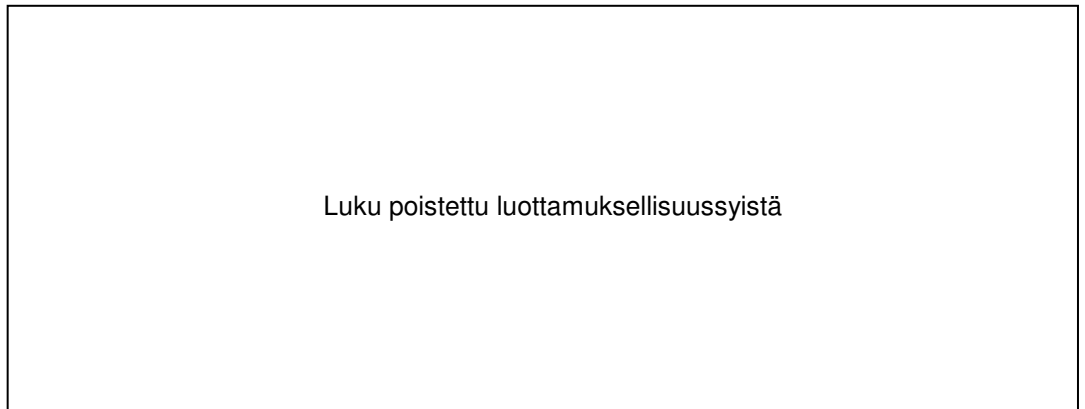
Kuva 15 Konenäkölaitteen kytkennät.

I/O-rinnakkaisliitännän liitin näyttää kuvan 16 kaltaiselta. Olennaista kuvassa on nastojen sijainnit, osoitteet ja niiden tehtävät sisäänmenoissa ja ulostuloissa.



Kuva 16 I/O-rinnakkaisliitin ja sen liittinumero. /5/

Liitteessä 3 on selitetty jokaisen I/O-rinnakkaisliittimen nastan ennalta määrätty tehtävä. DI-nastat ovat ohjausta varten (sisäänmenot) ja DO-nastoilta tulee ulospäin käyttäjän määrittelemät signaalit mittaustuloksista (ulostulot). Ulostulonastoista DO0 ja DO1 tulee ohjelmoitavalle logiikalle tieto hylsyjen pituudesta (onko hylsyt yli vai alle 6 mm). DO0:sta tulee tieto vasemman puoleisesta ja DO1:sta tulee tieto oikean puoleisesta hylsystä.



Taulukko 2 Ohjelmointi-ikkunan vaihto. /7/

Command	Input command (DI)									
	execute	Command				Information				
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Switch scene	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0

Taulukon 2 esimerkissä vaihdetaan ohjelmointi-ikkuna 2Scn.2:een. Alla olevalla yhtälöllä selitetään, mistä ohjelmointi-ikkunan numero 2 tulee.

$$00010_{\text{BIN}} = 0^4 + 0^3 + 0^2 + 2^1 + 0^0 = 2_{\text{DEC}}$$

Command-bitit ohjaavat F160:n toteuttamaan oikean käskyn ja execute-bitti lähettää tiedon F160:lle. Onnistunut ohjelmointi-ikkunan vaihto vaatii, että bitti 9 käynnistetään vähintään 1 ms:n viiveellä muihin bitteihin nähden.

3.3 Laitteiston sijoitus

F160-konenäkölaitteisto oli aluksi tarkoitus sijoittaa sille valmistettuun omaan Rittalin kaappiin. Tämä kuitenkin osoittautui liian pieneksi, kun sen virtalähde (kuvassa 8) mahtunut sinne. Tarkastusaseman viereen oli sijoitettu yksi pakkauslinjan ohjauskaapeista (kuva 17). Tämän alaosassa oli paljon ylimääräistä tilaa ja konenäkölaitteisto näyttönsä kanssa (kuva 18) saatiin mahtumaan sinne.



Kuva 17 Yksi pakkauslinjan ohjauskaapeista, johon konenäkölaitteisto on sijoitettu.



Kuva 18 Konenäkölaitteisto asennettuna kaappiin.

Pakkauslinjan ohjauskaapin päälle on asennettu Allen-Bradleyn ohjauspaneeli ja kaapin sisällä on useita ohjauspaneeliin kytkettäviä riviliittimiä. Riviliittimistä lähtee erilaisia ohjauksia pakkauslinjaan ja niihin tulee signaalitietoja linjan optisilta antureilta.

3.4 Omron F160:n asetukset ja ohjelmointi hylsyn mittaukseen

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva 19 Poistettu luottamuksellisuussyistä.

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä


3.5 Mekaaninen toteutus

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä


Kuva 20 Poistettu luottamuksellisuussyistä.

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä



Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva 21 Poistettu luottamuksellisuussyistä.



Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva 22 Poistettu luottamuksellisuussyistä.

4 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT

4.1 Testaus

Työn lopullinen testaus suoritettiin Virossa Pesmelin tytäryhtiön testaushallissa huhtikuussa 2007. Näissä testauksissa konenäkölaitteisto kytkettiin lopulliseen kehikkoonsa, joka on esitelty kappaleessa 3.3. Tätä ennen testauksia tehtiin Pesmelin toimistotiloissa Tampereella.

4.1.1 Testaukset toimistotiloissa Tampereella

Ennen lopullista testausta laitteiston käyttöä ja sen parametointia oli harjoiteltu toimistotiloissa käyttäen hyväksi ns. paperimallia (kuvat 23 ja 24).



Kuva 23 Kamera ja paperista tehty hylsysimulaatio.

Kuvassa 23 näkyy kamera ja sen edessä vajaan metrin päässä näkyy tavallisesta paperista tehty mallinnus, joka simuloi hylsyjä paperirullien välissä. Värit ovat tässä testissä päinvastaiset todelliseen tilanteeseen nähden. Sillä ei ole kuitenkaan vielä merkitystä, koska tämä muutos voidaan korjata konenäkölaitteiston

asetuksista. Kuvassa 23 vasemmalla näkyvä kirkas valo on tavallinen 60 W:n hehkulamppu. Sitä on käytetty ”peittämään” toimistotilaa valaiseva loisteputkivalaisin heijastamalla se A4-kokoiseen paperiarkkiin.



Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä.

Kuva 24 Poistettu luottamuksellisuussyistä.

Kuvassa 24 on kuvakopio F160:n näytöstä, kun käytettiin paperista hylsyt simulatiota. Hylsyt näkyvät kuvassa mustina ja niiden pituutta voidaan säädellä käsin. Tässä vaiheessa saatiin luotua teoriassa ja tällä hylsyt simulatiolla toimiva ohjelma. Ainoana huolenaiheena tässä vaiheessa oli paperirullien päätyihin heijastuva lasersäde (kuva 6). On mahdollista, että F160 tekee näiden säderaitojen takia virheellisiä mittauksia tai ei löydä toista hylsyn reunaa. Sen takia kameran ja laserosoittimen välisen oikean kulman löytäminen oli todella tärkeää. Laitteistoa ei ollut vielä kytketty ohjelmoitavaan logiikkaan, vaan triggaukset tehtiin käsiohjaimella ja mittaustulokset luettiin konenäkölaitteiston näytöltä.

4.1.2 Testaukset Saussa, Virossa



Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä

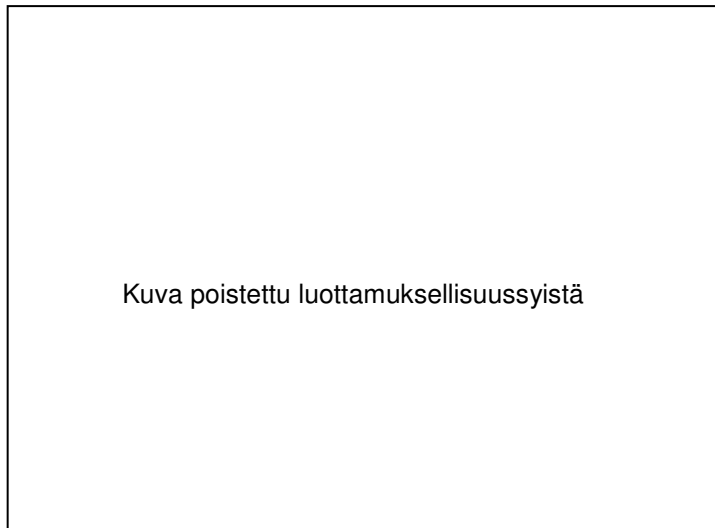
Kuva 25 Poistettu luottamuksellisuussyistä.

Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

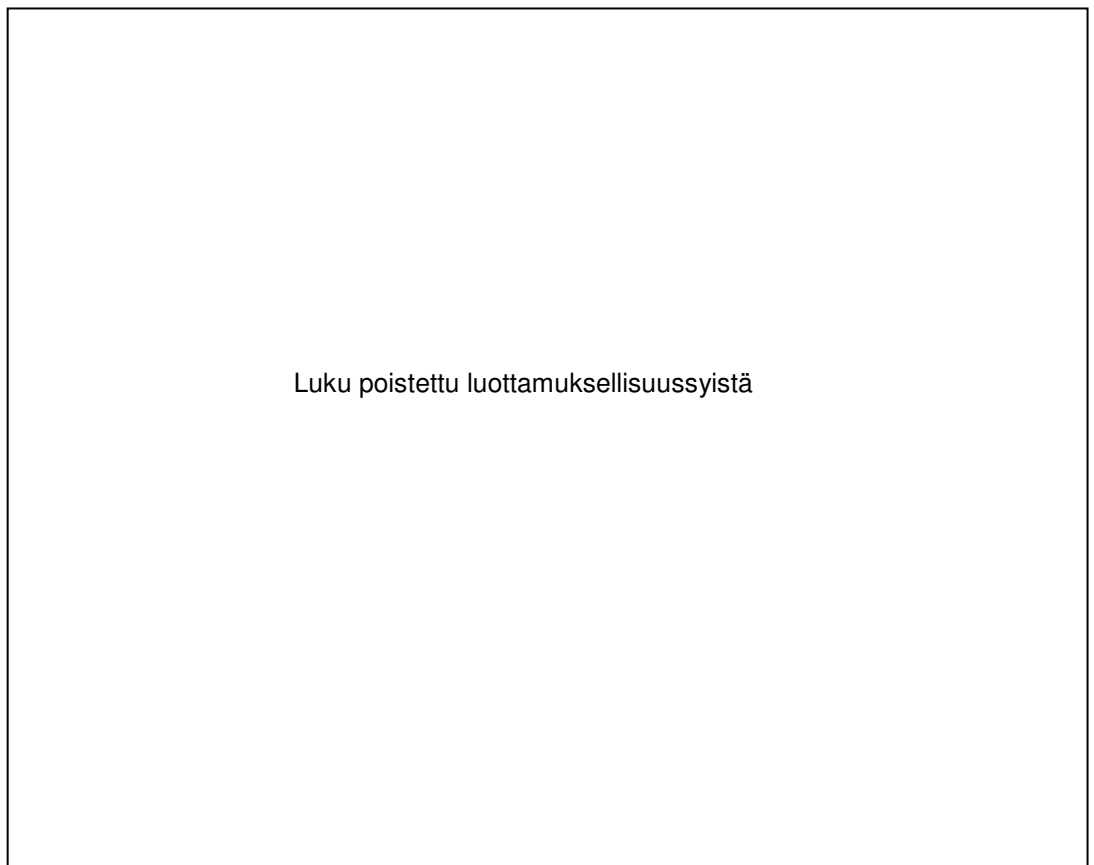
Luku poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva poistettu luottamuksellisuussyistä

Kuva 26 Poistettu luottamuksellisuussyistä.



Kuva 27 Poistettu luottamuksellisuussyistä.



4.2 Oman työn arviointi

Oma työskentely sujui sovittujen aikataulujen mukaan. Viron testaukset tosin piti olla jo maaliskuussa, mutta muun paperirullien käsittelylinjan asennusten

viivästyminen siirsi testausta muutamalla viikolla. Työskentely konenäkölaitteiston parissa sujui koko projektin ajan mutkitta ja halutut tulokset tuli saavutettua odotusten mukaisesti. Työ esiteltiin myös amerikkalaisille asiakkaille, jotka viettivät Virossa viikon tarkastellen pakkauslinjan valmistumista. Konenäkösovelluksen esitystä oli kuuntelemassa kahdeksan asiakasta, joihin esitys teki heidän mielestään positiivisen vaikutuksen.

4.3 Päätelmät

Konenäkö on oikein käytettynä erittäin toimiva ratkaisu laadunvalvonnassa ja pidemmällä aikavälillä varmasti edullinen, vaikka itse laitteiston hinta olisi korkea. Eräs PLC-suunnittelija kertoi, että tässä projektissa hylsyiltään viallisia paperirullia tulee noin yksi tuhannesta, joka kuulostaa pieneltä määrältä. Kuitenkin, jos viallinen rulla voi rikkoa rullien käärintäkoneen jälkeisen kuljettimen lamellit joka tuhannes käärintäkerta, tulee korjauskustannukset olemaan pitkällä aikavälillä korkeat puhumattakaan tuotannon viivästymisistä.

5 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli luoda mittausjärjestelmä, joka tarkastelee paperitehtaan pituusleikkurilta saapuvien rullien onnistunutta erottelua ja yksittäisten rullien keskiputkien eli hylsyjen asemaa. Hylsy saa tulla paperirullan päädyistä ulos enintään 6 mm. Vialliset ja toisissaan kiinni olevat rullat ohjataan pois jälkikäsitteilylinjalta paperinkoneen märkään päähän rainan uudelleen valmistukseen. Lähtötietoina oli, että tarkastus tuli tehdä liikkeestä paperirullien liikkeessa lamelliradalla. Paperirullat ovat pituusleikkurilta tullessaan kiinni toisissaan. Lamelliradassa on kuitenkin yhdessä kohtaa 182,5 asteen kulma, joka luo rullien väliin 2,5 asteen raon. Täytyi siis miettiä sovellus, jolla tarkastus raosta voitiin tehdä. Työ päädyttiin toteuttamaan konenäkösovelluksella ja siinä käytettiin Omronin F160-konenäköjärjestelmää.

Konenäkösovellukset ovat yleistymässä teollisuuden aloilla varsinkin laadunvalvontatehtävissä. Niiden tarkoitus on korvata ihmisen silmän tekemä laadunvalvonta ja näin poistaa väsymyksestä aiheutuvat inhimilliset virheet ja nopeuttaa itse prosessia. Oikealla suunnittelulla konenäköjärjestelmistä saadaan erittäin tarkasti toimivia kokonaisuuksia, joilla voidaan havaita ja karsia pienimmätkin virheet erilaisista kappaleista tuotannossa.

Työ oli mielenkiintoinen ja tiedonhankinnan tarve oli suuri, sillä kokemusta konenäkösovelluksista tekijällä ei juuri ollut. Tästä huolimatta sovelluksesta saatiin toimiva osa paperinkäsitteilylinjaa. Työ mahdollisti myös uusien asioiden oppimisen konenäkösovelluksen lisäksi. Viron testien aikana oli välillä odottelua ja vapaata aikaa. Tämä mahdollisti tutustumisen muun pakkauslinjan toimintaan sekä asentajien avustamiseen linjan asennustöissä.

Tutkintotyö on tehty Pesmel Oy:n asiakkaalle International Paperille ja se toimitetaan osana paperirullien pakkauslinjaa Yhdysvaltoihin Pohjois-Carolinaan eräälle heidän paperitehtaistaan.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 **Inkinen Pentti.** 2003. *Momentti 2, Insinöörifysiikka*. 1. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- 2 **International Paper.** *Packaging*. Sivulla esitelty tehtaan valmistamia paketoitutuotteita. [<http://www.internationalpaper.com/Packaging/Packaging.html>] (14.12.2006)
- 3 **Kuva 4.** Rauli Paappanen, Metso Paper.
- 4 **Mäkelä, Seppo.** 23.10.2005. *Kurssimoniste_osa1*
- 5 **Omron Corporation.** 06/2006. *F160-2 Vision Sensor Manual 1: SETUP MANUAL*. Nufringen, Saksa.
- 6 **Omron Corporation.** 06/2006. *F160-2 Vision Sensor Manual 3: EXPERT MENU OPERATION MANUAL*. Nufringen, Saksa.
- 7 **Omron Corporation.** 06/2006. *F160-2 Vision Sensor Manual 4: Communications REFERENCE MANUAL*. Nufringen, Saksa.
- 8 **Rockwell Automation.** 02/2005. *Logix5000™ Standard Procedures Guide*. Milwaukee, USA: ©2005 Rockwell Automation.

Painamattomat lähteet

- 9 **Keronen, Lasse.** Omron Electronics Oy. Koulutustilaisuus ja keskustelut Omron F160 -koneäköjärjestelmästä.

10 Paappanen, Rauli. Metso Paper. Sähköpostin ja puhelimen välityksellä käyty keskustelu ja tiedonkeruu Metson pituusleikkurista.

Sähköiset lähteet

- 11 Kuva 3.** *Paperikoneen rullain ja konerulla.* [http://www.knowpap.com/www_demo/suomi/paper_technology/general/6_finishing/frame.htm] (14.3.2007).
- 12 Kuva 14.** *Omron E3C –laservalokenno vasemmalla ja sen vahvistin oikealla.* [<http://www.radiki.fi/uutuudet.html>] (12.4.2007).
- 13 Pesimal Oy.** *Ratkaisut.* Sivulla on esitelty Pesimalin toimintaa ja sen ratkaisuja [<http://www.pesimal.com/suomi/ratkaisut/>] (14.12.2006).
- 14 Pesimal Oy.** *Yritys.* Sivulla on esitelty Pesimaliä yrityksenä [<http://www.pesimal.com/suomi/yritys/>] (14.12.2006).
- 15 Radiki Oy.** *Kappaleessa 3.1 osio laservalokennosta.* Sivuilta saatu tietoa työssä käytetystä laservalokennosta ja sen ominaisuuksista. [<http://www.radiki.fi/uutuudet.html>] (12.4.2007).
- 16 Tutkintotyöohje.** *Tutkintotyöohjeet.* Tampereen ammattikorkeakoulun intranet. [<https://intra.tpu.fi/sivut/tm/data/index.htm>] (26.3.2007).

LIITTEET

Liite 1 Valikkopolku /6/

Liite 2 Omron F160:n Ohjelmointi vaihekohtaisesti

Liite 3 I/O-rinnakkaisliittimen nastojen kuvaukset /5/

Liite 4 Kameran ja laserosoittimen kiinnikkeet

Liite 5 Tarkastusaseman tukijalka

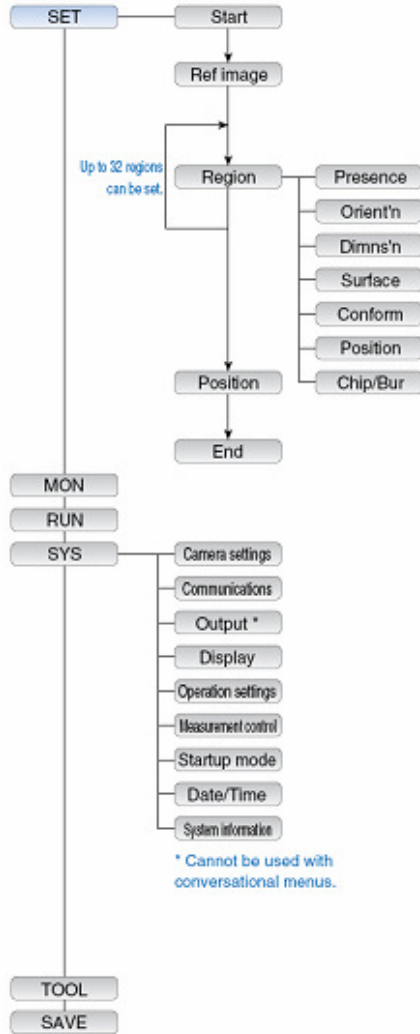
Liite 6 Pakkauslinja



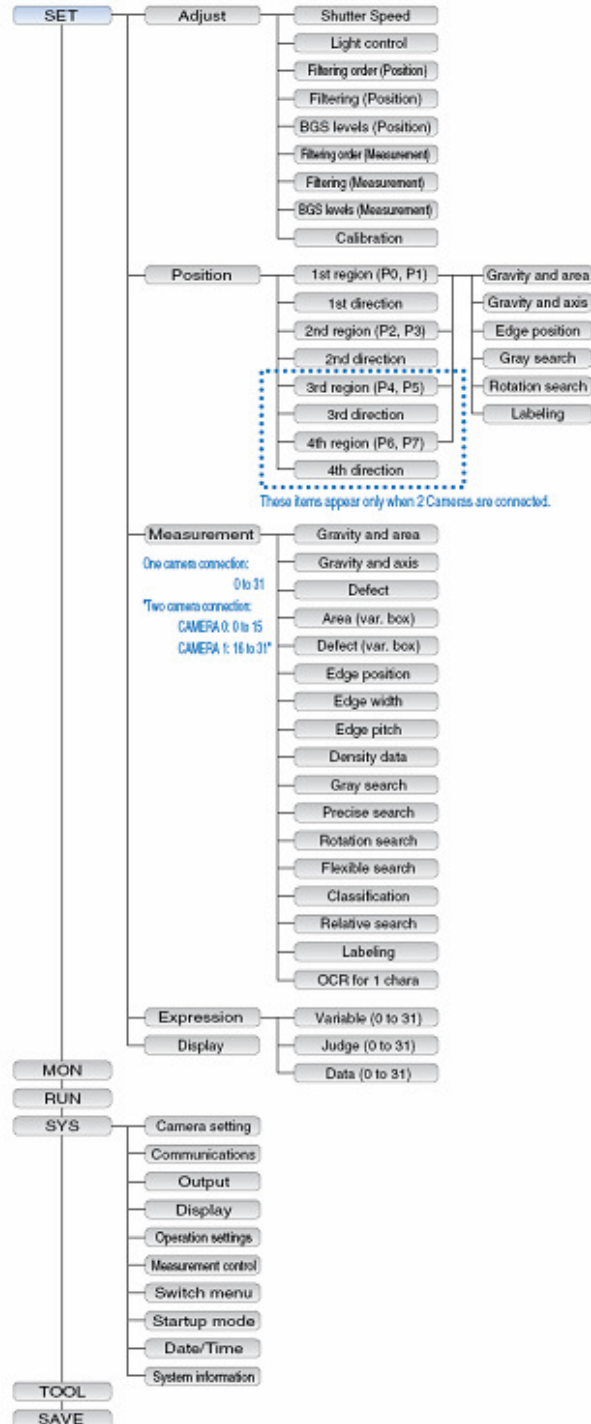
Function menu

Menu structure diagram

Dialog menu



Expert menu



Liite 2 poistettu luottamuksellisuussyistä.

Pin	Signal	Wire color	Function
A1	RESET	vaalean ruskea	Restarts F160
A2	STEP	keltainen	measurement trigger signal input
A3	DI0	vihreä	command input
A4	DI2	harmaa	-
A5	DI4	valkoinen	-
A6	DI6	vaalean ruskea	-
A7	DI8	keltainen	-
A8	STGOUT0	vihreä	strobe trigger 0 output
A9	RUN	harmaa	ON while Run mode
A10	BUSY	valkoinen	ON during processing
A11	OR	vaalean ruskea	Combinated judgement results
A12	DO0	keltainen	data output
A13	DO2	harmaa	-
A14	DO4	vihreä	-
A15	DO6	harmaa	-
A16	DO8	valkoinen	-
A17	DO9	keltainen	-
A18	DO11	vihreä	-
A19	DO13	harmaa	-
A20	DO15	valkoinen	-
B1	COMIN	vaalean ruskea	common for input signals
B2	DSA	keltainen	data send request signal input
B3	DI1	vihreä	command input
B4	DI3	harmaa	-
B5	DI5	valkoinen	-
B6	DI7	vaalean ruskea	-
B7	DI9	keltainen	-
B8	STGOUT1	vihreä	strobe trigger 1 output
B9	ERROR	harmaa	ON when an error occurred
B10	GATE	valkoinen	ON for the set output time
B11	COMOUT1	vaalean ruskea	common for control signals
B12	DO1	keltainen	data output
B13	DO3	vihreä	-
B14	DO5	harmaa	-
B15	DO7	valkoinen	-
B16	COMOUT2	vaalean ruskea	common for DO0 to DO7
B17	DO10	keltainen	data output
B18	DO12	vihreä	-
B19	DO14	harmaa	-
B20	COMOUT3	valkoinen	common for DO8 to D015

Liite 4 poistettu luottamuksellisuussyistä.

Liite 5 poistettu luottamuksellisuussyistä.

Liite 6 poistettu luottamuksellisuussyistä.