

Jari Komulainen

VIANILMAISIMEN KÄYTTÖÖNOTTO JA KÄYTTÖHENKILÖKUNNAN
KOULUTUS

UPM- KAJAANI PK 4

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Elektroniikan tuotantotekniikan

koulutusohjelma

Kevät 2004

Osasto Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Elektroniikan tuotantotekniikka
Tekijä(t) Jari Komulainen	
Työn nimi Vianilmaisimen käyttöönotto ja käyttöhenkilökunnan koulutus	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Elektroniikan tuotantotekniikka	Ohjaaja(t) Jani Moilanen / UPM Mikko Heikkinen
Aika 16.02.2004	Sivumäärä 79+11 liitettä
<p>Tiivistelmä</p> <p>Insinööriyön aiheena oli ABB:n kehittämän vianilmaisimen käyttöönotto ja käyttöhenkilökunnan koulutus Kajaanin UPM:n paperikone 4:lla. Visuaalinen laatu on yksi merkittävimpiä kilpailutekijöitä alati kasvavilla paperimarkkinoilla. Visuaalisessa laadunvalvonnassa käytettiin tietokonejärjestelmää luokittelemaan ja valvomaan tuotanto-prosessin haluttuja suureita. Visuaalisten mittaustulosten perusteella voidaan myös säätää ja hallita tuotanto-prosessia. Vianilmaisinjärjestelmä koostuu prosessia havainnoivasta konenäköjärjestelmästä sekä kuvankäsittelylaitteistosta.</p> <p>Tämä työ on tehty käyttämällä Web Imaging Systems (WIS) -järjestelmää. Se on CCD-kameratekniikkaan ja tehokkaaseen digitaaliseen signaalinkäsittelyyn perustuva vianilmaisinlaite, joka mahdollistaa reaaliaikaisen vikojen visualisoinnin ja analyysin paperin tuotannossa.</p> <p>Työn tuloksena syntyi toimiva luokittelija, jonka etu ihmisen suorittamaan laaduntarkastukseen on sen jatkuva tarkkaavaisuus sekä laadun luokittelun pienempi hajonta.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä	
Hakusanat vianilmaisuus, konenäkö, visuaalinen laadunvalvonta	
Säilytyspaikka Kajaanin ammattikorkeakoulu	



Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Electronic Production Engineering
Author(s) Jari Komulainen	
Title Introducing a Flaw Detector and Training Operating Staff	
Optional professional studies Production Engineering	Instructor(s) / Supervisor(s) Jani Moilanen / UPM Mikko Heikkinen
Date 16 February 2004	Total number of pages 79+11 enclosure
Abstract <p>The subject of this final year project was the introduction of the flaw detector equipment, developed by ABB, and the training of the personnel who will use the device. Visual quality is one of the most crucial factors in the ever growing paper market. In visual quality control a computer system is used to classify and control the desired quantities of the manufacturing process. The process can also be adjusted and controlled on the basis of the measurement results. The flaw detector system consists of the image manipulation equipment and a machine vision system that detects the process.</p> <p>The Web Imaging System (WIS), which has been developed by ABB, is a flaw detector based on high speed CCD line-scan cameras and powerful digital signal processing. The device enables the analysis and in-process visualization of the defects in paper production. The goal of the system is to guarantee the same response behaviour of light in all the cameras of the same inspection group and to correct the aberrations in the individual cameras caused by unequal source of light, for example.</p> <p>As an outcome of this project there is now a functional classifier the advantage of which, compared to quality control by human, is its constant attentiveness and smaller dispersion of quality.</p>	
Confidential Yes	
Keywords flaw detector, machine vision, visual inspection	
Deposited at Kajaani Polytechnic	

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty UPM-Kymmene Oy:n Kajaanin yksikköön tarpeiden mukaan talven 2003 - 2004 aikana. Haluankin kiittää haastavasta ja ajankohtaisesta lopputyön aiheesta sekä saamistani käyttöresursseista.

Työssä olen käyttänyt monia eri julkaisuja, mutta arvokkaimmat neuvot ovat tulleet henkilökohtaisesti eri henkilöiden kanssa käymieni keskusteluiden pohjalta.

Kiitän kaikkia henkilöitä, jotka ovat myötävaikuttaneet insinöörityöni valmistumiseen. Erityisesti haluan kiittää työn valvojia Jani Moilasta (UPM) sekä Mikko Heikkistä (AMK), jotka ovat tukeneet sekä esittäneet monia hyviä täydennyksiä, näkemyksiä ja muutoksia työhöni. Arvokkaita neuvoja ovat antaneet useat UPM-Kymmene Oyj:n Kajaanin yksikön työntekijät sekä Antti Saarela ABB:ltä, joita haluan kiittää lämpimästi.

Kiitokset haluan osoittaa myös vaimolleni Marika Komulaiselle, joka omalta osaltaan on mahdollistanut tämän työn valmistumisen.

Kajaanissa 10. maaliskuuta 2004

Jari Komulainen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	11
2	UPM OYJ:N HISTORIAA	13
3	TEHTÄVÄN RAJAAMINEN	14
4	YLEISTÄ PAPERISTA	15
4.1	TUOTTEENA PAPERI	16
4.2	PAPERIKONE OHJATTAVANA PROSESSINA	17
4.3	PAPERIN LAATUSUUREIDEN MITTAUS	19
4.4	ONLINE-MITTAUKSET TUOTANTOAJOSSA	21
5	LAITTEISTO	23
5.1	WEB INSPECTION SYSTEM (WIS)	23
5.2	INDUSTRIAL ^{IT} WEB IMAGING JÄRJESTELMÄ	24
5.3	LAITTEISTON KOKOONPANO	25
5.4	KÄYTTÄJÄN TYÖASEMA	27
5.5	VIKOJEN LUOKITTELU	30
5.6	KAMERAT	32
5.7	KAMERAN KATSELUALUE	35
5.8	KAMERAPALKKI	36
5.9	OBJEKTIIVIT	41
5.10	VALOTUSAIKA	42
5.11	VALOPALKKI	42
5.12	VALOPALKIN JÄÄHDYTYS	44
5.13	TEHONLÄHDEKAAPPI	45
5.14	PULSSITAKOMETRI	46

6 LUOKITTELU	47
6.1 DEFECT VIEWER	49
6.2 DEFECT VIEWERIN KÄYTTÖLIITTYMÄ	49
6.3 PIIRTEET	51
6.4 ITSEORGANISOIVA KARTTA (SOM)	51
6.5 KUVAN MUODOSTAMINEN JA ESIKÄSITTELY	52
6.6 PIIRREIRROTUS	54
6.7 HAHMONTUNNISTUS	55
6.8 PIIRTEIDEN LUOKITTELU	56
6.9 LUOKITTIMEN OPETUS	56
6.10 NEUROVERKKO	66
7 LAITTEISTON TUOTANNOLLINEN TESTAUS	71
8 TULOKSET	73
9 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT SANOMALEHTI- JA LUETTELOPAPEREILLA	76
10 YHTEENVETO	78
LÄHDELUETTELO	80
LIITTEET	82

MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

CCD

Kuvasensorityyppi, joka perustuu varauksen siirtoon. CCD-tekniikalla aikaansaadaan siirtorekisterityyppisiä piirejä, jotka korvaavat massamuistitoimintoja.

Ekstrapolointi

Tarkoitetaan operaatiota, jolla tunnettujen tekijöiden avulla muodostetaan jatkoa jollekin tunnetulle funktiolle.

EPROM

Pyyhittävä ja uudelleen ohjelmoitava lukumuisti.

Hahmo (Pattern)

Rinnakkainen joukko lukuja, tyypillisesti verkon samanaikaisten syötteiden tai vasteiden joukko, joihin on koodattuna verkon käsittelemä informaatio.

Hahmontunnistus (Pattern recognition)

Joukko menetelmiä, joilla luonnollisista kohteista kuten kuvista, puheesta tms. tunnistetaan joitakin mielekkäitä olioluokkia.

HDLC-protokolla

Tietoliikenteessä ISO:n standardoima bittipohjainen, synkroninen, läpinäkyvä, virheentarkistava ja koodiriippumaton tiedonsiirtokäytäntö.

Interpolointi

Tarkoitetaan toimintaa, jolla näytteenoton jälkeen diskreetin datan tarkkuutta keinotekoisesti parannetaan.

Itseorganisoituva kartta (Self-organizing map)

Tunnetuin ohjaamattomaan oppimiseen perustuvista neuroverkkomalleista, jota voi käyttää syötejoukon ryhmittelyyn ja visualisointiin. Synonyymi Kohosen kartta.

Kuvamatriisi

Suorakaiteeseen piirretyille riveille ja sarakkeisiin järjestettyjen alkoiden taulukko.

MLP

Lyhenne sanoista Multi-layer Perceptron.

Monikerros-perceptron (Multi-layer Perceptron)

Useista kerroksista koostuva neuroverkko, jossa kukin kerros koostuu joukosta rinnakkaisia perceptroneja.

MSE (mean square error)

Eräs tunnetuimmista kuvanlaadun mittareista, joka kuvastaa keskineliövirhettä.

Neuroni

Neuroni on verkon toiminnan perusyksikkö. Se suorittaa verkon tiedonkäsittelyn ja vastaa ihmisen lyhytkestoista muistia. Neuroni saa syötteensä kytkentöjen avulla muista neuroneista ja lähettää vastaavasti ulostulonsa muihin neuroneihin.

Neuroverkko

Hermoverkot eli neuroverkot ovat tietokoneohjelmia, jotka voivat ”oppia” analysoimaan ja luokittelemaan tietokantakokonaisuuksia.

Opetus (Training)

Neuroverkkomallin parametrien viritys opetusjoukon avulla.

Opetusjoukko (Training set)

Neuroverkon tyypillisestä toimintaympäristöstä kerätty joukko syötteitä ja haluttuja vasteita.

Oppiminen (Learning)

Vaihe, jossa neuroverkko muuttaa painokertoimiaan saamiensa syötteiden pohjalta.

Perceptron

Tunnettu ohjatun oppimisen neuroverkkomalli.

PI-algoritmia

Ohjelman tunnistuskoodi, jolla voidaan suorittaa täsmällinen toiminta- ja päättelyaskelten jono jonkin ongelman ratkaisemiseksi.

Prototyyppi (Prototype)

Tyypillinen opetusvektori, opetusjoukon yksi alkio jota opetetaan.

Testijoukko (Test set)

Opetusjoukosta erillinen joukko tyypillisiä syötteitä ja asteita, joita käytetään opetetun neuroverkon suorituskyvyn arviointiin.

Valon intensiteetti

Valaistusominaisuuksien muutos, joka korjataan automaattisesti valonlähteen säädön avulla.

Ylioppiminen (Overtraining)

Ohjatussa oppimisessa tapahtuva virhe, jossa neuroverkon painojen (vapaiden parametrien) lukumäärän ja opetusjoukon koon välillä vallitsee epäsuhta. Opetusjoukko on niin pieni painojen määrään nähden, että verkko pystyy oppimaan opetusjoukon lähes ulkoa, ja verkon yleistyskyky huononee.

Web Inspection System (WIS)

ABB:n kehittelemä vianilmaisinjärjestelmä paperi- ja kartonkiteollisuudelle

1 JOHDANTO

Tuotantoympäristö on muuttunut ja muuttumassa monilajiympäristöksi paperitehtailla. Lajien ja asiakkaiden lukumäärät kasvavat sekä ajojen määrät pienenevät. Tuotetut lajit ja niiden tuotantotehokkuudet erilaistuvat. Tuotannon ohjauksessa ja suunnittelussa ilmenevien vaikeuksien voidaan yksinkertaistaa johtuvan asiakaskeskeisestä tuotannosta aiheutuvista tarpeista. Nämä tarpeet ovat johtaneet erilaisiin muutoksiin paperitehtailla; esimerkiksi lisääntyneisiin lajinvaihtoihin tuotannossa ja tuotantokielten muutoksesta johtuvaan energiakulutuksen kasvamiseen.

Paperin laadun parantaminen kilpailukykyiseen hintaan kiinnostaa sekä paperiteollisuutta että paperikoneenvalmistajia ympäri maailmaa. Elintason nousun myötä kuluttajat käyttävät entistä enemmän paperia, ja varsinkin tietokoneiden yleistyminen on lisännyt, vastoin ennakko-odotuksia korkealaatuisen paperin käyttöä tulostukseen.

Kova kilpailu on kuitenkin pakottanut löytämään uusia keinoja tuotteiden laadun parantamiseen ja tuotannon jatkuvaan tehostamiseen. Menneinä vuosikymmeninä, erityisesti 50- ja 60-luvuilla, haettiin oppia Pohjois-Amerikasta paperikoneiden online-mittausten ja säätöjen suunnitteluun, mutta viime aikoina suomalaiset yritykset ovat halunneet itse olla edelläkävijöitä kehittämisessä ja soveltamisessa.

Paperin laatumittausten ja säätöjen hallintaa pidetään usein vaikeana sovellusalueena. Tätä käsitystä vahvistavat laitevalmistajien kiinteät kokonaistoimitukset ja niiden tarjoamat huolto- ja ylläpitopalvelut. Ajan ja henkilöstön niukkuuden vuoksi tehtailla joudutaan usein turvautumaan näihin.

Tällöin kuitenkin haittana on se, että tietoa ei välttämättä jää käyttäjille riittävästi, jotta sovelluksia voitaisiin hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla ja kehittää edelleen prosessimuutosten yhteydessä.

Laadunmittaukseen ja säätöihin ei kuitenkaan liity mitään erityistä mystiikkaa vaan niihin voi perehtyä kuten muuhunkin nykytekniikkaan.

Nykyisin erityistä huomiota kiinnitetään paperin laatusuureiden on-line-mittauksiin ja niiden suorituskykyyn sekä laatusuureiden säätöihin ja niiden tarjoamiin toimintaedellytyksiin.

Paperin laatumittauksiin ja –säätöihin liittyviä tuotteita ja huoltopalveluja markkinoidaan kokonaisuuksina. Käytännössä pelkkä kiinteiden valmiiden säätöjen parametointi ei kuitenkaan riitä. Pitää muistaa, että paperikoneet ovat yksilöllisiä ja niille tehtävät sovellutukset on säädettävä jokaiseen kohteeseen erikseen. Näin voidaan saada merkittävää lisäarvoa tehdyistä automaatioinvestoinneista.

Tärkeää on myös huomata, että asiakkaan oma huolto- ja ylläpito-organisaatio osallistuu uusien sovellusten kehittämiseen. Näin saadaan madallettua käyttäjien kynnystä käyttää uutta sovellusohjelmaa ja sitä osataan näin paremmin arvostaa. Sovellustietämystä saadaan näin jäämään omaan ”taloon” ja paperin laadunhallinta voidaan pitää paremmin omissa käsissä. Vielä lähitulevaisuudessakin hankittu laadunvalvontalaitteisto asettaa haasteita ja voimakasta asiaan paneutumista kehittämistä ja huoltoa, joten töitä tällä alalla riittää.

2 UPM OYJ:N HISTORIAA

UPM Oyj on yksi maailman suurimmista puunjalostukseen erikoistuneista metsäteollisuuskonserneista. Heillä on tuotantoyksiköitä useissa maissa ja maanosissa. Tuotanto koostuu pääasiassa erilaisista paperilajikkeista ja sahas- sekä vanerituotteista.

UPM -Kajaanin tuotantoyksikkö tuottaa kolmella paperikoneella huomattavan määrän paperia vuosittain. Lisäksi yhtiö valmistaa painopaperista jalostusmateriaaleja ja mekaanisen metsäteollisuuden tuotteita. Painopapereiden eli aikakausi-, sanomalehti-, ja hienopapereiden osuus konsernin liikevaihdosta on yli puolet. Yhtiö on myös Euroopan suurin vanerin valmistaja ja yksi suurimpia sahatavaran tuottajia.

Kajaanin tehdas 2003

- tuotantokapasiteetti 605 000 t
- liikevaihto 275 miljoonaa euroa
- henkilöstö 790
- viennin osuus 80 %
- puun käyttö 1,2 milj. m³/V
- tehtaan sähkönkulutus 1400 GWh/V

3 TEHTÄVÄN RAJAAMINEN

Tämä insinööri työ on rajattu vianilmaisinjärjestelmän tehokasta käyttöönottoa ja käyttöhenkilökunnan koulutusta koskevaksi.

Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmä on laadunvalvontalaitteisto, joka havaitsee ja raportoi liikkuvasta paperiradasta siihen syntyneet erityyppiset viat.

Tämän työn tavoitteena on saada järjestelmä käyttöönotetuksi ja saada se toimimaan tehokkaasti osaltaan paperikoneen kunnonvalvonta, valmiin tuotteen laadun analysointiin ja raportointiin. Järjestelmän tarkoituksena on myös tuottaa tietoa paperikoneen ajettavuushyötyjen parantamiseen tuottamalla jatkuvaa reaaliaikaista tietoa havainnollisessa muodossa ja näin mahdollistaa tuotantonopeuden kasvattamisen. Näin voidaan mahdollistaa siirtyminen korkeamman jalostusasteen tuotteisiin sekä paperilajeihin, joilta asiakkaat vaativat jatkuvasti parempia painettavuus- ja ajettavuusominaisuuksia.

4 YLEISTÄ PAPERISTA

Paperi ja kartonki ovat nykyajan tärkeimpiä ja monipuolisimpia hyödykkeitä. Paperin kulutus noudattaa eri maissa melko tarkasti bruttokansantuotteen kasvua, minkä takia sitä pidetään yhtenä elintason mittarina.

Köyhemmissä maissa vuosittainen paperinkulutus on vain muutamia kiloja asukasta kohti. Yhdysvalloissa on maailman suurin kulutus asukasta kohti, yli 300 kg. Suomessakin kulutus on noin 250 kg asukasta kohti. Paperiteollisuuden kehittämiseen suomalaiset käyttävät noin 250 miljoonaa euroa vuodessa. Paperin kulutus suomessa on laskenut viime vuonna neljä prosenttia. Keräysaste paperilla on suomessa kohtalainen, jokainen Suomalainen keräsi paperia 144 kg.

Nyky-yhteiskunnassa olisi vaikea kuvitella elämää ilman paperia ja kartonkia tai niiden jalosteita. Suurin ryhmä maailman paperista ja kartongin tuotannosta ja kulutuksesta koostuu eri pakkausmateriaaleista ja painopaperista.

Paperi on rakenteeltaan ohut, levymäinen kuitutuote. Tavanomaista levyrakenteista poiketen papereille ja kartongille on ominaista heterogeeninen rakenne. Verkoston ominaisuudet riippuvat rakenneosien eli kuitujen ominaisuuksista, niitä yhdistävien sidosten ominaisuuksista sekä kuitutiheyden ja kuitusuunnan paikallisesta jakautumisesta arkista. Eri tekijöiden tärkeysjärjestys määräytyy huomattavalta osalta siitä, minkä tyyppisestä paperista on kysymys. Tärkeimpiä ominaisuuksia paperille ovat tasainen kuitujakauma, sopiva kuitujen suuntautuminen ja riittävät kuitusidokset. Paperin ominaisuuksista esimerkiksi painettavuus, lujuus, jäykkyys ja kustannukset on optimoitava eri lajille sopivalla tavalla [1].

4.1 Tuotteena paperi

Paperi on yleensä homogeeninen yksikerrostuote, jonka neliömassa on alle 225 g/m², jossain maissa neliömassaraja on 150 g/m². Kuitujen lisäksi raaka-aineena voi olla jopa 50 % muita raaka-aineita, kuten mineraalipigmenttejä, liimoja ja erilaisia apuaineita. Modernin paperikoneen viiraosalle syötetään perälaatikosta sekunnissa jopa 500 miljardia partikkelia, joiden tulisi sijaita oikeassa suhteessa tason suunnassa ja myös z-suunnassa vaadittavien paperiominaisuuksien saavuttamiseksi. Kuituverkoston ominaisuudet riippuvat paitsi käytettyjen raaka-aineiden ominaisuuksista, myös niiden jakautumisesta arkissa.

Suomen metsäteollisuuden päämarkkina-alueella paperituotteilta vaaditaan jatkuvasti korkeampia laatuominaisuuksia ja muuntautumiskykyä uusille käyttökohteisiin. Nykyisin myös asiakkaiden tarpeet ohjaavat tuotekehityksen suuntaa ja yleinen kehitys eri paperilajeissa tulee kulkemaan edelleen kohti korkeampaa vaaleutta ja alhaisempaa neliöpainoa. Keventämällä painotuotteita postikulut voidaan pitää kurissa, mikä on tärkeää kamppailtaessa sähköisen viestinnän kanssa. Paperikoneiden tavoin myös painokoneiden leveys ja nopeus kasvavat mikä puolestaan edellyttää paperilta entistä parempia paino-ominaisuuksia sekä parempaa ajettavuutta [1].

Paperia ostavien asiakkaiden laatuvaatimukset ja toisaalta esimerkiksi paperin raaka-aineisiin liittyvien toivomusten välillä on usein ristiriitaisuuksia. Asiakkaat, esimerkiksi suuret painotalot, vaativat papereilta yhä parempia paino- ja lujuusominaisuuksia. Toisaalta taas raaka-aineena tulisi käyttää enemmän kierrätyskuitua ja paperin neliöpainon tulisi laskea. Tällainen yhtälö ei ole helppo ja joissain tapauksissa se on jopa mahdotonta toteuttaa [2].

On myös tunnettua, että kerran saavutetusta laadusta ei olla valmiita tinkimään, vaan laadun kehityksen suunta tulisi käytännössä olla vain ylöspäin. Paperintuottajat kehittävät sanomalehtipaperin laatuominaisuuksia jatkuvasti. Tuotekehitystyö tähtää muun muassa korkealaatuiseen neliväripainatuksen käyttöönottoon myös sanomalehtien painatuksessa.

4.2 Paperikone ohjattavana prosessina

Paperia ostetaan ja myydään laboratorioanalyysien pohjalta, mutta paperikoneella ei voida käyttää vastaavia mittausperiaatteita reaaliaikaiseen prosessin ohjaamiseen.

Paperin valmistus on prosessi- ja säätöteknilisesti varsin vaativa. Ajotilanteet voivat vaihdella hyvinkin huomattavasti. Monilla koneilla ajetaan jatkuvasti eri laatuja, jolloin lajinvaihtojen tulee tapahtua joustavasti ja mahdollisimman taloudellisesti siten, että tuotteeksi kelpaamaton hylky tulee minimoida. Monissa säätöpiireissä on kymmeniä sekunteja tai jopa minuutteja kestäviä viiveitä. Konerullaa edeltävältä vianilmaisimelta pystytään toteamaan, millaista laatuluokituksen täyttävää paperia tulee. Kun konerulla on valmis, siitä saadaan heti raportti sen laatuominaisuuksista ja konerullassa olevista virheistä. Paperin laatuun vaikuttavilla suurella on voimakkaita keskinäisiä riippuvuuksia, joita pyritään kompensoimaan kehittynein prosessi- ja säätötekniisin keinoin.

Nykyaikaisen paperin valmistus vaatii monien eri osapuolten panosta. Prosessi-suunnittelussa tarvitaan syvällistä asiantuntemusta ja laitevalmistajilta vaaditaan huippuosaamista sekä nykyaikaisen huiman kehityksen mahdollisuuksien tarjoamaa sovellusten hallintaa. Käyttöhenkilökunnan on tunnettava käytössä oleva laitteisto ja prosessi niin hyvin, että paperista saadaan mahdollisimman korkealuokkaista.

Paperin valmistus on massiivinen vedenpoistoprosessi: paperimassan tullessa paperikoneen perälaatikolle sakeus, joka tarkoittaa kuitujen osuutta vesi- ja kuituseoksessa on alle 1 %. Viiraosalla massasta poistetaan vettä niin paljon,

että paperirataa voidaan ohjata kulkemaan haluttua reittiä telojen välissä. Viiraosan jälkeen paperin kuiva-aineisuus on kohonnut yleensä välille 15 - 23 % ja puristinosan jälkeen se on kohonnut tasolle 33 - 55 %. Kuivatusosalla poistetaan vettä siten, että lämmönsiirto tapahtuu pääosin johtumalla paperiradan kulkiessa kuivatussylintereiden päältä. Sylinterit on jaettu siten, että paperi on kosketuksessa vuorotellen kummaltakin puolelta. Näin saadaan paperin loppukosteudeksi 6 - 9 %.

Vaikka paperikoneiden rakenneosat poikkeavatkin niille asetettujen vaatimusten mukaan jonkin verran toisistaan, niissä on aina perälaatikko, viira-, puristin- ja kuivausosat [3].

Ennen kuin paperi on valmis rullattavaksi, on sen pinta viimeisteltävä vielä kalanteroinilla. Ennen täysleveän konerullan toimittamista asiakkaalle, on se leikattava asiakkaan vaatimusten täyttäväksi yksittäisrulliksi tai arkeiksi. Pituusleikkurin tehtävä on testata asiakasrullien ajettavuus sekä leikata ja rullata paperikoneelta tai sen jatkokäsittelystä tulevat rullat joko asiakasrulliksi tai arkitusta varten. Pituusleikkauksen jälkeen rullat pakataan odottamaan kuljetusta asiakkaalle.

4.3 Paperin laatusuureiden mittaaminen

Paperin laatua kuvataan mm. seuraavien suureiden avulla:

- neliömassa
- kosteus
- paksuus
- tuhkapitoisuus
- väri
- opasiteetti
- vaaleus
- kuituorientaatio
- veto- ja repäisylujuus
- sileys
- kiilto

Paperin laatu muodostuu monista eri tekijöistä. Loppukäyttäjillä on toisistaan poikkeavia odotuksia ja lisäksi paperikoneprosessin ajo asettaa omat vaatimuksensa. Käyttäjälle tärkeitä paperin ominaisuuksia ovat esimerkiksi neliömassa, lujuus ja vaaleus. Nämä laatusuureet liittyvät painokoneiden, kopiokoneiden ja tulostimien ajettavuuteen ja paperin painokelpoisuuteen, joihin vaikuttaa lisäksi paksuus, sileys ja opasiteetti. Itse paperikoneen ajettavuuden kannalta merkittäviä paperin laatusuureita ovat neliömassakosteus ja paksuus.

Paperin kosteudella tarkoitetaan paperin vesimolekyylien suhteellista painoprosenttiosuutta (%). Epätasainen kosteus aiheuttaa helposti laskoksia ja katkoja ja vaikeuttaa ajoa monissa valmistusprosessin vaiheissa. Paperiradan reunaosat pyrkivät kuivumaan muuta aluetta nopeammin. Kosteuden muutokset aiheuttavat paksuus- ja vaaleuseroja kalanteroinnissa ja epätasaista päällysteen absorptiota.

Paperin paksuus ilmoitetaan mikrometreinä (μm). Nykyaikaiset paino- ja kopiokoneet edellyttävät entistä tasapaksuisempaa paperia. Paperin värin merkitys liittyy pääasiassa visuaaliseen vaikutelmaan, joka on kulttuurista riippuvaista. Kiilto, opasiteetti ja vaaleus vaikuttavat myös paperin ulkoasuun ja painokelpoisuuteen.

Kuituorientioksi sanotaan kuitujen asettumista paperiradan pitkittäis- ja poikkisuuntaan nähden. Kuitujen kokonaisorientaatio ilmaistaan keskimääräisten pitkittäissuuntaisten ja poikittaissuuntaisten komponenttien suhteena. Kuitujen asettuminen vaikuttaa merkittävästi paperin veto- ja repäisylujuuteen.

Formaatioksi sanotaan sitä ominaisuutta kokonaisuudessaan, miten paperin muodostuvat kuidut ovat jakautuneet, asettuneet ja sekoittuneet keskenään.

4.4 Online-mittaukset tuotantoajossa

Paperikoneautomaatio on kehittynyt rinnan muun prosessiteollisuuden automaation kanssa. Yksi voimakkaimmin kehittynyt osa-alue on paperinlaadun hallintaa koskeva automaatiokehitys. Nykyaikaiset automaatiojärjestelmien tehot riittävät paperin kaikkien mittaus- ja säätösovellusten tarpeisiin. Järjestelmien tarkkuus on samalla kasvanut, koska mittalaitteissa pyritään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa muuttamaan laitteen mittaama analoginen signaali digitaaliseen muotoon. Näin signaalin siirrossa pyritään välttämään virheitä. Vastaavasti ohjausviestit pyritään kuljettamaan mahdollisimman lähelle toimilaitetta digitaalisena viestinä.

Nykyisten tehokkaiden prosessoreiden ansiosta mittaraami on muodostanut paperikoneen laadunhallinnan yhdeksi keskeiseksi järjestelmäksi. Traversoiva mittaraami antureineen on suhteellisen tarkka ja luotettava paperinlaatua mittaava laitteisto, mutta traversoinnin vuoksi se pystyy mittaamaan vain hyvin pienen osan valmistettavasta paperiradasta. Tämän vuoksi mittaraami ei yksinään riitä vaan rinnalle tarvitaan paperinlaadun hallintaa liittyvää tarkempaa ja kattavampaa laitteistoa.

Nykyaikainen automaatiojärjestelmä pystyy tarjoamaan ratkaisut moniin näihin ongelmiin. Uusien ladunvalvontalaitteiden teho on riittävä paperin kaikkien mittaus- ja säätösovellusten tarpeisiin. Nykyaikainen visuaalinen laadunvalvonta on tärkeässä asemassa sovellutuksia suunniteltaessa. Vianilmaisinjärjestelmä on nykyaikainen laadunvalvontalaitteisto, jolla tuotantolinjaa voidaan valvoa ja ohjata tehokkaasti.

Laitteisto tarjoaa omalta osaltaan mahdollisuuden päästä parempaan tuotteen laatuun ja pienempiin tuotantokustannuksiin. Tuotantolinjan aikahyötysuhde on paperitehtaan taloudellisen tuloksen avaintekijä.

Paperiradan katkot ovat keskeinen aikahyötysuhdetta alentava tekijä, jonka vaikutus on paperilajista ja prosessin stabiilisudesta riippuen 1...10 prosenttia.

Uuden teknologian välitön hyöty voidaan mitata sen sovellettavuuden kautta, ja sovelluskelpoiseksi sen tekee, jos siitä saadaan lisäinformaatiota, kuka tietää mitä säätöjä pitää antaa ja missä järjestyksessä.

Paperin laadun kokonaisvaihtelut voidaan jakaa kolmeen osaan. Konesuuntaista (MD), koko rainan leveydellä tapahtuvaa vaihtelua suureiden mittauksessa kutsutaan pitkittäisprofiiliksi (Machine Direction Profile) eli trendiksi ja poikkisuuntaista (CD) paikallista vaihtelua poikkiprofiiliksi (Cross Direction Profile). Jäännösvaihteluksi kutsutaan profiilivaihtelun sitä osuutta, kun kokonaisvaihtelusta vähennetään poikittais- ja pitkittäisvaihtelua. Jäännösvaihtelu on satunnaista ja sen syytä ei yleensä hyvin tunneta. Ajon aikana paperin laatusuureiden pitkittäis- ja poikittaisprofiileita ei voida mitata absoluuttisesti.

Pitkittäis- ja poikittaisprofiilit ovat aina laskennallisesti saatujen keskiarvojen paperiradan poikki todellisuudessa vinottain paperirataan nähden kulkevien antureiden ottamista näytteistä. Säädoillä voidaan vaikuttaa pääasiassa pitkittäis- tai poikittaissuunnassa, joten profiiliesitys tapa on luotettava.

Paperiradan laatusuureiden arvoa voidaan tarkastella elementtinä sellaisessa mittausarvojen muodostamassa matriisissa, jonka elementit muodostavat kaikkien mittauspisteiden keskimääräistä arvosta lisättyinä niiden pitkittäis-, poikittais-, ja jäännösvaihtelu kyseisissä pisteissä

5 LAITTEISTO

Paperin vianilmaisimien historiassa kehitystä ovat olleet edistämässä paperintekijöiden ja -käyttäjien kasvaneet vaatimukset paperin laadulle. On myös nykyaikaisen laitteistokehityksen mukaisia sovelluksia, joissa pystytään seuraamaan paperin tuottamista reaaliajassa.

5.1 Web Inspection System (WIS)

Vianilmaisinjärjestelmä koostuu ilmaisinpalkista, valopalkista, tiedonkäsittelyyksiköistä, käyttöliittymästä sekä oheislaitteista. Valopalkki tuottaa voimakkaan ja tasaisen valon tarkastettavaan paperirataan. Kamerapalkissa mitataan paperiradasta tulevan valonmäärä. Nykyään lähes poikkeuksetta mittaukseen käytetään CCD-kameraa. Ilmaisinpalkki voi sisältää 1 - 99 kamerayksikköä ja näiden määrä ja tyyppi voidaan valita järjestelmälle asetetuista suorituskykyvaatimuksien mukaisesti. Järjestelmän kokoonpanossa valopalkki ja kamerapalkki voivat sijaita eri puolilla rataa.

Vianilmaisimen kriittisimpiä osavaiheita on kuvanmuodostus, jolla voidaan huomattavasti vaikuttaa kuvatiedon numeerisen käsittelyn kompleksisuuteen. Kuvanmuodostuksen suunnittelu on sovelluskohtaista eikä yhtä yleispätevää ratkaisua ole olemassa. Yleisenä tavoitteena on kuitenkin löytää sopivat menetelmät ja tekniikat kuvan mielenkiintoisten piirteiden ja taustan välisen kontrastin maksimoimiseen. Tällä on ratkaiseva merkitys erityisesti laaduntarkastussovellutuksissa ja erilaisissa mittaustehtävissä.

Kuvanmuodostuksen suunnittelun lähtökohta on sovellusympäristön tunteminen, ts. tieto siitä, mitä piirteitä kohdealueesta etsitään, mitkä ovat tarkasteltavien pintojen optiset ominaisuudet, ympäröivä väliaine jne.

Tämä tieto vaikuttaa valittavaan kuvausgeometriaan, optiikkaan, ilmaisimiin ja valaisumenetelmiin. Vaikka nykyisin on saatavilla kaupallisia ohjelmistoja suunnittelun tueksi, on suunnittelijan hallittava useita tekniikan osa-alueita,

kuten valaisu, heijastavuusfysiikka, optiikka, kuva-ilmaisimien ominaisuudet sekä signaalinkäsittely.

5.2 Industrial ^{IT} Web imaging järjestelmä

Industrial -vianilmaisinjärjestelmä on laadunvalvontalaitteisto, joka havaitsee liikkuvasta paperiradasta erityyppisiä vikoja. Näitä ovat muun muassa reiät, tumma/vaalea täplä ja päällystejuovat. Viat esitetään välittömästi värinäytöllä harmaatasokuvana, ja ne voidaan raportoida kirjoittimella rullakohtaisesti.

Järjestelmä ei vaikuta paperin valmistusprosessiin normaalin ajon aikana eikä vikatapauksissa, sillä mittaus tapahtuu paperirataa koskettamatta. Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmä tarjoaa sovelluksen paperikoneen kunnonvalvontaan sekä valmiin tuotteen laadun analysointiin ja raportointiin. Järjestelmä mahdollistaa myös paperin vikojen tarkan ja nopean poiston, jolloin jatkojalostus saadaan sujumaan häiriöttä, eikä asiakkaalle pääse virheellistä tuotetta.

Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmä on CCD-kamerapohjainen optinen mittauslaitteisto, jonka suunnittelun lähtökohtana on ollut hyvä ilmaisukyky sekä luotettava ja pitkäikäinen toiminta. Peruslaitteisto ei sisällä mekaanisesti liikkuvia osia ja oikein huollettuna (liite A) se on varmatoiminen käyttöä. Järjestelmän hyvinä puolina on myös, että se ei vaadi säännöllistä säätämistä eikä virittämistä automaattisten kompensointien ansiosta. Pölyyntymisestä tai laadun muuttumisesta aiheuttavat valon intensiteetin mahdolliset muutokset korjataan automaattisen valonlähteen säädön avulla.

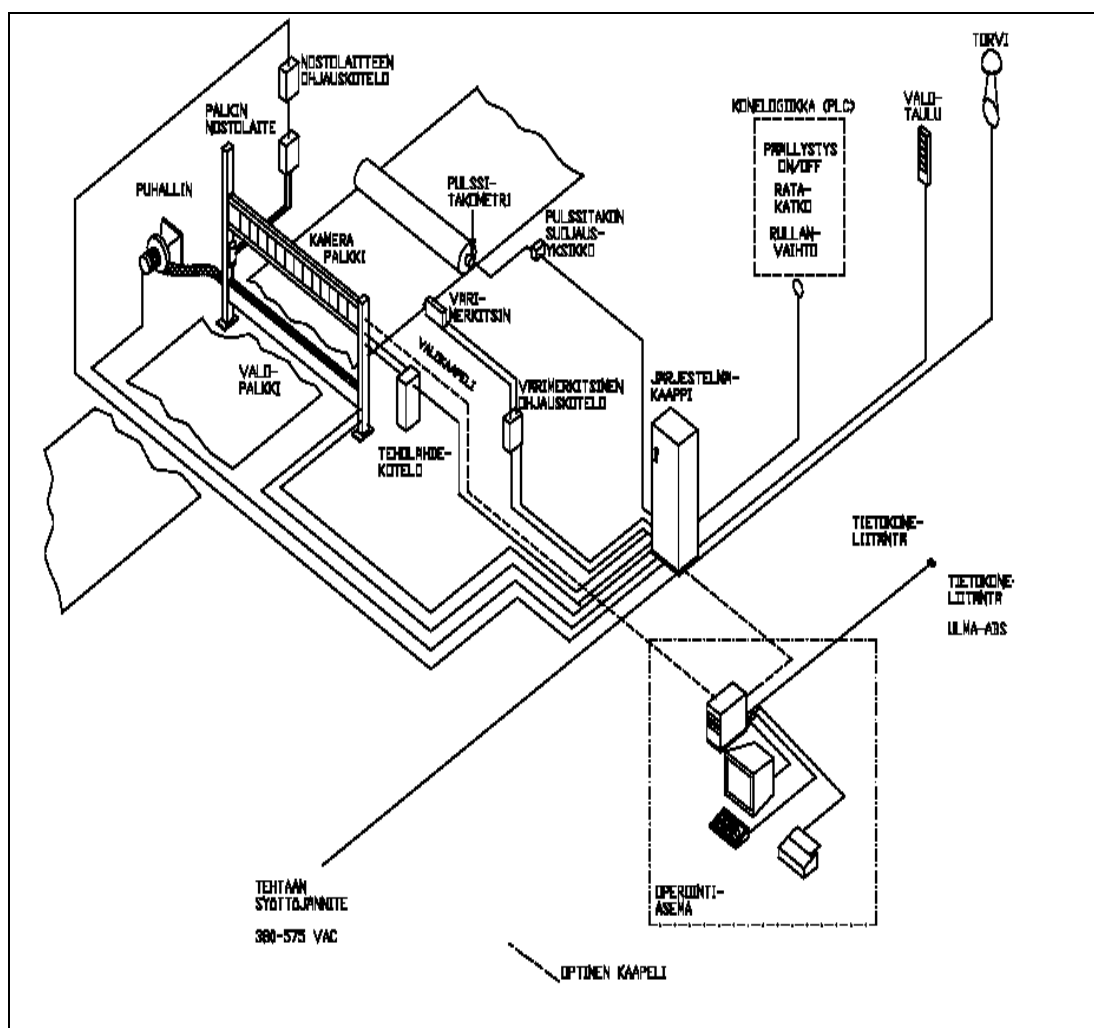
Radan formaation muutokset korjataan automaattisen kohinan korjauksen avulla. Näiden ominaisuuksien ansiosta laitteiston mittatarkkuus ja –herkkyys pysyvät samanlaisina valaistuksen ja radan ominaisuuksien muutoksista huolimatta.

5.3 Laitteiston kokoonpano

Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmään kuuluu käyttäjän työasema, mittauspalkisto, ohjausyksikkö ja oheislaitteisto (kuva 1). Järjestelmään voidaan liittää useita itsenäisiä käyttäjän työasemia, joista yksi PC on pääasema. Muut ovat ala-asemia, jotka on liitetty toisiinsa Windows-liittimellä (TCP/IP-protokolla). Pääaseman ja ala-asemien ohjelmasovellutukset ovat erilaiset. Käyttäjien työasemaan kuuluu näppäimistö ja monitori, jotka on sijoitettu erillisinä valvomoiden pöydälle.

Mittauspalkiston pääosat ovat valopalkki ja kamerapalkki, jotka sijaitsevat tässä kokoonpanossa radan vastakkaisilla puolilla. Kamerapalkki sisältää 18 kamerayksikköä, jotka on sijoitettu paperiradan yläpuolelle. Elektroniikkaohjausyksikkö sisältää mikrotietokonejärjestelmän sekä useita ulkoisen signaalien tulo- ja lähtöyksiköitä. Vahvavirtakaappi huolehtii koko laitteiston tehonsyötöstä. Oheislaitteiston muodostavat kirjoitin, valotaulu ja äänitorvi.

Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmä on Windows-pohjainen ja se vaatii Microsoft NT 4.0 käyttöjärjestelmän ja vapaata kovalevytilaa 50 MB ohjelmatiedostolle ja 500 MB rullien historiatiedoille. RAM-muistin vähimmäiskoko on 512 Mb. Ohjelman piirtotarkkuus on SVGA 1280 * 1024 –näyttögrafiikalla [4].



Kuva 1. Industrial Web Imaging -vianilmaisjärjestelmän rakenne-esittely [4]

5.4 Käyttäjän työasema

Käyttäjän työasemalta, jota kutsutaan myös nimellä operointiasema, ohjataan koko laitteistokokonaisuutta. Laitteistokokonaisuus sijaitsee automaatio-osaston ristikytkentäosastolla. Operointiaseman tehtävänä on välittää tietoa muille järjestelmässä oleville asemille sekä muiden verkkojen välillä. Operointiasemalla käsitellään kamerapalkin havaitsemat virheet, luokitellaan ne vikatyypeittäin eri vikaluokkiin. Työaseman näppäimistöllä voidaan mm. säätää ilmaisuherkkyyttä ja valita halutut tulostuslaitteet, joille viat raportoidaan. Laitteisto koostuu teollisuus-PC-yksiköstä sisältäen CIM-kortin, jolla ohjataan kameroiden liityntäyksikköä. CIM-kortti on asennettu operointiaseman ISA-väylään.

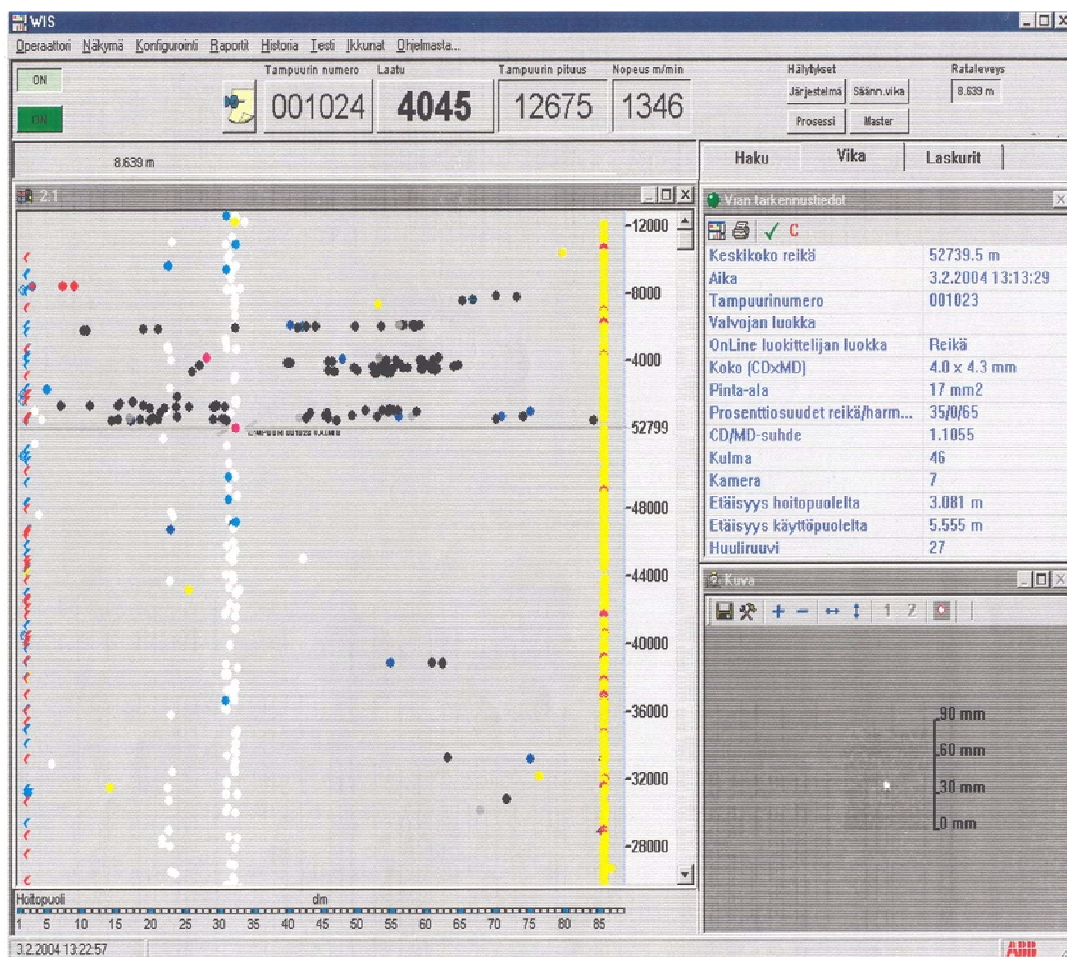
Työasemaan kuuluu myös teholähde, monitori, kirjoitin ja näppäimistö. Nämä voivat sijaita myös käyttäjän työaseman ulkopuolella. Operointiasemalla tehdään laitteiston kaikki konfigurointitoimenpiteet sekä parametrien päivitykset. Operointiasemalla tehdyt konfiguroinnit siirtyvät myös määränpään valvomossa sijaitsevaan PC-yksikköön jota, kutsutaan CLIENT-asemaksi, sekä kuivanpään valvomossa sijaitsevaan PC-yksikköön, jota kutsutaan MASTER-asemaksi. Valvomoissa sijaitsevat CLIENT- ja MASTER-asetat, joiden näytössä näkyy dynaaminen päänäyttö (kuva 2), ovat tehtaan tietoverkossa. Operointiasema muodostaa oman tietoverkkonsa (kuva 3).

Dynaaminen päänäyttö

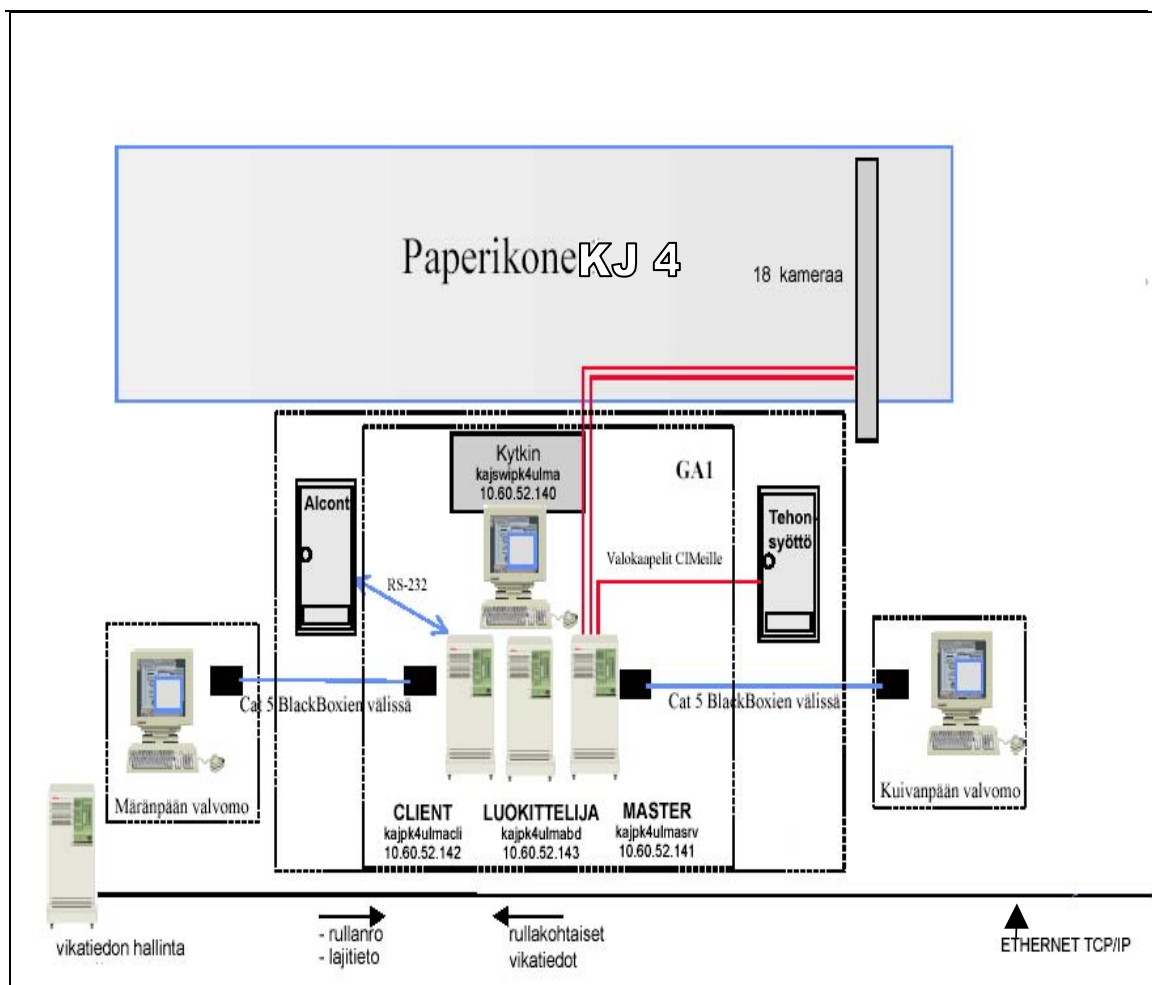
Tässä näyttöikkunassa näkyy yleiskuva valmistetun paperin laadusta. Yksittäiset ja jatkuvat viat näkyvät samassa vikakartassa. Kartat esittävät parhaillaan ajettavan tampourin vikojen sijainnin pituus (MD)- ja poikittaissuunnassa (CD) sekä mahdolliset ratakatkot.

Tampourin vaihdon yhteydessä tulee selvä merkki ja ilmoitus kirjataan myös vikakartalle. Karttaa voidaan vierittää alas- ja ylöspäin karttaikkunan oikeassa reunassa olevasta vierityspalkista.

Päänäytön yläreunassa esitetään järjestelmän tilatietoja ja ajettavan rullan tiedot. Vikakartalla olevia vikoja voidaan hiirellä klikkaamalla tarkastella lähemmin, jolloin vian tarkennustiedot -kenttään tulee vian tiedot ja kuvakenttään vian kuva.



Kuva 2. Client- ja Masterin dynaamiset näytöt valvomossa



Kuva 3. ULMA Nti - vianilmaisjärjestelmän tietoliikennekaavio [4]

5.5 Vikojen luokittelu

Vianilmaisjärjestelmässä on neuroverkko luokitin, joka mahdollistaa rajattoman määrän vikaluokkia. Luokitimessa on perusluokittelu, joka lajittelee viat erilaisiin luokkiin, joita ovat selkeät puhtaat viat, yhdistelmäviat ja matalakontrastiset viat.

Perusvikatyyppejä ovat perusluokittelussa seuraavat ;

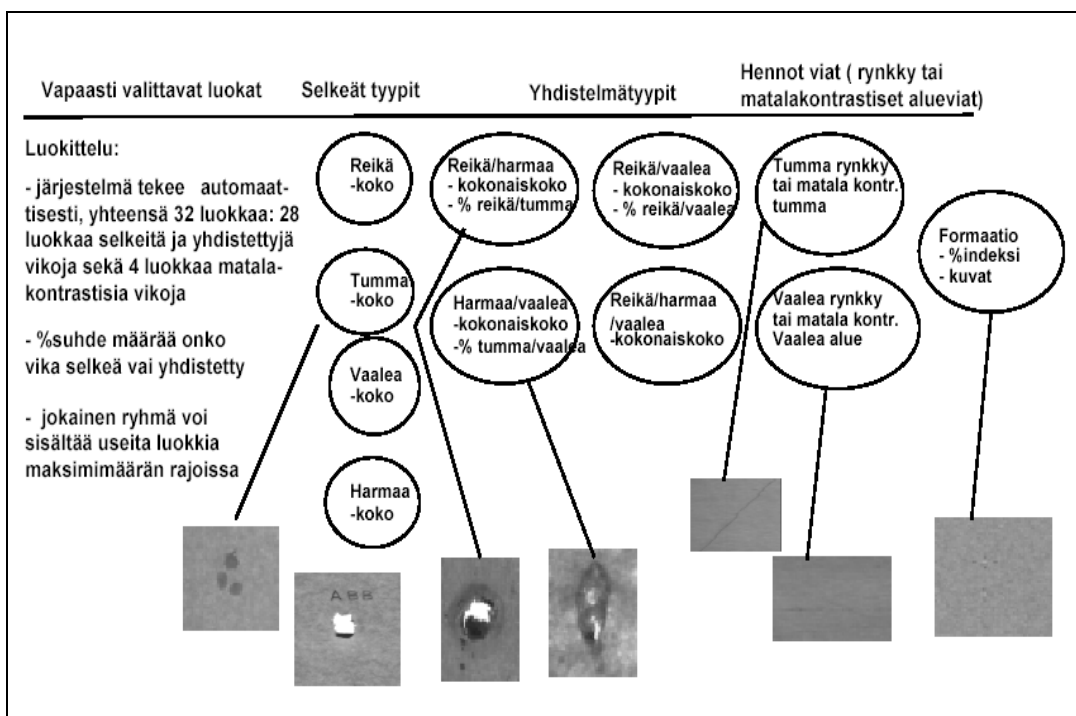
- selkeä reikä
- tumma täplä
- vaalea täplä
- harmaa täplä

sekä seuraavat yhdistelmäviat ;

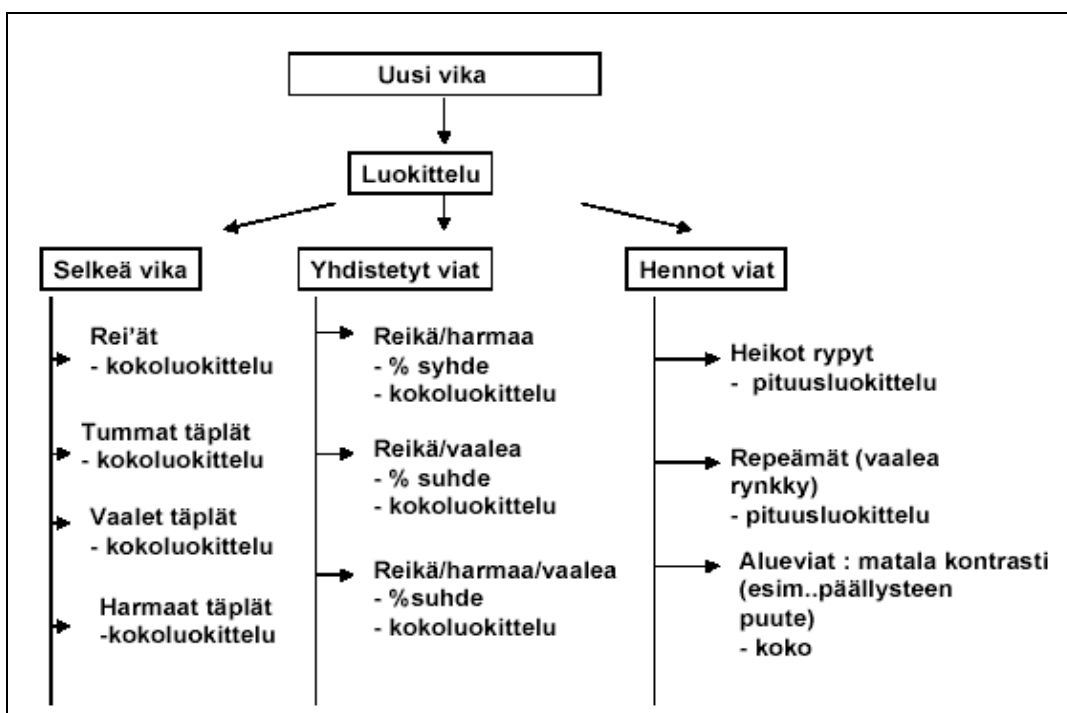
- reikä+harmaata
- reikä+vaaleata
- reikä+harmaata+vaaleata
- harmaata+vaaleata
- matalakontrastinen vaalea ja matalakontrastinen tumma

Jokainen näistä perusvikatyypeistä voidaan jakaa vielä eri luokkiin (kaavio 1) esim. määrittelemällä vian koon mukaan. Luokkien maksimimäärä on 28 normaalia vikaa ja 4 matalakontrastista vikaa, eli yhteensä maksimissaan 32 vikaluokkaa (kaavio 2).

Kun järjestelmässä on on-line-luokittelija, voidaan luokittimeen lisätä halutut vikatyypit ja näin luokitin saadaan rakennettua osaksi järjestelmää. Raportoinnissa pitää ottaa huomioon raportointitapa, raportoidaanko perusluokittelun vai on-line-luokkien mukaan.



Kaavio 1. Vikojen luokitteluprosessi [4]



Kaavio 2. Vikojen koon määrittely periaatteet [4]

5.6 Kamerateat

Digitaalisen kuvan muodostamiseen luonnollisesta kohteesta tarvitaan kaksi välttämätöntä elementtiä. Ensimmäinen elementti on fyysinen laite, joka on herkkä elektromagneettiselle säteilylle halutulla taajuusalueella ja tuottaa sähköisen signaalin suhteessa-aistitun säteilyn energiaan. Toinen välttämätön elementti on digitoija, joka muuntaa ensimmäisen elementin tuottaman sähköisen signaalin digitaaliseen muotoon.

Sijoittamalla edellä kuvatun kaltaisia valoherkkiä elementtejä matriisiin muotoon voidaan muodostaa kuvamatriisi kamerassa. Nykyisellä tekniikalla elementtejä voi olla n. 500 000 kappaletta yhdellä neliösenttimetrillä. Erilaisia piiriratkaisuja on käytetty lukemaan valoherkkien elementtien tuottamaa signaalia, ja teollisuuden konenäköratkaisuissa näistä yleisin on CCD-kamera (Charge Coupled Device).

Kamerajärjestelmiä, joissa pyritään tekemään näköaistiin verrattavia toimintoja CCD-kameran ja tietokoneen avulla kutsutaan konenäköjärjestelmiksi. Tärkein tavoite suurimmalle osalle konenäkösovelluksia on löytää kuvista oleellisia piirteitä, joiden selitys, tulkinta tai ymmärtämys voidaan suorittaa automaattisesti tietokoneella. Konenäköjärjestelmä voi pelkän kuvan muodostamisen ja esityksen lisäksi myös analysoida kuvaa, ymmärtää kuvan merkitystä.

CCD-kameralta tulee standardi analoginen signaali (PAL Euroopassa, NTSC Pohjois-Amerikassa), joka on vielä erikseen konvertoitava digitaaliseksi kuvaksi. Puhuttaessa sovellutuksiin tähtäävästä konenäöstä käytetään usein englanninkielisiä termejä, konenäkö (machine vision), kuva-analyysi (image analysis), näkymäanalyysi (scene analysis) ja kuvan ymmärtäminen (image understanding) [5] .

Tällöin on tärkeää järjestelmätekninen lähestymistapa, jossa otetaan huomioon sovellusten asettamat vaatimukset ja rajoitukset, kuvanmuodostus, algoritmit, järjestelmäarkkitehtuurit, laitteistot ja ohjelmistot, käyttöliittymät yms. Järjestelmässä käytetään viivakameroita ja jokaisessa kamerassa on yksi CCD-kenno. Viivakameran hyvät ominaisuudet sopivat tämän kaltaiseen tarkkaan mittaukseen, joissa vaaditaan nopeutta tarkkailutehtävässä.

Kameroilla on tehokkaat digitaalisignaalin käsittelyominaisuudet, ja niillä pyritään havaitsemaan paperiradalla olevan materiaalin vian aiheuttamat valon intensiteetin muutokset. Kameran pystyvät paikallistamaan vikoja pikselin tarkkuudella. Kameran ilmaisevat muutokset ja luokittelevat ne eri vikatyyppeihin.

Laitteiston kamerat tulee säätää valopalkin keskellä kulkevan ilmaisulinjan nähden ± 3 mm tarkkuudella. Tarkka kohdistus edesauttaa aikaan saamaan mahdollisimman tasaisen signaalin. Kamerapalkki saa apusyöttöjännitteet palkkien lähellä olevasta teholähdekotelosta ja niihin syötettävä nimellisjännite on +48 VDC15 A.

CCD-kamera käsittää kaksi pääosaa:

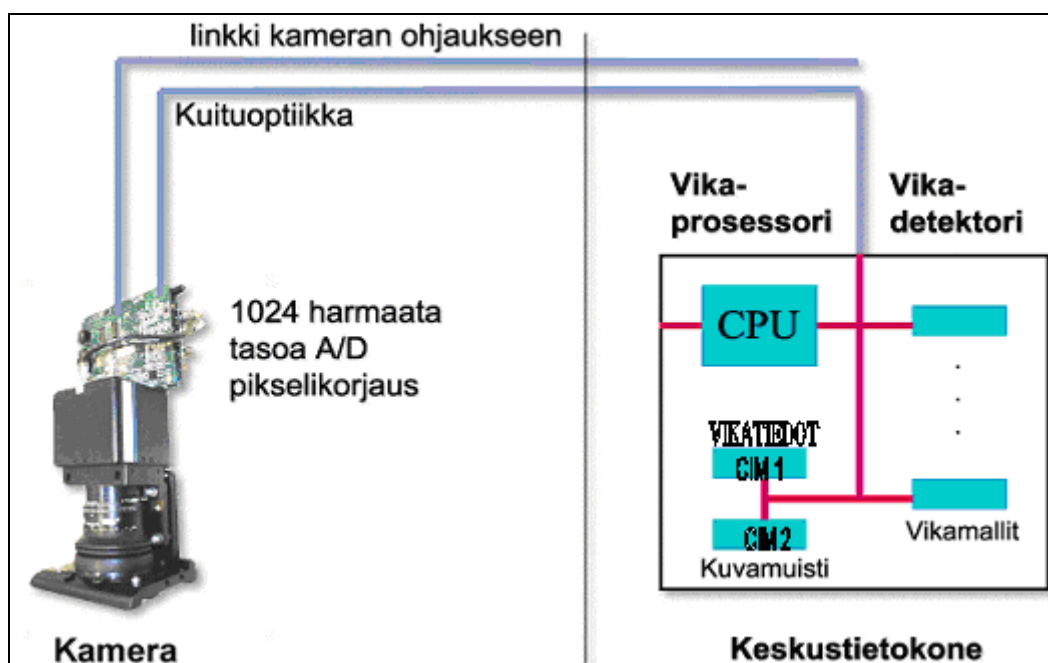
- CCD-yksikön, joka käsittää CCD-kortin, Nikonin 35 mm objektiivin ja objektiivin säätömekanismin. CCD-yksikkö on liitetty lattakaapelilla signaalinkäsittely-yksikössä sijaitsevaan VPM -korttiin. CCD-kortti sisältää CCD-elementin, jossa on 1024 valoherkkä aluetta ja joiden koko on 13 pm x 13 pm pixeliä
- Signaalinkäsittely-yksikön, jossa on neljä elektroniikkamoduulia ja emokortin, johon moduulit on liitetty. Valonlähdepalkin lähettämä valo kulkee objektiivin läpi CCD:lle, joka muuntaa valon kahdeksi videosignaaliiksi.

Videosignaalit vahvistetaan transistoriasteessa ja lähetään 20-napaista nauhakaapelia pitkin analogiakortille.

Signaalin käsittely-yksikön toimintoja

CIM 1 -kortti toimii kameran liityntäyksikkönä ja sen tehtävänä on lähettää operointiasemalle vikatietoja, hälytystietoja, I/O-tilatietoja, laskuritietoja sekä lähettää parametrit kameroille. CIM 1 voi myös vastaanottaa erilaisia viestejä videotasoista ja mahdollisista vioista kameroilla.

CIM 2 -kortti toimii myös kameran liityntäyksikkönä ja sen tehtävänä on harmaasävykyselyt kameroiden IPM-korteilta ja syöttää kuvatiedot PC:lle.



Kuva 3. Kamera ja signaalin käsittely-yksikkö

5.7 Kameran katselualue

Kameran katselualueella tarkoitetaan aluetta, jonka kamera näkee paperiradasta. Yhden kameran katselualue on 518 mm ja koko kameroiden katselualueet menevät päällekkäin noin 6% alueella.

Järjestelmän kamerat ovat vaihtokelpoisia keskenään, kun vaihdoksen yhteydessä kamera konfiguroidaan oikein (Liite A/3). Paperiradan maksimi leveys on 8670mm.

Yhden pikselin kooksi saadaan CD suunnassa;

$$Pikselinkoko = \frac{\textit{katselualue}}{\textit{pikselinmäärä}} = \frac{518\textit{mm}}{1024\textit{pikselliä}} \approx 0,50\textit{mm}$$

ja MD suunnassa;

$$Pikselinkoko = \frac{\textit{koneennopeus(m / min)}}{60} \times \textit{valotusaika}(S^{E-3})$$

$$= \frac{1350\textit{m / min}}{60} \times 0,064\textit{s} \approx 1,4\textit{mm}$$

5.8 Kamerapalkki

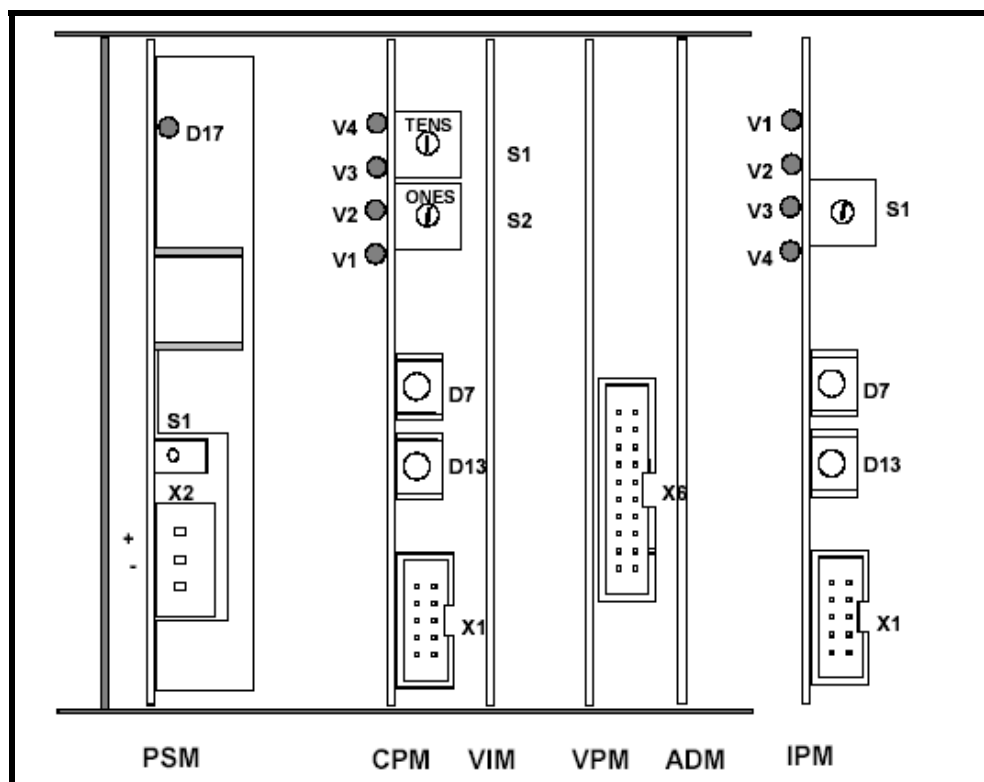
Kamerapalkki sijaitsee paperiradan yläpuolella. Kamerapalkissa on kahdeksantoista kameraa, jotka ovat keskenään täysin vaihtokelpoisia kunhan ne konfiguroidaan vaan vaihdoksissa oikein. Kamerapalkin lähettämät signaalit siirretään valokaapelilla kuituoptiikka-jakeluyksikköön ja sieltä Master-asemaan.

Kameran liitännämoduuli (CIM)

Sijaitsee operointiaseman keskustietokoneen sisällä ja siinä on kolmenlaisia kortteja (kuva 4).

1. CIM-2CH kortti liikennöi kanavassa A kamerajen ja tehonlähdekaapin ohjauskortin kanssa kanavassa B valokaapelien välityksellä. Linkin nopeus on 2Mbit/s kameroihin ja 1,5 Mbit/s tehonlähdekaappiin päin. Linkeissä käytetään HDLC -protokollaa.
2. GCIM-2CH-10MB kortti liikennöi kamerajen IPM -korttien kanssa kanavassa A valokaapelien välityksellä. Linkin nopeus on 10 Mbit/s.
3. GCIM-2CH-2&10MB 10MB on valintakytkin, jolla A-kanavan liikennöinti nopeus voidaan valita joko 2Mbit/s tai 10 Mbit/s.

A-kanavan valokuitulähettimen virtaa voidaan muuttaa kaapelin pituuden mukaan [6].



Kuva 4. Kameran signaalin käsittely yksikkö [6]

Tehonlähdemoduuli (PSM)

Tehonlähdemoduuli tuottaa kameran piirikorttien tarvitsemat stabiloidut apujännitteet. Palkkien pään lähellä oleva tehonlähdemoduuli syöttää +48 V yksikölle. Vihreä led (D 17) ilmaisee tehonsyötön toiminnan. Kytin S1 on tehonsyötön PÄÄLLE/POIS- valintakytkin.

Jännitesyöttö +48 V muutetaan logiikkapiirien tarvitsemaksi +5 V apujännitteeksi. Vihreän ledin tulisi palaa aina. Jos maksimivirrankulutus ylittyy, vihreä led sammuu ja PSM rajoittaa virran +5 V linjalla automaattisesti arvoon 4 A.

Kameran prosessimoduuli (CPM)

Kameran prosessorimoduuli liikennöi käyttäjän työaseman kanssa OPTIMULT-puskurikortin ja valokaapelien välitykseltä. Kameran prosessorimoduuli sisältää myös kameran SW-ohjelmat 256 kbiten EPROM:issa. DSP-prosessorin ohjelmat siirretään uudelleenkäynnistyksen yhteydessä.

Kameran prosessorimoduulissa on kaksi suurtehoprosessoria:

- AMD 29240 RISC joka lukee analogiakortilta tulevat vikatiedot, laskee virheiden koot ja lähettää käyttäjän työasemaan vain virheet, joiden koko ylittää ennalta asetetut minimikoot
- TMS 320C50 signaaliprosessori lukee pikselin tarkkuudella juovatiedot kaksiporttisesta RAM-piiristä ja vertaa niitä käyttäjän työasemassa asetettuihin ilmaisutasoihin. Se myös lähettää asetut ilmaisutasot ylittävät juovatiedot pikselin tarkkuudella pääprosessorikortille.

Jokaisella CPM:llä on oma numero, joka on kameran numero alueella 1...18. Kytkimillä TENS (kymmenet) ja ONES (ykköset) asetetaan kaksinumeroisen numeron ykköset ja kymmenet. Kahdella kameralla ei saa olla samaa numeroa. Kameran ovat myös keskenään vaihtokelpoisia. Kuitenkin kameran osoite on asetettava sen sijaintia vastaavaksi, sekä tarkennus on tarkistettava ja säädettävä vaihdon yhteydessä. CPM:ssä on neljä kameran tila/diagnostiikka-LEDiä. Normaalissa käyttötilanteessa LEDien tilanteen pitäisi olla seuraava:

- V1 juova havaittu, LED palaa.
- V2 kamera on havainnut reiän tai tahran (vilkahtaa kerran).
- V3 vilkkuu ohjelmaa suoritettaessa.
- V4 CIM-liikenne LED, vilkkuu hyvin nopeasti, kun liikenne on käynnissä.

Videosignaalin käsittelymoduuli (VPM) ja videoliitäntämoduuli (VIM)

Videosignaalin käsittelymoduuli ja videoliitäntämoduuli on kiinnitetty toisiinsa ja niillä on vain yksi yhteinen liitin signaalin käsittely-yksikköön. Suurin osa videosignaalin muokkauksesta tapahtuu näissä kahdessa moduulissa.

CCD -yksiköltä tulevat videosignaalit jaellaan videoliitäntäkortilla vikojen ja juovien ilmaisua varten. Vikojen ilmaisua varten videosignaaleista poistetaan tasajännitekomponentti ja korjattua videosignaalia analysoidaan erityyppisten vikojen suhteen, kuten reikien ja vaaleiden tai tummien kohtien perusteella.

Tämän jälkeen referenssitason ylittävät virheet digitoidaan ja niihin lisätään sijainti- ja kokotiedot. Juovien ilmaisemiseksi videosignaali digitoidaan ja sijainti lisätään siihen pikselin tarkkuudella.

Analogia / Digitaalimuunninkortti (ADM)

ADM -kortti on kiinnitetty VPM -korttiin kahdella 20-napaisella liittimellä. 64-napaisen liittimen kautta se liittyy emokorttiin (MOM). ADM -kortti saa VPM -kortilta videosignaalit, jotka se muuttaa kahdella 12-bittisellä A/D muuntimella digitaaliseksi.

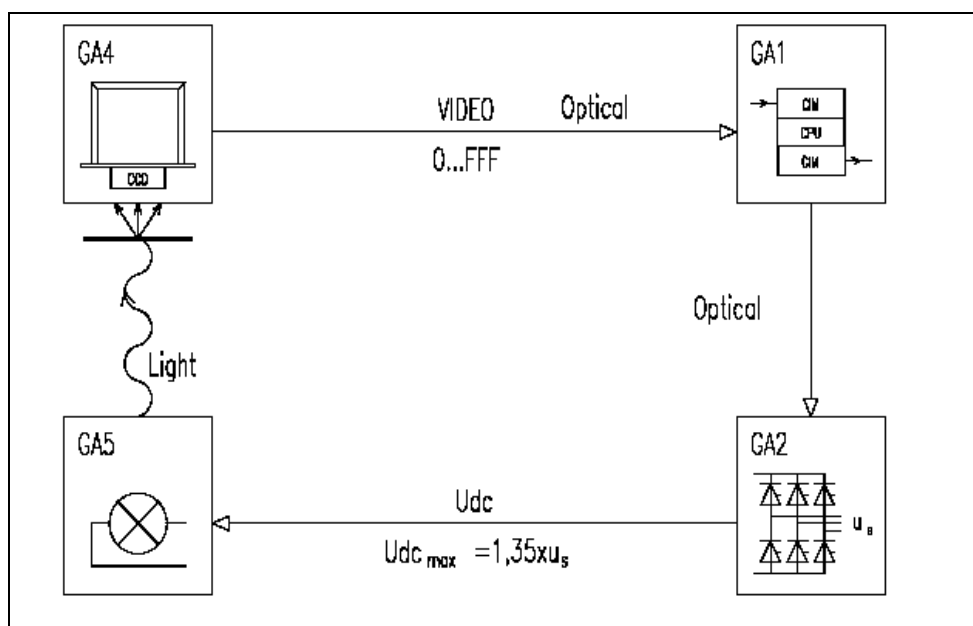
IPM-kortti

IPM-kortti liikennöi käyttäjän työasemassa olevan toisen optionaalisen CIM-kortin kanssa 10Mbit/s nopeudella. Kortilla olevat kaksi prosessoria käsittelevät ADM-kortilta tulevan digitaalisen videosignaalin sekä muodostavat harmaatasokuvan ja käsittelevät dataa eri algoritmeilla.

IPM-kortilla on neljä tila/diagnostiikkalediä. Normaalissa käyttötilanteessa ledien tilat pitäisi olla seuraavanlaiset:

- V1 - kommunikointi, kun ledi valaisee, kommunikointi on kunnossa.
- V2 - vilkkuu ohjelman suoritettaessa.
- V3 - vilahtaa kun kortti lähettää harmaatasokuvan.
- V4 – ledi on testikäytössä.

CIM-kortin tehtävänä on säätää valonlähdepalkin kirkkautta asetuspistearvon mukaisesti säätämällä tehonlähdekaapin tasasuuntaajamoduulin ulostulojännitettä. Asetuspiste (kuva 5) saadaan parametrinäytöstä ja mitattu arvo kameroilta. Ohjaussilmukka käyttää PI-algoritmia, jonka aikavakio on sekunteja [6].



Kuva 5. Valonlähdepalkin kirkkautta säätö[6]

5.9 Objektiiivit

Käytännön objektiivit on useammasta linssistä koostuva linssisysteemi. Linssit vahvistavat keskellä enemmän valoa kuin linssien reunoilla. Objektiveissa valon pääsyä niiden läpi kontrolloidaan himmentimellä. Yleensä himmennin sijaitsee objektiivin sisällä. Laitteiston kameroissa on Nikonin 35 mm objektiivit.

f-luku

Objektiveissa valon pääsyä niiden läpi kontrolloidaan himmentimellä. Yleensä himmennin on objektiivin sisällä, mistä aiheutuen alue, joka päästää valoa läpi, on suurempi objektiivin ensimmäisen linssin pinnalla kuin himmentimen kohdalla.

Tästä aiheutuen f-luku määritellään,

$$f - luku = \frac{\text{efektiivin en polttoväli}}{\text{tulopupill in halkaisija}} ,$$

kun himmennin on täysin auki. Tulopupillin halkaisija on tyypillisesti hieman suurempi kuin itse himmentimen halkaisija. Objektivein sanotaan olevan sitä valovoimaisempi mitä pienempi f-luku sillä on.

Aukkoluku

Objektivein aukkoluku on 2.0 ja sen avulla kontrolloidaan esineestä kuvaan pääsevän valon määrää. Mitä pienempi on aukkoluvun arvo, sitä suurempi on himmentimen aukko. Näin ollen mikäli halutaan päästä samaan valotukseen ilmaisimella, täytyy valotusaikaa kasvattaa kaksinkertaiseksi.

Himmentimen aukon muuttaminen vaikuttaa sekä valotukseen että terävyysalueen laajuuteen. Mitä pienempi aukko on, sitä suurempi on

terävyysalue. Kun kuvataan ns. normaalietaisyyksillä, tarkka alue ulottuu kauemmaksi tarkennetun kohteen takana kuin edessä.

5.10 Valotusaika

Kameran CCD-kennolle valoa tulee koko ajan, kun laitteisto on käytössä. Valotusaikaa voidaan säätää sähköisellä suljintoiminolla määrittelemällä sille arvo. Näin syntyy aika, jolloin valon annetaan muodostaa signaalia. Kameroiden valotusajaksi on säädetty 64 μ s, jolla saadaan teräviä kuvia liikkuvista paperiradasta ja siinä mahdollisesti ilmenevistä vioista.

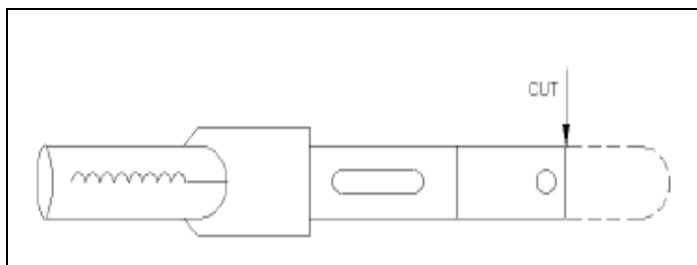
5.11 Valopalkki

Järjestelmän valonlähteelle asetetaan useita vaatimuksia. Ensinnäkin sen on kyettävä tuottamaan riittävästi valoa. Kovista paperinnopeuksista johtuen käytettävät valotusajat ovat hyvin lyhyitä, jolloin tarvittavan valonmäärä on suuri. Lisäksi valonintensiteetin täytyy säilyä stabiilina riippumatta ympäristön muutoksista, kuten valopalkin likaantumisesta, lamppujen ikääntymisestä tai paperin opasiteetin muutoksista. Valon tulee myös olla jatkuvaa eikä se saa välkkyä.

Laajaspektriset halogeenilamput ovat erittäin hyvä valinta paperin vianilmaisuuksiin. Niillä saavutetaan voimakas valonintensiteetti ja niiden spektri vastaa hyvin CCD-elementin signaalin herkkyydsaluetta. Lamppujen intensiteettiä voidaan säätää dynaamisesti käyttämällä korkealuokkaista tasasähkömuunninta. Lamppujen putkimaisen muodon ansiosta voidaan valopalkki rakentaa siten, että sillä saavutetaan tasainen valo koko katselualueelle. Näin saadaan varmistettua tasainen signaalitaso.

Valopalkin valaistus on hoidettu 18 lampulla (kuva 6). Valopalkin molemmissa reunoissa on kolme kappaletta 3 kW lamppea, joiden pituus on 700 mm ja palkin keskellä on kaksitoista kappaletta 2 kW lamppeja, joiden pituus on 410 mm.

On erittäin tärkeää muistaa, että lamput tulee vaihdon yhteydessä asentaa tarkasti heijastimen keskelle. Lampuissa käytetään paksua hehkulankaa, jolla saadaan aikaan tasainen valovoima. Laajan spektrinsä ansiosta ne soveltuvat hyvin useimmille paperilaaduille. Lisäksi niiden käyttöikä on hyvin pitkä, vähintään viisi vuotta.



Kuva 6. Valopalkin lamppu [6]

Valonlähdepalkki siirtyy automaattisesti mittausasentoon (kuva 7), kun Industrial Web Imaging kytketään päälle (ON). Jos vianilmaisoin sammutetaan (OFF) tai paperirata katkeaa, palkki siirtyy automaattisesti pois mittausasennosta keltaiseen valmiustilaan. Valonlähdepalkissa on hehkulamput, jotka lähettävät sekä näkyvää, että infrapunasäteilyä. Lamput palavat kirkkaasti, kun mittaus on käynnissä.

Radan katketessa valo himmenee. Kun rata on päällä, valo on kirkas ja katsomista suoraan siihen lähietäisyydeltä tulee välttää. Järjestelmän käyttäminen ei vaadi valoon katsomista. Vaikka valopalkkia jäähdytetään jatkuvasti, lasin ja sivulevyjen lämpötila voi nousta yli 100 °C:n.

Lamput himmennetään jos rata katkeaa, mutta palkki pysyy kuumana, kunnes puhallin on jäähdyttänyt sen. Valonlähdepalkin lämpötilaa valvotaan jatkuvasti pt 100 -lämpöantureilla. Jos lämpötila ylittää varoitusrajan, järjestelmä hälyttää, ja jos hälytysraja ylitetään, valonlähdepalkin syöttöjännite katkeaa automaattisesti.



Kuva 7. Valopalkki, paperirata sekä kamerapalkki

5.12 Valopalkin jäähdytys

Palkkien jäähdytyspuhallin on asennettu käyttö puolelle paperikonetta.

Tuloilman lämpötilan tulee olla + 10 °C ... + 40 °C. Puhaltimelle tuotava ilman on oltava puhdasta ja sen virtaus on oltava esteetöntä. Epäpuhtaudet aiheuttavat valopalkissa lämpötilan nousua ja niinpä puhaltimen suodatin on muistettava vaihtaa säännöllisin väliajoin. Hyvä jäähdytysilman laatu merkitsee lisääntyntä järjestelmän luotettavuutta ja käyttöikä. Jäähdytysilma siirretään pilariin yhdellä 6" letkulla [7].

5.13 Tehonlähdekaappi

Kaikki Industrial Web Imaging -järjestelmän tarvitsemat jännitteet saadaan tehonlähdekaapistä, joka on liitetty tehtaan sähköverkkoon.

Tehonlähdekaapin varokeytkimellä saadaan koko Industrial Web Imaging järjestelmä tehtyä jännitteettömäksi.

Tehonlähdekaapin tehtävät

Tehonlähdekaapin tehtävänä on tuottaa 230 V jännite ($\pm 5\%$) käyttäjän työasemalle ja palkkien nostolaitteelle ja valonlähdepalkille. Kaapin tehtävänä on myös suojata ympäristölaitteet kontaktorien ja releiden avulla, sekä katkaista kaikki järjestelmän tehonsyötöt kun pääkytkintä käännetään.

Sähkönsyötön erittely;

- Syöttöjännitteet otetaan tehtaan verkosta 3-vaihe 600 V
- Syöttöjännitteen vaihtelut $\pm 10\%$ jatkuva, $\pm 15\%$ hetkellinen
- Nimellistaajuus 50 Hz
- Staattinen taajuuspoikkeama $\pm 2\%$
- Dynaaminen taajuusalue 45 ... 65 Hz
- Dynaaminen df/dt 17 % / s
- Tehonlähdekaapin lämpöhäviöt ovat enimmillään n. 700... 1000 W

5.14 Pulssitakometri

Industrial Web Imaging -järjestelmän pulssitakometri antaa 1024 impulssia/kierros, se asennetaan palkkien lähellä olevaa telaa pyörittävän moottorin akselille. Rullan pitää olla sellainen, että rata ei pääse sillä luistamaan.

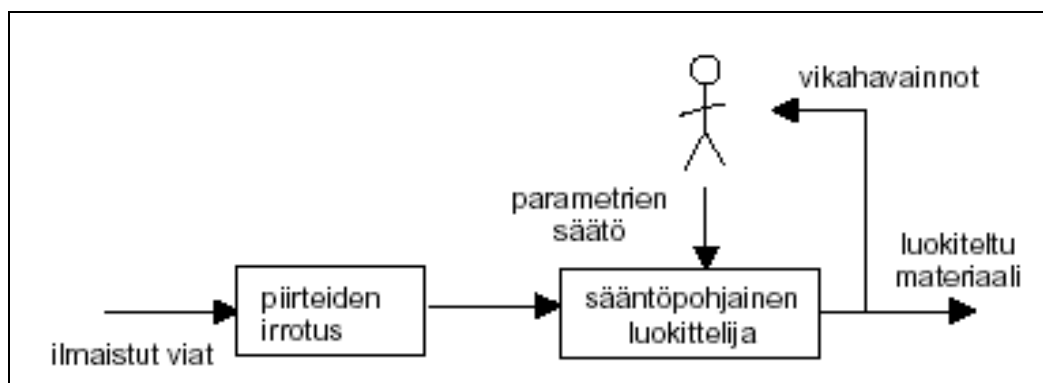
Impulssit voidaan ottaa myös sähkökäytöstä tai olemassa olevasta takometristä. Industrial^{IT} Web Imaging järjestelmää varten tulisi mieluiten käyttää erillistä kanavaa ja laitteiston pitäisi olla galvaanisesti eristetty. Maksimipulssitaajuus on 30 kHz .

6 LUOKITTELU

Luokittelun (classification) tavoitteena on jakaa aineisto luokkiin ennalta määriteltyjen päättelysääntöjen avulla. Luokittelussa on yleensä kaksi vaihetta; päättelysääntöjen määrittely ja luokittelu määriteltyjen sääntöjen perusteella.

Luokittelu voidaan jakaa sääntöpohjaiseen luokitteluun, jossa käytetään automaattista luokittelua kiinteillä säännöillä tai esimerkkeihin perustuvaan opettettavaan luokittimeen.

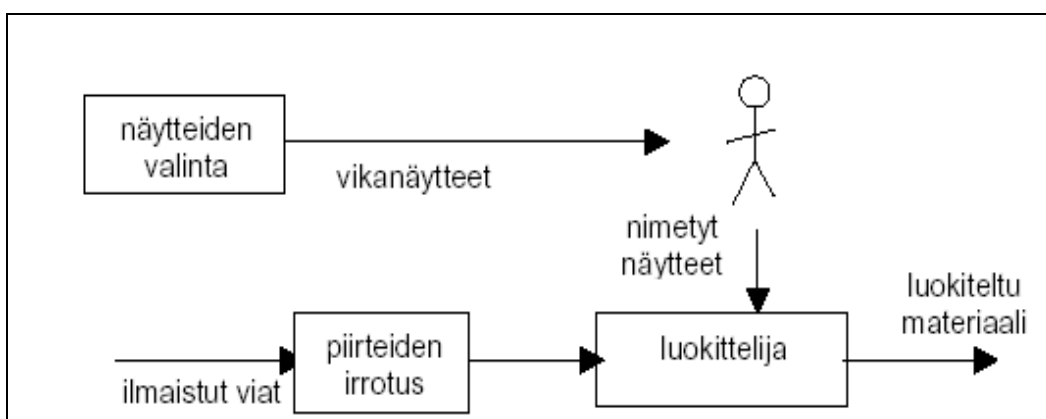
Sääntöpohjainen luokittelu (kuva 8) perustuu tunnuslukujen avulla tehtävään päättelyketjuun. Sääntöpohjaisen luokittelun hallinta ja konfigurointi on vaikeaa, koska käyttäjän tulee tuntea tunnuslukujen merkitys. Vikojen ilmaisun muuttaminen vaatii koko päättelyketjun läpikäymistä ja monia vikoja ei pystytä erottelemaan yksinkertaisilla säännöillä.



Kuva 8. Sääntöpohjaisen luokittelun periaatekuva [8]

Esimerkkeihin perustuva luokittelussa (kuva 9) käyttäjän ei tarvitse ymmärtää tunnuslukujen, eli vikapiirteiden merkitystä. Esimerkkeihin perustuva eli opetettava luokitin tarvitsee paljon opetusmateriaalia, sillä opetusmateriaalin taso vaikuttaa suoraan luokittimen suorituskykyyn. Tämän tyyppinen opetettava luokitin luottaa täysin esimerkkeihin eli opetusmateriaaliin, jolla luokitin opetetaan.

Ihmisen tekemä valinta opetusjoukon vikatyypeistä on kuitenkin usein virheellistä, joten monet näytteistä saatetaan nimetä väärin. Niinpä opetusjoukkoa tehtäessä ja vikoja nimettäessä on oltava erityisen huolellinen. Näytteillä opettaminen on aikaa vievää ja opetusta joudutaan toistamaan materiaalin ulkonäön vaihdeltaessa, sekä uusien vikatyypin ilmaantuessa [8].



Kuva 9. Luokittimen opettaminen esimerkkeihin perustuvalla materiaalilla [8]

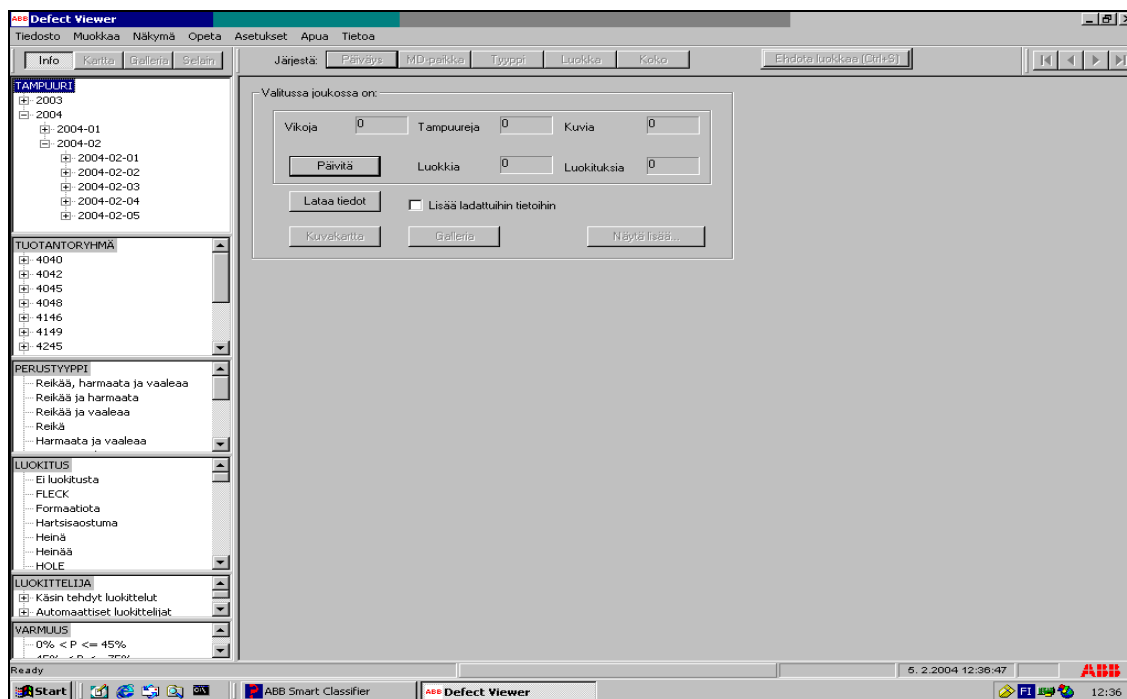
6.1 Defect Viewer

ABB WIS järjestelmän luokitin perustuu opetusmateriaalilla opettujen vikatyypien tunnistukseen ja sitä voidaan täydentää ehdottomilla säännöillä. Säännöillä voidaan sulkea pois tai sallia tietyt vikaluokkia annettujen ehtojen täytyessä. Järjestelmä on rakennettu Windows-sovellus pohjalle, joka suorittaa vikatietojen ja kuvien haun ABB WIS --järjestelmän Oracle 9i tietokannasta. Sovellus mahdollistaa useiden vikakuvien yhtäaikaisen tarkasteluun eri hakukriteerien perusteella.

Aineisto voidaan valita aina erikseen luokittelun opettamista varten. Siinä voidaan tarkastella kohteita, jotka kuuluvat johonkin vikaluokkaan. Vikatyyppin luokkaa ei havaita suoraan, vaan sen ominaisuuksista pystytään tekemään mittauksia, joiden perusteella kohteen oikea vikaluokka yritetään selvittää.

6.2 Defect Viewerin käyttöliittymä

Käyttöliittymässä (kuva 10) on kolme erilaista tarkentuvaa tasoa vikamateriaalin tarkasteluun, informaatio-näkymä, galleria-näkymä ja kuvaselain. Käyttöliittymän vasemmassa reunassa olevassa hakupuu- valikossa voidaan asettaa tarkennettuja hakuja halutuilla rajauksilla.



Kuva 10. Defect Viewerin käyttöliittymä

- Informaatio-näkymässä tehdään haluttavien hakukriteerien valinnat tässä valitaan konerulla...luokka...luokittelija...päiväys. Tässä vikatyypit, jotka näyttävät samanlaisilta, sijoittuvat automaattisesti lähelle toisiaan itse organisoituvan kartan avulla.
- Galleria-näkymässä nähdään informaatio-näkymässä valitut vikakuvat tarkemmin tarkasteltuna. Tässä voidaan tehdä tarkempaa vikojen tarkastelua ja kuvaruudulle saadaan mahtumaan monta kuvaa. Luokituksen ehdottaminen voidaan tehdä tässä näkymässä.
- Kuvaselaimessa tehdään vikojen tarkastelu oikeassa mittakaavassa sekä hyväksytään oikeat ehdotetut luokitukset. Tässä tehdään myös väärin menneiden luokitusten korjaus ja uusi hyväksyntä.

6.3 Piirteet

Kukin vika esitellään luokittimelle piirteiden avulla määritellystä vika-alueesta. Tästä lasketaan useita kymmeniä tunnuslukuja, jotka kuvaavat vian ulkoasua. Samankaltaiset viat saavat lähekkäisiä arvoja ainakin joidenkin piirteiden suhteen. Piirteiden avulla viat voidaan ryhmitellä itseorganisoituvalla kartalla.

6.4 Itseorganisoiva kartta (SOM)

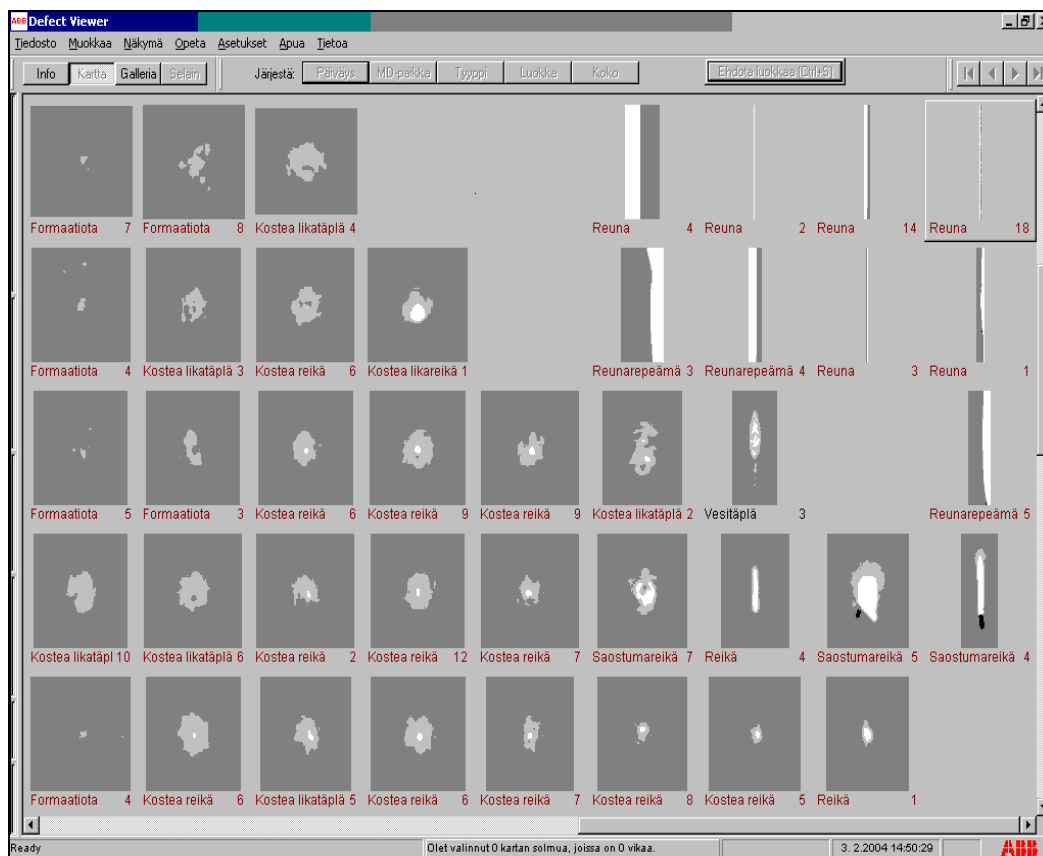
Sovellus järjestee vikakuvat automaattisesti, sillä perusteella miltä ne näyttävät (kuva 11). Itseorganisoituva kartta on neuraalilaskentaan liittyvä menetelmä muokata moniulotteisesta tietoaaineistosta alempiulotteinen, ihmiselle helpommin ymmärrettävä esitys. Sen avulla on mahdollista luokitella tietoa ja löytää yhtäläisyyksiä, joita muutoin olisi vaikea huomata.

Itseorganisoiva kartta (SOM) on suomalaisen professori Teuvo Kohosen kehittämä tietojenkäsittelymenetelmä. Itseorganisoivan kartan avulla voidaan havainnollistaa esimerkiksi prosessien tiloja tai taloudellisia muutoksia esittämällä niiden keskeisimmät riippuvuussuhteet karttapiirroksena.

Itseorganisoivassa kartassa on kysymys joukosta ohjelmoituja laskenta-algoritmeja, joissa lukuisat itsenäiset ja aktiiviset mallit kilpailevat saadusta yhteisestä informaatiosta ja eri mallit erikoistuvat kuvaamaan erityyppistä osainformaatiota [9].

Samalla mallien muodostamaan näyttöpaneeliin syntyy hyvin havainnollinen visuaalinen esitys saadusta informaatiosta ja sen keskinäisistä riippuvuussuhteista.

Kukin malli vastaa kuvapinnalla yhtä palikkaa, joihin jokaiseen on mahdollista kirjoittaa esitettävän informaation nimi [10].

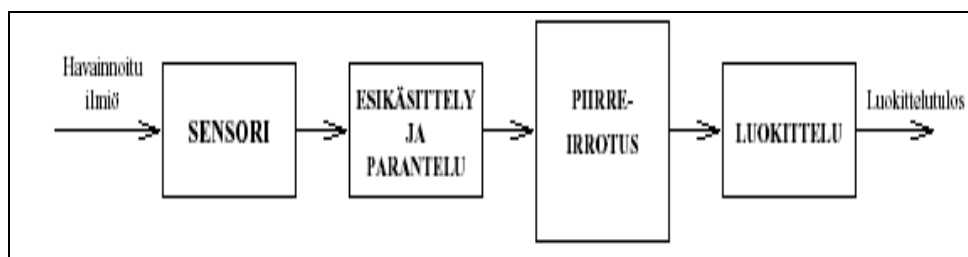


Kuva 11. Itseorganisoiva kartta järjestellyt vikakuvat

6.5 Kuvan muodostaminen ja esikäsittely

Erilaiset rakennetut sovellukset ja konenäköjärjestelmät yleensäkin voidaan rakenteeltaan esittää kuvan 12 mukaisesti. Tämä on yleisen hahmontunnistusjärjestelmän rakenne, mitä konenäkökin on. Järjestelmän ensimmäinen elementti on sensori, joka muodostaa kuvauksen havainnoitavasta ilmiöstä. Konenäköjärjestelmässä sensorina toimii CCD-kamera. Mitattu ilmiökuvaa saattaa kaivata esikäsittelyä, jotta tarpeellinen tieto saadaan siitä selvästi esille ja häiriöt poistettua.

Seuraavaksi esikäsitellylle kuvalle tehdään piirreirrotus, eli haetaan kuvasta vain oleellinen tieto, kuten tietyt hahmot, reiät tai kuvan kirkkaus. Lopulta irrotetut piirteet annetaan luokittimelle, joka osaa niiden perusteella tehdä luokittelun kuvalle [10].



Kuva 12. Konenäköjärjestelmän rakenne [10]

Konenäköjärjestelmässä on valvottavasta prosessista saatu digitaalinen kuva aina esitetty kuvamatriisin avulla. Kuvamatriisi koostuu pikseleistä, jossa yksi pikseli on digitaalisen kuvan pienin yksikkö. Kuvamatriisi-esityksellä saadaan muodostettua valokuvamainen luonnollinen kuva kameran ottamasta kuvasta. Valokuvamaisessa kuvassa on tarpeellista, että pikselillä on myös laajempi skaala arvoja kuin binäärisessä kuvassa.

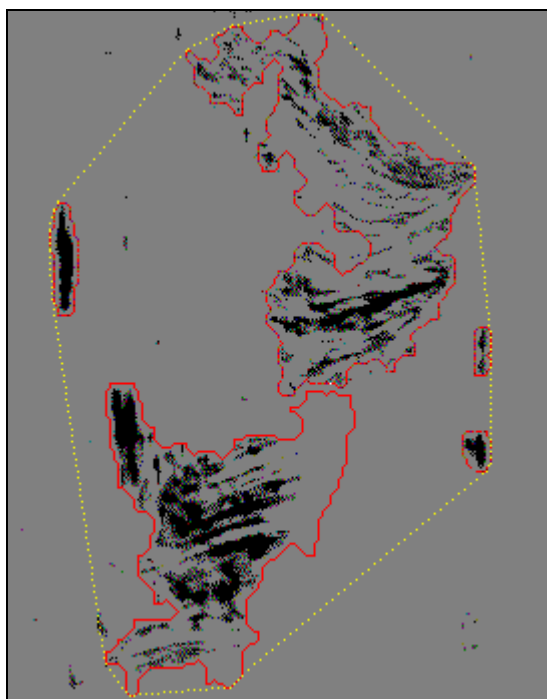
Pikselille voidaan antaa sen kirkkauden mukaan arvoja esimerkiksi välillä 0 - 255 (8 bittiä). Tällaista valon eri intensiteettiarvoja sisältävää kuvaa nimitetään harmaatasokuvaksi [10]. Suuri erillinen ryhmä kuvissa oleville virheille ovat kohinat. Kohinoita on monia erilaisia tyyppisiä kohinan lähteestä riippuen ja näihin on kehitetty runsaasti kohinaa vähentäviä menetelmiä.

Tehdasympäristöissä johtimiin indusoituu suuria häiriöjännitteitä ja näistä ei päästä eroon millään kohinanpoistomenetelmillä. Yksi ratkaisu häiriöiden minimointiin on mahdollisimman lyhyiden analogisten johtimien käyttö ja analogisten johtimien välillä signaalin muuntaminen optiseksi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

6.6 Piirreirrotus

Kaksi ensimmäistä vaihetta konenäköjärjestelmässä mahdollistavat ensimmäisen varsinaista analyysia olevan vaiheen, piirreirrotuksen (kuva12). Kuten aikaisemmin mainittiin useimpien kuvankäsittelyjärjestelmien tärkein tavoite on etsiä kuvasta oleellisia piirteitä, joiden avulla näkymän kuvaus, tulkinta tai ymmärrys voidaan tuottaa automaattisesti koneella. Piirreirrotuksessa halutaan kuvasta löytää ja mitata tehtävän kannalta oleellisia piirteitä.

Usein kohteista saatavaa mittausta ei luokitella suoraan, vaan sen dimensiota pienennetään ensin piirreirrotuksella (engl. feature extraction). Piirreirrotuksen tarkoituksena on paitsi nopeuttaa luokittimen päätöksentekoa myös tehdä luokittimen estimointi nopeammaksi ja tarkemmaksi [10]. Vian ympärillä (kuva 13) oleva keltainen katkoviiva sisältää kaikki vian luokitteluun vaikuttavat alueet, eli sisälle mahtuu myös muita alueita kuin oleellisimmat, mikäli vikaan sellaisia liittyy. Punainen äärioviiva kertoo löytyneen vika alueen rajauksen, siten että huomioidaan vain vian kannalta oleellisin yhtenäinen alue.

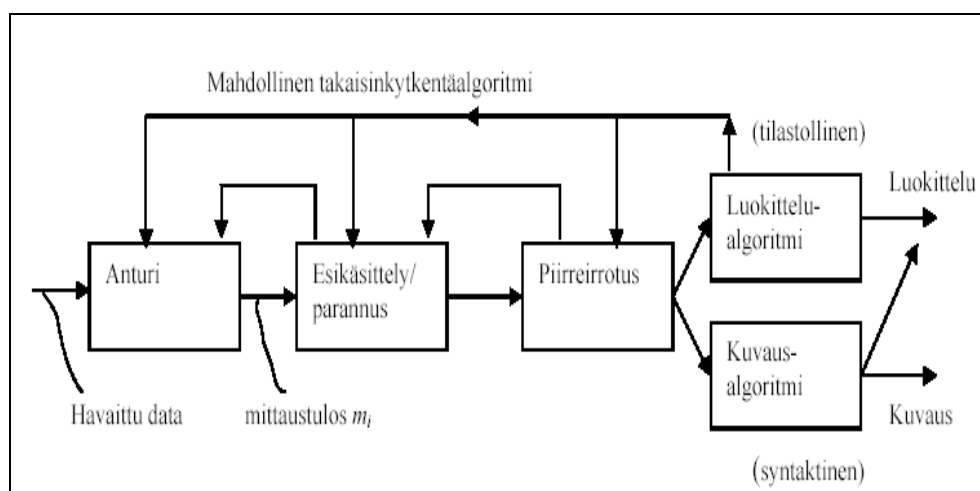


Kuva 13. Piirreirrotus oleellisimmista piirteistä.

6.7 Hahmontunnistus

Hahmontunnistus (engl. pattern recognition) tarkoittaa mittausten ja havaintojen tekemistä luonnollisista kohteista, näiden mittausten automaattista analyysiä ja kohteiden tunnistamista analyysin perusteella (kuva 14). Tehokkaaseen hahmontunnistukseen pyritessä tarvitaan usein mittaustulosten esikäsittelyä. Esikäsittelyn jälkeen tulokseksi saadaan piirteitä ja niiden välisiä riippuvuuksia [10].

Hahmontunnistusta sovelletaan mitä erilaisimmilla aloilla, ja sen käyttö lisääntyy jatkuvasti, kun pyritään järjestelmien entistä suurempaan automaattisuuteen. Joissakin sovelluksissa tunnistettavista kohteista on olemassa niin paljon etukäteistietoa, että alan asiantuntija pystyy suoraan kertomaan, miten kohteet voidaan tunnistaa mittausten perusteella [11].



Kuva 14. Hahmontunnistusjärjestelmän rakenne [12]

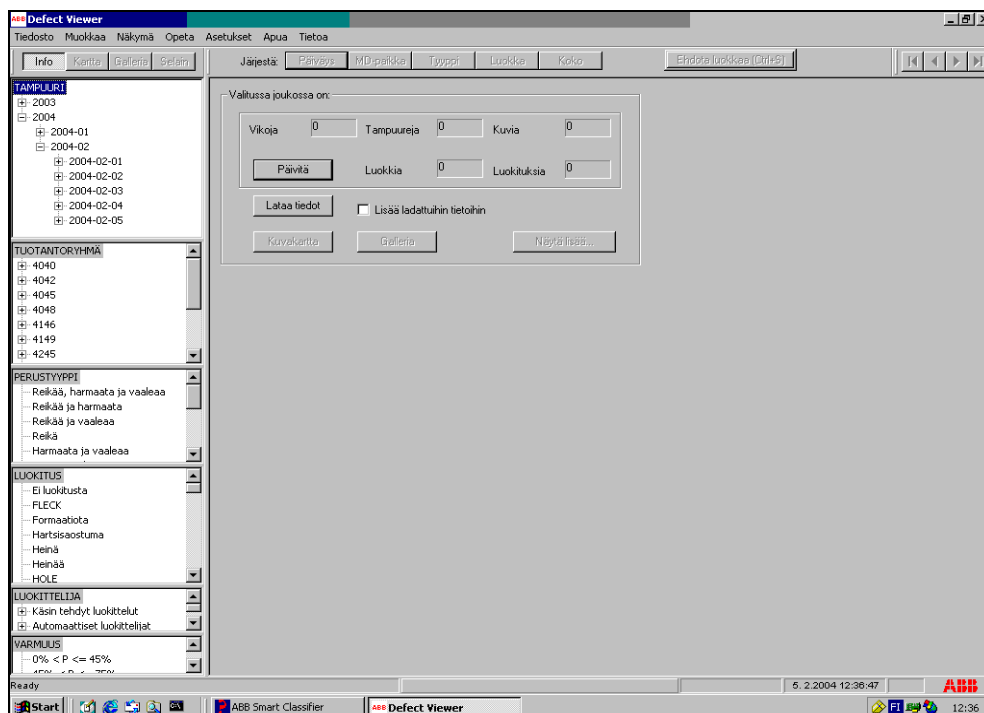
6.8 Piirteiden luokittelu

Piirreirroituksen jälkeen piirteille yhdelle tai useammalle, suoritetaan luokittelu eli piirteet luokitellaan johonkin kategoriaan tai niiden perusteelle kuvan prosessille annetaan joku arvo. Syötteenä luokittimelle on yleensä useita piirteitä ja siksi puhutaankin piirrevektorista[12]. Epäluotettavat tulokset oppivassa konenäköjärjestelmässä johtuvat usein juuri huonosta datan laadusta tai epäonnistuneesta piirreirroituksesta.

6.9 Luokittimen opetus

ABB WIS vianilmaisujärjestelmän luokitin perustuu Windows-sovellukseen, jossa voidaan suorittaa vikakuvien haku useamman eri hakukriteerin perusteella (kuva15). Sovellus mahdollistaa myös useampien vikakuvien yhtäaikaisen tarkastelun ja siinä voidaan rajata haluttu aineisto luokittelun opettamista varten.

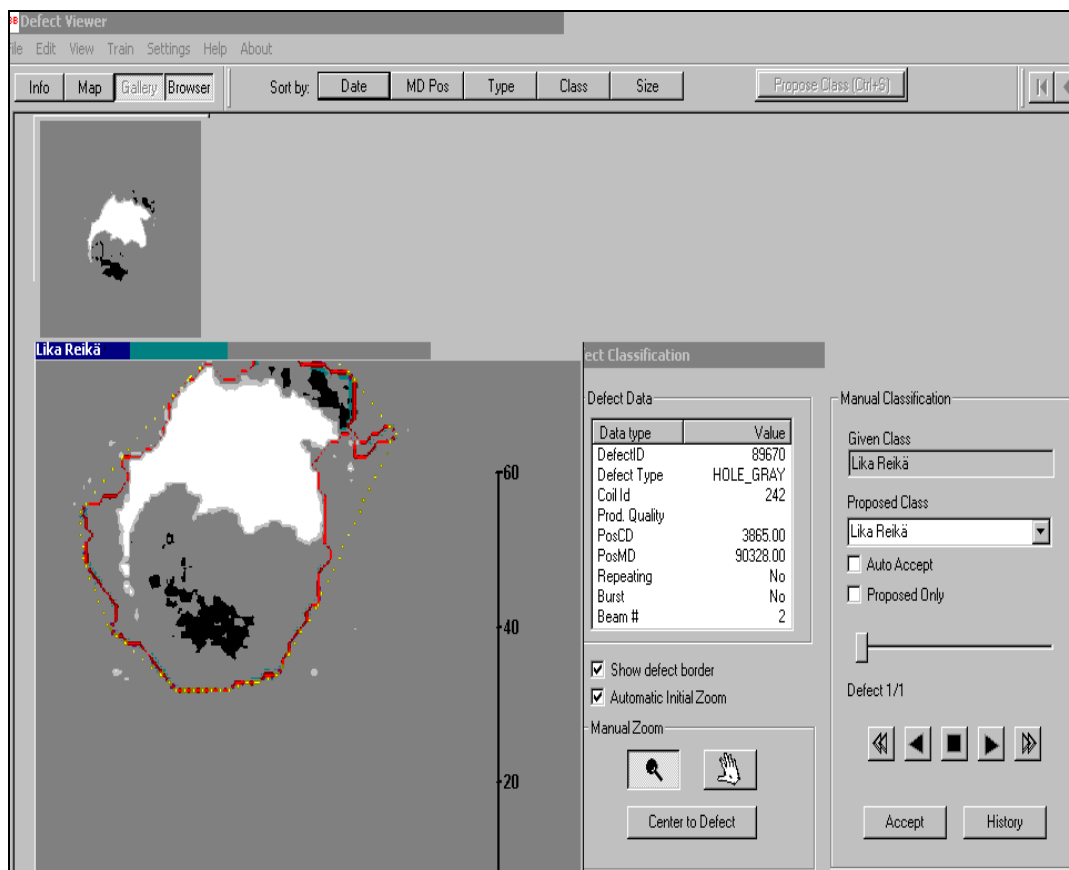
Luokittimella tarkoitetaan tässä opetettavaa järjestelmää, joka oppii ennustamaan tai arvioimaan syötteen avulla halutun muuttujan arvoa.



Kuva15. Defect Viewer -sovellus.

Nopeimman ja joustavimman vaihtoehdon mahdollistaa luokittelusäännöstön tai -mallin automaattinen muodostaminen opetusaineiston avulla. Jos käytössä ei ole valmiiksi luokiteltua aineistoa tai jos dokumenttien väliset yhteydet halutaan selvittää ilman etukäteen määrättyjä luokkia, luokitteluohjelman voi vain pyrkiä liittämään yhteen toisiaan muistuttavat dokumentit.

Kukin valittu vika tulee hyväksyä kuvaselaimessa (kuva 16), jotta se tulee lisätyksi opetusmateriaaliin ja sitä kautta luokittimeen.



Kuva 16. Kuvan nimeäminen ja vian hyväksyminen kuvaselaimessa.

Kun opetusjoukkoon on saatu luotua kattava määrä vikoja, jossa tulee olla noin 50 vikaa joka luokkaan kohden, niin vioista voidaan tehdä opetusjoukko (kuva 17).

Defect Viewerillä voidaan luoda useita opetusjoukkoja, joita voidaan opetusvaiheessa yhdistellä vapaasti toisiinsa. Yhdistetylle opetusjoukolle (kuva 18) annetaan joukkoa kuvaava nimi.

Valitussa joukossa on:

Vikojä	12032	Tampureja	788	Kuvia	11829
<input type="button" value="Päivitä"/>		Luokkia	34	Luokituksia	12032

L

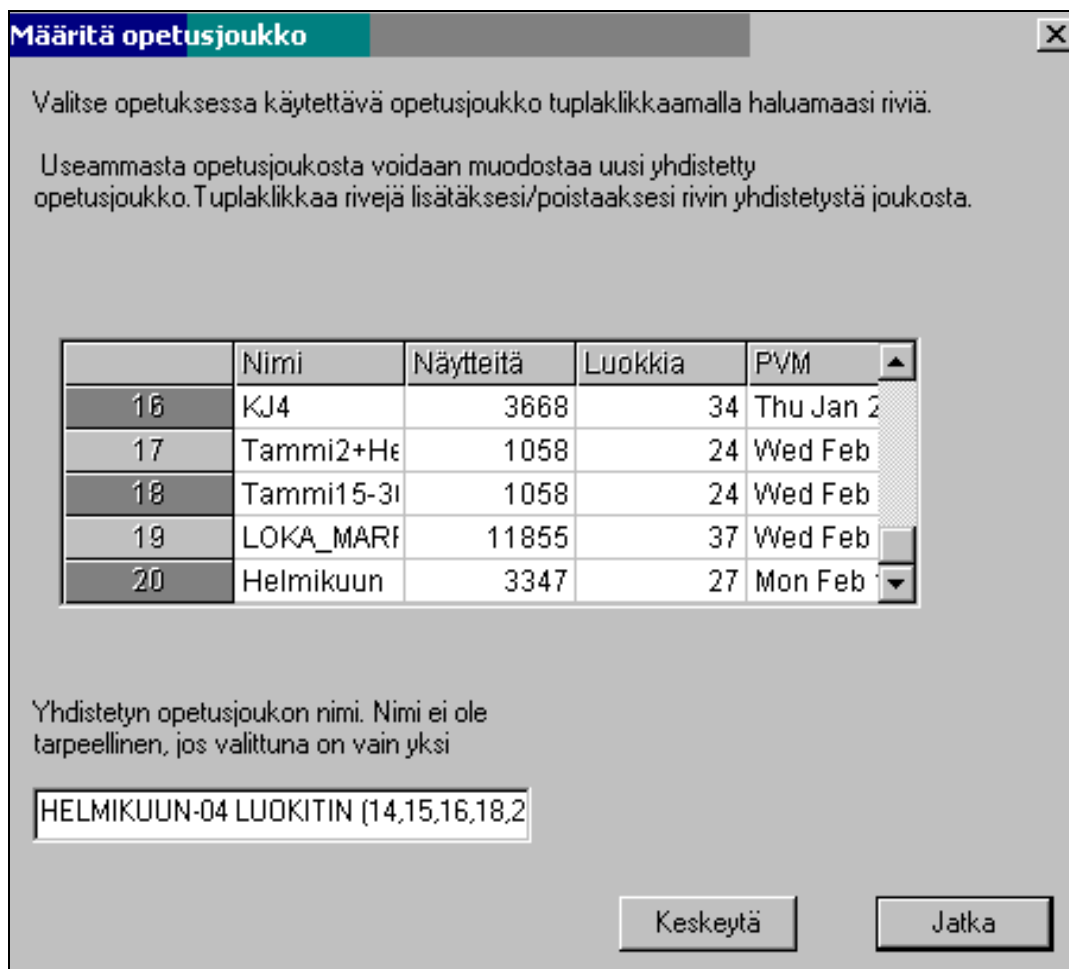
Luo uusi opetusjoukko

Opetusjoukko sisältää:

<input type="text" value="12032"/>	Vikaa
<input type="text" value="788"/>	Tampuurista
<input type="text" value="11829"/>	Vikakuvaa
<input type="text" value="12032"/>	Luokitusta
<input type="text" value="34"/>	Luokkanimeä

Opetusjoukon nimi:

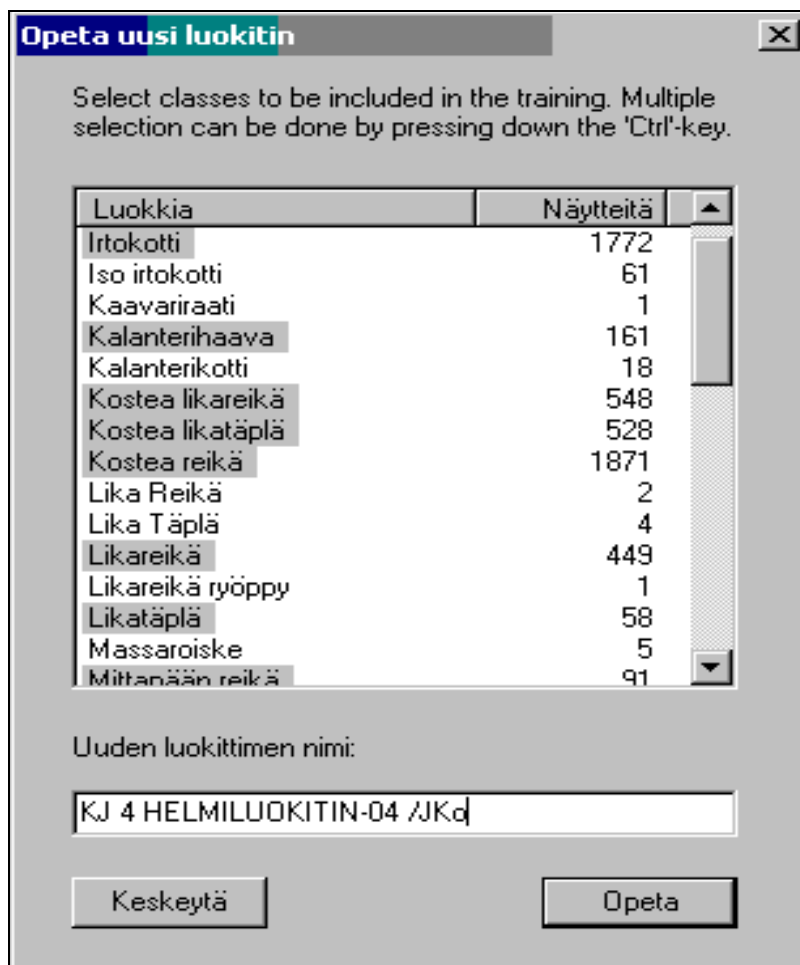
Kuva 17. Opetusjoukko valittuna ja nimettynä.



Kuva 18. Useamman opetusjoukon yhdistäminen.

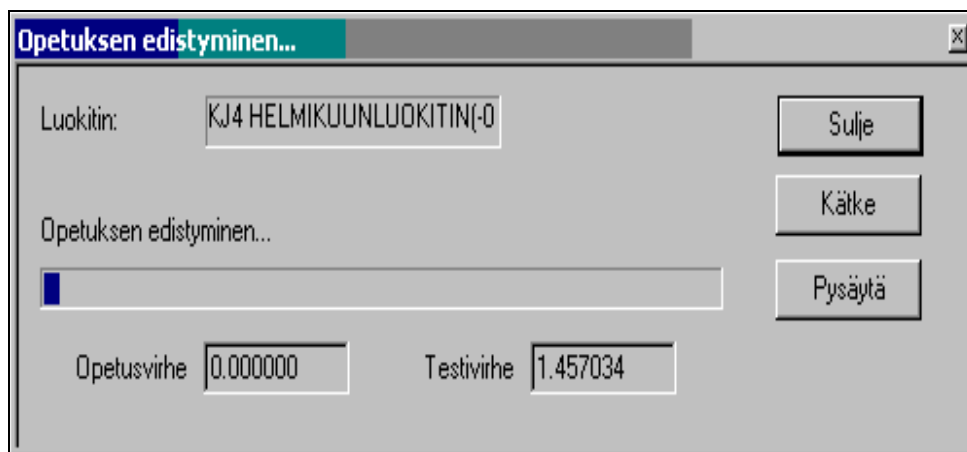
Yhdistetystä opetusjoukosta muodostuu (kuva 19) yhdistetty luokka valintaikoni, jossa on kaikki valitun opetusjoukon luokat mukana. Tässä valintaikkunassa suoritetaan lopullinen valinta vikatyypeistä, jotka otetaan luokittimeen mukaan.

Vikaluokat joihin ei ole vielä kertynyt tarvittavaa määrää vikanäytteitä hylätään tässä pois ja ne jätetään odottamaan näytteiden määrän kertymistä.



Kuva 19. Valitut luokittimen luokat.

Seuraavaksi käynnistetään luokittimen opetus ja odotellaan luokittimen valmistumista. Luokittimen opetuksen edistyminen näkyy graafisesti sinisen palkin kasvuna (kuva 20). Luokittimen valmistuminen kestää noin yhden tunnin ajan ja siitä tulee ilmoitus kuvaruudulle kun luokitin on valmis.



Kuva 20. Luokittimen valmistuminen.

Luokitinta voidaan testata erillisellä testausaineistolla, joka on otettu samasta prosessista kuin opetusaineisto, mutta sitä ei ole käytetty opetuksen aikana. Testauksen tulokset esitetään kohdassa opetusvirhe ja testivirhe.

Opetusvirhe

Tämä tarkoittaa luokittimen tekemien virheiden määrää valitun opetusjoukon suhteen, eli se kertoo, kuinka hyvin luokitin pystyy toistamaan opetusjoukon tuloksen.

Kun luokitin on samaa mieltä viasta, ei virhettä kasvateta. Muussa tapauksessa opetusvirheen määrä kasvaa sitä enemmän, mitä varmemmin luokitin esittää väärää tulosta.

Testivirhe

Testivirhe kuvaa luokittimen toimintaa vioilla, joita ei ole käytetty opetukseen vaan ne vastaava paperiradalta tulevia vikoja siinä mielessä, etteivät ne ole vaikuttaneet luokittimen opetukseen millään tavalla. Nämä testivirheeseen vaikuttavat viat poimitaan opetusjoukosta satunnaisesti ja niiden avulla estetään luokittimen ylioppiminen.

Testivirheessä käytetään pienintä neliösummaa (MSE) saatujen ja haluttujen vasteiden välillä. Tämän jälkeen painoja muutetaan käytettävän opetusalgoritmin mukaisesti, jotta testivirhe saataisiin minimoitua. Vuorollaan kukin vika kuuluu joko opetus- tai testijoukkoon, jotta opetuksesta ja testistä saadaan kattava kuva.

Opetusvirhe ja testivirhe ovat skaalattomia, eli niiden absoluuttiarvolla ei ole suoraa selitystä. Ongelmallista on myös määrittää etäisyys kahden luokan välillä eli kuinka lasketaan piirrevektorin eroavaisuus tai samankaltaisuus, similariteetti verrattuna toiseen piirrevektoriin. Lopulta saadaan valmis luokitin ja jos luokittimen tuloksiin ollaan tyytyväisiä niin luokitin voidaan ottaa käyttöön. Käyttöönotto ei tapahdu automaattisesti vaan se täytyy ottaa erikseen käyttöön operointiaseman konfigurointi sovelluksessa.

Valmis luokittelija

Opetus on neuroverkkojen parametrien viritystä opetusjoukkojen avulla. Opetusjoukko koostuu matriiseista ja opetusvektoreista. Luokittelijassa näkyy luokittelut todennäköisyydet eri vikatyypille prosentteina (kuva 21). Luokittimessa on seitsemäntoista neuroverkkoihin perustuvaa ”komiteaa”, jotka äänestävät jokaisesta viasta sen vikatyypin. Tämän äänestyksen tulos näkyy luokittimessa suoraan prosenttiarvona.

Defect/Image	Time	Class	%	Class	%	Class	%
1857825/2151805	06:51:47 ...	Formaatiota	100				
1857824/2151804	06:51:43 ...	Formaatiota	100				
1857822/2151803	06:51:08 ...	Defect is n...					
1857821/2151802	06:51:01 ...	Defect is n...					
1857818/2151801	06:50:48 ...	Formaatiota	75	Ratakatko	6	Kostea lik...	6
1857817/2151800	06:50:47 ...	Defect is n...					
1857812/2151799	06:50:15 ...	Formaatiota	100				
1857811/2151798	06:50:13 ...	Formaatiota	100				
1857810/2151797	06:49:55 ...	Formaatiota	100				
1857809/2151796	06:49:55 ...	Reuna	35	Reunarep...	35	Ratakatko	24
1857806/2151795	06:49:30 ...	Defect is n...					
1857802/2151794	06:48:58 ...	Defect is n...					
1857800/2151793	06:48:57 ...	Formaatiota	100				
1857793/2151792	06:48:56 ...	Formaatiota	100				
1857797/2151791	06:48:47 ...	Reikä	82	Likareikä	12	Saostumar...	6
1857796/2151790	06:48:46 ...	Reikä	82	Kostea reikä	12	Reuna	6
1857794/2151789	06:48:38 ...	Reikä	87	Repeämär...	6	Kostea lik...	6
1857793/2151788	06:48:37 ...	Defect is n...					

Type	Id	State
classification	1124	idle
classification	320	idle
classification	2160	idle
communication	1104	idle
communication	2168	idle
communication	2428	idle
communication	2128	idle
communication	2424	listening
database	2388	idle
database	1312	idle
database	2404	idle
interpretation	2192	idle
interpretation	1172	idle
interpretation	1972	idle
offline	2412	idle
training	2132	idle

Kuva 21. Smart Classifier -luokittelija käytössä.

Uuden luokittelijan käyttöönoton jälkeen on hyvä tehdä seuraavanlainen testi. Valitse luokittimesta online classifier → testing → performance evaluation ja hyväksy siinä olevat asetusarvot, niin luokitin tekee uuden luokittimen mukaisen opetusjoukon testauksen. Tästä syntyy confusion matrix (sekaannusmatriisi), jossa nähdään neuroverkkojen tekemät äänestystulokset ja nähdään, mitkä vika luokat mahdollisesti sekoittuvat toisiinsa. Matriisin tekeminen kestää 24 tuntia.

Confusion matrix

Confusion matrix eli sekaannusmatriisi kertoo kullekin luokalle sen sekaantumisen muihin luokkiin (kuva 22). Kun opetusjoukossa on annettu vialle luokka ja luokitin luokittelee sen erilailla, niin lisätään ko. matriisin alkion laskuriin yksi. Koko testijoukon läpikäytyään luokitin on aikaansaanut sekaannusmatriisin, josta pystytään laskemaan erilaisia onnistumisprosentteja.

Kunkin nimetyn luokan jälkeen löytyy luokan edustajien kokonaismäärä testijoukosta sekä luokkakohtainen onnistumisprosentti. Sarakkeen alle on laskettu luokkakohtaisten onnistumisprosenttien keskiarvo, joka kertoo

luokittimen suorituskyvystä. Tämä luku kertoo luokittimen luokitustarkkuudesta, jos luokkakohtaiset näytemäärien erot normalisoidaan pois.

	Samples	Correct (%)	unkn...	Forma...	Irtokotti	Iso irt...	Kalan...	Kg ▲
Formaatiota	1207	59.98	1	724	46	17	0	
Irtokotti	1757	99.37	0	5	1746	1	0	
Iso irtokotti	59	1.69	0	1	52	1	0	
Kalanterihaava	1	0.00	0	0	0	0	0	
Kalanterikotti	18	0.00	0	5	0	0	0	
Kostea likareikä	362	0.83	138	14	1	0	0	
Kostea likatäplä	422	42.42	6	92	1	0	0	
Kostea reikä	1657	42.49	776	22	0	0	0	
Lika Reikä	2	0.00	0	1	0	0	0	
Lika Täplä	4	0.00	0	0	0	0	0	
Likareikä	299	15.72	212	1	0	0	0	
Likareikä ryöppy	1	0.00	0	0	0	0	0	
Likatäplä	58	37.93	0	0	35	0	0	
Mittapään reikä	73	0.00	60	0	0	0	0	
Ohentuma	333	40.54	2	128	13	1	0	
Pensas	1	0.00	0	0	0	0	0	
Poikittainen repeämä	14	0.00	9	1	1	0	0	
Ratakatko	116	28.45	75	1	3	0	0	
Reikä	1577	62.33	519	3	0	0	0	
Repeämäreikä	17	0.00	8	0	0	0	0	
Repeämäreikä	29	17.24	14	0	0	0	0	
Reuna	1942	91.25	1	119	3	1	0	
Reunarepeämä	139	41.01	4	3	0	0	0	
Reunarynkky	40	0.00	0	3	1	0	0	
Roskaa...	2	0.00	0	0	1	0	0	
Rynkky	34	0.00	3	9	9	0	0	

Kuva 22. Confusion matrix

Tämän arvon alapuolella on vielä näytekohtainen keskiarvo, joka antaa omalla tavalla käyttökelpoisemmän arvion siitä, millä todennäköisyydellä uudelle paperiradalta tulevalle vialle annetaan oikea luokka.

6.10 Neuroverkko

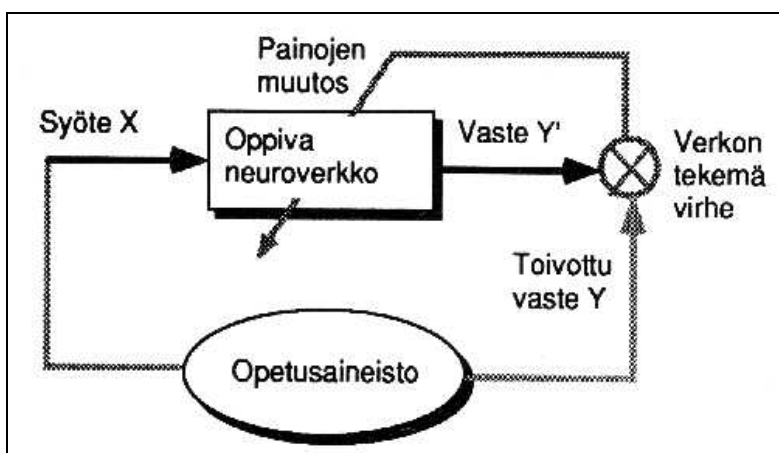
Neurolaskenta on joukko älykkäitä laskentamenetelmiä, jotka perustuvat ratkaisutapojen opettamiseen esimerkkien avulla ja opettamisen seurauksena saadun laskentamallin käyttämistä tehtävän ratkaisemiseksi.

Yleistä

Neurolaskennan menetelmiä käyttämällä voidaan laskennallisesti selvittää suurissa tietomassoissa olevia lainalaisuuksia ja ryhmittymiä, joita on vaikeaa ja työlästä selvittää perinteisin laskentamenetelmin [13].

Luokittelu on neuroverkkojen vahvimpia alueita, kunhan verkolle syötetyt piirteet poikkeavat toisistaan eri luokissa, voidaan verkko opettaa erottelemaan luokat. [14].

Itsejärjestyvällä kartalla etsitään automaattisesti sellaiset piirteet, joita tunnistettavissa kuvissa esiintyy. Ohjattu oppiminen (kuva 23) on kaikkein suosituin toteutustapa neuroverkkoluokissa. Näin neuroverkko opetetaan joukolla syötteitä ja vastauksia.



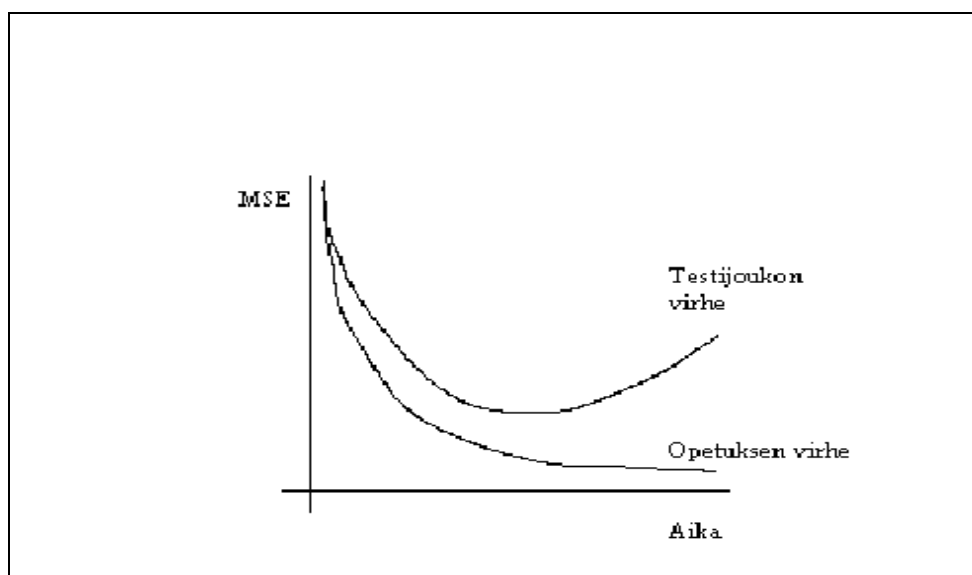
Kuva 23. Ohjatun oppimisen periaate [14]

Opettaminen

Neuroverkon opetus ei ole samalla tasolla kuin vakiintuneet matemaattiset menetelmät, kuten yhtälöryhmän ratkaiseminen. Näissä oikea lopputulos on täsmällisesti määrättävissä ja myös toteutettavissa. Neurolaskennassa on yleensä pakko tyytyä iteratiiviseen ratkaisuun, jossa täsmällistä ratkaisua etsitään toistuvien yritysten kautta. Eikä parasta ratkaisua välttämättä koskaan saavuteta. Opetuksen ja verkon parametrien valinnan onnistumisesta riippuu, kuinka kauas parhaasta ratkaisusta jäädään.

Opetuksen tavoitteena on neuroverkon kyky yleistää, joka tarkoittaa kykyä reagoida järkevästi ennennäkemättömiin syötteisiin. Yleistyksen onnistumiseen vaikuttaa verkon kapasiteetti eli se, kuinka paljon informaatiota verkko pystyy esittämään, sekä opetusaineiston määrä ja laatu. Yleistymisen onnistumista opetuksen jälkeen voi testata selvittämällä verkon toimintakykyä uudella opetusaineistoon sisällyttämällä datalla. Opetusjoukko opitaan yleensä hyvin, mutta uuden opetusaineistoon kuulumattoman informaation käsittely saattaa jopa huonontua. Tämä johtuu ylioppimisesta, eli verkko oppii opetusaineiston esimerkit yksittäisinä tapauksina ikään kuin ulkomuistista, mikä ei ole toivottavaa [14].

Jos yleistystä ei tarvita, niin neuroverkkokin on tarpeeton, sillä esimerkkien oppimiseen riittää tietokoneen tavanomainen muisti. Kuvassa 24 on esitetty opetusaineiston ja riippumattoman testiaineiston virheen käyttäytyminen tyypillisessä opetustilanteessa.



Kuva 24. Tapahtuva ylioppiminen [14]

Opetuksessa aineisto jaetaan opetus- ja testijoukkoihin. Molemmat joukot sisältävät syöte- ja vastevektoripareja. Syötevektorit ovat neuroverkolle annettavia syötteitä ja vastevektorit toivottuja vasteita. Neuroverkon antamia vasteita verrataan toivottuihin vasteisiin.

Neuroverkon kapasiteetti, eli se kuinka paljon informaatiota verkko pystyy esittämään, riippuu painokertoimien määrästä. Mitä enemmän neuroneita verkossa on, sitä helpompi sen on oppia opetusaineisto. Neuroverkon suorituskkyä mitataan testivirheen avulla. Neuroverkon yleistyskyvyn arviointiin käytetään opetusjoukosta erillistä testijoukkoa.

Toisaalta, jos kapasiteetti on liian suuri tapahtuu ylioppiminenkin herkemmin. Koska yleistysominaisuudet vaihtelevat suuresti tutkittavan ongelman ja valittujen neuroverkoarkkitehtuurien mukaan ei yleistä sääntöä verkon koolle suhteessa opetusaineiston määrään voida kuitenkaan antaa.

Eräitä usein käytettyjä sääntöjä kuitenkin voidaan antaa;

- Koko verkon painokertoimien määrä ei ainakaan saisi ylittää syötevektorin kokoa kerrottuna syötevektorien määrällä.
- Moni kerrosverkoissa tulee ”piilokerrosten” neuronien määrän olla opetusaineiston kokoa selvästi pienempi.
- Jos tehtävä vaatii kaarevia päätöspintoja, on monikerrosverkoissa piilokerrosten neuronien määrän oltava osapuilleen kolme kertaa syötevektorin koko (dimensio).

Analogiana voi myös käyttää algebrasta tuttua yhtälöryhmän ratkaisemista, missä yhtä muuttujaa (painokerroin) kohden tarvitaan muista yhtälöistä lineaarisesti riippumaton skalaariyhtälö. Neurolaskennassa tämä tarkoittaa, että opetusjoukon koko kerrottuna vasteyksiköiden määrällä on oltava suurempi kuin painojen määrä [14], [15].

Ongelmat aineistossa

Käytännön neuroverkkosovelluksissa yleinen ongelma on aineiston vähyys. Neuroverkko tarvitsee opetusvaiheessa suuren määrän aineistoa. Erääksi ”nyrkkisäännöksi” on mainittu, että opetusaineistossa tulisi olla eri tapauksia viisi kertaa verkon vapaiden parametrien (määritettävien painojen) määrä. Aineiston on oltava myös kattavaa, koska neuroverkko pystyy interpoloimaan hyvin oppimansa aineiston rajojen sisällä, mutta ei ekstrapoloimaan ulkopuolelle. Aineistossa onkin oleellista sekä määrä että laatu [16].

Suuren ongelman aiheuttaa virheellinen poikkeama aineistossa ja poikkeama saattaa syntyä myös mittausvirheen seurauksena. Myös inhimilliset virheet ovat hyvin mahdollisia.

Neuroverkko sietää periaatteessa jonkin verran virheellistä tai ristiriitaista aineistoa, mutta käytännössä olisi hyvä, jos virheet pystyttäisiin tunnistamaan ja korjaamaan tai poistamaan kokonaan aineistosta.

Aineiston jako opetus- ja testiaineistoon on tehtävä huolella. Testiaineiston on vastattava neuroverkon haluttua käyttöä. Opetus- ja testiaineiston tulisi olla myös riippumatonta toisistaan.

Jos testiaineistossa käytetään samoja tai hyvin samankaltaisia tapauksia kuin opetusaineistossa voidaan neuroverkon hyvydestä saada täysin väärä ja ylioptimistinen kuva. Huonolla testiaineiston valinnalla voidaankin huono neuroverkko saada näyttämään paremmalta kuin se todellisuudessa onkaan.

7 LAITTEISTON TUOTANNOLLINEN TESTAUS

Laitteistolle suoritettiin tuotannollinen koekäyttö 23.01.2004 – 04.02.2004, jossa tarkoituksena on vikojen koon ja sijainnin (CD- suunnassa) varmistaminen. Useimmista vikaluokista kerättiin vikatyypeittäin vika tarkasteltavaksi ja näin järjestelmän toimivuus saatiin varmistettua. Kerättyjä vikatyyppejä verrattiin tulosteisiin ja näin dimensiot saatiin varmistettua. Todettujen vikatyyppeiden ja tulosteiden nojalla voitiin todeta dimensioiden pitävän hyvin paikkansa.

Lisäksi järjestelmän toiminta varmistettiin myös ampumalla paperirataan reikä ilmapistoolilla, tiputtamalla paperiradalle vettä sekä öljyä.

Ilmapistooli

Ilmapistoolilla ammuttiin reikä paperirataan (Liite C/1) kalenterin jälkeen ja syntyneen reiän tarkastimme. Ilmakiväärin reiän dimensiot olivat hyvin laitteistolta ilmoitettu ja se ilmaisi sen reiäksi kooltaan $4 \times 4,3$ mm. Ilmakiväärin luoti on $4,5 \times 4,5$ mm kokoinen.

Koon pienen vääristymän tuotannollisessa testauksessa aiheutti se, että ammuntaa ei pystytty kohdistamaan suoraan kulmaan paperirataa nähden.

Vesiroiskeet

Vettä roiskutimme ”pipetillä” ennen kalenteria paperiradalle ja luokittelija ilmoitti vikatyypiksi kostean likatäplän (Liite C/2). Tuotannollisentestauksen jälkeen nämä vikaluokat on tarkastettu ja oikaistu luokittimelle oikein.

Öljy

Öljyn testaaminen paperiradalla ja sen ilmaisu oikeana vikatyypinä ”ei aina osunut kohdalleen”. Luokittelija esitti öljylle vikaluokaksi vesiroisketta (Liite C/3). Öljypisaran ilmaisu radalta on hyvin haastavaa suorittaa sataprosenttisesti oikein, koska öljypisara toimii valoa kokoavana linssinä. Linssi taittaa valon ja kamera näkee öljytäplän kirkkaana kohtana, vaikka lamppu ei olisikaan aina täplän alla.

8 TULOKSET

Työn teoriaosuus esittää teollisuuden konenäköjärjestelmän yleisen rakenteen ja siihen liittyviä menetelmiä sekä ongelmia, varsinkin liittyen luokitteluvaiheeseen. Työn toteutusosuus on tehty ja toteutettu Kajaanin paperitehtaalla paperikone 4:llä, jonne laitteisto oli asennettu kesän 2003 aikana. Laitteistoon asetetut lähtöarvot ovat liitteenä (liite C).

Käytännössä pelkkä kiinteiden valmiiden säätöjen parametointi ei nykyisin enää riitä muuttuvassa tuotantoympäristössä. Paperikoneet ovat kaikki yksilöllisiä ja sovellukset niihin on räätälöitävä jokaiseen kohteeseen erikseen, jos halutaan saada merkittävää lisäarvoa tämän tyyppisellä automaatioinvestoinnilla. Tällöin on hyötyä siitä, jos tehtaan oma huolto- ja ylläpito-organisaatio osallistuu sovellutuksen kehittämiseen, jolloin helppokäyttöistä sovellusohjelmointia osataan arvostaa ja näin sitä saadaan tehokkaammin hyödynnettyä.

Työni aloitin syyskuussa keräämällä vikakuvia tietokannasta, johon ne automaattisesti tallentuvat. Ensimmäisen luokittelija sain tehtyä syyskuun opetusjoukolla, jossa oli 4200 vikaa. Tämän luokittimen rakentaminen oli minulle ensimmäinen kokemus luokittimen käytöstä.

Olen työni aikana saanut rakennettua järjestelmään joka kuukausi opetusjoukon ja tehnyt siitä luokittimen. Jokaisen kuukauden luokitin on ollut edeltäjänsä parempi verrattuna niitä toisiinsa sekaannusmatriisin avulla, aivan ensimmäisiä lukuun ottamatta. Ensimmäiset luokittimet eli syys- ja lokakuun luokittimet eivät olleet soveliaita sellaisenaan laadunvalvontakäyttöön, vaan ne täytyi pikaisesti rakentaa uusiksi. Luokittimien huonoon luokittelutulokseen vaikutti liian suuren vikajoukon rakentaminen kerralla. Tässä luokittimessa oli 7430 vikaa ja siinä oli vikaluokkia 40.

Näin suuren vikajoukon ja vikaluokkien tekeminen yhteen luokittimeen ei ole toimivaa ratkaisu luokittimen tarkkuuden kannalta.

Marras- ja joulukuun opetusjoukoista koostuva joulukuun luokitin oli ensimmäinen luokitin, joka soveltui suoraan tuotantokäyttöön. Siinä oli 10800 vikaa ja vikaluokkia oli 32. Tämän luokittimen tarkkuus oli jo tärkeimmiltä vikatyypeiltä hyvä. Tarkimmin se ilmaisi irtokotit yli 99 %:n, reuna viat yli 92 %:n, reijät yli 80 %:n sekä formaatio muutokset yli 70 %:n varmuudella.

Viimeisintä luokittimen rakentamista häiritsivät laitteiston tekniset ongelmat ja laitteistoa ei ole päästy kokeilemaan insinööryölleni asetetuissa rajoissa. Viimeinen luokitin on helmikuun luokitin, ja siinä on noin 15500 vikaa ja 24 vikatyyppeä.

Tässä luokittimessa lähellä toisiaan olevia vikatyyppejä on yhdistetty ja luokkia on näin ollen saatu tarkemmiksi. Yhdistettyjä vikatyyppejä olivat mm. saostumareikä → likareikä, saostumatäplä → likatäplä.

Lisäksi laitteistosta on poistettu siihen tehtyjä luokkia, joita kehitysvaiheessa sinne on tehty. Luokittimeen on myös lisätty luokkia, joita Kajaanin PK 4:lla tarvitaan.

Työni aikana sain myös esittää näkemyksiäni laitteiston käytöstä todellisessa toimintaympäristössä. Työni loppuvaiheilla laitteistoon tehtiin versiopäivitys, jossa mielipiteitäni laitteiston käytettävyydestä oli huomioitu.

Pienistä teknisistä ongelmista huolimatta mielestäni tämäntyyppinen reaaliaikainen laadunvalvonta auttaa tehostamaan tuotantolinjan toimivuutta. Laitteiston avulla saadaan myös syntyviä vikoja kohdistettua tarkemmin paperikoneen osiin ja näin päästään paremmin syntyvien vikojen "alkulähteille".

Paperitehtaalla oli selvästi tarpeita tämäntyylliselle on-line laadunvalvonnalle ja vianilmaiselle. Mielestäni näyttää siltä, että tämän tyyppisellä sovelluksella voidaan tuottaa paperia tehokkaammin ja taloudellisemmin, kun laitteisto saadaan täydellisesti tuotantokäyttöön.

Olen myös nähnyt jo työni aikana laitteiston auttavan käsittämään prosesseja syvämmällä ja mielestäni sillä tullaan saamaan aikaan todellista lisäarvoa tulevaisuutta silmälläpitäen.

Tavallisesti teollisuuden toimintaympäristössä vastustetaan muutosta, koska prosessit ovat yleensä herkkiä ja trimmattuja toimimaan tehokkaasti. Tästä syystä tarvitaan todellista näyttöä hyödyistä, ennen kuin muutoksia uskalletaan lähteä toteuttamaan. Laitteiston täysimittaista käyttöä ja sen todellista hyötyjen mittaamista on rajoittanut sovelluksessa ollut virhe.

Käymieni keskusteluiden pohjalta koneenhoitajien kanssa he näkevät laitteiston tuovan työhönsä todellista hyötyä. Lisäksi olen keskustellut kokeneiden paperitehtaan työntekijöiden kanssa laitteiston toimivuuden kannalta oleellisista asioista ja kuunnellut heidän mielipiteitään järjestelmän toimivuudesta.

Ohjelmiston tehdaskohtaisia parametreja on haettu kokeilemalla, testaamalla ja säätämällä laitteisto Kajaanin tehtaan tarpeita vastaavaksi. Tulokset ja laitteiston parametrit eivät ole suoraan siirrettävissä muiden tehtaiden laitteistoihin, vaan jokainen laitteisto vaatii omat tehdaskohtaiset parametrien hakemisen ja säätämisen.

9 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT SANOMALEHTI- JA LUETTELOPAPEREILLA

Suomi on tunnetusti puunjalostusteknologian edelläkävijämaita ja kilpailukyvyltään suomalaiset tuotantolaitokset ovat tällä hetkellä maailman huippuluokkaa. Tuotantokapasiteetit on teknisesti pääkilpailijamaita nuorempaa ja tuotantotehokkuus muun muassa siitä syystä erinomaisella tasolla. Paperikonetekniikassa ”suuremman, uudemman ja hienomman” ajatusmalli on vähitellen muuttumassa säilyttävään ja kuntouttavaan suuntaan [17].

Suomessa sijaitsevat paperitehtaat ovat leimallisesti korkealaatuisen paino- ja kirjoituspaperi tuottajia, joten elektronisen median substituutiovaikutus on niiden kannalta erittäin kiinnostava kysymys.

Paperituotteiden kulutus on länsimaissa jo verrattain korkealla tasolla ja voidaanakin puhua markkinoiden asteittaisella kyllästymisestä. Kuluttajat eivät enää saa merkittäviä lisähyötyä siitä, että kuluttavat nykyistä enemmän paperituotteita.

Sanomalehtipaperille on paino- ja kirjoituspapereista ensimmäisenä povattu jopa kulutuksen laskua länsimaissa, erityisesti Yhdysvalloissa.

Yhdysvalloissa jossa on maailman suurimmat paperimarkkinat metsäyritykset ovat kovan paikan edessä. Sijoittajien karsastama ala on jättänyt tuotantokoneistonsa uusimisen retuperälle. Jotkut suomalaisasiantuntijat ovatkin epävirallisesti sitä mieltä, että Yhdysvalloissa monet tehtaat pitäisi ajaa nurin puskutraktorilla. Niistä ei saa uusimallakaan yhtä tehokkaita kuin eurooppalaisista koneista [2], [17].

Sanomalehti on jo kohdannut sähköisen median taholta kilpailua, jonka odotetaan kovenevan tulevina vuosina entisestään. On myös huomattava että Venäjän puolelta tuodaan yhä enemmän sanomalehti paperia Suomen markkinoille. Tuonti vastaa jo 20 % Suomessa painettavasta sanomalehtimäärästä.

On ennustettu että kolmessa vuodessa tuontimäärä on kasvanut noin 40 prosenttiin ja suunta on edelleen ylöspäin.

On todennäköistä että Suomessa sanomalehtipaperin standardilaatujen tuotannossa siirrytään erikoissanomalehtipaperin tuotantoon vuoteen 2010 mennessä. Vuonna 2020 valtaosa sanomalehtipaperista on päällystettyä ja vuonna 2030 valmistetaan vain päällystettyjä lajeja.

On myös ennustettu, että aivan uutta kapasiteettia rakennetaan Suomeen vuoteen 2020 mennessä yksi ja vuoteen 2030 mennessä toinen uusi paperikone.

Paperiteollisuudessa tuotekehitystyö tähtää sanomalehtipaperin laatuominaisuuksien parannuksiin muun muassa korkealaatuisten neliväripainatuksen käyttöönottoon sanomalehtien painatuksessa .

Yhtenä tärkeimpänä laadunparannuskeinona tulee olemaan pintaliimaus ja tulevaisuudessa saatetaankin nähdä myös päällystettyjen sanomalehtipapereiden ottavan oman osansa korkealaatuisen sanomalehtipaperin tai jopa LWC-paperin markkinoista [2], [18].

10 YHTEENVETO

Paperin viat määrittelevät paperin laadun, jolle asetetaan vaatimuksia käyttötärpeiden mukaan. Myös ihmisillä on ongelmia vikojen visuaalisessa luokittelussa, mikä aiheuttaa osaltaan virhettä myös luokittelussa.

Tässä työssä esitettiin paperin visuaalisen tarkastuksen menetelmä, joka on toteutettu opetettavalla luokittimella. Menetelmä koostuu vikojen ilmaisusta-, ja tunnistusvaiheista, jotka toteutetaan itseorganisoivia karttoja hyväksi käyttäen.

Vianilmaisussa käytetty luokitin perustuu opetusmateriaalilla opettujen luokittimen käyttöön. Luokittimen opetukseen saatiin kattavasti opetusmateriaalia ja se ei aiheuttanut työssä ongelmia.

Työssä tutustuttiin myös menetelmiin, jossa kuvanmuodostus sekä käytettyjen piirteiden laskenta ja valinta saivat huomion ja ne ovatkin erittäin tärkeä osa järjestelmää. Tämän tyyppisien teknisten ratkaisuiden soveltaminen ensimmäisten joukoissa mahdollistaa sen, että niiden tuomista kilpailueduista päästään nauttimaan kilpailijoita aiemmin.

Nyky aikaisten automaatiojärjestelmien suurimmat uudistukset aikaisempiin verrattuna tulevat olemaan hajautus, reaaliaikaisuus ja avoimuus. Pyrkimyksenä tulee olemaan rakentaa koko tehtaan kattava tietoverkko, johon on hajautettu eri toiminnot ympäri tehdasta. Kuitenkin kommunikointi näiden yksiköiden välillä on oltava tehokasta.

Tavoitteena on, että kaikki tieto on saatavilla, mikä on tarpeellista kussakin osassa tietojärjestelmää. Reaaliaikaisuus puolestaan takaa sen, että ollaan tarkasti selvillä prosessin toiminnasta joka hetki.

Ja kun tietoa saadaan kerättyä paljon, voidaan laatia tarkempia ennusteita tulevaisuudesta ja näin optimoida tuotantoa, mikä parantaa yrityksen kilpailukykyä.

Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmä soveltuu paperikoneen kunnonvalvontaan, sekä valmiin tuotteen laadun analysointiin ja raportointiin.

Tämän suuntainen tuotteen laadun parantaminen ja mahdollinen kasvava tuotteen jalostusarvon nostaminen ovat oikean suuntaisia liikkeitä segmentoidussa markkinaympäristössä. Tämän suuntaiset investoinnit mahdollistavat jalostusarvon nostamisen ja erikoistuotteiden valmistamisen sekä mahdollistavat kilpailukykyisen tuotannon hitaammillakin koneilla tulevaisuudessa.

LÄHDELUETTELO

1. Paperin ja kartongin valmistus. Markku J. Seppälä (toim.) Ulla Häggblom-Ahnger, Pekka Komulainen v. 2000 opetushallitus. ISBN 952-13-1280-7 s 8-12
2. Paperi 2030.Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 6/2003.Edita Publishing Oy. ISBN 951-739-722-4s.10-16 s. 61-67
3. Mäkelä M. Lisensiaattitutkimus 2001Tampereen Tekninen korkeakoulu, Paperin laatusuureiden mittaust ja säätö,2000. S.105.
4. Industrial Web Imaging huolto-ohje 3AFA 400118 R0005
5. Pietikäinen Matti ja Silven Olli, Oulun yliopisto. [WWW- dokumentti] <<http://www.ee.oulu.fi/mvg/about/konenako.pdf>>. (Luettu 10.01.2004)
6. Käyttöohje Industrial Web Imaging -vianilmaisinjärjestelmä, dokumentti no. 3AFA 406286 R0005 s.6-18, s. 82-89.
7. Ari Jussila, Jouni Siltanen, Puu- ja käyttötekniikka, Otava, v 1993 ISBN 951-1-11919-2 s.60-74
8. Kontkanen A., Seminaarityö, hahmontunnistus. [WWW- dokumentti] <<http://www.ee.lut.fi/opi/kurssit/080570000/luennot/>>. (Luettu 06.01.2004.)
9. Honkela T., Neuroverkot, johdatus moderniin tekoälyyn, TKK Neuroverkkojen tutkimusyksikkö. [WWW- dokumentti] <<http://www.cis.hut.fi/~tho/stes/step96/honkela2/>>. (Luettu 14.02.2004.)

10. Liimatainen T. Neuroverkot. [WWW- dokumentti]
<http://www.tml.hut.fi/Studies/Tik-110.300/1998/Newtech/neuroverkot_2.html>. (Luettu 14.02.2004.)
11. Kämäräinen J., Diplomityö, Teräksen vakuumikäsittelyn visuaalinen laadunarviointi, v 2003 s. 14-22
12. Salakoski H., Pro gradu –tutkielma, Neuroverkkojen tuottaminen geneettisen algoritmin avulla, v. 2002. [WWW- dokumentti]
<http://www.cs.uta.fi/research/theses/masters/Salakoski_Harri.pdf>. (Luettu 14.02.)
13. Jaakonhuhta H. 2001. IT Ensyklopedia. Edita Oyj. ISBN 951-826-573-9 s.364-367
14. Sarnikorpi J, Seminaarityö Aineisto Neuroverkkosovellutuksissa v. 2003 19s.
15. Alaharjula A. Self-Organization Map v. 2000 Joensuun Yliopisto, Tietojenkäsittelytieteen laitos, Laudaturseminaari. [WWW- dokumentti]
<<http://www.cs.joensuu.fi/~franti/artturi/som.htm>>. (Luettu 14.02.2004.)
16. Koikkalainen P. 1994. Neurolaskennan mahdollisuudet. TEKES-raportti 43/94. Päivitetty 1999. s. 56-78 s. 93-119.
17. Tekniikka & Talous, nro 42 v. 2003 s. 4
18. Tekniikka & Talous, nro 5 v. 2004 s. 22

LIITTEET

- Laitteiston ennakkohuolto- ohjeet
- Kamerapalkin piirustukset ja mitat
- Laitteiston lähtötiedot asennuksessa
- Laitteiston tuotannollinen testaus

MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET

ENNAKKOHUOLTOSUOSITUS

Viikoittain (2 työtuntia)

1. Tarkista hälytyssivulta mahdolliset ohjelma-/laittehäiriöt.
2. Käy tuotantohenkilöstön kanssa läpi kaikki käyttöhälytykset.
3. Tarkista että värimerikitsin on täydessä toimintakunnossa (väri, säiliö, suutin, reunan tunnistimen asetus).
4. Puhdista ja tarkasta kirjoitin.
5. Tarkista että palkkien ilmansyötön suodatin (jäähdytyspuhaltimessa) ei ole tukossa.
6. Puhdista valonlähde ja kameraporttien kuoret.

Kuukausittain (2 työtuntia)

7. Irrota ja puhdista palkin suodatin (jäähdytyspuhaltimessa).
8. Puhdista värimerkintälaitteen suutin lämpimällä vedellä huuhtelemalla.
9. Tarkista kamerojen videotasot (käytä testilehteä ja tarkista objektiivien ja lamppujen kunto).
10. Tarkista vikojen havaitsemiskyky tekemällä rataa virheitä. Voit esim. tehdä reikiä paineilmapistoolilla, vaaleita pisteitä tiputtamalla vettä tai öljyä, tummia kohtia tiputtamalla pieniä paperinpaloja ja päällystenaarmuja painamalla paperia varovasti kapealla tikulla päällystysaseman jälkeen.
11. Tarkista takometrin nopeusnäytön tarkkuus.

Puolivuositain (8 työtuntia)

12. Irrota kameran objektiivi ja puhdista se nukkaamattomalla kankaalla.

13. Puhdista CCD-elementti linssinpuhdistusnesteellä.

14. Kiillota valaisinpalkin kullatut heijastimet.

15. Lue ja merkitse muistiin järjestelmän jännitteet (järjestelmän pitää olla käytössä ja radalla).

A. Teholähdekaappi: laitoksen pääjännite (esim. 575 Vac) 220 Vac +24 Vdc (+10%) lamp power

B. Teholähdekotelo: 3 x 400 Vac +48 Vdc (+10 %)

16. Tarkista kameran videotasot (järjestelmän pitää olla käytössä radalla).

Vuosittain (5 työtuntia)

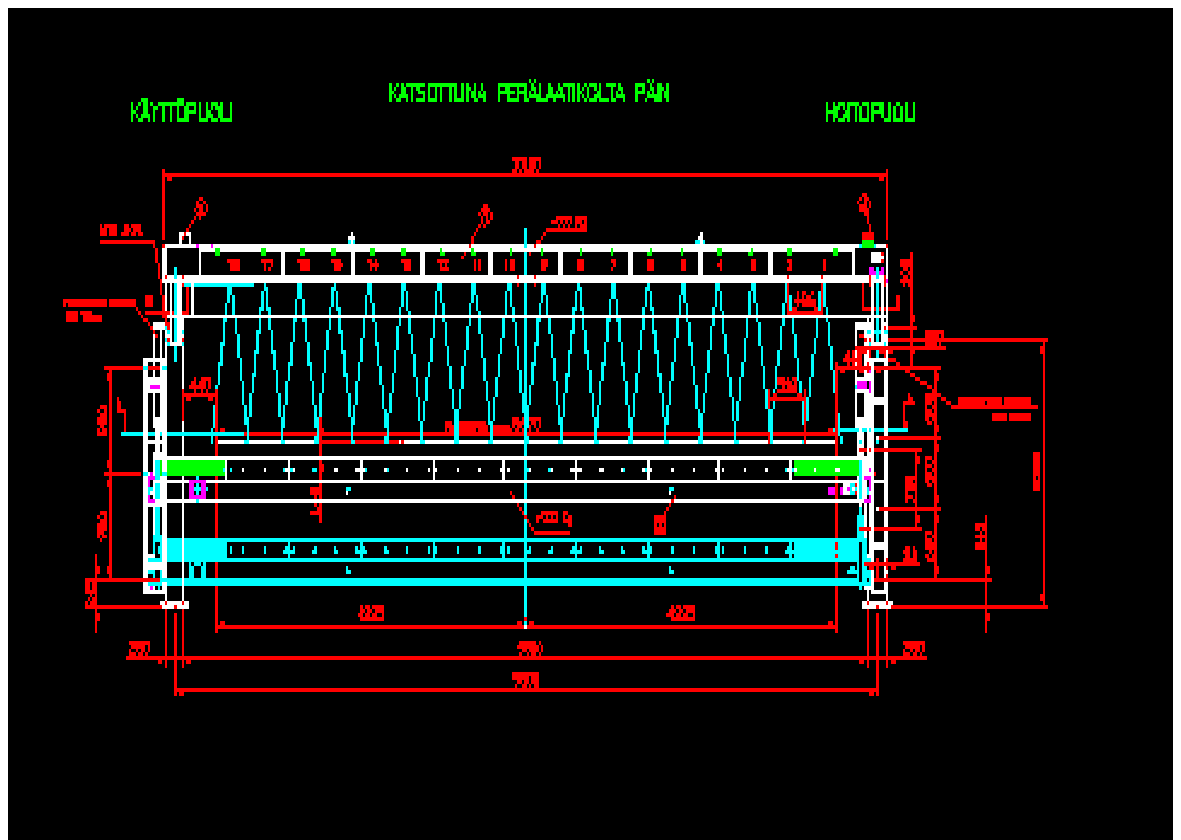
17. Katkaise jännitesyöttö ja puhdista kaikki kaapit pölystä. Käytä maadoitusranneketta puhdistaessasi piirikortteja.

18. Puhdista kameran piirikortit. Tarkista että kaikki osoitteet ovat oikeat.

19. Tarkista ettei johdotuksessa näy värien muutoksia, sekä liitokset.

20. Tehonlähdekaapin puhaltimen laakerointi tulisi tarkistaa ja puhallin tulee vaihtaa elleivät laakerit ole hyvässä kunnossa.

- Irrota molemmat valokaapelit kamerasta
- Irrota apujännitekaapeli
- Avaa kaksi sormiruuvia
- Kun asennat uuden kamerarungon tarkista ;
 - että linssi ja sen edessä oleva suodatin ovat puhtaat
 - että uuden kameran osoitteeksi valitaan vaihdettavan kameran oikea osoite
- Kun asennat CCD -modulia tarkista ;
 - himmentimen aukko (f-arvo) ja syväterävyysasetus, joiden tulee olla samat kuin korvattavassa moduulissa
- Säädä kameran parametrit kohdalleen





Industrial ^{IT} Web Imaging

COMMISSIONING RECORD

The inspection of equipment, as per this record, is carried out when the commissioning is finalised. Two copies are made of this record, one for the Customer and one to be mailed to the address below:

ABB OY
Paper; Printing, Metals and Minerals
Industrial ^{IT} Web Imaging
P.O. Box 94
FIN-00381 Helsinki
FINLAND

Customer ----- UPM Kymmene Oyj
Location ----- KAIAANI
Machine number ----- PK-4
Customer contact person ----- JUUKA KUUSELA
Telephone ----- 020-4140264
Address ----- TEHDASKATU 15, PL 186, KAIAANI
Telefax ----- 020-4140269
Date of commissioning ----- 17.7.2003
Commissioned by ----- JOUKO HIETALA
Company ----- ABB OY

1. Data from Power Cabinet Type Plate

Type nr. ----- SN/3260001
Code ----- 405956
Job number ----- 2676AD001

2. Visual Inspection of the Ulma NT System

	Yes	No	Remarks
Transport damages -----	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	_____



Documents	Yes	No	Remarks
Commissioning record -----	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Document File	Yes	No	Remarks
Documents according to document list in document file ----	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Software Media File	Yes	No	Remarks
Software medias according to software part list in document file	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

3. Information of the Mechanical Installation

Camera Beam

Distance between the paper and the camera beam ----- 1380 mm tender side
1380 mm drive side

The measured viewing of one standard camera 518 mm

The measured viewing of the dirt camera (if app.) ----- - mm

The measured viewing of the edge camera (if app.) ----- - mm

The overlap width of the standard camera and the edge camera (if app.) ----- - mm

Is the overlap masked out in the edge masking parameters for the standard camera ----- Yes No

Is the detection line adjusted to the center of the light source (transmission mode) ----- Yes No

The distance from the paper nip point to the detection line (reflection mode) ----- - mm

Are the cameras focused ----- Yes No

The aperture of the standard camera lens is adjusted to: ----- 2.0

The type of lenses in use ----- 35 mm

The manufacturer of the standard camera lenses ----- NIKON



The aperture of the edge camera lens is adjusted to: _____ - _____

The type of edge camera lens _____ - _____ mm

The manufacturer of the edge camera lens ----- - _____

The aperture of the dirt camera lens is adjusted to: _____ - _____

The type of dirt camera lens _____ - _____ mm

The manufacturer of the dirt camera lens ----- - _____

Light Source Beam

Distance between the paper and the light source beam at the detection line ----- 140 mm tender side
 ----- 140 mm drive side

Are light source beam edge screens in use ----- Yes No

If Yes, please enter the screen width inside the camera viewing area -----
 ----- mm tender side
 ----- mm drive side

If Yes, please enter the gap between the paper edge and the screen -----
 ----- mm tender side
 ----- mm drive side

Colour Marker

The type of colour marker in use ----- Felt Tip Spray

The air supply pressure is adjusted to ----- - _____ kPa

The elevation of the dye tank above the spray head ----- - _____ mm

Is the top of the felt tip container levelled with the top of the dye tank ----- Yes No

Beam Lifter

Is the beam lifter in use ----- Yes No

Air pressure is adjusted to ----- 5.0 kPa

Lifting speed ----- 30 seconds

Fan

The type of the fan ----- - _____



Correct direction of rotation ----- Yes No

4. Power Supply

Mains voltage ----- 600 VAC
 Phase sequence ----- checked
 Mains fuse ----- 63 A

5. Parameter Settings After Commissioning

Number of cameras ----- 18 pcs
 Light source beam temperature warning limit ---- 20 °C
 Light source beam temperature alarm limit ----- 80 °C
 Distance between colour marker and beam ----- - dm/ft
 Level of automatic light intensity control ----- 32 %
 Light intensity level at web break ----- 20 %
 Light intensity level during start delay ----- 20 %
 Web distance corresponding to one tachometer rotation ----- 1099 mm
 Number of tachometer pulses per rotation ----- 1024 pcs
 Total viewing width of cameras ----- 8780 mm

Detection Levels

Defect type	Level (%)	Streak type	Level (%)
Hole	<u>15</u>	Bright streak	<u>40</u>
Dark spot	<u>72</u>	Light streak	<u>65</u>
Light spot	<u>78</u>	Dark streak	<u>55</u>
		Grey streak	<u>68</u>

6. Further Information

	Yes	No	Remarks
Installation accepted -----	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>11.7.2003</u>
Spare parts delivered -----	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

ABB

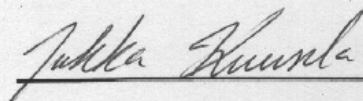
3BFS 29115508 R0001 Rev A Page 5

Other remarks:

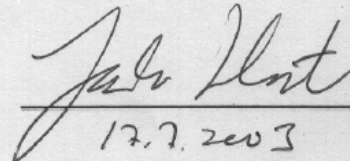
- ALCONT LINKKI EI TOIMI (OHJELMA PUUTTU)
- VALOPAIKIN YLÖSNOUSU RAIAKATKON JÄLKEEN ; KUITTAUS
- TOISEN LEIKKURIN SOPIA + OFFICE SOPIT ASEMIAMITA
- LEIKKURIN RULLAN VÄÄNTÖ AUTOMAATTISESTI (OHJELMA MUUTOS)

- TUOTANTOPOLLISEN KOEKÄYTÖN SOVIITIN ALKUAKSI
TÄNÄÄN 17.7.2003 KLO 17.00

Signatures



On behalf of Customer


17.7.2003

On behalf of ABB

WIS | Operaattori | Näkymä | Konfigurointi | Raportit | Historia | Testi | Ikkunat | Ohjelmasta...

ON | OFF

Hälytykset | Järjestelmä | Säännönläike | Rataleveys | 8.639 m

Prosessi | Master

Haku | **Vika** | **Laskurit**

Vian tarkennustiedot

Keskikoko reikä | 52739.5 m

Aika | 3.2.2004 13:13:29

Tampuurin numero | 001023

Valvojan luokka | Reikä

OnLine luokittelijan luokka | 4.0 x 4.3 mm

Koko (CDxMD) | 17 mm2

Pinta-ala | 35/0/65

Prosenttiosuudet reikä/harm... | 1.1055

CD/MD-suhde | 46

Kulma | 7

Kamera | 3.081 m

Etäisyys hoitopuolelta | 5.555 m

Etäisyys käyttöpuolelta | 27

Huuliruuvi

2-1

8.639 m

Nopeus m/min | 1346

Tampuurin pituus | 12675

Laatu | 4045

Tampuurin numero | 001024

Hoitopuoli | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85

dm

3.2.2004 13:22:57

90 mm
60 mm
30 mm
0 mm

Kuva

1 2

ABB

WIS - Historia Kajaani PK4
 Konfigurointi Näkymä Tampuuri Kuva Galleria Kuvat Irimmit Iubosta Ikkunat Ohjelma...

Tampuurin numero: **001022** Tampuuri valmistunut: **3.2.2004 12:34:20** Laatu: **4045** Tampuurin pituus: **56441**

tuotannollinen ULMAN testi. Laitettu

Haku **Vika** **Laskurit**

Vian tarkennustiedot

Iso vaaletä täplä	56380.4 m
Aika	3.2.2004 12:34:17
Tampuurin numero	001022
Valvojan luokka	Vesitöplä
OnLine luokittelijan luokka	Kosteus likatäplä
Koko (CDxMD)	11.6 x 44.5 mm
Pinta-ala	516 mm ²
Prosenttiosuudet reikä/harm...	0/0/100
CD/MD suhd.	0.261
Kulma	14
Kamera	6
Etäisyys hoitopuolelta	2.775 m
Etäisyys käyttöpuolelta	5.863 m
Huuliruuvi	25

2:1

3.2.2004 14:18:44

WIS - Historia Kejaani PK4
 Konfigurointi Näkymä Tampuuri Kuvagalleria Kuvat Irimmit Tulosta Ikkunat Ohjelma...
 Tampuuri valmistunut Laatu
 001022 Tampuuri 3.2.2004 12:34:20 4045
 56441
 Tampuuri pituus

Kommentit
 tuotannollinen
 ULMAN testi. Laitettu

Haku Vika Laskurit

Iso_vaalea_täplä	56437.3 m
Aika	3.2.2004 12:34:20
Tampuurinnumero	001022
Valvojan luokka	Oljyläiskä
OnLine luokittelijan luokka	Kosteaa likatäplä
Koko (CDxMD)	15.6 x 74.6 mm
Pinta-ala	1163 mm ²
Prosenttiosuudet reikä/harm...	0/0/100
CD/MD-suhde	0.210
Kulma	11
Kamera	17
Etäisyys hoitopuolelta	7.818 m
Etäisyys käyttöpuolelta	0.820 m
Huuliruuvi	67

2:1

3.2.2004 14:18:14