

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

2018

Miro Karkinen

KAPPALEEN TUNNISTAMINEN KONENÄÖN AVULLA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

2018 | 31 sivua, 19 liitesivua

Miro Karkinen

KAPPALEEN TUNNISTAMINEN KONENÄÖN AVULLA

Tämä opinnäytetyö käsittelee konenäön käyttämistä kappaleiden tunnistuksessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa konenäköjärjestelmä, jolla pystytään toteuttamaan vertailua erilaisten kappaleiden kesken. Opinnäytetyössä suunniteltiin toimiva kokoonpano ja tehtiin Sick Oy:n Sopas-konfigurointiohjelmalla referenssikappaleelle omat asetukset. Referenssikappaleesta löydettyjä kuvioita ja mittoja etsittiin samoilla asetuksilla muista samankaltaisista kappaleista. Työ tehtiin Koneteknologiakeskus Turku Oy:lle heidän tiloissaan.

Opinnäytetyön toimeksianto toteutettiin keräämällä tarvittavat laitteet Sick Inspector 2D-konenäkö-kameran ympärille. Konenäköjärjestelmä sisälsi kamerasen lisäksi teholähteen, kamerajalustan, kannettavan ja kaapelit. Valaistus hoidettiin kamerasen integroidulla valaistuksella, joka todettiin riittäväksi kuvattavassa tilassa. Tavoitteena oli oppia käyttämään Sopasta ja ymmärtää, miten eri asetukset vaikuttavat kappaleisiin.

Opinnäytetyössä käsitellään aluksi konenäköjärjestelmän eri osa-alueita. Kuvaaminen ja tunnistaminen Sopas -ohjelmistolla esitellään tämän jälkeen. Lopuksi liitteistä löytyy lisätietoa Sopas-ohjelman työkaluista ja Ethernet/IP-tiedonsiirrosta.

Toimeksiannon tavoitteet saavutettiin. Toimeksiannon lopputuloksena kappaleiden vertailu suoritettiin onnistuneesti. Sopas -ohjelmisto tunnistui kolmesta valitusta kappaleesta yhden. Tämä kappale todettiin ohjelman puolesta hyväksytyksi ja kaksi muuta kappaletta täyttivät vain osan niille annetuista kriteereistä. Kappaleet, jotka eivät täyttäneet kaikkia kriteereitä hylättiin.

ASIASANAT:

Konenäkö, Ethernet/IP, Älykamera, Konfigurointiohjelmisto, Kvantulkinta

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and production engineering

2018 | 31 pages, 19 pages in appendices

Miro Karkinen

ITEM IDENTIFICATION WITH MACHINE VISION

This bachelor's thesis deals with machine vision in item identification. The aim of the thesis was to construct a machine vision system that allows comparison between different items. In the thesis project a functional configuration was planned and with the Sick Ltd's Sopas Configuration software we made reference item it's own settings. The patterns and measurements found in the track section were searched with the same settings from other similar pieces. The work was done at the Machine Technology Center Turku Ltd. at their premises.

Commission was implemented by collecting the necessary equipment around the Sick Inspector 2D machine vision camera. The machine vision system also included a power source, camera base, laptop and cables. The lighting was handled with the integrated lighting of the camera, which was found to be sufficient in the described space. The goal was to learn how to use the Sopas and to understand how different settings affect the items.

Thesis describes the various aspects of the machine vision system. Shooting and Identifying tools which have been essential in this commission are also introduced. At the end of the thesis, the annexes contain additional information on the Sopas tools and Ethernet / IP data transfer.

The objectives of the assignment were achieved. As a result of the assignment, the comparison of the items was performed successfully. Now I can better understand how machine vision systems work and I can independently create the machine vision applications with the Sopas program.

KEYWORDS:

Machine Vision, Ethernet/IP, Smart Camera, Configuration Software, Image Interpretation

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN OSA-ALUEET	2
2.1 Konenäkökamerat	3
2.1.1 Älykamerat	4
2.1.2 2D-kamerat	4
2.1.3 3D-kamerat	5
2.2 Valaistus	6
2.2.1 Valaistusmenetelmiä	6
2.3 Kuvankäsittely	7
2.3.1 Kuvan esikäsittely	7
2.3.2 Kuvan segmentointi	8
2.3.3 Kuvan tunnistus ja tulkinta	8
2.4 Mittausohjelmisto	9
2.5 Optiikka	9
2.6 Resoluutio	10
2.7 Tiedonsiirto	10
3 KUVAAMINEN JA TUNNISTUS SOPAS-SUUNNITTELUOHJELMALLA	11
3.1 Järjestelmän kokoonpano	11
3.2 Kuvattavan kappaleen valinta ja tunnistettavat ominaisuudet	13
3.3 Kameran käyttöönotto	14
3.4 Kameran yhdistäminen Sopas ET -ohjelmaan	16
3.5 Kameran kuvakulma, etäisyys ja valaistus	17
3.6 Kameran tarkkuuden säätäminen	18
3.6.1 Fokusointi	18
3.6.2 Kalibrointi	19
3.7 Työpiste	21
3.8 Kappaleiden tunnistaminen	21
3.9 Tutkittujen kappaleiden tulokset	26
4 TULOSTEN ANALYSOINTI JA YHTEENVETO	28
4.1 Tulosten analysointi	28
4.2 Yhteenveto	29

LIITTEET

- Liite 1. Kameran ja robotin tiedonsiirto
- Liite 2. Sopas ET käyttöliittymä
- Liite 3. Tarttujan ja kiinnityspalojen mallinnukset

KUVIOT

- Kuvio 1. Älykameran toiminta (Leino 2018.) 4
- Kuvio 2 Kameran optiikka (Automation 2018.) 10

KUVAT

- Kuva 1 Matriisikamera vasemmalla ja Viivakamera oikealla (Edmundoptics 2018.) 5
- Kuva 2 Time of Flight -3D-kuvantamistekniikka (Stemmer-imaging 2018.) 6
- Kuva 3 Esimerkki häiriön suodatuksesta (Automation 2018.) 7
- Kuva 4 Kolikot ennen ja jälkeen segmentoinnin (Automation 2018.) 8
- Kuva 5 Esimerkki kuvassa olevan informaation tulkinnasta/analyysistä. Kolikot on lajiteltu niiden koon mukaan (Automation 2018, 11.) 9
- Kuva 6 Resoluutio kasvaa, jolloin kuvan laatu paranee (Resoluutio 2018.) 10
- Kuva 7 Valitut kappaleet 13
- Kuva 8 Kuluneet reunat ja lieriön pinta 13
- Kuva 9 Ethernet- ja virtakaapelin kiinnitys 14
- Kuva 10 Kameran kiinnitys jalustaan 14
- Kuva 11 Ethernet-kaapelin kiinnitys tietokoneeseen 15
- Kuva 12 Johtojen liittäminen teholähteeseen 15
- Kuva 13 Sopas-ohjelman pääikkuna 16
- Kuva 14 Siirtyminen Device window -puolelle 17
- Kuva 15 Kameran kuvakulma 18
- Kuva 16 Fokusointi ikkunaohjelmassa 18
- Kuva 17 Fokusoinnin säätö kamerasta 19
- Kuva 18 Kalibroitiruudukko 19
- Kuva 19 Kalibroinnin aloittaminen 20
- Kuva 20 Neliön sivun pituuden valinta ja hyväksyminen 20
- Kuva 21 Työn suorituspaikka 21
- Kuva 22 Käytetyt toiminnot 21
- Kuva 23 Alueen maalaus Object locator -työkalulla 22
- Kuva 24 Object locator -työkalun asetukset 23
- Kuva 25 Alueen maalaus Circle-työkalulla 23

Kuva 26 Circle-työkalun asetukset	24
Kuva 27 Kuvion valinta Pattern-työkalulla	25
Kuva 28 Mitattavan välimatkan valinta	25
Kuva 29 Referenssikappaleen tulokset	26
Kuva 30 Toisen muovisen kappaleen tulokset	26
Kuva 31 Metallisen kappaleen tulokset	27
Kuva 32 Ethernet/IP-protokollan toiminta kerrosmallina (Advantech 2015.)	2
Kuva 33 Ethernet/IP kommunikointitavat (ODVA, 11 2008.)	3
Kuva 34 TCP:n lähetys ja kuittausmenetelmä (Koivisto 2018.)	4
Kuva 35 Multicast-paketin lähetys (Julio 2012.)	5
Kuva 36 Eksplisiittisen ja Implisiittisen viestinnän vertailua (AutomationDirect 2018.)	6
Kuva 37 Laitteet kuuluvat samaan verkkoon. Viimeinen rivi määrittää laitteen numeron (IPlocation 2018.)	9
Kuva 38 Suositellut skannerin asetukset (Fanuc 2018.)	10
Kuva 39 Suositellut skannerin lisäasetukset (Fanuc 2018.)	10

TAULUKOT

Taulukko 1. Konenäköjärjestelmän toiminta (Automation 2018).	3
Taulukko 2 Työssä käytetty kokoonpano	12

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutustua konenäköön ja Sick Oy:n Sopas-suunnittelutyökaluun. Työ tehdään Koneteknologiakeskus Turku Oy:lle heidän tiloissaan.

Työssä luodaan Sopas-kuvan tunnistusohjelmalla asetukset, joilla kamera etsii kappaleesta erilaisia muotoja tai mittoja. Useita kappaleita vertaillaan keskenään ja samalla pohditaan, millä tavalla eri ohjelman asetukset vaikuttavat muotojen löytämiseen. Tämän lisäksi pohditaan, miten eri asetukset vaikuttavat toisiinsa. Teoriaosuudessa käydään läpi konenäön eri osa-alueita.

Työn tavoitteena on oppia lisää konenäöstä ja päästä hieman pintaa syvemmälle. Haluan myös oppia käyttämään ainakin yhtä kameran konfigurointityökalua. Tavoitteiden saavuttamiseksi aion harjoitella ohjelman käyttöä ja lukea lähdemateriaalia konenäöstä. Konenäön käyttäminen on nykyään yleistä, joten sen ymmärtäminen on varmasti hyödyksi tulevassa työpaikassa.

Liitteenä työssä on Sopas Et -käyttöliittymän läpi käyntiä, jossa kerrotaan ohjelman valikoista ja työkaluista (liite 2). Lisätietoa kameran käyttämisestä ethernet/ip-tiedonsiirto-protokollasta löytyy liitteestä kameran ja robotin tiedonsiirto (liite 1). Koneteknologiakeskus halusi minun myös mallintavan heille muutaman kappaleen Solidworks-suunnitteluohjelmistolla. (liite 3).

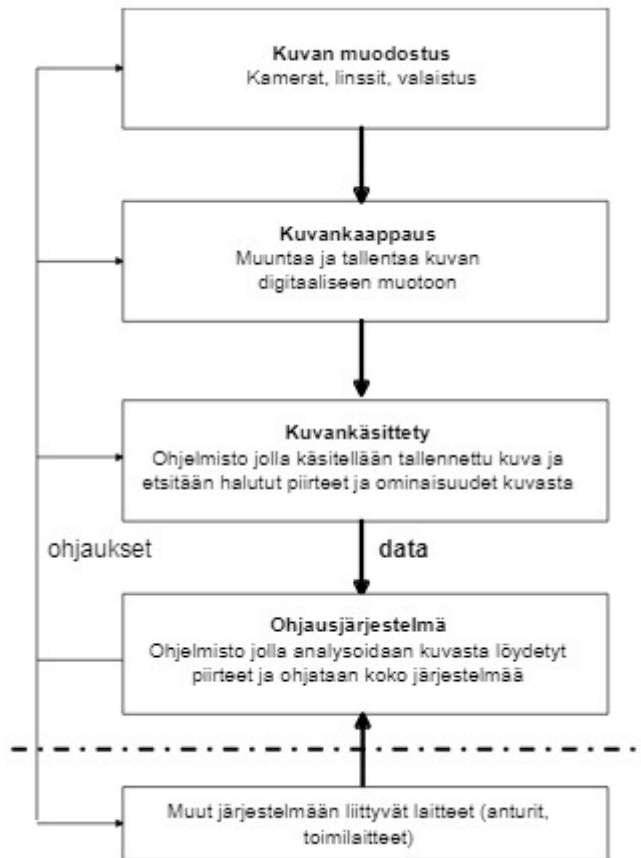
2 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN OSA-ALUEET

Yleensä konenäössä käytettävät algoritmit vaativat paljon laskentaa johtuen kuvassa olevan informaation suuresta määrästä. Konenäköjärjestelmät muodostuvat kamerasta, valaistuksesta, objektiivista, prosessoriyksiköstä, jossa on myös konenäön sovellus sekä, kommunikointirajapinnasta. Konenäköjärjestelmien yleistyminen teollisuudessa alkoi tietotekniikan kehittyessä ja tietokoneiden laskentatehon kasvaessa. Konenäössä tarvittavien tekniikoiden kehittyminen tarkoittaa entistä luotettavampia järjestelmiä, ohjelmistojen parempia ominaisuuksia ja alhaisempia hankintakustannuksia. (Automation 2018, 1.)

Konenäköjärjestelmiä käytetään nykyisin laajasti teollisuuden eri aloilla. Yleensä konenäköjärjestelmiä sovelletaan erilaisten prosessien automatisoinnista. Tällöin konenäköä käytetään ihmisen tilalla prosessin vaikeissa, aikaa vievissä, yksitoikkisissa, vaarallisissa tai suoranaisesti mahdottomissa vaiheissa. (Automation 2018, 1.) Konenäöllä voidaan tunnistaa kohteen sijainti, virheet, mitat ja osien havainnointi.

Konenäköjärjestelmä jaetaan neljään osaan: kuvan muodostukseen, kuvankaappaukseen, kuvankäsittelyyn ja ohjausjärjestelmään. Kuvassa on myös esitetty viidentenä osana automaatiojärjestelmän muita laitteita ja antureita. (Taulukko 1.) Nämä liittyvät konenäköjärjestelmään, mutta eivät ole kauhean iso osa siitä. (Techopedia 2018.)

Taulukko 1. Konenäköjärjestelmän toiminta (Automation 2018).



Konenäkö nähdään usein keinona korvata ihmisen tekemä työ automaattisesti. Tällöin onkin järkevää verrata konenäöllä tehtävää työtä ihmisen tekemään. Teollisuudessa konenäköä käytetään paljon erityisesti laaduntarkastuksessa. Ihmisen tekemänä työ on usein kallista, hidasta, epäjohdonmukaista tai epätarkkaa.

Työvoimakustannukset ovat usein suurimpia syitä konenäön käyttöön. Ihmiselle voi myös tulla esteitä työskentelyolosuhteista, joissa ihminen ei yksinkertaisesti vain pysty toimimaan. Konenäön avulla pystytään parantamaan myös tuotteiden laatua ja parantamaan turvallisuutta. (Cognex 2018.)

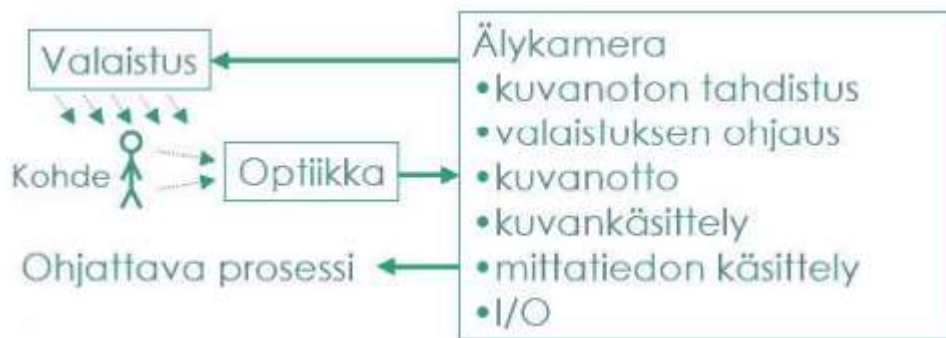
2.1 Konenäkökamerat

Konenäkökameroita on moneen eri tarkoitukseen. Konenäkökamerat ovat tyypillisesti resoluutioltaan muutaman megapikselin luokkaa. Megapikselimäärät ovat pieniä, koska

ne on suunniteltu teolliseen käyttöön ja kameran ottamat kuvat on analysoitava. Kun kuvataan nopeita prosesseja, kameran pitää pystyä ottamaan satoja kuvia sekunnissa. Tämä kuitenkin asettaa rajoituksia tietokoneiden laskenta nopeudelle ja siinä käytettävälle väyläteknikalle. (Vision-doctor 2018.)

2.1.1 Älykamerat

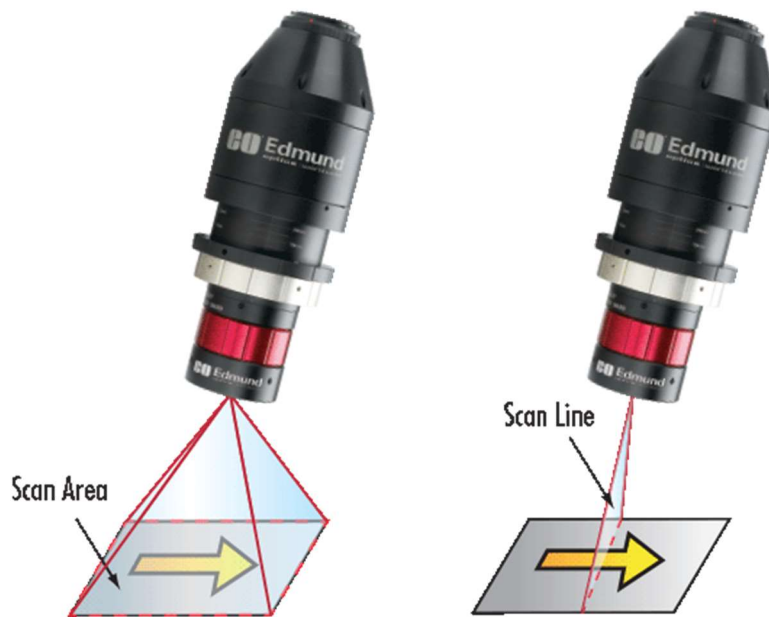
Älykamerassa on yhdistettynä monia konenäköjärjestelmän osia. Älykamera on siis itsenäinen kompakti laite. Kameran lisäksi älykamerassa on oma kuvankäsittelyprosessori, ohjelmisto ja integroitu valaistus. Suurimpina etuina muihin kameroihin on sen yksinkertaisuus ja luotettavuus. Älykameraa voidaan esimerkiksi käyttää kappaleiden määrän tarkistukseen, värien tunnistukseen ja mittaamiseen. Älykameralla on monia eri liitäntätapoja kuten Ethernet, I/O tai kenttäväylä. Älykameran ohjelmointi tehdään yleensä erillisellä laitteella tai tietokoneella, joka irrotetaan tuotantokäytön ajaksi. (Leino 2018, 2.)



Kuvio 1. Älykameran toiminta (Leino 2018.)

2.1.2 2D-kamerat

2D-kameroilla pystytään luomaan 2D-kuvaa. 2D-konenäkö ottaa talteen ja käsittelee kaksiulotteisen kartan (X, Y). Käsittely käsittää tyypillisesti kontrastin vaihtelut. Yleisimmät 2D-kamerat ovat matriisi- ja viivakamerat. Niitä käytetään erilaisissa sovelluksissa, kuten viivakoodilukemisessa, etikettien suunnan- ja painatustarkistuksessa. Suurimaksi osaksi niitä käytetään automaatioteollisuudessa. Tyypillisiä 2D-kameroiden rajoituksia ovat ympäristön valo, johon tulee kiinnittää erityisesti huomiota. Ongelmia voi myös aiheutua kontrastin vaihtelusta. 2D-kamerat ovat vielä yleisin konenäkösovellusvaihtoehto. (Vision-doctor 2018; Leino 2018.)



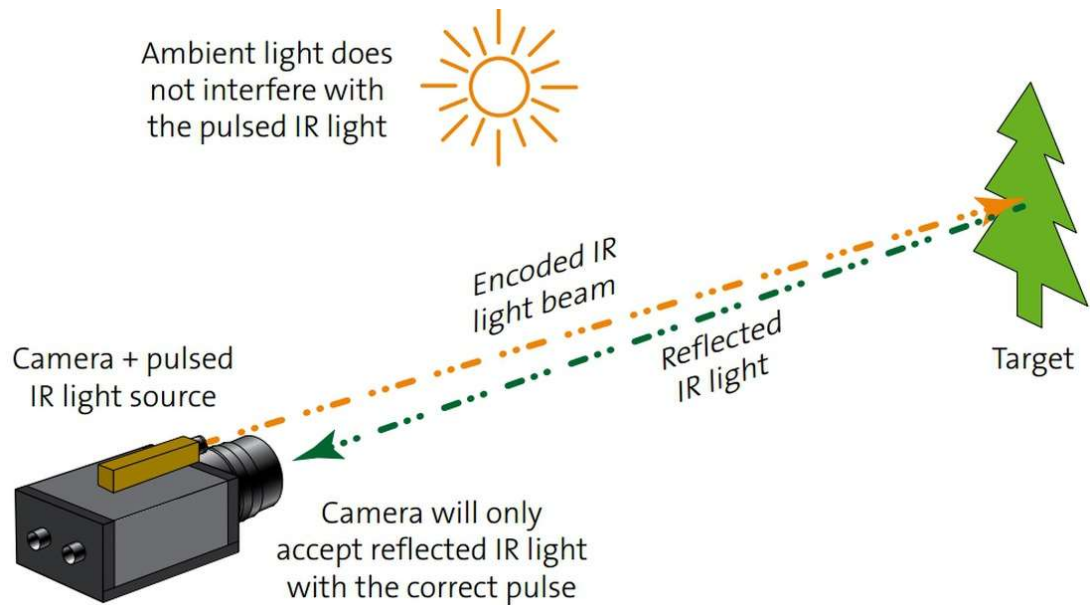
Kuva 1 Matriisikamera vasemmalla ja Viivakamera oikealla (Edmundoptics 2018.)

2.1.3 3D-kamerat

Kun halutaan saada kolmiulotteinen malli fyysisestä kappaleesta, puhutaan 3D-kuvauksesta. Kameroilla voidaan luoda 3D-kuvia monilla eri tavoilla. Näistä yleisimpiä ovat stereokaappaus, rakenteellinen valaisu ja Time of Flight -3D-kuvantamistekniikka.

Stereokaappaus on yleinen 3D-kuvausmenetelmä. 3D-kuvien muodostaminen perustuu kahteen kameraan, jotka ottavat kuvattavasta kohteesta kaksi toisistaan vähän erilaista kuvaa. Tämän jälkeen kameroiden vastinpisteet kohdistetaan, jolla pystytään luomaan syvyyskartta. (Leino 2018, 37-38.)

Time of Flight -3D-kuvantamistekniikka perustuu moduloituun valonlähteeseen. Kamera syyttää valon, jonka takaisinheijastumiseen kulunutta aikaa käytetään kohteen etäisyyden määrittämisen. (Leino 2018, 47.)



Kuva 2 Time of Flight -3D-kuvantamistekniikka (Stemmer-imaging 2018.)

2.2 Valaistus

Valaistuksen vaikutus on yksi tärkeimmistä tekijöistä, kun muodostetaan kuvaa. Kappaleeseen vaikuttava valaistus pidetään yleensä muuttumattomana, sillä tällä tavalla pystytään helpottamaan kuvankäsittelyä. Valaistustekniikoita on monia erilaisia ja niitä sovelletaan kohteen mukaan. Suunniteltu valaistus valaisee kohteen niin, että kuva on mahdollisimman yksinkertainen ymmärtää mutta silti siitä saadaan riittävä informaatio. (Automation 2018, 7.) Konenäössä voidaan käyttää monia eri muotoisia ja vahvuisia valoja.

2.2.1 Valaistusmenetelmiä

Yleisimpiä valaistusmenetelmiä ovat on suora valo (Directional Light), epäsuora valo (Diffuse Light), taustavallo (Back Lighting) ja salamavallo (Strobe light). Suorassa valossa käytetään suunnattuja lamppuja, jotka tekevät kirkkaan valon ja terävät varjot. Kohdepinnalle saatu valaistus ei ole tasaista. Epäsuora valo voidaan heijastaa toisen pinnan kautta kohde pinnalle. Tämä tavalla saadaan tasainen valo koko pinnan päälle ja pystytään vähentämään varjoja. Taustavallo heijastetaan kameraa kohti niin, että valaistu kappale on kameran ja valo lähteen välissä. Tämä on hyvä tapa, jos halutaan saada kappaleen ulkoreunat esille paremmin mittausta varten. Välikkyvät salamavalot ovat tarpeen

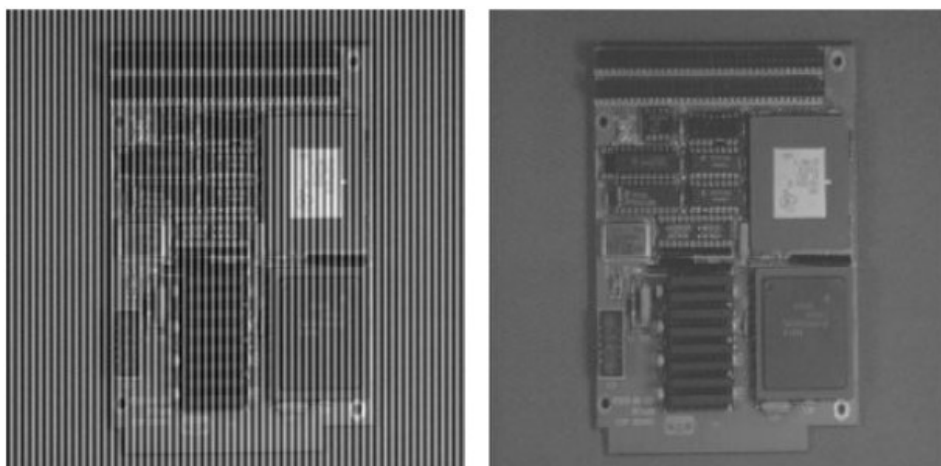
tilanteissa jolloin kuvattava kohde liikkuu nopeasti. Valaisemalla kohde hetkenajaksi voidaan sen liike pysäyttää ja estää muuten sumeaksi muodostuva kuva. (Automation 2018, 7.)

2.3 Kuvankäsittely

Kuvankäsittely voi tapahtua joko kokonaan tietokoneen muistissa tai osittain kaappauksessa kortin omassa muistissa. Joissain kehittyneissä korteissa on oma prosessorinsa, jolla voi tehdä nopeasti yleisiä kuvankäsittelyoperaatioita, kuten suodatusta, rajausta tai koon muutoksia. Kuvankäsittely tehdään kuitenkin yleensä ohjelmallisesti. Kuvankäsittelyssä kuvasta etsitään järjestelmän toimintaa kannalta oleellista informaatiota. Tämä vaihe voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen kuvan esikäsittely, segmentointi, tunnistus ja tulkinta. (Automation 2018, 9.)

2.3.1 Kuvan esikäsittely

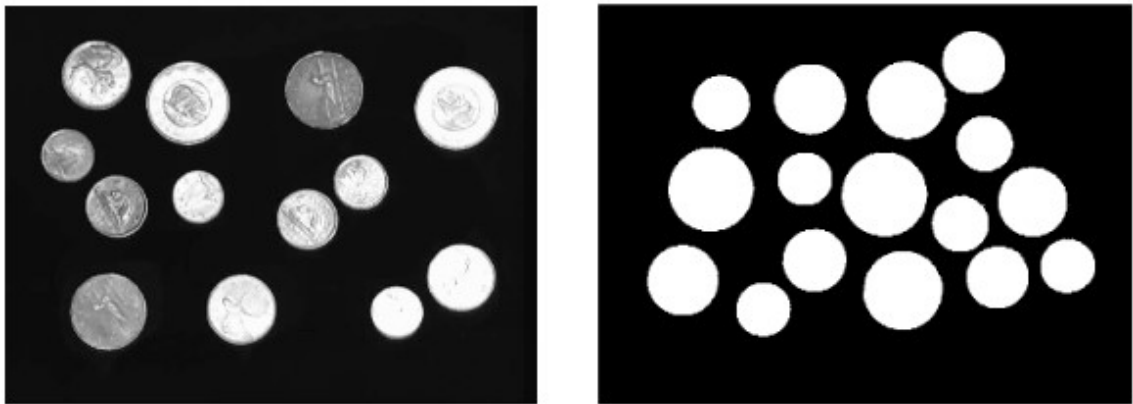
Kuvan laatua pystytään parantamaan poistamalla siitä häiriötaajuuksia. Kuvaa voidaan kääntää tai siitä voidaan erotella pienempiä osa-alueita raskaampaa laskentaa vaativien menetelmien nopeuttamiseksi. (Automation 2018, 10.) Kuvasta voidaan suodattaa häiriö pois esimerkiksi Fourier -muunnoksen avulla. Vasemmanpuoleisesta kuvasta on suodatettu häiriö pois Fourier -muunnoksen avulla. (Kuva 3.)



Kuva 3 Esimerkki häiriön suodatuksesta (Automation 2018.)

2.3.2 Kuvan segmentointi

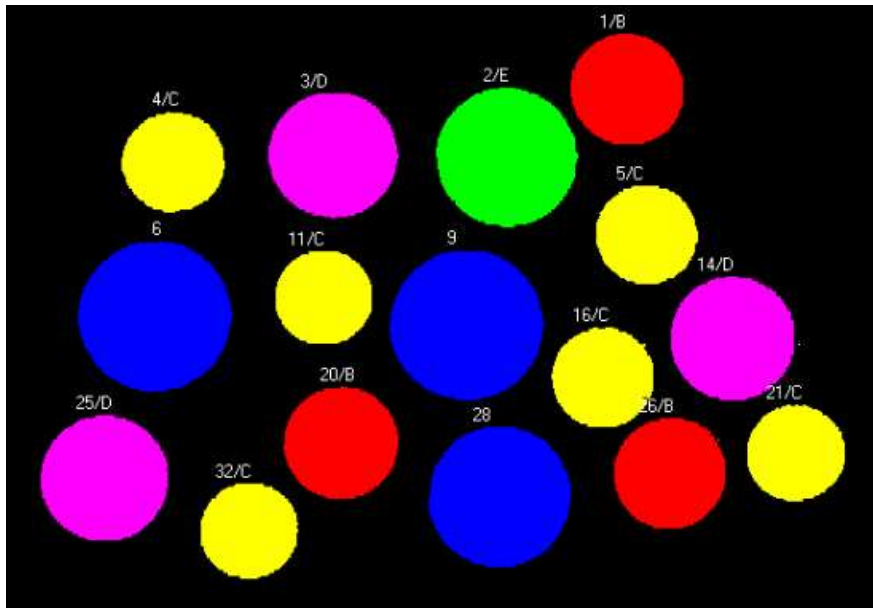
Kuvaa muokataan niin, että siitä etsittävien asioiden löytäminen helpottuu. Kuvan erilaisia ominaisuuksia, kuten kappaleiden reunoja, voidaan keinotekoisesti korostaa. Tämän avulla ominaisuudet löydetään helpommin. Kuva voidaan myös muuttaa binääriseksi. Segmentointia on esitelty esimerkissä. (Kuva 4.) Vasemman kuvan pikselien arvot on muutettu siten, että kaikki muut kuin valkoiset kolikot on muutettu valkoiseksi. Oikeanpuoleista tulos kuvaa on helpompi käsitellä, koska kuva sisältää vain kahta eriväriä mustaa tai valkoista. (Automation 2018, 10.)



Kuva 4 Kolikot ennen ja jälkeen segmentoinnin (Automation 2018.)

2.3.3 Kuvan tunnistus ja tulkinta

Kuvan tunnistuksessa aikaisempien operaatioiden jälkeen valittua kuvaa sovitetaan referenssikuvaan/kuviin. Kuva voidaan tunnistaa, jos se on tarpeeksi samannäköinen valittujen toleranssikriteerien mukaan. Kuvan tulkinnassa saatua kuvaa voidaan tutkia ja siitä voidaan erottaa haluttuja asioita, kuten eri kuva-alueiden mittoja, orientaatioita, muotoja, tai kokoa. Näiden piirteiden avulla päätellään, minkälaista informaatiota kuvaan sisältyy. (Automation 2018, 11.)



Kuva 5 Esimerkki kuvassa olevan informaation tulkinnasta/analyysistä. Kolikot on lajiteltu niiden koon mukaan (Automation 2018, 11.)

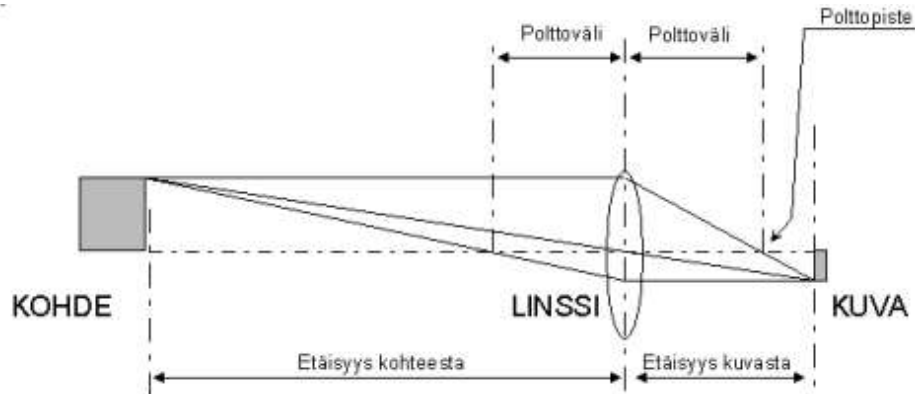
2.4 Mittausohjelmisto

Kuvankäsittelyn jälkeen data käsitellään mittausohjelmistossa. Ohjelmisto suorittaa tämän jälkeen ohjelman mukaiset laskutoimitukset. Tuloksena tämä ohjelmisto antaa vastauksen tutkittavan kappaleen mittaukseen liittyen. Kun esimerkiksi tunnistetaan, onko tutkittava kappale oikean mittainen tai onko kappaleessa oleva oksa terve vai kuollut. (Voutilainen 1996.)

2.5 Optiikka

Optiikan ja linssien valintaan täytyy kiinnittää huomiota, jos halutaan erottaa tarkkoja yksityiskohtia kuvasta. Kuvat muodostetaan linseillä. Linssi kokoaa valoa kohteesta ja keskittää kerätyn valon kuva-anturille. Optiikka määrää saatavan kuvan laadun. Vääris-

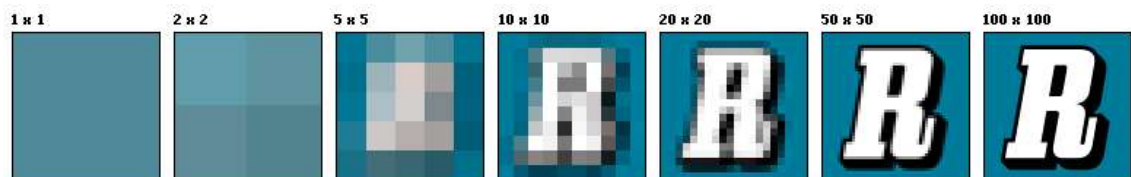
tymät optiikassa aiheuttavat saatavaan kuvaan vastaavan virheen. Tarkennusetäisyyden, kuvausaukon koon sekä kameran etäisyyden muutokset muuttavat kuvaustulosta. (Metropolia 2018.)



Kuvio 2 Kameran optiikka (Automation 2018.)

2.6 Resoluutio

Resoluutio kertoo kennolla olevien valoilmuaisimien/ fotodiodien määrän vaaka- ja pystysuunnassa, joka sitten vastaa pikselien määrää kuvassa. Mitä korkeampi luku resoluutiossa on, sitä tarkempi kuva on. Kun kuvan resoluutio tuplataan, nelinkertaistetaan samalla pikselien määrä ja kuvan tiedosto koko suurenee samassa suhteessa. Mitä suurempi resoluutio kuvalla on, sitä enemmän sen kokoa voidaan suurentaa kuvan laadun kärsimättä. Toisin sanoen pikseleiden koko pysyy vielä niin pienenä, ettei ihmissilmä erota niitä. (Leino 2018, 13.)



Kuva 6 Resoluutio kasvaa, jolloin kuvan laatu paranee (Resoluutio 2018.)

2.7 Tiedonsiirto


Tiedonsiirto koneen ja kameran välillä voidaan suorittaa monella eri tavalla. Esimerkiksi digitaali -I/O:lla, RS232 liitännällä tai Ethernetillä. Työssä käytetty kamera tukee Ethernet/IP-liitäntätapaa.

3 KUVAAMINEN JA TUNNISTUS SOPAS-SUUNNITTELUOHJELMALLA

3.1 Järjestelmän kokoonpano

Työn kokoonpano sisältää Sick Inspector 2D-konenäkökameran, jolla suoritetaan kuvaukset. Kamera kiinnitetään Velbon DF 50 kamerajalustaan. Virrat kameralle saadaan virtakaapelilla teholähteestä. Kamera kytketään Ethernet kaapelilla Lenovon kannettavaan, jossa käytetään Sopas-suunnittelutyökalua. (Taulukko 2.)

Taulukko 2 Työssä käytetty kokoonpano

Laite	Tiedot
<p data-bbox="344 371 860 405">Sick Inspector PIM60 2D-konenäkökamera</p> 	<p data-bbox="1011 412 1273 441">Säädettävä tarkennus</p> <p data-bbox="963 448 1326 477">Laaja Sopas työkalu valikoima</p> <p data-bbox="1023 483 1267 512">CMOS-matriisianturi</p> <p data-bbox="979 519 1310 548">Toimintaetäisyys: ≥ 50 mm</p> <p data-bbox="1034 555 1256 584">Integroitu valaistus</p> <p data-bbox="1038 591 1251 620">Ethernet/ip liitäntä</p>
<p data-bbox="427 707 778 741">Velbon DF 50 kamera jalusta</p> 	<p data-bbox="999 748 1289 777">Korkeus: 54,5 - 152 cm</p> <p data-bbox="1034 784 1254 813">Kantavuus: 2,5 kg</p> <p data-bbox="975 819 1313 848">Säädettävät teleskooppijalat</p> <p data-bbox="1046 855 1241 884">Pikakiinnityslevy</p>
<p data-bbox="539 1077 667 1111">Teholähde</p> 	<p data-bbox="1015 1120 1270 1149">Tulojännite: 230 VAC</p> <p data-bbox="1066 1155 1219 1184">Teho: 150 W</p> <p data-bbox="1027 1191 1257 1220">Näyttö: LCD-näyttö</p> <p data-bbox="1043 1227 1241 1256">Lähtövirta: 0-5 A</p> <p data-bbox="1002 1263 1283 1292">Lähtöjännite: 0-30 VDC</p>
<p data-bbox="480 1413 724 1447">Lenovon kannettava</p> 	<p data-bbox="1066 1453 1219 1482">Näyttö: 15.6"</p> <p data-bbox="986 1489 1299 1518">Proessori: Core i7 620M</p> <p data-bbox="963 1525 1321 1554">Käyttöjärjestelmä: Windows 7</p> <p data-bbox="1075 1561 1209 1590">Muisti: 4GB</p> <p data-bbox="1002 1597 1283 1626">Liitännät: Ethernet portti</p>
<p data-bbox="552 1709 652 1742">Kaapelit</p> 	<p data-bbox="1066 1749 1219 1778">Liitäntä: M12</p> <p data-bbox="1027 1785 1257 1814">1x Ethernet kaapeli</p> <p data-bbox="1059 1821 1225 1850">1x Virtakaapeli</p>

3.2 Kuvattavan kappaleen valinta ja tunnistettavat ominaisuudet

Kappaleiksi valittiin kaksi valkoista muovi lieriötä ja yksi metallinen lieriö. (Kuva 7.) Valitsimme nämä kappaleet, koska koneteknologiakeskus suositteli niitä. Valkoiset lieriöt ovat halkaisijaltaan 90 mm ja metallinen 85 mm. Muovisten lieriöiden päälle liimattiin erilaiset tarrat, joissa oli tekstiä ja kuviota. Kappaleiden valinnassa huomattiin, että kappaleet eivät ole täysin pyöreitä. Muovisissa lieriöissä reunat olivat kuluneet, joka saattaa aiheuttaa ongelmia tunnistettaessa kappaleen pyöreää muotoa. (Kuva 8.) Pinnat eivät myöskään ole täysin sileät vaan niissä esiintyy uria, jotka voivat myös vaikuttaa tunnistuksessa. Kappaleista etsitään kameralla ja Sopas ET -ohjelmaa käyttäen muotoja, kuviota ja mittoja. Lopuksi kappaleita vertaillaan keskenään.



Kuva 7 Valitut kappaleet



Kuva 8 Kuluneet reunat ja lieriön pinta

3.3 Kameran käyttöönotto

Ensimmäiseksi liitettiin kameran mukana tulleet Ethernet- ja virtakaapeli kiinni kameran liitäntöihin. (Kuva 9.)



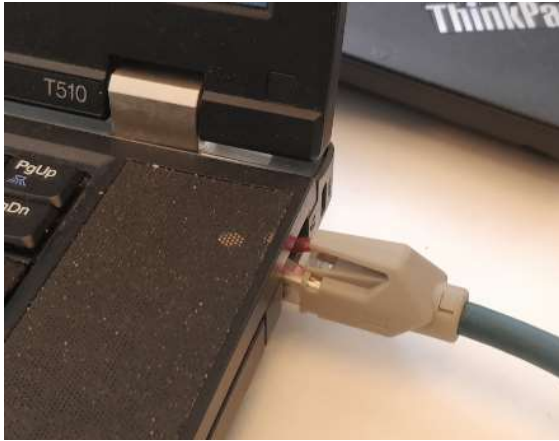
Kuva 9 Ethernet- ja virtakaapelin kiinnitys

Tämän jälkeen kamera kiinnitetään kamerajalustaan asennuslevyn avulla. (Kuva 10.)



Kuva 10 Kameran kiinnitys jalustaan

Kameraa voidaan tässä kohtaa jo säätää osoittamaan kuvattavaa kappaletta kohti. Tarkempi säätö on kumminkin parempi tehdä hieman myöhemmässä vaiheessa, kun saadaan valaistus päälle. Kamera liitetään seuraavaksi tietokoneen ethernet liitäntään kaapelilla. (Kuva 11.)



Kuva 11 Ethernet-kaapelin kiinnitys tietokoneeseen

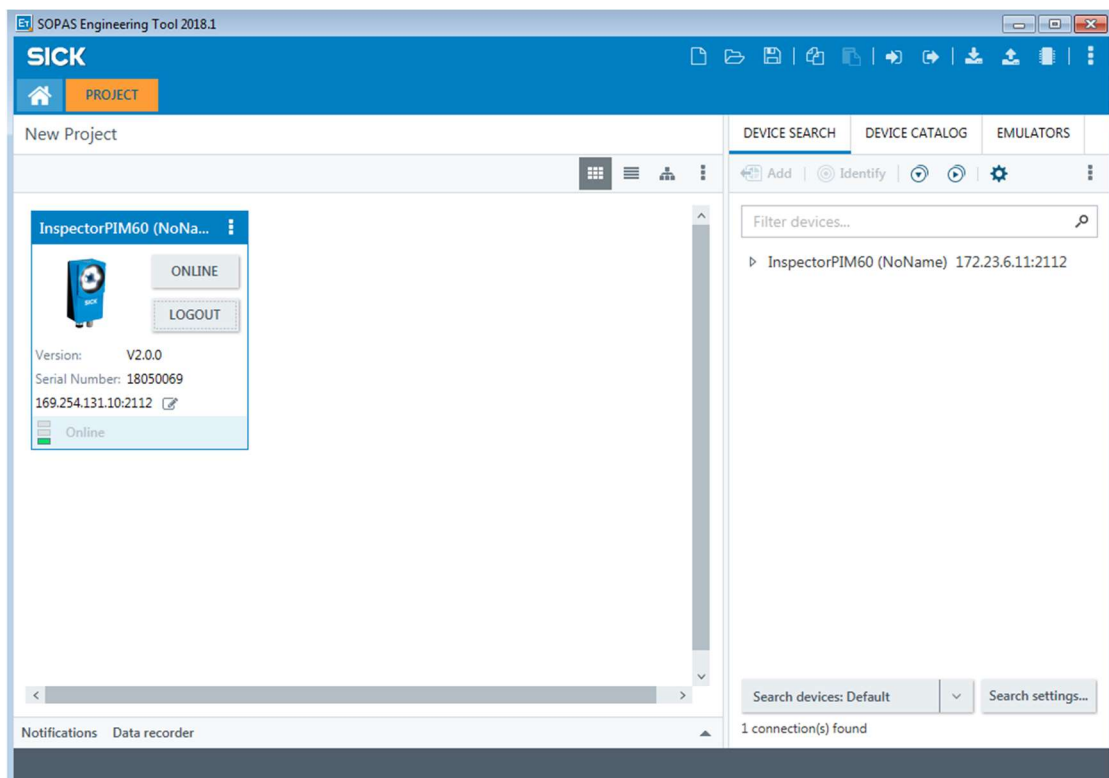
Toisella kameraan tulevalla kaapelilla haetaan kameralle sähköt. Kaapeli liitetään teholähteeseen kahdella pienellä johdolla. Ruskea johto kiinnitetään +24 volttiin oikealle puolelle ja sininen maihin ruskean johdon viereen vasemmalle puolelle. (Kuva 12.) Varmista, että ylimääräiset johdot ovat erillään kiinnitetyistä johdoista.



Kuva 12 Johtojen liittäminen teholähteeseen

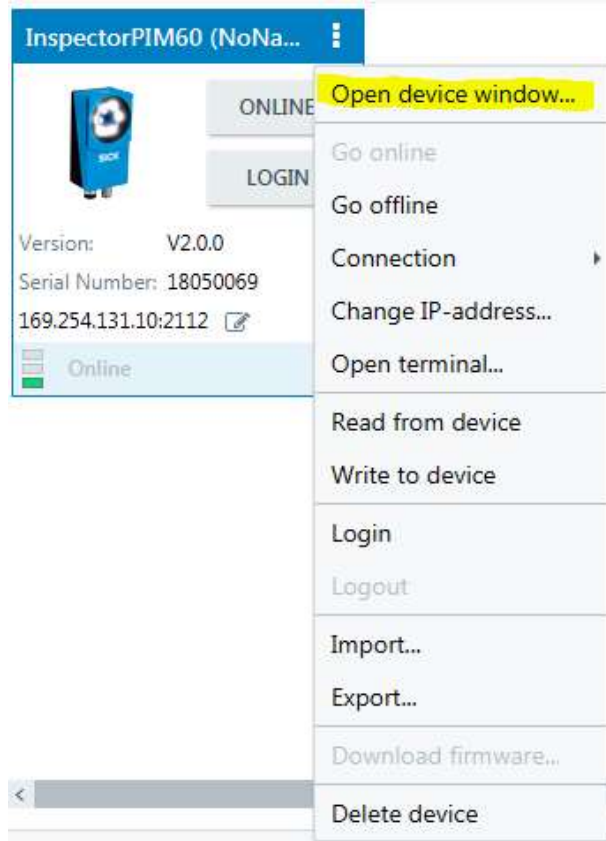
3.4 Kameran yhdistäminen Sopas ET -ohjelmaan

Käynnistetään Sopas ET ohjelma. Kun ohjelma aukeaa, oikealla näkyy laitteiston haku (Device Search) valikko. Valikossa tulisi näkyä kameran nimi tässä tapauksessa Inspector PIM60 tupla klikkaamalla kameran nimeä se ilmestyy vasemmalle puolelle projekti ikkunaan (Project window). Kamera ei kumminkaan aina näy laitteisto haussa, jolloin sille pitää hakea ajuri haku toiminnolla.



Kuva 13 Sopas-ohjelman pääikkuna

Sopas-ohjelman pääikkunaan päästään valitsemalla kameran asetuksista Open device -window. (Kuva 14.) Tämä avaa uuden ikkunan, joka on kameran suunnittelu alusta. Alustalla nähdään kameran live kuvaa ja se sisältää monia erilaisia työkaluja.



Kuva 14 Siirtyminen Device window -puolelle

3.5 Kameran kuvakulma, etäisyys ja valaistus

Kappaleiden vertailussa käytetään kameran omaa valaistusta, joka todettiin riittäväksi ohjelman testailun jälkeen. Kuvaus tapahtuu valoisassa ympäristössä, joka edes auttaa kappaleen näkyvyyttä. Valaistusta ei kumminkaan saa olla liikaa, koska se aiheuttaa valon heijastusta kameran linssiin. Kappaleen ja kameran etäisyys on 55 cm. Kameran

kuvakulma jätettiin hieman vinoon kappaleeseen nähden, jotta heijastusta ei tulisi.

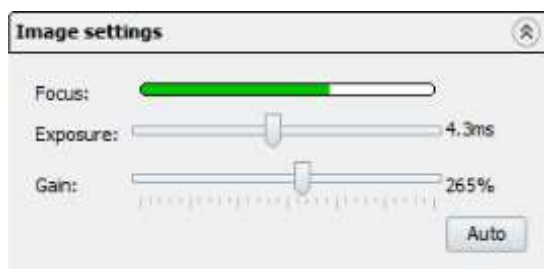


Kuva 15 Kameran kuvakulma

3.6 Kameran tarkkuuden säätäminen

3.6.1 Fokusointi

Ennen kameran kalibroitua pitää suorittaa fokusointi. Fokusointi suoritettiin painamalla Sopas-ohjelman Image settings -välilehdeltä Auto nappia. Tämä suorittaa automaattisen fokuksinnin, joka tarkentaa kappaleesta muodostuvaa kuvaa. (Kuva 16.) Kameran tarkkuutta säädettiin paremmaksi myös fyysisesti kamerasta kuusiokolo avaimella. (Kuva 17.)



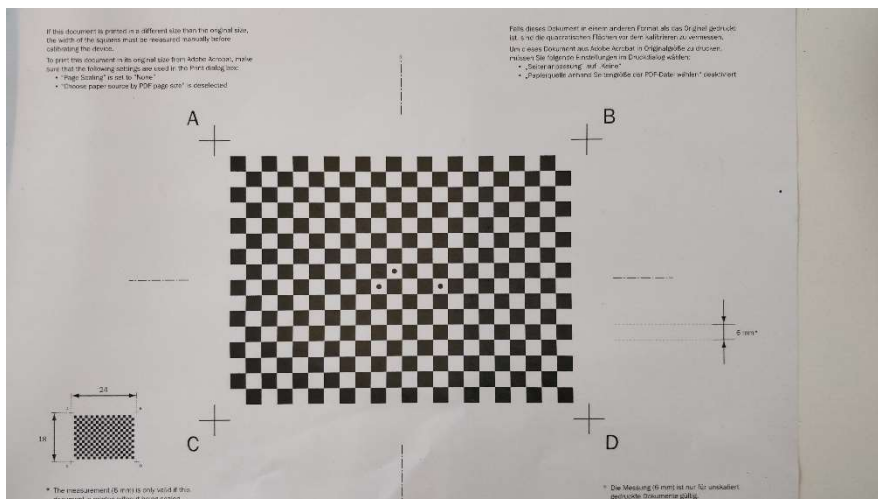
Kuva 16 Fokusointi ikkunaohjelmassa



Kuva 17 Fokusoinnin säätö kamerasta

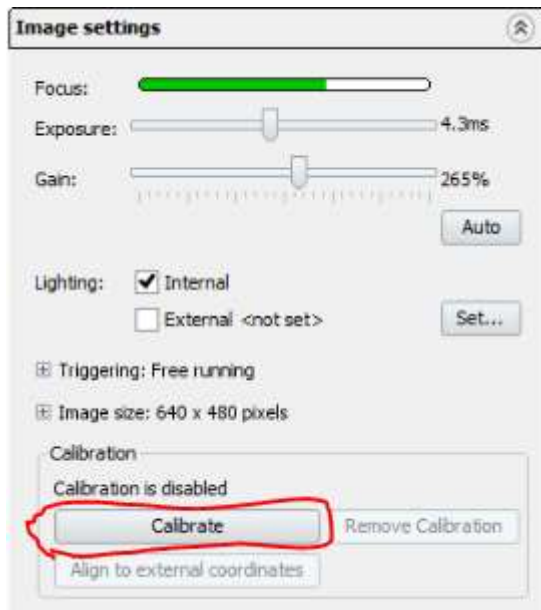
3.6.2 Kalibrointi

Kalibrointi suoritettiin Sickin sivulta ladattavalla 6mm ruudukolla, joka tulostettiin siinä olevien ohjeiden mukaisesti. Tämän jälkeen ruudukko asetettiin kuvaus alueelle.



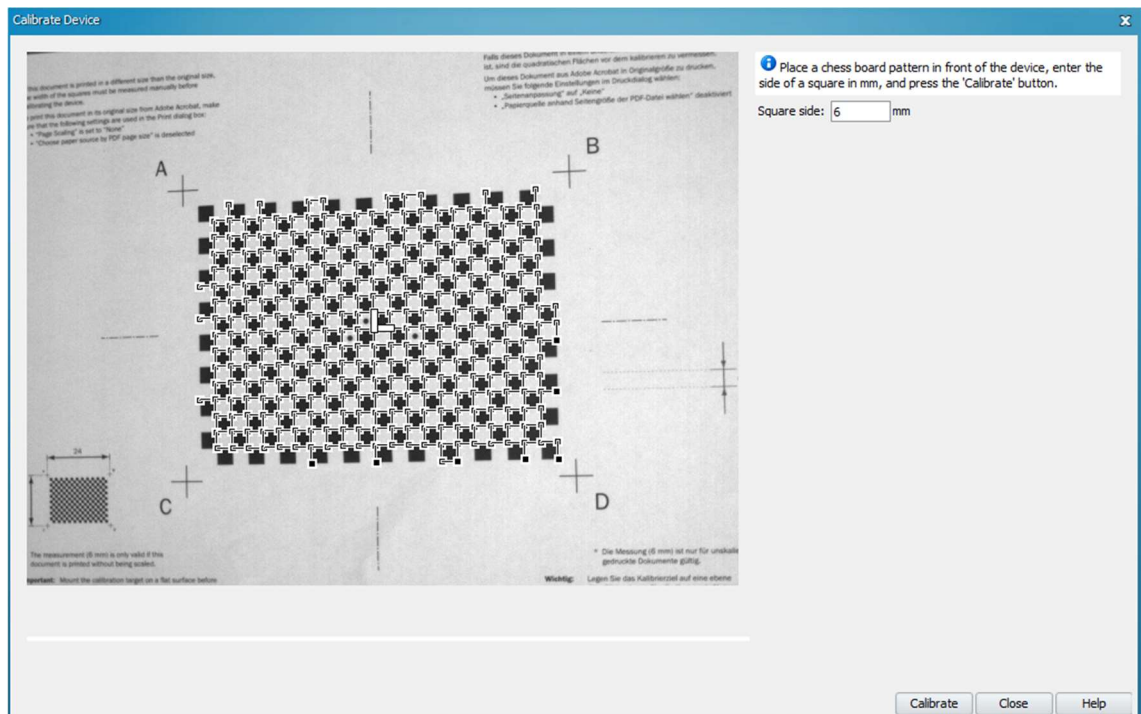
Kuva 18 Kalibroitiruudukko

Seuraavaksi painetaan Calibrate (kalibrointi) nappia, joka avaa ikkunan. (Kuva 19.)



Kuva 19 Kalibroinnin aloittaminen

Ikkunaan syötetään neliön sivun pituus. Sivun pituus tarkistettiin mitalla ja se oli 6 mm. Sivun pituudeksi valittiin 6 mm. Lopuksi kalibrointi hyväksyttiin painamalla ikkunasta calibrate nappia. (Kuva 20.)



Kuva 20 Neliön sivun pituuden valinta ja hyväksyminen

3.7 Työpiste

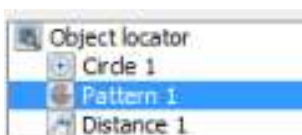


Kuva 21 Työn suorituspaikka

3.8 Kappaleiden tunnistaminen

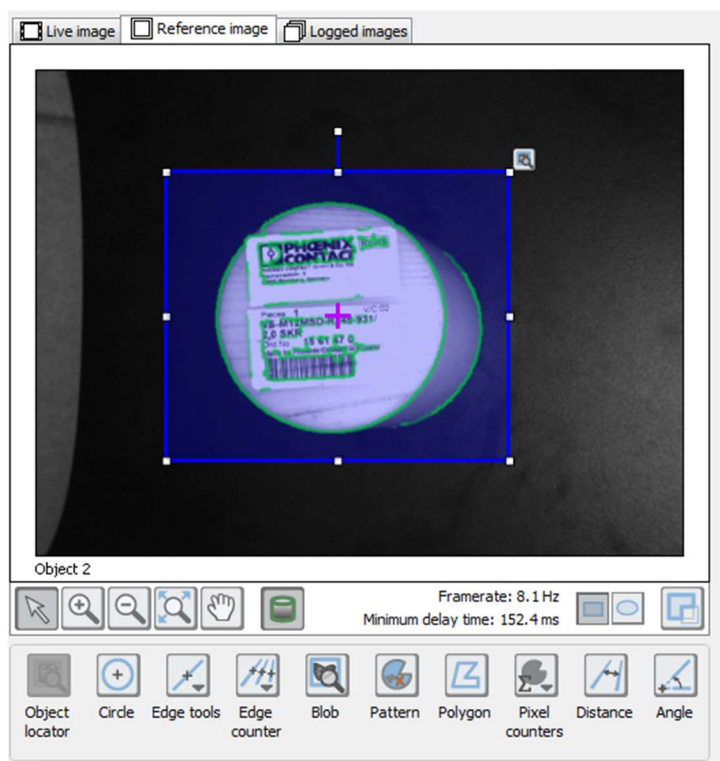
Vertailussa käytettiin kahta muovista lieriö kappaletta ja yhtä metallista. Muoviset kappaleet ovat alun perin olleet samankokoiset, mutta ajan myötä reunat ovat päässeet hie- man kulumaan. Joudumme muuttamaan ympyrän (Circle) asetuksia hieman enemmän, jotta ohjelma tunnistaa molemmat kappaleet. Kappaleihin on myös liimattu erilaiset tar- rat, jolloin ne eivät ole täysin identtiset.

Kappaleiden tunnistaminen toteutettiin Object locator (paikannus) –toiminnolla, johon yh- distettiin Circle (ympyrän) -tunnistus, Pattern (kuvion) -tunnistus ja Distance (etäisyyden) -mittaus. (Kuva 22.)



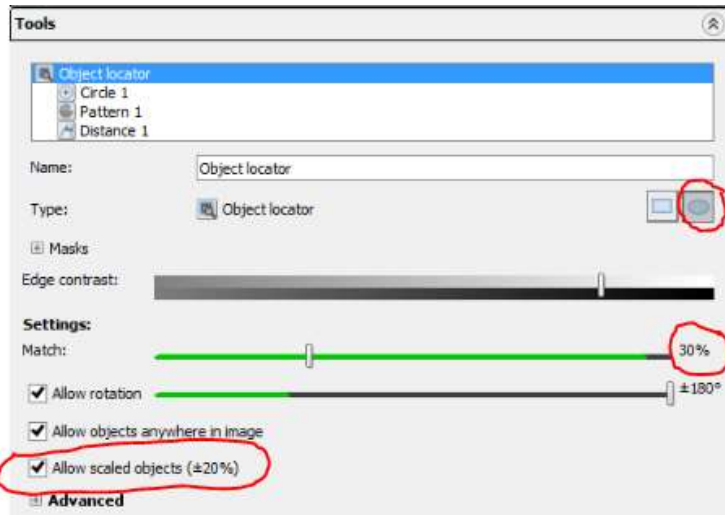
Kuva 22 Käytetyt toiminnot

Aluksi valitaan Object locator -työkalu ja maalataan kuvaan sopivan kokoinen alue, joka on vähän suurempi kuin kuvattava kappale. (Kuva 23.)



Kuva 23 Alueen maalaus Object locator -työkalulla

Object locator -työkalupalkissa muutetaan neliö pyöreään muotoiseksi, koska kuvattava kappale on pyöreä. Tämä helpottaa kappaleen löytämistä kameralla. Lisäksi muutimme Matchin 30 %, koska kappaleet eivät ole täysin pyöreitä kuluneiden reunojen takia. Tämä helpottaa pyöreiden kappaleiden löytymistä, mutta ei siltikään vielä hyväksy muun muotoisia kappaleita. Allow rotation (Rotaatio) jätettiin +-180 °:seen eli ohjelma löytää kappaleen oli se missä asennossa tahansa. Metallinen kappale on muita hieman pienempi halkaisijaltaan (85 mm), ja halusimme kameran löytävän sen, joten laitoimme ruksin Allow scaled objects -kohtaan. Allow scaled objects -asetus antaa kameran löytää 20 % suuremman tai pienemmän kappaleen.



Kuva 24 Object locator -työkalun asetukset

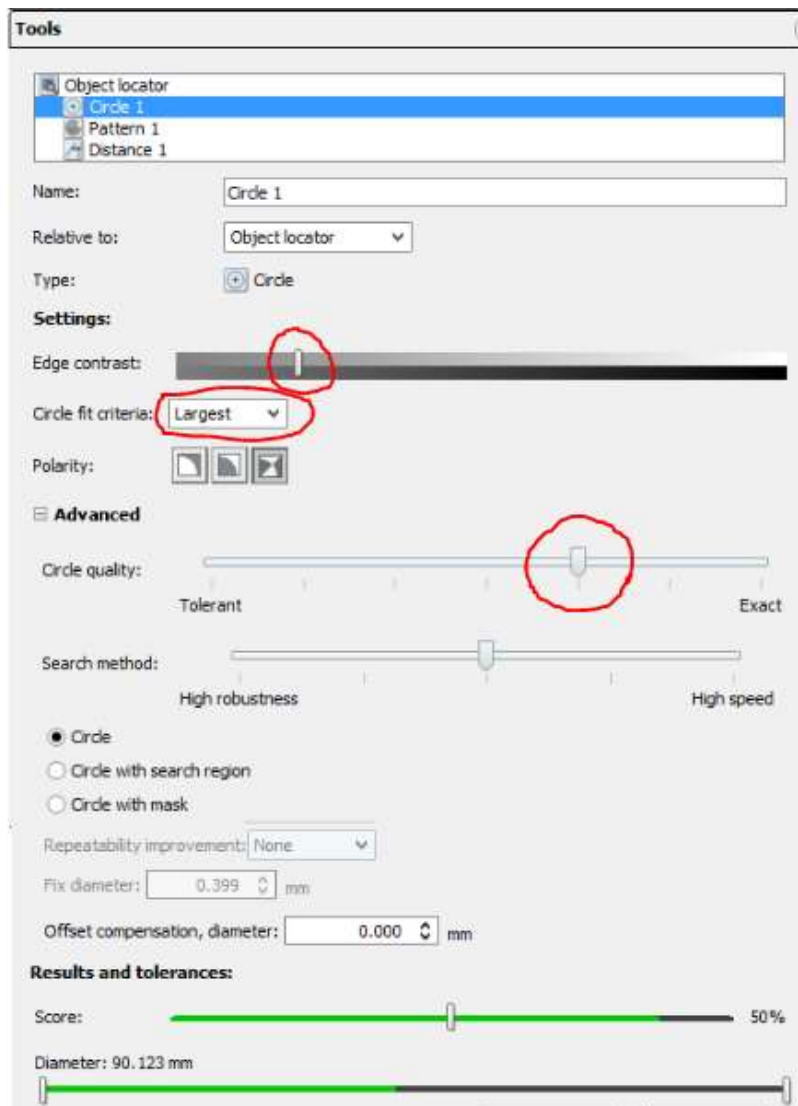
Kuvaan lisätään seuraavaksi Ympyrä (Circle) -työkalu niin, että ulkoinen ympyrä peittää kappaleen alleen. Sisäinen ympyrä jätetään niin pieneksi, kun sen saa.



Kuva 25 Alueen maalaus Circle-työkalulla

Työkalupalkin Circle-asetuksissa muutetaan Edge contrastia harmaaseen päin, jotta kamera ei löytäisi kappaleen kuluneita reunia. Tämä helpottaa pyöreän kappaleen löytämistä, kun kuluneet reunat eivät ole häiritsemässä kappaleen tunnistusta. Edge contrast -asetuksella pystytään siis säätämään, minkä värisiä asioita ohjelma poimii ja kuinka paljon yksityiskohtia halutaan tuoda esille kappaleesta.

Circle fit criteria -asetus laitetaan Largest-asetukselle. Ohjelma etsii tämän asetuksen avulla kappaleen suurinta halkaisijaa. Tämä toimii hyvin Edge contrast -asetuksen kanssa. Circle quality -asetus siirrettiin vähän Exactia (tarkkaa) kohti, jolla haluttiin hakea vähän tarkempaa Circle qualitya (ympyrän laatua). Search methodin (hakutavan) nopeudella ei tässä ollut merkitystä, koska kappaleet ovat paikallaan, joten arvo jätettiin keskelle palkkia. Loput asetukset jätettiin oletusarvoihin.



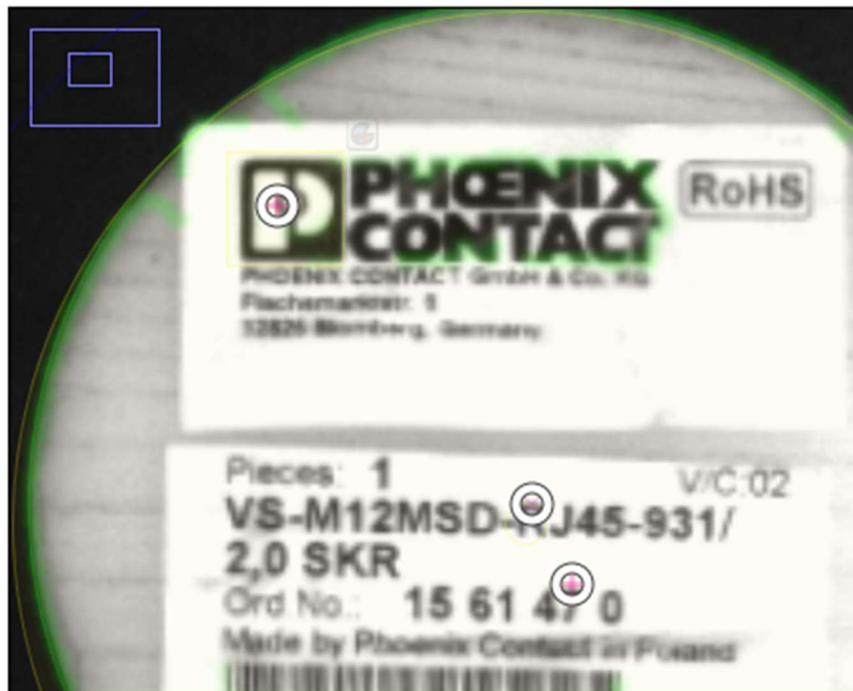
Kuva 26 Circle-työkalun asetukset

Kappaleesta valittiin Pattern (kuvio) -työkalulla etsittäväksi Phoenix contact yrityksen logo (P). (Kuva 27.) Logon ympärille maalattiin neliö, joka ohjelman tulisi löytää kappaleesta, oli se miten päin tahansa. Pattern työkalun -asetukset pysyvät ennallaan. Muutoksia ei tarvittu.



Kuva 27 Kuvion valinta Pattern-työkalulla

Distance-työkalulla mitattiin kahden pisteen etäisyyttä. (Kuva 28.) Mitta saadaan calibroinnin ansiosta millimetreinä. Kun Distance-työkalu valitaan, kappaleeseen ilmestyy ympyröitä, joista kaksi voidaan valita.



Kuva 28 Mitattavan välimatkan valinta

Pisteiksi valittiin kuvion (P) keskusta ja kappaleen keskipiste. Sopas näyttää kahden pisteen välisen matkan millimetreinä.

3.9 Tutkittujen kappaleiden tulokset

Ensimmäisenä kappale, jota verrataan muihin. Tästä kappaleesta löytyy kaikki työkaluilla haetut kuviot ja mitat.



Kuva 29 Referenssikappaleen tulokset

Seuraavista kappaleista puuttuu logo (P). Muovisilla (Kuva 30.) ja metallisella (Kuva 31.) kappaleella on eri kokoinen halkaisija.



Kuva 30 Toisen muovisen kappaleen tulokset



Kuva 31 Metallisen kappaleen tulokset

4 TULOSTEN ANALYSOINTI JA YHTEENVETO

4.1 Tulosten analysointi

Tuloksena saatiin, että vain yksi muovinen kappale täytti kaikki vaaditut kriteerit ja muut kappaleet vain osan kriteereistä. Referenssikappaleessa (kuva 29.) nähdään, että Detailed results (tarkemmat tulokset) -kohta näyttää jokaiselle ominaisuudelle vihreää. Tämä tarkoittaa, että haettu ominaisuus löytyy kappaleesta. Kappaleesta tunnistetaan sen pyöreä muoto, jolle ohjelma näyttää halkaisijan (90,11 mm). Halkaisijan mitta tarkistettiin vielä mitalla, joka oli noin 90 mm. Kappaleen mitat nähdään, koska kameralle suoritettiin calibrointi. Ilman calibrointia Sopas ei voi havaita kappaleen mittoja. Lisäksi kappaleesta tunnistetaan yrityksen logo (P) ja etäisyys kappaleen keskeltä yrityksen logon keskelle (34,5 mm). Kappaleen keskustan ja logon väliselle mitalle annettiin asetuksissa minimiarvo (32 mm) ja maksimiarvo (36 mm). Niin kauan kun mitta pysyy annettujen arvojen välissä, on tulos hyväksytty.

Vertailuun otettiin seuraavaksi (kuva 30.) kappale. Kuvasta etsittiin samoja piirteitä kuin ensimmäisestäkin kappaleesta. Vertailussa havaittiin, että kappaleesta ei löydy yrityksen logoa (P). Tämän takia on myös mahdoton löytää etäisyyttä kappaleen keskeltä yrityksen logon keskelle. Ohjelma tunnistaa kappaleen halkaisijan, joka on 89,58 mm. Pientä eroa, siis on havaittavissa ensimmäiseen kappaleeseen. Pienet erot voivat johtua ohjelman asetuksista tai kappaleen reunan kulumisesta, koska kappaleet ovat olleet opetus käytössä.

Viimeisenä vertailussa oli metallinen kappale (Kuva 31.), josta yritettiin myös etsiä samoja ominaisuuksia kuin ensimmäisestä kappaleesta. Kappaleesta ei löytynyt yrityksen logoa (P), jolloin ei voitu etäisyyttäkään löytää. Halkaisija on ohjelman mukaan 86,14 mm. Mittaamalla halkaisija itse saatiin 85 mm. 1 mm ero voi syntyä jo ohjelman asetuksista, koska siellä pystytään säätämään kameran herkkyyttä. Toisin sanoen pystytään vaikuttamaan siihen, miten herkästi kamera poimii valkoisia tai mustia pikseleitä. Ohjelma voi asetuksista riippuen jättää huomioimatta ihan pienen osan jostain reunasta, jos se esimerkiksi on liian musta tai valkoinen.

4.2 Yhteenveto

Vain referenssikappale täytti vaaditut kriteerit. (Kuva 29.) Muut kappaleet täyttivät vain osan vaadituista kriteereistä. Jos kamera toimisi esimerkiksi linjastolla, jossa liikkuisi samankaltaisia kappaleita, se hyväksyisi näiden asetusten perusteella vain referenssikappaleen. Loput kaksi kappaletta siis hylättäisiin. Sopas-ohjelmassa asetuksia voitaisiin kyllä muuttaa esimerkiksi siten, että se hyväksyisi kappaleet vaikka tietyn kokoiset halkaisijan mukaan. Lisäksi voitaisiin määritellä, että muita kriteereitä ei otettaisi huomioon. Tämä tarkoittaisi sitä, että halkaisijan koko määräisi, hyväksytäänkö se vai ei. Ohjelman asetuksista pystytään täysin määrittämään, millä kriteereillä kappaleita hyväksytään. Kappaleissa olevat kuluneet reunat ja epäsuorat pinnat eivät vaikuttaneet paljoa kuvaamisen lopputulokseen. Ongelmat saatiin korjattua säätämällä ohjelman asetuksia.

Minua kiinnostaa konenäköön liittyvät asiat, joten etsin siihen liittyvää työtä. Valitsin tämän työn, koska siinä pääsee käyttämään kameraa, opettelemaan konfigurointityökalun käyttöä ja vertailemaan erilaisia kappaleita. Opinnäytetyön aikana opin käyttämään Sopas-konfigurointiohjelmaa. Pystyn valitsemaan kameraseläille oikeat laitteet ja ymmärrän, miten konenäköjärjestelmät toimivat. Kappaleen tunnistus onnistui mielestäni hyvin. Opinnäytteen ohjaaja oli tyytyväinen työn tuloksiin. Työ tarjoaa mielestäni hyvän pohjan konenäköasioista kiinnostuneelle opiskelijalle. Työ sisältää hyvät ohjeet Sopas-ohjelman käytön aloittamiseen ja kertoo työhön liittyvistä tärkeistä asioista. Ymmärrän nyt paremmin, kuinka konenäköjärjestelmät toimivat ja pystyn omatoimisesti luomaan Sopas-ohjelmalla konenäkö sovelluksia.

LÄHTEET

Advantech, 2015. OSI model for Ethernet/IP. [viitattu 20.7.2018].

<http://www.advantech.ru/factory-automation/technology%20highlight/8ccf7c6a-c8ae-4a39-bbc7-50bd7317eefd/>

AutomationDirect, 2018. Ethernet/IP: Implicit vs. Explicit Messaging. [viitattu 22.7.2018].

<https://library.automationdirect.com/ethernetip-implicit-vs-explicit-messaging/>

Automation, 2018. Konenäkö robotin ohjauksessa. [viitattu 26.6.2018]. Saatavilla:

http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf

Cicnavi, 2011. The Difference Between Unicast, Multicast and Broadcast Messages. [viitattu 21.7.2018].

<https://www.utilizewindows.com/the-difference-between-unicast-multicast-and-broadcast-messages/>

Cognex, 2018. Benefits of Machine Vision. [viitattu 27.6.2018].

<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/benefits>

Cognex, 2018. Difference Between Implicit and Explicit Messaging. [viitattu 22.7.2018].

http://help.cognex.com/Content/KB_Topics/In-Sight/IONetwork/1580.htm

Edmundoptics, 2018. Matriisikamera ja Viivakamera. [viitattu 20.8.2018].

<https://www.edmundoptics.com/contentassets/830e90b03c7240adb923cd7fa01f4b2/fig-2-cti.gif>

Fanuc, 2018. R-30iA/R-30iA Mate Controller Ethernet/IP Operator's Manual. [viitattu 23.7.2018]. Saatavilla:

<https://www.scribd.com/document/338794953/EthernetIP-User-Manual-B-82854EN-01>

Hannifin, P. 2009. Ethernet/IP Programmer's Guide. [viitattu 26.7.2018]. Saatavilla:

IPlocation, 2018. What is a Subnet Mask. [viitattu 27.7.2018]. Saatavilla:

<https://www.iplocation.net/subnet-mask>

Julio, 2012. Unicast, Multicast, or Both: What's Right for You? [viitattu 21.7.2018].

<https://www.genetec.com/es/acerca/noticias/blog/unicast-multicast-or-both-what-is-right-for-you#.W8XGyGj7SUI>

Koivisto, M. 2018. TCP- ja UDP-protokollat [viitattu 20.7.2018].

http://oppimateriaalit.internetix.fi/fi/avoimet/6tekniikkatalous/verkko/tcp_ja_udp_protokollat

Metropolia, 2018. Konenäkö – Machine Vision. [viitattu 2.7.2018] Saatavilla:

<https://wiki.metropolia.fi/download/attachments/11637671/Konenako.pdf>

Mirka, L. 2018. SAMK: Kameratekniikat. [viitattu 1.7.2018]. Saatavilla:

Optima - Kameratekniikat.pdf

Mirka, L. 2018. SAMK: Älykamera ja koodien luku. [viitattu 26.8.2018]. Saatavilla:

Optima - Älykamera ja koodien luku.pdf

Nevase, V. 2016. A practical guide to Differentiate Unicast, Broadcast & Multicast. [viitattu 20.7.2018].

<https://www.esds.co.in/blog/difference-between-unicast-broadcast-and-multicast/#sthash.FBj8JNpn.ij4cEXyq.dpbs>

ODVA, 2018. Ethernet/IP Quick start for vendors handbook. [viitattu 20.7.2018]. Saatavilla:

https://www.odva.org/Portals/0/Library/Publications_Numbered/PUB00213R0_EtherNetIP_Developers_Guide.pdf

Resoluutio, 2018. Wikipedia. [viitattu 21.7.2018].

[https://fi.wikipedia.org/wiki/Resoluutio_\(kuvatekniikka\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Resoluutio_(kuvatekniikka))

Stemmer-imaging, 2018. Time of Flight -3D-kuvantamistekniikka. [viitattu 20.8.2018].

<https://www.stemmer-imaging.co.uk/en/knowledge-base/cameras-3d-time-of-flight-cameras/>

Techopedia, 2018. Machine Vision System (MVS). [viitattu 26.6.2018].

<https://www.techopedia.com/definition/30414/machine-vision-system-mvs>

Vision-doctor, 2018. Resolution of sensors. [viitattu 29.6.2018].

<http://www.vision-doctor.com/en/camera-technology-basics/resolution-of-sensors.html>

Vision-doctor, 2018. Selection of the appropriate camera. [viitattu 1.7.2018].

<http://www.vision-doctor.com/en/selction-of-perfect-camera.html>

Voutilainen, M. 1996. Konenäkö. [viitattu 2.7.2018]

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konenako/index.html>

Kameran ja robotin välinen tiedonsiirto

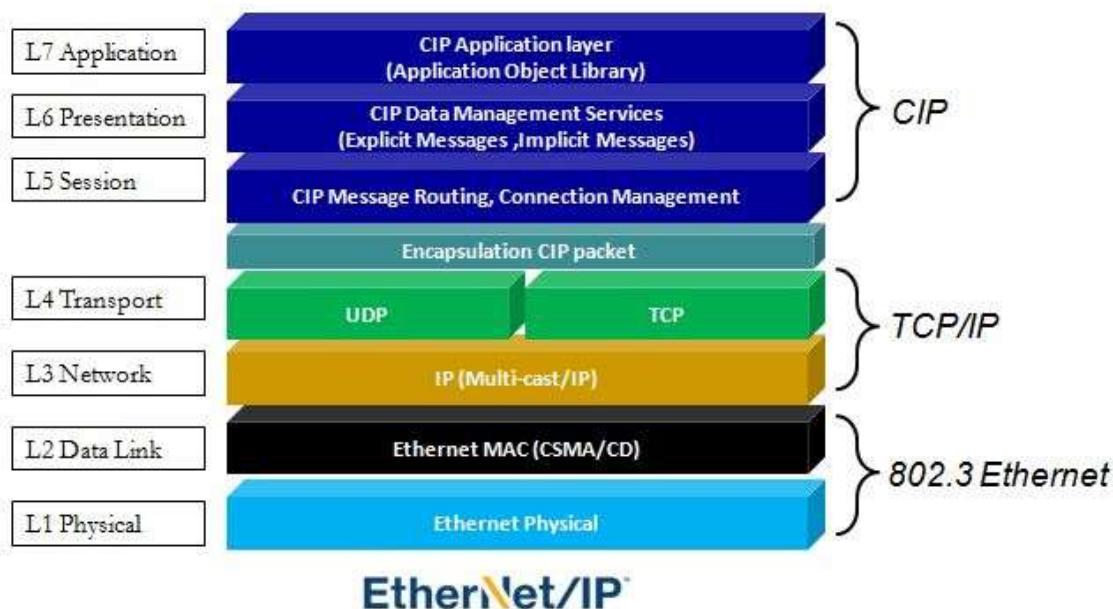
EtherNet/IP on teollinen verkkoprotokolla, joka sovittaa yhteisen teollisuusprotokollan standardin Ethernetiin. Sen kehitys alkoi 1990 –luvulla ControlNet International (CI) nimisen yrityksen toimesta. Vuonna 2000 ODVA ja CI muodostivat keskenään teknologia sopimuksen EtherNet/IP:n kehittämiseksi. Vuonna 2009 sopimus katkaistiin ja Ethernet/IP jäi ODVA:n yksinomaiseen hallintaan. EtherNet/IP on yksi johtavista teollisuusprotokollista Yhdysvalloissa ja sitä käytetään laajalti useilla toimialoilla, kuten tehtailla ja erilaisissa prosesseissa. Vielä nykyäänkin EtherNet/IP- ja CIP-teknologioita hallinnoi ODVA, Inc., joka on vuonna 1995 perustettu maailmanlaajuinen kaupan ja standardien kehittämisorganisaatio. (Resoluutio 2018.)

EtherNet/IP (IP on lyhenne sanasta Industrial Protocol) on kenttäväyläprotokolla, joka käyttää TCP/IP ja UDP protokollia. TCP/IP:tä käytetään normaaliin tiedonsiirtoon laitteiden välillä ja UDP:tä käytetään I/O-viesteihin. Protokolla on alun perin kehitetty suurille datamäärille ja on parhaimmillaan verkoissa, joissa täytyy siirtää suuria viestejä isolla tiedonsiirtonopeudella. Ethernet/IP tarjoaa käyttäjälle verkkotyökalut helppoon Ethernet-teknikan käyttöön. Se mahdollistaa internetin ja yrityksen tiedonsiirron. Ainoa teollinen Ethernet-verkko, joka on todistetusti, täydellinen ja valmis käytettäväksi teollisena internettinä. Tarjoaa erilaisia topologia ratkaisuja, kuten perinteinen tähti ja rengas. QuickConnect -toiminto mahdollistaa laitteiden vaihtamisen verkon ollessa käynnissä. IEEE Ethernet -standardien noudattaminen tarjoaa käyttäjille mahdollisuuden valita verkkoliitännän nopeuden esim. 10, 100 Mbps ja 1 Gbps- sekä joustavan verkkoarkkitehtuuri, joka on yhteensopiva kaupallisesti saatavissa olevien Ethernet-asennusvaihtoehtojen kanssa, joita voivat olla kupari, kuitu tai langaton. (ODVA 2008.)

Ethernet/IP, kuten kaikki muutkin CIP:n jäsenet, käyttävät Open Systems Interconnection (OSI) mallia. OSI mallissa määritellään täytäntöönpanoa varten seitsemän kerrosta:

fyysinen, esittely, verkko, liikenne, data linkki, istunto, esittely ja sovellus. Kuvassa alla on esitetty Ethernet/IP-protokollan toiminta kerroksellina.

OSI Model for EtherNet/IP



Kuva 32 Ethernet/IP-protokollan toiminta kerroksellina (Advantech 2015.)

1. CIP (Common Industrial Protocol)

EtherNet/IP hyödyntää Common Industrial Protocol (CIP) Networksia sen ylemmillä kerroksilla. CIP-verkot noudattavat OSI-mallia, jossa määritellään puitteet verkkoprotokollien toteuttamiselle seitsemässä kerroksessa: fyysinen, datayhteys, verkko, verkkoliikenne, istunto, esitys ja sovellus. Tämän mallin mukaiset verkot määrittelevät täydellisen verkko-ominaisuuden fyysisestä toteutuksesta sovelluksen tai käyttöliittymän kerroksen kautta. CIP sisältää laajan valikoiman viestejä ja palveluita erilaisille valmistusautomaatio-sovelluksille kuten valvonnalle, turvallisuudelle, energialle, synkronoinnille ja liikkeelle, tiedonhallinnalle ja verkonhallintaan. CIP tarjoaa käyttäjille yhtenäisen viestinnän arkkitehtuurin kaikille yrityksille. (ODVA 2008, 5). Seuraavassa kuvassa on esitetty Ethernet/IP:n kaksi eri tiedonsiirtotyyppiä.

CIP Message Type	CIP Communication Relationship	Transport Protocol	Communication Type	Typical Use	Example
Explicit	Connected or Unconnected	TCP/IP	Request/reply transactions	Non time-critical information data	Read/Write configuration parameters
Implicit	Connected	UDP/IP	I/O data transfers	Real-time I/O data	Real-time control data from a remote I/O device

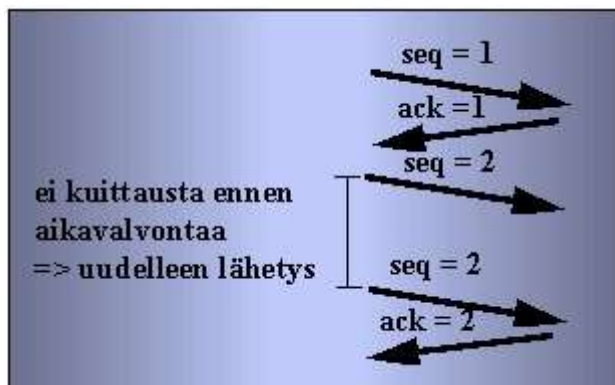
Kuva 33 Ethernet/IP kommunikointitavat (ODVA, 11 2008.)

2. Kuljetusprotokollat

TCP ja UDP ovat kuljetusprotokollia, joita käytetään bittien lähettämiseen data paketeina Ethernetin kautta. Niiden perustehtävänä on tarjota ylemmille sovelluksille kuljetuspalvelua kahden mahdollisesti eri koneissa tai jopa eri verkoissa olevan prosessin välillä. Tämän seurauksena kuljetusprotokollan vähimmäisvaatimuksena on kyky osoittaa lopullinen kohde eli se sovellus tai prosessi, jonka kanssa halutaan kommunikoida. Käytettävä kuljetusprotokolla voidaan valita vapaasti sovellusohjelman tarpeen mukaan. Keskeinen kysymys valinnan yhteydessä on, kuinka luotettavaa tiedonsiirtoa tarvitaan. Jos esimerkiksi sovellus itse huolehtii siirretyn datan oikeellisuudesta ja eheydestä, voidaan käyttää kevyempää kuljetuspalvelua. Jos taas sovellus ei niistä huolehdi, se jää kuljetusprotokollan tehtäväksi. (Koivisto 2018.)

3. Transmission Control Protocol (TCP)

TCP on internet -maailman yleisin kuljetusprotokolla. Sitä käyttävät monet yleisimmät sovellukset kuten ftp, telnet, www ja niin edelleen. TCP tarjoaa UDP:n tavoin mekanismin, jolla pystytään osoittamaan lopullinen kohde, mutta TCP tarjoaa tämän lisäksi monia lisäominaisuuksia. Keskeisin asia on, että se tarjoaa sovelluksille luotettavaa yhteydellistä kuljetuspalvelua, joka takaa pakettien järjestyksen säilymisen sekä pakettien pääsyn vastaanottajalle. Tämän ansiosta sovellusohjelmoijan ei tarvitse kiinnittää huomiota tiedonsiirrossa esiintyvien ongelmien hoitamiseen vaan TCP hoitaa ne hänen puolestaan. TCP:n luotettava tiedonsiirto perustuu pakettien numerointiin se numeroi kaikki lähettämänsä paketit ja jää odottamaan kuittausta. Mikäli TCP ei saa kuittausta paketti lähetetään uudelleen. (Koivisto 2018.)



Kuva 34 TCP:n lähetys ja kuittausmenetelmä (Koivisto 2018.)

4. User Datagram Protocol (UDP)

Kun sovellus käyttää UDP:tä, paketit lähetetään vain vastaanottajalle. Lähettäjä ei odota, että vastaanottaja vastaanottaa paketin, vaan jatkaa uusien pakettien lähettämistä jatkuvasti. Jos vastaanottajalta jää UDP-paketteja vastaanottamatta ne vain katoavat, paketteja ei siis lähetetä uudestaan toisin kuin TCP menetelmällä. Tämän ansiosta UDP pystyy kommunikoimaan nopeammin. UDP:ta käytetään sovelluksissa, joissa nopeus on ensisijalla ja virheen korjaus ei ole tarpeen tai hyödyllistä. (Koivisto 2018.)

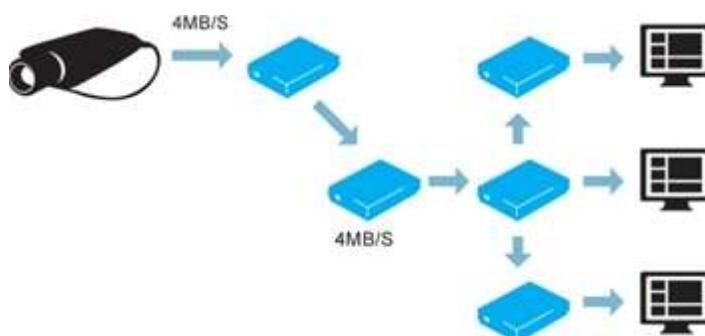
5. Lähetys menetelmät

Videovalvontasovelluksissa on tavallisesti kaksi tapaa unicast- tai multicast-lähetys, joilla videota lähetetään yleisesti verkon kautta kamerasta määränpään. Näitä menetelmiä käytetään pääasiassa lähetystoiminnan ja internet -teollisuuden alalla. Tosiasia on, että jokaisella videon lähetysmenetelmällä on omat edut ja haitat, ja jokaisen asennuksen toiminnalliset vaatimukset kertovat, mikä lähetystapa on paras. (Nevase 2016.)

6. Multicast (ryhmälähetys)

Multicast tunnistaa tietokoneiden loogiset ryhmät, jonka jälkeen viesti lähetetään ryhmälle. Se vaatii etukäteen tietoa vastaanottajan identiteetistä, eikä välitä niinkään niiden lukumäärästä. Multicast käyttää verkkoinfrastruktuuria tehokkaasti edellyttäen, että lähde lähettää paketin vain kerran, vaikka se olisi toimitettava useille vastaanottajille. Verkon tukipisteet (tyypillisesti verkkokytkimet ja reitittimet) huolehtivat paketin siirtämisestä useiden vastaanottimien tavoittamiseksi siten, että viestit lähetetään verkon jokaiselle laitteelle vain kerran. Noin puolet UDP-paketeista liikkuvat multicast:in avulla.

Multicast lähettää jaettavan datapaketin ryhmän IP-kohdeosoitteeseen. Vastaanottajat käyttävät tätä ryhmän osoitetta ilmoittaakseen verkolle, että he ovat kiinnostuneita vastaanottamaan kyseiselle ryhmälle lähetettyjä paketteja. Jos esimerkiksi jokin sisältö liittyy ryhmään 239.1.1.1, lähde lähettää 239.1.1.1 osoitteelle tarkoitetut datapaketit. Tämän sisällön vastaanottimet ilmoittavat verkolle, että ne ovat kiinnostuneita vastaanottamaan ryhmälle 239.1.1.1 lähetettyjä datapaketteja. Vastaanotin liittyy ryhmään 239.1.1.1 ja hän saa itselleen sieltä datapaketin. (Nevase 2016; Cicnvai 2011.)



Kuva 35 Multicast-paketin lähetys (Julio 2012.)

7. Unicast (Täsmälähetys)

Lähetysmenetelmä, jolla paketti lähetetään yhteen kohteeseen. Jos jonkin laitteen on lähetettävä viesti usealle laitteelle, sen on lähetettävä useita unicast-viestejä, joista kukin viesti on osoitettu tiettyyn laitteeseen. Joten lähettäjän on lähetettävä erillinen viesti kullekin kohdelaitteelle ja sen täytyy tietää jokaisen kohdelaitteen tarkka IP-osoite. Kaikki TCP-paketit lähetetään ethernetissä aina unicast:in avulla. Unicast on yleisin tapa siirtää tietoa verkossa. (Nevase 2016; Cicnvai 2011.)

8. Viestintätyypit

Eksplisiittinen tai implisiittisen viestin valinta riippuu usein kenttätoimintojen valinnasta, sillä kukin voi tukea vain yhtä viestitilaa. Ohjain puolestaan tukee yleensä molempia toimintatiloja asiakkaana, palvelimena, skannerina tai sovitinena. Seuraavassa kuvassa esiteltä eksplisiittisen ja implisiittisen viestinnän eroja. (Kuva 36.) (AutomationDirect 2018.)

Table: Explicit versus Implicit Messaging Cheat Sheet

EtherNet/IP Connection or Feature	Explicit Messaging – Requests and defines information	Implicit Messaging – Data only, no protocol info is included (aka I/O Messaging)
Originator (master)	Client (controller)	I/O Scanner (controller)
Target (slave)	Server (field device)	I/O Adapter (field device)
Form of messaging	Unconnected but can be connected	Connected
Typical use	Diagnostic/event/configuration data	Real-time control data

Kuva 36 Eksplisiittisen ja Implisiittisen viestinnän vertailua (AutomationDirect 2018.)

9. Eksplisiittinen viestintä

EtherNet/IP:n sisällä eksplisiittistä viestiliitintä voidaan ajatella asiakkaan ja palvelimen välisenä yhteistyönä. Asiakas, kuten PLC-ohjain, pyytää tai vaatii tietoja palvelimelta. Palvelin lähettää pyydetyt tiedot takaisin ohjaimelle. Asiakas pyytää tietoja palvelimelta TCP / IP-palvelun kautta, pyynnöstä on kaikki tiedot, jotka tarvitaan vastaamaan selkeästi viestiin. Asiakas sanoo periaatteessa: "Palvelin, tarvitsen nämä tiedot, alustettuna täsmälleen tässä sanomassa määritellyllä tavalla". Palvelin lähettää tiedot tämän jälkeen asiakkaalle. Tämä selkeän viestin yhteinen yhteydenmuodostus- ja valvontatehtävä toimii hyvin ei-reaaliaikaiselle viestinnälle, koska asiakas (ohjain) voi lähettää sanoma pyynnön, milloin tahansa ja palvelin (kenttälaite) voi vastata, kun se on käytävissä. Eksplisiittistä viestintää käytetään tyypillisesti asiakas- / palvelinviestintään, mikä ei ole aika kriittinen. Jos sovellus vaatii suuria määriä tietoja, eksplisiittinen viestintä on ensisijainen valinta, koska kaistanleveys tallennetaan. (AutomationDirect 2018; Cognex 2018.)

Yksiselitteinen viestintä edellyttää ohjelmointia ohjaimessa, jotta asennus onnistuu. Ohjelmoijan täytyy hakea tietoja uudelleen, varmistaa tiedon liikkuvuus, tunnistaa tiedot ja siirtää tietoja, joita se tarvitsee ohjaimessa. Eksplisiittinen viestintä käyttää TCP / IP: tä ja vaatii, että asiakkaalle lähetettävien tietojen muistipaikka määritellään käskyssä itsessään. Eksplisiittinen viestintä voidaan tehdä joko CIP-yhteyden muodostamisen yhteydessä tai ilman sitä. (AutomationDirect 2018; Cognex 2018.)

10. Implisiittinen viestintä

EtherNet/IP käyttää implisiittistä viestintää aikakriittisille sovelluksille, kuten reaaliaikaiselle ohjaukselle. Implisiittistä viestiä kutsutaan usein I / O-sanomiksi, koska sitä käytetään usein kommunikointiin ohjaimen ja kauko -I / O: n välillä. Se on paljon tehokkaampi kommunikointiyhteys kuin eksplisiittinen viestintä, koska sekä asiakas- että palvelimen päät ovat ennalta konfiguroitu ymmärtämään epäsuorasti tai tarkalleen mitä odottaa

viestinnän suhteen. Epäsuorat viestit sisältävät hyvin vähän tietoa niiden merkityksestä, joten lähetys on tehokkaampaa mutta vähemmän joustava kuin selkeä. Lähetetyn datan tulkinta on nopeaa. (ODVA 2008, 11; Cognex 2018; AutomationDirect 2018.)

11. I/O Adapter

Adapteri vastaanottaa yhteyspyynnön tai yksittäisiä palvelupyynnöitä. Yleensä yksi verkon skanneri voidaan kytkeä useisiin adaptereihin. I / O-adapteri vastaanottaa implisiittiset yhteysyhteyspyynnöt I / O-skannaajilta ja sitten tuottaa I / O-datasia pyydettyllä nopeudella. I / O-adapteri on myös selkeä viestintäpalvelin. I / O-adapteri voi olla yksinkertainen digitaalinen syöttölaite tai jotain monimutkaisempaa, kuten modulaarinen pneumaattinen venttiilijärjestelmä. (ODVA 2008, 12.)

12. I/O Scanner

Skanneri muodostaa yhteyden tai pyynnön. Sitä voidaan ajatella isäntänä (master) tai ohjauslaitteena. I / O-skanneri käynnistää implisiittisen viestinnän I / O-adapterin kanssa. Skanneri on tyypillisesti monimutkaisempi EtherNet / IP -laite, koska sen on käsiteltävä sellaisia asioita kuin kokoonpanon muodostaminen ja adapterin määrittäminen. Skannerit tukevat tyypillisesti myös selkeitä viestejä. Ohjelmoitava ohjain on esimerkki I / O-skannerista. (ODVA 2008, 12.)

13. Skannerin perusasetukset

Jokainen laite, joka yhdistetään Ethernet/IP :illä tulee antaa seuraavat tiedot. Ilman näitä tietoja laitetta ei voida yhdistää. Alla vaaditut parametrit, jonka jälkeen lyhyet selitykset mitä kukin parametri tarkoittaa. (Fanuc 2018, 21.)

- Name/IP address
- Vendor ID
- Device Type
- Product Code
- Input Size (16-bit words or 8-bit bytes)
- Output Size (16-bit words or 8-bit bytes)
- RPI (ms)
- Input assembly instance
- Output assembly instance
- Configuration instance

14. Name/IP address

IP-osoite tai palvelimen nimi, jota ollaan yhdistämässä ohjauskeskukseen.

15. Vendor ID, Device type ja Product code

Vendor-ID, Device-type ja Product-code ovat kaikki laitteen tunnistus parametreja, jotka löytyvät laitteen valmistajan EDS-tiedostosta. Ne ovat ennalta määritettyjä arvoja, jotka muuttuvat erilaisten laitteiden mukaan. Jos kenttä jätetään nollassi varmistusta ei huomioida. (Fanuc 2018, 23.)

16. Input- ja output size

Syötteen tavujen tai sanojen määrä. Inputin ja Outputin arvojen pitää vastata adapterin arvoja, johon laite kytketään. Tyypinä on joko 16 bittiset sanat tai 8 bittiset tavut, jotka löytyvät lisäasetuksista. (Fanuc 2018, 23.)

17. RPI

Ethernet/IP -kenttäväylän kiertonopeus, Cycle Time (RPI). RPI-arvo määritellään sen mukaan, miten usein tietoa halutaan kierrättää kenttäväylän kautta. Fanucin R-30iA ohjauskeskuksella arvo voi pienimmillään olla 8 ms ja suurimmillaan 5000 ms. (Fanuc 2018, 23.)

18. Assembly instance input, output ja configuration instance

Kokoonpano on ennalta määritetty tietojoukko, joka sijaitsee adapterissa. Jokainen kokoonpano tunnistetaan yksilöllisellä instanssinumerolla. Kokoonpano tiedot jaetaan kolmeen eri tyyppiin lähetettävät tiedot, vastaanotettavat tiedot ja konfigurointiin. Konfigurointi auttaa inputin sekä outputin kulutettujen ja tuotettujen tietojen tulkinnasta. (Hannifin 2009.)

19. EDS-tiedosto

EDS-tiedosto (Electronic Data Sheet) on tavallinen tekstitiedosto, jota käytetään määrittämään erilaiset parametrit laitteistolle. Tiedostot löytyvät yleensä valmistajan sivulta ja parametrit saattavat muuttua tuotteiden tai tuoteryhmien mukaan. Valmistajan tekemästä EDS-tiedostosta voidaan esimerkiksi löytää Vendor ID tai Device type. Käytetään erityisesti teollisuusautomaatiojärjestelmissä.

20. Aliverkon peite (Subnet Mask)

Aliverkko on loogisen tietokoneverkon osa, joka sijaitsee OSI-mallin kolmannella kerroksella (verkkokerros). Aliverkotus on termi jota, käytetään kun pilkotaan suurempi verkko pienempiin osiin, aliverkkoihin. Aliverkotusta käytetään, kun IP-osoitteita on paljon käytössä ja kun ne on jaettava eri verkkokokonaisuuksille. Aliverkottamalla voidaan vähentää verkossa yleislähetysliikennettä, helpottaa hallintaa ja parantaa verkon suorituskykyä.

Verkkomaskissa on 1-bitti jokaisen verkkonumeroon kuuluvan bitin kohdalla. Esim. aliverkon peite 255.255.255.0 kertoo että IP-osoitteen kolme ensimmäistä tavua kertovat verkon ja viimeinen tavu laitteen. Jos kahden laitteen IP-osoitteissa on samat numerot, niissä kohdissa joissa maski on 255 laitteet ovat samassa verkossa. Alla esimerkki kahdesta laitteesta, jotka kuuluvat samaan verkkoon viimeinen numerorivi määrittää vain laitteelle numeron. (Kuva 37.) Samassa verkossa oleville laitteille ei voi antaa samaa IP-osoitetta eli viimeinen numero tulee olla jokaisella laitteella omansa.

```
IP:  1101 1000 . 0000 0011 . 1000 0000 . 0000 1100 (216.003.128.012)
Mask: 1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 0000 0000 (255.255.255.000)
-----
      1101 1000 . 0000 0011 . 1000 0000 . 0000 0000 (216.003.128.000)
```

Kuva 37 Laitteet kuuluvat samaan verkkoon. Viimeinen rivi määrittää laitteen numeron (IPlocation 2018.)

Aliverkkoja käytetään aliverkonpeitteen avulla. Jokaisella verkkoon liitetyllä koneella on oltava aliverkonpeite, joka jakaa IP-osoitteen aliverkon osoitteeseen ja aliverkon sisällä tietokoneen yksilöivään osaan. Saman aliverkon sisällä olevat koneet voivat lähettää ja vastaanottaa paketteja suoraan, koneiden voidaan ajatella olevan "huutoetäisyydellä" toisistaan. Mikäli kone lähettää liikennettä kohteelle, jonka se päättelee aliverkkomaskin avulla olevan oman aliverkon ulkopuolella, se ohjaa liikenteen oletusyhdykskäytävälle (default gateway), jolla on tietoa muista aliverkoista tai mahdollinen oletusreitti kohteen suuntaan. Jokaisessa aliverkossa on siis oletusyhdykskäytävä sekä yksi tai useampia tietokoneita. Jos verkko on täysin suljettu eli siitä ei liikennöidä muihin verkkoihin, ei oletusyhdykskäytävää tarvita. (IPlocation 2018.)

21. Robotin tiedonsiirron parametointi

Robotin suositellut asetukset Ethernet/IP: lle. (Kuva 38,39.)

```

I/O Ethernet/IP          JOINT 10 %
Scanner configuration :   1/10
  Description :          Scanner1
  Name/IP address : 192.168.0.12
  Vendor Id :           0
  Device Type :         0
  Product code :        0
  Input size (words):   1
  Output size (words):  1
  RPI (ms) :            32
  Assembly instance(input) : 1
  Assembly instance(output) : 2
  Configuration instance : 4

```

Kuva 38 Suositellut skannerin asetukset (Fanuc 2018.)

```

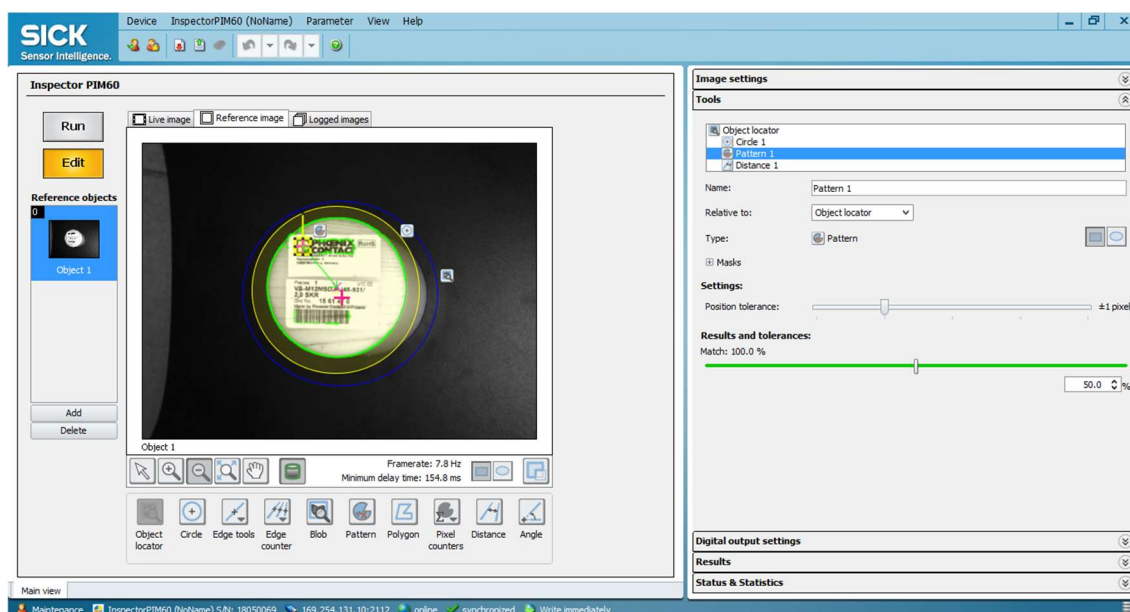
I/O Ethernet/IP          JOINT 100 %
Advanced configuration :  1/12
General
I/O Data Type :          16-BIT WORDS
Timeout Multiplier : DEFAULT
  Reconnect :             FALSE
  Major Revision :         0
  Minor Revision :         0
  Alarm Severity :        STOP
Originator To Target
RPI :                     32
Target To Originator
  Transport Type :        UNICAST
  RPI :                   32
Connection Type
  Type :                   Exclusive-Owner
  O=>T Format :             Run/Idle Header
  T=>O Format :             Modeless

```

Kuva 39 Suositellut skannerin lisäasetukset (Fanuc 2018.)

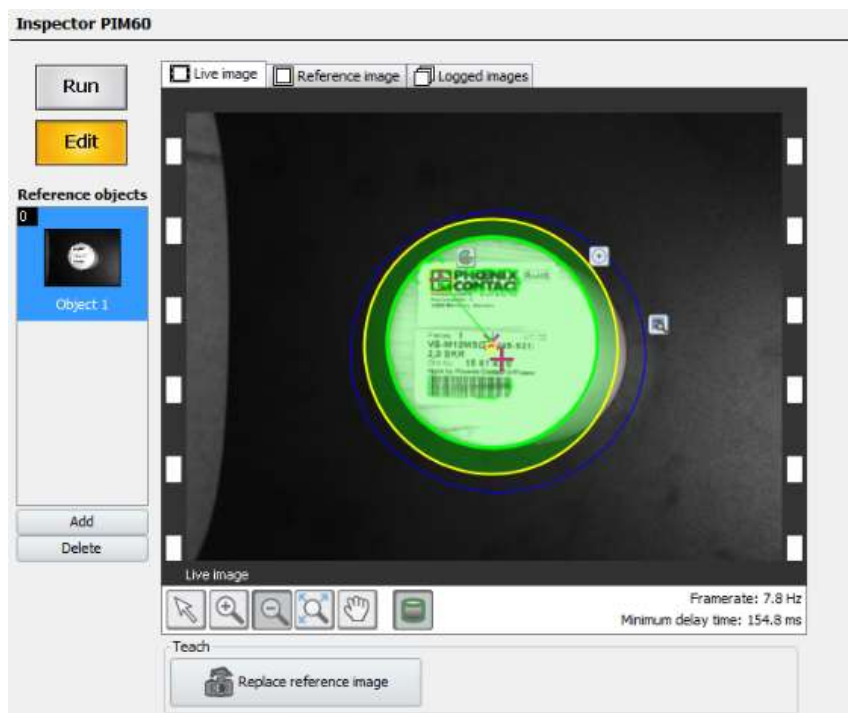
SOPAS ET käyttöliittymä

SOPAS ET (Engineering tool) -ohjelmaa käytetään live kuvan tunnistukseen. Tarkoitettu käytettäväksi SICK yrityksen 2d ja 3d-kameroilla. Kun SOPAS ET-ohjelma käynnistetään, se etsii automaattisesti liitetyjä SICK-antureita. Kun ohjelma havaitsee yhteen sopivan anturin se muodostaa siihen yhteyden automaattisesti ja ottaa käyttöön sopivat anturit. Ohjelmaan liitetyt anturit näkyvät selkeästi luettelossa, josta niitä on helppo muokata. Ohjelmassa pystytään helposti määrittämään erilaisille kappaleille tunnistus kohtia, joiden avulla voidaan kamera saada reagoimaan johonkin tiettyyn asiaan. Ohjelma antaa kameralle arvot, joita kamera etsii kappaleista. Jos kamera ei löydä ohjelmaan sijoitettuja arvoja kappaleesta se antaa viestin, että kappale on viallinen. Jos taas kappale on annettujen arvojen mukainen, ohjelma hyväksyy kappaleen ja näyttää vihreää valoa ohjelmassa. Alapuolella kuvaa Sopas-ohjelman käyttöliittymästä.



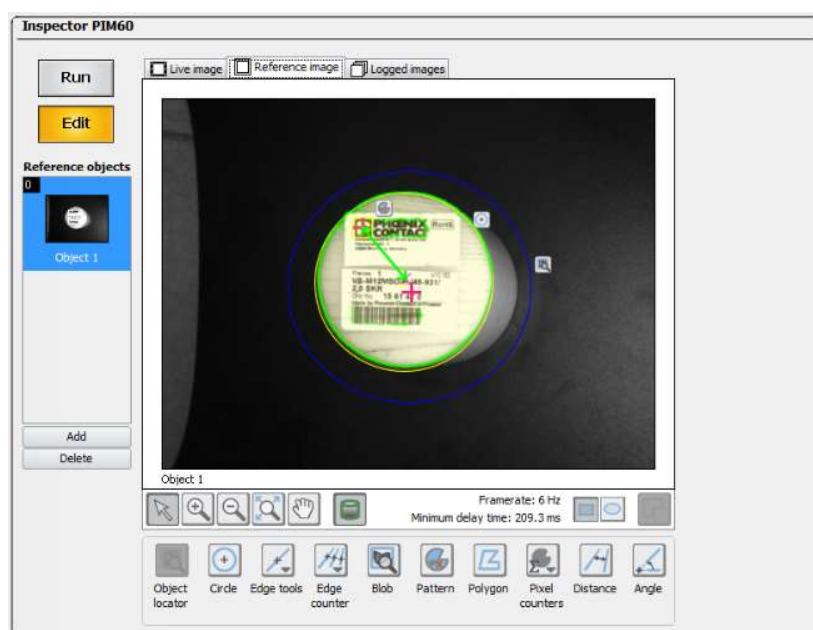
1. Live kuva välilehti (Live image)

Live kuva välilehdellä on ohjauspainikkeita. Teach reference painikkeella voidaan opettaa ohjelmalle referenssi kuva, josta voidaan lähteä työkaluilla merkkamaan kuviota ja muotoa, jotka kappaleesta tulee löytyä. Ylimääräiset graafiset merkkaukset saa pois/päälle painamalla show/hide countours painiketta.



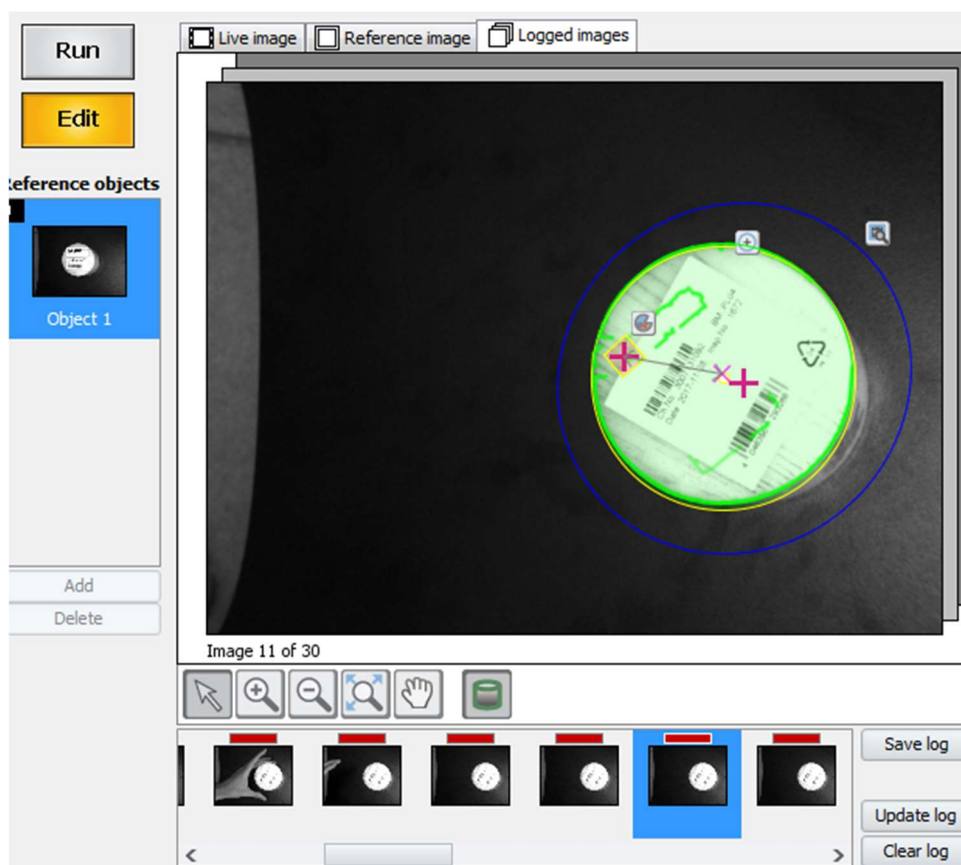
2. Referenssi kuva välilehti (Reference image)

Referenssi kuva välilehdestä löytyy käytettävissä olevat työkalut. Kaikkia työkaluja voidaan käyttää referenssi kuvasta haettavien ominaisuuksien löytämiseen. Työkalun lisääminen tapahtuu klikkaamalla haluttua työkalua ja valitsemalla kuvasta paikan johon työkalua haluaa käyttää. Referenssi kuvia voi olla maksimissaan 16. Otettujen kuvien välillä voi siirtyä valitsemalla niistä toisen vasemmalla olevasta listasta. Jokaisella referenssi objektilla voi olla vain yksi Object locator.



3. Lokitiedostot välilehti (Logged images)

Lokitiedostot välilehdellä luetaan viimeisimmät kirjatut kuvat. Kuvat näkyvät kuvalla listalla välilehden alapuolella. Näyttää 30 viimeisintä kuvaa. Välilehti ei toimi silloin, kun kuvia siirretään.



4. Paikannus työkalut



Käytetään erilaisten objektien, muotojen tai ominaisuuksien etsinnässä. Esimerkkeinä reunat, ympyrät tai neliöt.

5. Bead

Leveyden ja sijainnin tarkistus. Tämän avulla voidaan selvittää Min / max / keskileveys ja rajojen ulkopuolelta saatava maksimi leveyden pituus.

6. Object locator

Etsii esiopetetun objektin, johon ei vaikuta kappaleen paikka, koko tai se missä asennossa se on. riippumattomasta asemasta, skaalaus ja kierto vaihtelut. Käytetään silloin, kun kohteen muoto pysyy samana. Tämän avulla voidaan selvittää sijainti, kulma ja mitataa.

7. Circle

Luo ympyrän, jolla voi määrittää ohjelman paikantamaan pyöreää kappaletta/ kohdetta. Tämä mahdollistaa pyöreän kappaleen paikantamisen ja halkaisijan mittauksen.

8. Edge tools

Etsii suoran reunaviivan alueelta ja sovittaa viivan reunan päälle. Tämän avulla voidaan paikantaa viivan sijainti ja kierto.

9. Find maximum

Etsii ensimmäisen tai viimeisen reuna pisteen tarkastusalueen suunnassa. Antaa pisteen sijainnin.

10. Edge counter

Laskee reunojen lukumäärän suoralla tai epäsuoralla reitillä. Samalla mittaa reunojen etäisyydet. Työkalu pystyy myös laskemaan pisteiden keskimääräisen, maksimin ja minimi eron. Jokaiselle reunan pisteelle pystytään myös määrittämään sijainti, kulma, vastakkaisuus, leveys ja sisäkulma.

11. Blob

Etsii ryhmän pikseleitä määritetyltä harmaalta alueelta ja selvittää ryhmien koon. Tuloksena saadaan möykkyjen määrä. Jokaiselle möykylle saadaan määritettyä koko, sijainti, kierto, sisäreunapikseleiden määrä ja rajan tilanne.

12. Pattern

Valitaan kohde, jota verrataan tuleviin kappaleisiin. Kuvion pitää olla täysin identtinen annetun kuvion kanssa, jotta ohjelma sen hyväksyy. Työkalulla pystytään paikantamaan sijainti.

13. Polygon

Käytetään kulmien tunnistamiseen objektin reunan objekti tai lokalisointi. Nurkan sijainnit arvioidaan suurella tarkkuudella, mikä mahdollistaa kohteiden hienosäätämiseen. Kulmien määrä polygonilla voi vaihdella 2: sta (yksi reuna- työkalu) 16: een ja polygon voidaan joko sulkea tai avata. Suljettu monikulmio tarkoittaa, että lähtökohta on sama kuin loppupiste. Suljetuille monikulmioille on myös valinnainen toiminnallisuus havaita halkeamia tai muita vikoja polygonissa.

14. Tarkastus työkalut

Käytetään määrätyn alueen tarkistamiseen.

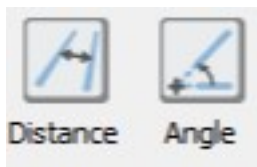
15. Pixel counter

Luodaan harmaa alue, jolta pixel counter laskee alueelta löytyvien pikseleiden määrän. Jos viallisia pikseleitä on enemmän kuin ohjelmassa on määritetty, ohjelma hylkää kappaleen. Ei välitä kuvioista tai ryhmistä.

16. Edge pixel counter

Laskentatyökalu laskee pikselit, jotka ovat reunoilla ja vertaa niistä saatua lukua ohjelmassa määritettyyn lukumäärään monta niitä saa olla.

17. Mittaustyökalut



Käytetään etäisyyksien ja kulmien mittaamiseen kahden valitun kohteen välillä.

18. Distance

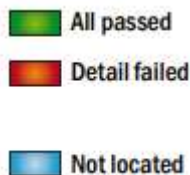
Etäisyys työkalu mittaa reunojen, ympyröiden, reunojen risteysten, kuvioiden, möhkäleiden ja tunnettujen muotojen etäisyydet jotka sijaitsevat kohteen alueella.

19. Angle

Kulma-työkalu mittaa kulman kahden reunan välillä, jotka on määritetty edge-työkalun avulla. Kulman lisäksi työkalu laskee myös leikkauspisteen kahden reunan välillä. Nämä tiedot voidaan raportoida tuloksessa tai käyttää etäisyyden mittaamiseen.

20. Tulokset (Results) välilehti

Tulokset välilehti näyttää onko objektilta vaaditut arvot kaikki löydetty (vihreä valo) tai jäikö jotain huomaamatta (punainen valo). On myös mahdollista, että koko objektia ei löydy ollenkaan, jolloin välilehdessä palaa sininen valo. Kuvassa eri valojen ilmoitukset. Joissakin tapauksissa on mahdollista, että punainen ja sininen valo palavat samaan aikaan, mutta vihreä ei voi koskaan palaa samaan aikaan minkään muun valon kanssa.



Lähdöt (outputs) näyttää lähtöjen tilan. Eri värit näyttävät onko lähtö aktiivinen (keltainen valo), suljettu pois päältä (valkoinen valo) vai ei ole liitettynä ollenkaan (harmaa valo).

Color	Status
Yellow	Active output
White	Inactive output
Gray	Not available output

Yksityiskohtaisemmat tulokset (Detailed results) näyttää eri työkalujen tulokset erikseen tarkemmin.

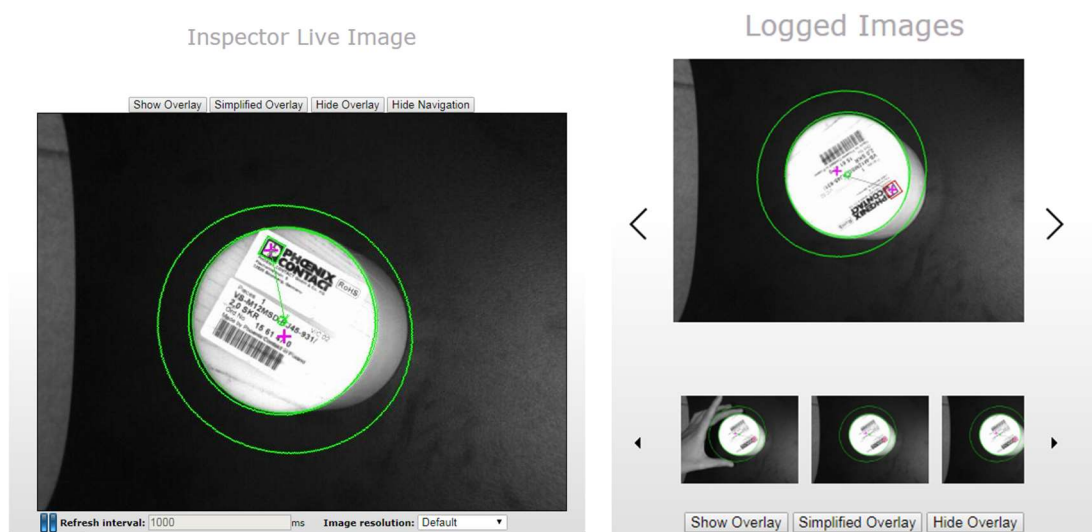
21. Kuvainformaation visualisointi verkkopalvelimen kanssa

Visualisointiin käytetään ihmisen ja koneen välistä käyttöliittymää, eli HMI:tä (Human Machine Interface). Se on joko ohjelmisto tai laite, jonka avulla käyttäjä voi tarkkailla ja hallita yksittäisiä laitteita tai suurempia laitekokonaisuuksia.

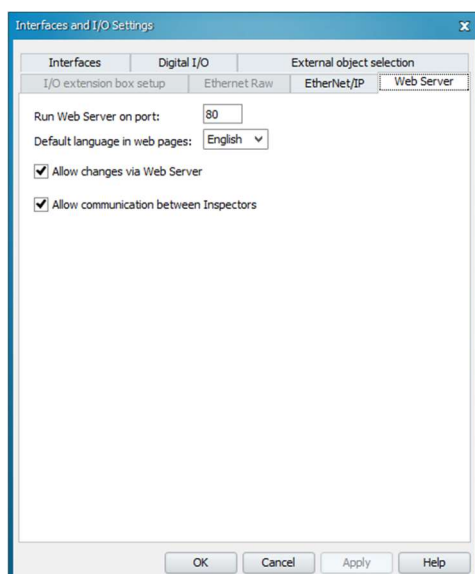
PIM60-konenäköanturin HMI-käyttöliittymä toimii verkkopalvelimen kautta Ethernet-yhteydellä. Visualisoinnin kannalta kytkemiseen on kaksi päävaihtoehtoa, joista ensimmäinen on avata verkkoselaimella verkkosivut, jotka kameran sisäänrakennettu verkkopalvelin tarjoaa. Toinen vaihtoehto on ottaa yhteys suoraan Web API -rajapinnan kautta mukautetun sovelluksen avulla.

PIM60:ssä on valmiina verkkopalvelin, josta käyttäjä pääsee näkemään kameran ottamia kuvia reaaliaikaisesti, katsomaan sen hetkistä referenssikuvaa tai kameran ottamia talletettuja kuvia, sekä vaihtamaan referenssikuvaa. Omien mukautettujen verkkosivujen

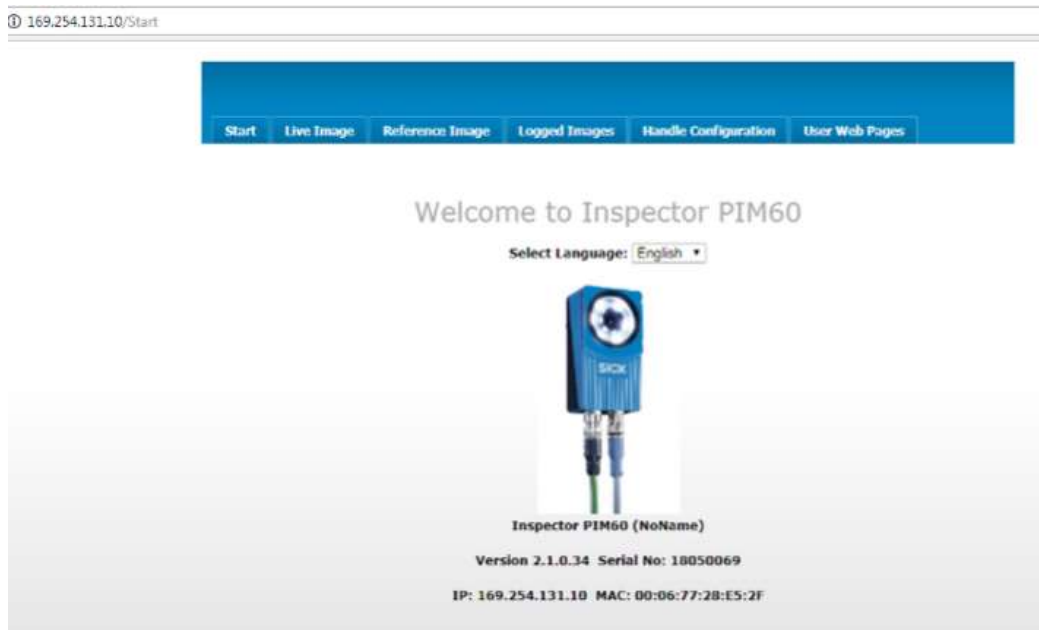
luominen ja niiden tallentaminen PIM60:een on myös mahdollista. Käytetyt asetukset on mahdollista varmuuskopioida tietokoneelle samoin kuin palauttaa varmuuskopio takaisin konenäkösensorille.



Jotta PIM60:n verkkopalvelimelle voidaan ottaa yhteys, tarvitsee yhteys ensin avata sensorin asetuksista. Oletusportti on 80, mutta se on tarvittaessa vaihdettavissa. Sen jälkeen yhteys avataan verkkoselaimella sensorin IP-osoitetta käyttäen. Verkkopalvelin toimii Internet Explorer 8, Mozilla Firefox 14 ja Chrome 30 -selaimilla. Alapuolella olevassa kuvassa on esitetty verkkopalvelimen oletusverkkosivujen pääkkuna.



PIM60:llä otettuja kuvia on mahdollista tallentaa lokiin (log) uudelleenkatsomista varten, sekä PC:lle että ulkoiselle FTP-palvelimelle. Tallennusmahdollisuus edellyttää vähintään yhden referenssiobjektin määrittelyä. Kameran sisäiselle muistille mahtuu 30 kuvaa.



Kuten yllä olevasta kuvasta nähdään, oletusverkkosivujen kuusi välilehteä ovat Start (aloitus), Live Image (reaaliaikainen kuva), Reference Image (referenssikuva), Logged Images (talletetut kuvat), Handle Configuration (asetusten hallinta) ja User Web Pages (käyttäjän verkkosivut).

Käyttäjä voi valita, mitkä kuvat tallennetaan lokiin. Vaihtoehtoina ovat joko kaikki kuvat, vain tarkastuksen läpäisseet kuvat, paikannetut, mutta ei välttämättä tarkastusta läpäisseet kuvat, tarkastuksen läpäisemättömät kuvat, sekä paikantamattomat tai tarkastuksessa muuten kiinni jääneet kuvat. Kuvaloki voidaan tallentaa HTML-muotoon, jolloin se on luettavissa millä tahansa verkkoselaimella.

Kuvien tallentaminen automaattisesti FTP-palvelimelle on myös mahdollista. Tällöin sensorin oma, maksimissaan 30 kuvan muisti, voi toimia puskurina, mikäli talletus ei toimi yhtä nopeasti kuin tarkastus. Kuvat talletetaan Windows bitmap-formaatissa (BMP).

Talletus tapahtuu oletuksena ilman yksilöityjä tuloksia, mutta tarkastustulosten yhdistäminen kuviin onnistuu lukemalla tarvittavat tiedot Ethernet/IP:n kautta ja yhdistämällä ne oikeaan kuvaan inspection ID:n avulla. FTP-palvelimelle tallennettaessa voidaan tallennettavat kuvat valita samojen kriteerien mukaan kuin lokiin tallennettaessakin.

Myös Live image -välilehdellä näkyvät kuvat on mahdollista tallentaa PC:lle. Tällöin on tärkeää huomata, että näihin kuviin ei välttämättä sisälly kaikki sensorin ottamat kuvat. Kuvat talletetaan käyttäjän määrittämään kansioon 8-bittisinä harmaasävykuvina BMP-muotoon.

Tarttujan ja kiinnityspalojen mallinnukset

