

**Konenäköteknologioiden soveltamista
teollisuudessa ja korkeakoulutuksessa**
Pro Machine Vision
-loppuraportti

Sarja B, Raportit 4/2012

ISSN 1457-0696

Satakunnan ammattikorkeakoulu, SAMK

Jyväskylän ammattikorkeakoulu, JAMK

2012

Taitto: SAMK Viestintäpalvelut

**KONENÄKÖTEKNOLOGIOIDEN SOVELTAMISTA
TEOLLISUUDESSA JA KORKEAKOULUTUKSESSA
PRO MACHINE VISION -LOPPURAPORTTI**

Mirka Leino, SAMK
Seppo Rantapuska, JAMK

Konenäköteknologioiden soveltamista teollisuudessa ja korkeakoulutuksessa - Pro Machine Vision -projekti toteutettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun yhteistyönä. SAMK ja JAMK myös rahoittivat projektia omarahoitusosuuksillaan.



Projektin päärahoitus saatiin Euroopan aluekehitysrahastolta. Rahoittajan edustajana toimi Satakuntaliitto.



Projektin yritysrahoitusosuuksista vastasivat projektissa mukana olleet yritykset.



SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	6
1 Projektin tausta ja lähtökohdat	7
1.1 Projektin tausta	7
1.2 Projektin lähtökohdat	7
2 Projektioorganisaatio	9
2.1 Projektin ohjausryhmä	9
3 Ajankohta, kesto ja aikataulun toteutuminen	10
4 Toiminnan kuvaus	11
4.1 Tavoitteet	11
4.2 Projektin toimenpiteet.....	12
4.2.1 Havaintoesitykset	13
4.2.2 Yritystilaisuudet	16
4.2.3 Konenäköaineistoa virtuaaliympäristöihin	16
4.2.4 Pilottisovelluksia yrityksille.....	17
4.2.5 MultiTouch - Uuden sukupolven kosketusnäyttö	23
4.2.6 Loppuseminaari.....	24
5 Tiedonlevitys.....	25
5.1 Lehtiartikkelit	25
5.2 Tiedonlevitystilaisuudet ja tapahtumat.....	26
6 Talous.....	29
7 Tavoitteiden toteutumisen arviointi	31
7.1 Tavoitteiden toteutuminen lukuina ja numeroina.....	31
7.2 Laadullinen tavoitteiden toteutuminen.....	31
8 Toteutuksen arviointi	33
9 Jatkotoimet ja ehdotukset	34

10 LIITTEET

LIITE 1	Projektin esite	35
LIITE 2	Projektissa toteutettujen demonstraatioiden esitteet.....	36
	<ul style="list-style-type: none">• Liimapalkkien liimapinnan tarkistus• Biopolttoaineen laadunvalvonta• Betonikappaleiden dimensiomittaus• Paperivikojen ja formaation tarkistus• Älykamasovellus• 3D-kuvaus• Lämpökuvaus• Lähi-infrapunakuvaus• Lähi-infrapunaspektraalikuvaus• VIS-NIR -spektraalikuvaus	
LIITE 3	Loppuseminaarin esitykset.....	46
	<ul style="list-style-type: none">• Yritysdemonstraatiot• Älykamasovellus rauditusverkkojen paikallistamiseen ja Harjateräksen ominaisuuksien älykäs mittaaminen – Case Pintos• Konenäköohjattu keittiökaluastelevyjen käsittely robotilla ja Konenäköön perustuvan puuviilujen laaduntarkkailun haasteet – Case Puustelli• Hiekkakeernan valmistuksen optimointia lämpökuvauksen avulla – Case Oras• Hitsaussauman reaaliaikaista laaduntarkkailua lämpökameralla – Case Hollming Works• Konenäön soveltaminen RFID-tagien laadunvalvonnassa – Case UPM RFID Oy• Betonituotteiden mittaukset konenäöllä – Case HB-Betoniteollisuus Oy• Vetoketjutuotteiden tarkastus – Case Salmi Oy	
LIITE 4	Luettelo projektista julkaistuista artikkeleista ja Internet-sivuista	97

TIIVISTELMÄ

Konenäköteknologioiden soveltamista teollisuudessa ja korkeakoulutuksessa - Pro Machine Vision -projekti toteutettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun (SAMK) koordinoimana 1.4.2009–31.1.2012. Projektin osatoteuttajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK). Projektin päärahoitus tuli Euroopan aluekehitysrahastosta ja rahoittajan edustajan toimi Satakuntaliitto. Projektia toteuttaneet SAMK ja JAMK osallistuivat projektin rahoitukseen omarahoitusosuudella ja mukana olleet yritykset yritysrahoitusosuudella.

Pro Machine Vision -projektin päätavoitteena oli siirtää konenäköosaamista ja levittää tietoa konenäön luomista mahdollisuuksista teollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseksi. Tavoitteena oli toteuttaa havaintoesityksiä konenäön monipuolisten mahdollisuuksien esittelemiseksi, levittää tietoa mukana olevien ammattikorkeakoulujen Internet-sivujen yhteyteen avattavilla konenäöstä kertovilla sivuilla sekä suunnitella ja toteuttaa pilottisovelluksia ja -tutkimuksia mukana olevien yritysten tarpeisiin. Tärkeä osa projektin tavoitetta oli myös havaintoesitysten ja pilottien suunnittelussa ja toteutuksessa lisääntyneen osaamisen integroiminen osaksi automaatio- ja konetekniikan opetusta Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakouluissa.

Projektin toteutus onnistui hienosti. Asiakaslähtöisiin kohteisiin ja tarpeisiin suunnitellut ja toteutetut pilottisovellukset ja havaintoesitykset kasvattivat konenäön osaamista koostuessaan kohteista, joihin ei aiemmin ole konenäköä tässä laajuudessa sovellettu. Konenäkösovellusten luomista uusista mahdollisuuksista kerrottiin erilaisissa tapahtumissa ja tilaisuuksissa sekä yritysten edustajille että opiskelijoille ja kumppanuuskorkeakoulujen edustajille. Projektissa toteutettiin suunniteltua enemmän havaintoesityksiä konenäön hyödyntämismahdollisuuksista ja niitä on käytetty laajasti konenäön tiedonlevitykseen. Samoin projektissa yrityksille suunniteltuja ja toteutettuja pilottisovelluksia ja -tutkimuksia tehtiin suunniteltua enemmän. Ne olivat laajuudessaan ja monipuolisuudessaan hyviä esimerkkejä, joita hyödyntämällä yritykset voivat panostaa konenäön käyttöön.

Konenäöstä ja konenäön opetuksesta kertovat sekä konenäön soveltamista esittelevät Internet-sivut avattiin kaikkien kiinnostuneiden käyttöön molempien projektiin osallistuneiden ammattikorkeakoulujen Internet-sivujen yhteyteen. Projekti huomioitiin laajasti koko toteutuksen ajan erilaisissa lehtiartikkeleissa, seminaareissa yms. tilaisuuksissa ja messuilla. Tällainen näkyvyys ja projektissa järjestetyt tilaisuudet saivat konenäöstä kiinnostuneet liikkeelle. Konenäön hyödyntämiseen liittyvät yhteydenotot molempiin ammattikorkeakouluihin ovat projektin aikana koko ajan lisääntyneet.

Pro Machine Vision -projektissa uusinta konenäköteknologiaa siirrettiin yritysten hyödynnettäväksi innovatiivisten havaintoesitysten sekä pilottisovellusten ja -tutkimusten avulla. Projektissa toteutettu toimintamalli pilottisovellusten teosta yrityksille ja sitä kautta teknologiansiirron toteuttamisesta, kannattaa ehdottomasti ottaa laajempaan käyttöön ammattikorkeakoulujen toiminnassa. Organisoidusti, ulkopuolisen rahoituksen tukemana koordinoitu kokonaisuus pysyi suunnitelluissa rajoissa ja tulokset ovat selkeästi nähtävissä ja sekä toteuttajien että kohderyhmän käytettävissä myös projektin päättymisen jälkeen. Onnistunut projekti mahdollistaa uudenlaisia strategisia kumppanuuksia.

Projektin monipuoliset tulokset osoittavat, että SAMKin ja JAMKin monivuotinen panostaminen konenäköön on tuottanut tuloksia, joilla ammattikorkeakoulut yhdessä ja erikseen pystyvät sekä kansallisesti että kansainvälisesti kilpailukykyisiin, yrityksiä palveleviin tutkimus- ja tuotekehityssovelluksiin.

1 PROJEKTIN TAUSTA JA LÄHTÖKOHDAT

Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen toimintaan kuuluu monialainen ja innovatiivinen tutkimus, kehittäminen ja innovaatiotoiminta. Toiminnalla panostetaan yritysten ja yhteisöjen parempiin toimintaan ja sitä kautta laajenemismahdollisuuksiin nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä. Tutkimustoiminnalla palvellaan yrityksiä tuottamalla kehittämisprojekteja, soveltavaa tutkimusta sekä innovaatioita niin yritysten kuin ammattikorkeakoulujen henkilökunnankin osaamisen kehittämiseen.

Pitkäjänteisen yritysten ja ammattikorkeakoulujen välisen projektityön tuloksena voidaan tarjota myös opiskelijoille mahdollisuuksia osallistua erilaisiin projekteihin. Sitä kautta opiskelija voi kehittää omaa ammatillista osaamistaan sekä saada onnistumisen elämyksiä aidoissa kehittämisprojekteissa. Projektit toimivat opiskelijoille myös porttina yritysten uusiksi ammatillisiksi. Yli maakunnallinen yhteistyö Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen välillä laajentaa oppimisympäristöjen monipuolista käyttöä, mahdollistaa osaamisen hyödyntämisen ja kasvattamisen alueiden yritysten hyödyksi.

1.1 Projektin tausta

Konenäköteknologioiden soveltamista teollisuudessa ja korkeakoulutuksessa, Pro Machine Vision -projektin taustalla olivat huomiot siitä, että alueelliset yritykset ovat kiinnostuneet automatisoimaan prosessejaan hyödyntämällä konenäköjärjestelmiä, mutta eivät olleet riittävästi tietoisia kaikista niistä mahdollisuuksista tai tarpeista, joita konenäön hyödyntäminen tuo mukanaan.

Konenäköratkaisujen käyttö teollisuudessa on lisääntynyt ja monipuolisten ratkaisuvaihtoehtojen tutkimiseen ja suunnitteluun on ollut kysyntää. Pelkästään projektia edeltäneen vuoden aikana tuli yrityksiltä ammattikorkeakouluille useita yhteydenottoja, joissa kysyttiin konenäön soveltuvuutta yritysten tuotantoprosessien tehostamiseen.

Samaan aikaan katsottiin tarpeelliseksi lisätä ja monipuolistaa Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen konenäköopetusta ja varsinkin soveltaviin konenäköratkaisuihin tutustumista esim. virtuaalioppimisympäristöissä. Opetuksessa haluttiin myös ottaa voimakkaammin käyttöön todellisissa konenäköprojekteissa oppiminen. Aikaisempien kokemusten perusteella tiedettiin, että tähän yritysten kanssa tehtävä yhteistyö luo mitä parhaimmat mahdollisuudet.

1.2 Projektin lähtökohdat

2000-luvun aikana konenäkösovellukset ovat tulleet yhä tärkeämmiksi mm. teollisuuden automaattisten prosessien laaduntarkkailussa. Uusilla älykameraratkaisuilla ja monipuolisilla kuvastekniikoilla automaattisten prosessien tuottavuutta ja joustavuutta saadaan parannettua yhä enemmän.

Konenäkösovellukset, perinteisistä näkyvän valon aallonpituudella toimivista konenäkösovelluksista ja älykamosovelluksista aina infrapunakuvaukseen eri muodoissaan sekä spektraalikuvaus ja niihin liittyvä kuvankäsittely ovat olleet Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen tutkimuksellisia painopistealueita jo yli kymmenen vuoden ajan. Asiantuntijuuden syventäminen ja hanketiedon levittäminen monialaisissa teknologiatutkimushankkeissa on kantanut hedelmää ja ollut osana menestyksekkäitä yhteistyöhankkeita. Kansainvälisen teknologiatiedon pilottiprojektin valmistelun yhteydessä oli kartoitettu alueen yritysten tarpeita myös konenäköratkaisujen kannalta. Tämän tarvetunnistuksen avulla saadut tiedot tukivat projektin tarpeellisuutta.

Konenäköratkaisujen positiiviset vaikutukset tuotantoprosessien kustannustehokkuuteen tunnettiin yrityksissä jo melko hyvin, mutta erityisesti pk-yrityksillä on hyvin pienet resurssit kehittää ydinprosessejaan tukevia toimintoja. Tässä katsottiin, että Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen soveltavan tutkimuksen asiantuntijuutta voitiin hyödyntää erinomaisesti. Monipuolinen konenäön laitekanta ja monialainen soveltavien tutkimusten asiantuntijuus tarjoavat yrityksille käyttökelpoisen väylän uusien sovellusten käyttöönottoon tuotantoprosessien tehostajina.

2 PROJEKTIORGANISAATIO

Pro Machine Vision -projektia toteutettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun koordinoimana kokonaisuutena. Projektissa sovittiin toimintatavat niin, että kaikki sellainen, mitä voidaan tehdä yhdessä ja yksillä panostuksilla, toteutetaan yhdessä Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen asiantuntijoiden ja projektityöntekijöiden toimesta. Yritysten kanssa tehdyt pilotit sovittiin toteutettaviksi ammattikorkeakoulujen omina caseina.

Projektiin osallistui Satakunnan ammattikorkeakoulusta projektin vastuullinen johtaja, toimialajohtaja Matti Lähdeniemi, tutkimusjohtaja Antti Soini ja projektin loppuvaiheissa myös tutkimusjohtaja Kari Laine, projektipäällikkö, tutkijaopettaja Mirka Leino, tutkija Jukka Huhtanen, projektisihteeri Päivi Tammela sekä opiskelijoina projektiin mukaan tulleet ja sittemmin konenäön projekti-insinööreinä projektissa toimineet Joonas Kortelainen ja Pauli Valo. Heidän lisäksi projektissa työskenteli erilaisissa pienemmissä tehtävissä useita SAMKin opiskelijoita.

Jyväskylän ammattikorkeakoulusta projektiin osallistuivat osaprojektipäällikkö Seppo Rantapuska, projekti-insinöörit Teppo Flyktman, Jani Pitkänen ja Juho Riekkinen, projektityöntekijät Ville Ahonen, Juho Saari ja Simo Hintsala, projektsuunnittelija Mohammed Abioqa sekä taloussihteeri Kaarina Ylönen. Heidän lisäksi myös Jyväskylän ammattikorkeakoulusta projektiin osallistui monia opiskelijoita erilaisissa pilottien ja demonstraatioiden valmistelutehtävissä.

Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen konenäön asiantuntijat sekä projekti-insinöörit ja -työntekijät muodostivat yhdessä projektiryhmän, joka huolehti kaikkien projektin toimenpiteiden suunnittelusta ja toteutuksesta. Osa toimista jaettiin SAMKin ja JAMKin tiimien kesken niin, että saatiin paras mahdollinen tuotos. SAMKin ja JAMKin tiimit hoitivat itsenäisesti yritysten kontaktoinnin ja pilottisovellusten suunnittelun ja toteutuksen.

2.1 Projektin ohjausryhmä

Pro Machine Vision -projektin ohjausryhmä kokoontui projektin aikana yhteensä kahdeksan kertaa. Tämän lisäksi ohjausryhmän kokousten välillä muutamia asioita käsiteltiin sähköpostikokouksissa. Projektin ohjausryhmään kuuluivat:

- Matti Lähdeniemi, tutkimus- ja innovaatiojohtaja, SAMK, ohjausryhmän pj
- Antti Soini, tutkimusjohtaja, SAMK, mukana 31.10.2011 asti
- Kari Laine, tutkimusjohtaja, SAMK, mukaan 1.11.2011
- Seppo Rantapuska, yliopettaja, JAMK
- Aimo Pellinen, kehityspäällikkö, JAMK
- Petri Liimatainen, kehityspäällikkö, Ariterm Oy
- Keijo Pekkanen, technical team leader, UPM Raflatac Oy po. UPM RFID Oy
- Miika Korhonen, kehityspäällikkö, Hollming Works Ltd
- Mikko Nummela, johtaja, Pintos Oy
- Mauri Viljanen, tuotekehityspäällikkö, Salmi Oy

Heidän lisäksi rahoittajan edustajina projektin ohjausryhmässä ovat toimineet EU-koordinaattori Marja-Leena Kostiainen Länsi-Suomen lääninhallituksesta sekä tarkastaja Johanna Raukko ja vs. tarkastaja Juha Luoma Satakuntaliitosta. Esittelijänä ja sihteerinä ohjausryhmän kokouksissa toimi projektipäällikkö Mirka Leino Satakunnan ammattikorkeakoulusta.

3 AJANKOHTA, KESTO JA AIKATAULUN TOTEUTUMINEN

Pro Machine Vision -projekti kesti kaiken kaikkiaan lähes kolme vuotta. Projekti alkoi 1.4.2009 ja päättyi 31.1.2012. Projekti eteni pieniä hetkellisiä viivästyksiä lukuun ottamatta aikataulun mukaisesti ja kaikki projektin toimet saatiin päätökseen projektin päättymiseen mennessä.

4 TOIMINNAN KUVAUS

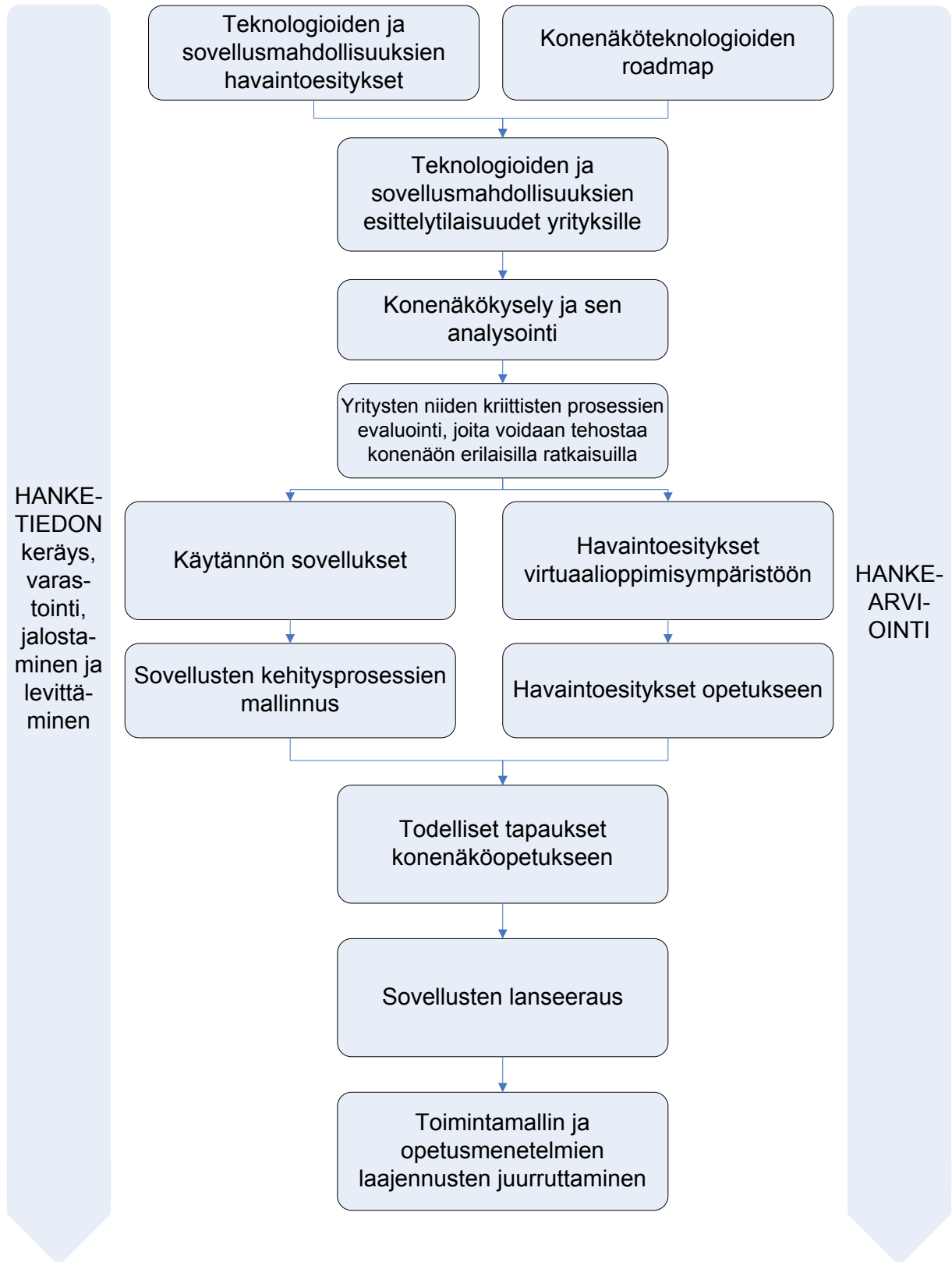
4.1 Tavoitteet

Projektin tavoitteet määriteltiin projektisuunnitelmassa etukäteen tunnistettujen tarpeiden ja lähtökohtien perusteella. Hankkeen tavoitteena oli siirtää konenäköosaamista sekä levittää tietoa sen luomista mahdollisuuksista teollisuuden kilpailukyvyyn parantamiseksi. Sen lisäksi tavoitteena oli toteuttaa havaintoesitykset konenäön monipuolisten mahdollisuuksien esittämiseksi. Havaintoesitysten avulla konenäön mahdollisuuksia oli tarkoitus esitellä yritysten edustajille. Havaintoesitysten tarkoituksena oli myös kehittää Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen konenäköopetusta ja laajentaa virtuaalioppimisympäristöjen käyttömahdollisuuksia. Muuten konenäön mahdollisuuksista oli tavoitteena levittää tietoa mukana olevien ammattikorkeakoulujen Internet-sivujen yhteyteen avattavilla konenäöstä kertovilla sivuilla.

Tärkeä osa hankkeen tavoitetta oli myös lisääntyneen osaamisen integroiminen osaksi automaatio- ja kone-tekniikan opetusta ammattikorkeakouluissa. Tavoitteena oli, että yritysysteistyössä kehitettäviä sovelluksia käytetään todellisina tapausesimerkkeinä konenäön opetuksessa. Näiden sovellusesimerkkien ja virtuaaliopetuksen luomien monipuolisempien mahdollisuuksien avulla lisätään konenäön opetusta insinöörien ammattikorkeakoulutuksessa.

4.2 Projektin toimenpiteet

Pro Machine Vision -projektin tavoitteisiin sidotut toimet esitettiin projektisuunnitelmassa tällaisella kaavio-kuvalla:

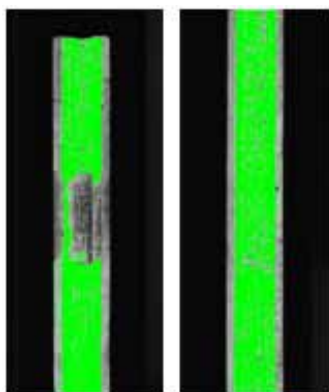


Kuva 1. Pro Machine Vision -projektissa tavoitellut toimenpiteet.

4.2.1 Havaintoesitykset

Projektin varsinaiset operatiiviset toimet aloitettiin suunnittelemalla ja toteuttamalla ko-nenäön hyödyntämismahdollisuuksia demonstroivat havaintoesitykset. Havaintoesityksille asetettiin kaksi tavoitetta: 1. havainnollistaa erilaisten konenäkötekniikoiden luomia mahdollisuuksia tuotetunnistuksessa, laadunvarmennuksessa ja mittaustehtävissä sekä 2. esitellä SAMKissa ja JAMKissa käytössä olevia erilaisia konenäkötekniikoita. Havaintoesitysten suunnitteluun ja toteutukseen osallistui koko projektiryhmä ja tehtävät jaettiin SAMKin ja JAMKin kesken tunnistettujen osaamisalueiden perusteella.

Projektissa toteutettiin kaikkiaan kymmenen erilaista konenäön havaintoesitystä. Tässä loppuraportissa on lyhyt esittely näistä kaikista.



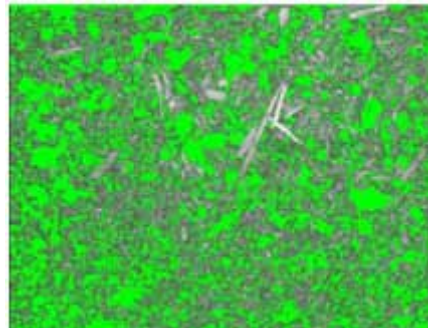
Liimapalkkien liimapinnan tarkistus

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan konenäköjärjestelmän käyttöä kappaleen pinnalle sivellyn liimapinnan laadunvalvonnassa. Kuvauksessa käytetään harmaasävyviivakameraa ja valonlähde on asetettu 'bright field'-heijastusgeometriaan loivalle kulmalle, jolloin pintavirheet tulevat parhaiten esiin. Tuloksena käyttäjälle ilmoitetaan virheiden mittaustulokset ja kappaleen kelpoisuusluokka. Tämä demonstraatio toteutettiin JAMKin toimesta.

Kuva 2. Tulostuvia liimapinnan tarkastuksesta.

Biopolttoaineen laadunvalvonta

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan konenäköjärjestelmän käyttöä biopolttoaineen laadunvalvonnassa. Kuvaamiseen käytetään värimatriisikameraa, koska hihnakuljettimella liikutetaan sahanpurun ja turpeen sekoitusta, jossa värisävyt eroavat huomattavasti toisistaan. Biopolttoaineen kulkiessa kuljettimella kameran alta, siitä otetaan automaattisesti kuva, jonka perusteella järjestelmä laskee biopolttoaineiden seossuhteen. Myöhemmin tämä tieto voidaan lähettää esim. voimalaitoksen automaatiojärjestelmälle. Tämän demonstraation toteutti JAMKin tiimi.



Kuva 3. Tulostuva biopolttoaineen seossuhteesta.



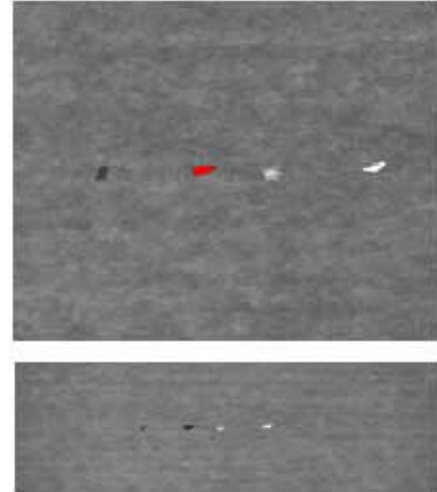
Betonikappaleiden dimensiomittaus

Demonstraatiolla havainnollistetaan konenäköjärjestelmän käyttöä kappaleiden dimensiomittauksessa. Konenäköjärjestelmä pystyy tunnistamaan kappaleen muodon ja mittaamaan kaikki tarvittavat dimensiot yhdellä napin painalluksella millisekunneissa. Mittausten yhteydessä konenäköjärjestelmä ilmoittaa käyttäjälle mittaustulosten lisäksi, onko kappale laatuvaatimusten mukainen. Kuvaamiseen käytetään harmaasävyvärimatriisikameraa. Demonstraation toteutti JAMKin tiimi.

Kuva 4. Betonikappaleesta mitattavat dimensiot.

Paperivikojen ja formaation tarkistus

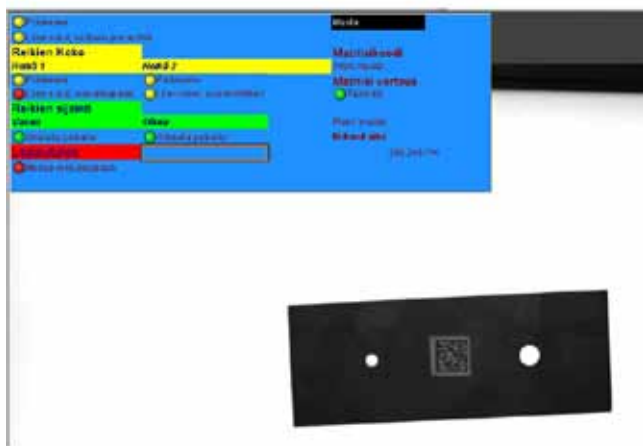
Demonstraatiossa havainnollistetaan konenäköjärjestelmän käyttöä paperirainassa esiintyvien vikojen havaitsemiseen ja paperin formaation tarkastukseen. Mittausasemana toimii ”paperimylly”, jossa paperiarikki on asennettu läpinäkyvän akryyliputken ympärille. Sovelluksessa hyödynnetään paperin läpivalaistusta, jolloin formaatio näkyy selvimmin ja myös paperin viat saadaan erotettua selkeästi. Virheiden tyypit, kokoluokat ja formaatioindeksi ilmoitetaan LabView -käyttöliittymässä. Samantyyppinen konenäköratkaisu soveltuu myös metallipintojen, muovin, non-woven- ja lasikuitumateriaalien laadunvalvontaan. Kuvaamiseen käytetään harmaasävyviivakameraa ja analysointiin NI Vision -ohjelmistoa. Tämän demonstraation toteutti JAMK.



Kuva 5. Esimerkkejä paperissa tunnistetuista vioista.

Älykamasovellus

Älykamerademonstraatiolla havainnollistetaan älykameran käyttöä kohteen monipuolisessa tarkastuksessa. Demossa tarkastetaan erään tuotteen taustalevyjä ja tarkoitusta varten ohjelmoitu älykamera:



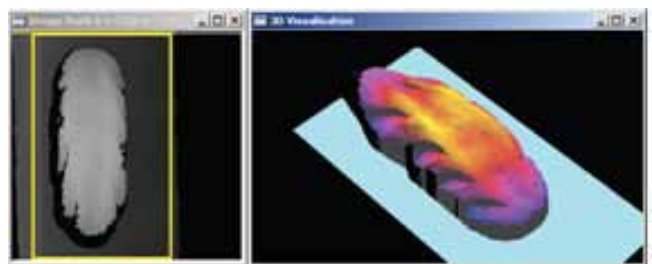
Kuva 6. Älykamerakuva ja tulosikkuna.

- tunnistaa, onko levy iso vai pieni
- tunnistaa, onko levy valkoinen vai musta
- mittaa levyn koon ja kertoo, jos levy liian iso tai liian pieni
- mittaa reikien halkaisijat ja kertoo, jos joku reikä on liian pieni tai liian suuri
- mittaa reikien paikat ja kertoo, jos joku reikä on väärässä paikassa
- lukee matriisikoodin ja vertaa sen tietoja näkemäänsä

Kamera antaa tuloksena käskyn viedä taustalevy muokattavaksi tai hylkyyn. Näin vähennetään syntyvän jätteen määrää. Ainoastaan enää muokattavaksi kelpaamattomat taustalevyt poistetaan kokonaan linjalta. Tämä demonstraatio toteutettiin SAMKissa.

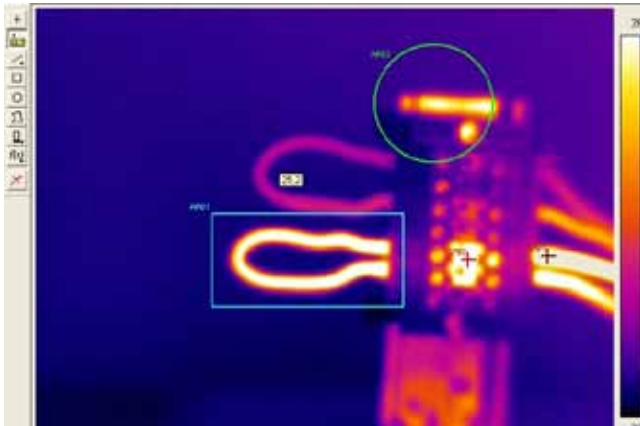
3D-kuvaus

Demonstraatiolla havainnollistetaan kappaleen tilavuuden mittausta ja samansuuruisiin siivuihin viipa-lointia. 3D-kameralla luodaan kappaleesta tietokoneelle kolmiulotteinen malli heijastamalla kohteeseen laserviiva, jonka muotoa tarkastellaan kameralla. Kamera ottaa kuvia tietyin väliajoin ja muodostaa saaduista laserviivan profileista 3D-mallin. Ohjelma laskee muodostetun mallin tilavuuden ja määrittää



Kuva 7. Ranskanleivästä tehty 3D-malli.

viipalointikohdat jaettaessa se haluttuun määrään yhtä suuria osia. Tämän demonstraation toteutti SAMKin konenäkötiimi.



Kuva 8. Lämpökuvauksella havaittu johtimien lämpeneminen.

Pitkäaaltoinen IR-kuvaus eli lämpökuvaus

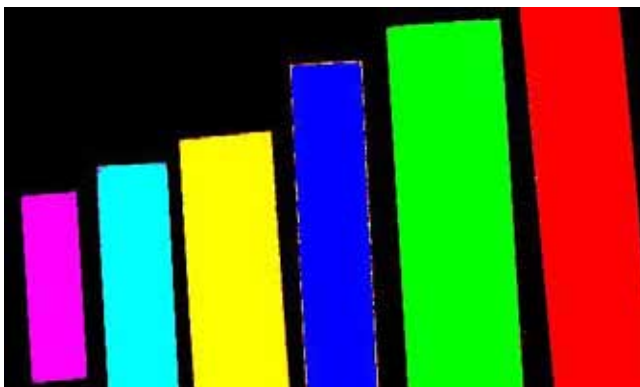
Demonstraatiolla havainnollistetaan lämpökuvauksen käyttöä automaattisissa valvontatehtävissä. Lämpökamera mittaa kohteen lämpötilaa ja valvoo, että lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa. Jos maksimilämpötila ylitetään tai minimilämpötila alitetaan, huomauttaa ohjelma käyttäjää varoitusäänellä ja taulukon värin muutoksella sekä teksti-viestihälytyksellä. Tämä demonstraatio suunniteltiin ja toteutettiin SAMKin konenäkötiimin toimesta.

Lähi-infrapunakuvaus (Near Infrared, NIR)

SAMKissa toteutetulla demonstraatiolla havainnollistetaan lähi-infrapunakameran kykyä nähdä eri materiaalit eri tavalla kuin ihmissilmä tai näkyvän valon aallonpituusalueella toimivat kamerat. Toisessa lasipullossa on kerosiinipohjaista ainetta ja toisessa on vettä. Kun näitä pulloja kuvataan NIR-kameralla, huomataan, että silmällä täysin läpinäkyvä vesi näkyy NIR-kuvassa hyvin tummana, kun taas käytössä oleva kerosiinipohjainen aine on NIR-kuvassa läpinäkyvää ja silmälle läpinäkymätöntä.



Kuva 9. Vesi ja kerosiinipohjainen aine näkyvän valon aallonpituusalueen kuvassa (etualalla) ja NIR-kuvassa (näytöllä, taka-alalla).



Kuva 10. Spektraalikuvauksella erotellut muovilaadut, jotka analysoidaessa on merkitty eri väreillä.

Lähi-infrapunaspektraalikuvaus

Demonstraatiolla havainnollistetaan lähi-infrapuna-spektraalikuvauksen käyttöä muovien erotelussa. Demossa kuvataan kuusi muovipalaa, jotka ovat kaikki väriltään valkoisia, mutta eri materiaalia. Data analysoidaan hyperspektraalidatan analysointiin soveltuvalla kuvankäsittelyohjelmalla ja tuloksesta (kuva 10.) näkyy miten muuten vaikeasti tunnistettavat materiaalit voidaan spektrien avulla tunnistaa. Tämä demonstraatio toteutettiin SAMKissa.

VIS-NIR -spektraalikuvaus

Kun integroidaan näkyvän valon (Visible) ja lyhytaaltoisimman lähi-infrapunan (Near InfraRed = NIR) alueilla toimivaan kameraan spektrografi, saadaan ns. VIS-NIR -spektraalikuvauslaitteisto. Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan VIS-NIR -spektraalikuvauslaitteen käyttöä lihan ja rasvan suhteellisen määrän mittaamisessa. Demossa kuvataan pekonia, josta aiemmin tietokoneella opetettujen lihan ja rasvan spektrien avulla selvitetään, paljonko pekoniviipaleessa on rasvaa ja lihaa (kuva 11.). Tämän demonstraation toteutti SAMKin konenäkötiimi.



Kuva 11. Spektraalikuvausella erotellut pekonin rasva ja liha.

4.2.2 Yritystilaisuudet

Edellä mainittuja demonstraatioita esiteltiin yrityksille sekä Satakunnassa että Keski-Suomessa KONENÄKÖRATKAISUJA TUOTANNON TEHOSTAMISEEN -tilaisuuksissa. Satakunnassa pidettiin kaksi tilaisuutta, SAMK Tekniikka ja merenkulku Porissa 24.3.2010 ja SAMK Tekniikka ja merenkulku Raumassa 30.3.2010. Porin tilaisuudessa oli yli 20 osallistujaa 11 eri yrityksestä ja organisaatiosta. Raumalle osallistui myös yli 20 henkilöä viidestä eri yrityksestä ja organisaatiosta.

Jyväskylän tilaisuus pidettiin JAMKissa 13.4.2010 ja sinne osallistui vastaavasti yli 20 henkilöä 16 eri yrityksestä ja organisaatiosta. Kaikissa tilaisuuksissa esiteltiin demonstraatiot sekä keskusteltiin yritysten edustajien kanssa konenäön hyödyntämisestä tuotannon prosessien kehittämisessä ja laadun varmistuksessa.

4.2.3 Konenäköaineistoa virtuaaliympäristöihin

Yhtenä projektin tavoitteena oli tuottaa konenäöstä kertovaa aineistoa SAMKin ja JAMKin Internet-sivuille niin, että se olisi kaikkien kiinnostuneiden käytettävissä. Tätä varten projektiryhmä suunnitteli ja toteutti havaintoesitysten ja projektin pohjalta aineiston, joka julkaistiin molempien ammattikorkeakoulujen visuaalisen ilmeen mukaisena Internet-sivuilla. SAMKin Internet-sivuilta aineisto löytyy 11-sivuisena osoitteesta: www.samk.fi/konenako. JAMKin Internet-sivuilla aineistoa on yhteensä 8 sivua ja se löytyy osoitteesta: www.jamk.fi/promachinevision.

Havaintoesityksiksi tehdyt demonstraatiot on myös tehty virtuaalioppimisympäristöihin sopivaan muotoon. Kahdesta demonstraatiosta on tehty videot sekä suomeksi että englanniksi ja loput on tehty kuvasarjoiksi sekä osaksi opetusaineistoa, jota jaetaan molempien ammattikorkeakoulujen konenäön opiskelijoille virtuaalioppimisympäristöissä. Videot löytyvät SAMKin konenäkö-sivustolta sekä seuraavien linkkien kautta:

- 3D-kuvaus suomeksi: <http://www.youtube.com/watch?v=nX-A3UoSfOU>
- Lähi-infrapunaspektraalikuvaus suomeksi: <http://www.youtube.com/watch?v=5lcRXFM1x98&feature=related>
- 3D-kuvaus englanniksi: <http://www.youtube.com/watch?v=7hxxWPnIEGw&feature=related>
- Lähi-infrapunaspektraalikuvaus englanniksi: <http://www.youtube.com/watch?v=F1gvFLEj3Mc&feature=related>
- Suurin osa demonstraatioista on myös reaalisena koko ajan opetuksen käytettävissä ammattikorkeakoulujen laboratorioissa.

4.2.4 Pilottisovelluksia yrityksille

Yrityksille järjestettyjen konenäön tarjoamia mahdollisuuksia esittelevien tilaisuuksien jälkeen projektiryhmä teki pilottisovellusten etenemissuunnitelman. Molempien ammattikorkeakoulujen tiimit olivat yhteydessä yritystilaisuuksiin osallistuneisiin ja kiinnostusta osoittaneisiin yrityksiin ja sopivat neuvotteluista. Projektin pilottisovellusvaiheeseen mukaan tulosta neuvoteltiin 19 yrityksen kanssa. Lopulta pilottisovelluksia ja -tutkimuksia lähdettiin suunnittelemaan seuraaville yrityksille: Pintos Oy, Puustelli Oy, Hollming Works Ltd, Oras Oy, UPM RFID Oy (ent. UPM Raflatoc Oy), HB Betoniteollisuus Oy ja Salmi Oy. Näistä neljä ensin mainittua teki yhteistyötä SAMKin kanssa ja kolme viimeksi mainittua JAMKin kanssa. Tässä loppuraportissa kerrotaan lyhyesti kunkin yrityksen kanssa toteutetuista pilottisovelluksista ja -tutkimuksista.

Pro Machine Vision -projektin pilottisovellusten ja -tutkimusten tekeminen aloitettiin ammattikorkeakoulujen konenäkötiimeissä ottamalla mukaan opiskelijoita ja kouluttamalla heitä konenäön osaajiksi. Opiskelijoiden kouluttaminen vei tietysti oman aikansa, mutta toisaalta se tuotti tuloksena uusia osaajia, joita pystyttiin ja pystytään projektin päätyttyäkin hyödyntämään sovellusten ja tutkimusten suunnittelussa ja toteutuksessa.

4.2.4.1 Pilottisovellukset - case Pintos Oy

Pintos Oy oli ensimmäinen projektiin mukaan tullut yritys. Heidän kanssaan sovittiin kolmen eri pilottisovelluksen ja -tutkimuksen teosta. Nämä olivat rauditusverkkojen leikkaussolun poiminnan konenäköohjauksen kehittäminen, harjateräksen ominaisuuksien konenäköön perustuva älykäs mittaaminen sekä suunnitelma virheellisten naulojen tunnistamiseksi.

Rauditusverkkojen leikkaussolun poiminnan konenäköohjauksen kehittäminen

Ensimmäisenä pilottina lähdettiin kehittämään rauditusverkkojen leikkaussolun poimintarobotin konenäköohjausta. Järjestelmä oli olemassa perusversiona, mutta se oli lakannut toimimasta. Ensimmäisellä tutustumiskäynnillä huomattiin, että järjestelmä oli lakannut toimimasta, koska järjestelmän laser-valaistus oli irronnut eikä järjestelmän kannalta kriittinen rakenteellinen valaisu näin enää toiminut.

Keskusteluissa ja suunnittelussa järjestelmän toimintaan asetettiin uusia vaatimuksia, mistä syystä järjestelmä päätettiin suunnitella ja toteuttaa täysin alusta

hyödyntäen kuitenkin olemassa olevaa mekaniikkaa ja laitteistoja soveltuvin osin. Tavoitteeksi asetettiin nopeampi sekä monipuolisempi toiminta kuin aikaisemmalla järjestelmällä.



Kuva 12. Rauditusverkkoja menossa leikkaussolun robotin käsittelyyn Pintoksella.

Verkkojen poiminnasta vastaava yleisrobotti tarvitsee uuden tarkemman määrittelyn mukaan seuraavat tiedot verkon poimintapistestä: x-, y- ja z-koordinaatit sekä verkon kiertymä ja kallistuma. Verkon poimintapisteen tulee olla verkon reunimmaisessa poikkiraudassa, mutta ei risteävien rautojen hitsauskohdissa. Risteyskohdat tulee siis tunnistaa, jotta ne voidaan huomioida poimintapistettä määritettäessä.

Lopullinen, tehtaalle asennettu järjestelmä käyttää hyväkseen alkuperäistä älykameraa, korotettua kamera-valaisintelinettä sekä kuutta viivalaseria. Päällimmäisen verkon paikan ja asennon määrittäminen tapahtuu laserviivojen verkkoihin muodostamien valopisteiden aseman perusteella. Kaikki kuvaan perustuva laskenta tapahtuu kamerassa ja kamera lähettää tulokset suoraan robotille. Robotti saa seuraavan poimittavan verkon paikkatiedot aina jo edellisen verkon leikkauksen aikana. Robotin on siis koko ajan toiminnassa, eikä seuraavan poimittavan verkon paikkaa tarvitse odottaa.

Harjateräksen ominaisuuksien konenäköön perustuva älykäs mittaaminen

Toisena pilottisovelluksena Pintokselle suunniteltiin konenäköjärjestelmä harjateräksen ominaisuuksien mittaamiseen. Harjateräksen laatua tarkastellaan tehtaalla mittaamalla harjateräksestä leikattujen tankojen ominaisuuksia. Tähän suunniteltiin järjestelmä, johon harjateräkstanko kiinnitetään ja joka mittaa tangosta: harjavälit, harjakorkeudet, harjan poikkileikkauspinta-alat sekä tangon keskihalkaisijan ja harjan pituuden. Mittaus perustuu tangosta 400 eri suunnalta otettuihin siluettikuviin. Kuvia analysoimalla saadaan laskettua ko. tulokset.



Kuva 13. Siluettikuva harjatangosta.

Suunnitelma virheellisten naulojen tunnistamiseksi

Kolmas Pintokselle tehty pilottitutkimus oli suunnitelma virheellisten naulojen tunnistamiseksi. Koska kaksi aikaisempaa Pintokselle tehtyä pilottia olivat vienneet monipuolisuutensa vuoksi todella paljon aikaa, jäi tämän pilottin tekemiseen projektin puitteissa vain sen verran aikaa, että tehtiin koekuvaukset nauloista ja sen perusteella raakaversio suunnitelmasta, jolla naulojen kuvausta kannattaisi lähteä toteuttamaan.

4.2.4.2 Pilottisovellukset - case Puustelli Oy

Puustellilla käydyissä neuvotteluissa kävi selväksi, että heille suunnitellaan ja toteutetaan demonstraatio kalustelevyjen konenäköohjatusta robottikäsittelystä tuotannon kehittämispäätösten tueksi sekä tutkitaan konenäön käyttömahdollisuuksia viilujen luokittelussa.

Demonstraatio kalustelevyjen konenäköohjatusta robottikäsittelystä

Puustellin pilotteja suunniteltiin ja toteutettiin koko ajan rinnakkain. Kalustelevyjen robottikäsittelyn demonstraatioissa päädyttiin tekemään sovellus, jossa kahdella älykameralla ohjataan ABB:n yleisrobotia, joka saatiin projektin käyttöön SAMKin automaatiolaboratoriossa. Robotin ohjelmointiin otettiin kaksi uutta opiskelijaa, jotta kokonaisuus saatiin toteutettua. Käytännössä sovellus osoittautui erittäin haastavaksi lähinnä robotin tiedonsiirto-ongelmien vuoksi. Loppujen lopuksi robotin tiedonsiirto toteutettiin konenäön osajien toimesta mikropiirillä ja sitä varten tehdyllä ohjelmalla.

Demonstraation pääperiaatteet ovat tällaiset:

1. Kalustelevypinojen yläpuolella sijaitsevalla älykameralla tehtävä kalustelevyn tunnistaminen pinossa
2. Kalustelevyissä olevien tarrojen tunnistus (x- ja y-koordinaatit)
3. Rakenteellisella valaistuksella (liikutettavalla laserviivalla) toteutettu tarrojen ja sitä kautta kalustelevyjen korkeuden määrittäminen (~z-koordinaatti)
4. Tarroissa olevan matriisikoodin lukeminen kalustelevyn tunnistamiseksi
5. Kappaleen nostaminen robotilla tarkempaan kuvaukseen
6. Robotti tarttuu em. proseduurin kautta tunnistettuun, korkeimmalla sijaitsevaan kalustelevyn (apuna alipainetunnistin)
7. Robotti kääntää kalustelevyn toisen, sivussa sijaitsevan älykameran nähtäväksi ja kalustelevy kuvataan koon mittaamiseksi
8. Robotti vie kalustelevyn työstettäväksi ja palaa kotipisteeseensä. Työstökoneetta demonstraatiossa esittää sivupöytä. Robotti vie kalustelevyn työstökoneelle eli sivupöydälle ja hakee sen samasta paikasta ja vie sen telineeseen.
9. Vaiheet toistetaan kaikkien pinossa olevien kalustelevyjen kanssa

Lopullinen demonstraatio on nähtävissä YouTubessa vain tämän linkin kautta: <http://www.youtube.com/watch?v=NIMe4vlbPhM>.

Tutkimus konenäön käyttömahdollisuuksista viilujen luokittelussa

Puustellille tehtiin myös pilottitutkimus, jossa tavoitteena oli tutkia konenäön käyttömahdollisuutta puuviilujen laadutuksessa. Tutkimus toteutettiin kuvaamalla viilut:

- Lähi-infrapunaspektraalikameralla
- Älykameralla (5 Mpix)
- Lähi-infrapunakameralla
- Viivakameralla



Kuva 14. Esimerkki viilujen lähi-infra-punaspektraalikuvauksesta.

Lähi-infrapunaspektraalikuvauksella haetaan aineiden välisiä eroavaisuuksia. Viiluisa virheet ja virheetöntä alueet eivät välttämättä ole kuitenkaan eri ainetta. Myös spektraalikameroiden resoluutiot ovat vielä hyvin pieniä, mikä ei sovellu jopa 2 metriä leveiden viilujen kuvaamiseen tarkasti. Näistä syistä tulokseksi saatiin, että spektraalikuvaus ei sovellu viilujen virheiden tarkasteluun.

Älykamerakuvauksessa käytettiin markkinoiden parasta, Cognexin 5 Mpix:n harmaasävyälykameraa. Sen resoluutio riittäisi, jos viilut kuvattaisiin kahdessa osassa, mutta ohjelmistopuolella työkalut eivät ole riittävät näin tarkkaan laaduttamiseen.

Lähi-infrapunakuvauksesta pystyttiin melko nopeasti sanomaan, että resoluution riittämättömyys on ensimmäinen ongelma. Lähi-infrapuna-aallonpituusalue ei oikeastaan anna mitään lisäarvoa harmaasävykuvaan verrattuna, joten lähi-infrapunakuvausta ei tarvinnut sen enempää testatakaan.

Viivakameralla kuvattaessa tulokset olivat lupaavia. Oikein valitun viivakameran resoluutio on riittävä isojenkin viilujen kuvaamiseen. Viivakameralla kuvaaminen vaatii järjestelmän, jossa kameraa liikutetaan "skannaus"-mielessä viilujen yli. Kuvien analysointi viivakamerallakin on haasteellista, mutta markkinoiden johtava konenäköanalysointiohjelmisto Halcon pitää sisällään ko. laaduttamiseen tarvittavia algoritmeja, joita tarkentamalla voitaisiin päästä hyvään lopputulokseen.

Viilujen laadutuksen pilottitutkimuksen tuloksena voidaan siis sanoa, että ainoa todellinen vaihtoehto näiden testikuvausten perusteella on väriviivakamerakuvaus yhdistettynä joko HALCON- tai MATLAB-analysointiin tai erikseen tällaista laaduttamista varten rakennettuun algoritmiin. Satakunnan ammattikorkeakoululla ei kuitenkaan ole käytössä vielä väri-viivakameraa, joten kuvauksen todentamiseen ei siltä osin tässä projektissa päästy.

4.2.4.3 Pilottisovellukset - case Oras Oy

Oras Oy on SAMKin strateginen kumppani ja projekti oli heille tuttu kumppanuuden seurantaryhmässä käytyjen keskustelujen pohjalta. Oras tuli mukaan projektiin, kun heille tuli tarve tutustua paremmin keernanvalmistuksen lämmönkäyttöön ja -jakautumiseen.

Keernat valmistetaan hotbox-menetelmällä, jossa hiekkaseos ammutaan lämmitettyyn keernalaatikkoon. Keerna kuivatetaan laatikossa, johon johdetaan lämpöä sivuilla olevien lämpölevyjen ja alla olevan keernatuen kautta. Pilottitutkimuksen tavoitteena oli tutkia keernan lämpötilajakaumaa pitkäaaltoisella infrapuna-kuvauksella, eli lämpökuvauksella. Samalla haluttiin selvittää prosessin optimointimahdollisuuksia. Tutkimus toteutettiin järjestämällä useita kuvauksia, jolloin keernan valmistusta kuvattiin eri suunnista;

- Keernalaatikkoa
- Keernaa
- Lämmityslevyjä
- Keskilämmitystä eli keernatukea

Kuvausten perusteella tehtiin järjestelmään muutoksia, joiden katsottiin olevan valmistuksen ja energian kulutuksen kannalta eduksi. Seuraavilla kerroilla tutkittiin tehtyjen muutosten vaikutuksia lämmön johtumiseen ja keernan kuivumiseen. Tässä on esimerkkikuvasarja (kuva 15) keernatuen lämpötilajakaumasta alkutilanteessa ja erilaisten muutosten myötä.



Kuva 15. Kuvasarja keernatuen lämpöjakaumasta.

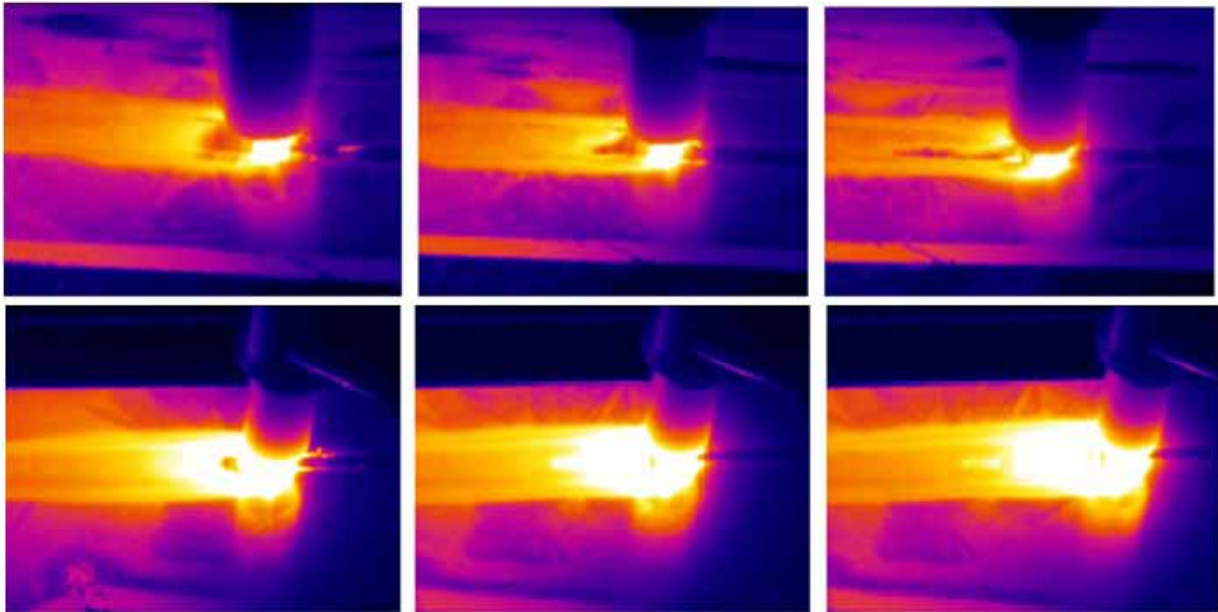
Kuvasarjasta voidaan nähdä, miten alunperin epätasainen lämpöjakauma saatiin puolivälin kaksimetallituen kautta kehitettyä uuden materiaalin johdosta sellaiseksi, että lämpöjakauma on hyvin tasainen.

4.2.4.4 Pilottisovellukset - case Hollming Works Ltd

Hollming Works Ltd osoitti kiinnostusta hitsauksen lämpökuvauksmahdollisuuksien selvittämiseen. Heidän kanssaan sovittiin pilottitutkimuksena tehtävästä esiselvityksestä. Siinä selvitettiin, millaisia mahdollisuuksia lämpökuvauksella on nähdä hitsauksessa esiintyviä virheitä.

Pilottitutkimus toteutettiin SAMKin kone- ja tuotantotekniikan laboratoriossa. Käytettävät hitsausmenetelmät olivat; MIG, TIG ja synerginen pulssitettu MAG. Kuvauslaitteistona oli FLIR ThermoCAM SC3000 -lämpökamera aallonpituusalueelle 8-9 μ m. Kuvankaappauksessa ja kuvien analysoinnissa käytettiin ThermoCAM Researcher 2.8 Pro -ohjelmistoa.

Pilottitutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että hitsaussauman tai sen osien jäähtyminen näkyy selvästi lämpökuvassa. Kuvan jokaisen pikselin lämpötila tiedetään, joten lämpöjakaumaa on helppo seurata kuvista. Myös automaattinen seuranta on tällöin mahdollista. Kuumin lämpötila ja lämmön leviäminen metallissa saatiin hyvin esille lämpökameralla. Alla on yksi kuvasarja hitsauksen lämpökuvista.



Kuva 16. Kuvasarja TIG-hitsauksen lämpökuvauksista.

Testikuvauksissa haasteena oli saada tunnistettuja/suunniteltuja virheitä hitsattavaan saumaan. Kuvaustilanteessa haasteellista oli myös se, että hitsattaessa pitkiä saumoja, kameraa täytyy liikuttaa. Pilottitutkimus osoitti sen, että lämpökuvauksen käytön tutkimusta hitsauksessa tulee jatkaa ja viedä kuvaukset tehdasolosuhteisiin.

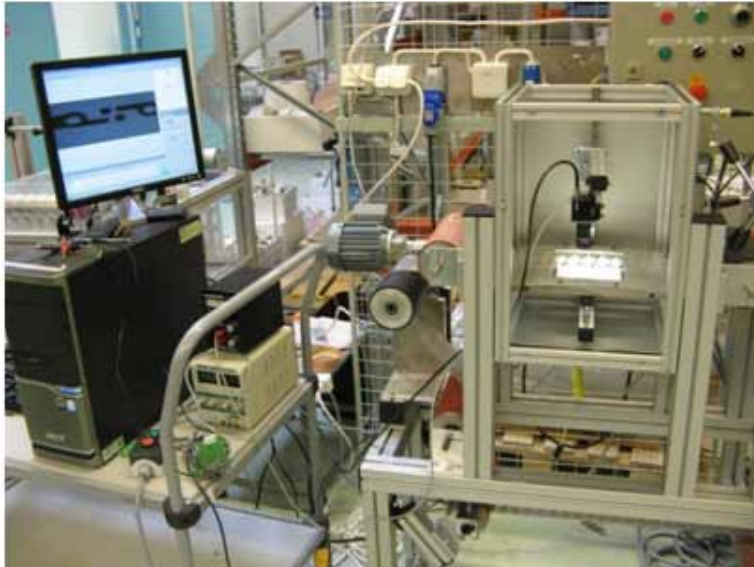
4.2.4.5 Pilottisovellukset - case UPM RFID Oy

UPM RFID Oy antoi tutkimustoimeksiannon RFID -tagien mittaussovelluksen kehittämiseen seuraavilla tavoitteilla:

- Mahdollisten poikkeamien esiintyminen sirujen pinnassa
- Sirun paikoitustarkkuus padialueella
- Pastan paikoituksen ja määrän tarkkailu
- Padialueen mittojen vaihtelun tarkastelu

Konenäkösovellus kehitettiin 5:lle erilaiselle RFID-tagille, ja sovellus tunnistaa automaattisesti, mikä tagi on kohteena ja tekee kyseiselle tagille määritellyt mittaukset ja tarkistukset ja tallentaa mittausdatan .txt tai .csv

tiedostoon. Koelaitteisto asennettiin tuotannon testilinjalle, jossa mittaukset tehtiin on-line nopeusvaikutuksen tutkimiseksi (kuva 17). Mittaustarkkuus tuotantolinjalla oli 5 mikrometriä, mikä oli riittävä em. tavoitteiden saavuttamiseksi (kuva 18).



Kuva 17 (vasemmalla). RFID tagien mitaussovellus tuotannon testilinjalla.

Kuva 18 (alla). RFID tagin mikrosirun padialue, kuvan koko 3,5 x 5 mm.



4.2.4.6 Pilottisovellukset - case HB Betoniteollisuus Oy

HB Betoniteollisuus Oy:lle tehtiin pilottitutkimus betonikappaleiden dimensioiden mittaamiseksi. Tavoitteena oli kehittää konenäkösovellus tuotantolinjalla kulkevien betoni- ja kevytsorakappaleiden dimensioiden mittaamiseksi erityyppisille pihakiville, kevytsoraharkoille ja muille yrityksen betonituotteille. Tuotevalikoima sisältää yli sata erilaista variaatiota.



Pilotissa testattiin mittauksen toimivuus erimuotoisille, -korkuisille ja -värillisille kappaleille ensin laboratorioissa ja sen jälkeen tuotantolinjalla. Haasteina olivat tuotantolaitteista aiheutuva tärinä ja joidenkin betonituotteiden epätasainen pinta sekä laaja tuotevalikoima. Mittaustarkkuusvaatimukseen $\pm 1,5$ mm päästiin myös tuotantolinjalla tehdasolosuhteissa. Todellinen tarkkuus oli ± 1 mm.

Tulokset osoittautuivat erittäin lupaaviksi: mittausta on riittävästi tarkka ja luotettava. Kuvassa 19 on pilottilaitteistoja tuotantolinjalla koeajon aikana.

4.2.4.7 Pilottisovellukset - case Salmi Oy

Salmi Oy:lle tehdyn pilotin tavoitteena oli selvittää konenäön tuomia mahdollisuuksia vetoketjujen lukko- ja vedinosien virheiden tunnistamisessa. Kuvattava kohde on kiiltävä, sekä muodoltaan haastava. Monet vi-
oista ovat erittäin pieniä ja vaikeasti havaittavissa silmällä.

Aluksi tutkittiin virheiden havaitsemismenetelmiä kokeilemalla erilaisia valonlähteitä ja kuvausgeometrioita, koska tuotteiden pinta on voimakkaasti valoa heijastava ja siinä on kohoumia. Kehitetyllä kuvausgeometri-
alla ja valonlähde-kamera -konfiguraatiolla saatiin pääosa virheistä esille.



SALMI Oy toi esiin myös sen, että tuotteiden kuljettaminen kameran ja valonlähteen katselualueelle olisi testattava on-line. Vetoketjujen lukot ja vetimet tuodaan automaattisesti kuvausalueelle ja poistetaan, mikäli virheellinen tuote havaitaan. Tarkoitusta varten suunniteltiin rakennettiin pilottilaitteisto, joka siirtää tuotteet kuvausalueelle, ottaa kuvan ja poistaa virheelliset tuotteet paineilmasylinterillä.

Pilottitutkimus osoitti, että konenäkö mahdollistaa vetoketjun lukkojen automaattisen tarkastuksen. Mittaukset ovat luotettavia tällä hetkellä ainoastaan yhdelle lukkotyypille, jolle konenäköfunktio on kehitetty. Yritys tekee myöhemmin päätöksen jatkokehityksestä tuotantolinjan tarpeisiin.

Kuva 20. SALMI Oy:n pilotin laitteisto.

4.2.5 MultiTouch - Uuden sukupolven kosketusnäyttö

Pro Machine Vision -projektin ja Innovaatiolaboratorio-projektin yhteistyönä innovoitiin, suunniteltiin ja toteutettiin uudenlainen konenäköön perustuva kosketusnäyttö, MultiTouch - uuden sukupolven kosketusnäyttö. MultiTouch suunniteltiin projektiryhmien yhteistyönä ja sen toteutti opiskelija Iiro Uusitalo opinnäytetyönään. Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa ensimmäinen versio konenäköjärjestelmää hyödyntävästä kosketusnäytöstä, joka on tarkoitettu monelle yhtäaikaiselle käyttäjälle ja suurillakin pinnoilla käytettäväksi.

MultiTouchin kosketusten tunnistaminen perustuu konenäköön. Kosketuspintana toimii hiekkapuhallettu lasi, johon tuotetaan kuva pinnan alapuolelta perinteisellä videoprojektorilla. Kun käyttäjä koskettaa lasia, kosketuskohdat valaistetaan lähi-infrapunavalolla pinnan alapuolelta ja valaistut kosketuskohdat kuvataan



konenäkökameralla, joka on varustettu 760 nm:n ylipäästösuotimella. Näin kameran kuvassa näkyvät vain lähi-infrapunavalolla valaistut kohdat, joiden perusteella kosketuspisteet tunnistetaan. Kuva analysoidaan sitä varten tehdyllä ohjelmalla. Analyysin tuloksena tietokone vastaanottaa kosketukset, kuten perinteisemmiltä osoitinlaitteilta. Tämä mahdollistaa kosketusnäytölle piirtyvän osoitinlaitteen käytön.

Kuva 21. MultiTouchin "koneisto".

Opinnäytetyössä toteutettiin uuden sukupolven kosketusnäytön ensimmäinen versio ja sen avulla Satakunnan ammattikorkeakoulu pystyy jatkossa esittelemään monikosketusta käyttäviä käyttöliittymiä. Lisäksi uuden sukupolven kosketusnäyttö luo uuden innovatiivisen sovellusalan tietotekniikan ja automaatiotekniikan rajapinnalle. Sovellusta voidaan tulevaisuudessa hyödyntää molempien alojen koulutustarkoituksiin.

Innovaatiolaboratorio on Satakunnan ammattikorkeakoulussa Pro Machine Vision -projektin kanssa rinnakkain toteutettu yritysten ja ammattikorkeakoulun innovaatio-osaamisen lisäämiseen keskittynyt projekti.

4.2.6 Loppuseminaari

Pro Machine Vision -projektin loppuseminaari pidettiin Satakunnan ammattikorkeakoululla Tekniikka ja merenkulku Porissa perjantaina 25.11.2011 klo 12-15. Loppuseminaarissa esiteltiin projektissa toteutettuja demonstraatioita ja erityisesti yrityksille tehtyjä pilottisovelluksia mukana olleiden yritysten edustajille sekä muille kiinnostuneille sidosryhmille ja yhteistyökumppaneille. Seminaariin osallistui lähes 40 projektissa mukana ollutta tai muuten asiasta kiinnostunutta.

Loppuseminaari koostui luentotyyppisistä demonstraatioiden ja pilottisovellusten esittelyistä sekä laboratoriossa esitellyistä käytännön havaintoesityksistä. Seminaarin ohjelma näytti tältä:

- Seminaarin avaus
- Vararehtori, toimialajohtaja Matti Lähdeniemi, SAMK
- Katsaus projektissa tehtyihin konenäön demonstraatioihin
- Projektipäällikkö Mirka Leino, SAMK ja yliopettaja Seppo Rantapuska, JAMK
- Projektissa toteutettujen pilottisovellusten esittely, kuvina ja demoina
 - o Älykamasovellus rauditusverkkojen tunnistukseen ja Harjateräksen ominaisuuksien älykäs mittaaminen, Case Pintos, projekti-insinööri Pauli Valo, SAMK
 - o Konenäköohjattu huonekalulevyjen käsittely robotilla ja Konenäköön perustuvan puuviilujen laaduntarkkailun haasteet, Case Puustelli, projekti-insinööri Joonas Kortelainen, SAMK
 - o Hiekkakeernan valmistuksen optimointia lämpökuvauksen avulla, Case Oras, tutkija Jukka Huhtanen, SAMK
 - o Hitsausseaman reaaliaikaista laaduntarkkailua lämpökuvauksella, Case Hollming Works, tutkija Jukka Huhtanen, SAMK
 - o RFID-tagien laadunvalvonta, Case UPM RFID Oy, projekti-insinööri Juho Riekkinen, JAMK
 - o Betonituotteiden mittaukset konenäöllä, Case HB Betoniteollisuus Oy, projekti-insinöörit Simo Hintsala ja Juho Saari, JAMK
 - o Vetoketjutuotteiden tarkastus, Case Salmi Oy, projekti-insinöörit Juho Saari ja Simo Hintsala, JAMK
 - o Kommentteja projektiin osallistuvilta yrityksiltä kunkin esityksen loppuksi
 - o Kahvitauko ja pilottidemonstraatiot TKI-lablassa

5 Tiedonlevitys

Pro Machine Vision -projektissa tiedonlevitys koostui alkuvaiheen projektista tiedottamisesta, demonstraatio-tilaisuuksista ja demonstraatioista tiedottamisesta sekä loppuvaiheen yrityspiloteista tiedottamisesta ja projektin tuloksista tiedottamisesta. Tiedonlevitystä suunniteltiin sekä projektiryhmässä että ohjausryhmässä.

5.1 Lehtiartikkelit

Machine Vision News 2009

Keväällä 2009 julkaistuun Machine Vision News -lehteen kirjoitettiin otsikolla: Konenäön ratkaisumalleja eri aallonpituusalueille. Siinä esiteltiin projektin etenemistä ja tavoitteita. Artikkelit on luettavissa tällä Internet-sivulla: http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/MVN09_SAS.pdf

Satakunnan yrittäjä -lehti

Satakunnan yrittäjä -lehden toimittaja tutustui Pro Machine Vision -projektiin ja demonstraatioihin Raumalla KONENÄKÖRATKAISUJA TUOTANNON TEHOSTAMISEEN -tilaisuudessa 30.3.2010. Konenäöstä ja projektista julkaistiin artikkeli lehden numerossa 4/2010. Tämä artikkeli on luettavissa tällä Internet-sivulla: <http://www.digipaper.fi/satakunnanyrittaja/43968/index.php?pgnumb=14>

Lehti- ja radiojutut loppuseminaarin yhteydessä

Loppuseminaarista julkaistiin lehdistötiedote 25.11.2011. Lehdistötiedotteesta julkaistiin uutisjuttu sekä Radio Ramonassa Raumalla että Radio Porissa. Satakunnan kansan ja Länsi-Suomen toimittajat haastattelivat projektia toteuttaneita sekä projektiin osallistuneita yrityksiä ja julkaisivat artikkelit aiheesta Länsi-Suomessa 26.11.2011 otsikolla: Tekniikkaa yrityksiin, työkokemusta opiskelijoille ja Satakunnan kansassa 28.11.2011 otsikolla Konenäön edut huomattu Satakunnassa.

Agora - Satakunnan ammattikorkeakoulun sidosryhmälehti

Pro Machine Vision -projektista on kirjoitettu kaksi artikkelia Satakunnan ammattikorkeakoulun sidosryhmälehteen Agoraan. Ensimmäinen artikkeli julkaistiin numerossa 1/2011 otsikolla: Konenäkö kertoo, mitä silmät eivät näe ja samalla sivulla oli tiivistelmä englanniksi otsikolla Machine Vision Applications Invisible to the Eye. Tässä ensimmäisessä artikkelissa kerrottiin projektin etenemisestä ja tavoitteista sekä konenäön hyödyllisistä sovellusmahdollisuuksista.

Toinen artikkeli julkaistiin projektin päätyttyä Agoran numerossa 1/2012 otsikolla: Pintos paransi tuotantoaan konenäkösovelluksen avulla. Artikkelissa kerrottiin projektin tuloksista erityisesti Pintos Oy:lle tehdyn pilot-sovelluksen kautta. Myös tästä kolmesivuisesta artikkelista julkaistiin englanninkielinen tiivistelmä. Sen otsikko oli: Pintos Improved its Production with Machine Vision Application. Tämä artikkeli on luettavissa seuraavalla Internet-sivulla: http://issuu.com/satakunnan_ammattikorkeakoulu/docs/agora_1_2012/13.

UAS Journal

"AMK-lehti // UAS Journal on ammattikorkeakoulujen verkkojulkaisu, joka viestittää ammattikorkeakoulujen tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnasta sekä ammattikorkeakoulutusta koskevasta tutkimuksesta kaikille kiinnostuneille" (UAS Journal, Internet-sivut).

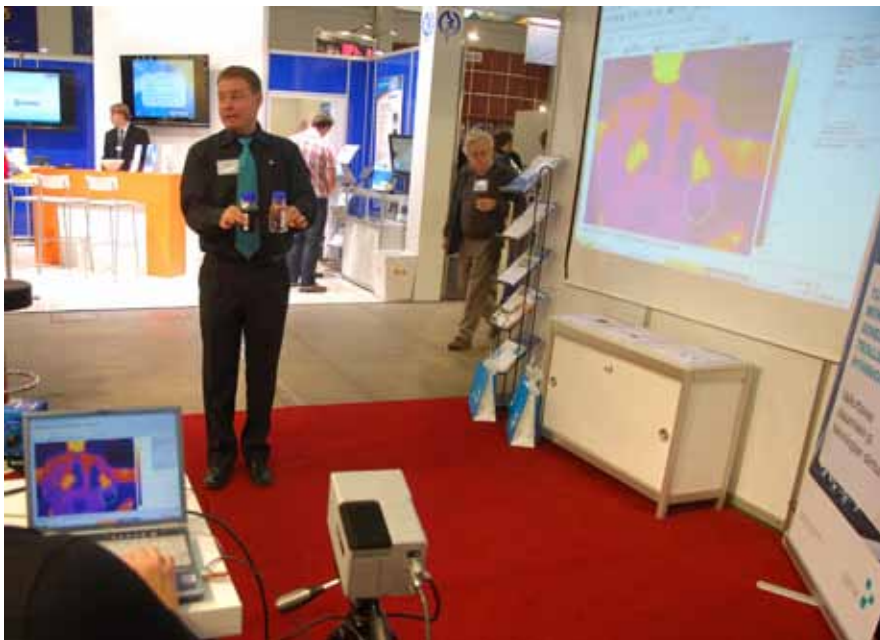
UAS Journaliin No 1 (2011) kirjoitettiin artikkeli Pro Machine Vision projektista ja konenäön luomista mahdollisuuksista otsikolla: Monipuolisia konenäkösovelluksia alueellisen elinkeinoelämän hyödyksi. Tämä artikkeli on luettavissa seuraavalla Internet-sivulla: <http://www.uasjournal.fi/index.php/uasj/article/view-File/1299/1212>.

Keskisuomalainen

Keskisuomalainen-lehden taloussivuilla oli 4.12.2011 artikkeli otsikolla: Konenäkö valvoo yrityksissä. Siinä kerrottiin pilottisovelluksista ja -tutkimuksista sekä Pro Machine Vision –projektin tuloksista.

5.2 Tiedonlevitystilaisuudet ja -tapahtumat

Automaatio2009 ja Automaatio 2011



Kuva 22. Tutkija Jukka Huhtanen SAMKista esittelee lähi-infrapunakuvauksen ja lämpökuvauksen eroja Pro Machine Vision -projektissa tehtyjen demonstraatioiden avulla Automaatio2009-messuilla.

Pro Machine Vision -projekti oli myös laajasti esillä Automaatio2009- ja Automaatio2011 -messuilla Helsingin messukeskuksessa. Automaatio2009-tapahtumassa esiteltiin projektissa suunniteltuja ja toteutettuja lähi-infrapuna- ja lämpökuvauksedemonstraatioita. Tämän lisäksi projektin etenemistä ja tavoitteita esiteltiin kiinnostuneille messukävijöille ja projektista pidettiin 2 esitystä messujen Tietoisukuplazalla otsikoilla: Konenäkö automaatioissa - koulutusta ja tutkimusta yritys yhteistyönä ja Näe mitä muut eivät näe - IR laajentaa konenäön sovellusalueita.

Automaatio2011-tapahtumassa esiteltiin projektin etenemistä ja pilottisovelluksia siltä osin kun se lokakuussa 2011 oli mahdollista. Esittelyssä olivat älykameramittaussovellus, lähi-infrapunakuvaus sekä Multi-Touch - uuden sukupolven kosketusnäyttö.



Kuva 23. Vasemmalla projekti-insinööri Iiro Uusitalo esittelee MultiTouchin konenäköön perustuvaa toimintaa ja oikealla projekti-insinööri Joonas Kortelainen esittelee älykameramittaussovellusta Automaatio2011-tapahtumassa.

Konenäköpäivä 2010

Pro Machine Vision -projektia esiteltiin laajasti Tekniikka 2010 -messujen yhteydessä järjestetyssä Konenäköpäivässä. Valtakunnallinen konenäköpäivä järjestettiin Vision Club of Finlandin ja JAMKin toimesta 6.10.2010. Konenäköpäivässä osallistujia oli yhteensä 97 ja tilaisuuden tuloksena saatiin potentiaalisia hankkeen yhteistyökumppaneita. Pro Machine Vision -projekti oli esillä heti jo tilaisuuden avauspuheessa (Seppo Rantapuska, Antti Soini).



Kuva 24. SAMKin projekti-insinöörit Pauli Valo (vas.) ja Joonas Kortelainen esittelivät lämpökuvausdemonstraatiota ja älykamerademonstraatiota Tekniikka2010-messujen yhteydessä järjestetyssä Konenäköpäivässä.



Kuva 25. Vierailijoita JAMKin esittelypaikalla Tekniikka2010-messujen yhteydessä järjestetyssä Konenäköpäivässä.

SAMKilla ja JAMKilla oli myös omat ständit Konenäköpäivän yhteydessä järjestetyssä laite-esittelyssä. Molemmat ammattikorkeakoulut esittelivät projektissa tehtyjä demonstraatioitaan. Konenäkötoimittajia oli konenäköpäivän laite-esittelyssä 14 kpl.

Tunnistusteknologiaseminaarit

Atakunnan ja Rauman kauppakamarit järjestivät Tunnistusteknologiaseminaarit, joista ensimmäinen pidettiin Porissa 5.11.2010 ja toinen Raumalla 12.11.2010. Pro Machine Vision -projektista ja konenäkösovelluksista pyydettiin esitys näihin seminaareihin. Projektipäällikkö Mirka Leino ja tutkija Jukka Huhtanen Satakunnan

ammattikorkeakoulusta osallistuivat seminaareihin. Mirka Leino piti molemmissa seminaareissa esityksen otsikolla: Konenäön soveltaminen. Seminaarin lopuksi yleisölle esiteltiin vielä projektissa tehtyjä konenäön demonstraatioita.

Projektin, demonstraatioiden ja pilottien esittelyä kumppaneille

Koko projektin ajan Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakouluilla vierailleille kansainvälisille ja kansallisille kumppanikorkeakouluille sekä yrityskumppaneille on esitelty projektia, sen tavoitteita, demonstraatioita ja pilottisovelluksia. Tällaisia esittelytilaisuuksia on järjestetty mm. Ammattikorkeakoulujen kv-kevätpäivillä SAMKissa toukokuussa 2010, SAMKin kiinalaisen kumppanikorkeakoulun Changzhoun delegaatiolle toukokuussa 2011 sekä SAMKin strategisten kumppanien Oras Oy:n, STX Finlandin ja Pori Energian edustajille syksyllä 2010.

6 Talous

Pro Machine Vision -projektin kustannusarvio oli kokonaisuudessaan 335000 €, josta 230000 € oli budjetoitu SAMKille ja 105000€ JAMKille. Projektin aikaiset kustannukset pysyivät budjetoidussa, mutta muutamia kululajien välisiä kustannusarvion muutoksia tehtiin projektin aikana. Alkuperäinen kustannusarvio on esitetty seuraavassa taulukossa.

Kustannuslaji / Vuosi / €	2009	2010	2011	Yhteensä
Henkilöstökustannukset	82250	92250	98200	272700
Ostopalvelut	3500	2500	2500	8500
Matkakustannukset	5200	3500	8500	17200
Kone- ja laitehankinnat	4400	7100	6800	18300
Rakennukset ja maa-alueet	0	0	0	0
Vuokrakustannukset	3088	4524	4034	11646
Toimistokulut	1215	1131	1408	3754
Muut kustannukset	0	1522	1378	2900
Luontoissuoritukset	0	0	0	
Yhteensä	99653	112527	122820	335000
Yritysyhteistyö 15%	14874	16795	18331	50000
Omarahoitusosuus 20%	16956	19146	20898	57000
EAKR	67823	76586	83591	228000

Taulukko 1. Projektin rahoituspäätöksessä hyväksytty kustannusarvio.

Vuosien 2009–2011 aikana taloustilanne oli vaikea ja siitä syystä kaikki projektiin osallistumisneuvotteluissa mukana olleet yritykset eivät lopulta pystyneet osallistumaan projektiin. Tästä syystä projektin yritysrahoitusosuus ei toteutunut suunnitellusti ja rahoitussuunnitelmaa muutettiin tunnistetun tilanteen mukaan kesällä 2011 niin, että omarahoitusosuutta kasvatettiin ja yritysrahoitusosuutta pienennettiin vastaavalla summalla. Mukaan tulleiden 7 yrityksen kanssa tehtiin kuitenkin jo paljon suunniteltua enemmän pilottisovelluksia ja -tutkimuksia. Seuraavana on esitetty lopullinen projektin kustannus- ja rahoitustaulukko.

Kustannuslaji / Vuosi / €	Kustannusarvio	Toteutuma
Henkilöstökustannukset	276000	277999,18
Ostopalvelut	8200	7931,91
Matkakustannukset	14700	13806,98
Kone- ja laitehankinnat	18800	18198,78
Rakennukset ja maa-alueet	0	0
Vuokrakustannukset	11646	11765,55
Toimistokulut	3754	3756,28
Muut kustannukset	1900	1725,07
Luontoissuoritukset	0	0
Yhteensä	335000	335183,75
Yritysyhteistyö 15%	36775	36803,12
Omarahoitusosuus 20%	70225	70380,63
EAKR	228000	228000

Taulukko 2. Projektin kustannusten toteutuminen.

Kustannukset ylittivät siis suunnitellun 183,75 eurolla. Vastaavasti yritysyhteistyön ja omarahoituksen osuudet eroavat hieman suunnitellusta, lähinnä siksi, että yritysyhteistyön osuus toteutui takapainotteisesti. Kokonaisuudessaan projektin talous pysyi hyvin projektin aikana tarkentuneissa suunnitelmissa.

7 Tavoitteiden toteutumisen arviointi

Pro Machine Vision -projektin päätavoitteet olivat:

1. Siirtää konenäköosaamista sekä levittää tietoa sen luomista mahdollisuuksista teollisuuden kilpailukykyyn parantamiseksi
2. Tuottaa havaintoesitykset, 6 kpl, konenäön monipuolisten mahdollisuuksien esittämiseksi ja niiden avulla kehittää Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen konenäköopetusta ja laajennetaan virtuaalioppimisympäristöjen käyttömahdollisuuksia
3. Suunnitella ja toteuttaa 5-7 yrityksille tehtävää pilottisovellusta

Tärkeänä osana pidettiin myös lisääntyneen osaamisen integroimista osaksi automaatio- ja konetekniikan opetusta mukana olleissa ammattikorkeakouluissa. Samalla yritys yhteistyössä kehitettäviä sovelluksia käytetään todellisina tapausesimerkkeinä konenäön opetuksessa.

Projektin tavoitteena oli valmistella tutkimus- ja sovelluskehitystyötä konenäöllä parannettavien tuotantoprosessien ongelmien ratkaisemiseksi 15 yrityksen kanssa. Näistä 5-7 yrityksen kanssa oli tarkoitus käyttöönottaa projektin aikana suunniteltu konenäkösovellus tai saattaa päätökseen konenäkö tutkimus. Konenäön esittelytilaisuuksiin oli tavoitteena kutsua useita kymmeniä yrityksiä Satakunnasta ja Jyväskylän seudulta yhteensä.

7.1 Tavoitteiden toteutuminen lukuina ja numeroina

Pro Machine Vision -projektin tavoitteet täyttyivät yli odotusten. Havaintoesityksiä eli demonstraatioita tehtiin yhteensä 10 tavoitellun kuuden sijaan. Projektiin osallistumisesta ja konenäkösovellusten hyödyntämisestä keskusteltiin ja neuvoteltiin 19 yrityksen kanssa. Konenäön esittelytilaisuuksiin kutsuttiin reilu 200 yritysedustajaa ja niihin osallistui melkein 70 konenäöstä kiinnostunutta. Tämä ylitti 40 kävijän tavoitteen hienosti.

Projektiin osallistumisesta neuvoteltiin seuraavien yritysten kanssa: Pintos Oy, Puustelli Oy, Oras Oy, Hollming Works Ltd, Huittisten sähköpojat Oy, Clothing Plus Oy, Promeco Group, HK Ruokatalo, Nelostuote Oy, Pori Energia Oy, Satakunnan sairaanhoitopiirin liikelaitos SataDiag, Frii-plast Oy, Whyskies Oy, Mecania Oy, Safematic Oy, Metso Paper Oy, UPM Raflatac Oy (nykyinen UPM RFID Oy), HB Betoniteollisuus Oy ja SALMI Oy. Näistä Pintoksen, Puustellin, Oraksen, Hollming Worksin, UPM RFID:n, HB Betoniteollisuuden ja Salmi Oy:n kanssa tehtiin pilottisovelluksia ja -tutkimuksia. Monien muiden kanssa päädyttiin muunlaiseen yhteistyöhön projektissa käytyjen neuvottelujen jälkeen.

7.2 Laadullinen tavoitteiden toteutuminen

Kun arvioidaan tavoitteiden toteutumista laadullisesti, voidaan todeta, että projekti onnistui hyvin. Demonstraatiot olivat selkeitä ja kuvasivat hyvin erilaisten konenäön mahdollisuuksien hyödyntämistä. Yrityksille pidetyistä tilaisuuksista, messuilta ja opiskelijoilta sekä korkeakouluissa vierailuilta saatiin pelkästään hyvää palautetta ja asiasta kiinnostumisesta kertovia kysymyksiä. Monet kysymykset johtivat myös uusiin keskusteluihin ja neuvotteluihin. Vuosien 2011 ja 2012 aikana erilaisissa tilaisuuksissa, puheluissa ja sähköpostiviesteissä on selvästi tullut esille, että Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulut ovat nyt konenäön asiantuntijoina paremmin tunnettuja korkeakouluja.

Pilottisovellukset ja -tutkimukset olivat toimivia kokonaisuuksia kaikista prosessien aikana mukaan tulleista lisäystoiveista ja tarkennuksista huolimatta. Mukana olleet opiskelijat saivat paljon laajemman kuvan ko-

nenäön hyödyntämismahdollisuuksista kuin, mitä he olisivat saaneet osallistumalla ainoastaan konenäön opintojaksoille. Yrityksiltä saadun palautteen mukaan myös yritykset saivat piloteista lisätietoa konenäön käytöstä.

Loppuseminaarista saatiin hyvää palautetta, koska se kokosi yhteen projektissa tehdyt kokonaisuudet ja ne esiteltiin asiasta kiinnostuneelle yleisölle.



Kuva 26. Projektiryhmä loppuseminaarissa.

Yritystilaisuuksista ja loppuseminaarista julkaistujen lehtiartikkelien ja radiojuttujen johdosta saatiin myös yhteydenottoja, joissa kyseltiin konenäön käytöstä ja korkeakoulujen kanssa tehtävästä yhteistyöstä. Loppuseminaari ja pilotit myös herättivät kiinnostusta muissa projekteissa ja niiden perusteella pidettiin PrizzTechin koordinoiman Kilpailukykyiset hitsattavat tuotteet ja ratkaisut -hankkeen Konenäköpäivä 22.3.2012. Siellä Pro Machine Vision -projektin tuloksia ja pilotteja sekä konenäköaineistoa esiteltiin hit-saushankkeen osallistujille.

8 Toteutuksen arviointi

Projekti onnistui kokonaisuutena erittäin hyvin. Kaikki demonstraatiot, Internet-sivut ja konenäön virtuaalioppimismateriaalit saatiin valmiiksi. Samoin yrityksille tehdyt pilottisovellukset ja -tutkimukset saatiin valmiiksi, vaikkei ihan projektin päätökseen mennessä, mutta kevään 2012 aikana. Pilotit ovat erittäin monipuolisia, monia innovatiivisia osioita ja ratkaisuja sisältäviä sekä uusimpia konenäön laitteistoja hyödyntäviä kokonaisuuksia.

Projektin pilottisovellusten toteuttaminen jäi suunniteltua takapainotteisemmaksi kahdesta syystä. Ensin, yleisen taloudellisen taantuman aikana yritysten oli normaalia ongelmallisempaa osallistua projektiin ja toiseksi, pilottisovelluksia ja -tutkimuksia toteuttamaan valittiin SAMKin ja JAMKin opiskelijoita, jotka työskentelivät projektille. Näiden opiskelijoiden kouluttaminen konenäön asiantuntijoiksi vei aikaa, mutta tuotti pilotteja suunniteltaessa ja toteutettaessa monta uutta asiantuntijaa, joita voidaan jatkossa hyödyntää konenäkösovellusten ja -tutkimusten tekemiseen entistä ketterämmin.

Yritysten kanssa yhteistyössä toimiminen onnistui vaihtelevasti. Kaikki sovitut tehtävät pilottien suunnittelussa ja toteutuksessa tehtiin, mutta parantamisen varaa jäi yritysten kanssa viestimisessä. Yhteistyöstä sovittaessa olisi pitänyt selkeämmin sopia, miten viestitään. Nyt eteen tuli tilanteita, joissa viesti ei kulkenut kiireiden tai päällekkäisyyksien vuoksi. Tästä tulee ottaa oppia tuleviin projekteihin.

Satakunnan ammattikorkeakoulussa toteutetun Innovaatiolaboratorio-projektin kanssa tehtiin laajasti yhteistyötä, jonka tuloksia pystyttiin hyödyntämään molemmissa projekteissa. Yhteistyö Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulujen konenäön asiantuntijoiden välillä toimi saumattomasti. Projekti mahdollisti SAMKin ja JAMKin konenäön osaamisten yhdistämisen ja sitä kautta laajemman kokonaisuuden tarjoamisen projektiin osallistuneiden yritysten käyttöön. Hyvät kokemukset tässä projektissa johtavat varmasti jatkossa moniin uusiin yhteistyöhankkeisiin. Virtuaalijärjestelmien kautta aktiivisesti toteutetut projektiryhmän palaverit mahdollistivat sen, että pitkällä välimatkalla toteutettu yhteistyö onnistui ja kaikki projektissa toimineet pysyivät ajan tasalla projektissa meneillään olevissa toimissa.

Projektin tiedonlevitys onnistui hienosti. Monet lehtiartikkelit ja tiedonlevitystilaisuudet toivat näkyvyyttä ja projektin päättyessä voidaan vilpittömästi todeta, että Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakoulut ovat konenäköosaajina tunnetumpia kuin ennen projektia.

9 Jatkoimet ja ehdotukset

Pro Machine Vision -projekti osoitti tällaisen uusinta teknologiaa ja sen soveltamista esittelevän projektin tarpeellisuuden. Projektissa toteutettu toimintamalli pilottisovellusten teosta yrityksille ja sitä kautta teknologiansiirron toteuttamisesta, kannattaa ehdottomasti ottaa laajempaan käyttöön ammattikorkeakoulujen toiminnassa. Organisoidusti, ulkopuolisen rahoituksen tukemana koordinoitu kokonaisuus, pysyy suunnitelluissa rajoissa ja tulokset ovat selkeästi nähtävissä.

Jatkossa vastaavanlaista toimintamallia voidaan jalostaa esim. monitieteelliseen/-alaiseen toimintaan soveltuvaksi. Tällöin opiskelijoille ja yritysten edustajille voidaan tarjota kokemuksia teknologian hyödyntämisestä aloilla, joilla ko. teknologia on aikaisemmin tuntematonta.

Projektin aikana käydyt keskustelut ja projektihenkilöstölle tulleet kyselyt ovat osoittaneet, että konenäön soveltamisen puitteissa tapahtuvalle teknologiatiedonsiirrolle ja kouluttautumiselle on voimakas tilaus. Samaan aikaan mukana olleiden ammattikorkeakoulujen laitteistojen päivitys tulee ajankohtaiseksi, jotta viimeisten vuosien aikana saavutettu osaamisen ja sovellusmahdollisuuksien taso voidaan säilyttää tulevinakin vuosina. Projektin aikana luodut suhteet alueellisiin ja kansallisiin toimijoihin tulee säilyttää ja niiden avulla aktivoida mahdollisimman nopeasti jatkotoimia edellä mainittujen tarpeiden täyttämiseksi.

Pro Machine Vision

Konenäköteknologioiden soveltamista teollisuudessa ja korkeakoulutuksessa

Konenäkö on nopeasti kehittyvä teknologian ala, jonka avulla teollisuusyritykset pystyvät parantamaan kilpailukykyään. Pro Machine Vision on Satakunnan ammattikorkeakoulun (SAMK) koordinoima projekti, jonka tavoitteena on levittää konenäköosaamista ja -tietämystä sekä tarjota esimerkkejä konenäkösovelluksista yritysten käyttöön. Projektin vastuullisena johtana toimii SAMKin tekniikan ja merenkulun toimialan tutkimusjohtaja Antti Soini ja asiantuntijakumppanina Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Konenäkösovellutukset ovat tulleet yhä tärkeämmäksi muun muassa teollisuuden automaattisten prosessien laaduntarkkailussa ja tuotetunnistuksessa. Uudet älykkääseen näkemiseen perustuvat ratkaisut parantavat automaattisten prosessien tuottavuutta ja joustavuutta.

Pro Machine Visionin tavoitteena on tuottaa konenäköteknologian sovellutuksia elinkeinoelämän käyttöön. Yrityksillä on esimerkiksi mahdollisuus testata konenäön käyttöä omien tuotantoprosessiensa tehostamiseksi.

Opiskelijat ovat merkittävä osa yrityksissä tehtävää sovelluskehitystyötä. He saavat kokemusta todellisesta teollisesta ympäristöstä ja kehittävät samalla ammatillista osaamistaan. Tämä antaa myös yritykselle mahdollisuuden päästä tutustumaan tuleviin alan ammattilaisiin.



Pro Machine Vision-hankkeen aikana kertynyt osaaminen integroidaan osaksi automaatio- ja konetekniikan opetusta ammattikorkeakouluissa. Yritysyhteistyössä syntyneitä sovelluksia käytetään opetuksessa hyväksi. Samalla kasvatetaan ammattikorkeakoulujen osaamispääomaa.

Satakunnan ja Jyväskylän ammattikorkeakouluilla on pitkä kokemus konenäön tutkimisesta ja opetuksesta. Käytössä ovat myös erityisratkaisut muulla kuin näkyvän valon aallonpituusalueella tehtävään kuvantamiseen.

Pro Machine Vision on Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun yhteistyöhanke, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto Länsi-Suomen lääninhallituksen myöntämänä. Hankkeen keskeisimmät toiminnot ajoittuvat vuosille 2009-2011.

Mitä on älykäs näkeminen?

- Älykäs näkeminen eli konenäkö on ihmisen silmää matkiva koneellinen aisti, missä konenäkökamera ja tietokone toimivat yhdessä ohjaten esimerkiksi lajittelua tai robotin toimintaa
- Konenäkö suorittaa ihmissilmälle mahdotto- miakin tehtäviä väsymättä, toistettavasti ja samalla tarkkuudella
- Nykyaikainen älykäs näkeminen mahdollistaa ekologisen, reaaliaikaisen ja kustannustehokkaan laaduntarkkailun
- Hyvinvointiteknologiassa älykäs näkeminen mahdollistaa nopean ja non-invasiivisen diagnostiikan

Yhteystiedot:

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tutkimusjohtaja
Antti Soini
antti.soini@samk.fi
puh. 044 710 3174

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan yliopettaja
Seppo Rantapuska
seppo.rantapuska@jamk.fi
puh. 040 567 5902

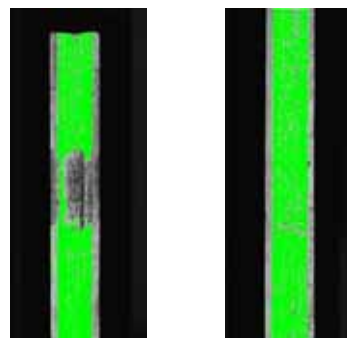
Liimapalkkien liimapinnan tarkistus

Sovelluksessa esitellään konenäköjärjestelmän käyttöä kappaleen pinnalle sivellyn liimapinnan laadunvalvonnassa. Liimakeros heijastaa valoa voimakkaammin kuin puuaines, jolloin liimapinnan virheet paljastuvat.

Sovelluksessa tarkasteltavia liimapalkkeja käytetään esimerkiksi rakennusten tukirakenteissa. Tuotannossa halutaan varmistaa, että liimapinta on yhtenäinen, jotta tukirakenteen lujuus on varmistettu. Liimapinnan virheet aiheuttavat puuosan hylkäämisen tuotannossa. Sovelluksessa voidaan asettaa rajat virheiden pinta-alalle ja kokoluokille.

Mittausasema on rakennettu mallintamaan rataa, jota pitkin liimapalkit liikkuvat tuotantolinjalla. Mittausasemassa on lineaarijohde, moottori ja kelkka, jonka päällä kappaleet liikkuvat kuvausalueelle.

Konenäköjärjestelmän kamera ja valonlähde on asennettu 'bright field' heijastusgeometriaan loivalle kulmalle, jolloin pintavirheet tulevat parhaiten esiin. Konenäköjärjestelmä on sijoitettu radan päälle mittaamaan liimapinnan pinta-alaa suhteessa palkin sivun pinta-alaan. Virheiden mittaustulokset ja kappaleen kelppoisuusluokka ilmoitetaan käyttäjälle. Mittaustulokset kirjoitetaan tiedostoon, joka voidaan lukea esimerkiksi Excel – taulukkolaskentaohjelmalla.



Laitteet ja ohjelmistot:

Välineet/Ohjelmistot:

- Cognex DVT LS harmaasävyviivakamera
- LED-valonlähde
- Mittausasema antureineen
- Cognex DVT Intellect -ohjelmisto

Yhteystiedot:

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Yliopettaja Seppo Rantapuska
040 567 5902
seppo.rantapuska@jamk.fi

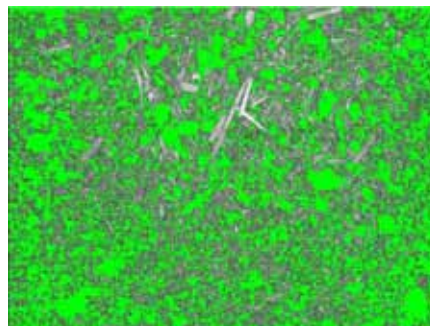
Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

Biopolttoaineen laadunvalvonta

Sovelluksessa havainnollistetaan konenäköjärjestelmän käyttöä biopolttoaineen laadunvalvonnassa. Voimalaitosten optimaalinen energiantuotanto riippuu merkittävästi palamisessa käytettävistä polttoaineista. Syötettävän polttoaineen energiatiheyden muutos vaikuttaa poltto-prosessin säätöön. Energiatihyteen vaikuttaa mm. eri biopolttoaineiden seos-suhde ja palakoko. Konenäöllä voidaan mitata esimerkiksi purun ja turpeen seos-suhdetta ja palakokoja sekä käyttää mit-taustuloksia poltto-prosessin ohjaukseen.

Esiteltävässä sovelluksessa hihnakuljetti-mella liikutetaan sahanpurun ja turpeen sekoitusta, jossa värisävyt eroavat huomattavasti toisistaan.

Biopolttoaineen kulkiessa kuljettimella kameran alta, siitä otetaan automaattisesti kuva, jonka perusteella järjestelmä laskee biopolttoaineiden seossuhteen. Myöhemmin tämä tieto voidaan lähettää voimalaitoksen automaatiojärjestelmälle, joka lisää tai vähentää halutun polttoai-nekomponentin syöttöä. Lisäksi järjestel-män avulla pystytään tallentamaan histori-atietoja syötetystä polttoaineesta esi-merkiksi tekstitiedostoon, jota vertaamalla vastaavaan energiantuotantoon voidaan optimoida voimalaitoksen tehokkuutta.



Purun ja kuusenkuoren erottelu konenäöllä.

Laitteet ja ohjelmistot:

- Cognex DVT värikamera
- Hihnakuljetin oheislaitteineen
- Cognex DVT Intellect -ohjelmisto

Yhteystiedot:

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Yliopettaja Seppo Rantapuska
040 567 5902
seppo.rantapuska@jamk.fi

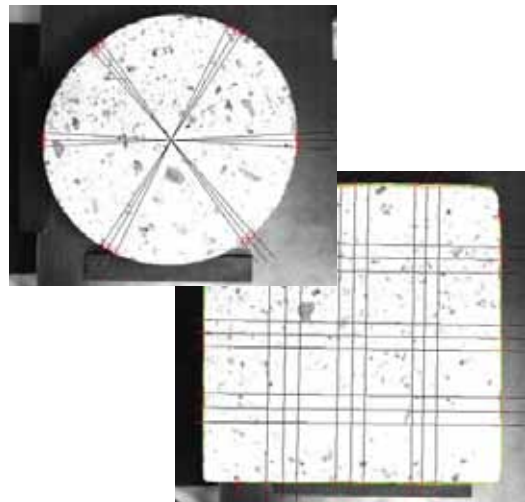
Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

Betonikappaleiden dimensiomittaus

Sovelluksessa havainnollistetaan konenäköjärjestelmän käyttöä kappaleiden dimensiomittauksessa. Betonikappaleiden dimensioille on asetettu tiukat rajat, joiden ylittyessä kappaleet eivät läpäise niille asetettuja laatuvaatimuksia. Kappaleet mitataan yleensä työntö- ja kulmami-
talla useasta eri kohdasta, joten mittaus on työlästä ja aikaa vievää. Konenäköjärjestelmä pystyy tunnistamaan kappaleen muodon ja mittaamaan kaikki tarvittavat dimensiot yhdellä napin painalluksella millisekunneissa. Mittaustulokset ovat riippumattomia kappaleen asemasta (kulma ja x-y positio) kuva-alueella.

Lieriöstä mitataan sen halkaisija kolmesta eri kohdasta. Kuutiosta mitataan tahkon pituuden lisäksi myös sen kulmat. Kaikissa mittauksissa on otettu huomioon betonikappaleissa mahdollisesti esiintyvät reunamurtumat, joiden vuoksi mittaukset koostuvat useamman mittauksen keskiarvoista.

Mittausjalusta on rakennettu niin, että kappaleita vaihdettaessa järjestelmä osaa suorittaa oikeat mittaukset kyseessä olevalle kappaleelle. Mittausten yhteydessä konenäköjärjestelmä ilmoittaa käyttäjälle mittauservojen lisäksi, onko kappale laatuvaatimusten mukainen. Mittaustulokset kirjoitetaan tiedostoon, joka voidaan lukea esimerkiksi Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.



Laitteet ja ohjelmistot:

- Cognex DVT 535 harmaasävy matriisikamera
- Mittausjalusta antureineen
- Cognex DVT Intellect - ohjelmisto

Yhteystiedot:

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Yliopettaja Seppo Rantapuska
040 567 5902
seppo.rantapuska@jamk.fi

Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

Paperivikojen ja formaation tarkistus

Sovelluksessa käytetään konenäköjärjestelmää paperirainassa esiintyvien vikojen havaitsemiseen ja paperin formaation tarkastukseen.

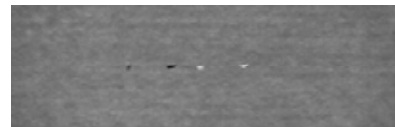
Paperinvalmistusprosessissa syntyy lopputuotteeseen virheitä, joita ovat mm. reikä, tumma täplä, vaalea läiskä, harmaa täplä tai päällysteviiru. Syynä voi olla paperikoneen viirassa tai huovassa oleva reikä, tukkeama tai heikempi kohta. Telan pintaan voi jäädä likakokkare, joka aiheuttaa joka telan kierroksella toistuvan vian paperin pintaan. Paperirainan analysoinnin avulla voidaan valvoa koneen kuntoa ilmaisemalla viat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Esim. pohjapaperin yli 5mm reiät pitää aina ilmaista ja paikata aukirullaimella ennen off-line päällystyskonetta. Lisäksi loppulaatua voidaan valvoa, jolloin asiakkaalle menevä tuote on vaatimusten mukainen. Pituusleikkurilla voidaan säätää terien paikkaa virheiden mukaan. Näin loppuasiakas saa laadukasta paperia. Menetelmällä voidaan havaita hyvin pienet virheet (<0,5 mm) 1800 m/min kulkevasta paperirainasta.

Formaatiolla tarkoitetaan pienimuotoista neliömassavaihtelua n. 1-100 mm alueella. Kuitujen flokkautuminen aiheuttaa sen, että paperi ei ole tasaista, vaan valoa vasten näkyy 'pilvisyys' eli pohjanmuodostusvaihtelua.

Paperin formaatio vaikuttaa painojäljen laatuun, jonka vuoksi formaation halutaan olevan mahdollisimman tasainen lujuusominaisuuksia huonontamatta. Formaatiota kuvaa formaatioindeksi, joka esimerkiksi kopiopaperilla on n. 5%.

Mittausasemana toimii "paperimylly", jossa paperiarkki on asennettu läpinäkyvän akryyliputken ympärille. Sovelluksessa hyödynnetään paperin läpivalaistusta, jolloin formaatio näkyy selvimmin ja myös paperin viat saadaan erotettua selkeästi. Kamera on sijoitettu paperimyllyn päälle. Virheiden tyypit, kokoluokat ja formaatioindeksi ilmoitetaan Lab-View -käyttöliittymässä.

Samantyyppinen konenäköratkaisu soveltuu myös metallipintojen, muovin, non-woven- ja lasikuitumateriaalien laadunvalvontaan.



Laitteet ja ohjelmistot:

Välineet/Ohjelmistot:

- Basler Runner harmaasävyviivakamera
- Mittausasema
- National Instruments NI Vision -ohjelmistot

Yhteystiedot:

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
Yliopettaja Seppo Rantapuska
040 567 5902
seppo.rantapuska@jamk.fi

Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

PRO MACHINE VISION -DEMONSTRAATIO

Älykamasovellus

Perinteisissä konenäköjärjestelmissä on kamera, siihen liitetty optiikka, valaistus sekä tietokone, jossa on kuvankäsittelyyn ja kuvan tutkimiseen tarvittavat ohjelmistot. Kun prosessoritehot ovat kasvaneet, on tullut mahdolliseksi integroida kuvan käsittelyyn ja tutkimiseen tarkoitettuja ominaisuuksia kameran kanssa samaan koteloon. Näin erillistä tietokonetta ei enää tarvita.

Älykamera on yksinkertaisimmillaan yksi kotelo, joka sisältää kameran sekä kuvien käsittelyyn ja analysointiin tarkoitetun prosessorin ja muistin. Edelleen kuvankäsittelyä ja kuvan tutkimista varten täytyy tietokoneella tehdä tapauskohtainen ohjelma. Valmis ohjelma tallennetaan älykameran muistiin, josta sitä käytetään annettujen asetusten mukaisesti. Tämän jälkeen tietokone voidaan irrottaa kamerasta

ja kamera toimii täysin itsenäisesti. Kun ohjelmistoa muokataan, se voidaan tehdä millä tahansa tietokoneella, minkä jälkeen ohjelma vaan siirretään älykameran muistiin, josta kamera käyttää sitä.

Laitteet ja ohjelmistot:

- Cognex In-Sight 5403 -älykamera, resoluutiolla 1600x1200 pikseliä
- Älykameran ohjelmointiin Cognexin In-Sight Explorer -ohjelma

Yhteystiedot:

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja merenkulku
Tutkijaopettaja Mirka Leino
gsm 044-710 3182
mirka.leino@samk.fi

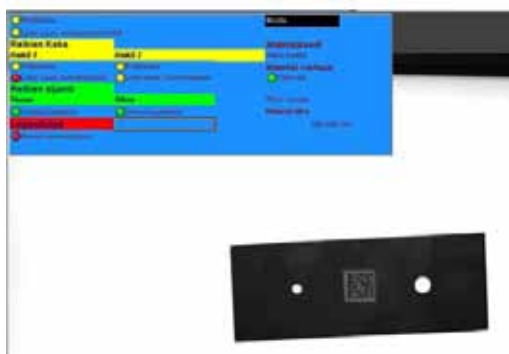
Demon tarkoitus:

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan älykameran käyttöä kohteen monipuolisessa tarkastuksessa. Demossa tarkastetaan erään tuotteen taustalevyjä, joita on kahta kokoa ja kahta väriä. Niissä pitäisi olla halkaisijaltaan 4 mm:n reiät määrättyissä paikoissa. Taustalevyissä on myös matriisikoodi, joka sisältää tiedon siitä, onko kyseessä iso vai pieni taustalevy ja onko se musta vai valkoinen.

Tätä tarkoitusta varten ohjelmoitu älykamera

- tunnistaa, onko kyseessä iso vai pieni levy
- tunnistaa, onko kyseessä valkoinen vai musta levy
- mittaa levyn koon ja kertoo, jos levy liian iso tai liian pieni
- mittaa reikien halkaisijat ja kertoo, jos joku reikä on liian pieni tai liian suuri
- mittaa reikien paikat ja kertoo, jos joku reikä on väärässä paikassa
- lukee matriisikoodin ja vertaa sen tietoja näkemäänsä

Jos taustalevy on liian iso, sitä voidaan vielä pienentää ja jos reikä on liian pieni, sitä voidaan vielä suurentaa. Tällöin kamera antaa tuloksena käskyn viedä taustalevy muokattavaksi. Näin vähennetään syntyvän jätteen määrää. Ainoastaan enää muokattavaksi kelpaamattomat taustalevyt poistetaan kokonaan linjalta.



Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

PRO MACHINE VISION -DEMONSTRAATIO

3D-kuvaus

Kappaleesta tietokoneelle tehtävälle kolmiulotteiselle mallille voidaan tehdä useita mittauksia ja tarkastuksia, joita ei 2D-kuvauksella voi tehdä. Esimerkiksi kappaleen muotojen tarkistus, tilavuuden mittausta ja samansuuruisiin osiin jako onnistuu kätevästi 3D-mallin avulla. Tämän mallin luominen tietokoneelle tapahtuu 3D-kameralla.

Satakunnan ammattikorkeakoululla on 3D-kamera, joka on malliltaan viivakamera. Viivakameralla kuvattaessa kohdetta tai kameraa tulee liikuttaa. Siten kamera soveltuu hyvin mm. liukuhihnalla tai kuljettimella olevien kohteiden tarkasteluun.

Laitteet ja ohjelmistot:

- 3D-kamera SICK IVP IVC-3D11111
- kamera integroituna kuljettimeen

Yhteystiedot:

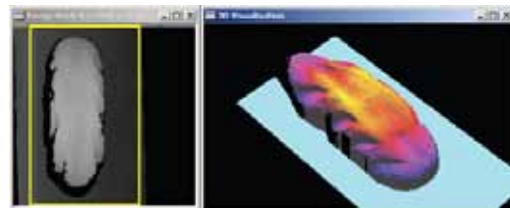
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja merenkulku
Tutkija Jukka Huhtanen
gsm 044-710 3165
jukka.huhtanen@samk.fi

Demon tarkoitus:

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan kappaleen tilavuuden mittausta ja samansuuruisiin siivuihin viipalointia.

Demonstraatiossa 3D-kameralla luodaan kappaleesta tietokoneelle kolmiulotteinen malli. Kohteeseen heijastetaan laserviiva, jonka muotoa tarkastellaan kameralla. Kamera ottaa kuvia tietyin väliajoin ja muodostaa saaduista profiileista 3D-mallin. Ohjelma laskee muodostetun mallin tilavuuden ja määrittää *katkaisupaikat*

jaettaessa se haluttuun määrään yhtä suuria osia.



Kuva 1. Ranskanleivästä tehty 3D-malli.

Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

PRO MACHINE VISION -DEMONSTRAATIO

Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on ainetta rikkoman tarkastusmenetelmä, jolla tutkitaan kohteen lähettämää lämpösäteilyä eli infrapunasäteilyä. Kaikki kohteet ja kappaleet, joiden lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen (-273,15°C), emittoivat lämpösäteilyä. Lämpökamera vastaanottaa tätä pitkäaaltoa infrapunasäteilyä, mittaa säteilyn voimakkuuden ja muuntaa sen lämpötilajakauman mukaiseksi kuvaksi.

Lämpökuvauksen käyttösovelluksia löytyy yhä useammalta alalta. Lämpökuvaus on kohtalaisen edullinen, nopea ja luotettava menetelmä. Menetelmän etuna on erityisesti etäältä tehtävissä oleva ja kohdetta rikkoman lämpötilan mittaaminen. Lämpökuvausta käytetään yleisesti muun muassa ihmisten jäljittämiseen, yökuvaamiseen, kiinteistöjen lämpöeristyksen tarkastamiseen, kosteusvaurioiden

havainnointiin sekä teollisuuden prosessien ja koneiden huollon tarpeen seuraamiseen.

Käyttökelpoisten ominaisuuksiensa ansiosta lämpökuvausta on kokeiltu onnistuneesti myös hyvinvointialalla.

Laitteet ja ohjelmistot:

- Pitkäaaltoinen infrapunakamera = lämpökamera FLIR ThermoCAM SC3000
- Microsoft Excel, ohjelmointikielenä Visual Basic

Yhteystiedot:

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja merenkulku
Tutkijaopettaja Mirka Leino
gsm 044-710 3182
mirka.leino@samk.fi

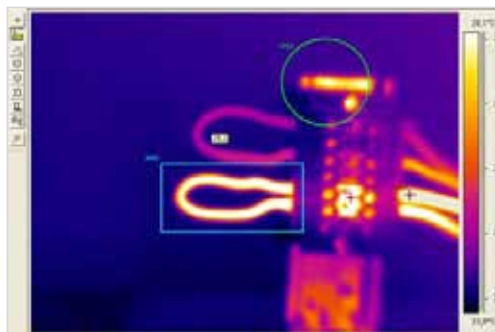
Demon tarkoitus:

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan lämpökuvauksen käyttöä automaattisissa valvontatehtävissä.

Lämpökamera mittaa kohteen lämpötilaa ja valvoo, että lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa. Jos maksimilämpötila ylitetään tai minimilämpötila alitetaan, huomauttaa ohjelma käyttäjää varoitusäänellä ja taulukon värin muutoksella sekä tekstiviestihälytyksellä.

Lämpötilan ylärajan ylitystä demotaan kuvaamalla kahta laakeria. Toinen laakereista on ehjä ja toinen on vaurioitunut. Kun laakereita pyöritetään ja kamera kuvaa kohdetta, varoittaa ohjelma käyttäjää, kun vioittuneen laakerin pintalämpötila ylittää annetun raja-arvon.

Lämpötilan alarajan alitusta demotaan kahvikupia kuvaamalla. Kun kahvi on jäähtynyt alle annetun alarajan, ja on siis juomakelvotonta, ohjelma varoittaa tästä käyttäjää.



Kuva 1. Lämpökuvauksella havaittu johtimien lämpeneminen.

Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

PRO MACHINE VISION -DEMONSTRAATIO

Lähi-infrapunakuvaus

Lähinnä näkyvän valon aallonpituusalueetta säteilevää infrapuna kutsutaan lähi-infrapunaksi (NIR = Near InfraRed). Lähi-infrapunasäteily on osa sähkömagneettista säteilyä siinä missä näkyvä valo tai lämpösäteilykin, mutta lähi-infrapunasäteilyä ihminen ei aisti lämpönä eikä näe valona. Tästä syystä lähi-infrapunakuvauksella voidaan nähdä kohteita ja ilmiöitä, joita näkyvän valon aallonpituusalueella toimivat kamerat tai lämpökamerat eivät näe tai joita siis ihmisenkään ei pysty aistimaan.

NIR-kuvausta on käytetty mm. lääketeollisuudessa ja elintarviketeollisuudessa esimerkiksi vesipitoisuuksien ja kosteuden määrittämisessä. Vastaavasti kosteuspitoisuus on merkittävä prosessin hallinnan ja laadun indikaattori esimerkiksi maanviljelyssä, tekstiiliteollisuudessa ja metsäteollisuudessa.

On myös löydetty monia aineita, jotka näyttävät lähi-infrapunakuvauksella hyvin erilaisilta kuin näkyvän valon aallonpituusalueella. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää hyväksi esim. silmälle läpinäkymättömien aineiden läpi kuvaamisessa.

Laitteet ja ohjelmistot:

- Lähi-infrapunakamera XenICs Xeva 416 aallonpituusalueelle 900 nm - 1700 nm, resoluutiolla 320x256 pikseliä
- Kameran X-control -ohjelma

Yhteystiedot:

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja merenkulku
Tutkijaopettaja Mirka Leino
gsm 044-710 3182
mirka.leino@samk.fi

Demonstratio:

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan lähi-infrapunakameran kykyä nähdä eri materiaalit eri tavalla kuin ihmissilmä tai näkyvän valon aallonpituusalueella toimivat kamerat.

Toisessa lasipullossa on kerosiinipohjaista ainetta ja toisessa on vettä. Kun näitä pulloja kuvataan NIR-kameralla, huomataan, että

- silmällä täysin läpinäkyvä vesi näkyy NIR-kuvassa hyvin tummana
- käytössä oleva kerosiinipohjainen aine on NIR-kuvassa läpinäkyvää ja silmälle läpinäkymätöntä

Vesi näkyy tummana kuvassa, koska vesi absorboi valoa voimakkaasti lähi-infrapuna-aallonpituusalueella. Tähän ominaisuuteen perustuu myös kosteuden tunnistaminen lähi-infrapunakuvauksella.



Kuva 1. Vesi ja kerosiinipohjainen aine näkyvät erilaisina lähi-infrapunakameralla otetussa kuvassa ja näkyvän valon aallonpituusalueella toimivalla kameralla otetussa kuvassa.

Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

PRO MACHINE VISION -DEMONSTRAATIO

Lähi-infrapunaspektraalikuvaus

Lähinnä näkyvän valon aallonpituusalueetta säteilevää infrapunaa kutsutaan lähi-infrapunaksi (Near InfraRed = NIR). Lähi-infrapunasäteily on osa sähkömagneettista säteilyä siinä missä näkyvä valo tai lämpösäteilykin, mutta lähi-infrapunasäteilyä ihminen ei näe valona tai aisti erityisenä lämpönä.

Lähi-infrapunaspektraalikuvauksella voidaan tunnistaa materiaaleja. Kuvaustilanteessa kohde valaistetaan lähi-infrapunavalolla ja spektraalikameralla tarkastellaan miten fotonit heijastuvat kohteen pinnalta. Ainakin kaikissa orgaanisissa aineissa fotonien heijastuminen ja absorboituminen aineen pinnalla vaihtelee eri aallonpituuksilla eri tavoin. Aineiden spektrejä voidaankin ajatella aineiden "sormenjälkinä".

Spektraalikuvauksella tunnistetaan aineen heijastusspektri eli aineen pinnalta

heijastuneen valon intensiteetti aallonpituuden funktiona. Aineiden tunnistettujen spektrien avulla spektraalikuvauksella voidaan havaita ja erotella kuvattavia aineita.

Laitteet ja ohjelmistot:

- Lähi-infrapunakamera XenICs Xeva 416 aallonpituusalueelle 900 nm - 1700 nm, resoluutiolla 320x256 pikseliä
- Spektrografi N17E

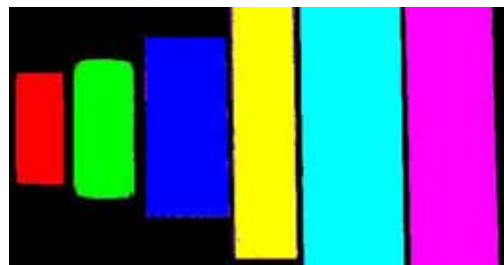
Yhteystiedot:

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja merenkulku
Tutkijaopettaja Mirka Leino
gsm 044-710 3182
mirka.leino@samk.fi

Demon tarkoitus:

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan lähi-infrapunaspektraalikuvauksen käyttöä muovien erottelussa.

Demossa kuvataan kuusi muovipalaa, jotka ovat kaikki väriltään valkoisia, mutta eri materiaalia. Kamera ja siihen kiinteästi liitetyt valaisimet kulkevat kohteen yli ja kerätty data tallentuu koneelle. Data analysoidaan hyperspektraalidatan analysointiin soveltuvalla kuvankäsittelyohjelmalla ja tuloksesta näkyy miten muuten vaikeasti tunnistettavat materiaalit voidaan spektrien avulla tunnistaa.



Kuva 1. Spektraalikuvauksella erotellut muovilaadut, jotka analysoidaessa on merkitty eri väreillä.

Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision –yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

PRO MACHINE VISION -DEMONSTRAATIO

VIS-NIR -spektraalikuvaus

Kun integroidaan näkyvän valon (Visible) ja lyhytaaltoisimman lähi-infrapunan (Near InfraRed = NIR) alueilla toimivaan kameraan spektrografi, saadaan ns. VIS-NIR -spektraalikuvauslaitteisto. Laitteistoa voidaan käyttää erityisesti värien tarkkailuun mutta myös aineiden ja ainepitoisuuksien selvittämiseen.

Kuvaustilanteessa kohde valaistetaan ja spektraalikameralla tarkastellaan miten fotonit heijastuvat kohteen pinnalta. Spektrografilla varustettu kamera on viivakamera, eli kuvattaessa joko kameran tai kohteen tulee liikkua. Näin kuvatut viivat yhdistetään tietokoneella reaalisen näköiseksi kuvaksi, jossa kuvan jokaisesta pikselistä saadaan kohteen juuri sen pisteen spektritieto.

Spektraalikuvauksella tunnistetaan aineen heijastusspektri eli aineen pinnalta

heijastuneen valon intensiteetti aallonpituuden funktiona. Spektrien avulla esim. värien oikeellisuus voidaan varmistaa.

Laitteet ja ohjelmistot:

- VIS-NIR -kamera Hamamatsu C8484-05G aallonpituusalueelle 400 nm - 1000 nm, resoluutiolla 1344x1023 pikseliä
- Spektrografi QE V10E

Yhteystiedot:

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja merenkulku
Tutkijaopettaja Mirka Leino
gsm 044-710 3182
mirka.leino@samk.fi

Demon tarkoitus:

Tällä demonstraatiolla havainnollistetaan VIS-NIR -spektraalikuvausjärjestelmän käyttöä lihan ja rasvan suhteellisen määrän mittaamisessa.

Demossa kuvataan pekonia, josta aiemmin tietokoneella opettujen lihan ja rasvan spektrien avulla selvitetään, paljonko pekoniivipaleessa on rasvaa ja lihaa. Tässä spektraalikuvausjärjestelyssä kamera pysyy paikallaan ja pekoniivipaleet liikkuvat kuljettimella. Kuvauksessa kerätty data tallentuu koneelle ja se analysoidaan

hyperspektraalidatan analysointiin soveltuvalla kuvankäsittelyohjelmalla. Kuvasta nähdään pekonin rasvan ja lihan jakautuminen ja tulostuksesta saadaan niiden suhteelliset osuudet.

Kuva 1. Spektraalikuvauksella erotellut pekonin rasva ja liha, jotka analysoitaessa on merkitty liha vihreällä ja rasva punaisella.



Tämä demonstraatio on toteutettu osana Satakunnan ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Pro Machine Vision -yhteistyöhanketta, jota rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto.

Pro Machine Vision –projekti ja demonstraatiot

Pro Machine Vision –loppuseminaari

25.11.2011

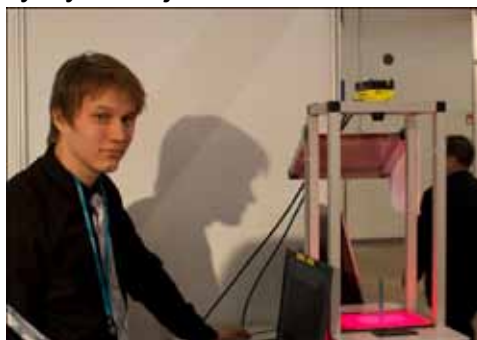
Mirka Leino



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime
Management

Projektin tavoitteet

- Siirtää konenäköosaamista alueen yrityksille
- Levittää tietoa älykkään näkemisen luomista mahdollisuuksista teollisuuden kilpailukyvyn parantamiseksi
- Tuottaa havaintoesitykset konenäön monipuolisten mahdollisuuksien esittelemiseksi yrityksille ja konenäön opiskelijoille
- Pilottisovellusten suunnittelu ja toteuttaminen
- Tuottaa konenäöstä kertovat Internet-sivut molempien ammattikorkeakoulujen Internet-sivujen yhteyteen

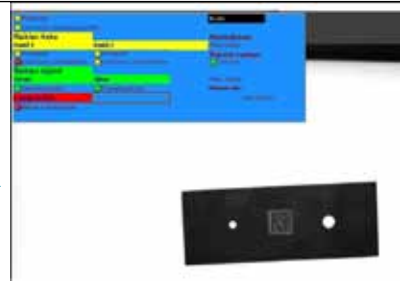


Projektin toteutus

- Demot → yritystilaisuuksiin ja opetukseen
- Internet-sivut
 - www.samk.fi/konenako
 - www.jamk.fi/promachinevision
- Yrityksille pilottitutkimuksia ja pilottisovelluksia
 - Pintos Oy
 - Puustelli Oy
 - Oras Oy
 - Hollming Works Ltd
 - UPM RFID Oy
 - Salmi Oy
 - HB Betoniteollisuus Oy



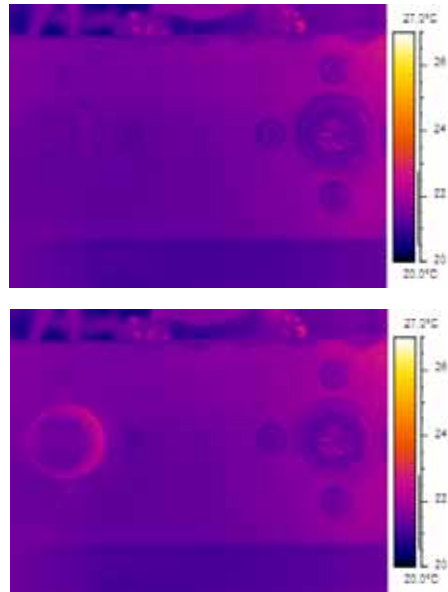
Demot - Älykamera



- Havainnollistetaan älykameran käyttöä kohteen monipuolisessa tarkastuksessa
- Tarkastetaan erään tuotteen taustalevyjä
- Tätä tarkoitusta varten ohjelmoitu älykamera
 - tunnistaa, onko kyseessä iso vai pieni levy
 - tunnistaa, onko kyseessä valkoinen vai musta levy
 - mittaa levyn koon ja kertoo, jos levy liian iso tai liian pieni
 - mittaa reikien halkaisijat ja kertoo, jos joku reikä on liian pieni tai liian suuri
 - mittaa reikien paikat ja kertoo, jos joku reikä on väärässä paikassa
 - lukee matriisikoodin ja vertaa sen tietoja näkemäänsä

Demot – IR-kuvaus

- Havainnollistetaan lämpökuvauksen käyttöä automaattisissa valvontatehtävissä
- Lämpökamera mittaa kohteen lämpötilaa ja valvoo, että lämpötila pysyy asetetuissa rajoissa
- Jos maksimilämpötila ylitetään tai minimilämpötila alitetaan, huomauttaa ohjelma käyttäjää varoitussäänellä ja –valolla, taulukon värin muutoksella sekä tekstiviestihälytyksellä



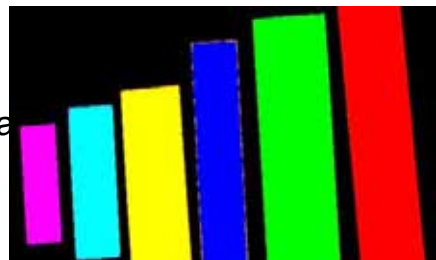
Demot – NIR-kuvaus

- Havainnollistetaan lähi-infrapunakameran (Near Infrared = NIR) kykyä nähdä eri materiaalit eri tavalla kuin ihmissilmä tai näkyvän valon aallonpituusalueella toimivat kamerat
- Toisessa lasipullossa on kerosiinipohjaista ainetta ja toisessa on vettä. Kun näitä pulloja kuvataan NIR-kameralla, huomataan, että
 - silmällä täysin läpinäkyvä vesi näkyy NIR-kuvassa hyvin tummana
 - käytössä oleva kerosiinipohjainen aine on NIR-kuvassa läpinäkyvää ja silmälle läpinäkymätöntä



Demot – NIRS-kuvaus

- Havainnollistetaan lähi-infrapunaspektraalikuvauksen käyttöä muovien erottelussa
- Demossa kuvataan kuusi muovipalaa, jotka ovat kaikki väriltään valkoisia, mutta eri materiaalia
- Data analysoidaan hyperspektraalidatan analysointiin soveltuvalla kuvankäsittelyohjelmalla ja tuloksesta näkyy miten muuten vaikeasti tunnistettavat materiaalit voidaan spektrien avulla tunnistaa



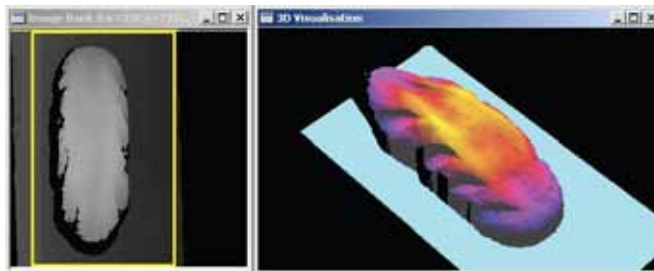
Demot – VIS-NIRS-kuvaus

- Havainnollistetaan näkyvän valon ja sitä lähinnä olevan lähi-infrapuna-alueen -spektraalikuvauksen käyttöä lihan ja rasvan suhteellisen määrän mittaamisessa
- Demossa kuvataan pekonia, josta aiemmin tietokoneella opettettujen lihan ja rasvan spektrien avulla selvitetään, paljonko pekoniviipaleessa on rasvaa ja lihaa



Demot – 3D-kuvaus

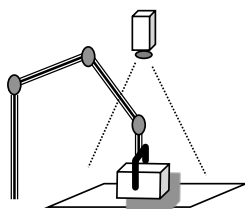
- Havainnollistetaan kappaleen tilavuuden mittausta ja samansuuruisiin siivuihin viipalointia
- 3D-kameralla luodaan kappaleesta tietokoneelle kolmiulotteinen malli
- Ohjelma laskee muodostetun mallin tilavuuden ja määrittää *viipalointikohdat* jaettaessa se haluttuun määrään yhtä suuria osia



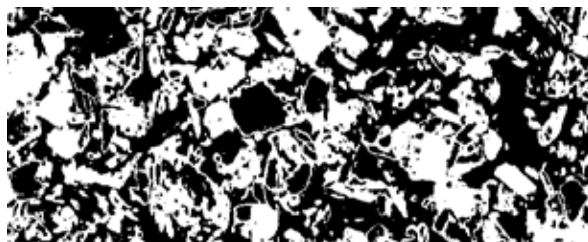
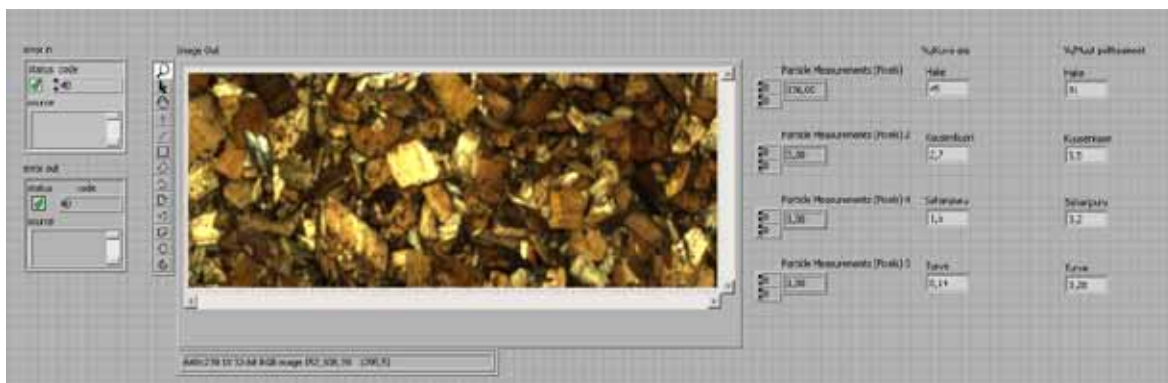
PRO MACHINE VISION

LOPPUSEMINAARI 25.11.2010

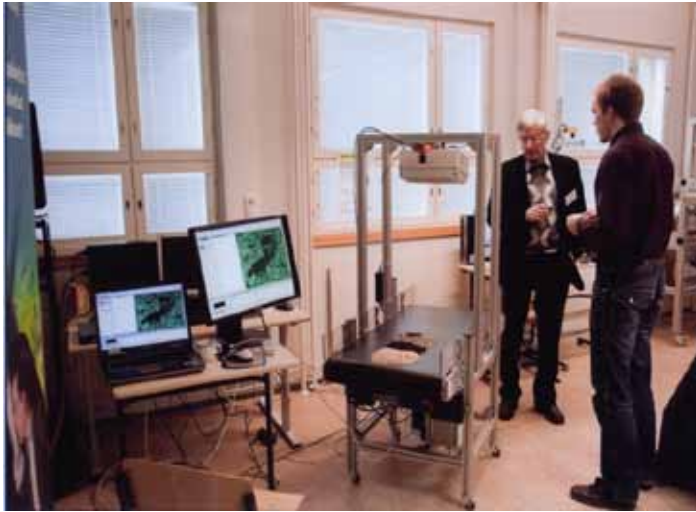
YRITYSDEMONSTRAATIOT /JAMK



Biopolttoainetutkimus: seossuhde ja palakokojakauma



Biopolttoainetutkimus: laitteisto

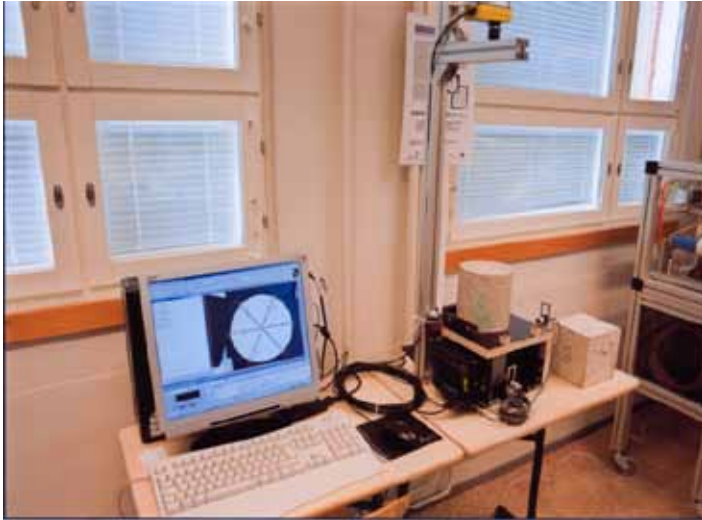


LIIMAPALKIN PUUOSIEN LIIMAPINNAN TARKASTUS

- Cognex viivakamera 2048 pix
- LED-viivavalonlähde



BETONIKAPPALEIDEN MITTAUS



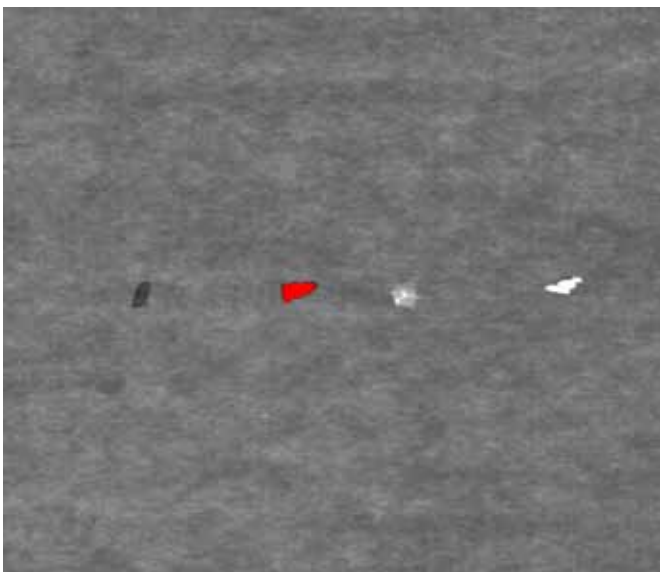
Mittaukset ja tarkkuusvaatimukset

- 0,5 % halkaisijalle
- 0,5 % kuution sivumitoille
- suorakulmaisuus <0,19 astetta
- tehty aiemmin työntömitalla (työlästä)
- myöhemmin rakennettu myös automaattinen liikuttelumekanismi



PAPERIVIKOJEN MITTAUS

Välineet/Ohjelmistot:
Basler Runner harmaasävyviivakamera
Mittausasema: pyörivä 'mylly'



Mittaustapa ja tarkoitus

- paperinäyte kiinnitetään pyörivän akryyliputken ympärille
- paperirainan nopeus 600-2000 m/min
- määritettävä vian laatu: tumma täplä, vaalea täplä, reikä, harmaa täplä, viiru
- virheiden koko MD x CD tarkkuudella 0,1 mm

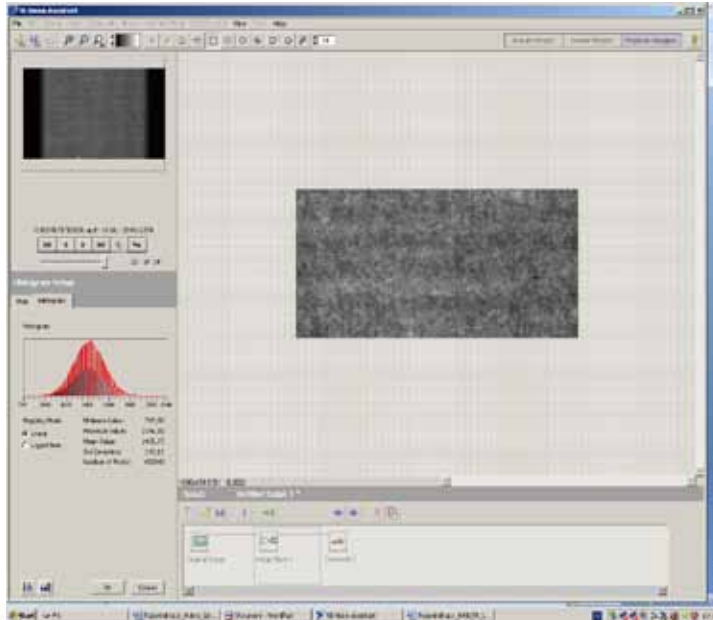


PAPERIN FORMAATION MITTAUS

Välineet/Ohjelmistot:

Basler Runner harmaasävyivakamera

Mittausasema: pyörivä 'mylly'



Mittaustapa ja tarkoitus

- paperinäyte kiinnitetään pyörivän akryyliputken ympärille
- paperirainan nopeus 600-2000 m/min
- formaatioindeksi lasketaan harmaasävyhistogrammista
- formaatioindeksin arvo sanomalehtipaperille 8-10%, offseetipaperille 4-5% ja päällystetyille paperille 2-3%



Case Pintos

Pauli Valo
SAMK



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime
Management

Älykameronsovellus raudoitusverkkojen paikallistamiseen

- Raudoitusverkkojen leikkaussolu, jossa konenäöllä tunnistetaan robotille verkonpoimintapiste
- Tavoitteena nopeampi sekä monipuolisempi toiminta kuin aikaisemmin

Taustaa



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



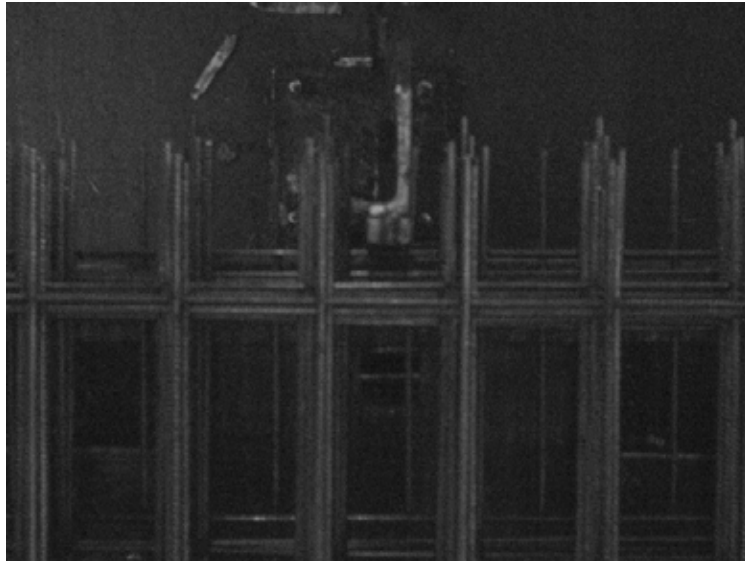
Taustaa



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Haaste



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



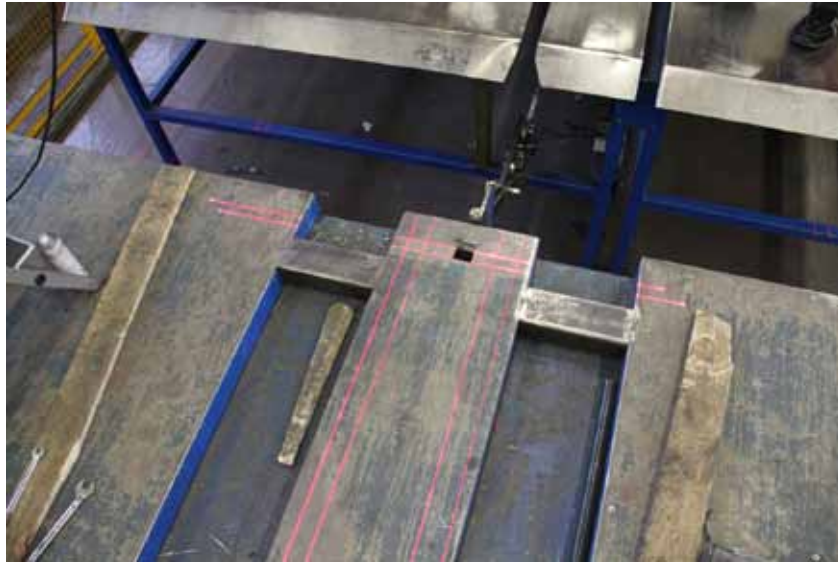
Toimintaperiaate



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



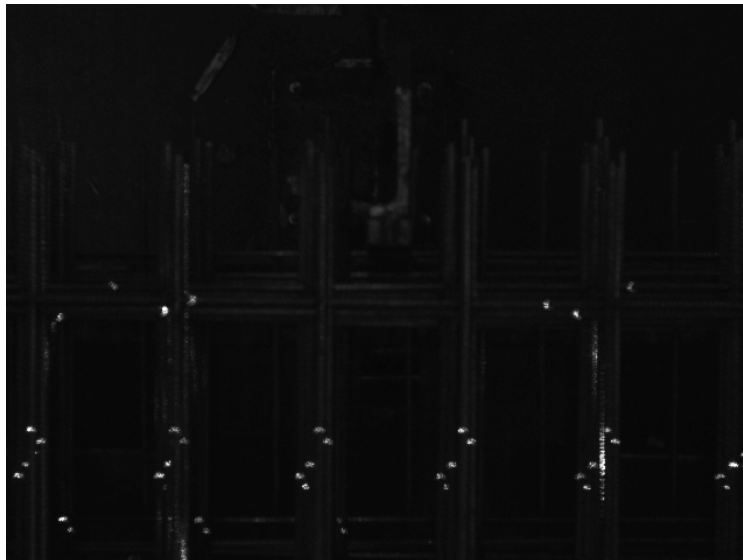
Toimintaperiaate



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



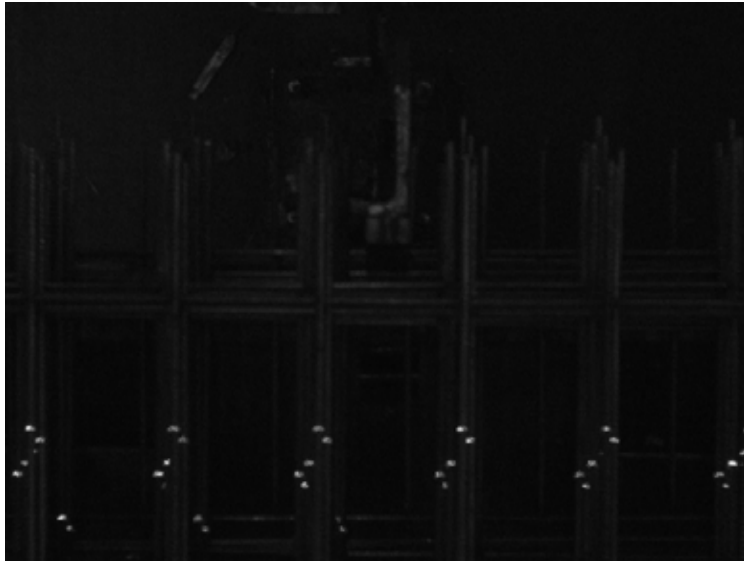
Toimintaperiaate



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Toimintaperiaate



Tunnetut ongelmat ja parannuskohteet

- Ympäristön valaistus lähes hallitsematon
- Laserpisteiden kirkkaudet vaihtelevat riippuen kohdasta johon ne harjateräksessä osuvat
- Lasersäteet heijastuvat ”vääriin” pisteisiin

→ Ympäristön valaistuksen hallinta paremmaksi, laserit kirkkaammiksi ja kehittyneempi algoritmi tunnistamaan virrehavainnot

Harjateräksen ominaisuuksien älykäs mittaaminen

- Harjateräksen eri ominaisuuksien mittaaminen
 - Harjojen korkeudet
 - Harjojen kulma
 - Harjansivujen nousukulmat
 - Harjaetäisyydet
 - Tasaisen sivun leveys
- Hyväksikäytetään sekä taustavalaistua siluettikuvausta että ylävalaistua kuvaa



Kameratekniset ratkaisut

- 10MPix konenäkökamera
- Telesentrinen linssi
- Halcon-ohjelmisto
- Taustavalo sekä kaksi sivuvaloa
- Harjateräksen liikuttelu haluttuun asentoon kahdella askelmoottorilla

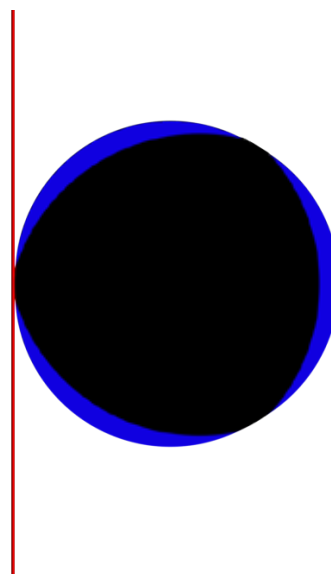
Siluettikuvaus

- Siluetista saadaan selvitettyä harjateräksen ulkoreunat ja tästä mitattua harjakorkeudet, harjaetäisyydet ja harjansivujen nousukulmat
- Rautaa ”heiluttamalla” saadaan selvitettyä myös harjojen kulma



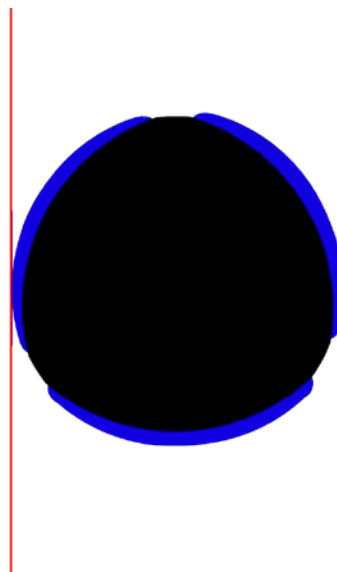
Siluettikuvauksen rajoitus

- Teoreettisen harjateräksen mittauksessa ei ongelmia



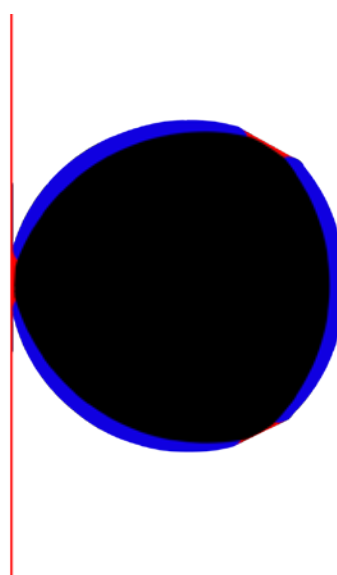
Siluettikuvauksen rajoitus

- Harjojen keskikohtissa ja harjanpohjissa ei ongelmaa



Siluettikuvauksen rajoitus

- Harjojen välinen alue hämärtyy siluettikuvassa
- Reuna tasoittuu kuvassa, mutta tarkkaa kohtaa jossa harja loppuu on mahdoton sanoa



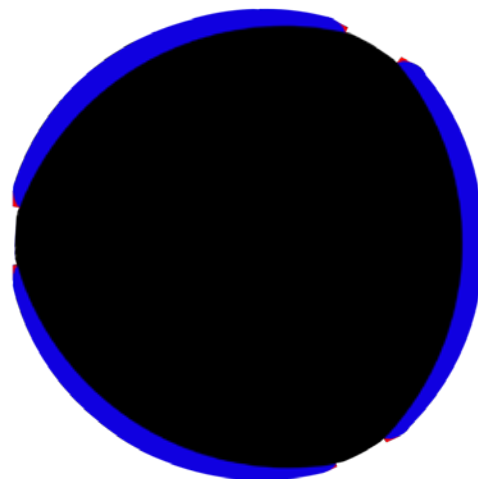
Siluettikuvauksen rajoitus

- Sivuvalaistuksella tunnistetaan tarkka kohta mihin harjat loppuvat



Siluettikuvauksen rajoitus

- Lopullinen virhe erittäin pieni
- Lopputulos tarkempi kuin tämänhetken standardimittaustavalla



Harjateräksen ominaisuuksien älykäs mittaaminen

- Täysin automaattinen kun mittauskappale on kiinnitetty
- Mittaa yhden harjankohdan sijaan monta vierekkäistä harjaa samanaikaisesti
- Huomattavasti enemmän mittauspisteitä kuin nykyisillä menetelmillä

Case Puustelli

Joonas Kortelainen
SAMK



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime
Management

Konenäköohjattu keittiökalustelevyjen käsittely robotilla

- [Pilotilla](#) demonstroitiin robotilla tapahtuvaa keittiökalustelevyjen konenäköohjattua käsittelyä
- Järjestelmään kuului:
 - 2 älykameraa (5 Mpix ja 2 Mpix)
 - ABB:n yleisrobotti IRB-1400
 - Laserviivalla ja askelmoottorilla toteutettu muuttuva rakenteellinen valaisu

Haasteita ja oivalluksia

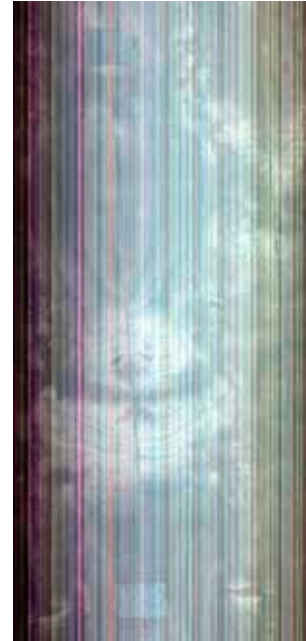
- Vanhan robotin puutteet:
 - Tietoliikenneyhteyksien vajaa toimivuus (lisenssien vanhentuneet)
 - Pystyi käsittelemään vain <5 kg:n painoisia kappaleita
- Robotin ja konenäköjärjestelmän välinen tiedonsiirto toteutettiin I/O-väylien kautta ryhmän omatekemällä ohjauselektronikalla
- Kahden älykameran yhteistoiminta mahdollisti kappaleiden katsomisen eri suunnista

Konenäköön perustuvan puuviilujen laaduntarkkailun haasteet

- Tavoitteena oli tutkia konenäön käyttömahdollisuutta puuviilujen laadutuksessa
- Tutkimus toteutettiin kuvaamalla viilut:
 - Lähi-infrapunaspektraalikameralla
 - Älykameralla (5 Mpix)
 - Lähi-infrapunakameralla
 - Viivakameralla

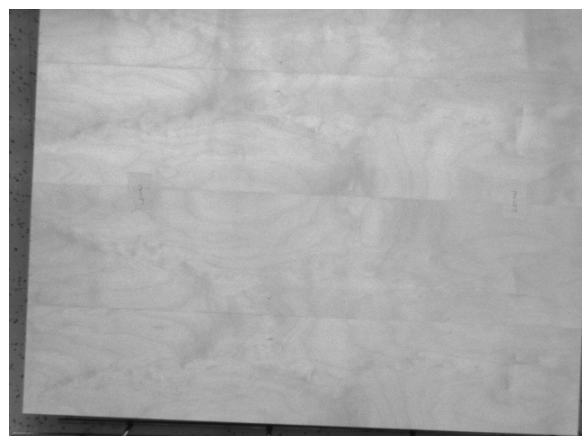
Lähi-infrapuna-spektraalikuvaus

- Lähi-infrapunaspektraalikuvauksella haetaan aineiden välisiä eroavaisuuksia
- Viiluissa virheet ja virheettömät alueet eivät välttämättä ole eri ainetta
- Spektraalikameroiden resoluutiot ovat vielä hyvin pieniä
 - Spektraalikuvaus ei sovellu viilujen virheiden tarkasteluun



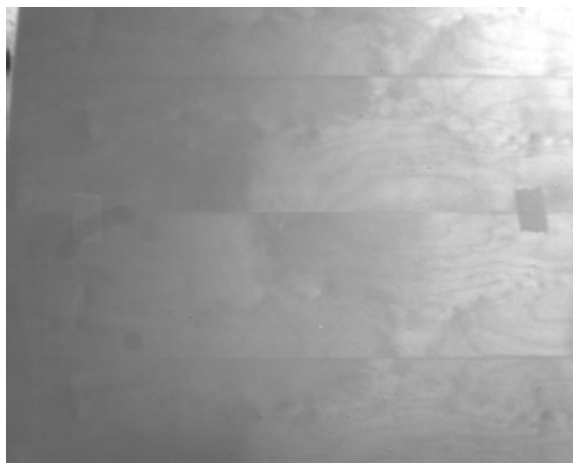
Älykamerakuvaus

- Markkinoiden parhaalla, Cognexin 5 Mpix:n älykameralla, resoluutio riittäisi, jos viilu kuvattaisiin kahdessa osassa
- Ohjelmistopuolella työkalut eivät ole riittävät näin tarkkaan laaduttamiseen



Lähi-infrapunakuvaus

- Resoluution riittämättömyys tässäkin ensimmäinen ongelma
- Lähi-infrapuna-aallonpituusalue ei anna mitään lisäarvoa harmaasävykuvaan verrattuna



Viivakamerakuvaus

- Viivakameralla kuvattaessa tulokset ovat lupaavia
- Viivakameran resoluutio riittävä
- Viivakameralla kuvaaminen vaatii järjestelmän jossa kameraa liikutetaan ”skannaus”-mielessä viilujen yli
- Kuvien analysointi viivakamerallakin on haasteellista
 - Ainoa todellinen vaihtoehto on väriviivakamera yhdistettynä joko HALCON- tai MATLAB-analysointiin tai tällaista laaduttamista varten rakennettuun algoritmiin

Haasteita ja oivalluksia

- Tehtaalle tulevat viilut ovat isoja (2 x 3 m)
→ Käytössämme olevien kameroiden resoluutiot eivät riitä viilujen tarkastamiseen
- Kuvauksien ja teoreettisten tarkasteluiden päätelmänä voidaan todeta, että viilujen laaduntarkastus on mahdollinen konenäöllä

Hiekkakeernan valmistuksen optimointia lämpökuvauksen avulla – Case Oras

Jukka Huhtanen
SAMK



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management

Tausta

- Oras Oy valmistaa hanoja joiden valussa tärkeä osa on keerna
- Jokaista hanaa varten valmistetaan oma keerna
- Keerna on hanan sisäosan valumuotti, jolla hana saadaan ontoksi
- Keernat valmistetaan hotbox-menetelmällä, jossa hiekkaseos ammutaan lämmitettyyn keernalaatikkoon
- Keerna kuivatetaan laatikossa, johon johdetaan lämpöä sivuilla olevien lämpölevyjen ja alla olevan keernatuen kautta

Pilottitutkimuksen tavoitteet

- Tutkia keernan lämpötilajakaumaa pitkäaaltoisella infrapunalla, eli lämpökuvauksella
→ selvittää prosessin optimointimahdollisuuksia



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Kuvausjärjestely

- Kuvattiin eri suunnista
 - Keernalaatikkoa
 - Keernaa
 - Lämmityslevyjä
 - Keskilämmitystä

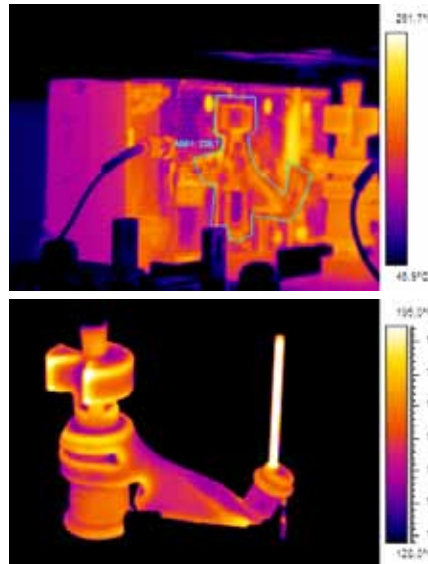


Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Tutkimuksen eteneminen

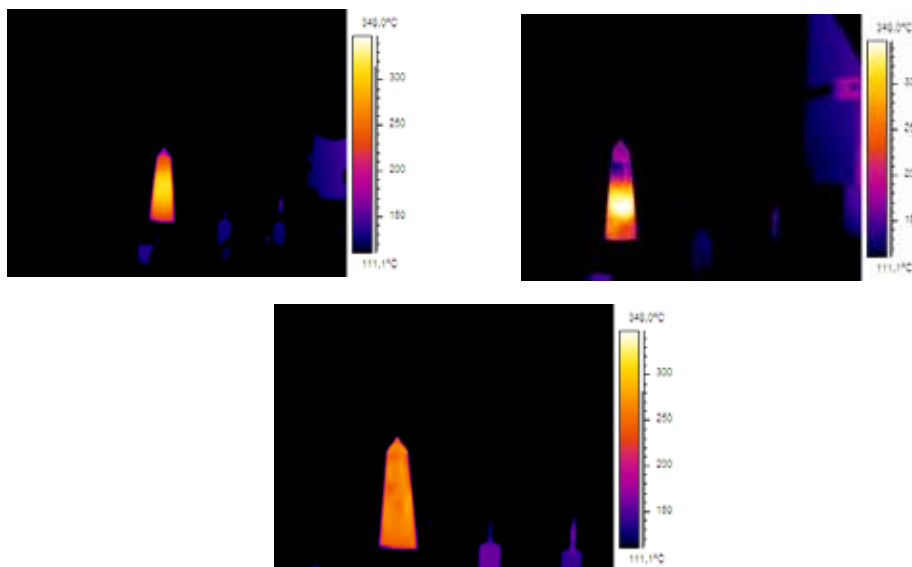
- Järjestettiin useita kuvauskertoja
- Kuvausten perusteella tehtiin järjestelmään muutoksia, joiden katsottiin olevan eduksi
- Seuraavilla kerroilla tutkittiin tehtyjen muutosten vaikutuksia lämmön johtumiseen ja keernan kuivumiseen



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Tutkimuksen eteneminen



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Haasteita ja oivalluksia

- Metallien lämpökuvauksissa heijastukset hankaloittavat analysointia
- Kiiltävien pintojen heijastuksia pyrittiin vähentämään käsittelemällä laatikon pinnat grafiittipastalla

Jatkossa

- Keskitytään laatikon eristystoimenpiteisiin ja niiden mukanaan tuomien muutosten tunnistamiseen sekä sitä kautta lämmitysajan optimointiin
- Kumppanuussopimuksenkin puitteissa jatketaan vastaavanlaisia tutkimuksia

Hitsaussauman reaaliaikaista laaduntarkkailua lämpökameralla – Case Hollming Works

Jukka Huhtanen
SAMK



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management

Tausta

- Tarkoituksena oli tutkia eri hitsaustekniikoiden lämpökuvausta ja mahdollisten virheiden paikantamista kameratekniikan avulla
- Käytettyjä hitsaustekniikoita oli kolme: MIG, TIG ja synerginen pulssitettu MAG
- Testikuvaukset suoritettiin Satakunnan ammattikorkeakoulun tiloissa

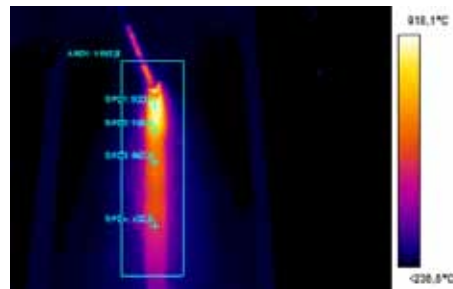
Konenäköjärjestelmä

- Kuvauslaitteistona oli FLIR ThermoCAM SC3000 (8-9 μ m, tarkkuus 0,02 astetta)
- Kuvankaappauksessa ja kuvien analysoinnissa käytettiin ThermoCAM Researcher 2.8 Pro -ohjelmistoa



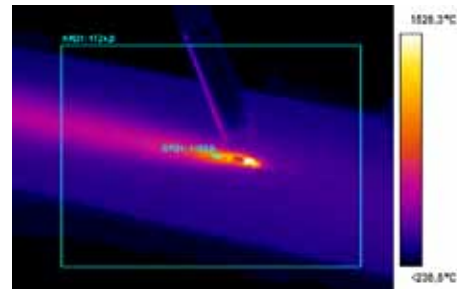
MIG -hitsaus

- Laitteistona Mig C3000i ESAB
- Lanka: Umpilanka 1mm ELGAMAT 100 ESAB



Synerginen pulssitettu MAG-hitsaus

- Laitteistona KEMPPI MX Synergic
- Lanka: 1,2mm metallitäytelanka
- Maksimilämpötila yli 1700 astetta
- Jäähtyminen näkyy selvästi kuvassa. Kuvan jokaisen pikselin lämpötila tiedetään

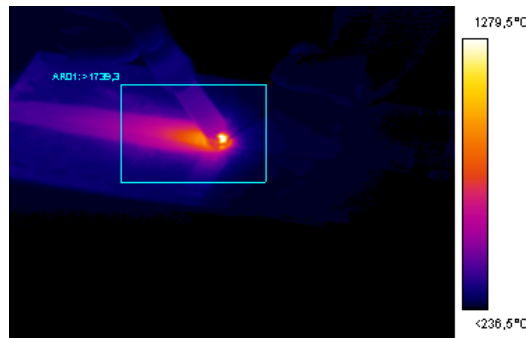


Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



TIG-hitsaus

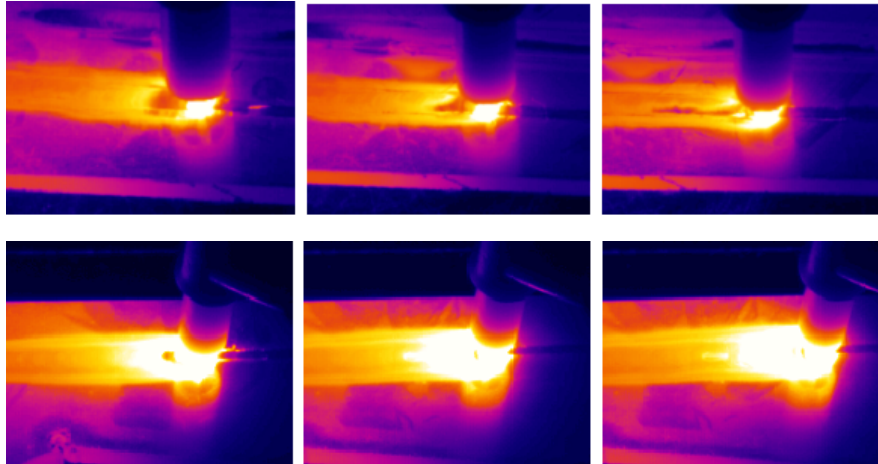
- Laitteisto: KEMPPI Mastertig ACDC 2500 Pulse
- Lanka käsin syötettynä
- Kuumin lämpötila ja lämmön leviäminen metallissa saatiin hyvin esille lämpökameralla



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



TIG-hitsaus



Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management



Haasteita ja oivalluksia

- Testikuvauksissa haasteena oli saada virheitä hitsattavaan saumaan
- Hitsattaessa pitkiä saumoja kameraa täytyy liikuttaa
- Kuvaaminen tehdasolosuhteissa

Satakunnan ammattikorkeakoulu | Tekniikka ja merenkulku
Satakunta University of Applied Sciences | Faculty of Technology and Maritime Management





Pro Machine Vision

KONENÄÖN SOVELTAMINEN RFID-TAGIEN LAADUNVALVONNASSA

Case UPM RFID Oy



UPM RFID Oy

- Maailman johtava korkeataajuuksisten etätunnisteiden (RFID) valmistaja
- Toimipaikat Suomessa, USA:ssa ja Kiinassa

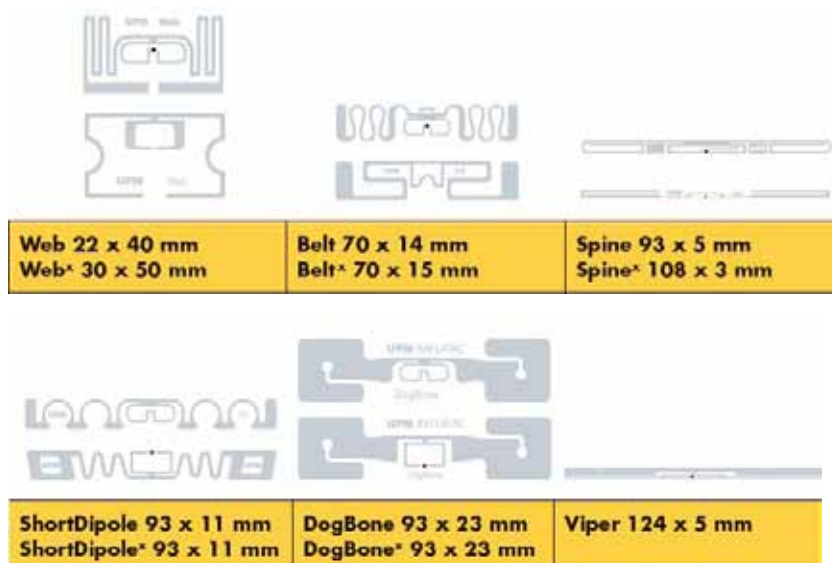


UPM RFID Oy

- RFID (Radio Frequency IDentification) on menetelmä tiedon etälukuun ja -tallentamiseen käyttäen RFID-tunnisteita, eli tageja
- RFID-tunniste on pieni laite, joka voidaan sisällyttää tuotteeseen valmistusvaiheessa tai liimata jälkikäteen tarralla



UPM RFID-tagi esimerkkejä



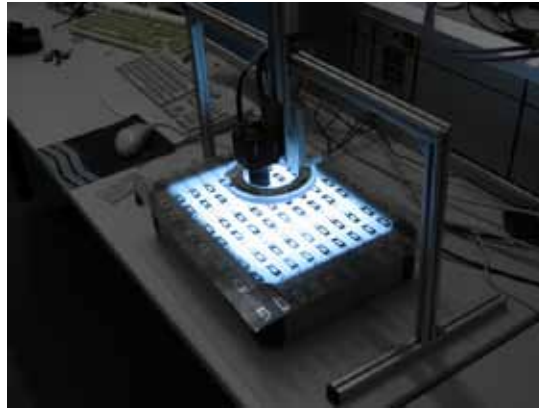
Toimeksianto

- Mahdollisten poikkeamien esiintyminen sirujen pinnassa
- Sirun paikoitustarkkuus padialueella
- Pastan paikoituksen ja määrän tarkkailu
- Padialueen mittojen vaihtelun tarkastelu



Konenäköjärjestelmä

- Haasteena tagin padialueen pieni koko ja käytetyt materiaalit



Konenäkö - optiikka



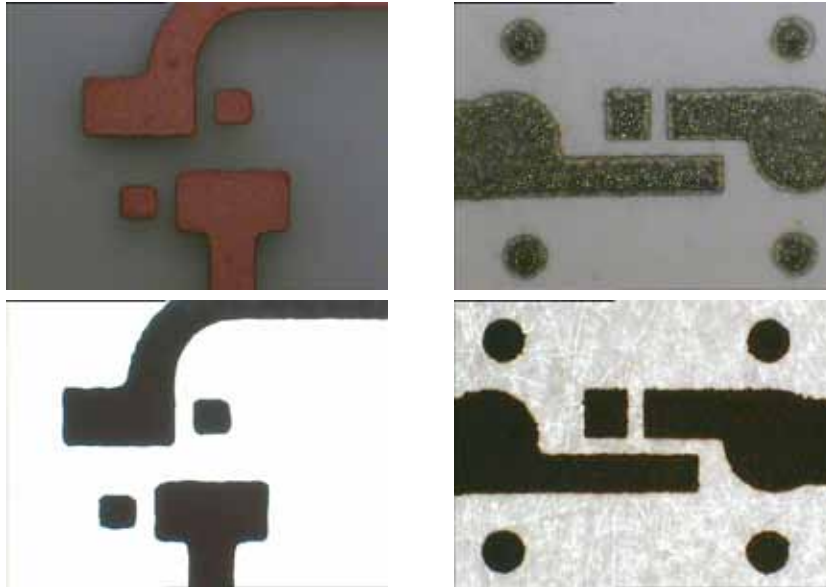
3,5 mm

5,0 mm

- Mittaustarkkuus n. 5 um



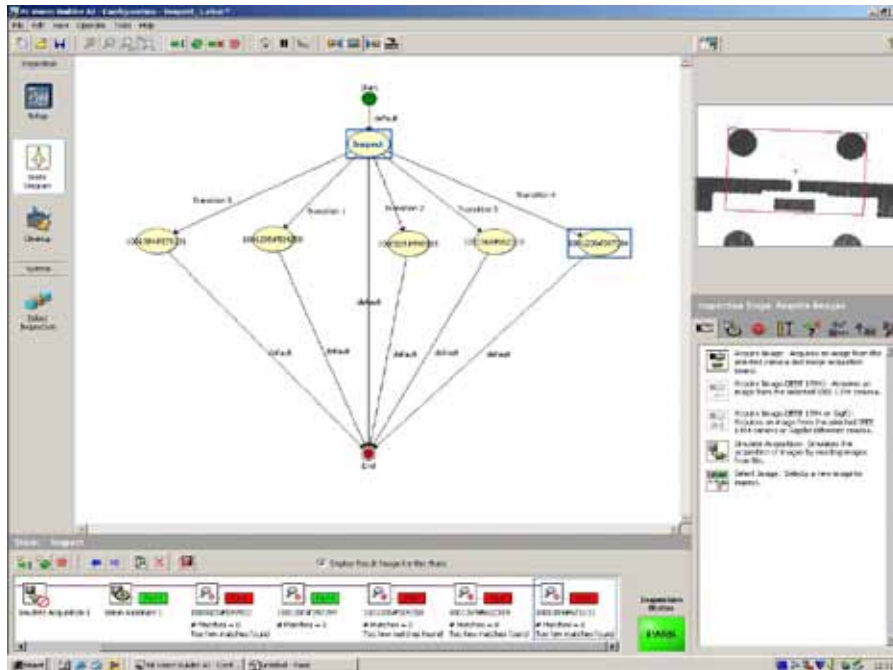
Konenäkö - valaistus



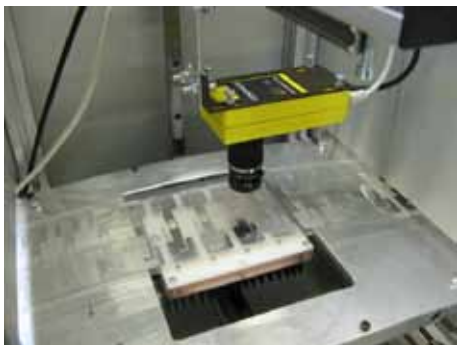
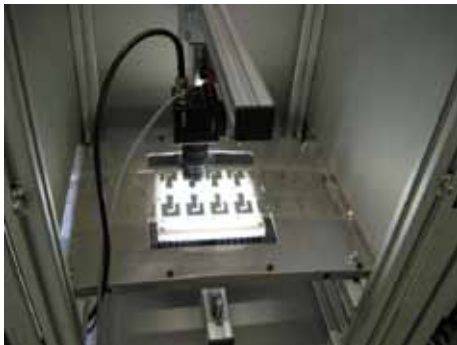
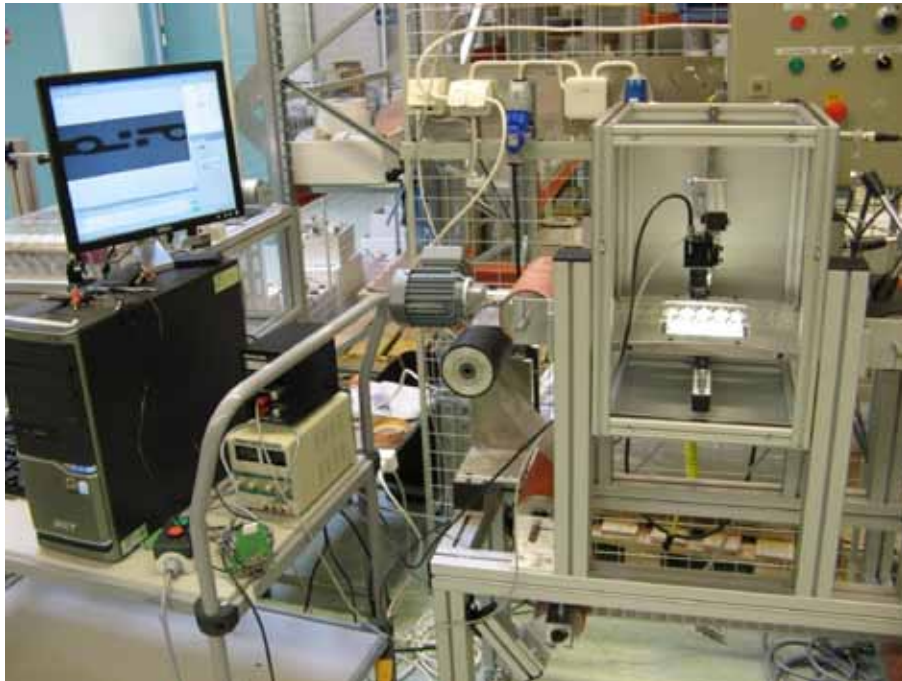
Konenäkö - sovellus

- 5 eri RFID-tagia
- Tunnistaa mikä tagi on kohteena ja tekee kyseiselle tagille määritellyt mittaukset ja tarkistukset
- Tallentaa mittausdatan .txt tai .csv tiedostoon





1	State Name				Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect
2	Step Name				Match Pattern	Match Pattern 1	CD	MD_1	MD_2	Detect Defects 1
3	Result Name				Step Status	# Matches	Distance (Calibrated)	Distance (Calibrated)	Distance (Calibrated)	Percent Defect
4	Units						mm	mm	mm	
5	Iteration	Date	Time	Status						
6		12.2.2010	09:33,4	Pass	Pass	1	0,1706	0,17692	0,17912	4,09572
7		12.2.2010	09:34,7	Pass	Pass	1	0,1706	0,17692	0,17912	4,09572
8		12.2.2010	09:35,9	Pass	Pass	1	0,1706	0,1706	0,17912	4,0497
9		12.2.2010	09:36,5	Pass	Pass	1	0,1706	0,1706	0,17912	4,93941
10		12.2.2010	09:38,0	Pass	Pass	1	0,1706	0,17692	0,17912	4,73999
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										





Pro Machine Vision

BETONITUOTTEIDEN MITTAUKSET KONENÄÖLLÄ

Case HB-Betoniteollisuus Oy



TYÖN ESITTELY

- Toimeksiantajana HB-Betoniteollisuus Oy
- Konenäköön perustuva automaattinen mittaus käyttäen apuna viivalaseria
- Tarkoituksena mitata tuotantolinjalla kulkevien betoni- ja kevytsorakappaleiden korkeutta



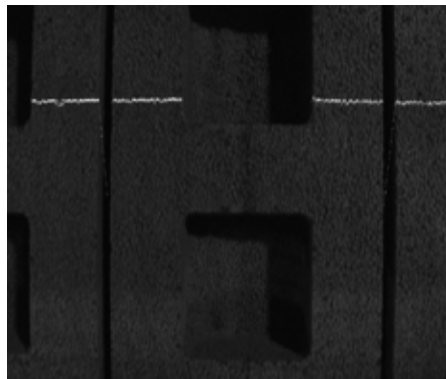
JÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

- Mittaustarkkuus $\pm 1,5$ mm
- Mittauksen toimivuus erimuotoisille, –korkuisille ja –värisille kappaleille
- Helppo ja yksinkertainen käyttöliittymä
- Mahdollisimman vähän häiriötä normaalille tuotannolle
- Laitteisto, joka kestää tehdasolosuhteet

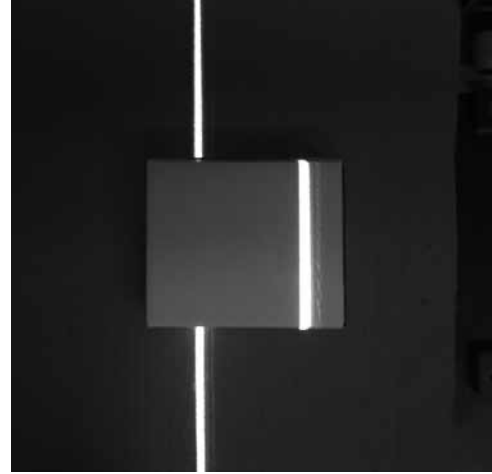
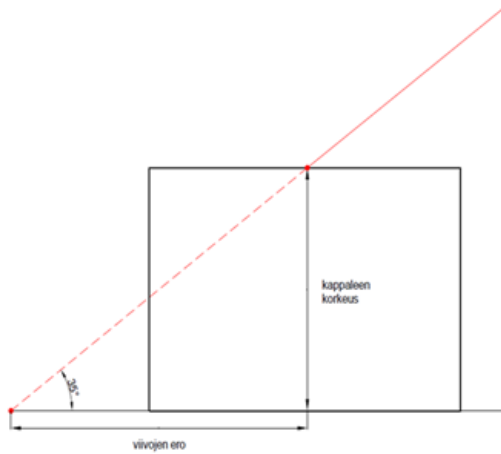


HAASTEET

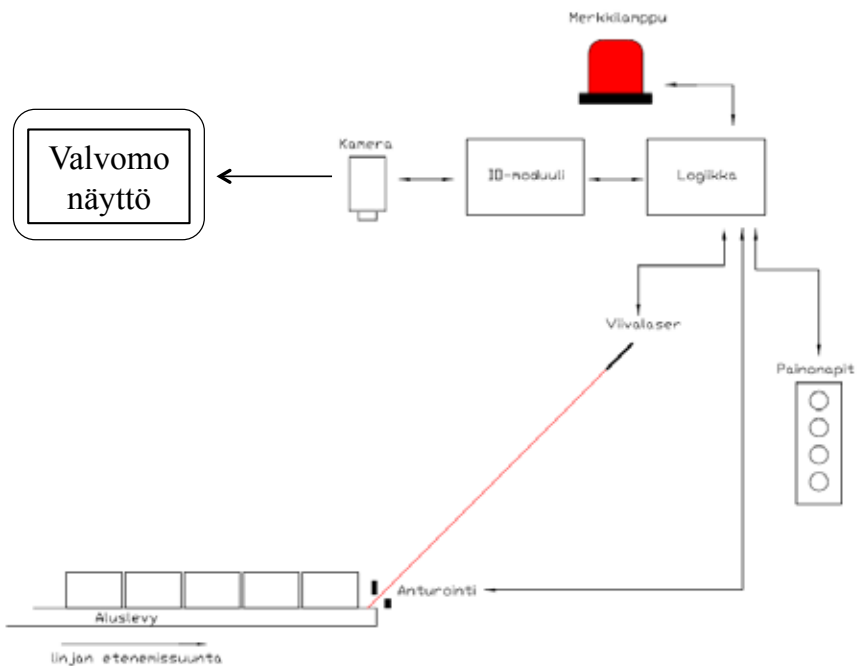
- Laaja tuotevalikoima (yli sata erilaista variaatiota)
- Tuotantolaitteista johtuva värinä
- Joidenkin tuotteiden epätasainen mittauspinta



MITTAUSPERIAATE



JÄRJESTELMÄN RAKENNE



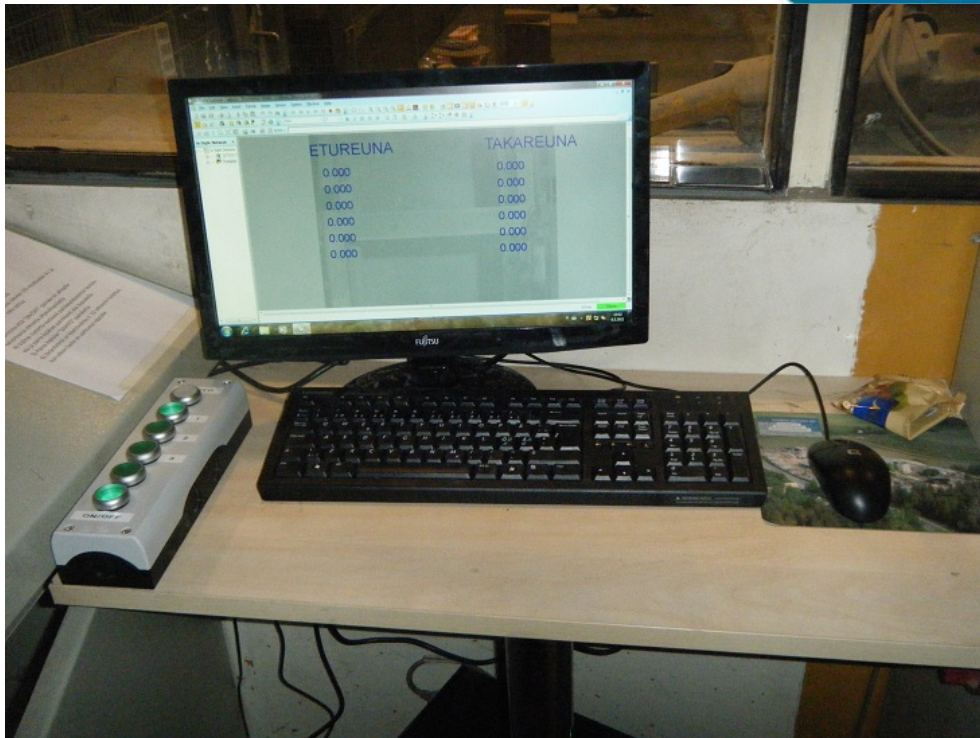
TUOTANTOLINJA



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



PAKKAUSLINJA



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES





TULOKSET

- Luotettava ja tarkka mittaus
- Järjestelmän mittaustarkkuus ± 1 mm
- Jatkokehitysmahdollisuudet





Pro Machine Vision

VETOKETJUTUOTTEIDEN TARKASTUS

Case Salmi Oy



TYÖN ESITTELY

- Toimeksiantajana Salmi Oy
- Tavoitteena selvittää konenäön tuomia mahdollisuuksia vetoketjujen lukko- ja vedinosien virheiden tunnistamisessa
- Pilot-laitteiston suunnittelu ja rakentaminen



HAASTEET

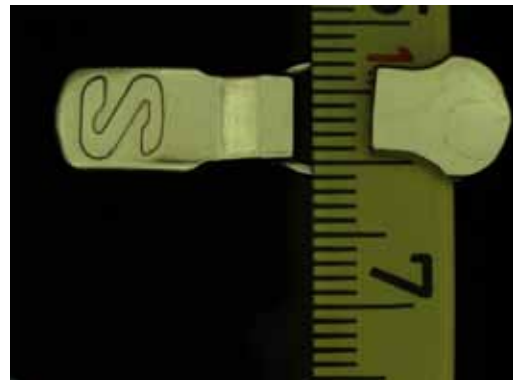
- Kuvattava kohde kiiltävä, sekä muodoltaan haastava
- Monet vioista erittäin pieniä ja vaikeita havaita
- Sopivan kuljetinratkaisun löytäminen



TYYPILLISET VIRHEET



Värivirhe



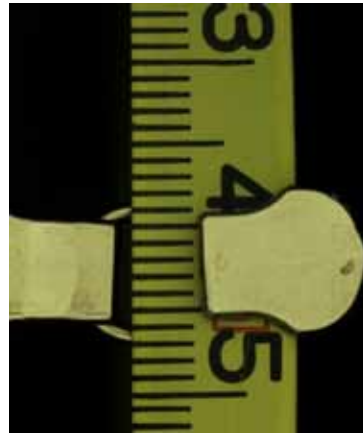
Naarmut



TYYPILLISET VIRHEET



Kohouma



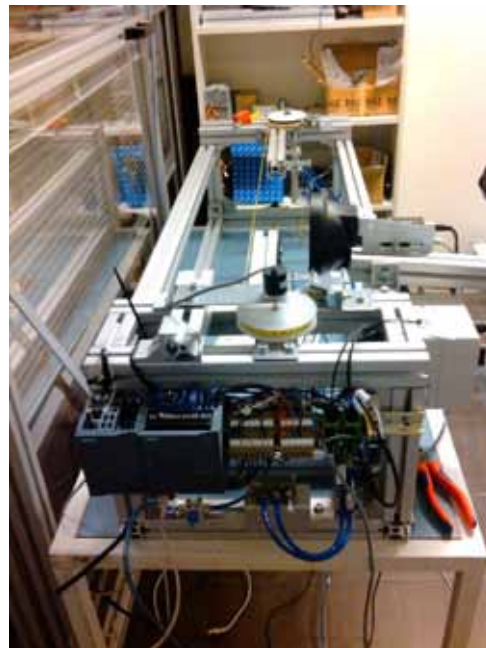
Kuoppa



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

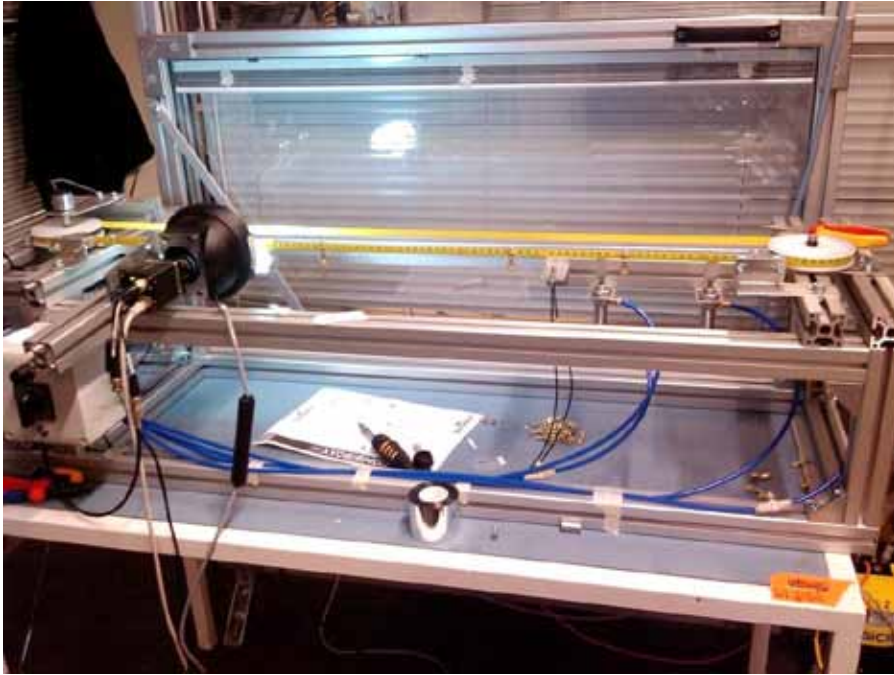
PILOT-LAITTEISTO

- Imperx värikamera
- Advanced Illumination dome-valonlähde
- NI Vision Assistant ja LabVIEW
- Siemens S7-1200 ohjelmoitava logiikka



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

PILOT-LAITTEISTO



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TULOKSET

- Konenäkö mahdollistaa vetoketjun lukkojen automaattisen tarkastuksen
- Mittaukset luotettavia tällä hetkellä ainoastaan yhdelle lukkotyypille
- Tarkoituksena jatkaa kehitystyötä



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULL
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

LUETTELO PROJEKTISTA JULKAISTUISTA ARTIKKELEISTA JA INTERNET-SIVUISTA

Lehtiartikkelit

- Vihervirta J. 2009. Konenäön ratkaisumalleja eri aallonpituusalueille. Machine Vision News 2009, 7. Viitattu 15.2.2012. http://www.automatioseura.fi/index/tiedostot/MVN09_SAS.pdf
- Konenäkö katsoo väsymättä. 2010. Satakunnan yrittäjä. 4/2010, 14.
- Luettavissa Internet-sivulla: <http://www.digipaper.fi/satakunnanyrittaja/43968/index.php?pgnumb=14>
- Leino, M. & Vihervirta J. 2011. Monipuolisia konenäkösovelluksia alueellisen elinkeinoelämän hyödyksi. UAS Journal 1/2011. Viitattu 2.3.2012. <http://www.uasjournal.fi/index.php/uasj/article/viewFile/1299/1212>
- Forma E-L. 2011. Konenäkö kertoo, mitä silmät eivät näe. Agora - Satakunnan ammattikorkeakoulun osaamisuutiset. 1/2011, 12-13.
- Forma E-L. 2011. Machine Vision Applications Invisible to the Eye. Agora - Satakunnan ammattikorkeakoulun osaamisuutiset. 1/2011, 13.
- Kaksi edellistä luettavissa Internet-sivulla: http://issuu.com/satakunnan_ammattikorkeakoulu/docs/agora_01_2011_01_31_nettiin/14
- Kuhna Matti. 2011. Konenäön edut huomattu Satakunnassa. Satakunnan kansa. 28.11.2011.
- Setänen E. 2011. Tekniikkaa yrityksiin, työkokemusta opiskelijoille. Länsi-Suomi. 26.11.2011, 5.
- Konenäkö valvoo yrityksissä. 2011. Keski-suomalainen. 4.12.2011.
- Vallin E-L. 2012. Pintos paransi tuotantoaan SAMKin konenäkösovelluksen avulla. Agora - Satakunnan ammattikorkeakoulun osaamisuutiset. 1/2012, 11-13.
- Pintos Improved its Production with Machine Vision Application. 2012. Agora - Satakunnan ammattikorkeakoulun osaamisuutiset. 1/2012, 13.
- Kaksi edellistä luettavissa Internet-sivulla: http://issuu.com/satakunnan_ammattikorkeakoulu/docs/agora_1_2012/1

Projektissa julkaistut Internet-sivut

- www.samk.fi/konenako
- www.jamk.fi/promachinevision

Projektissa tehdyt videot YouTube-sivustolla

- 3D-kuvaus suomeksi: <http://www.youtube.com/watch?v=nX-A3UoSfOU>
- Lähi-infrapunaspektraalikuvaus suomeksi: <http://www.youtube.com/watch?v=5lCRXFM1x98&feature=related>
- 3D-kuvaus englanniksi: <http://www.youtube.com/watch?v=7hxwWPnIEGw&feature=related>
- Lähi-infrapunaspektraalikuvaus englanniksi: <http://www.youtube.com/watch?v=F1gvFLEj3Mc&feature=related>
- Ym. videoihin löytyy linkit myös SAMKin Internet-sivuilta www.samk.fi/konenako.
- Puustellille tehty demonstraatio kalustelevyjien konenäköohjatuista robottikäsittelyistä <http://www.youtube.com/watch?v=NIMe4vIbPhM>