



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jani Pentinmäki & Joel Kujanpää

3D-POIMINTAPROJEKTI

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijät:	Jani Pentinmäki & Joel Kujanpää
Opinnäytetyön nimi	3D-poimintaprojekti
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	55+2
Ohjaaja	Mika Billing

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä tutkielma-aiheinen työ konenäöstä sekä koulun laboratorioon hankittavasta 3D-konenäköjärjestelmästä, joka kommunikoi ja työskentelee teollisuusrobotin kanssa. Tavoitteena myös tehdä suunnitelma 3D-poimintasovelluksesta, jossa robotti poimii ämpäristä palloja kameran tuottaman tiedon avulla. Projektin edetessä kohtasimme kuitenkin ongelmia: 3D-anturin tuottamaa metadataa on haastava tulkita ilman laajempaa IT-osaamista. Työ ja suunnitteluvaihe toteutettiin Vaasan ammattikorkeakoulun Technobothnian tiloissa, ja siellä saimme käyttöömmme kaiken tarvittavan projektin toteuttamiseksi. Työssämme jouduimme perehtymään tarkasti koululta saamaamme SICK Visionary-T AG 3D-anturiin, jonka avulla poimintaprojekti oli tarkoitus luoda.

Työssämme jouduimme perehtymään monenlaisiin asioihin, joista ei ollut aiempaa osaamista, kuten esimerkiksi ohjelmointiin ja ohjelmistoihin, joita käytimme työssä. Työssä oleellisia ohjelmistoja ovat Sopas, Putty sekä Python.

Työssämme on kerrottu tarvittavat jatkotoimenpiteet kyseisen poimintaprojektin toteuttamiseksi seuraaville opiskelijoille. Työmme voisi soveltua paremmin IT-puolen opiskelijoille. Työn tuloksena saimme myös kattavat pikakäyttöohjeet anturille, sekä ehdotuksen vaihtoehtoisesta konenäköjärjestelmä kyseessä olevan projektin luomiseksi koulun laboratorioon.

ABSTRACT

Author	Jani Pentinmäki, Joel Kujanpää
Title	3D Picking Project
Year	2018
Language	Finnish
Pages	55+2
Name of Supervisor	Mika Billing

The aim of this thesis was to study machine vision and study the 3D machine vision system which has been acquired for the Technobothnia laboratories at VAMK, University of Applied Science. The system communicates and works with an industrial robot. The aim was also to make a plan for a 3D picking project, where the robot picks top-most ball from the bucket by using the information what the 3D sensor produces. However, as the project proceeded, some problems were encountered: the 3D sensor produces continuous metadata of the subject to be captured, which is very challenging to interpret without better IT skills. The work itself and the design phase were carried out at Technobothnia, where all the necessary equipment was available for the project. In the thesis, it was necessary to get acquainted with the operation and use of SICK Visionary-T AG.

During the project, it was necessary to get acquainted with the operation and use of SICK Visionary-T AG but also with a variety of things concerning machine vision and automation, such as programming and software used in this project. The software that is relevant to this project are Putty, Python and SOPAS.

The thesis produced all necessary further operations to implement this kind of picking project for students, who could be information technology students. As a result of this project we have created instructions for the sensor, as well as an alternative machine vision system proposal for the picking project created in the school laboratory.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	KONENÄKÖ	10
3	KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE JA OSAT	11
3.1	Kuvan muodostus.....	12
3.1.1	Kamera	12
3.1.2	CCD-kenno	12
3.1.3	CMOS-kenno	13
3.1.4	Optiikka.....	14
3.1.5	Valaistus.....	15
3.1.6	Suora valaistus	16
3.1.7	Epäsuora valaistus.....	16
3.1.8	Taustavalo	16
3.1.9	Salamavalo	16
3.2	Kuvankaappaus	16
3.3	Kuvan käsittely	18
3.3.1	Suodatus	18
3.3.2	Segmentointi	19
3.3.3	Tunnistus	19
3.4	Ohjausjärjestelmä.....	20
3.5	Käyttöliittymä	20
3.6	3D-konenäkö	20
3.7	Konenäön historiaa ja käyttökohteet.....	21
3.8	Konenäön hyödyt	21
4	TEOLLISUUSROBOTTI.....	23
4.1	Historia ja käyttökohteet	24
4.2	Rakenne ja osat	26
5	3D-POIMINTA	29

5.1	Ympäristö.....	29
6	SICK VISIONARY-T AG	31
6.1.1	Kameran kytkentä	32
6.1.2	Sopas-sovelluksen asennus ja kameran yhdistäminen	35
6.1.3	Visionary-T AG -konfigurointi	38
6.1.4	Kameran tuottaman datan kerääminen.....	43
7	ABB IRB 1200-5/0.9, ROBOTTI JA JÄRJESTELMÄ	45
7.1	Imukuppi.....	48
7.2	Ohjelmistot.....	49
7.2.1	Putty	49
7.2.2	Matlab	49
7.2.3	Python	50
8	VAIHTOEHTOINEN KAMERAJÄRJESTELMÄ	51
9	PÄÄTELMÄT	53
	LÄHTEET	54

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Esimerkki konenäköjärjestelmästä /5/	10
Kuva 2. Konenäköjärjestelmän osat	11
Kuva 3. CCD-kenno /23/	12
Kuva 4. CMOS-kennon toimintaperiaate /22/	13
Kuva 5. CMOS-kenno /23/	14
Kuva 6. Kameran optiikka /4/	15
Kuva 7. Digitaalisen videosignaalin kaappaus muistiin /4/	17
Kuva 8. Analogisen videosignaalin kaappaaminen muistiin /4/	18
Kuva 9. ABB:n 6-akselinen teollisuusrobotti /12/	23
Kuva 10. Nokia NS-16-robotti /9/	25
Kuva 11. Nokia NS-15-robotti /9/	25
Kuva 12. Teollisuusrobotin järjestelmän osat /10/	26
Kuva 13. Nivelvarsirobotin kinemaattinen ketju /10/	27
Kuva 14. Yläkäsivarsi ja rannerakenne /10/	27
Kuva 15. Robotin käyttämä koordinaatisto /10/	28
Kuva 16. Kameran datan analysointia työtilassa	30
Kuva 17. Robotin ja anturin työskentely-ympäristö.	30
Kuva 18. Visionary T-AG /11/	31
Kuva 19. Tekniset tiedot /11/	32
Kuva 20. Anturi ja teline.	33
Kuva 21. Johtimet riviliittimessä	34
Kuva 22. Status-ledit /18/	35
Kuva 23. IP-osoitteen vaihto /18/	36
Kuva 24. Ajurien asennus /18/	37
Kuva 25. Anturi offline-tilassa /18/	37
Kuva 26. Anturi online-tilassa /18/	37
Kuva 27. Sisäänkirjautuminen /20/	38
Kuva 28. 2D- ja 3D-näkymä /20/	39
Kuva 29. Kuvan visualisointitavat /20/	39
Kuva 30. Väriskaalojen optimointia /20/	41
Kuva 31. Väriskaalojen optimointia etäisyysarvonäkymässä /20/	41

Kuva 32. Etäisyys- ja -asentoasetukset /20/.....	42
Kuva 33. Socket-yhteyden luominen /21/.....	44
Kuva 34. IRB 1200 -teollisuusrobotti /12/.....	45
Kuva 35. IRB 1200 -teollisuusrobotin yleistiedot /12/.....	46
Kuva 36. IRB-robotin liitäntäpisteet /12/.....	46
Kuva 37. IRB-robotin toiminta-alue /12/.....	47
Kuva 38. ABB Flexpendant /10/.....	47
Kuva 39. Imukuppitarttuja /13/.....	48
Kuva 40. 3D-ScanninRuler konenäköanturi /17/.....	52

LIITELUETTELO**LIITE 1. Opinnäytetyöpassi**

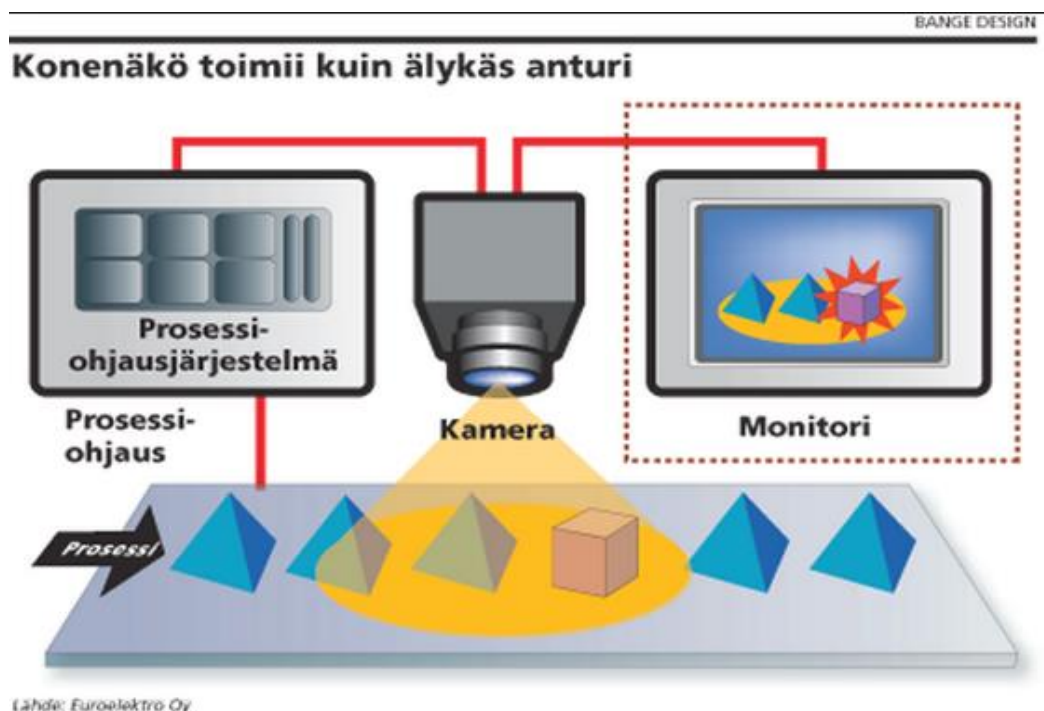
1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Vaasan ammattikorkeakoulun laboratoriossa, joka sijaitsee Technobothnian tiloissa. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikanalan opiskelijoiden opetuskäyttöön soveltuva robotisolu, jolla pyritään tuomaan enemmän esille konenäön opetusta monipuolisessa robotiikan oppimisympäristössä.

Kameran tuottaman tiedon perusteella robotti ohjelmoidaan poimimaan päällimmäinen pallo ämpäristä ja siirtämään pallo viereiseen ämpäriin. Poiminnassa käytettiin hyödyksi konenäön ominaisuuksia. Robotti poimii pallon kameran tuottamien laskelmien ja koordinaattien perusteella. Robotin tartuntamenetelmäksi valittiin alipaine ja imukuppi.

2 KONENÄKÖ

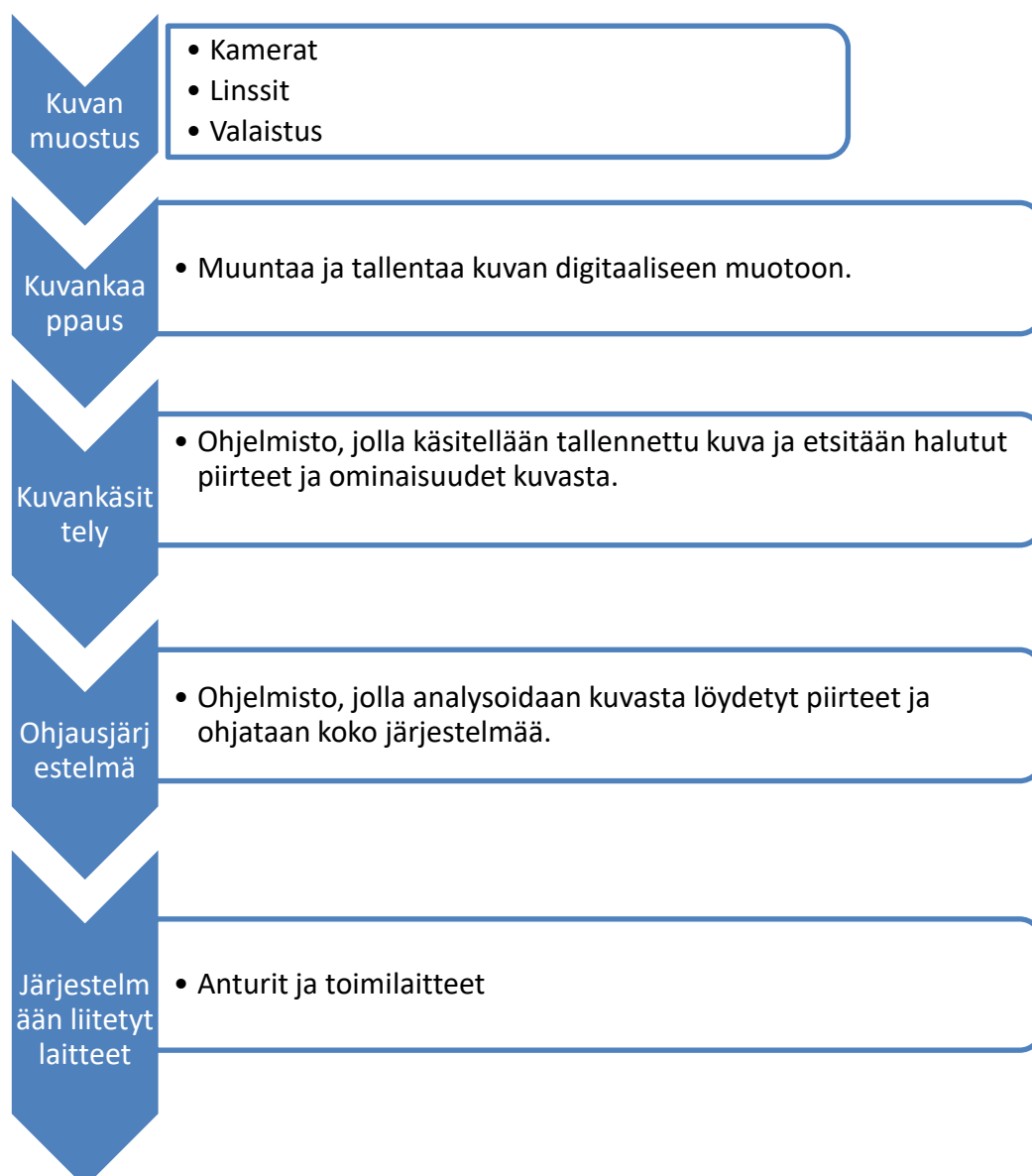
Konenäöllä tarkoitetaan teknologiaa, jonka avulla tietokone voi tunnistaa, tarkastaa ja arvioida liikkuvia kuvia sekä still-kuvia. Konenäköjärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka koostuu seuraavista osista: kuvattavasta kohteesta, kamerasta, valonlähteestä, tietokoneesta sekä kuvankäsittelyohjelmasta, joka tulkitsee kuvan. Konenäköjärjestelmillä suoritetaan yleensä ennalta määrättyjä tehtäviä, kuten esimerkiksi paikoitus, etäisyydet, muotovirheet, pintavirheet, kappaleiden laskentaa tai sarjanumeroiden lukemista. Konenäköä voidaan käyttää useaan eri tehtävään, mutta pääasiassa niitä käytetään teollisuudessa lajitteluun ja tunnistukseen, jonka täytyy olla nopeaa, tarkkaa ja toistuvaa. Konenäköjärjestelmän toimintaperiaate on oikeastaan sama kuin valvonta kameroissa, mutta se mahdollistaa automaattisen kuvanoton, arvioinnin ja kuvankäsittelyn. /1/



Kuva 1. Esimerkki konenäköjärjestelmästä /5/.

3 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATE JA OSAT

Konenäköjärjestelmä voidaan jakaa neljään eri osaan: kuvan muodostukseen, kuvankaappaukseen, kuvankäsittelyyn ja ohjausjärjestelmään. Alla olevassa kuvassa (kuva2) alimmassa laatikossa on havainnollistettu mitä muita laitteita ja antureita konenäköjärjestelmään on liitetty, mutta ne eivät varsinaisesti ole osa sitä. /4/



Kuva 2. Konenäköjärjestelmän osat.

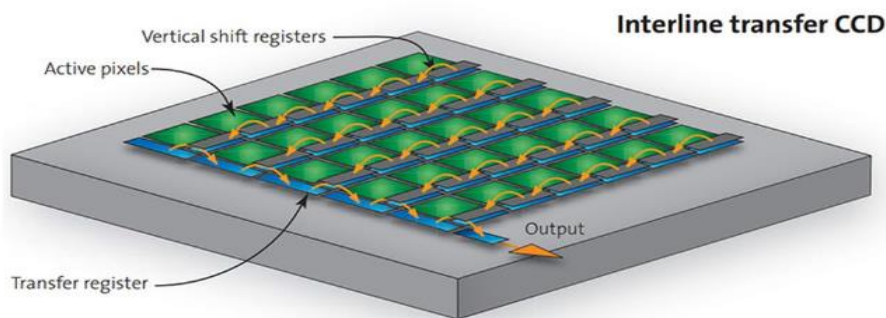
3.1 Kuvan muodostus

3.1.1 Kamera

Kamera kuvaa tarkasteltavaa kohdetta. Kamerassa on sisäänrakennettu optiikka, jonka avulla kohteesta heijastuva valo siirretään valoherkälle kennolle, jolloin kenno varautuu sähköisesti siihen tulevan valon kirkkauden perusteella. Kenno koostuu suuresta määrästä varausyksiköitä, joita kutsutaan myös pikseleiksi. Pikselien määrä määrittää kameran tarkkuuden. Kameroiden kennot voidaan jakaa tuotantotekniikan perusteella, ja niitä on kahdenlaisia: CCD- ja CMOS-kennoja. /4/

3.1.2 CCD-kenno

CCD-kennot kehitettiin alun perin 60-luvulla muistivälineeksi. Videokuvauksen suosion myötä CCD-kennoja alettiin valmistaa korvaamaan videoputkia. Perusideana CCD-kennoissa on seuraavanlainen: Yksittäisessä pikselissä oleva varaus voidaan komentaa siirtymään rivillä seuraavan pikseliin, jota käytetään hyväksi siirrettäessä kuvaa kennosta. CCD-kennoa käsketään siirtämään kerätty tieto rivillä viereiseen pikseliin. Reunimmaisesta sarakkeesta varaukset sijoitetaan pitkään rekisteriin, joka tiputtaa niitä alapäästään ulos kennosta. Saadut arvot vahvistetaan ja siirretään A/D-muuntimelle, joka luo näistä numeroarvot. /2,3/

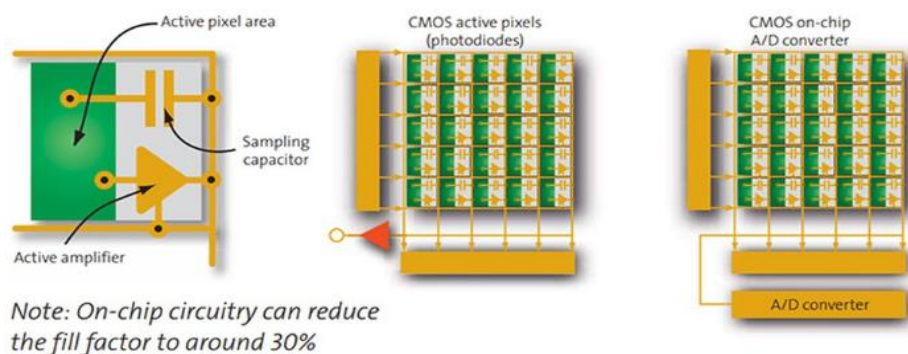


Kuva 3. CCD-kenno /23/.

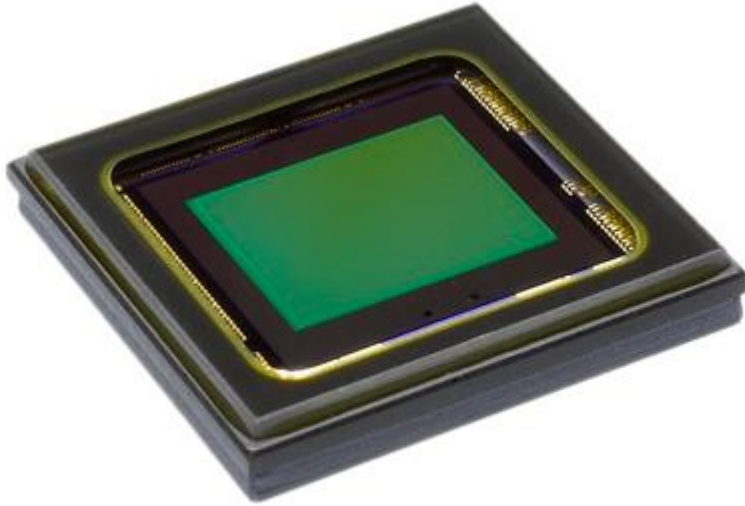
3.1.3 CMOS-kenno

CMOS-kennot tulivat markkinoille 90-luvun lopussa ja ne tehtiin vaihtoehdoiksi CCD-kennoille. Digitaalisten järjestelmäkameroiden sekä kännykkäkameroiden takia CMOS-kennot ovat syöneet markkinoita CCD-kennoilta. CMOS-kenno eroaa toiminnaltaan CCD-kennosta siten, että jokaisessa pikselissä itsessään tehdään muunnos varauksesta jännitteeksi sekä signaalin vahvistus, jolloin kennopiirillä olevaa varausta ei tarvitse siirtää mihinkään, jonka ansiosta virrankulutus CMOS-kennoilla on alhaisempi kuin CCD-kennoilla.

Toisin kuin CCD-kennoissa, joissa AD-muunnos tehdään erillisellä piirillä, CMOS-kennoissa AD-muunnos tehdään itse kennopiirillä, jolloin CMOS-kennon kanssa tarvitaan kameraan vähemmän muita piirejä. /2,3/



Kuva 4. CMOS-kennon toimintaperiaate /22/.

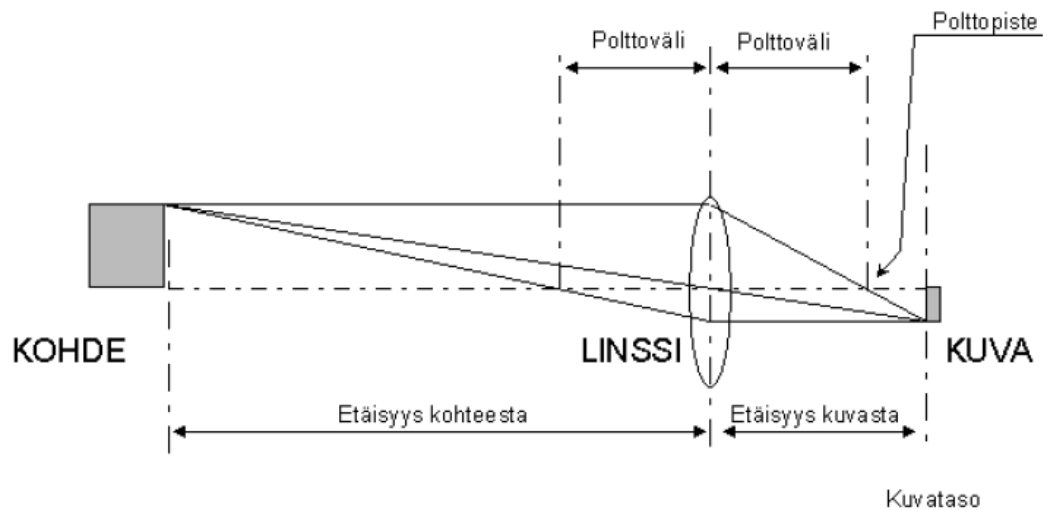


Kuva 5. CMOS-kenno /23/.

3.1.4 Optiikka

Optiikka on suuressa roolissa valittaessa oikeanlaista kameraa, sillä kameran kennolle muodostuva kuvan tarkkuus riippuu optiikasta, joka sen sinne projisoi. Kameraa valittaessa tulee ottaa huomioon seuraavat asiat: polttoväli, joka määrittää kameralla nähtävän kuva-alan koon, aukko (f-luku): mitä pienempi f-luku kameran optiikalla, sitä suurempi on kameran aukko, jolloin kameran kennolle pääsee enemmän valoa, mikä mahdollistaa kuvaamisen huonossa valaistuksessa tai lyhyillä suljinajoilla. Vakiosuurennus ja zoom-linsseillä ja erikoislinsseillä saa toimintaan hieman lisää joustavuutta. Valmistuksessa kuitenkin esiintyy jonkin verran linssivirheitä, jotka vaikeuttavat kuvan käsittelyssä tapahtuvia mittaus- ja paikannusoperaatioita. Nykyään kyseisiä virheitä voidaan kompensoida laskennallisesti.

Optimaalisen konenäköjärjestelmän valitsemiseksi on tärkeää tietää kuvattavien kappaleiden optisista ominaisuuksista. Tällöin järjestelmään voidaan valita sopivimmat valaisutekniikat ja kameratyypit. /4/



Kuva 6. Kameran optiikka /4/.

3.1.5 Valaistus

Valaistuksen tehtävä on tuoda esiin kappaleen värisävyjä, ja luoda kuvausalaista selkeä. Valaistuksella on suuri vaikutus kuvan laatuun, ja huonolla ja vähäisellä valaistuksella kuvasta tulee epätarkka. Tällöin kamera ja tietokone joutuvat tekemään monimutkaisempia prosesseja kuvan parantamiseksi, ja tämä vie enemmän aikaa. Tällöin myös tarkastelu ja mittatuloksissa voi esiintyä heittoa. Konenäköjärjestelmän yksi suurimmista haasteista onkin valaistus, koska kuvan muodostaminen perustuu valotukseen. Valotuksessa valotusaika sekä aukon suuruus vaikuttavat kuvan onnistumiseen. Valotusaikaa säätämällä määritellään, kuinka paljon valoa kennolle päästetään. Kriteereinä valotusajalle on kuvien määrä sekuntikohden, toisin sanoen kuvattavien kohteiden liikenopeus. Aukon suuruudella määritetään, kuinka paljon valoa pääsee kerralla kennolle.

Valaistuksen vaihtoehtoina ovat hehkulamppu, led- ja halogeenivalaistukset. Yleisin käytetty valaistusmuoto on led, joka on myös paras valaistusmuoto. Konenäköjärjestelmiin loisteputken soveltumattomuus johtuu valon jaksollisuudesta. Taajuuden ollessa kaksinkertainen verkkotaajuuteen verrattuna kuvaus osuu usein sadasosasekuntia kestäväälle pimeälle jaksolle. /4,5/

3.1.6 Suora valaistus

Suoraan suunnatut valovoimaiset lamput tuottavat terävän varjon ja kirkkaan valon kohteeseen. Suoravalaistus antaa sävyeron kuvaan. Suoravalaistus voi myös aiheuttaa kuvatun kohteen pintaan heijastuksia. Tällöin kuva ylivalottuu ja kuvan laatu huononee. /4,5/

3.1.7 Epäsuora valaistus

Epäsuora valo heijastetaan yleisemmin toisen pinnan kautta kuvattavaan kohteeseen, eli varsinainen valonlähde ei ole näkyvissä. Tämä vähentää varjoja ja tuottaa tasaisen valon kuvattavaan kohteeseen. /4,5/

3.1.8 Taustavalo

Kameraa kohti heijastetaan taustavalo siten, että valaistava kappale on kameran ja valonlähteen välissä. Tällä saadaan ulkoreunat hyvin esille. Sitä käytetään erityisesti reikien ja ulkomuotojen mittaamiseen. /4,5/

3.1.9 Salamavalo

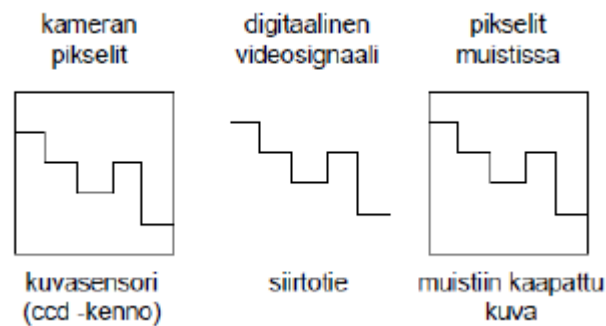
Salamavalo on käytännöllinen kuvattaessa nopeasti liikkuvaa kohdetta. Valaisemalla kohdetta sekunnin murto-osaksi saadaan kohteen liike pysäytettyä ja kuvan sumeneminen estettyä. /4,5/

3.2 Kuvankaappaus

Konenäköjärjestelmässä kuvankaappauslaite voi olla kameraan integroitu tai erillinen kortti, jota tarvitaan, jotta otettu kuva voidaan tuoda kameran järjestelmään käsiteltäväksi. Erilliset kuvankaappauskortit liitetään usein PC:n PCI-väylään

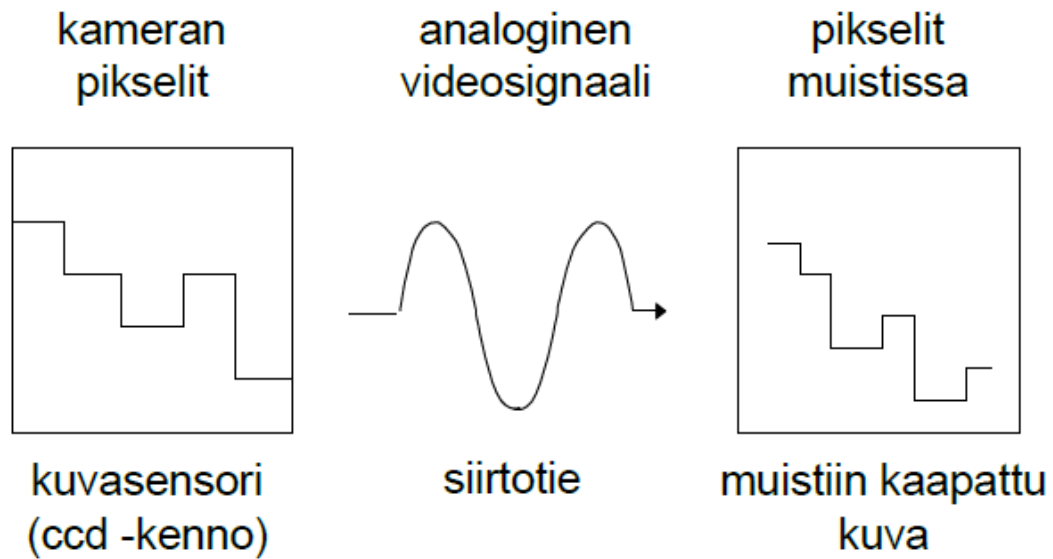
mahdollistaakseen nopean tiedonsiirron muistiin ja näytölle. Haluttu kuvamateriaali siirretään järjestelmän muistiin, jossa sitä tarkastellaan. Kuvankaappaus on mahdollista suorittaa niin analogisesta kuin digitaalisestakin signaalista, mutta analogisessa signaalissa kuva on ensin muunnettava digitaalseksi. Signaalimuunnoksen takia muistiin kaapattu kuva ei välttämättä vastaa täysin kameran kuvanlaatua. Analogisen videosignaalin siirtotapoja ovat:

- RGB
- Composite video
- S-VHS.



Kuva 7. Digitaalisen videosignaalin kaappaus muistiin /4/.

Digitaalista videosignaalia ei tietenkään tarvitse muuntaa analogiseen muotoon, mutta erillinen kortti voi olla tarpeen riippuen siirtotien standardista signaalin välittämiseen. /4/



Kuva 8. Analogisen videosignaalin kaappaaminen muistiin /4/.

3.3 Kuvan käsittely

Muistiin kaapatun kuvan käsittely voi tapahtua osittain kaappauskortin omassa muistissa tai joko täysin tietokoneen omassa muistissa. Kehittyneimmissä konenäköjärjestelmien korteissa on oma prosessorinsa, joka mahdollistaa yleisimpien kuvankäsittelyoperaatioiden teot nopeasti, kuten esimerkiksi suodatuksen, rajauksen tai koon muutoksen. Kuvankäsittelyssä halutusta kuvasta voidaan rajata tarvittava tieto ja tarpeeton jättää pois. Nämä toimenpiteet vähentävät siirrettävän informaation määrää, mikä taas nopeuttaa tiedonsiirron ja mittausohjelmiston toimintaa. Kuvankäsittelyn tehtävä on siis tuottaa tietoa mittausohjelmiston käyttöön, jotta erilaisten mittausten suorittaminen olisi mahdollista. /4,5/

3.3.1 Suodatus

Kuvan suodatuksella, toisin sanoen esikäsittelyllä voidaan parantaa kuvan laatua suodattamalla siitä häiriötaajuuksia pois. Kuvasta voidaan erottaa pieniä osalueita, tai kuvaa voidaan kääntää nopeuttaakseen raskaampaa laskentaa vaativien analyysimenetelmien tekoa. /4,5/

Erilaisia kuvankäsittelymetodeja ovat:

- Histogrammin ekvalisointi
- Terävöinti
- Pehmennys
- Geometrinen muunnos
- Polynominen muunnos.

3.3.2 Segmentointi

Kuvan segmentoinnissa kuva pilkotaan jatkokäsittelyn kannalta tarvittaviin osaluokkeisiin. Segmentoinnissa, jossa tummista ja vaaleista pikseleistä muodostetaan alueita, joilla on muun muassa muoto, sijainti ja pinta-ala. Onnistunut segmentointi on edellytys kuvan jatkokäsittelyn onnistumiselle. Segmentointimenetelmät useimmiten perustuvat kuvan epäjatkuvuuksien ilmaisuun tai kuvan samanlaisuuden tutkimiseen. /4,5/

3.3.3 Tunnistus

Kuvasta segmentoinnilla erotettujen ja erilaisten kuvaajien esitetyt kohteet voidaan tunnistaa. Hahmo on joukko kuvaajia. Tunnistuksen yhteydessä kuvaajista käytetään usein termiä piirre. Hahmoluokalla tarkoitetaan joukkoa hahmoja, joissa on jotain yhteisiä piirteitä tutkittavan ongelman kannalta. Jos tavoitteena on kappaleen muodon tunnistaminen kuvien perusteella, samanmuotoiset kappaleet muodostavat yhden hahmoluokan. Hahmoluokat merkitään symboleilla,

$$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_W$$

jossa W on eri hahmoluokkien lukumäärä. Kappaleentunnistuksessa tavoitteena on kappaleen luokittaminen eli oikean kappaleen automaattinen määrittäminen piirteiden perusteella. /4,5/

3.4 Ohjausjärjestelmä

Konenäköjärjestelmään olennaisena osana kuuluu ohjaus- tai päätöksentekojärjestelmä. Ohjausjärjestelmä on tietokone tai logiikassa toimiva ohjelma, jonka tehtävä prosessissa on ohjata prosessia kuvan analysoinnista tai tulkinnasta saatujen tietojen perusteella. Mikäli saadun informaation määrä ja laatu ovat riittäviä päätöksentekoon, silloin välitetään tietoa ja ohjauksia muualle järjestelmään. /4,5/

3.5 Käyttöliittymä

Käyttöliittymällä hallitaan ja tarkkaillaan laitteistojen toimintaa. Käyttöliittymän avulla luodaan tuote tai laitekohtaisia käskyjä sekä rajoitteita, eli minkälaiset viat ja prosessit ovat sallittuja ja mitkä taas eivät ole. Käyttöliittymästä saadaan ulos raportteja, joilla voidaan seurata prosessin tämänhetkistä tilannetta sekä prosessin muuttumista. /4,5/

3.6 3D-konenäkö

Kun konenäköjärjestelmään liitetään mukaan 3D-kuvausmahdollisuus, saadaan esiin kohteen topografia. 3D-konenäköllä saadaan kohteesta mittatietoa muodoista ja mikrotopografiasta. Kuvasta saadaan suoraan absoluuttisia mitta-arvoja, mikä on automaation kannalta tärkeää. Kuvaamisessa ja valaistuksessa on tekijöitä, joiden avulla kappaleen pinnasta ja itse kappaleesta saadaan lisäinformaatiota. Kohdetta valaistaan rakenteellisella valaisukuviolla, tai valon tulosuuntaa vaihtamalla kohteen kolmiulotteisuus saadaan esiin. Eri aallonpituuksien käyttökohdetta kuvaamalla saadaan esiin niiden absorption, joka kertoo kappaleen väristä, koostumuksesta tai heijastavuudesta. 3D-tekniikalla voidaan erottaa tarkasti päällekkäiset rakeet. Kun valaisu on nopea ja tehokas, se pysäyttää liikkeen, jolloin 3D-kuvasta voi hahmon tunnistusmenetelmiä käyttäen määrittää rakeiden koon ja jakauman. /6/

3.7 Konenäön historiaa ja käyttökohteet

Konenäön historia ulottuu 1940-luvulle. Sotateollisuus oli ensimmäisiä konenäön hyödyntäjiä. Varhaisimmat konenäkösovellukset Suomessa olivat tukkimittareita, joiden laserin avulla mitattiin tukkien läpimitta. Ensimmäiset sovellustekniikat olivat kuvaputkitekniikalla toteutettuja. Konenäkökäyttöön CCD-kamerat tulivat 1980-luvulla. Tosin CCD-kameratekniikka keksittiin vuonna 1969. Aluksi kamerat olivat mustavalkoisia ja analogisia, mutta 1980-luvun aikana tulivat värikamerat ja ulostulo vaihtui digitaaliseksi. Konenäköjärjestelmien yleistymistä edisti tietotekniikan nopea kehitys. CMOS-tekniikka kehitettiin 1990-luvulla, ja saatiin kameroista nopeampia. Nykyään konenäkö ulottuu kaikkialle tehdasvalmistukseen, lääketeollisuuteen ja avustukseen. /7/

3.8 Konenäön hyödyt

Ihmisen näkökyky on paras mahdollinen tapa monimutkaisen tilanteen kvalitatiiviseen tulkintaan, mutta konenäkö peittoaa tämän kvantitatiivisessa mittauksessa sen luotettavuuden, nopeuden ja toistettavuuden ansiosta. Esimerkiksi tuotantolinjalla konenäköjärjestelmä voi tarkkailla satoja tai jopa tuhansia kappaleita minuutissa. Oikean kameran resoluution ja optiikan ympärille rakennettu konenäköjärjestelmä voi helposti tarkastaa kohteet, jotka ovat liian pieniä havaittaviksi silmällä. Konenäköjärjestelmät lisäävät turvallisuutta vähentämällä ihmisen osallistumista tuotantoprosessiin. Tuotantoprosessissa oikeanlainen konenäköjärjestelmä parantaa laatua, nostaa tuottavuutta, lisää joustavuutta tuotantoon, vähentää koneen seisonta-aikoja. Yleisin syy konenäön hankintaan tuotantoprosessissa on alhaisemmat työvoimakustannukset. Konenäkö on luotettavampi ja nopeampi tekemään tarkastuksia ja päätöksiä kuin ihminen, koska ihmisen tekemän työn tulos on hyvin paljon riippuvainen vireystilasta, kokemuksesta tai motivaatiosta.

Nykyään konenäköjärjestelmät ovat välttämättömiä teollisuudenaloilla, joiden avulla selvittää lajittelusta, laaduntarkastuksesta ja materiaalinkäsittelystä kaikilla teollisuuden aloilla. Ne ovat tällä hetkellä taloudellisin ja helpoin tapa varmistua siitä, että vialliset tuotteet hylätään. Konenäköä voidaan käyttää useiden erilaisten parametrien tarkastamiseen, kuten esimerkiksi pakkauksen, pinnoitteen, muodon, sijainnin, värien tai pinnoitteen tarkastamiseen. /7/

4 TEOLLISUUSROBOTTI

Teollisuusrobotilla tarkoitetaan mekaanista, uudelleen ohjelmoitavaa laitetta, automaattisesti ohjattua, jossa on vähintään kolme ohjelmoitavaa liikkuvaa tai kiinteästi asennettua niveltä, jotka suorittavat erilaisia työtehtäviä liikuttamalla kappaleita, osia, työkaluja. Robotin liikettä tulee pystyä ohjaamaan kesken työskentelyn. Nykypäiväinen anturitekniikka mahdollistaa ohjaamisen kesken työskentelyn. Anturitekniikan avulla pystytään keräämään ympäristössä olevia tietoja reaaliajassa ja päivittämään prosessia. Kuitenkaan yhtä erityistä liikettä varten tehtyä mekaanista laitetta ei voida määritelmässä luokitella teollisuusrobotiksi. Tyypillinen teollisuusrobotti on moniakselinen käsivarsirobotti. /12/



Kuva 9. ABB:n 6-akselinen teollisuusrobotti /12/.

4.1 Historia ja käyttökohteet

Teollisuusrobotin kehitys alkoi 1960-luvulla Yhdysvalloissa. Ensimmäinen teollisuusrobotti tuli markkinoille 1961. General Motorsille asennettiin ensimmäinen teollisuusrobotti 1961 painevalukoneen palveluun. Autoteollisuudesta muodostuikin robotiikan suurin käyttäjä. Teollisuusrobottien yleistyminen alkoi välittömästi niiden keksimisen jälkeen. /8,9/

ASEA (nykyinen ABB) tuli markkinoille 1970-luvun puolivälissä täysin sähköisellä mikroprosessoriohjatulla robotilla. General Robotics kehitti 1985 ohjelmoitavan robotin, jossa oli infrapuna-anturi, kamera- ja äänilyhteys, äänisyntetisaattori, törmäysanturit. Se pystyi toimimaan itsenäisesti ja oppimaan ympäristöstä. Tämän jälkeen robottien valmistuksessa on yritetty saada massatuotannon etuja. Robottien hinnat puolittuivat 2000-luvulle tultaessa. /8,9/

Suomessa robotisointi alkoi 1970-luvulla, jolloin maalausrobotiikassa oli pääpaino. Hitsaus- ja kappaleenkäsittelysovellukset yleistyivät 1980-luvulla. Kokoonpano ja pakkausrobotit valtasivat robottikantoja Suomessa 2000-luvun alussa. Robotteja ei pelkästään tuotu ulkomailta, vaan Suomessa myös valmistettiin niitä lähes alusta saakka. Nokia Robotics valmisti ja suunnitteli robotteja, jotka myytiin Itä-Eurooppaan ja Neuvostoliittoon. Nokian työrobottien parissa kesti 10 vuotta. Nokia valmisti noin 1500 robottia vientiin. Nokia valmisti myös PUMA-robotia lisenssillä. PUMA oli kopioitu Unimation-mallista, mutta ohjelma ja ohjelmajärjestelmä oli kehitetty Suomessa. /8,9/

Nokialla oli valmistuksessa vuosina 1986–1988 kaksi omaa mallia Nokia NS-16 ja NS-15. NS-16:tta käytettiin kokoonpanossa ja materiaalikäsittelyssä. Robotteja valmistettiin vain alle 10 kappaletta. NS-15 soveltui hitsaukseen, kokoonpanoon, pakkaukseen ja materiaalinkäsittelyyn. /8,9/



Kuva 10. Nokia NS-16-robotti /9/.



Kuva 11. Nokia NS-15-robotti /9/.

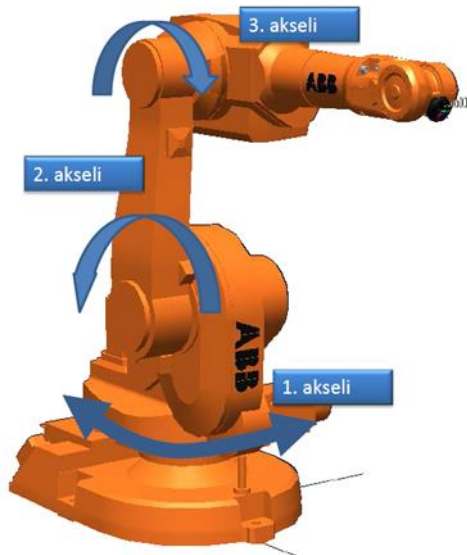
4.2 Rakenne ja osat

Järjestelmän osiin kuuluvat robotti, käsiohjain ja ohjauskaappi. Flexpendant on nimitys robotin käsiohjaimesta, jolla voidaan ohjata robottia käsin. Ohjauskaappi sisältää hallintalaitteita, esimerkiksi jarrun vapautuksen, pääkytkimen, avainkytkimen, laiteliitännät ja hätä-seis-painikkeen. Akselien virransyöttö, sekä liikkeen ohjaus tapahtuu robotin ohjaimessa. Jalusta on robotin alusta, jolla robotti seisoo. Alakäsivarsi ja yläkäsivarsi ovat akselin jatkoina toimivia varsia. /10/



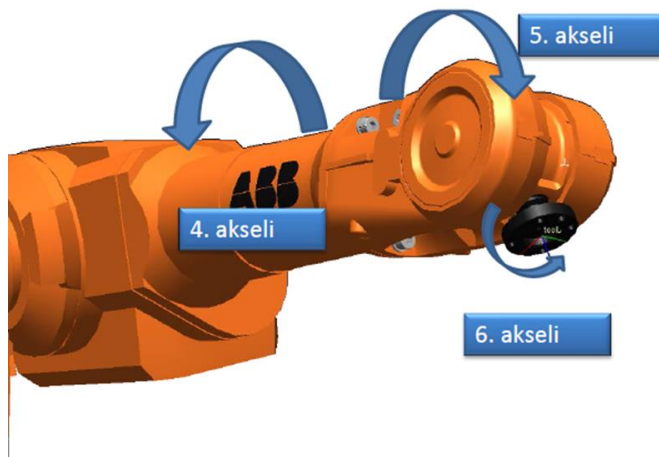
Kuva 12. Teollisuusrobotin järjestelmän osat /10/.

Akselit 1,2, ja 3 ovat robotin pääakselit. Akseleista ja varsista muodostuu nivelvarsirobotin kinemaattinen ketju.



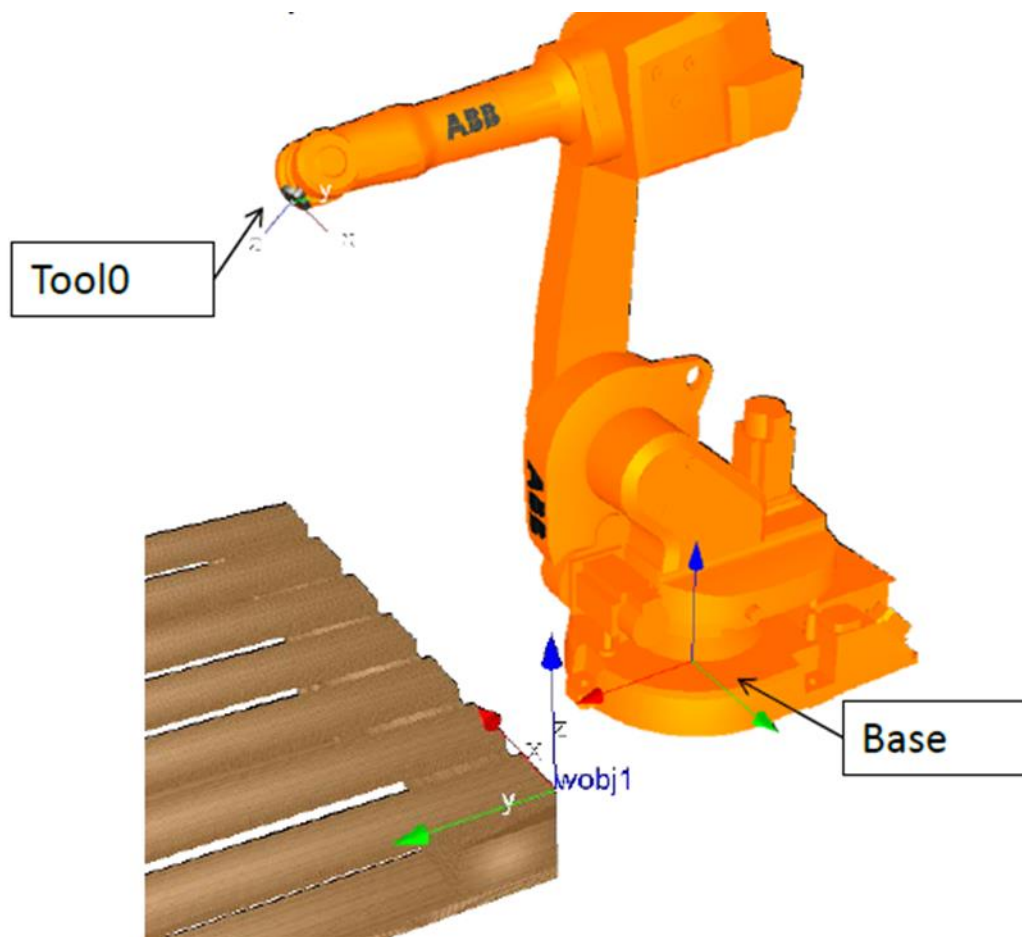
Kuva 13. Nivelvarsirobotin kinemaattinen ketju /10/.

Yläkäsivarsi ja ranne koostuvat akseleista 4,5 ja 6. Viimeisenä rakenteellisena osana on työkalulaippa, johan työkalut kiinnitetään.



Kuva 14. Yläkäsivarsi ja rannerakenne /10/.

Yleisesti paikotukset määritetään käyttäen globaalia koordinaatistoa (World, Base), joka on sijoitettu robotin jalustaan. Robotin työalueelle voidaan määrittää myös käyttäjän koordinaatistoja, jotka helpottavat robotin ohjelmointia. Paikotuspisteiden numeerinen käsittely helpottuu, kun koordinaattiarvot ovat annettu tietyn kohteen suhteen, esimerkiksi. pöytä, lava, jigi, tai muuta sellaista. Toisaalta myös työkohteen siirtyessä ei tarvitse opettaa kaikkia paikotuksia uudelleen, käyttäjäkoordinaatiston uudelleen määrittäminen riittää. /10/



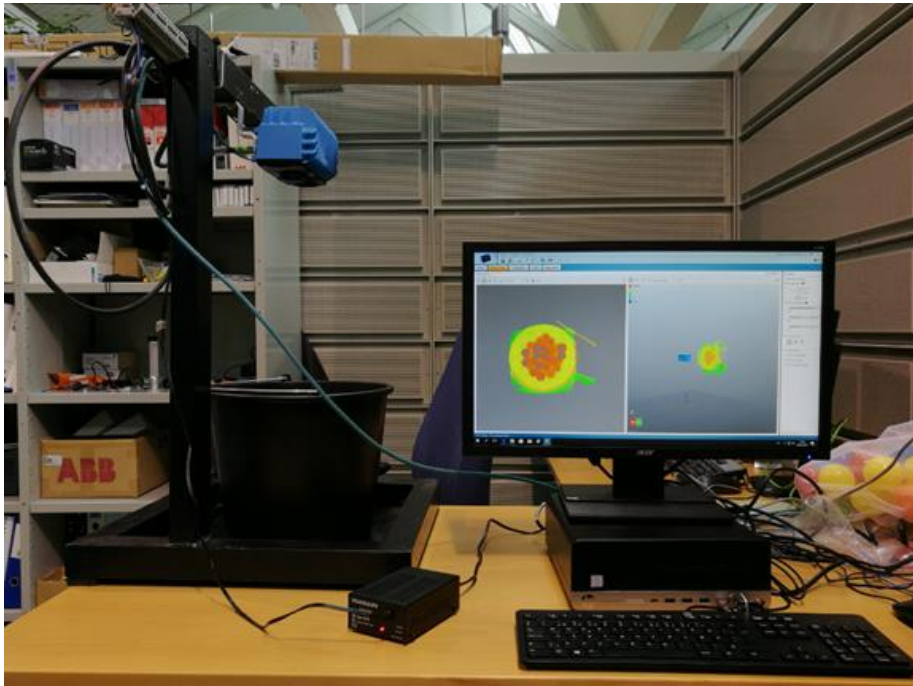
Kuva 15. Robotin käyttämä koordinaatisto /10/.

5 3D-POIMINTA

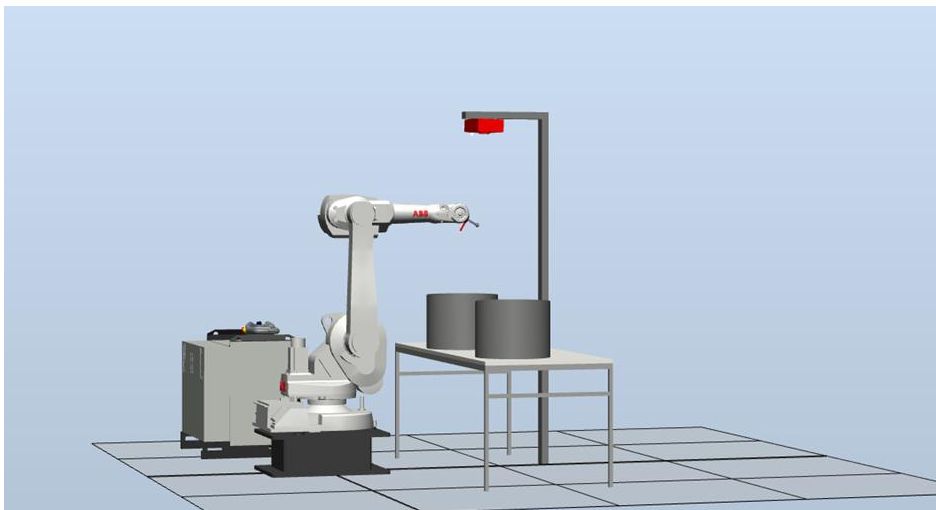
Työn tavoitteena oli luoda tutkielma-aiheinen työ 3D-poimintaprojektista Vaasan ammattikorkeakoulun Technobothnian laboratoriolle, jossa teollisuusrobotti ja 3D-anturi kommunikoivat keskenään. Lyhyesti sanottuna anturi kuvaa kymmenen litran ämpäriä, jossa on palloja, minkä jälkeen anturin tulisi määrittää päällimmäisen pallon x , y - ja z -koordinaatit ja lähettää ne robotille. Kun robotti on saanut tarvittavat koordinaatit, sen tulisi poimia päällimmäinen pallo ja siirtää se viereiseen ämpäriin imukuppi tarttujan avulla. Tämän jälkeen anturi valitsee seuraavan pallon. Robotti ja anturi voivat käyttää kommunikointialustana esimerkiksi MATHLAB tai Python-ohjelmistoja, joissa eri osapuolet vaihtavat tietojansa keskenään. Anturin tuottaman tiedon tulkitsemiseen tarvitaan kuitenkin kyseiseen käyttötarkoitukseen räätälöity sovellus, joka poimii anturin tuottamasta datastreamistä robotin tarvitsemat x -, y - ja z -koordinaatit. Kyseisen sovelluksen luominen vaatii laajempaa ohjelmointi osaamista.

5.1 Ympäristö

Työ tehtiin Vaasan ammattikorkeakoulun robotiikan laboratoriossa Tecnobothnialla. Suunnittelutyö toteutettiin Technobothnialla sijaitsevassa työhuoneessa, jossa oli tietokoneet ja muut tarvittavat välineet. Seuraava vaihe oli suunnitella jalusta kameraan, tai vaihtoehtoisesti käyttää koululta jo löytyviä materiaaleja, joista voisi rakentaa kamerajalustan ja palloämpärin alustan. Kameran jalustan modifioimme Technobothnian alimmassa kerroksessa sijaitsevassa metalliverstaassa. Kameran jalustan ja ämpärin jalustan modifioimme säilytyspukista. Robotiikan laboratoriossa robottisoluun asensimme tarvittavat materiaalit, ja suoritimme poimintaan liittyvät työvaiheet. Robottisolu oli ahdas johtuen siitä, että siellä oli paljon opetusmateriaaliksi käytettäviä apuvälineitä sekä opiskelijoiden projektitöitä.



Kuva 16. Kameran datan analysointia työtilassa.



Kuva 17. Robotin ja anturin työskentely-ympäristö.

6 SICK VISIONARY-T AG

SICK yrityksen valmistama Visionary-T AG on pääasiassa teollisuudessa, sisätiloissa käytettävä 3D-konenäköanturi. Visionary-T AG käyttää syvyystietojen mittaamiseen ”time of flight measurement” -tekniikkaa, jossa konenäköanturi toimittaa infrapunavalon kulkuajan mittauksen perusteella reaaliajassa syvyystiedot jokaiselle pikselille, sekä täydelliset raakatiedot. Visionary-T AG: llä saadaan otettua jopa 50 3D-kuvaa sekunnissa, ja sen yleisimmät käyttökohteet teollisuudessa ovat törmäysvaroitus tai navigointi, kohdetunnistus, intralogistiikka ja autoteollisuus.

/11/



Kuva 18. Visionary T-AG /11/.

Visionary-T CX/AG			
Working distance	0.5 m ... 7.2 m		
Detection angle	69° x 56°		
Example field of view	7 m x 0.53 m		
Pixel count	176 x 144 pixels		
Pixel size	40 µm		
Absolute accuracy at 100% remission (central detection zone) and repeatability	Distance	Accuracy	Repeatability (1σ)
	0.5 m	± 10 mm	± 3 mm
	7 m	± 40 mm	± 25 mm
Maximum performance	30 fps		
Response time	< 66 ms		
On delay	< 20 s		
Light sensitivity	< 50 klux (sunlight)		
Connections	M12 17-pin (power supply/data), system plug M12 8-pin Gigabit Ethernet, X-coded		
Supply voltage	24 V DC (-30%/+20%), > 1 ms latency		
Power consumption	≤ 16 W typically (without digital I/Os)		
Mounting height	Variable		
Mounting position	Variable		
Weight	~1.9 kg (1.4 kg) ¹		
Dimensions (L x W x H)	162 mm x 116 mm x 104 mm (162 mm x 93 mm x 78 mm) ¹		
Ambient temperature (operation)	0 °C ... +50 °C (0 °C ... +45 °C) ¹		
Ambient temperature (storage)	-20 °C ... +70 °C		
Shock resistance	According to EN 60068-2-27:2009		
Vibration resistance	According to EN 60068-2-6 and 60068-2-64		
Electromagnetic compatibility (EMC)	EN 61000-6-2:2005-08		
	EN 61000-6-3:2007-01+A1:2011-03		
Protection class	III		
Enclosure rating	IP67		
LED class	Risk group 0 in accordance with EN 62471		

Kuva 19. Tekniset tiedot /11/.

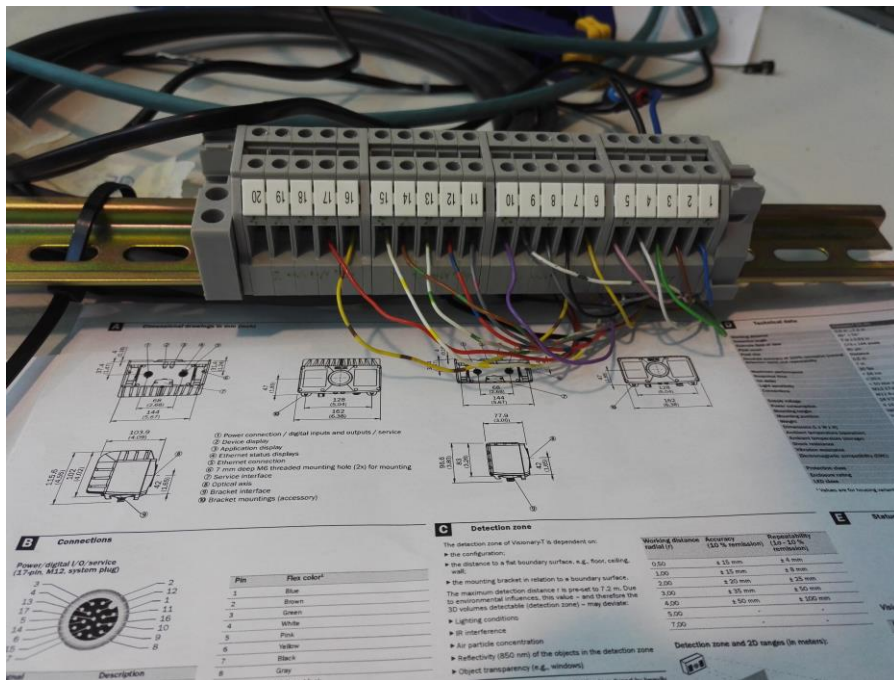
6.1.1 Kameran kytkentä

Visionary-T AG:n käyttöönotto aloitettiin kytkemällä anturi 24 voltin virtalähteeseen liittämällä kameran johdot riviliittimelle. Tehtävämme oli selvittää mitkä johtimet olivat virtajohtimia, kun nipussa oli 17 ohutta johdinta. Kun johdot on kytketty, jäljelle jää enää anturista tuleva ethernetjohdin, joka voidaan liittää suoraan tietokoneeseen tai ethernet-hubiin.

Anturia varten tarvittiin myös jonkinlainen teline, johon kameran voitaisiin kiinnittää tukevasti ja jonka alle mahtuisi noin kymmenen litran sanko palloja varten. Technobothnian alakerran metallipajasta saimme käyttöömmme perämoottoritelineen, johon porasimme reiät ja teimme kierteet kiinnitysruuveja varten.



Kuva 20. Anturi ja teline.




Kuva 21. Johtimet riviliittimessä.

6.1.2 Sopas-sovelluksen asennus ja kameran yhdistäminen

Asensimme Sopas-sovelluksen koululta saamaamme kannettavaan tietokoneeseen, joka kuitenkin kaatui jatkuvasti, koska tietokoneen prosessointikyky ei riittänyt. Tämän jälkeen saimme käyttöömmme tehokkaamman pöytätietokoneen.

Sopas-sovelluksen asennus käy melko helposti: Sopas asennetaan koneelle anturin mukana tulevalta muistitikulta sovelluksen ohjeita seuraamalla. Kun anturi on kytketty virtalähteeseen ja samaan väylään tietokoneen kanssa, tulee anturin alapuolella olevien ledien vilkkua sinisenä merkinä siitä, että anturi on valmis käyttöön. Alla olevassa kuvassa tarkemmat tiedot status-LED:istä:

E **Status LEDs (current status)**

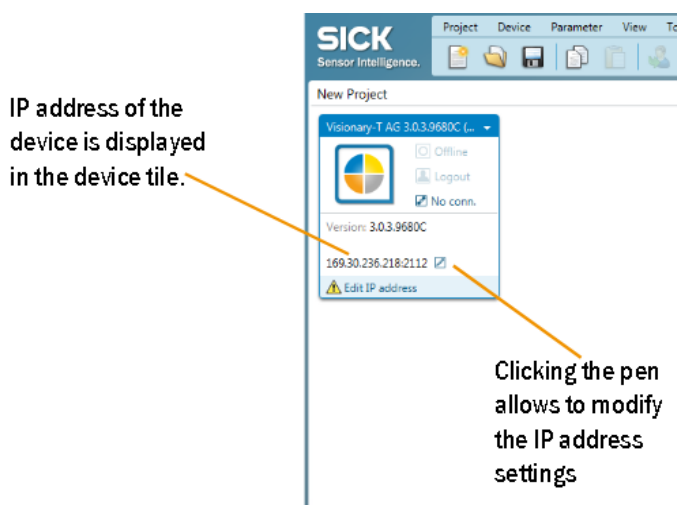


Visionary-T CX and AG

Device	Application	Description
blue - flashing slowly	off	System start
-	blue	API channel, data transmission inactive
orange - flashing slowly	blue	Device warning, e.g. temperature exceeds warning level
-	green	API channel, data transmission active
orange - flashing slowly	green	Device warning, e.g. temperature exceeds warning level, data transmission active
blue	off	Illumination off
red - flashing slowly	red	Max. operating temperature exceeded

Kuva 22. Status-LEDit /18/.

Kun Sopas on käynnistetty, se pyrkii automaattisesti tunnistamaan laitteet, jotka on yhdistetty samaan väylään. Anturin tulisi näkyä vasemmalla olevassa ”Device search” -listassa Visionary-T AG-nimellä. Kun Sopas on tunnistanut anturin, IP-osoite kannattaa vaihtaa, mikäli anturi on kytketty ethernet-hubiin. Se onnistuu klikkaamalla kynän kuvaa tämän hetkisen IP-osoitteen vierestä. Anturin oletus IP-osoite on 192.168.1.10.

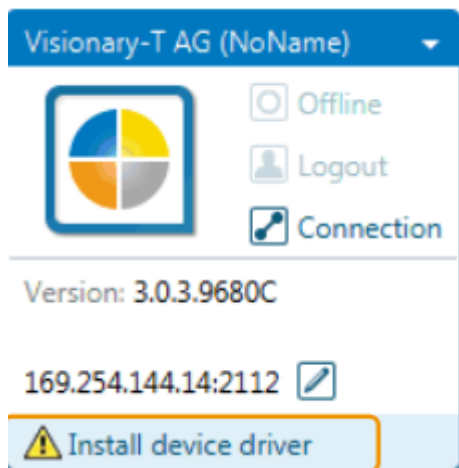


Kuva 23. IP-osoitteen vaihto /18/.

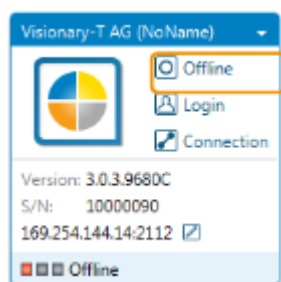
Kun IP-osoite on vaihdettu, tämän jälkeen anturin ajurit on asennettava, ja se onnistuu helposti klikkaamalla IP-osoitteen alapuolelta kohtaa ”Install device drivers”. Ajurit voi ladata suoraan anturin mukana tulleelta muistitikulta tai valmistajan kotisivuilta.

Ajurien asennuksen jälkeen anturi on saatava ”Online” tilaan, mikä onnistuu klikkaamalla ”offline” kohtaa, minkä jälkeen täytyy vielä lukea parametrit, jotka on tallennettu laitteeseen, klikkaamalla yläpalkista ”read parameters”. Kun kameran tiedoissa lukee alarivissä ”Online”, on silloin kamera valmis käytettäväksi.

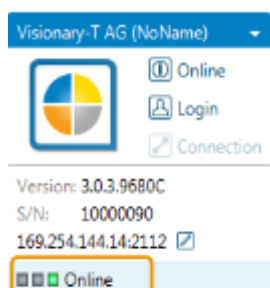
Tuplaklikkaamalla ruutua, jonka sisällä on pallo, pääset konfiguroimaan kameran asetuksia.



Kuva 24. Ajurien asennus /18/.



Kuva 25. Anturi offline-tilassa /18/.

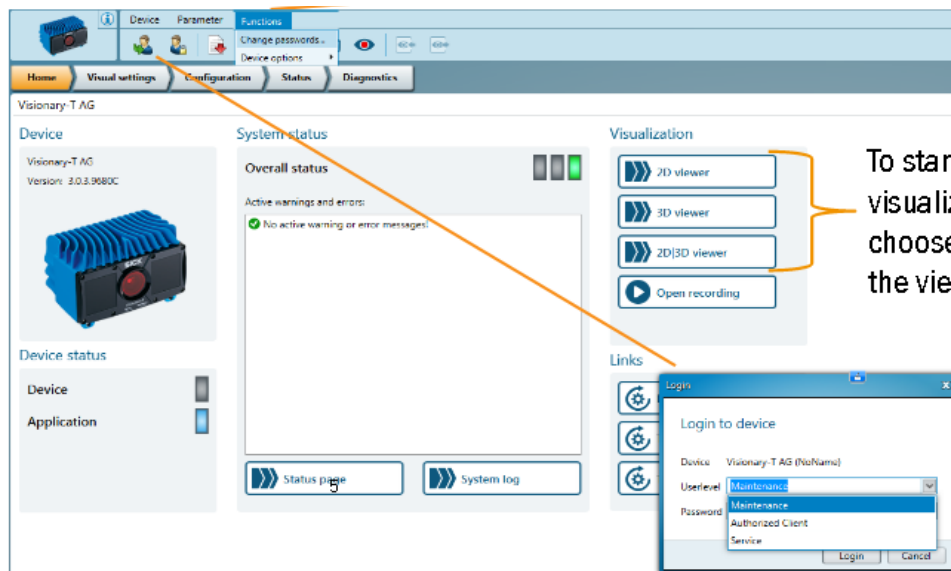


Kuva 26. Anturi online-tilassa /18/.

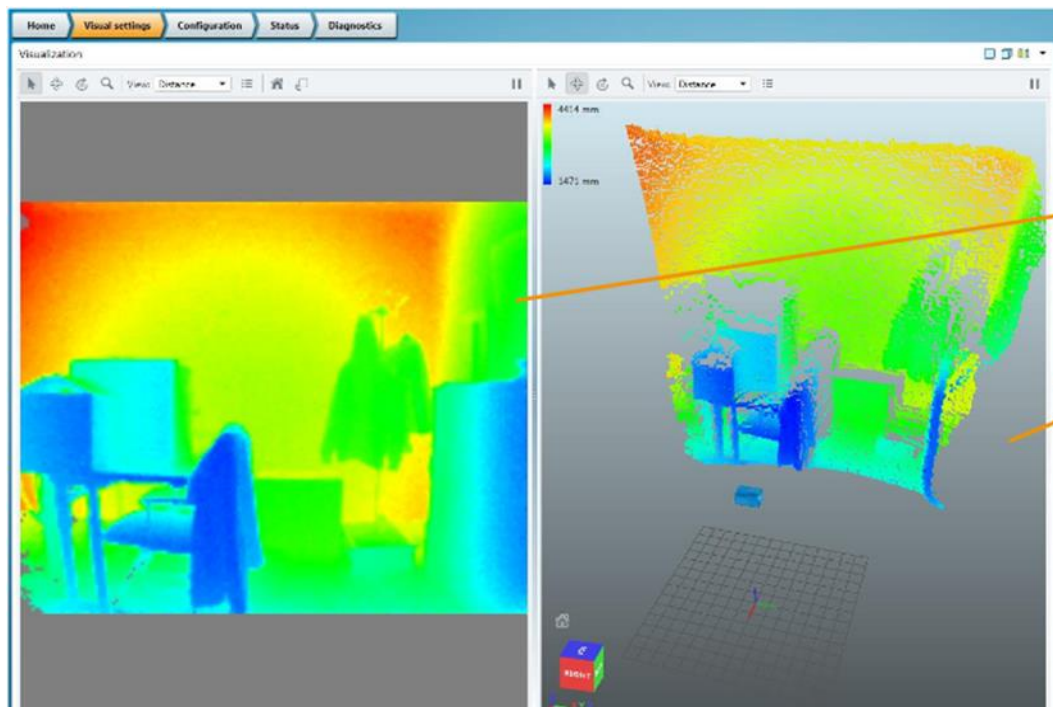
6.1.3 Visionary-T AG -konfigurointi

Kun kamera on yhdistetty, voimme visualisoida kameran tuottamaa dataa Sopak-
sen avulla sekä konfiguroida sen asetuksia. Ensin täytyy kuitenkin määrittää käyt-
täjätaso anturille, ja se on tässä tapauksessa Authorized client ja salasana
CLIENT. Tämä onnistuu klikkaamalla ikkunan yläpalkista Login-kohtaa.

Kirjaututtuamme sisään voimme visualisoida anturin tuottamaa dataa klikkaamal-
la 2D-viewer tai 3D-viewer kohtaan. 2D-näkymä antaa harmaasävyisen kuvan
tilanteesta, mikä helpottaa asettamaan 3D-kameran oikein tai tarkentamaan johon-
kin tiettyyn kohteeseen. 3D-näkymä luo näytölle kolmiulotteisen pistepilven ku-
vattavasta kohteesta, jonka näyttämä kuva riippuu anturiin tehtävistä konfiguraa-
tioista. 3D-kuvaa voidaan visualisoida kolmella eri tapaa: intensiivisyysarvojen,
syvyysarvojen tai luotettavuusarvojen perusteella. Intensiivisyysarvoilla tarkoite-
taan kuvattavan kohteen etäisyyttä ja valon heijastavuutta arvolla dB, joka esiin-
tyy eri väreinä. Syvyysarvonäkymässä värit esittävät etäisyyssarvoja millimetreis-
sä. Luotettavuusarvonäkymässä värit esittävät prosentuaalista luotettavuutta sy-
vyystiedoille jokaiselta pikseliltä. /20/

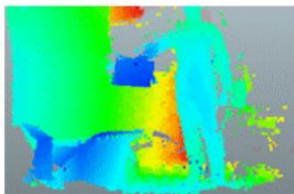


Kuva 27. Sisäänkirjautuminen /20/.

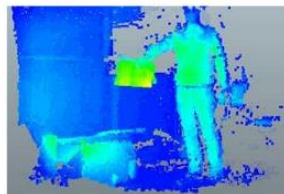


Kuva 28. 2D- ja 3D-näkymä /20/.

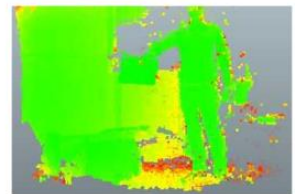
Distance values



Intensity values



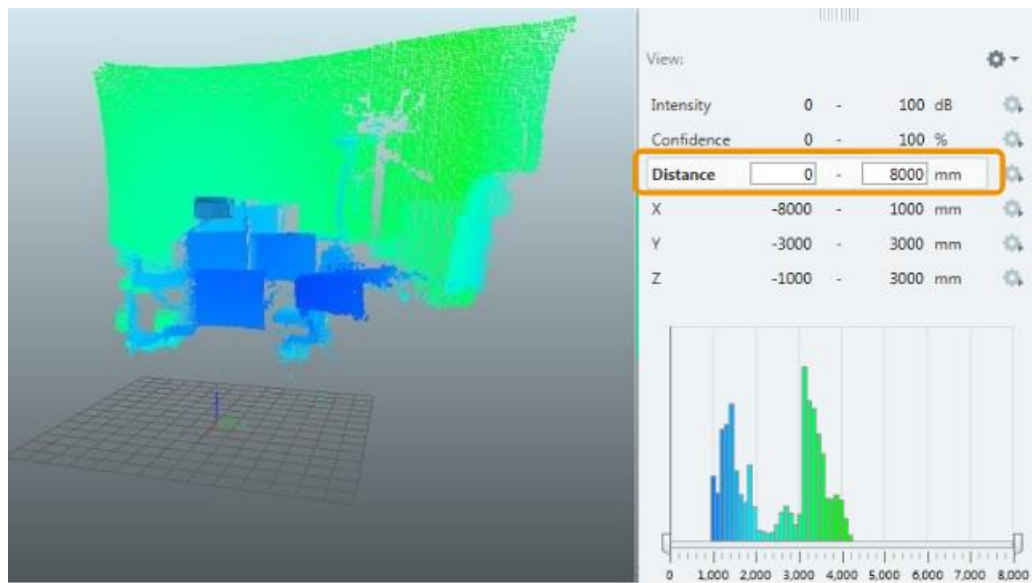
Confidence values



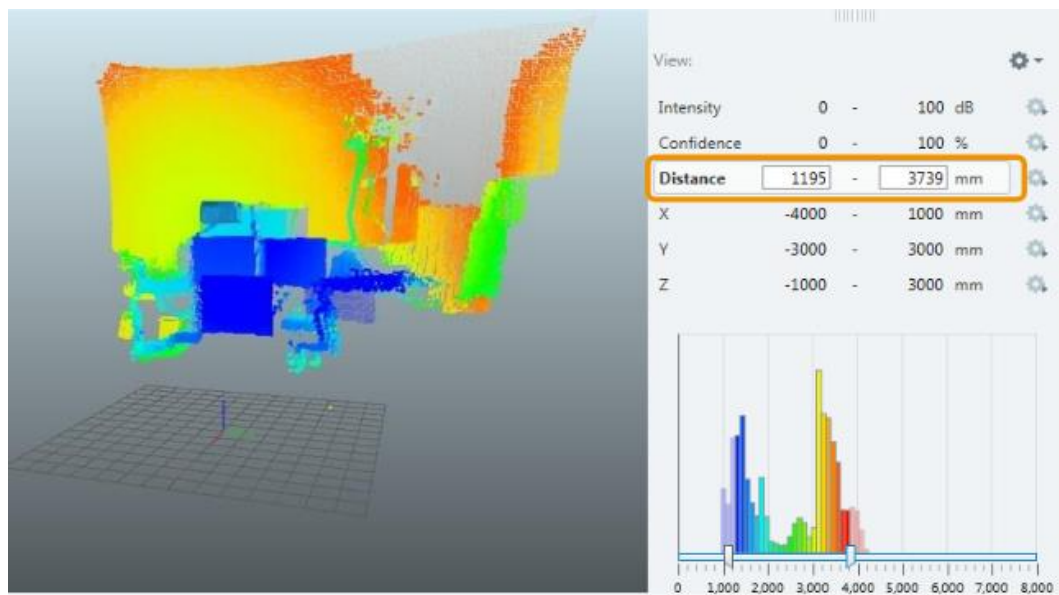
Kuva 29. Kuvan visualisointitavat /20/.

Kameran tärkeimmät asetukset liittyvät anturin asentoon, tietojen vähennykseen, etäisyyteen kuvattavasta kohteesta sekä väriskaalojen optimointiin, jotta ylimääräinen, ei haluttu tieto saadaan karsittua pois. Tärkeää on myös rajata kuvattava alue oikein.

Väriskaalojen optimointi tapahtuu klikkaamalla kohtaan display control ja sen jälkeen color range settings. Värivalikoimaasetukset tekevät kuvasta oikein säädettyinä huomattavasti helpommin ymmärrettävän, koska tämän tarkoitus on näyttää kuvattavan kohteen ulkopuolella olevat arvot harmaina. Väriskaalojen optimointia voidaan kutsua anturin tuottaman datan suodattamiseksi. Lyhyesti sanottuna värivalikoima-asetuksilla voidaan esimerkiksi etäisyysarvonäkymässä säätää tietyt etäisyydet näkymään haluamalla väreillä. Samat asetukset voidaan tehdä myös intensiivisyysarvonäkymässä sekä luotettavuusarvonäkymässä. Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu etäisyysarvonäkymän väriskaala optimointia. Ensimmäisessä kuvassa (kuva 32) etäisyys on säädetty 0–8000 mm, jolloin lähimpien etäisyyksien tulisi näkyä sinisenä ja kauimpien etäisyyksien punaisina. Koska kuvassa olevat etäisyydet ovat 1000–4000 mm, ei tällöin punaisia värejä näy johtuen optimoinnista, toisin kuin jälkimmäisessä kuvassa (Kuva 33), jossa optimointi on tehty oikein. Oikeiden värivalikoima-asetusten avulla kuvattavien kohteiden tunnistaminen on helpompaa. /20/

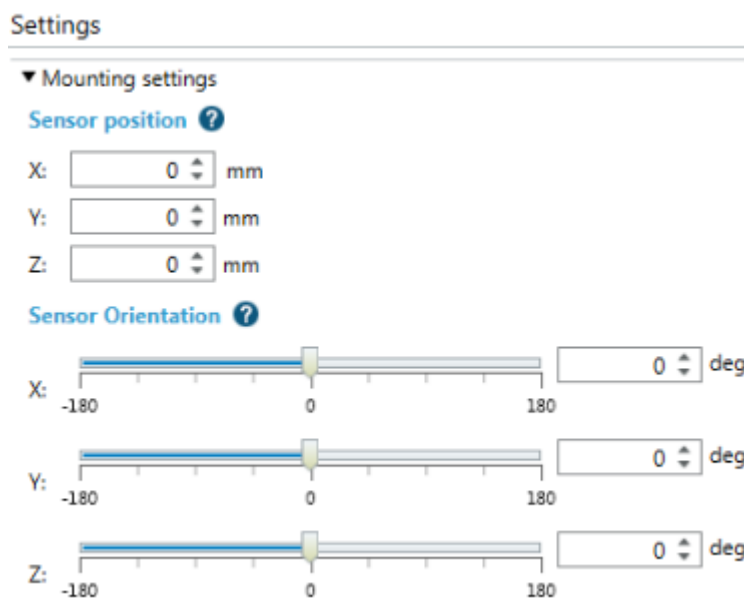


Kuva 30. Väriskaalojen optimointia /20/.



Kuva 31. Väriskaalojen optimointia etäisyysarvonäkymässä /20/.

Anturin asento- ja etäisyysasetukset ovat tärkeitä luotettavan tiedon tuottamisen takaamiseksi. Asentoasetuksiin päästään klikkaamalla projektipuusta 3D-views ja sen jälkeen mounting settings -kohtaan. Asennusasetusten avulla anturi voidaan asettaa paikalleen maailman koordinaateissa ja asetukset tallennetaan anturin muistiin. Asentoasetuksia tässä tapauksessa ovat anturin etäisyys kuvattavasta kohteesta, anturin korkeus lattiatasosta sekä orientaatio. Koordinaatteja määrittäessä tulee tietää, että anturin linssin keskikohta on fyysinen nollapiste. Kun kaikki arvot ovat 0, se tarkoittaa, että anturi on lattialla linssi kattoa kohti. /20/



Kuva 32. Etäisyys- ja -asentoasetukset /20/.

6.1.4 Kameran tuottaman datan kerääminen

Anturin tuottaman tiedon keruu tapahtuu API-liitäntää hyödyntäen, jossa eri ohjelmat voivat tehdä pyyntöjä ja vaihtaa tietoja keskenään eli kommunikoida. API-liitännällä tarkoitetaan Application programming interfacea eli ohjelmointirajapintaa. Anturi tuottaa reaaliaikaista tietoa kuvattavasta kohteesta ”data streaminä”, jonka tulkitseminen sellaisenaan on erittäin vaikeaa. Tiedon tulkitsemiseen tarvitaan erillinen sovellus, joka poimii ”data streamistä” halutut tiedot. Yhteyden luomista voi kuitenkin kokeilla esimerkiksi Puttyllä tai Pythonilla luomalla socket-yhteyden ja avaamalla ”data streamin”. TCP/IP-yhteyttä luodessa tulee tietää, että tässä tapauksessa anturi toimii TCP-serverinä. Visionary-T AG integroi normaalisti asiakkaalle räätälöityihin sovelluksiin, jotka käyttävät API-liitäntää kommunikointiin. Koska Visionary-T tuottaa jatkuvaa 3D-dataa, joten on hyvä varmistaa, että tiedonsiirtoyhteys on suunniteltu suurille datamäärille ja tallennustila mitoitettu tarvittavien vaatimusten mukaan. Sopas-ohjelmalla tehtävät visualisointiasetukset toimivat lähinnä referenssiarvoina sekä oletusasetuksina. Alla olevassa kuvassa on esimerkkejä kommunikointiyhteyden luomisesta anturin kanssa. /20, 21/

Python

```
import socket
TCP_PORT=2114
self.ipAddress='192.168.1.10'
self.s=socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
self.s.connect((self.ipAddress, TCP_PORT))
```

C#

```
using System.Net.Sockets;
String host="192.168.1.10";
int port=2114;
Socket s= new Socket(SocketType.Stream,ProtocolType.Tcp);
s.Connect(host, port);
```

C++ (Windows)

```
#include<winsock2.h>
#pragma comment(lib,"ws2_32.lib")
WSADATA wsa;
SOCKET s = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
struct sockaddr_in server;
server.sin_addr.s_addr = inet_addr("192.168.1.10");
server.sin_family = AF_INET;
server.sin_port = htons(2114);
connect(s, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server));
```

Kuva 33. Socket-yhteyden luominen /21/.

7 ABB IRB 1200-5/0.9, ROBOTTI JA JÄRJESTELMÄ

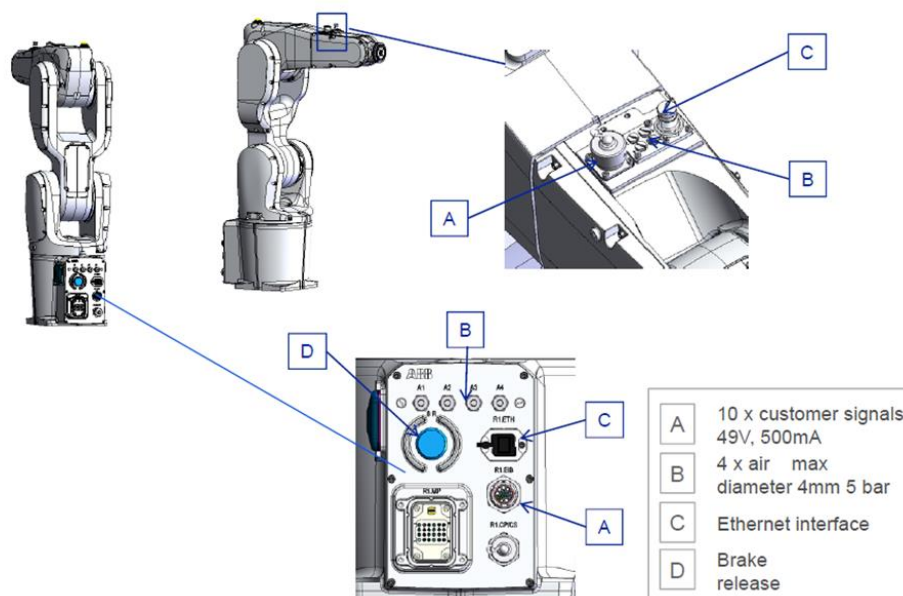
Projektissa hyödynnettiin jo koulun tiloissa olevaa ABB IRB 1200 -robottia. IRB 1200 on suunniteltu erityisesti materiaalin käsittelyyn ja kokoonpanoon. Se on nopea ja kompaktin kokoinen, mukaan lukien suunnittelun. Muotoilun ansiosta IRB voidaan sijoittaa 15 % pienempiin soluihin. Sen kiertoajat ovat noin 10 % lyhyempiä. Pienestä fyysisestä koosta huolimatta sillä on suuri toiminta-alue. IRB painaa 52 kiloa, ja sen hyötykuorma on 5 kiloa. IRB 1200 on tiiveysluokitukseltaan IP 67 suojattu. Jalustassa sijaitsee 10-pinninen signaaliliitin, 4 ilmaliitintä, ethernet-liitintä ja jarrun vapautus. Yläkäsivarressa sijaitsee samat liitännät kuin jalustassa, pois lukien jarrun vapautuksen. Ohjaimena on IRC5 Single. Käsiohjain on mallia ABB IRC5 FlexPendant. /12/



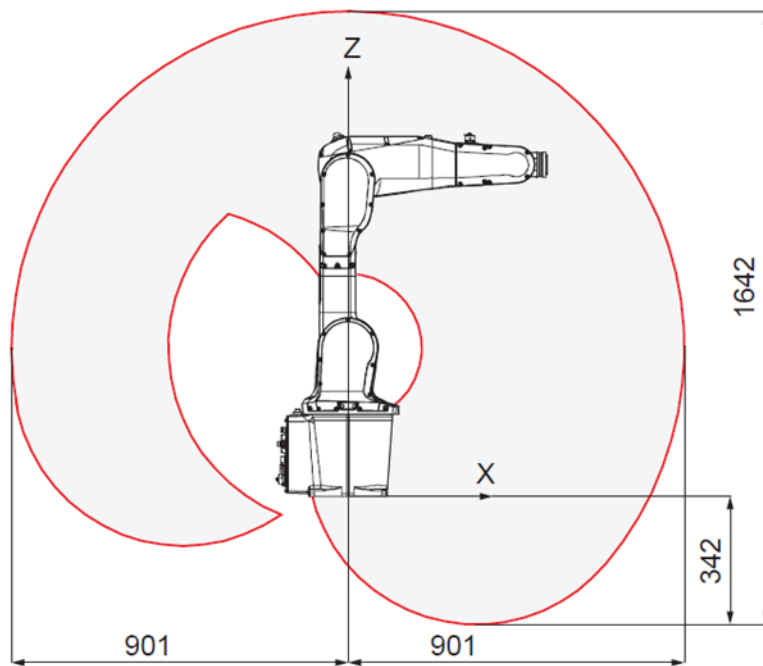
Kuva 34. IRB 1200 -teollisuusrobotti /12/.

IRB 1200 – 5/09	
Payload	5 kg
Reach	901 mm
Accuracy	.02 mm
Footprint	210mm*210 mm
Customer interface	Underlying connection as option
Weight	52 kg
Mounting position	Floor, wall, ceiling
Temperature	5 C – 45 C deg
IP Protection	IP 40 as standard, IP 67 as option
Cleanroom/food grade	Available 2015

Kuva 35. IRB 1200 -teollisuusrobotin yleistiedot /12/.



Kuva 36. IRB-robotin liitännäpisteet /12/.



Kuva 37. IRB-robotin toiminta-alue /12/.



Kuva 38. ABB Flexpendant /10/.

7.1 Imukuppi

Imukuppi tarttuu kappaleen pintaan alipaineella. Imukupit antavat laajan vaihtoehtokategorian nostoille. Imukupit valitaan aina sovelluksen mukaan. Työssämme käytetään Pigrip BG-sarjan GS25T60, joka on halkaisijaltaan 25 mm ja siihen on saatavilla vaihtosuukappaleita. /13/



Kuva 39. Imukuppitarttuja /13/.

7.2 Ohjelmistot

Ohjelmistojen avulla selvitimme SICK VisionaryT: n tuottamaa dataa. Kameran ulos tuottamaa dataa analysoimme Puttyn,- Matlabin,- sekä Python -ohjelmistojen avulla. Datan ulos saaminen kamerasta ei tuottanut hankaluuksia, mutta datan pilkkominen stringeihin on hankalaa sekä datan analysointi merkkijonoista.

7.2.1 Putty

Putty on telnet ja ssh-asiakasohjelma ja pääte-emulaattori. Käytetään windows-käyttöjärjestelmissä SSH-palvelimen käyttämiseen. Ohjelmisto on vapaan avoimen lähdekoodin ohjelmisto. Sillä voidaan ottaa pääteyhteyksiä tietokoneesta muihin laitteisiin, tietokoneisiin, jos käytössä on internetyhteys. PuTTY tarvitsee toimiakseen pelkän exe-tiedoston, jota ei tarvitse asentaa, joten se on helppo hakea sellaisille tietokoneille, joissa sitä ei ole. /14/

7.2.2 Matlab

MATLAB on numeeriseen laskentaan tarkoitettu tietokoneohjelmisto sekä siinä käytettävä ohjelmistokieli. Alun perin MATLAB oli tarkoitettu insinööri työkaluksi sekä opiskelijoiden apuvälineeksi erilaisten laskutoimituksien tekemiseen. Nykyisin ohjelmaa käytetään opetukseen, työntekoon ja tutkimiseen. Ohjelma kirjoitetaan ikkunaan, jossa se suoritetaan, tai tiedostoihin. Tulosten analysointi ja tarkastelu voidaan tulostaa eri formaateille, kuten HTML tai pdf-tiedostona. Simulink on MATLABin graafinen ympäristö, jolla mallinnetaan, simuloidaan ja analysoidaan dynaamisen järjestelmän teknisen laskennan osa-alueita. Simulink sisältää graafisen käyttöliittymän, jonka avulla malli luodaan käyttämällä lohko-kaavoita, jotka koostuvat lohkoista ja signaaliviivoista. Graafinen käyttöliittymä tekee ohjelmoinnista entistä havainnollisempaa, ja helpompaa. Perustoimintojen ohella ohjelmistoon on saatavilla useita lisätyökaluja, joiden avulla voidaan lisätä erityisalojen toiminnallisuutta tai mahdollisuuksia symboliseen laskentaa. /15/

7.2.3 Python

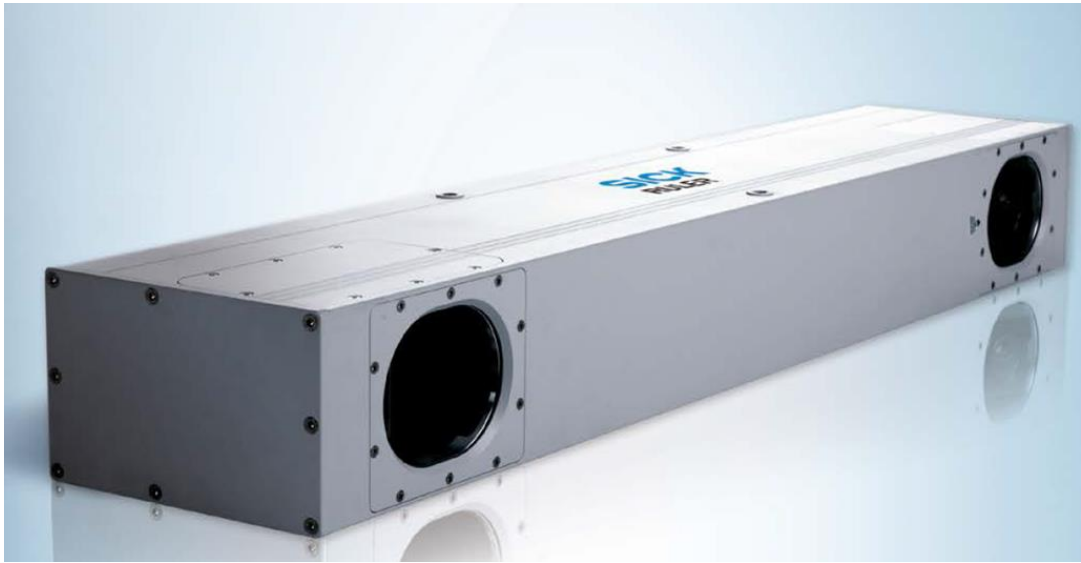
Python on tulkattava ohjelmointikieli. Python on helppo aloittelijalle sen yksinkertaisten syntaksin ja korkean tason tietorakenteiden ansiosta. Python on tulkattava kieli, jolla kirjoitetut ohjelmat ovat valmiita ajettaviksi välittömästi, kääntämättä niitä ensin. Tällä tavalla ohjelmoimisen ja testaamisen voi tehdä lyhyissä sykleissä ja nopeasti. Tulkattavuus kuitenkin tarkoittaa, että Python ei ole yhtä suorituskykyinen kuin käännettävillä kielillä kirjoitetut ohjelmat. Pythoniin sisältyy suuri joukko erilaisia kirjastoja, ja Pythoniin voi myös liittää muiden tekemiä avoimen lähdekoodin kirjastoja, ja tällä tavalla kehitystyö Pythonia käyttäen voi olla nopeaa. Pythonia voi käyttää komentoriviltä ajettavissa skripteissä, joilla voidaan esimerkiksi käsitellä alfanumeerista dataa. Pythonia voi käyttää myös vaativassa ja tieteellisessä laskennassa. Python on yleistynyt viime vuosien aikana verkkosivustojen ohjelmointikielenä, ja Python-kielille on saatavilla sekä minimaalisia, että kehittyneitä kehitysympäristöjä. /16/

8 VAIHTOEHTOINEN KAMERAJÄRJESTELMÄ

ScanningRules on Sickin huipputasoin 3D-kamera. ScanningRules 3D -kameran valitsimme Sickin 3D-kameratuoteperheen joukosta. Kyseisen kameran tekniikka on erilainen kuin Visionary-T:n, sitä suositellaan erityisesti robottien poiminta tehtäviin. Täten päädyimme vertailemaan ScanningRules-kameraa vaihtoehtoisena kamerana Sick visionary-T -kameralle.

ScanninRules käyttää kuvaamiseen skannauslaseria jolla se mittaa 3D-muotoja ja syvyyttä. Toisin kuin Visionary-T, joka ottaa kuvia mitattavasta kohteesta ja laskee valon kulku-aikaa kohteeseen. Scanninrules kuvaa parhaiten paikallan olevia kappaleita. Kameran sisälle on rakennettu pyörivä peili, joka mahdollistaa laserin värähtelyn kuvattavan kohteen pinnalla. Näin ollen se mahdollistaa kuvapinnan 3D-pistepilvimittauksen. Tuotetut tiedot ilmaistaan millimetreissä, mikä lisää mittausvarmuutta, ettei mittaajan tarvitse muuntaa annettua arvoa millimetreiksi. Mittauksia voidaan hyödyntää satunnaisessa keräilyssä, ja robotin parhaan tartunta-paikan määrittämiseksi.

Scanninrules on immuuni ympäristön valolle, joten ulkoista apuvaloa ei tarvita. Kuten taas Visionary-T:llä paras kuva saadaan aikaan kohdevalolla. ScanninRulesilla voi myös ottaa 2D-kuvia osien tunnistamisen helpottamiseksi. Kamera on helppo yhdistää ethernetin välityksellä PC:hen. ScanninRules käyttää omaa konfigurointiohjelmistoa Ranger studiota, josta on helppo analysoida haluttuja mitta-arvoja, joka myös sisältää valmiita poimintasovelluksia, jotka pystyvät suoranai-seen kommunikointiin robotin kanssa. Näin ollen ohjelman käyttö on yksinkertai-sempaa. Toisin kuin Visionary-T, joka käyttää Sopas-ohjelmaa kuvantamiseen, mutta josta ei saa dataa ulos, sekä monia muita ulkopuolisia ohjelmia, joilla voi tulkita dataa, esimerkiksi MATLAB tai Python. Nämä ohjelmistot vaativat tieto taitoa ohjelmoinnista sekä IT-osaamista. ScanninRules järjestelmän hinta on noin 18000€. /17/



Kuva 40. 3D-ScanninRuler konenäköanturi /17/.

9 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Vaasan ammattikorkeakoulun laboratoriolle opetuskäyttöön soveltuva konenäkö ja robottisolu, jolla voitaisiin havainnoida konenäön hyötyjä ja toimintaperiaatteita seuraavien opiskelijoiden kanssa. Tavoitteena oli myös luoda poimintaprojekti, jossa robotti poimii sangosta päällimmäisen pallon anturin tuottaman tiedon perusteella. Työn edetessä kohtasimme kuitenkin perustavanlaatuisia ongelmia poimintaprojektin toteuttamisen kannalta: Työn toteuttaminen vaatii hyviä ohjelmointi ja koodaus taitoja, joita meillä ei ole. Projektissa käyttämämme anturi on epäkäytännöllinen ja vaikea käyttää tällaista sovellusta tehtäessä. Tässä vaiheessa sovimme ohjaajan kanssa, että teemme konenäöstä sekä poimintaprojektista tutkielman ja siinä me onnistuimme mielestämme hyvin. Työ opetti paljon konenäköjärjestelmän toiminnasta, periaatteista ja miten tällainen poimintaprojekti olisi oikeasti toteutettavissa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi käyttöohjeet 3D-anturille, sekä kattava tietopaketti konenäöstä. Opinnäytetyömme lopussa on myös ehdotus vaihtoehdoisesta konenäköjärjestelmästä, jolla poimintaprojekti olisi helpommin toteutettavissa.

LÄHTEET

/1/ COGNEX (2016), Introduction to machine vision, A guide to automating process & quality improvements. Viitattu 14.04.2018.

https://www.assemblymag.com/ext/resources/White_Papers/Sep16/Introduction-to-Machine-Vision.pdf

/2/ CCD, CMOS -kenno. Viitattu 16.04.2018.

http://digifaq.info/digi_omat/kennot.html

/3/ CCD, CMOS -kenno. Viitattu 16.04.2018. <https://tekniikanmaailma.fi/pentax-pokkarin-kokoinen-jarjestelmakamera/>

/4/ Konenäköjärjestelmän rakenne. Viitattu 25.04.2018.

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

/5/ Konenäkö puuteollisuudessa. Viitattu 27.04.2018.

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

/6/ Lehtinen, L. 2009. Konenäkö saa kolmannen ulottuvuuden. Viitattu

29.04.2018. <https://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2009-08-27/Konenäkö-saa-kolmannen-ulottuvuuden-3278093.html>

/7/ Konenäön historia ja käyttökohteet. Viitattu 3.05.2018

http://www.3t.fi/artikkeli/shortcut/konenaon_lyhyt_historia_elektroniputkista_emos_kennoihin

/8/ Kuivanen, R. 1999 Robotiikka. Tallent Oyj. Viitattu 12.05.2018.

/9/ Huttunen, J. Robotiikan historia. Viitattu 16.05.2018.

<https://slideplayer.fi/slide/2847523/>

/10/ Billing, M. 2016. ABB – Robots IRC yleisohje. Vaasan Ammattikorkeakoulun opetusmateriaali. Viitattu 19.05.2018.

/11/ Sick 3D-visionary T AG tuotetiedot, internetsivu. Viitattu 22.05.2018.

<https://www.sick.com/de/en/vision/3d-vision/visionary-t/v3s110-2aabaab/p/p551869>

/12/ ABB Products, robotics, industrial-robots, irb-8700. Viitattu 24.05.2018.

<http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-8700>

/13/ Movetecin tarttuja tuotteet. Viitattu 05.06.2018.

https://www.movetec.fi/images/pdf/pigrip-poster_gb_rev4.pdf

/14/ Korpela, J. Datatekniikka ja viestintä. Viitattu 06.07.2018.

<http://jkorpela.fi/putty.html>

- /15/ Apiola, H. Laine, M. Lyhyt MATLAB-opas. Viitattu 20.07.2018.
<https://math.aalto.fi/~apiola/matlab/opas/lyhyt/>
- /16/ Karhunen, J. PYTHON ohjelmointiopas versio 1.2. Viitattu 23.07.2018.
http://www.it.lut.fi/kurssit/08-09/CT20A0200/materiaali/Python_opas_2008.pdf
- /17/ Product information ScanningRuler. SICK product catalog. SICK 29.11.2013
Viitattu 24.07.2018.
- /18/ Sopas installation & embedding Visionary-T.pdf. SICK 12.02.2016. Viitattu 22.6.2018.
- /19/ Quickstart Visionary-T.pdf EN. SICK 11.09.2016. Viitattu 22.6.2018.
<https://www.sick.com/de/en/vision/3d-vision/visionary-t/v3s110-2aabaab/p/p551869>
- /20/ GUI Configuration Visionary-T.pdf. SICK 02.12.2016. Viitattu 21.6.2018.
- /21/How to retrieve data from a Visionary-T device API description. SICK 12.02.2016. Viitattu 21.6.2018.
- /22/ Cmos-sensors. STEMMER IMAGING. Viitattu 1.6.2018.
<https://www.stemmer-imaging.co.uk/en/knowledge-base/cmos/>
- /23/ / CCD-sensor types. STEMMER IMAGING. Viitattu 1.6.2018.
<https://www.stemmer-imaging.co.uk/en/knowledge-base/ccd/>

LIITE 1



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖPASSI

(Annetaan opinnäytetyön valmistuttua ohjaavalle opettajalle arkistoitavaksi.)

Opiskelijan nimi _____ Ryhmä _____

Opiskelijan yhteystiedot _____

Opinnäytetyön aihe _____

Toimeksiantaja _____

	Viimeistään	Päiväys	Allekirjoitus
1. Perehdytys opinnäytetyön tekemiseen tehtävineen suoritettu	_____	_____	_____
2. Aihe hyväksytty	_____	_____	_____
3. Opinnäytetyösuunnitelma hyväksytty	_____	_____	_____
4. Väliseminaariesitys pidetty	_____	_____	_____
5. Opinnäytetyön sisältö hyväksytty	_____	_____	_____
6. Raportin muoto ja kieliasu hyväksytty	_____	_____	_____
7. Vieraskielinen tiivistelmä hyväksytty	_____	_____	_____
8. Työ toimitettu opponentille	_____	_____	_____
9. Osallistuminen esitysseminaareihin - ei sisällä opponointia eikä omaa esitysseminaaria			
1. _____	_____	_____	_____
2. _____	_____	_____	_____
3. _____	_____	_____	_____
4. _____	_____	_____	_____
5. _____	_____	_____	_____
6. _____	_____	_____	_____
10. Oman opinnäytetyön esitysseminaari pidetty		_____	_____
11. Opponointi suoritettu (aihe/tekijä) _____		_____	_____
12. Kypsyysnäyte hyväksytty		_____	_____
13. Opinnäytetyön kirjallinen (kovakantinen) versio toimitettu ohjaajalle, jos työtä ei ole julkaistu Theseuksessa.		_____	_____
14. Vakuutan, että opinnäytetyö on sähköisesti tallennettu Theseukseen osoitteeseen _____			

osoite

opiskelijan allekirjoitu

