



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Aslak Rantala

# Tatuoinninpoistorobotin jatkokehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

8.12.2020

Tekijä Otsikko	Aslak Rantala Tatuoinninpoistorobotin jatkokehitys
Sivumäärä Aika	23 sivua 08.12.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Tekninen johtaja Juha Yliollitervo Lehtori Timo Tuominen
<p>Tämä Insinööriö toteutettiin Cryotech Nordic AS:n ja Cryotech Finland Oy:n toimeksiantosta. Insinööriön tavoitteena oli jatkokehittää Autoderm-laitetta ja tutkia erilaisia anturiratkaisuja tatuoinninpoistorobotin automatisointia varten.</p> <p>Autoderm-laite on automatisoitu tatuointilaser, jonka avulla on tarkoitus ehkäistä tatuoinninpoistosta johtuvaa arpeutumista ja ehkäistä inhimillisiä virheitä, joita syntyy laserin normaalissa käytössä. Projektin edellytyksenä oli löytää uusia anturiratkaisuja laitteiston turvallisempaan käyttöön, jotta laite olisi luotettavampi käytettäessä. Projekti sisälsi automaatio- ja ohjelmistokehitystä.</p> <p>Työn tuloksena kartoitimme erilaisia anturiratkaisuja, mahdollisia anturimaahantuoja ja perehdyin paremmin Visual Studio- sekä Robotstudio-ohjelmointiympäristöihin.</p> <p>Laitteiston kehittäminen jatkuu insinööriön jälkeen ja tuotteesta on tarkoitus tehdä osa Cryotech Nordicin tuoteluetteloa.</p>	
Avainsanat	Dermatologia, Tatuoinninpoisto, Robotiikka, Konenäkö

Author Title	Aslak Rantala Further Development of a Tattoo Removal Robot
Number of Pages Date	23 pages 8 December 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Juha Yliollitervo, Technical Director Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>This thesis work was carried out for Cryotech Nordic AS and Cryotech Finland Oy. The aim was to further develop the Autoderm device and to study various sensor solutions for the automation of a tattoo removal robot.</p> <p>The Autoderm device is an automated tattoo laser designed to prevent scarring due to tattoo removal and to prevent human errors that occur during normal use of the laser. The precondition for the project was to find new sensor solutions for safer use of the equipment, so that the device would be more reliable in use. The project included automation and software development.</p> <p>As a result of the work, various sensor solutions were mapped, potential sensor importers and Visual Studio and Robotstudio programming environments were familiarized with.</p> <p>The development of the equipment will continue after the thesis work and the product is to be part of Cryotech Nordic's product catalog.</p>	
Keywords	Dermatology, Tattoo removal, Robotics, Machinevision

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tatuoinninpoistomenetelmät	2
2.1	Tatuoinninpoiston historiaa	2
2.2	Nykyään käytössä olevat tekniikat	2
3	Autoderm-laitteen kokonaisuus	4
3.1	Robotti	4
3.2	Laser	5
3.3	Kamera	6
3.4	Ohjauspiiri	8
3.5	PLC	8
4	Anturointi	11
4.1	Anturiratkaisujen kartoitus	12
4.2	Antureiden vaatimukset	12
4.3	Laitteiston käytössä olevat anturit	12
4.4	Hylätyt anturit	15
5	Ohjelma	18
5.1	Kameran ohjelma	18
5.2	Robotin ohjelma	18
5.3	Logiikan Ohjelma	18
5.4	Käyttöliittymä	19
6	Projektin päätyminen	20
6.1	Syyt projektin päättymiseen	20
6.2	Projektia seuranneet asiat	21
	Lähteet	22

## Lyhenteet

FTP	File Transfer Protocol. Tiedonsiirto menetelmä.
I/O	Input/Output. Sisääntulo Ulostulo.
IRB	Industrial Robot. Teollinen Robotti.
IRC	Industrial Robot Controller. Teollinen robottiohjuri.
LVDT	Linear Variable Differential Transformer. Lineaariliikettä mittaava anturi.
NC	Normal Closed. Tavallisesti kiinni.
Nd:YAG	neodymium-doped yttrium aluminum garnet. Laser kristalli tyyppi.
NO	Normal Open. Tavallisesti auki.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
USB	Universal Serial Bus. Yleinen sarjaväylä-tyyppi.

## 1 Johdanto

Tämä insinööri työ toteutettiin Cryotech Finland Oy:n toimeksiannosta. Työssä jatkokehitettiin tatuoinninpoiston automatisointiin kehitettyä Autoderm-laitteistoa, jonka tarkoituksena oli vähentää tatuoinninpoistotoimenpiteen riskejä.

Nykyään käytetyt tatuoinninpoistotekniikat keskittyvät pääsääntöisesti laser-tekniikkaan, jossa pulssitettua laseria käytetään pirstaloimaan tatuoinneissa käytettyä pigmenttiä, jolloin pigmentti poistuu kehon luontaisen aineenvaihduksen mukana kehosta. (Bernstein 2007.)

Opinnäytetyön aiheena on jatkokehittää konenäköä hyödyntävää tatuoinninpoistoon suunniteltua robottia. Tatuoinninpoistoon suunniteltuun robottiin on tarkoitus pystyä asettamaan mikä tahansa markkinoilla oleva tatuoinninpoistoon tarkoitettu laser ja tällöin automatisoida tatuoinninpoistoprosessi ja minimoida hoitovirheet ja mahdollinen arpikudoksen muodostuminen. Robottiin yhdistetty konenäkökamera ottaa käsiteltävästä alueesta kuvan ja laskee laserin polttopisteet vain tatuointipigmenttiä sisältävälle alueelle. Laitteeseen kytketyt etäisyysanturit pitävät huolen, että polttoetäisyys pysyy tasaisena ja laser ei polta samaa kohtaa ihosta useasti sekä varmistaa että laser pysyy kohtisuorana ihon pintaan nähden.

Tatuoinnit ovat olleet osa kulttuuria jo vuosituhansia. Arkeologit ovat löytäneet tatuoituja mummioita, jotka on voitu ajoittaa pronssiajalle. Lähes jokaisessa ihmisten kulttuurissa on esiintynyt erilaisia tatuointeja. Tatuointeja on tehty uskonnollisista syistä merkitsemään aikuisuutta, omistajuutta tai muun muassa häpäisemiseen. Nyky-yhteiskunnassa tatuoinnit ovat hyvinkin yleisiä, ja ihmiset ottavat niitä vaihtelevista syistä usein ilman mitään suurempaa merkitystä.

## 2 Tatuoinninpoistomenetelmät

### 2.1 Tatuoinninpoiston historiaa

Ennen nykyaikaisia tatuoinninpoistomenetelmiä on yleensä turvauduttu tarvelemään tatuoitu iho, esimerkiksi polttamalla tai poistamalla tatuoitua ihoa kirurgisilla menetelmillä. Nämä menetelmät aiheuttivat aina arpeutumista ja vaurioittivat ihoa. (Bernstein 2007.)

Vuosien varrella tatuoinninpoistoon on kokeiltu monenlaisia vaihtoehtoja, jotka ovat sittemmin jääneet pitkälti pois käytöstä.

- tatuoidun ihon poistaminen ja ihonsiirron suorittaminen alueelle
- tatuoidun ihon hankaaminen eli periaatteessa ihon hiominen
- tatuointiin käytetyn musteen tuhoaminen käyttäen kylmyyttä
- alueen arpeuttaminen käyttäen polttamista, joko kemiallisesti tai kuumuutta hyödyntäen
- käyttäen CO<sup>2</sup>-lasertekniikkaa.

Teknologian kehittyessä myös tatuoinnit ovat kehittyneet. Uudet musteet ja paremmat ja hygieenisemmät tatuointilaitteet ovat helpottaneet tatuointien poistoa. Myös itse tatuoinninpoistoon käytetyt menetelmät ovat muuttuneet. (Bernstein 2007.)

### 2.2 Nykyään käytössä olevat tekniikat

Nykyään tatuoinninpoistoon käytetään Q-switched-lasereita. Pulssitettuja lasereita on kokeiltu tatuoinnin poistossa jo 60-luvulta ja niiden on todettu aiheuttavan hyvin vähän ihon arpeutumista. Ensimmäisenä tatuoinninpoistoon pulssitettua laseria kokeili tohtori Leon Goldman vuonna 1965. Q-switched laserit tuottavat nano- tai jopa pikosekunnin mittaisia pulsseja, jotka pirstaloivat tatuointipigmentejä tehokkaasti. (Fitzpatrick & Goldman 1994; Bernstein 2007)

Pulssitettu laser toimii siten, että se lämmittää tatuointipigmenttiä nopeasti, jolloin tatuointipigmentti lämpenee ja pigmentti pirstaloituu pienempiin osiin. Tällöin veren valkosolut kuljettavat pigmentin palaset maksaan, jonka jälkeen ne poistuvat kehosta hikoilun ja muiden eritteiden mukana. (Bernstein 2007)

Tatuoinninpoistoon soveltuvia lasereita on useita erilaisia, sillä eriväristen tatuointipigmenttien tuhoamiseen tarvitaan eri aallonpituudella toimivia lasereita. Tatuointien poistossa käytetään yleensä kolmea eri laseria pigmentin värin mukaan.

#### Q-switched Nd:YAG Laseria

- Tulee sanoista “Neodymium-doped yttrium aluminium garnet”.
- Aallonpituus on 1064 nanometriä, joka on lähellä infrapunavaloa.
- Voidaan käyttää suodinta, joka muuttaa aallonpituuden 532 nanometriin, jonka avulla laseria voidaan käyttää eri pigmentteihin.
- Soveltuu hyvin tummien tatuointipigmenttien hoitamiseen sekä tummemmille ihotyypeille.
- 532 nanometrin suotimella varustettuna käytetään etenkin punaisten ja oranssien tatuointipigmenttien poistoon.

#### Q-switched Ruby

- aallonpituus 694 nm
- pulssinpituus 40–80 nanosekuntia
- tehokas tummien tatuointipigmenttien poistoon.

#### Q-switched Alexandrite

- Aallonpituus 755 nm
- pulssinpituus 100 nanosekuntia.
- Toimii tehokkaasti mustien ja sinisten tatuointipigmenttien poistoon.

(Bernstein 2007.)

### 3 Autoderm-laitteen kokonaisuus

Tatuoinninpoistorobotti koostuu laserpistoolista, robotista, robotin ohjaimesta ja logiikka-piiristä. Käyttöliittymää ajetaan kannettavalta tietokoneelta. Prototyypiversiossa robotin eri osat ovat kiinnitettynä renkailla liikkuvaan pöytää, logiikan komponentit sekä virtalähde on asennettu erilliseen sähkökeskukseen. Laitteen eri osat tarvitsevat prototyypiversiossa omat 230 voltin syöttöjännitteensä.

#### 3.1 Robotti

##### IRC5

Robotin ohjausyksikkönä toimii ABB:n IRC5 compact-malli (kuva 1). Kyseinen ohjausyksikkö sopii vaatimuksiimme hyvin. Robotin ohjausyksikön tarkoituksena on toimia robotin ”aivoina” jotta, robotin kaikki osat pystyvät toimimaan kokonaisuutena. Se ohjaa robotin liikkeitä sille annettujen inputtien mukaan.

- käyttöjännite 220/230 V
- 320 x 449 x 442 mm
- 28.5 kg
- 16in & 16out I/O -moduuli.



Kuva 1. ABB:n IRC5C Compact Controller (IRC5C Compact 2010)

## IRB 120

Robottina käytetään ABB:n IRB 120 mallia (kuva 2) mutta, käytännössä voisimme käyttää myös muita pienikokoisia 6-axis-robotteja.

- käyttösäde 580 mm
- käsittelykapasiteetti 3 kg
- pystyy toimimaan 330° säteellä
- sisäänrakennetut paineilma-vedot ja johdotukset robotin juurelta mahdollistavat käyttölaitteiden helpon kytkennän. 10 signaaliporttia, 4 paineilmaporttia
- käyttöjännite 200–600 V.



Kuva 2. ABB:n IRB 120 6-axis robotti (IRB 120 2019)

### 3.2 Laser

Sovelluksessamme käytettävänä laserina voidaan käyttää lähes mitä tahansa tatuoinnin poistolaseria. Koska eri lasertekniikat toimivat erivärisiin tatuointipigmentteihin, tulee

laitteen oltava kykenevä toimimaan monilla eri laser-ratkaisuilla. Eri laseria käyttäessä robotille tulee vain opettaa kyseisen laserin polttopiste. Itse laser kiinnittyy prototyyppi-vaiheessa robottiin 3D-printatun kappaleen avulla ja lopullisessa laitteessa tulee olemaan eri lasereille soveltuvia adaptereita.

### 3.3 Kamera

Autoderm-laite vaatii toimiakseen konenäköratkaisun. Autoderm-laitteessa konenäköä käytetään tatuointipigmenttiä sisältävän ihoalueen kartoittamiseen, jotta robotti osaa kohdistaa laserin polttopisteen vain hoidettavalle alueelle. Tämä voidaan toteuttaa joko käyttäen kalliita varta vasten konenäköön suunniteltuja kameraratkaisuja mutta toteutuksessa voidaan myös käyttää edullisempia kameraratkaisuja.

Konenäöllä tarkoitetaan kaikkia teollisia ja ei-teollisia käyttötarkoituksia, joissa laitteiston ja ohjelman yhdistelmästä saatua kuvaa käytetään ohjaamaan muuta laitteistoa. (What is Machine Vision 2020.)

Laitteistoon kehityksessä kokeiltiin alkuun Cognexin valmista konenäköratkaisua (kuva 3) mutta päädyimme käyttämään halpaa kiinalaisvalmisteista endoskooppikameraa (kuva 4) ja toteuttamaan kaiken kuvankäsittelyn Lasershot-ohjelman avulla.



Kuva 3. COGNEX IN-SIGHT 7000 -sarjan konenäkökamera (Cognex: In-Sight Integrated Vision System (In-Sight 7000 Series). 2016)

Cognexin kameran hyötyinä ovat sen sisäänrakennetut kuvankäsittelyominaisuudet ja luotettavuus. Se on myös helposti säädettävissä verkon kautta. Laitteen vaatimiin tarkoituksiin kamera soveltuisi, mutta kamera on kallis ja ominaisuuksiltaan ylimitoitettu vaatimaamme tarkoitukseen.

- resoluutio: 800x600
- mustavalkokamera
- voidaan käyttää joko Ethernet tai RS-232 sarjaporttia
- 24 VDC käyttöjännite.



Kuva 4. Laitteiston prototyypivaiheessa käyttämämme kamera

Endoskooppikamera osoittautui hyvinkin käytännölliseksi ratkaisuksi. Kameran resoluutio oli riittävän tarkka vaatimaamme tarkoitukseen, ja USB-liitäntä ja pitkä johto mahdollistivat kameran helpon kytkemisen tietokoneeseen, joka käsittelee kuvamateriaalia.

- resoluutio: 1280x720
- johdon pituus: 2 m
- pystyy tuottamaan värikuvaa
- MicroUSB-liitäntä
- saa käyttöjännitteen USB-liitännän kautta.

Kameran ottama kuva esikäsitellään siten, että kuvan sävyjen määrää vähennetään ja kuvasta tehdään mustavalkoinen, jotta tatuoitu iho erottuisi paremmin. Tämän jälkeen kuvan tummia pikseleitä sisältävien kohtien koordinaatit ja antureiden antama data

syötetään ohjelmalle, joka laskee robotille vaadittavat liikeradat XYZ-akseleilla. Tämän ansiosta robotti osaa kohdistaa laserin vain tatuoidulle iholle.

### 3.4 Ohjauspiiri

Jotta laitteen kaikki osat saadaan toimimaan yhteistyössä, on oltava erillinen ohjauspiiri, joka koostuu logiikasta ja releistä.

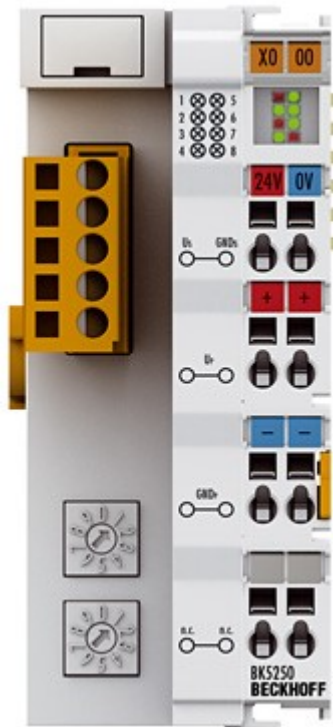
Ohjauspiirin tarkoituksena on muuntaa kameran ja antureilta tuleva data robotin ohjaukseen sopivaksi, sekä ohjata laserin käyttöä siten, että laserpulssit kytkeytyvät päälle laserin osoittaessa oikeaan kohtaan ihoa.

### 3.5 PLC

Käyttötarkoituksessamme PLC toimii vain DeviceNet-rajapintana antureiden ja robotin ohjaimen välillä. Valitsimme Beckhoffn valmistaman logiikan, koska se sattui olemaan yrityksellämme käytössä muissa projekteissa ja tarvitsemamme väyläkortti ja analogiakortti olivat valmiiksi varastossa.

Beckhoff PLC on monipuolinen ja helposti eri käyttötarkoituksiin mukautettava laitteisto. PLC tarvitsee toimiakseen kenttäväyläyksikön ja ainakin yhden I/O-väylämoduulin, PLC:hen voidaan myös lisätä esimerkiksi erilaisia relemoduuleja.

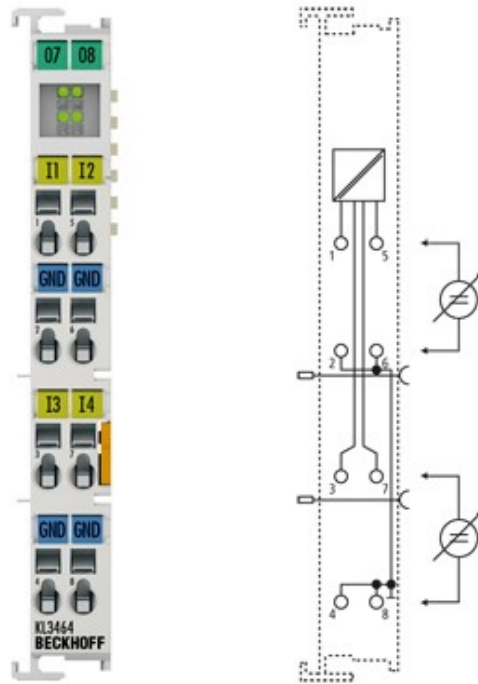
Käyttämämme PLC koostuu seuraavista moduuleista:



Kuva 5. Beckhoffin BK5250 väyläkortti (BK5250 | DeviceNet “Compact” Bus Coupler 2010)

DeviceNet-väyläkortti käytetään PLC:n ja robotin väliseen kommunikointiin. Se syöttää jännitteen muille logiikkamoduuleille. DeviceNet on verkkoprotokola, jota käytetään automaatioteollisuudessa yhdistämään erilaisia hallintalaitteita, jotta ne voivat jakaa dataa keskenään. (DeviceNet 2017.)

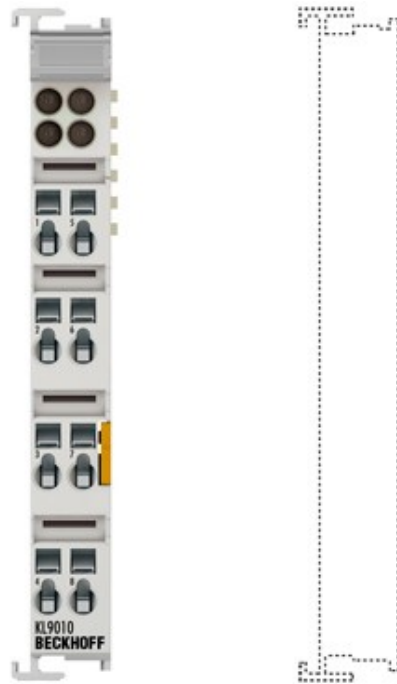
- käyttöjännite 24 VDC/ max 10 A
- max 1020 Digitaalista I/O paikkaa
- max 265 Analogista I/O paikkaa.



Kuva 6. Beckhoffin KL3464 analog input kortti (KL3464 | 4-channel analog input terminal 0...10 V 2010)

Analog Input -moduuli on antureilta tulevan signaalin käsittelemiseen. Se tarvitsee oman kytkennän nolla riviliittimelle. Moduuli muuntaa antureilta tulevaa dataa muotoon, jota robotti ymmärtää ja joka auttaa robottia pitämään laserin oikeassa orientaatiossa asiakkaan ihoon nähden.

- 4 analogisisääntuloa
- signaalijännite 0 - 10V



Kuva 7. Beckhoffin KL9010 päätyterminaali (KL9010 | End terminal. 2010)

Päätyterminaalia käytetään suojaamaan logiikan muuten paljaaksi jääviä kontakteita.

#### 4 Anturointi

Laitteen ensimmäisessä prototyypissä käytettiin laserin kohdistamiseen vain konenäköä ja yhtä ultraäänianturia. Tämä mahdollisti laitteen ajamisen siten, että laserin polttoetäisyys pysyi hoidon aikana tasaisena. Laitteen lopullisessa versiossa on tarkoitus käyttää kolmea anturia ja laskea laitteen kulma suhteessa hoidettavaan alueeseen, jotta voidaan tarkemmin kohdistaa laserpulssit tatuointipigmenttiä sisältävälle alueelle. Laserpulssin polttojälki on halkaisijaltaan käyttämässämme laserissa noin kaksi millimetriä, joten jos laserin kulma suhteessa hoidettavaan ihoon on liian suuri, voi laserpulssi polttaa myös tatuomatonta ihoa, jolloin iho kärsii ja arpikudosta pääsee muodostumaan. Laitteen ohjelmisto vertaa kolmen anturin etäisyyslukemia toisiinsa ja syöttää robotille tarvittavaa dataa. Laitteen ensimmäisessä prototyypissä käytettiin yhtä etäisyysanturia. Robottia liikuttamalla anturilla otettiin kolme eri mittapistettä, joiden avulla orientaatio voitiin ottaa huomioon robotin liikeratojen suunnittelussa.

#### 4.1 Anturiratkaisujen kartoitus

Tutkimme projektin aikana monia erilaisia etäisyysanturiratkaisuja sekä kartoitimme mahdollisia maahantuoja, joilta hankittiin testattavaksi Autoderm-laitteeseen soveltuvia anturivaihtoehtoja. Tutkimme muun muassa optisia, ultraäänellä toimivia sekä sähkömekaanisia anturiratkaisuja.

Harkitsemiamme anturimaahantuoja olivat:

- SICK Oy
- MOVETECH Oy
- SKS automation
- Festo
- Mouser.

#### 4.2 Antureiden vaatimukset

Koska robotti tulee toimimaan potilaan läheisyydessä, tulee sen orientaatioon vaadittavien antureiden olla tarkkaan valittuja. Antureiden tulee olla:

- tarkkoja 10–1000 mm:n etäisyydellä
- n. 500–2000 €

#### 4.3 Laitteiston käytössä olevat anturit

Liittyessäni projektiin Autoderm-laitteen prototyypissä oli jo valmiiksi testattu erilaisia anturiratkaisuja.

Omron E3Z-LL86 (kuva 8.)

Laseranturi

- käyttöjännite 10–30 VDC
- toimii joko NC- tai NO-kytkimenä
- tunnistusetäisyys säädettävä
- signaalin viive <400 ms.



Kuva 8. Omronin valmistama optinen anturi (E3Z-LL86 2010)

PEPPERL + FUCHS UB400-12GM-U-V1 (kuva 9.)

Ultraäänianturi

- käyttöjännite 15–30 VDC
- analogisignaali 0–10 V
- tunnistusetäisyys 30–400 mm
- signaalin viive 50ms.



Kuva 9. Projektissa testaamamme PEPPERL + FUCHS-merkkinen ultraääni etäisyysanturi (UB400-12GM-U-V1. 2015)

CARLO GAVAZZI UA12BLD02PPM1TR (kuva 10.)

#### Ultraäänianturi

- käyttöjännite 10–30 VDC
- toimii NC- tai NO-kytkimenä
- tunnistusetäisyys 25–200 mm
- signaalin viive <400 ms.



Kuva 10. Projektissa testaamamme ultraäänietäisyysanturi (UA12BLD02PPM1TR 2010)

#### 4.4 Hylätyt anturit

Käydessämme läpi anturiratkaisuja jouduimme hylkäämään joitakin antureita todettuamme ne joko käyttötarkoituksiimme soveltumattomiksi, turhan kookkaiksi tai sopimattomaksi hinnoittelultaan.

## LVDT

Yksi hylkäämistämme anturityypeistä oli LVDT-anturi. Se on sähkömekaaninen anturi, joka muuntaa lineaariliikkeen sähköiseksi signaaliksi. Anturi koostuu jousitetusta sylinteristä, jonka ympärillä on ensiökäämi. Sylinteri liikkuu kahden identtisen toisiokäämin sisällä. Sylinteri ja käämit ovat suojattu häiriöltä ja asetettu teräksisen putken sisään siten, että sylinterin toinen pää tulee putkesta ulos. Anturi mittaa sylinterin liikkeessa ensiö- ja toisiokäämien välille syntyvää jännite-eroa. (LVDT Displacement Sensors | LVDT Position Sensors | Applied Measurements 2018.)

Anturin hyvät puolet:

- LVDT-anturit ovat verrattain tarkkoja.
- LVDT-antureiden hinnat ovat huomattavasti halvempia kuin muiden antureiden.

Anturin huonot puolet:

- Vaatii kosketuksen ihon kanssa.
- Häiriöaltis, anturi toimii mittaamalla vaihtelua magneettikentässä, jolloin se on altis mahdollisille häiriöille.

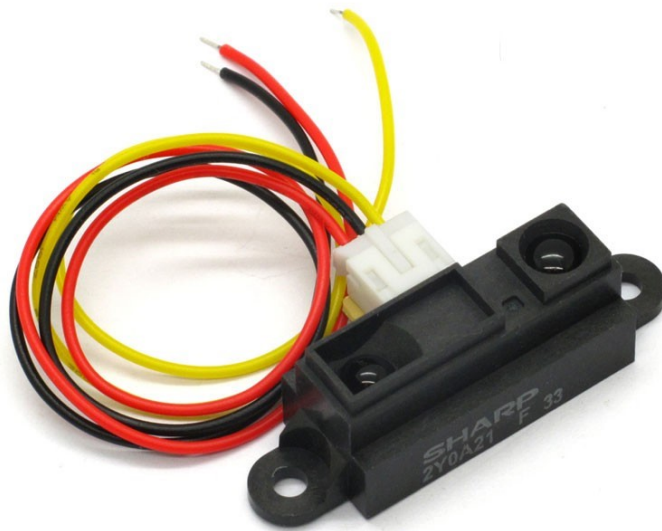
Totesimme että LVDT-anturi ei sovellu käyttötarkoituksiimme koska, se vaatii fyysisen kosketuksen toimiakseen. Tästä seuraisi huolia hygieniasta. Lisäksi totesimme että fyysinen kosketus robotin ja potilaan välillä vaikuttaisi laitteen turvallisuuteen.

SHARP GP2Y0A21YK0F Optinen anturi (kuva 11.)

Saimme anturin Metropolialta lainaan tiedustellessani, mitä anturiratkaisuja koululta löytyisi. Anturia on käytetty koululla muun muassa eräässä robottiprojektissa, jossa suunniteltiin robotti, jonka tehtävänä on seurata maassa olevaa viivaa. Robotti käytti älynään Arduinoa. Anturi toimii käyttäen infrapunavaloa.

Anturin tiedot:

- mittausetäisyys 10–80 cm
- ulostulojännite 0.25–3 VDC
- syöttöjännite 4.5–5.5 VDC.



Kuva 11. Koululta lainaamamme optinen etäisyysanturi

Päädymme hylkäämään kyseisen anturin sen epätarkkuuden ja mittausetäisyyden vuoksi. Anturin mittausetäisyys ei yltänyt vaatimukseemme.

## 5 Ohjelma

Ohjelma koostuu käyttöliittymästä, logiikan ohjelmasta sekä robotin ohjelmasta. Logiikan ohjelma toimii rajapintana antureiden, robotin ja käyttöliittymän välillä. Logiikka myös ohjaa relettä, jonka avulla laseria ohjataan.

### 5.1 Kameran ohjelma

Ohjelman tehtävänä on käsitellä endoskooppikameralta tuleva kuva ja laskea sen perusteella pigmenttiä sisältävän ihon koordinaatit. Ohjelman tehtävänä on myös laskennallisesti poistaa kameran aiheuttamaa vääristymää, jotta robotille tuotettava data on tarkkaa. Ohjelman on suunnitellut Juha Yliollitervo. Kameran ohjelma on toteutettu käyttäen Microsoftin Visual Basic -ohjelmointiympäristöä. Se tallentaa kameran kuvan ja muuttaa sen harmaasävykuvaksi. Tämän jälkeen kuva muutetaan vielä mustavalkoiseksi ja kynnyksarvoa muutetaan siten, että vain tatuointipigmenttiä sisältävä iho alue näkyy mustana. Jotta laserin polttopisteen voi laskea, tulee käsiteltävän kohdan olla vähintään neljän pikselin kokoinen. Tämän avulla voidaan suodattaa esimerkiksi ihohuokosista tai luomista johtuvia pikseleitä.

### 5.2 Robotin ohjelma

Robotin ohjelma on toteutettu käyttäen ABB:n robotstudio-ohjelmointiympäristöä. Kun ohjelma on laskenut käsitellyn kuvan avulla laserin polttopisteet, se laskee robotille tarvittavat koordinaatit. Robotin ohjelma suorittaa sille tietokoneelta tulevat komennot ja korjaa logiikalta tulevan anturidatan avulla kulmaa ja etäisyyttä hoidettavaan ihoalueeseen.

### 5.3 Logiikan Ohjelma

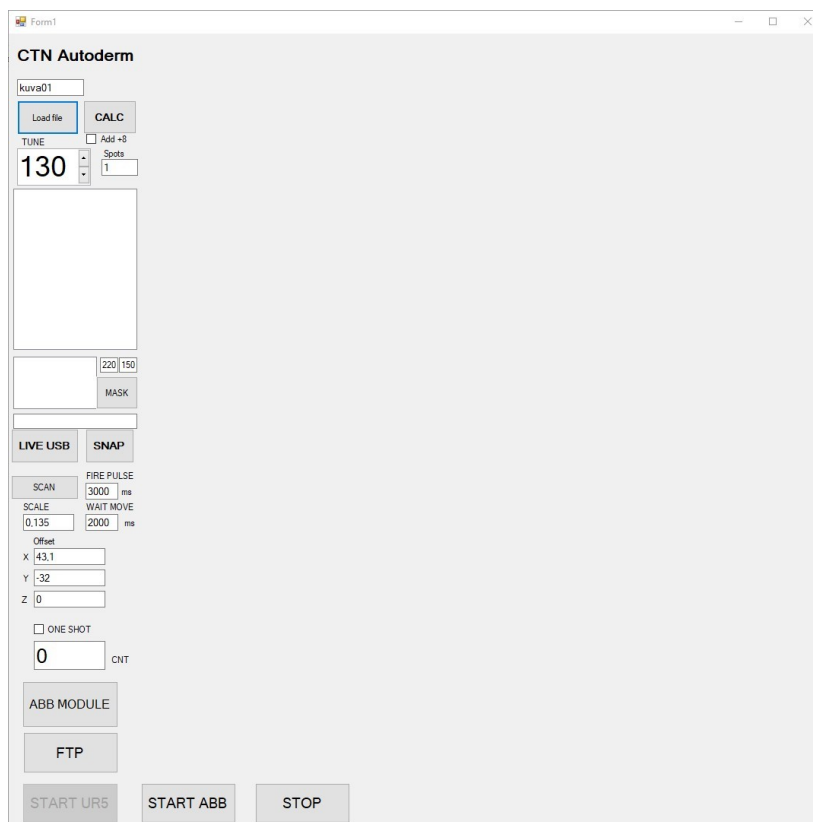
Logiikan ohjelman tehtävänä on toimia rajapintana robotin ohjelman ja antureiden välillä, jotta ohjelma voi laskea robotin hoitopään kulman sekä etäisyyden suhteessa tatuointipigmenttiä sisältävään ihoalueeseen.

## 5.4 Käyttöliittymä

LaserShot-ohjelma on toteutettu käyttäen Microsoftin Visual Studio -ohjelmointiympäristöä. Se on koko laitteiston aivot ja sitä käytetään laitteiston ohjaamiseen.

LaserShot-käyttöliittymästä ohjataan laitteiston toimintaa. Kamera tallentaa hoidettavasta alueesta kuvan, kun käyttöliittymästä painetaan ”Snap”-painiketta. Kuvasta rajataan alueet, jotka eivät sisällä tatuointipigmenttiä. Se muunnetaan ensin harmaasävyiseksi ja sitten mustavalkoiseksi. Ohjelman raja-arvoja säädetään ”Tune”-ruudun arvoa muuttamalla siten, että pigmenttiä sisältävä ihoalue näkyy mustana. Jotta ohjelma pystyy laskemaan polttopisteen, tulee hoidettavan kohdan olla vähintään neljän pikselin kokoinen. Seuraavaksi Painetaan ”Calc”-painiketta, jolloin ohjelma laskee kuvan ja annettujen parametrien perusteella laserin polttopisteet ja niiden avulla määrittää robotin toimintaan vaadittavat koordinaatit. Ohjelma siirretään robotin kontrollerille käyttäen FTP-yhteyttä valitsemalla käyttöliittymästä painike ”FTP”.

Käyttöliittymästä voidaan myös käynnistää ja sulkea robotti, tarkastella antureilta tulevaa dataa ja säätää laserpulssien tiheyttä, robotin liikenopeutta sekä polttopisteiden mahdollista päällekkäisyyttä. Ohjelma laskee kerralla polttopisteet vain pienelle osalle tatuointia ja hoidettavasta ihoalueesta tulee ottaa monta kuvaa, joiden yhteydessä sama prosessi toistetaan (kuva 12).



Kuva 12. LaserShot-ohjelman käyttöliittymä

## 6 Projektin päättyminen

Projekti pistettiin epävirallisesti jäähylle vuodenvaihteessa 2018–2019, kun projektissa käytettävä IRC5-robottia alettiin käyttämään CryoMask -kylmähoitonaamioiden valmistuksessa.

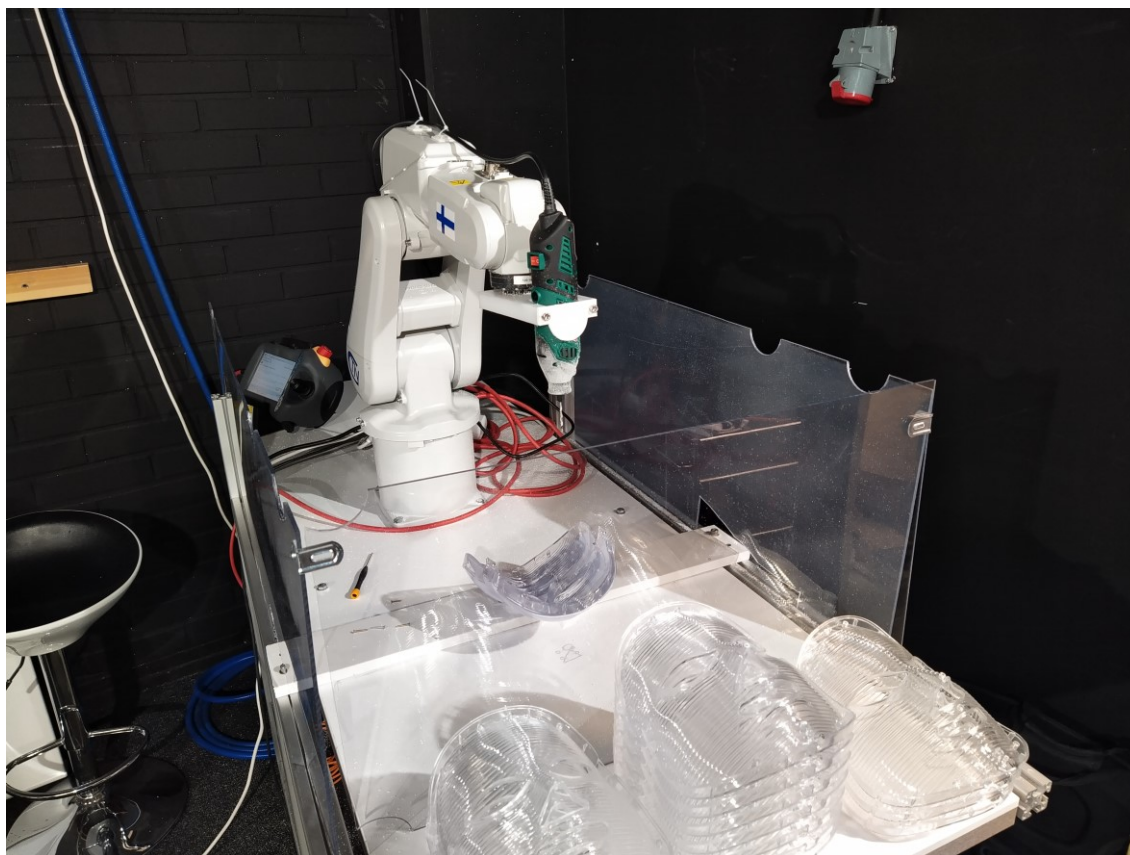
### 6.1 Syyt projektin päättymiseen

Projektin käsittelemää laitetta on kehitetty katkonaisesti viisi vuotta vaihtelevalla työntekijämäärällä. Vuodenvaihteessa 2018–2019 yrityksemme alkoi valmistaa uutta X°Cryo-nimistä kylmähoitolaitetta ja laitteen käyttöön vaadittavia applikaattoreita. Tämän takia yrityksemme prioriteetit muuttuivat ja työntekijöiden vastuualueita ja työtehtäviä määritettiin uudestaan. Tämän takia kyseinen projekti jätettiin pois tärkeysjärjestyksestä, ja

siirryin valmistamaan pääsääntöisesti CryoCabin tuotettamme ja tekemään kehitystyötä laitteen parissa.

## 6.2 Projektia seuranneet asiat

Projektin aikana tutustuin paremmin robottiin, sen kontrolleriin ja robotin ohjelmointiin, tämän takia pystyimme tehokkaasti hyödyntämään robottia porausasemana (Kuva 13).



Kuva 13. CryoMask-porausasema

Robottiin yhdistettiin 3D-tulostettujen osien avulla pora ja siitä tehtiin porausasema, jotta CryoMask-tuotteen valmistusta voitaisiin tehostaa. Suunnittelimme laitteeseen jiggin, jonka avulla pystymme nopeasti vaihtamaan porausasemassa käsiteltäviä kappaleita. Opetimme robotille uuden työkalun ja suunnittelimme ohjelman, joka poraa kappaleeseen tarvittavat reiät ja palaa tämän jälkeen kotipisteeseen.

Virallinen linjaus on, että projektia tullaan jatkamaan vielä tulevaisuudessa.

## Lähteet

Bernstein, Eric, F. 2007. Laser Tattoo Removal. Verkkoaineisto. NCBI <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2884836/> Luettu 26.11.2020.

BK5250 | DeviceNet “Compact” Bus Coupler. 2010. Verkkoaineisto. Beckhoff. [https://www.beckhoff.com/english.asp?bus\\_terminal/bk5250.htm](https://www.beckhoff.com/english.asp?bus_terminal/bk5250.htm) Luettu 26.11.2020.

Cognex: In-Sight Integrated Vision System (In-Sight 7000 Series). 2016. Verkkoaineisto. E-motionsupply. [https://www.e-motionsupply.com/product\\_p/in-sight-7000.htm](https://www.e-motionsupply.com/product_p/in-sight-7000.htm) Luettu 26.11.2020.

DeviceNet. 2017. Verkkoaineisto. Wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/DeviceNet> Luettu 26.11.2020.

E3Z-LL8. 2010. Verkkoaineisto. Farnell. <https://fi.farnell.com/omron-industrial-automation/e3z-ll86/sensor-20-300mm-laser-pnp-m8/dp/1909116?st=omron%20e3z-ll86> Luettu 26.11.2020.

Fitzpatrick, Richard E, MD; Goldman, Mitchel P. MD. 1994. Tattoo Removal Using the Alexandrite Laser. Verkkoaineisto. JAMA Dermatology <https://jamanetwork.com/journals/jamadermatology/article-abstract/556227?redirect=true> Luettu 26.11.2020.

IRB 120. 2010. Verkkoaineisto. ABB. <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-120> Luettu 26.11.2020.

IRC5C Compact. 2010. Verkkoaineisto. ABB. <https://new.abb.com/products/robotics/controllers/irc5c> Luettu 26.11.2020.

KL3464 | 4-channel analog input terminal 0...10 V. 2010. Verkkoaineisto. Beckhoff. [https://www.beckhoff.com/english.asp?bus\\_terminal/kl3464.htm](https://www.beckhoff.com/english.asp?bus_terminal/kl3464.htm) Luettu 26.11.2020.

KL9010 | End terminal. 2010. Verkkoaineisto. Beckhoff. [https://www.beckhoff.com/english.asp?bus\\_terminal/kl9010.htm](https://www.beckhoff.com/english.asp?bus_terminal/kl9010.htm) Luettu 07.12.2020.

LVDT Displacement Sensors | LVDT Position Sensors | Applied Measurements. 2018 Verkkoaineisto. Applied Measurements Limited. <https://appmeas.co.uk/products/lvdt-displacement-sensors/> Luettu 26.11.2020.

UA12BLD02PPM1TR. 2010. Verkkoaineisto. Digikey. <https://www.digikey.fi/product-detail/en/carlo-gavazzi-inc/UA12BLD02PPM1TR/1864-2179-ND/9485360> Luettu 26.11.2020.

UB400-12GM-U-V1. 2015. Verkkoaineisto. Elfadistrelec. <https://www.elfadistrelec.fi/fi/ultraaenianturi-30mm-400mm-10-pepperl-fuchs-ub400-12gm-v1/p/30123740?track=true&no-cache=true> Luettu 26.11.2020.

What is machine vision. 2020. Verkkoaineisto. Cognex. <https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/what-is-machine-vision> Luettu 26.11.2020.