Tampere University

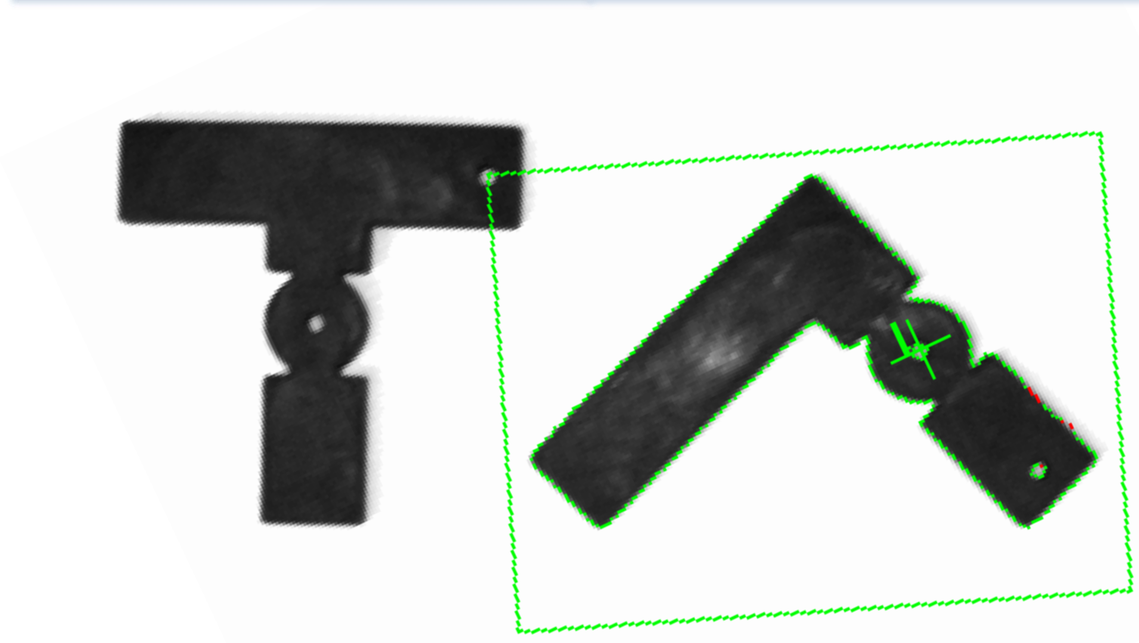
2D- konenäköön perustuva kasastapoimintasovellus

Johdanto

2D-konenäköön perustuva kasastapoiminta- sovellus on robotiikan ja teollisuusautomaation alalla käytetty ratkaisu, joka mahdollistaa robotin autonomisen toiminnan. Kasastapoimintasovelluksen tavoitteina on poimia kappaleita satunnaisesti järjestetystä kasasta, ja sijoittaa ne järjestellysti prosessin vaatimusten mukaisesti. Tällainen sovellus on erityisen hyödyllinen teollisuuden prosesseissa, jossa tarvitaan pienten tai keskisuurien kappaleiden tarkkaa ja nopeaa käsittelyä.

Kasastapoimintasovellus

Kasastapoimintasovellus käyttää hyväkseen kamerateknologiaa ja kuvankäsittelyalgoritmeja, joiden avulla robotti voi havainnoida ympäristöään ja siellä sijaitsevia esineitä. Kasastapoimintasovelluksen näkökulmasta oleellista tietoa ovat poimittavien kappaleiden sijainti, muoto ja orientaatio. Näiden tietojen perusteella voidaan kappaleille laskea optimaalinen tarttumisasento, sekä robotille törmäysvapaat liikeradat.



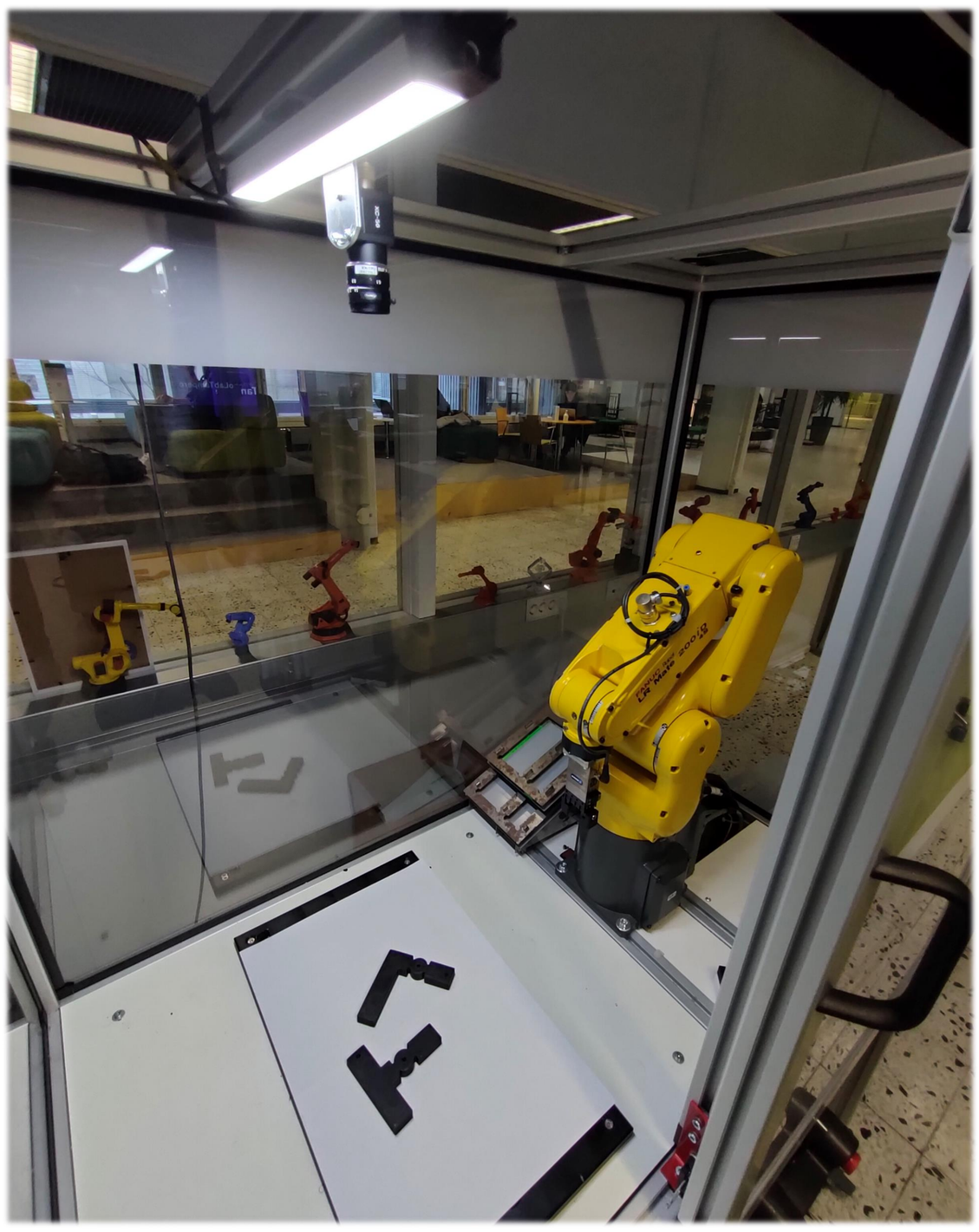
2D- konenäön tuomat edut

2D-konenäköön perustuva kasastapoiminta- sovellus mahdollistaa erilaisen teollisten prosessin tehostamisen. Automatisoitu kasastapoiminta voi lisätä tuotannon tehokkuutta ja tarkkuutta, parantaen tuotannon kilpailukykyä ja tuotteiden laadunvalvontaa.

- Robotin autonominen toiminta
- Nopea kappaleiden poiminta & sijoittelu
- Tarkka kappaleiden paikoittaminen
- Sopeutuvuus tuotannon muutoksiin
- Ihmisen altistuminen mahdollisesti vaarallisille tai hankalille työympäristöille vähenee

Työskentelysolu

Kappaleiden kasastapoimintaa demonstroidaan robotin eteen sijoitettujen kappaleiden avulla. 2D- kamera sijaitsee työskentelysolun katossa, suoraan kappaleiden yläpuolella. Sovelluksen kamerana on käytetty Sony XC-56- mustavalkokameraa ja robottina Fanuc ER-4iA.



Sovelluksen toiminta

Sovelluksen tehtävänä on tunnistaa ja paikantaa T- sekä L- kirjainten muotoisia kappaleita. Kappaleita poimiessa kappaleen tarkka orientaatio on erityisen tärkeää hyvän tarttumisotteen varmistamiseksi. Kappaleen paikantamisen jälkeen sovellus laskee robotille ltörmäysvapaat iikeradat kappaleen poimimiseksi.

Kappaleen tunnistus
- Kappale paikannetaan kuvasegmenteistä algorytmien avulla
- Paikallistettu kappale valitaan liikeratojen laskentaa varten

Liikeratojen laskeminen
- Käyttäjän asettamat rajoitteet, kuten kielletyt alueet sekä robotin akselien rajoitukset huomioidaan liikerataa laskiessa

Kappaleen poimiminen
- Robottiohjain vastaanottaa suunnitellun liikeradan
- Robotti toteuttaa ohjelmoidut toiminnot kappaleen tarttumista, poimimista sekä sijoittamista varten

TREDIH
TEKNOHUB
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tampereen yliopisto

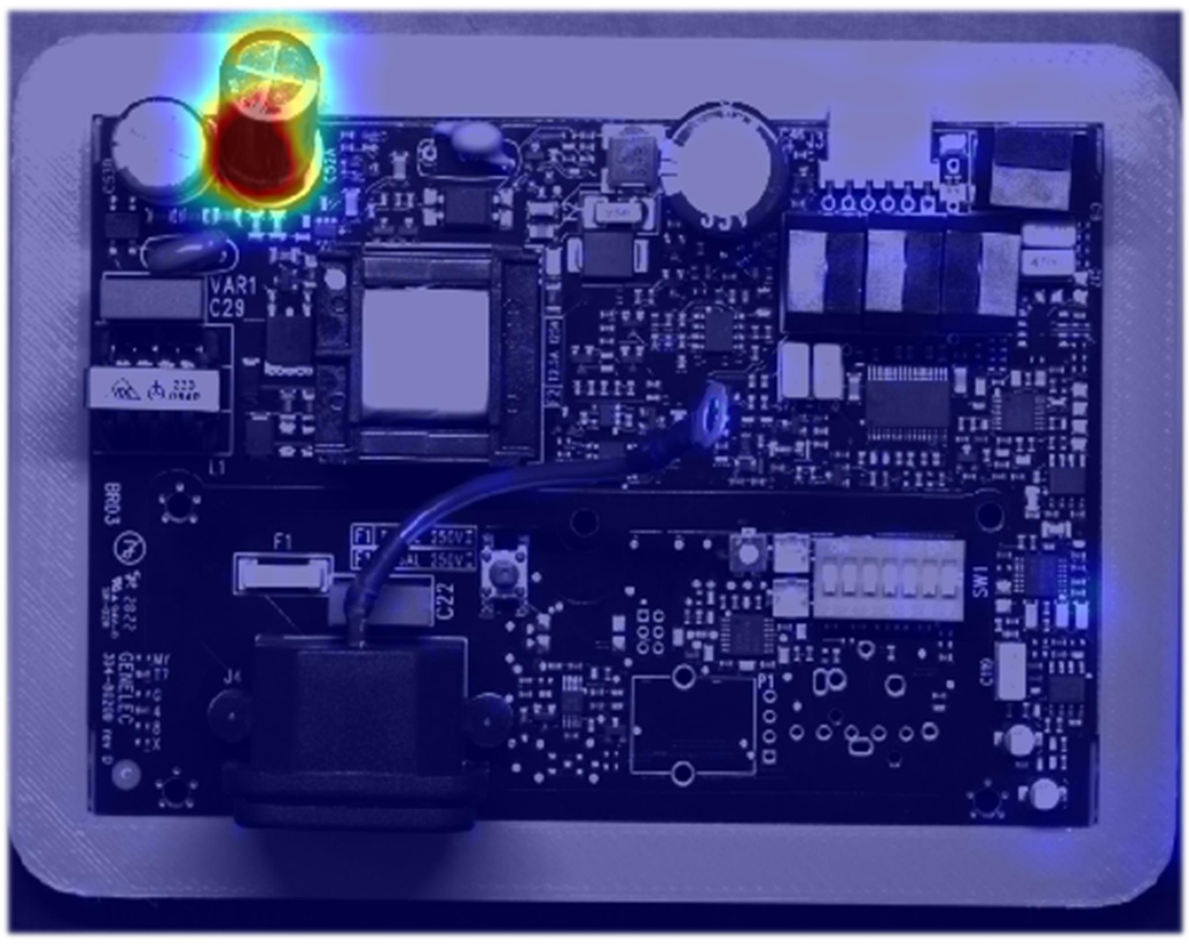
Koneoppimismalleihin perustuva Piirilevyjen laatutarkastus

Johdanto

Laadunvalvonta on tärkeä osa tehokasta ja suorituskykyistä tuotantojärjestelmää. Viime vuosina koneoppimisratkaisut ovatkin olleet ratkaisevassa asemassa laadunvarmistamisen tehostamisessa, koska ne kykenevät korkeaan tarkkuuteen ja voivat mukautua prosessimuutoksiin. Tässä sovelluksessa demonstroidaan koneoppimismalleihin perustuvaa laatutarkastelua, joka on toteutettu MVTec Halcon- konenäkö- ohjelmistolla.

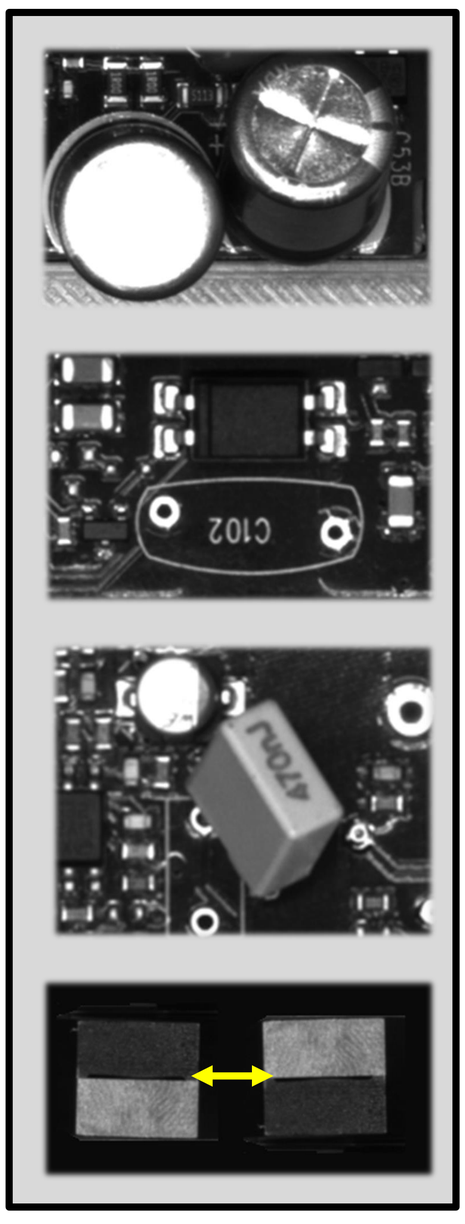
Koneoppimismallit

Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, joka perustuu algoritmeihin ja päätösten tekemiseen algoritmiin syötetyn datan perusteella. Koneoppimismallit ovat tehokas tapa käsitellä dataa, koska sääntöjä datan käsittelemiseksi ei tarvitse luoda käsin. Koneoppimisen algoritmit lähestyvät ongelmaa numeerisesti, etsien datassa olevia sääntöjä ja yhteyksiä. Koneoppimista voidaan soveltaa teollisuuden eri osa-alueilla esimerkiksi laadunvalvonnassa, poikkeamien havaitsemisessa, tai prosessien optimoimisessa.



Koneoppimisen tuomat edut

- Koneoppimismallit voivat havaita pieniä poikkeamia tai virheitä, jotka saattaisivat jäädä ihmiseltä huomaamatta.
- Laaduntarkastus suoritetaan samalla tavalla joka kerta.
- Reaaliaikainen laadunvalvonta.
- Helposti sopeutuva erilaisiin tuotteisiin, prosesseihin ja tuotantoympäristöihin
- Oppivat ja kehittyvät uuden datan perusteella.
- Voivat tunnistaa odottamattomia tai harvinaisia poikkeamia.



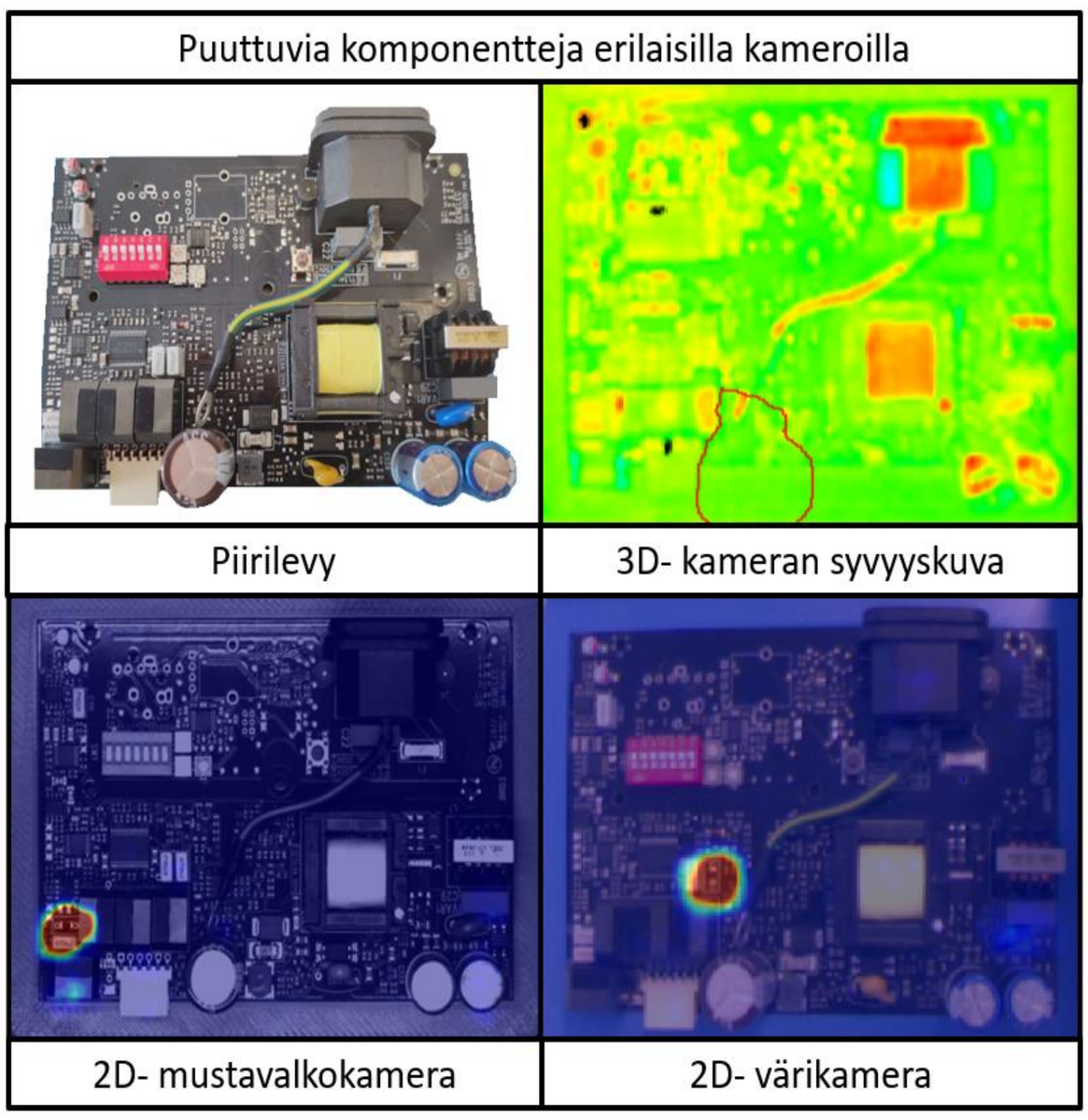
Sovelluksen konenäköjärjestelmä

Piirilevyjen laatutarkastelua tutkittiin kolmella erilaisella kameralla. Sovelluksessa käytetyt kamerat ovat Basler Blaze 101 (0.32 MPx 3D- kamera), Omron STCMSB500POE (5.0 MPx mustavalkokamera) sekä Basler AcA 1300-75gc (1.3 MPx värikamera).

Omron STCMSB500POE | acA1300-75gc | Basler Blaze 101

Laatutarkastus- sovellus

Koneoppimismallin kouluttamiseen käytettiin yhdeltä kameralta 200 referenssikuvaa hyvistä piirilevyistä, sekä 50 referenssikuvaa virheellisistä piirilevyistä. Näinkin pienen koulutusdatasetin avulla koneoppimismalli saatiin onnistuneesti tunnistamaan poikkeamia käsin ladotusta piirilevystä.



- **Datankeruu**: Koulutusdatan kerääminen, jolla laaduntarkkailusovellus koulutetaan tunnistamaan laatupoikkeamia
- **Mallin koulutus**: Koulutusdata prosessoidaan koneoppimismallin algoritmeilla, opettaen mallille miltä referenssikappale näyttää
- **Mallin arviointi**: Koulutetun koneoppimismallin suorituskykyä arvioidaan datalla, mitä malli ei ole käsitellyt mallin koulutusvaiheessa
- **Mallin virittäminen**: Koneoppimismallin parametrien säätö suorituskyvyn parantamiseksi.
- **Sovelluksen tarkkailu**: Koneoppimismallin toiminnan seuraaminen, päivittäen mallia uusilla tiedoilla tarpeen vaatiessa

TREDIH
TEKNOHUB
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tampereen yliopisto

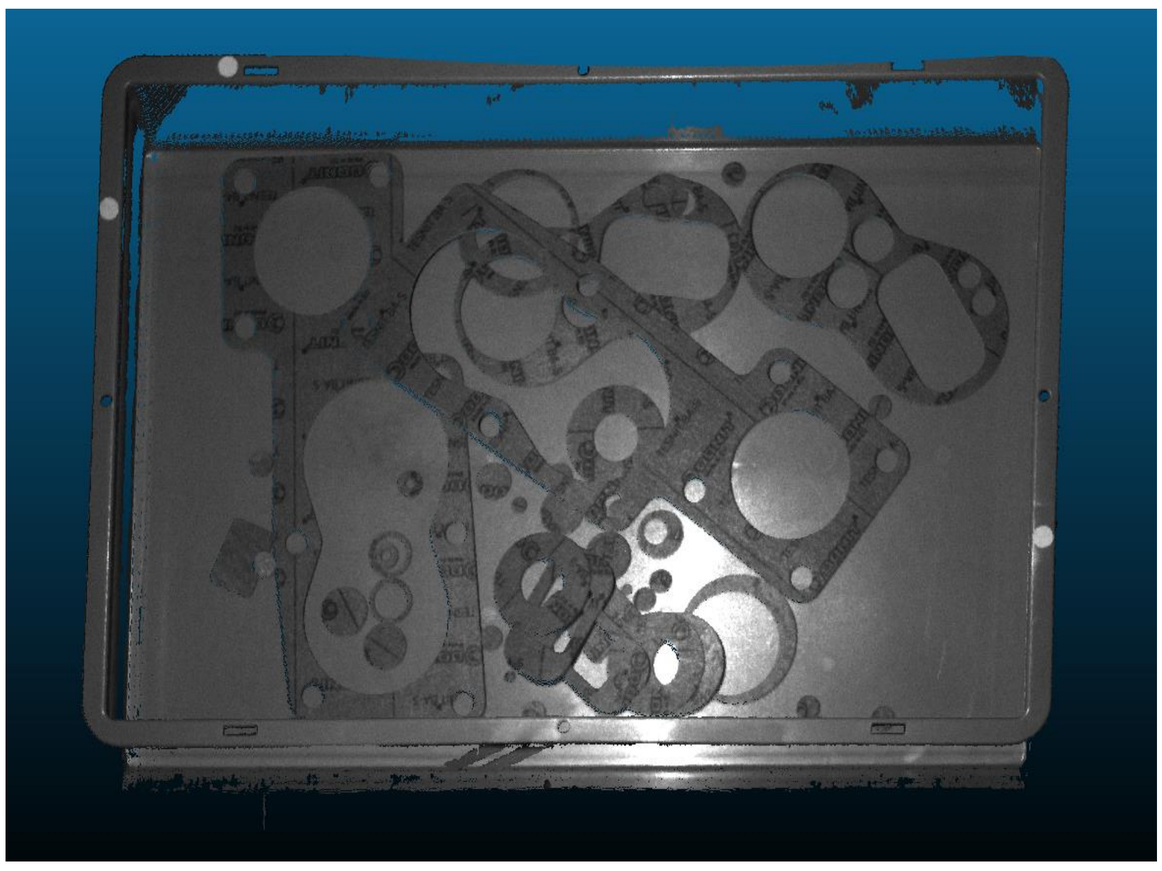
Koneoppimismallien hyödyntäminen tiivisteiden jälkikäsittelyssä

Johdanto

Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, joka perustuu algoritmeihin ja prosessoidun datan pohjalta tehtyihin päätöksiin. Koneoppimismallit ovat tehokas tapa käsitellä dataa, koska sääntöjä datan käsittelemiseksi ei tarvitse luoda käsin. Koneoppimisen algoritmit lähestyvät ongelmaa numeerisesti, etsien datassa olevia yhdenmukaisuuksia, sääntöjä ja yhteyksiä.

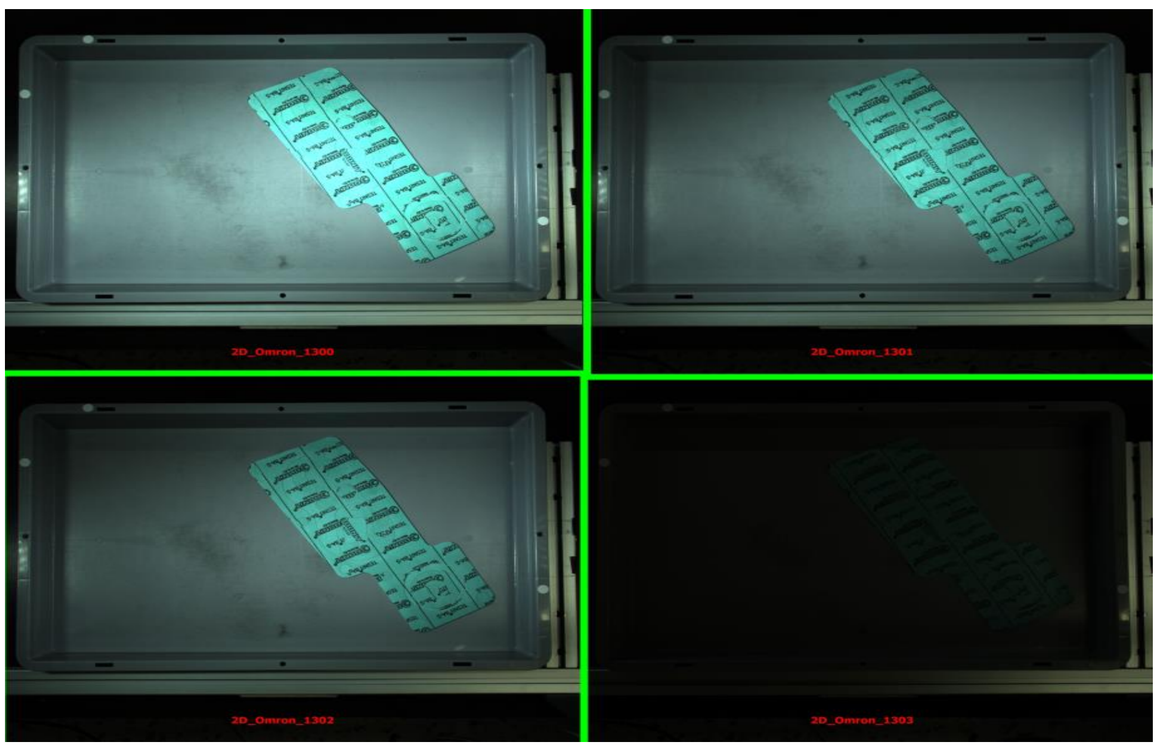
Koneoppimismallien käyttökohteet

Koneoppimista voidaan soveltaa teollisuuden eri osa-alueilla esimerkiksi poikkeamien havaitsemisessa, prosessien optimoimisessa, ennakoivassa kunnossapidossa, sekä laadunvalvonnassa. Tämä sovellus esittelee käyttökohteen tiivisteiden jälkikäsittelyssä, missä koneoppimismallia käytetään valmiiden tiivisteiden prosessoimisessa. Tämä sisältää valmiiden tuotteiden lajitteluun, erotteluun, sekä poimimiseen liittyviä toimenpideitä, jotka ovat aikaisemmin tehty käsin.



Datasetin ominaisuudet

Yksi tutkimuksen tavoitteista oli tutkia optimaalisen datasetin ominaisuuksia koneoppimismallien näkökulmasta. Valaistus oli tärkeä osa tehokasta konenäköjärjestelmää, koska tiivisteiden leikkauspintojen tunnistaminen tarvitsee kontrastieron näiden pintojen välillä. Laajan datasetin keräämiseksi, tutkimus suoritettiin usealla eri teknologioihin perustuvilla 2D- sekä 3D-kameroilla.

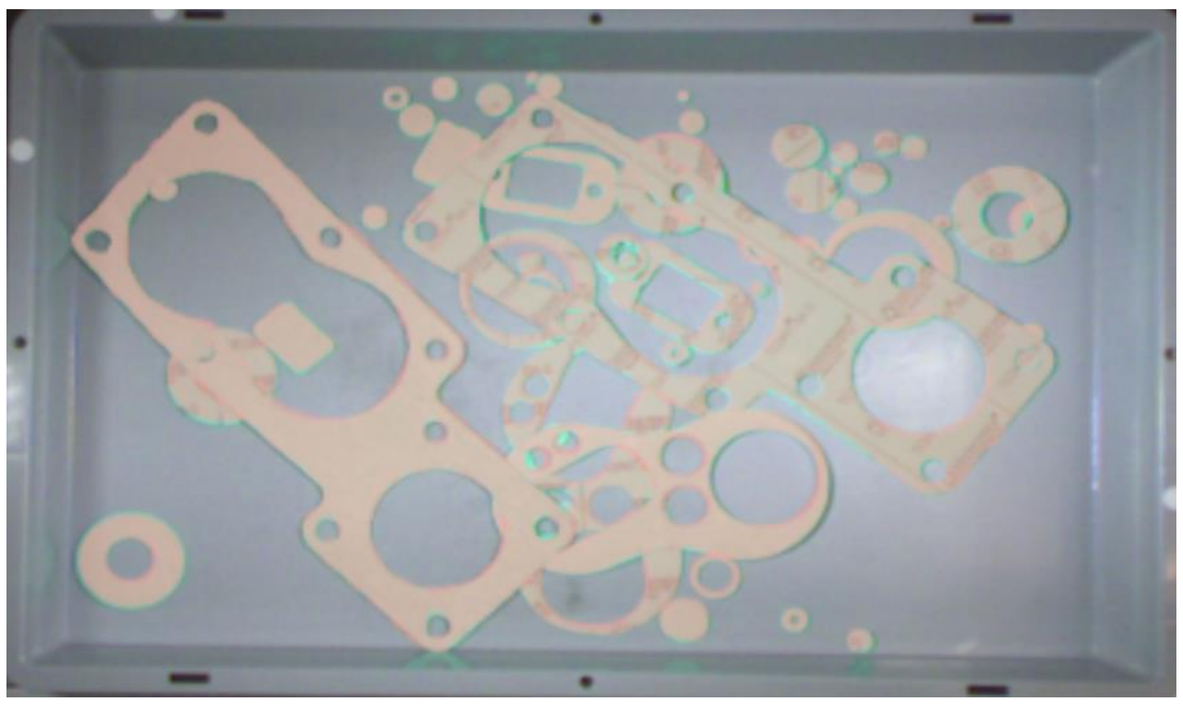


Tutkimuksen konenäköjärjestelmä

Tutkimuksen datasetin keräämisessä käytettiin kahta 2D-kameraa, jotka olivat Omron STCMSB500POE sekä Basler AcA 1300-75gc. Sovelluksessa käytetyt 3D-kamerat ovat Basler Blaze 101 (ToF), SICK Visionary t- mini (ToF), sekä Photoneo Phoxi Scanner M (Strukturoitu valo).

Datasetin käsittely

Datasettiä käsittelevät koneoppimismallit segmentoivat käsiteltävän kuvan, jonka avulla yksittäiset tiivisteet voidaan erotella toisistaan. Näistä eritellyistä tiivisteistä voidaan myöhemmin selvittää niiden sijainnit, ja laskea robotille liikeradat tiivisteiden jatkokäsittelemiseksi.



Datankeruu
- Koulutusdatan kerääminen, jolla koneoppimismalli koulutetaan tunnistamaan tiivisteitä

Mallin koulutus
- Koulutusdata prosessoidaan koneoppimismallin algoritmeilla, opettaen mallille miltä referenssikappaleet näyttävät

Mallin arviointi
- Koulutetun koneoppimismallin suorituskykyä arvioidaan datalla, mitä malli ei ole käsitellyt mallin koulutusvaiheessa

Mallin virittäminen
- Koneoppimismallin parametrien säätö suorituskyvyn parantamiseksi.

Sovelluksen tarkkailu
- Koneoppimismallin toiminnan seuraaminen, päivittäen mallia uusilla tiedoilla tarpeen vaatiessa

TREDIH
TEKNOHUB
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tampereen yliopisto

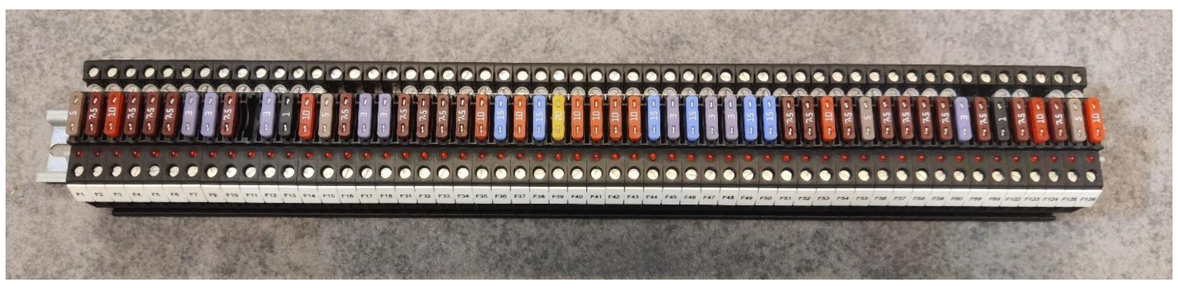
Liitinsarjan laatutarkastelu teollisen 2D-konenäkösovelluksen avulla

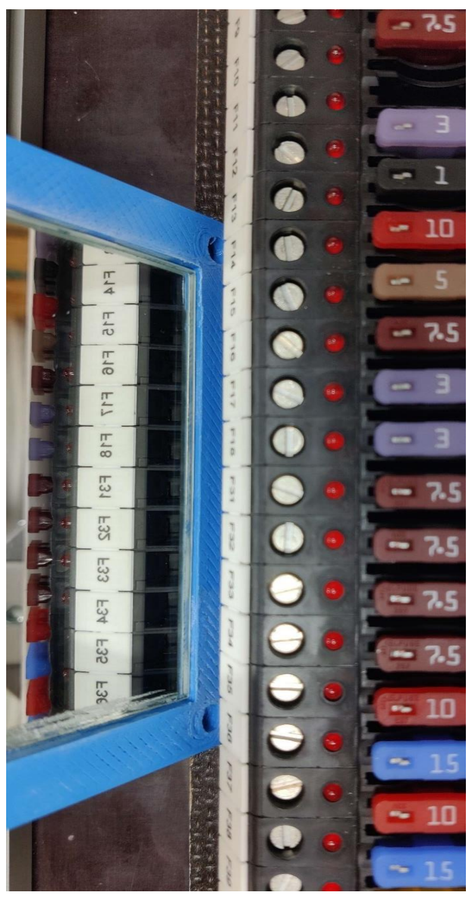
Johdanto

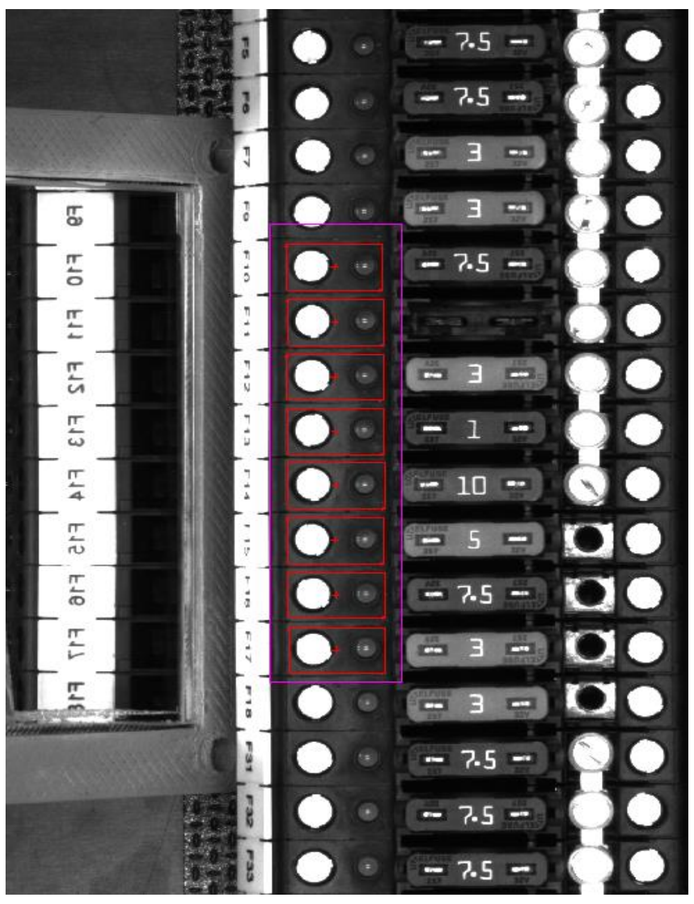
Laatutarkastelu on olennainen osa tuotantoympäristöä, jonka tavoitteena on varmistaa valmistettujen tuotteiden korkea laatu. Teolliset 2D-konenäkösovellukset ovat nousseetkin merkittäväksi osaksi laadunvalvontaa sekä tuotantoprosessien tehostamista. Perinteiset, ihmisten suorittamat tarkastusmenetelmät ovat alttiita inhimillisille virheille ja voivat rajoittaa monimutkaisten piirteiden tunnistamista. Teollinen 2D-konenäkösovellus pyrkii tarjoamaan ratkaisua näihin ongelmiin.

2D-konenäkösovellus

2D-konenäkösovellukset käyttävät kamerateknikkaa ja kuvankäsittelyalgoritmeja kappaleiden tarkastamiseen ja analysointiin kaksiulotteisista kuvista. Sovelluksen päätehtävinä on visuaalisen datan kerääminen ja käsittely, joka mahdollistaa erilaisten piirteiden tai virheiden havaitsemisen. Nykyaikaiset menetelmät kykenevät tunnistamaan monimutkaisiakin kuvioita ja saavuttamaan korkean tarkkuuden. Sovelluskohteita 2D-konenäkösovelluksille on teollisuudessa esimerkiksi laadunvalvonnassa sekä kappaleiden tunnistustehtävissä.

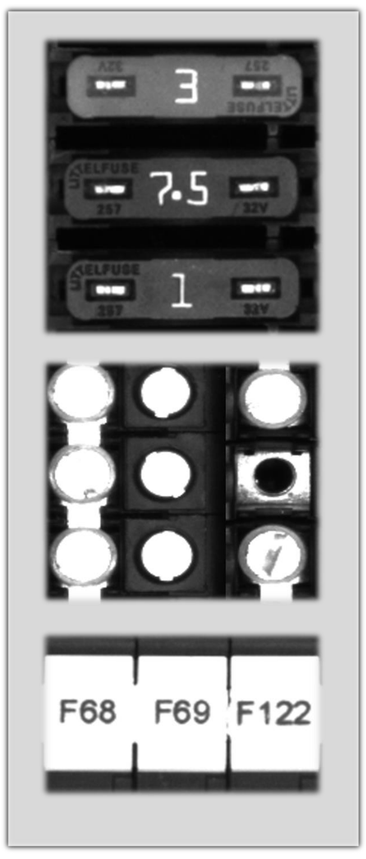






2D-konenäköjärjestelmän tuomat edut

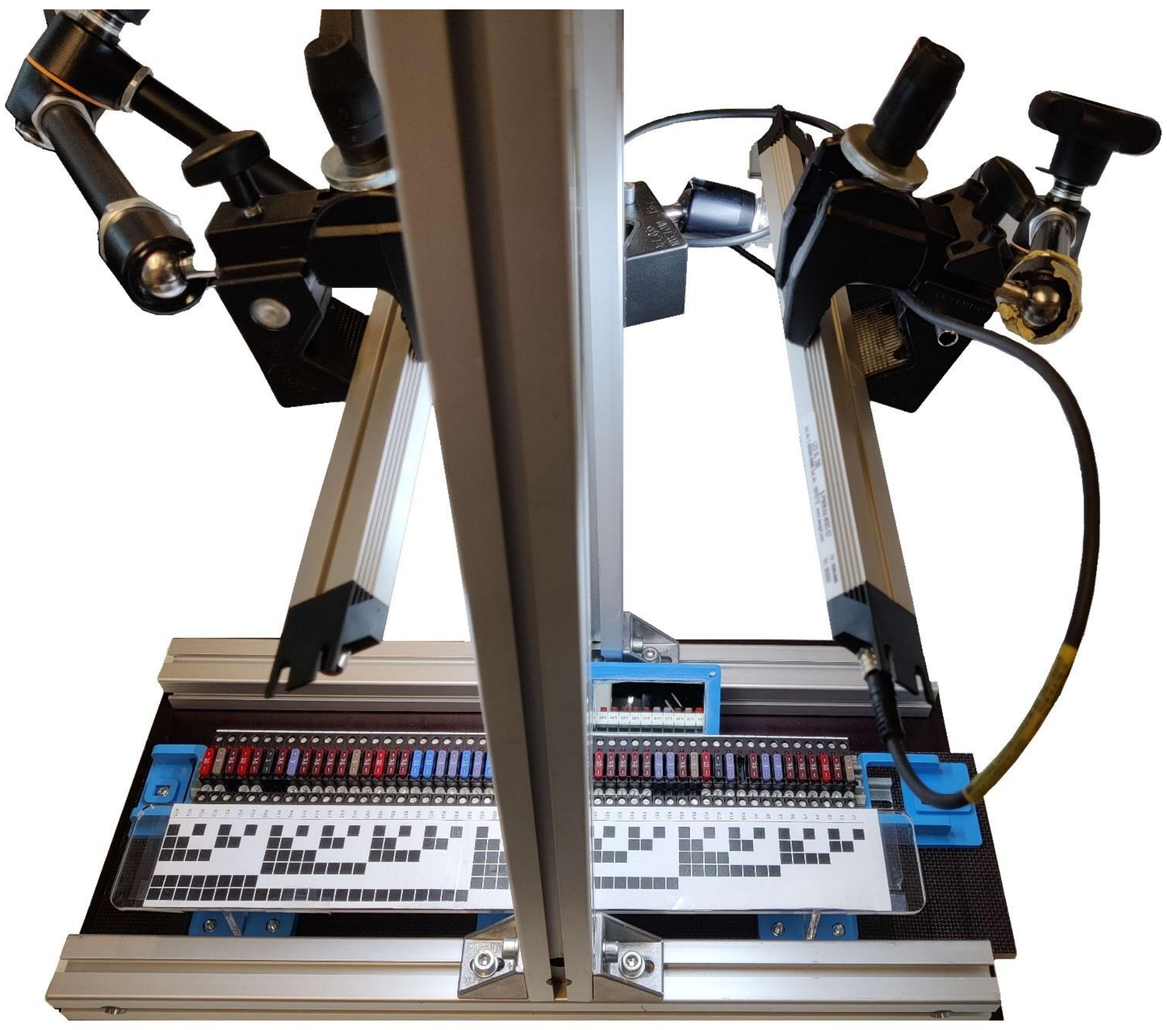
- Ne voivat havaita pieniä poikkeamia tai virheitä, jotka saattaisivat jäädä ihmiseltä huomiotta.
- Laaduntarkastus suoritetaan samalla tavalla joka kerta.
- Reaaliaikainen laadun-valvonta.
- Yksinkertainen käyttöönotto verrattuna koneoppimis-malleihin
- Kustannustehokas asennus ja -ylläpito



Sovelluksen konenäköjärjestelmä

Laaduntarkastelusovelluksessa käytettiin kamerana Omron STCMSB500POE (5.0 MPx) mustavalkokameraa, sekä National Instruments Vision Builder-konenäkösovellusta. Sovellus sisälsi myös valaistuselementit, joiden avulla mahdollistettiin tasainen valaistus koko liitinpakan alueella.

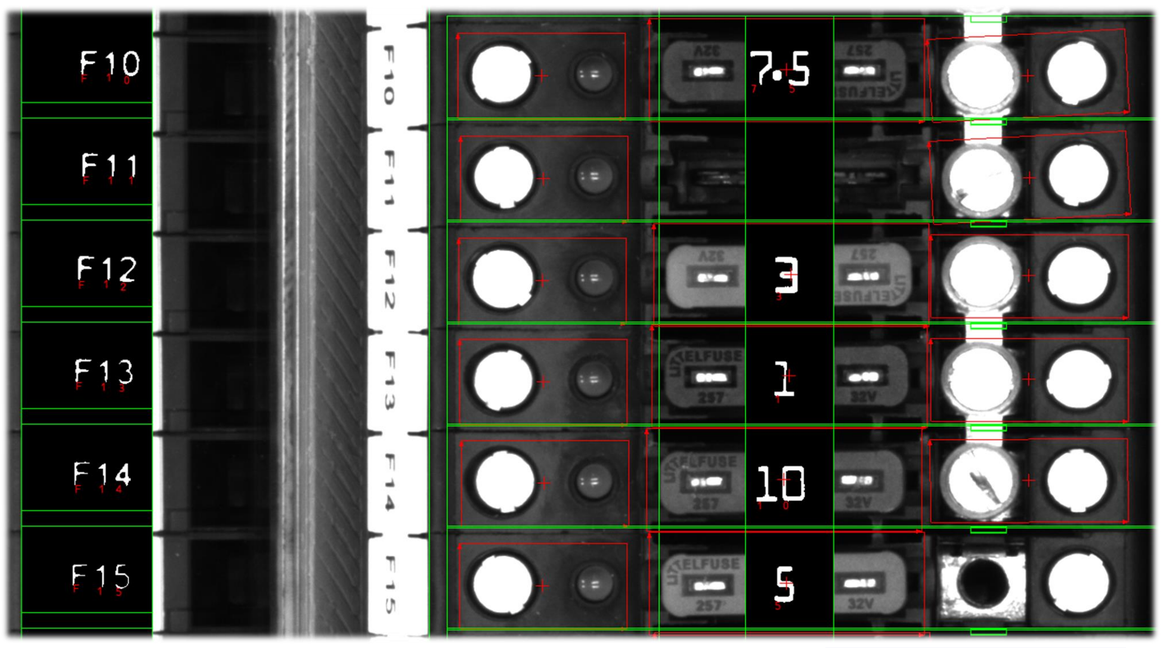
Konenäköjärjestelmä kiinnitettiin alumiiniprofiiliin, ja tarkasteltava liitinkomponenttipakka siirrettiin kameran alle tarkastelua varten. Sovellus kuvasi ≈8 riviliitintä kerrallaan, ottaen uusia kuvia liitinpakan siirtyessä.



Laaduntarkastussovellus

Laaduntarkastussovelluksen toiminta perustui pääasiassa kahteen erilaiseen konenäkösovelluksen työkaluun. Erilaiset piirteet, kuten ruuvit, riviliitinsillat, sekä LED- valot paikannettiin yhteensovittamistyökaluilla (pattern-matching). Nämä työkalut perustuvat opetettuun reunatietoon sekä intensiteettiin, jota työkalu käyttää referenssinä tunnistamistehtävissä.

Tekstin tunnistaminen, kuten sulakkeiden tyypin ja riviliitintunnuksen lukeminen perustui optisiin todentamistyökaluihin (OCR). Nämä työkalut perustuvat opetettuihin merkkinäytteisiin, mitä työkalu käyttää referenssinä merkkien tunnistamistehtävissä.



TREDIH

TEKNOHUB

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tampereen yliopisto

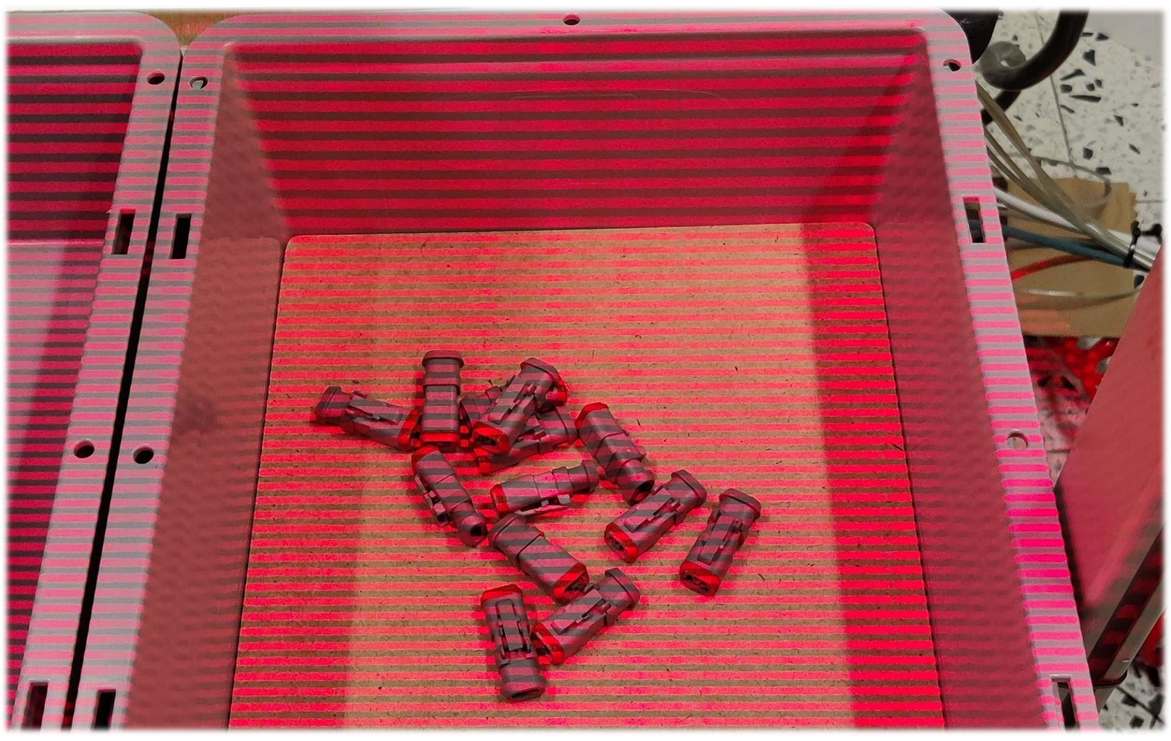
Strukturoituun valoon perustuva kasastapoimintasovellus

Johdanto

Kasastapoiminta on näkö- ohjatuissa robottijärjestelmissä käytetty menetelmä, jossa poimitaan robotin avulla satunnaisesti aseteltuja kappaleita laatikosta. Tämä sovellus on toteutettu Universal Robotics UR5- sarjan robotin sekä Photoneon Bin Picking Studion kanssa. Photoneo- järjestelmän tehtävänä on paikallistaa kappaleet sekä laskea liikeradat robotille, ja robotin tehtävänä on poimia sekä sijoittaa paikallistetut kappaleet.

Strukturoitu valo

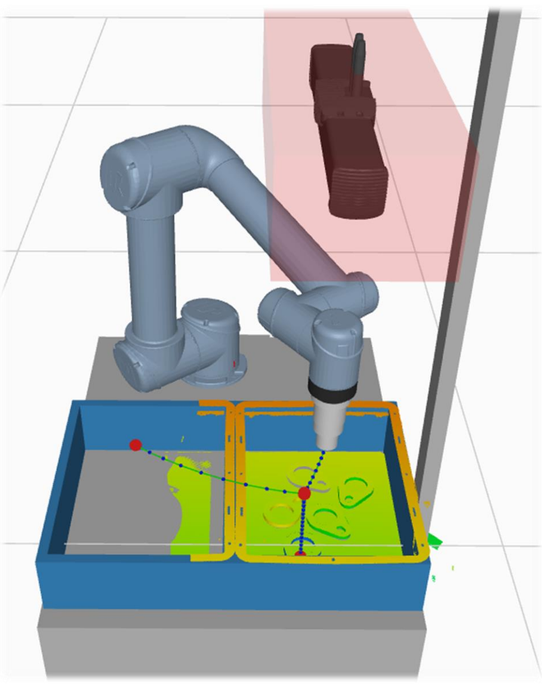
Strukturoitu valo- tekniikka perustuu koodattujen valokuvioiden heijastamiseen kuvattavalle alueelle, joka kuvataan samanaikaisesti valokuvioiden muuttuessa. Valokuviot on koodattu sekä suunniteltu siten, että kohtauksen jokainen yksittäinen pikseli voidaan yksilöidä sen vastaanottamien heijastuksien perusteella.



Kun kuvatun alueen pikselit on saatu yksilöityä, voidaan näiden kuvapisteiden sijainti kolmiopaikantaa ja esittää 3D-avaruudessa. Tämän avulla voidaan generoida 3D-pistepilvi, jonka avulla voidaan siten paikantaa kappaleita, ja laskea robotin liikeradat.

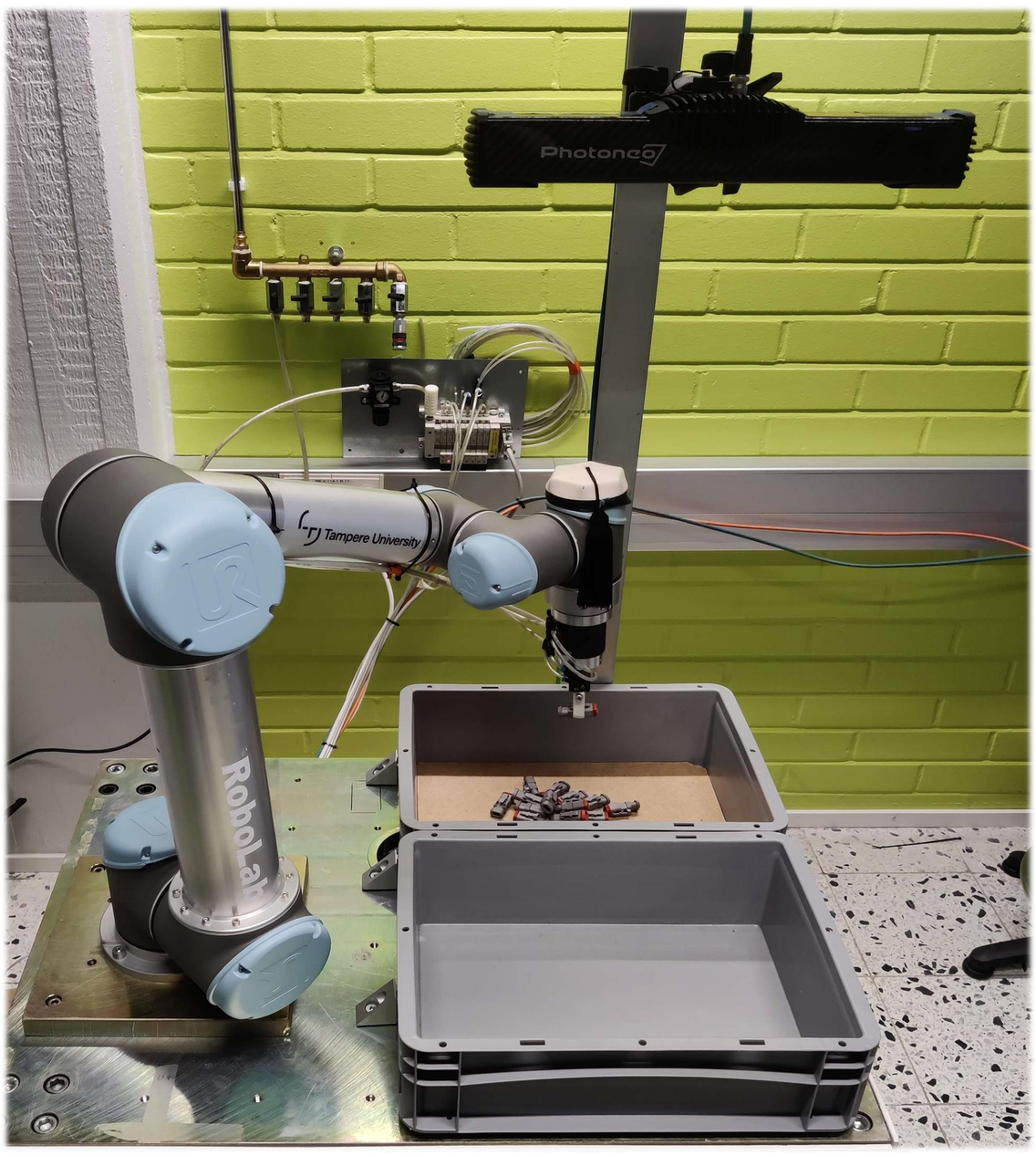
3D- konenäön tuomat edut

- Kolmannen ulottuvuuden lisääminen avaa mahdollisuudet erilaisten sovellusten, kuten kasastapoiminnan, laadunvalvonnan sekä robotin ohjauksen toteuttamiseen.
- 3D-konenäkö suoriutuu hyvin monissa erilaisissa valaistusolosuhteissa
- 3D-konenäkö suoriutuu hyvin kuvattavan kohteen kontrastista riippumatta



Työskentelusolu

Kasastapoimintasovellus on sijoitettu robotin eteen, jossa kappaleet poimitaan yhdestä laatikosta ja lajitellaan toiseen. 3D-syvyyskamera sijaitsee suoraan poimittavien kappaleiden yläpuolella, jotta koko työskentelyalue voidaan kuvantaa kerralla. Syvyyskamera on Photoneon Phoxi 3D-scanner M, jonka resoluutio on 3.2 MP (2064x1544 px)



Photoneo kasastapoiminta- ratkaisu

Photoneon kasastapoiminta- ratkaisu koostuu strukturoituun valoon perustuvasta 3D-skannerista, sekä kontrollerista, joka vastaa kappaleiden tunnistamisesta sekä liikeratojen laskemisesta. Photoneon ratkaisu on “Mallipohjainen”, joka edellyttää tunnistettavien kappaleiden 3D-malleja. Näitä malleja verrataan kuvatun pistepilven sisältöön, josta etsitään vastaavaisuuksia kappaleiden välillä. Tämän seurauksena voidaan kappaleen sijainti sekä orientaatio ratkaista algoritmien avulla.

Alustus
- Robottiohjain kutsuu Photoneo- järjestelmää paikallistamaan kappaleen ja laskemaan liikeradan

Kappaleen kuvaus
- Strukturoitua valoa heijastetaan kohteeseen
- Kohtauksesta luodaan 3D-pistepilvi

Kuvan segmentointi
- Pistepilvi jaetaan kuvasegmentteihin
- Jokainen kuvasegmentti sisältää yhden kappaleen

Kappaleen tunnistus
- Kappale paikannetaan kuvasegmenteistä algoritmien avulla
- Yksi paikallistettu kappale valitaan liikeratojen laskentaa varten

Liikeratojen laskeminen
- Käyttäjän asettamat rajoitteet, kuten kielletyt alueet sekä robotin akselien rajoitukset huomioidaan liikerataa laskiessa
- Törmäyksiä pistepilven kanssa ei sallita

Kappaleen poimiminen
- Robottiohjain vastaanottaa suunnitellun liikeradan
- Robotti toteuttaa ohjelmoidut toiminnot kappaleen tarttumista poimimista sekä sijoittamista varten

TREDIH
TEKNOHUB
Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Tampereen yliopisto

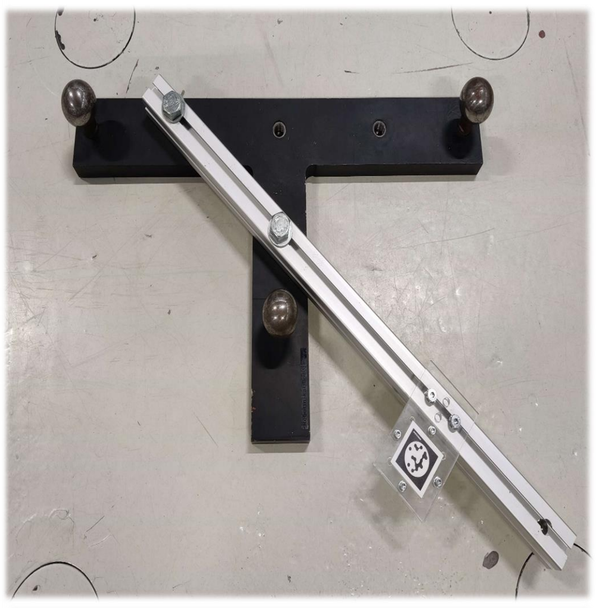
Yhteistyörobotin optinen paikoittaminen

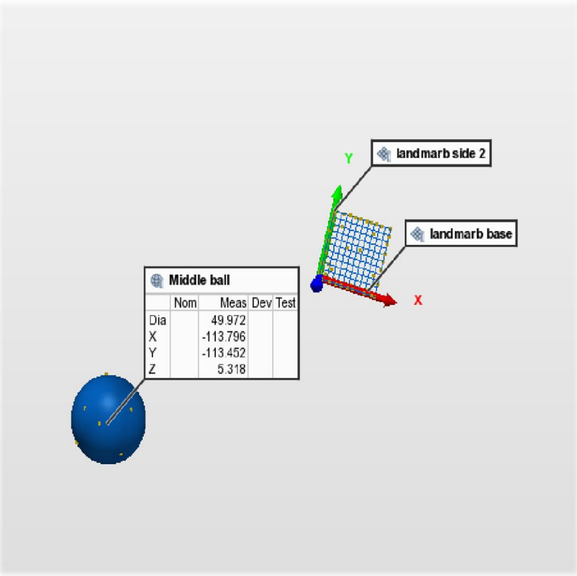
Johdanto

Robotin optinen paikoittaminen on tekniikka, joka mahdollistaa robotin sijainnin sekä suunnan määrittämisen käyttäen optisia antureita. Optinen paikoittaminen perustuu markkeriin ja optisen anturin keräämään datan prosessoimiseen, jonka avulla robotin koordinaatisto voidaan suunnata työskenneltävien kappaleiden tai ympäristön suhteen.

Robotin optinen paikoittaminen

Robotin optinen paikoittaminen käyttää markkeria ja optista anturia, yleensä kameraa, keräämään dataa robotin ympäristöstä. Tämä mahdollistaa robotin sijainnin ja suunnan määrittämisen, suhteessa paikallistettuun kohteeseen (markkeri). Robotin optista paikoittamista voidaan hyödyntää esimerkiksi teollisuusautomaatiossa ja logistiikassa, jossa se mahdollistaa luotettavan toiminnan automatisoiduissa tehtävissä.





Koordinaattimittalaite

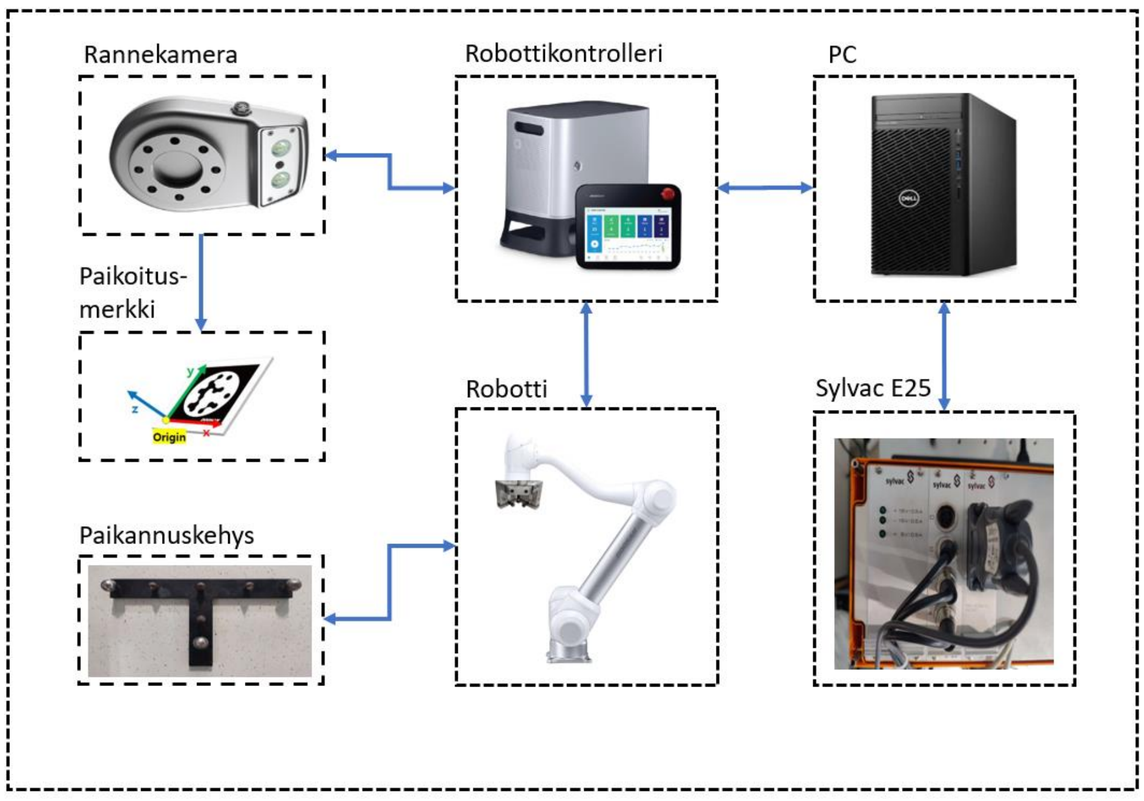
Koordinaattimittalaitetta käytetään mittaustehtäviin kolmiulotteisessa avaruudessa. Tämän sovelluksen mittalaitteen toimintaperiaate perustui kohdetta koskettaviin probe-antureihin, jotka mittaavat kohteen pinnanmuodot kappaletta koskettamalla. Tämän avulla voidaan eri kappaleiden välisiä suhteellisia etäisyyksiä mitata hyvinkin tarkasti.

Robotin optisen paikantamisen edut

- Optinen paikantaminen mahdollistaa tarkan ja toistettavan sijainnin määrittelemisen
- Optinen paikoittaminen voidaan toteuttaa nopeasti
- Optinen paikoittaminen toimii monenlaisissa erilaisissa ympäristöissä

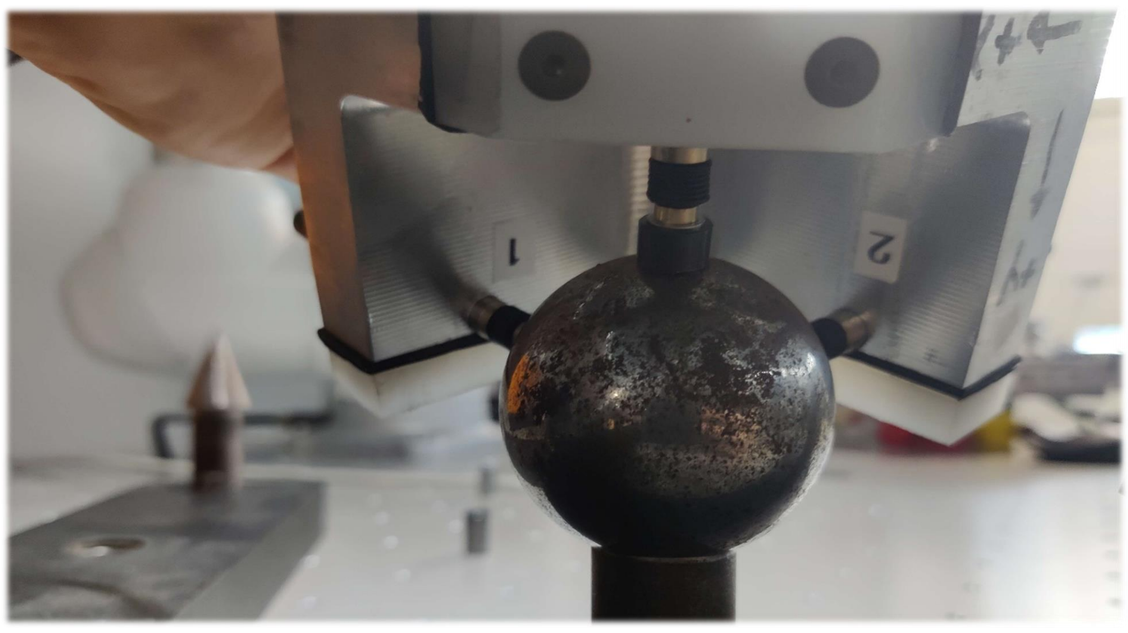
Robotin optinen paikoittamisjärjestelmä

Sovelluksessa käytettiin Doosan M1013 yhteistyörobottia, joka oli varustettuna rannekameralla. Rannekameraa käytettiin maamerkin/markkerin paikoittamiseen, jonka avulla robotin sijainti saatiin selville suhteessa tähän merkkiin. Maamerkin sekä paikoituskehyksen metallipallojen väliset suhteelliset etäisyydet selvitettiin Romer koordinaattimittalaitteen kanssa.



Optisen paikoittamisen tarkkuus

Sovelluksessa käytettiin Sylvac E25-signaalinkäsittelyjärjestelmää, jonka tehtävänä oli mitata robotin optista paikoittamistarkkuutta. Robotin paikallistettua paikoitusmerkin, ohjattiin robotti koskettamaan paikoituskehyksen metallipalloja. Sylvac-järjestelmän antureita käytettiin mittaamaan paikoitustarkkuutta mittalaitteen anturidataan perustuen, joita vasten metallipallot painautuivat mittaustilanteessa.



Tulokset

A

B

C

D

E

F

G

E

TREDIH

TEKNOHUB

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto