

Machine vision for robotic arm - Loppuraportti

Loppuraportti
Tieto- ja viestintätekniikka
Paavo Meri

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoitteet	1
3	Projektin eteneminen	2
3.1	Haasteet	2
4	Lopputulos ja jatkokehityskohteet	5
4.1	Jatkokehityskohteet	5
5	Opitut asiat	5
6	Itsearviointi	6

1 Johdanto

Tämä projekti keskittyy robotiikan ja konenäön soveltamiseen mosaiikkilaattojen lajittelussa. Tavoitteena on kehittää järjestelmä, joka voi lajitella mosaiikkilaatat värin perusteella asiakkaan tilausten mukaan. Tämä projekti käyttää RoboDK-simulaattoria testaamiseen, Python-ohjelmointia ja Dobot API:ta robottikäden ohjaamiseen sekä OpenCV-kirjastoa kuvantunnistukseen. Lisäksi projektissa käytetään monia muita kirjastoja, kuten Tkinteriä graafisen käyttöliittymän luomiseen ja NumPya matriisien käsittelyyn. Robottina toimii Dobot MG400 -robottikäsi.

2 Tavoitteet

Tavoitteena projektissa on kehittää järjestelmä, jonka avulla mosaiikkilaattoja myyvä kauppa voi syöttää asiakkaan tilauksen järjestelmään. Tämän jälkeen robottikäsi lajittelee oikean väriset laatat tilauksen mukaan. Ideaalisesti laattoja voisi olla jopa kahdeksaa eri väriä. Järjestelmän pitäisi myös varoittaa käyttäjää, jos oikean värisiä laattoja ei ole tarpeeksi tilauksen täyttämiseksi.

Lisäksi alun perin projektiin kuului myös toinen osa, jossa kauppaan voisi tulla tilaus 8x8 pikselitaideteoksen muodossa, ja järjestelmä pystyisi kokoamaan sen mosaiikkilaatoista. Tämä tavoite jäi pois, koska toinen ryhmän jäsenistä lähti heti projektin alussa, mikä johti siihen, että aikaa ei yksinkertaisesti riittänyt kaikkeen.

3 Projektin eteneminen

Projektin alussa tutustuttiin projektin aiheisiin ja tekniikoihin, sillä ne eivät olleet ennestään tuttuja. Esimerkiksi katsomalla RoboDK-simulaatio-ohjelman tutoriaalivideoita Youtubesta. Seuraavaksi projektin perusidea simuloitiin RoboDK:lla käyttäen sieltä löytyvää virtuaalista kameraa ja robottia. Tämän jälkeen siirryttiin oikean robotin ohjelmoimiseen. Aluksi opeteltiin käyttämään DobotAPI:ta ihan peruskomennoilla. Sitten otettiin mukaan imukuppi, jolla liikuteltiin laattoja ennalta määritetyistä koordinaateista.

Projektin seuraava vaihe oli kuvantunnistus, joka tehtiin OpenCV Python -kirjastoa käyttäen. Sen perusidea on, että se tunnistaa oikean värisen ja muotoisen kappaleen, jonka jälkeen se saa kappaleen keskipisteestä pikselikoordinaatit. Tämä oli mahdollisesti projektin aikaa vievin osuus johtuen haastavista olosuhteista verrattuna simuloituun. Kuvantunnistuksen ollessa tarpeeksi hyvä siirryttiin kameran ja robotin väliseen kalibrointiin. Tämä tapahtuu muunnosmatriisin avulla, joka saadaan vertaamalla tunnettuja pisteitä robotin koordinaatistosta kameran koordinaatteihin. Tässä kohtaa oltiin siinä pisteessä, johon simulointi lopetettiin.

Seuraavaksi alkoi toimintojen lisääminen ohjelmaan. Ensin vuorossa oli kalibroinnin automatisointi. Kalibrointi oli erittäin manuaalinen prosessi, mutta siitä tehtiin automaattisempaa siten, että robotti liikuttaa mosaiikkilaatan 20 tunnettuun pisteeseen sen toiminta-alueella ja jokaisesta pisteestä otetaan kuva kameralla. Sitten kameran koordinaateista ja robotin tunnetuista pisteistä lasketaan muunnosmatriisi.

Viimeisimpänä oli graafisen käyttöliittymän vuoro. Se parantaa ohjelman käytettävyyttä antamalla käyttäjälle helpon tavan valita, kuinka monta laattaa kutakin väriä tilauksessa on. Lopuksi siihen lisättiin livekuva kamerasta silloin, kun kalibrointi tai lajitteluohjelma eivät ole suoritusessa.

3.1 Haasteet

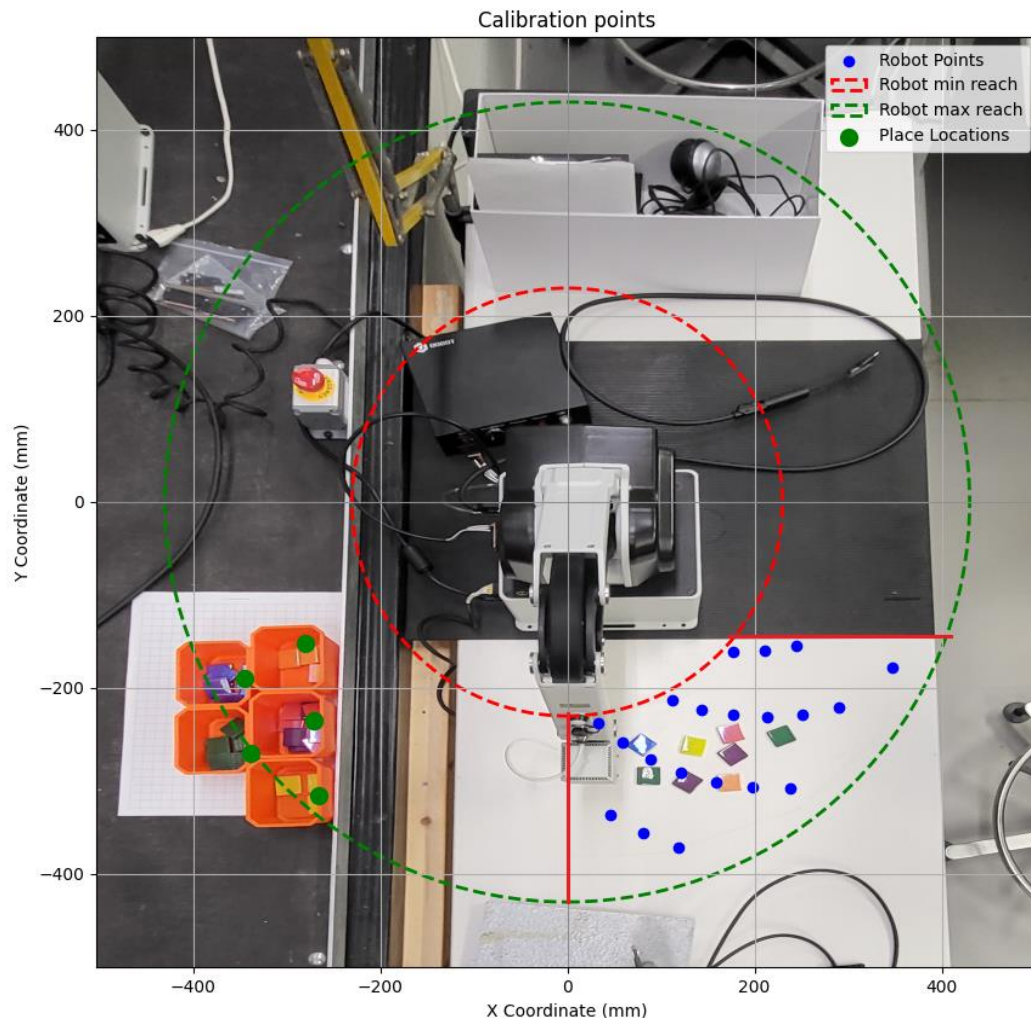
Projektin aikana tuli vastaan muutamia isompia haasteita ja ongelmia. Ensimmäisenä, toinen ryhmän jäsenistä joutui jättämään projektin kesken jo toisella viikolla saatuaan kesätöitä. Tämän takia projekti jäi yksin tehtäväkseni, eikä kaikkea keretty tehdä, suurimpana "Application 2" eli 8x8 pikselitaideosuus tehtävänannosta. Myös projektin viimeistely kärsi tästä ajan puutteen takia.

Toisena haasteena oli kuvantunnistus, joka oli yllättävän vaikeaa verrattuna simulaatioon. Robotin työalueella oli kohtia, joissa oli lähes mahdotonta tunnistaa mosaiikkilaatan väriä

koska kattovalaistus heijastui laatan kiiltävästä pinnasta ja kameran oli mahdotonta nähdä laattaa kunnolla. Myös ulkoa tuleva valo saattoi vaikuttaa kuvantunnistukseen. Esimerkiksi aurinkoisena päivänä valoa on enemmän ja mosaiikkilaattojen väri voi olla hieman erilainen. Sain ongelmat ratkaistua kompromissillä siten, että mosaiikkilaattojen poiminta-alue on rajoitettu alueelle, jossa valonheijastus ei ole niin suuri ongelma. Todellisessa käytössä tätä voisi parantaa siten, että robotti sijoitetaan tilaan, jossa valoa voidaan ohjata tarkasti tai asentamalla valonhajotin.

Yksi isommista haasteista oli myös robotin työympäristö. Robotti oli pienellä pöydällä, jonka liukas pinta aiheutti sen, että itse robotti ja mosaiikkilaatat eivät aina pysyneet paikallaan. Sain korjattua robotin liikkumisen laittamalla robotin alle kumisen alustan tai maton, ja mosaiikkilaattojen liikkumista voi minimoida esimerkiksi hidastamalla robotin liikkeitä. Robotin ahdasta tilaa en saanut korjattua, mutta se vain tarkoittaa sitä, että laattoja ei mahdu paljoa poiminta-alueelle samanaikaisesti. Tätä ongelmaa kasvattaa se, että osa alueesta on käyttökelvotonta valon heijastusten takia, ja robotin kantama on hieman pieni 25 mm x 25 mm kokoisille mosaiikkilaatoille. Kuva 1 havainnollistaa robotin työaluetta, ja siinä näkyy myös robotin kalibrointipisteet ("robot_points"), joiden alueella on poiminta-alue. Jos mosaiikki laatat ovat poiminta-alueen ulko reunoilla tai kokonaan ulkopuolella robotti joko ei yletä niihin tai se on epätarkka.

Kuva 1. Robotin työalue. Kuva vääristää koko suhteita hieman.



Haasteita ja kompromisseja oli myös graafisessa käyttöliittymässä. Halusin sovelluksen näyttävän live-videota koko ajan työalueesta, mutta koska kalibrointi ja pääskriptit tarvitsevat myös kameraa, live-kuva on saatavilla vain, kun mitään muuta ohjelmaa ei ole käynnissä. Silti siitä näkee esimerkiksi ennen pääkoodin suorittamista, kuinka monta laattaa on saatavilla. Tämän voisi korjata, vaikka toisella kameralla tai sitten näyttää käyttäjälle vain kuvia aina suoritusten välissä. Käyttöliittymä ei ole myöskään kovin viimeistelty ja siihen voisi lisätä ominaisuuksia.

Myös projektinhallinnassa oli haasteita, varsinkin liittyen robotin testaamiseen. Koska robottia oli pakko testata kampuksella ja en päässyt sinne joka päivä, päädyin tekemään isompia kokonaisuuksia kotona, kun en pystynyt testaamaan niitä. Sitten menin kerralla testaamaan ne mikä vaikeutti myös ongelmien korjaamista. Jos olisin voinut kirjoittaa rivin koodia ja heti testata sitä, olisin varmasti saanut paljon enemmän aikaan samassa ajassa.

4 Lopputulos ja jatkokehityskohteet

Lopputuloksena saatiin aikaan toimiva järjestelmä, joka pystyy lajittelemaan mosaiikkilaatat värin perusteella asiakkaan tilauksen mukaisesti. Kuvantunnistuksen viimeisin versio on tarkka ja luotettava. Robotin ja kameran välinen kalibrointi toimii hyvin, ja sen avulla voidaan määrittää mosaiikkilaattojen tarkat sijainnit kuvasta. Graafisen käyttöliittymän ansiosta käyttäjän on helppo syöttää yksinkertaisia tilauksia robotille.

4.1 Jatkokehityskohteet

Tässä projektissa riittää jatkokehityskohteita, varsinkin työympäristön ja laitteiden puolella. Kamera ja sen teline voisi olla parempia, työalusta voisi olla parempi, valaistus voisi olla parempi - kaikki nämä vaikuttavat koko järjestelmän luotettavuuteen. Työalueelle pitäisi olla paremmin merkitty poiminta-alue ja kalibrointikoodin alkupiste, johon käyttäjän tarvitsee sijoittaa kalibrointilaatta.

Ohjelmointipuolella, varsinkin käyttöliittymä kaipaisi lisää kehitystä. Se voisi antaa enemmän palautetta käyttäjälle esimerkiksi kalibroinnin tai lajittelun tilanteesta. Se voisi antaa tiedon saatavilla olevista mosaiikkilaatoista tekstimuodossa. Siinä voisi myös olla asetukset, joissa voi vaihtaa sovelluksen resoluutiota tai laattojen Z-arvoa, jos poiminta-alueella on vaikka alusta, joka muuttaa sen korkeutta suhteessa robottiin. Tietenkin käyttöliittymä voisi olla myös paremman näköinen.

5 Opitut asiat

Ennen tätä projektia minulla ei ollut osaamista robotiikasta tai konenäöstä, joten olen oppinut paljon uutta tietoa. Heti projektin alussa opin RoboDK-simulaattorin avulla robotiikan perusasioita. Opin myös ohjaamaan robottia Pythonin ja Dobot API:n avulla. Lisäksi sain tietoa erilaisista kalibrointimenetelmistä.

Konenäön osalta opin käyttämään OpenCV-Python-kirjastoa kuvantunnistukseen. Ensin opin tunnistamaan värien perusteella mosaiikkilaatan kuvasta, ja sitten opin keinoja vähentää valonheijastuksien aiheuttamia virheitä, esimerkiksi sumentamalla kuvaa. Opin myös ymmärtämään värimalleja, varsinkin HSV-värimallia ja sen eri versioita.

Projekti myös opetti minulle, kuinka tärkeä hyvä käyttöliittymä on vähänkään monimutkaisemmassa järjestelmässä, sen kautta opin myös käyttämään tkinter-kirjastoa Pythonilla.

6 Itsearviointi

Projektin tärkeimmät toiminnot onnistuivat hyvin ja saavutin tavoitteet. Perustoiminnot kuten kuvantunnistus ja laattojen lajittelu toimivat erittäin hyvin. Lopputulos olisi voinut olla viimeistellympi varsinkin, käyttöliittymän osalta mutta olen silti tyytyväinen projektin lopputulokseen.