



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne (kustantajan pdf).

Viite:

Luomanmäki, T. & Palomäki, T. 2020. Yhteistyörobotiikkaa Etelä-Pohjanmaalle. Teoksessa: P. Junell, J. Hirvonen, A. Sivula, H. Rasku & S. Saarikoski (toim.) SeAMK Tekniikan tutkimus, kehittäminen ja opetus rakentamassa alueellista innovaatioekosysteemiä. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 155, 83 - 105. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020091769971>



YHTEISTYÖROBOTIIKKA ETELÄ-POHJANMAALLE

Toni Luomanmäki, insinööri (ylempi AMK),
AmO, projektipäällikkö
SeAMK Tekniikka

Tomi Palomäki, insinööri (AMK) -opiskelija,
projektityöntekijä
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Yhteistyörobotiikka on erityisesti edellisen 10 vuoden aikana laajentunut ja kehittynyt teknologia, jonka ideologiset ja osittain teknisetkin juuret ovat kuitenkin jo 1990-luvulla. Yhteistyörobotiikka ei ole ehkä yleistynyt aivan siinä määrin, minkälaisia odotuksia teknologiaan kohdistettiin sen kaupallistumisen myötä. Kuolevas- ta teknologiasta ei ole kuitenkaan kyse, vaan teknologian valta- virtaistuminen ja perinteisen robotiikan osittainen syrjäyttäminen lienee tulevien vuosien aikana realismia. Yhteistyörobotiikkaa on ajateltu erityisesti pk-sektorille tuotannon tehokkuutta lisäävänä teknologiana sen joustavuuden, helppokäyttöisyyden ja verrattain edullisen kustannustason myötä. Lisäksi lisääntynyt keskustelu Industry 5.0 -kehyksestä ja sen perusajatuksesta, jossa ihminen ja kone toimivat tuotannossa saumattomasti yhdessä, lupaavat yhteistyörobotiikalle positiivista tulevaisuutta.

Etelä-Pohjanmaan yhteistyörobotiikan osaamista ja tietoisuutta edisti SeAMK Tekniikassa vuonna 2018 tammikuussa käynnistynyt Mixed Reality and Collaborative Robotics -hanke, jonka rahoittaja oli Pirkanmaan liitto. Hankkeen keskeisenä tavoitteena oli luoda

yhteistyörobotiikan ja mixed reality -teknologian demonstraatioympäristö, joka mahdollisti alueellisen osaamisen kehittymisen ja teknologiatiedonsiirron pk-yrityksiin. Lisäksi hankkeessa toteutettiin sosiaali- ja terveysalan robotiikan esiselvitys.

Artikkelissa käsitellään yhteistyörobotiikan historiaa, nykytilannetta ja tulevaisuutta. Lisäksi paneudutaan Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankkeen tuloksiin ja erityisesti hankkeessa kehitettyihin demonstraatioihin, joissa on sovellettu yhteistyörobotiikkaa ja sen liitännäisteknologioita hyvin laajalaisesti, jopa tekoälyä hyödyntäen.

2 YHTEISTYÖROBOTTIIKAN ALKU

Yhteistyörobotiikka kaikkine muotoineen on ollut viime vuosina paljon esillä ollut teknologia. Sen tavoitteena on nimensä mukaisesti tuoda robotiikkaa joustavasti ihmisen avuksi tai korvaamaan ihmisen tekemää työtä kokonaan. Yhteistyörobotiikka mahdollistaa ihmisen ja robotin turvallisen yhteistyön ilman perinteisen teollisuusrobotiikan turvavaatimuksia. Toisaalta nykyisellä teknologialla ei vielä päästä perinteisten teollisuusrobottien ominaisuuksiin esimerkiksi käsittelykapasiteetin ja -nopeuden osalta.

Yhteistyörobotiikan juuret ovat 1990-luvulla, jolloin yhdysvaltalainen Occupational Safety and Health Administration (OSHA) huolestui General Motorsin raskaista kokoonpanotehtävistä ja siitä, miten ergonomisiin asioihin yrityksessä suhtauduttiin. General Motorsin aloitteesta tutkimusryhmä aloitti Northwesternin yliopistossa kehitystyön, jolla tavoiteltiin kuorman käsittelyä keventäviä ratkaisuja. Tutkimusryhmä saavutti tuloksia ja kutsui ensin ratkaisuaan, joka mahdollisti käsiteltävän kappaleen liikettä ohjaavien, tietokoneohjauksella toteutettujen virtuaalisten rajoitetasojen luomisen ja edelleen käsittelykuorman kevenemisen, termillä "a programmable constraint machine". Nykyään näitä

laitteita, jotka ovat elektronisia kuorman keventimiä, kutsutaan termillä ”intelligent assist device”. (Pittman 2018.)

Tutkimusryhmä patentoi ratkaisun vuonna 1999 nimellä ”CO-BOTS”, ja abstraktissa sitä kuvataan seuraavasti: ”An apparatus and method for direct physical interaction between a person and a general purpose manipulator controlled by a computer”. Patentissa mainitaan ensimmäisen kerran termit ”collaborative robot” ja ”cobot”, joita käytetään myös nykyään. (US5952796A 1999.) Vaikka tuon ajan cobotit olivat hyvin erilaisia fyysiseltä rakenteeltaan ja osittain myös tarkoitukseltaan kuin nykyiset yhteistyörobotit, niin ajatus ihmisen ja koneen yhteistoiminasta ja ensiaskeleet sen teknisestä toteuttamisesta syntyivät juuri tuon tutkimusryhmän aikaansaamista tuloksista. Nykyään yhteistyörobotit toimivat rinnakkain ihmisen kanssa yhteisen päämäärän saavuttamiseksi, mikä poikkeaa huomattavasti alun apulainenäkökulmasta. Nykyaikaisten yhteistyörobottien kehitys on alkanut voimakkaammin 2000-luvun alkupuolella ja kiihtynyt edellisen kymmenen vuoden aikana siten, että nykyisin merkittäviä yhteistyörobotteja valmistavia yrityksiä on useita kymmeniä.

3 YHTEISTYÖROBOTIIKKA NYT JA TULEVAISUUDESSA

3.1 Yhteistyörobotiikan tilanne nykyään

Yhteistyörobotteja on ollut saatavilla jo useita vuosia, mutta vuonna 2018 myydyistä teollisuusroboteista vain 3,24 % oli yhteistyörobotteja. Toisaalta vuoteen 2017 verrattaessa myyntimäärissä kasvua oli 23 %. (International Federation of Robotics 2018.) Lisäksi Xiao (2020) arvioi markkina-analyyssissään, että yhteistyörobottimarkkina kasvaa 5,6 miljardiin dollariin vuonna 2027 kattaen 30 % koko robottimarkkinasta. Analyysin mukaan vuonna 2018 alan isoimmat yritykset olivat Universal Robots ja Techman

Robot, jotka synnyttivät 52 % koko yhteistyörobottimarkkinan liikevaihdesta. Keskeisimmät yhteistyörobottisovellusalueet olivat materiaalinkäsittely, kokoonpano ja erilaiset lavaussovellukset. Näiden seikkojen valossa voidaan arvioida yhteistyörobotisaation olevan nyt hyvin nousujohteista ja teknologiaa on alettu soveltaa laajasti ja ennakkoluulottomasti. Kehitystä rajoittanee talouden taantuma, joka on artikkelia kirjoitettaessa syventynyt voimakkaasti vallitsevan COVID-19-tartuntatautiepidemian vuoksi. Toisaalta epidemian jälkeinen aika voi tuoda uutta halua lisätä yhteistyörobotisaation astetta esimerkiksi teollisuuden ulkopuolisilla aloilla entistä enemmän.

Teknologisesti yhteistyörobotiikan sovelluskehitys on painottunut tarttujien ja erilaisten työkalujen kehittämiseen, koska pelkällä käsivarrella ei lisäarvoa voida tuottaa. Sensoriteknologian avulla yhteistyöroboteille on saatu kehitettyä voima- ja momenttitunnistamiseen pohjautuva kosketusaisti, joka laajentaa yhteistyörobottien sovellusmahdollisuuksia huomattavasti. Näköaistin yhteistyöroboteille mahdollistaa konenäköteknologia, joka on osassa tuotteita jo valmiiksi integroituna, mutta yhteistyörobotiikan avoimuuden ansioista niihin myös myöhemmin erilliskomponenteista toteutettavissa. Konenäköteknologia tuo joustavuutta yhteistyörobotiikkaan. Lukuisista yhteistyörobottivalmistajista ja käyttöliittymistä huolimatta jokaisella valmistajalla lienee tavoitteena kehittää mahdollisimman intuitiivisia käyttöliittymiä, että robotin ohjelmointi ja sillä operointi olisi mahdollisimman helppoa erilaisille loppukäyttäjille. Vaikka yhteistyörobotiikka itsessään ja sen liitännäisteknologiat ovat hyvin pitkälle kehittyneitä, ehkä loppukäyttäjät ja järjestelmäintegraattorit hakevat vieläkin kokemuksia siitä, mikä toimii käytännössä ja mikä ei. Sovelluksissa, kuten koneenpalvelu ja paletointi, kokemuksia on jo paljon ja nämä alkavat olla hyvin yleisiä sovelluksia teollisuudessa. Samalla vakiintuvat yhteistyörobottien turvastandardit edesauttavat sovellusten toteuttamista ja madaltavat yritysten kynnystä ottaa käyttöön yhteistyörobotteja.

3.2 Yhteistyörobotiikka tulevaisuudessa

Osittain jo nykyään ja varsinkin lähitulevaisuudessa myös yhteistyörobotiikassa sovelletaan tekoälyä teknologian tehostamisessa. Tekoälyn ja konenäön avulla voidaan laajentaa robotin kykyä havainnoida ympäristöä ja sen reagoitua siihen. Koneoppimisen avulla voidaan laajentaa robotin tunnistus- ja tartuntamahdollisuuksia epäsäännöllisiin kappaleisiin, kuten muovipakkauksiin tai hedelmiin. Robottiprosessia voidaan optimoida anturidatan ja tekoälyn perusteella siten, että optimoidaan virrankulutusta ja liikeratoja, toteutetaan ennakoivaa huoltoa perustuen tekoälyanalyysiin ja ylemmällä tasolla voidaan optimoida koko tuotantoa. Tulevaisuudessa robotteja voidaan opettaa eleillä tehokkaasti tai useat robotit voivat oppia jopa yhdessä suorittamaan jonkun tietyn tehtävän. Tekoäly tulee osaltaan moninaistamaan yhteistyörobotiikan sovellettavuutta, parantamaan käyttöä tehokkuutta ja lisäämään energia- ja kustannussäästöjä. (International Federation of Robotics 2018.)

On kulunut noin vuosikymmen, kun teollisuudessa ja tutkimuksessa alettiin puhua Industry 4.0 -mallista, joka tulisi toimimaan viitekehyksenä ja ajurina teollisuuden seuraavalle vallankumoukselle. Nyt vuosikymmen myöhemmin osa teollisuudesta toteuttaa tuon näkemyksen mukaista ajattelua ja on aktiivisesti pyrkinyt kulkemaan sitä kohti, mutta ehkä teollisuus kokonaisuutena on vasta puolimatassa Industry 4.0 -vision täytäntöönpanossa. Osa ei ole edes aloittanut, mutta osa on jo hyvin pitkällä näissä asioissa. Puhtaasti sellaista Industry 4.0 -vision mukaista ajattelua, jossa tuotanto on itseorganisoituvaa, massakustomoinnin mahdollistavaa, energia- ja resurssitehokasta ja toimitusverkototasolla läpinäkyvää, ei toteuta kovinkaan suuri joukko yrityksiä, varsinkaan pk-sektorilla. Huolimatta Industry 4.0 -vallankumouksen keskeneräisyydestä on varsinkin sähköisissä alustoissa alettu jo pohtia Industry 5.0 -visiota ja sen sisältöä. Yhtenä perusajatuksena vaikuttaa olevan ihmiskeskeisyys ja ihmisen roolin

palauttaminen tuotantoon saumattomaan yhteistyöhön koneiden kanssa. Massakustomointi tulee olemaan edelleen suuressa roolissa, koska arvioidaan, että räätälöintitarve tulee lisääntymään ja asiakkaat haluavat ostaa jopa osittain käsityönä toteutettuja uniikkeja tuotteita. Tämän toteuttamiseen vaaditaan ihmisten ja koneiden saumatonta yhteistyötä ja mikäli suunta on tulevaisuudessa tämä, yhteistyörobotiikka tulee olemaan yksi avainteknologioista tällaisten tuotantovaatimusten toteuttamisessa.

4 YHTEISTYÖROBOTIIKKA ETELÄ-POHJANMAALLE

Vuoden 2018 alusta Seinäjoen ammattikorkeakoulussa käynnistyi Pirkanmaan liiton rahoittama (Etelä-Pohjanmaan Liiton käsittelemä) Mixed Reality and Collaborative Robotics -EAKR-hankepari (investointi ja kehitys), joka päättyy toukokuussa 2020. Hankkeen kaksi keskeisintä tavoitetta olivat yhteistyörobotiikan ja mixed reality -teknologian demonstraatioympäristön rakentaminen SeAMK Tekniikkaan ja edelleen yritysaktivointi ja tiedonlevitys hankkeen demonstraatioympäristön teknologioiden osalta. Lisäksi hankkeessa toteutettiin SeAMK Sosiaali- ja terveysalan toimesta esiselvitys robotiikan hyödyntämisestä alalla sekä eteläpohjalaisten hyvinvointialan yritysten tarpeista ja valmiuksista robotiikan hyödyntämiseksi toiminnassaan.

Demonstraatioympäristön yksi lähtökohta oli liikuteltavuus, koska hankkeen tiedotustoimissa oli mm. kuusi pop up -tapahtumaa ympäri maakuntaa, joten laitteiston tuli olla liikuteltavaa. Lisäksi tällöin laitteisto olisi mahdollista viedä tarvittaessa yritysten tiloihin. Hankkeen aikana investoitiin mm. kahteen yhteistyörobottiin lisälaitteineen ja mobiilirobottiin. Yhteistyörobotit integroitiin liikuteltaviin pöytiin kuvan 1 mukaisesti, jolloin niitä oli vaivaton liikutella ja lisäksi pöytiin oli mahdollista rakentaa erilaisia demonstraatioita.



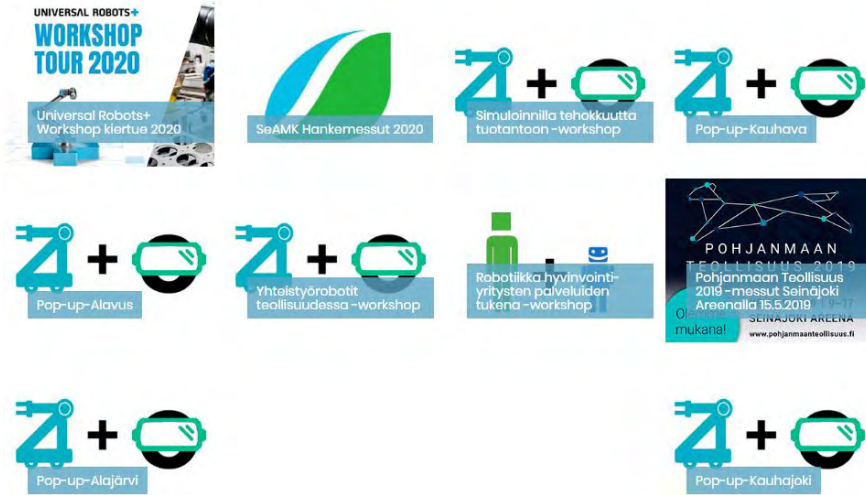
Kuva 1. SeAMK Tekniikan yhteistyörobotiikan demonstraatioympäristö.

Hankkeen tiedotuksen ja yritysaktivoinnin ytimen muodostivat järjestetyt pop up -tapahtumat, osittain yrityslähtöiset teknologiademonstraatiot, työpajat, artikkelit ja muut sidosryhmätapaamiset. Artikkelia kirjoitettaessa suurin osa tiedotustoimista oli toteutettu kuvan 2 mukaisesti, mutta vallitsevan COVID-19-epidemian vuoksi muutama tapahtuma peruuntui.

Tulevat tapahtumat



Menneet tapahtumat



Kuva 2. Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankkeen tiedotustapahtumia.

Kokonaisuutena Mixed Reality and Collaborative Robotics -hankepari on lisännyt alueellista osaamista ja tietoisuutta teknologiasta. Tapahtumissa on vierailut kymmeniä yrityksiä ja niiden edustajia moninkertainen määrä. SeAMK Tekniikkaan rakennettu demonstraatioympäristö jää hankkeen jälkeen palvelemaan SeAMKin yritysliittöistä TKI-toimintaa ja opetusta.

5 YHTEISTYÖROBOTIIKAN DEMONSTRAATIOT

Demonstraatioympäristössä on toteutettu eri teknologioita hyödyntäviä yhteistyörobotiikka demonstraatioita, joilla voidaan

antaa esimerkkejä, miten yhteistyörobotteja voidaan hyödyntää tuotannon automatisoinnissa, sekä miten eri teknologiota kuten neuroverkot voidaan yhdistää yhteistyörobotiikkaan. Kaikista demonstraatioista löytyy videojulkaisu Seinäjoen ammatti-korkeakoulun YouTube-kanavalta.

Demonstraatiot antavat vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin

1. Miten voin käyttää yhteistyörobotin voima- ja momenttianturia hyödyksi kokoonpanossa, paikoituksessa sekä asennuksen onnistumisen validoinnissa?
2. Miten voidaan parantaa hiontasovelluksessa hionnan laatua käyttäen voima- ja momenttianturia?
3. Onko mobiilirobotilla mahdollista laajentaa käsivarsi robotin toiminta-aluetta?
4. Miten voidaan erotella samanmuotoiset ja -väriset kappaleet toisistaan robotin voima- ja momenttianturin avulla?
5. Voidaanko toteuttaa erilaisten robottien (mobiili ja käsivarsi) keskitetyn ohjaamisen itse ohjelmoidulla sovelluksella ja millainen on toteutuksen rakenne?
6. Millaisia vaiheita tarvitaan, mikäli halutaan optimoida energian kulutusta tuotantolaitteessa neuroverkolla?
7. Millainen vaihtoehto generatiivinen suunnittelu on imukuppitarttujan rungon suunnittelussa?
8. Onko mahdollista toteuttaa punnitussovellus neuroverkkoalgoritmin avulla käyttäen robotin voima- ja momenttianturia?

5.1 Kokoonpano voimaohjausta hyödyntäen

Demonstraatiossa asennetaan yhteistyörobotilla kaksi johdonsuojakatkaisijaa DIN-kiskoon käyttäen voima- ja momenttianturia paikoitukseen sekä asennuksen onnistumisen todentamiseen.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatioissa toteutettiin, olivat:

1. DIN-kiskon asemointi voima- ja momenttianturin voimantunnistusta hyödyntäen asemointihyllyssä
2. DIN-kiskon asemointi voima- ja momenttianturin voimantunnistusta hyödyntäen kokoonpanoasemalle
3. Operaattorin sekä robotin yhteistyö
4. Johdonsuojakatkaisijan asennuksen validointi.



Kuva 3. DIN-kiskon asemointi asemointihyllyyn.

5.2 Hiontasovellus voimaohjausta hyödyntäen

Demonstraatiossa yhteistyörobotilla hiotaan materiaalitesta-uksen näytepalan pinta hiontalaitteella. Yhteistyörobotti painaa kappaletta vakiovoimalla, jonka voima- ja momenttianturi mahdollistaa, jolloin pinnasta tulee tasalaatuinen.



Kuva 4. Kappaleen hionta 3 N voimalla.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatiossa toteutettiin, olivat:

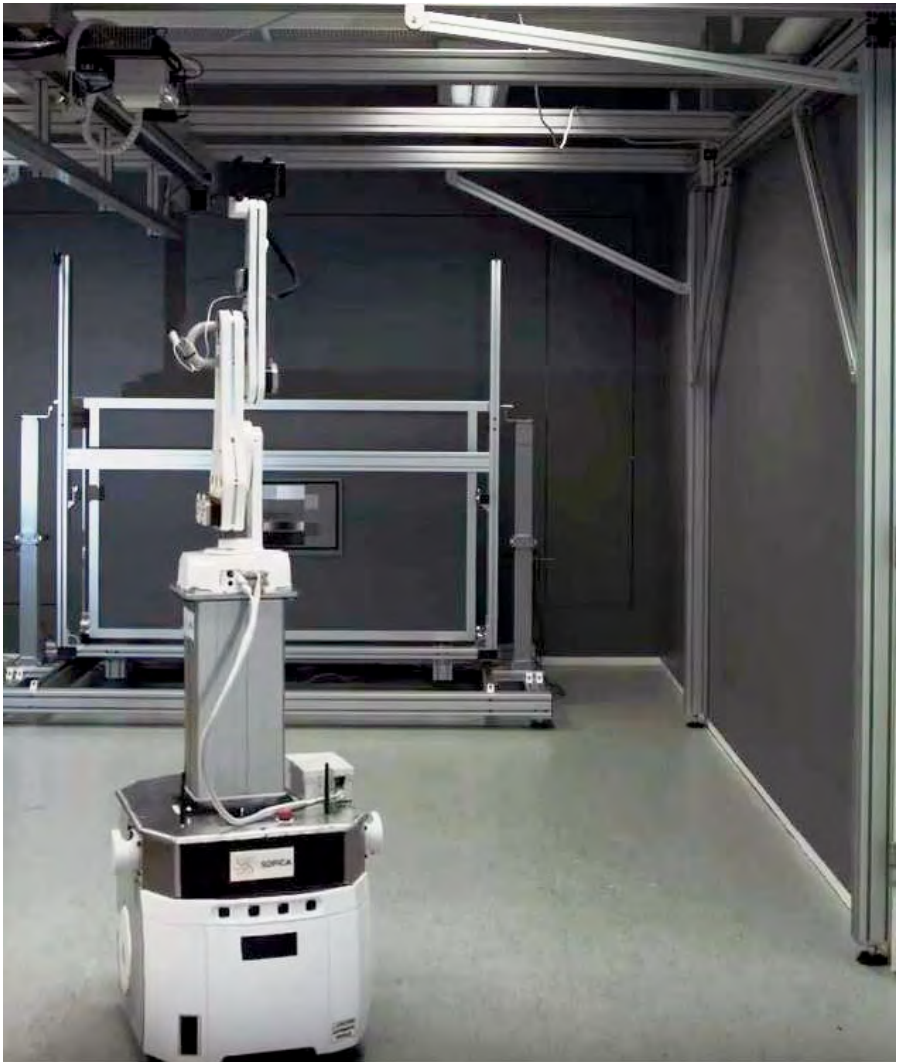
1. Tarttujan kappaleen tunnistusominaisuus
2. Käyttäjän informointi
3. Hiontapinnan tunnistaminen voima- ja momenttia anturin avulla
4. Hiontavoiman rajoitus 3 N:iin
5. Tason tunnistaminen voima- ja momenttianturin avulla kappaletta palautettaessa poimintapisteeseen.

5.3 Käsivarsirobotin toiminta-alueen laajentaminen mobiilirobotilla

Demonstraatiossa käsivarsirobotin toiminta-alue laajennetaan siirtämällä käsivarsiroboti kiinteästä asennuksesta mobiilirobotin kuljettavaksi.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatioissa toteutettiin, olivat:

1. Lisälaitteen asentaminen mobiilirobottiin
2. Mobiilirobotin sisäinen virtalähde mahdollistaa lisälaitteen toiminnan ilman ulkoista virtalähdettä
3. Päälle asennetun käsivarsirobotin toiminta-alue saatiin laajennettua kiinteästä pisteestä useampiin eri kohteisiin.



Kuva 5. Käsivarsirobotti asennettuna mobiilirobotin kuljetettavaksi.

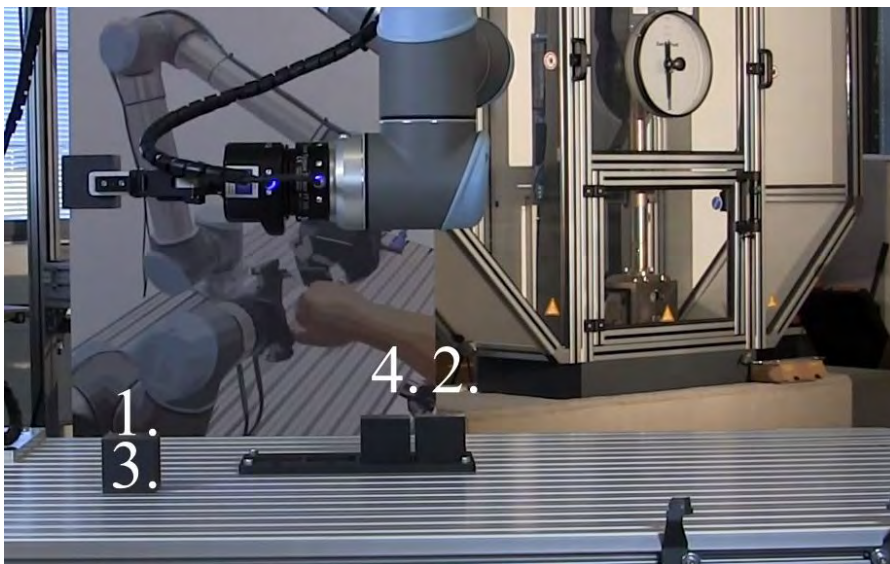
5.4 Kappaleiden järjestely massan mukaan yhteistyörobotilla, jossa on voima- ja momenttianturi

Demonstraatioissa yhteistyörobotin voima- ja momenttianturin avulla punnitaan satunnaisessa järjestyksessä olevat kappaleet sekä järjestetään ne painonmukaiseen järjestykseen. Kappalei-

den paino lasketaan automaattisesti voima- ja momenttianturista saatavasta datasta.

Tärkeimmät teknologian mahdollisuudet, jotka tässä demonstraatioissa toteutettiin, olivat:

1. Kappaleen paino lasketaan ohjelmallisesti voima- ja momenttianturin antaman momenttiarvon perusteella.
2. Kappaleiden oikea järjestys lasketaan valintalajittelu-algoritmia (engl. selection sort) käyttäen.
3. Kappaleiden poiminnassa käytetään voima- ja momenttianturin pinnantunnistusominaisuutta tunnistamaan oikea poimintakohta.
4. Kappaleen jättöpaikka tunnistetaan käyttämällä voima- ja momenttianturin pinnantunnistusominaisuutta.



Kuva 6. Kappaleen punnitus anturin momenttiarvon perusteella.

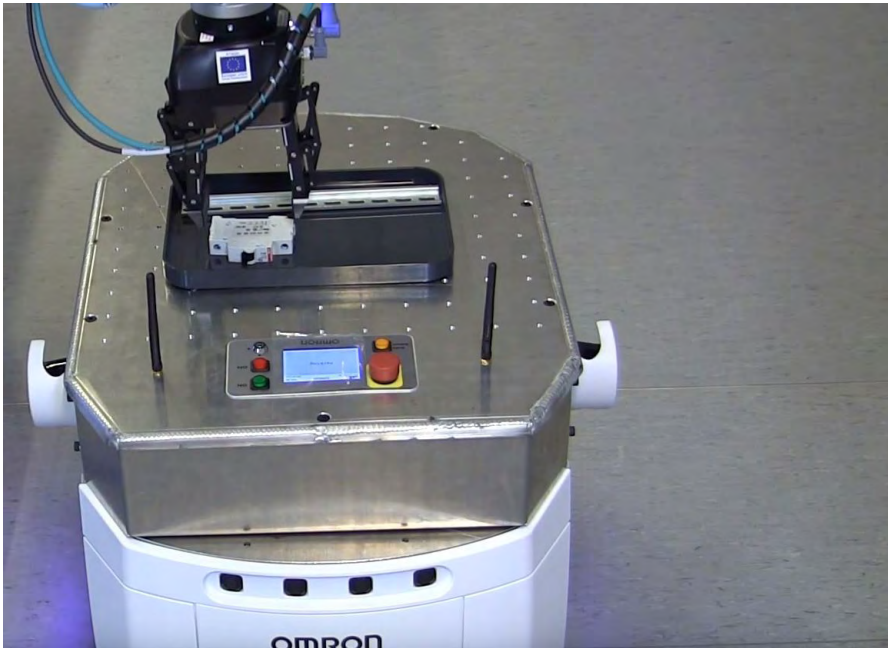
5.5 Mobiili- ja yhteistyörobottien keskitetty ohjaus Python-sovelluksella

Useasti erilaisia laitteita ohjattaessa tulee tarve saada ne toimimaan koordinoitusti keskenään. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta tarpeesta toimii se, että kappaleita täytyy siirrellä eri tuotantolaitteiden välillä. Tämä asettelu olikin tämän demonstraation lähtökohtana.

Demonstraatiossa vaadittu työkierto on seuraava:

1. Mobiilirobotti saapuu yhteistyörobotin luo.
2. Yhteistyörobotti lastaa komponentit mobiilirobotin kyytiin.
3. Mobiilirobotti kuljettaa lastatut komponentit toiselle yhteistyörobotille.
4. Yhteistyörobotti poimii komponentit konenäön avulla mobiilirobotin kyydistä.
5. Yhteistyörobotti asemoi kappaleet asemointipisteessä vielä konenäön avulla oikein päin sekä nostaa varastoon.

Tässä demonstraatiossa mobiili- ja yhteistyörobottien ohjaus toteutettiin Python-ohjelmointikielellä erikseen demonstraatioita varten ohjelmoidulla sovelluksella, jossa käsiteltiin kaikki kommunikaatio eri laitteiden sekä tietokannan välillä.



Kuva 7. Kappaleen lastaus mobiilirobotin kyytiin.

Tässä demonstraatiossa käytetyt kommunikaatorajapinnat olivat TCP/IP-socket sekä telnet. Kaikki tietoliikenteen merkitsevät viestit robottien sekä sovelluksen välillä sovellus tallentaa tietokantaan mahdollista datan analysointia varten. Mobiilirobotin ja sovelluksen väliseen kommunikointiin ohjelmoitiin telnet-yhteyttä käyttävä ohjelmakoodi, kun taas yhteistyörobottien kommunikointiin ohjelmoitiin TCP/IP-socket-kommunikaatio.

Yhteistyörobotteihin ohjelmoitiin omat itsenäiset ohjelmakierrot, joita socket-viestillä liipaistiin käyntiin. Mobiilirobotin omassa kontrollointisovelluksessa luotiin laboratorioympäristöstä kartta, joka onnistui käynnistämällä kartanluontityökalu sekä ajamalla joka kulma laboratoriosta läpi. Karttaan lisättiin päämääräpisteet molempien yhteistyörobottien edustalle, näihin pisteisiin mobiilirobottia ohjattiin ohjelmistosta käsin automaattisesti työkierron edellyttämällä tavalla.

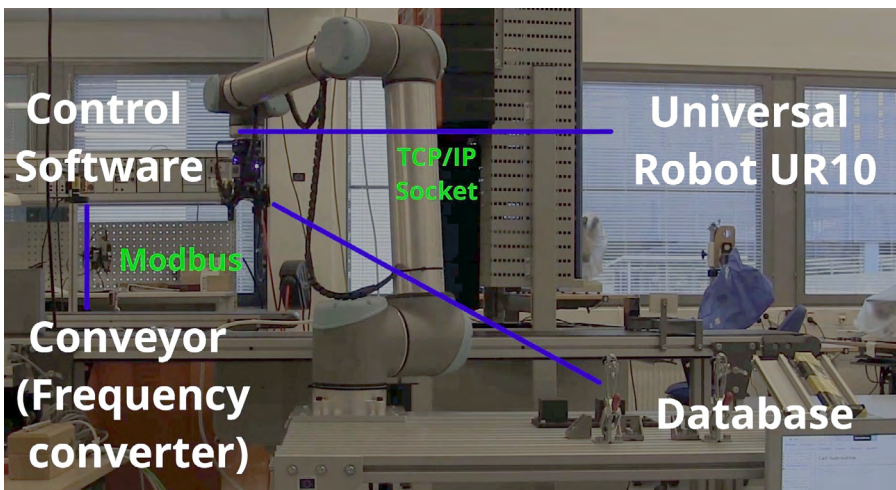
5.6 Tuotantolaitteen energiankulutuksen neuroverkko-optimoinnin automatisointi yhteistyörobotilla

Energiankulutuksen vähentäminen on tämän hetken kuuma puheenaihe. Tämän innoittamana nousi esiin kysymys, miten paljon dataa vaaditaan, että neuroverkkoja voitaisiin hyödyntää yksinkertaisessa hihnakuljettimen energiankulutuksen optimoinnissa, jossa dataa ei ole kerättyä valmiiksi.

Kokonaisuus koostuu seuraavista osioista:

- tietokanta
- neuroverkkoalgoritmi
- kuljetinhihna, jossa taajuusmuuttaja Ethernet-liitännällä
- yhteistyörobotti
- Python-sovellus, jolla ohjataan kokonaisuutta.

Yhteistyörobottiin ohjelmoitiin useita pienempiä toimintakokonaisuuksia omiin aliohjelmiinsa, kuten esimerkiksi kappaleen poiminta kuljetinhihnan alkupäästä, kappaleen poiminta koti-asemasta jne.



Kuva 8. Ohjelmiston rakenne kuvattuna.

Näitä ohjelmia ohjattiin Ethernet-verkon yli Python-ohjelmointikielellä ohjelmoidusta sovelluksesta työkierron mukaisesti. Sovellus ohjaa työkiertoa siten, että kappale nostetaan kuljetinhihnan alkupäähän, valitaan satunnaiset ramppi- ja nopeusparametrit kuljetinhihnalle, käynnistetään hihna, kappaleen saapuessa toiseen päähän mitataan kulunut aika sekä energiankulutus ja tämä toistetaan samoilla parametreilla x kertaa. Aiemmin mainittua kiertoa toistetaan vielä eri parametreilla ja kaikki kerätty tieto kerätään tietokantaan. Neuroverkko opetetaan tietokantaan kerätyillä tiedoilla, jonka jälkeen määritellään haluttu aika ja toivottu energiankulutus tai toinen näistä. Seuraavaksi neuroverkko antaa likiarvot parametreista opitun mukaan, jonka jälkeen sovellus siirtää kappaleen kuljettimen alkupäähän sekä käynnistää kuljettimen neuroverkon antamilla parametreilla. Testauksissa selvisi, että karkea optimointi onnistuu, kun kerättyä tietoa on 20 riviä.

5.7 Yhteistyörobotin imukuppitarttujan generatiivinen suunnittelu

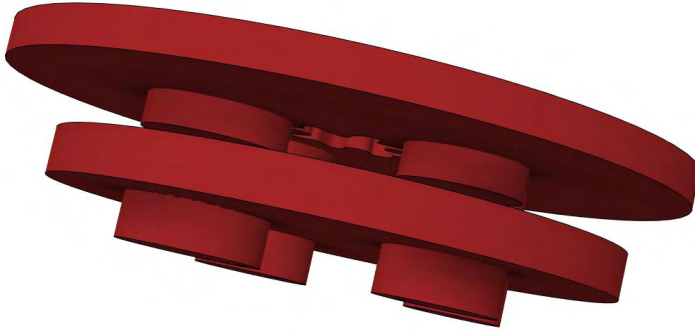
Yhteistyörobottiin oli aiemmin suunniteltu ja tulostettu imukuppitarttujan runko, joka todettiin olevan liian painava sekä vahva rakenteeltaan 5 kilogramman kapasiteetin robottiin, joten oli syytä optimoida kappaleen painoa ja rakennetta.



Kuva 9. 3D-tulostettu imukuppitarttujan runko V1.

Vaihtoehtoja optimointiin on useita kuten topologiaoptimointi, generatiivinen suunnittelu yms. Suunnittelutavaksi päätettiin valita generatiivinen suunnittelu Autodesk Fusion 360 3D-suunnitteluohjelmalla, josta löytyy mahdollisuus generatiiviselle suunnittelulle. Tarttujan laipan pulttikiinnitykset ja niiden paikat päätettiin pitää ennallaan kuten myös paikat, joihin imukupit kiinnitetään. Toteutus suoritettiin siten, että kappaleelle annettiin lähtökohdat, joista algoritmi ratkaisisi rakenteen. Pulttien sekä imukuppien kiinnityskohdat määriteltiin säästettäviksi ominaisuuksiksi. Imukuppien asennuksen mahdollistamiseksi imukuppien kiinnityskohdan yläpuolelle sekä alapuolelle määriteltiin paikat, joihin algoritmi ei tuota materiaalia. Samanlaiset kielletyt alueet tehtiin myös kiinnityspulttien asennuskohdan alle, että kiristäminen kulma-avaimella saatiin mahdolliseksi. Lopuksi myös kiinnityslaipan pinnan kohtaan lisättiin kielletty alue sekä keski-kohtaan aukko, jonne materiaalin generointi haluttiin suunnata. Algoritmi sai ratkaistua rakenteen noin vuorokaudessa, laskenta

tapahtui pilvessä. Lopuksi kappale tulostettiin 3D-tulostimella ja paino väheni 850 grammaa.



Kuva 10. Tilanne ennen generatiivisen suunnittelu-algoritmin käynnistämistä.

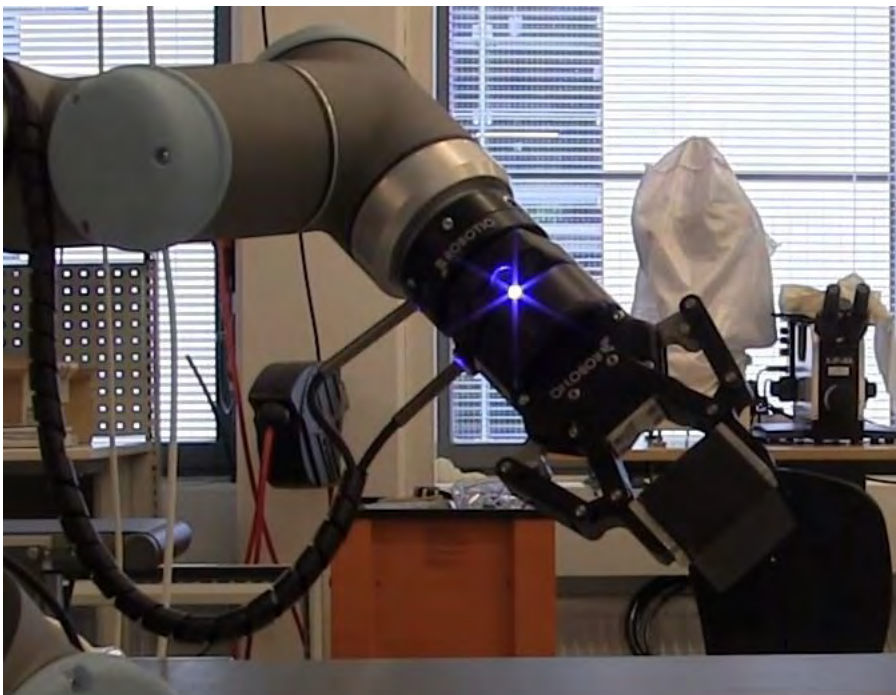


Kuva 11. Algoritmillä generoitu imukuppitarttujan runko tulostettuna 3D-tulostimella.

5.8 Yhteistyörobotin punnitussovelluksen optimointi neuroverkkoalgoritmin avulla

Demonstraatiossa yhteistyörobotin voima- ja momenttianturin arvoja käytetään hyödyksi neuroverkon opettamisessa. Kappaleiden paino opetetaan automaattisesti neuroverkolle voima- ja momenttianturista saatavasta datasta.

Tuotannossa voi ilmetä tarvetta automaattiselle punnitukselle, joka voidaan toteuttaa anturidataan perustuvalla matemaattisella kaavalla. Monesti punnittavan kappaleen muoto ja painopiste voivat vaihdella, jolloin laskentakaavaa tulee muuttaa ja monesti painopiste voi olla haastava selvittää, jolloin joustavuus punnituksen laskentakaavan muutokselle voi olla tarpeen. Tästä syystä selvitettiin, miten hyvin neuroverkkoalgoritmi sopisi tähän tarkoitukseen ja miten nopeasti on mahdollista saada käyttökelpoisia punnitustuloksia.



Kuva 12. Kappaleen punnitus kaltevassa asennossa.

Demonstraatiossa toimintaa ohjasi ohjelmisto, joka ohjelmoitiin Python-ohjelmointikielellä. Sovellus ohjasi Ethernet-yhteyden yli robotin liikkeitä sekä tallensi tarvittavat anturin arvot tietokantaan. Tämä toistettiin monessa eri kulmassa sekä muutamalla eri painolla. Kerättyjä anturien arvoja sekä vastaavia oikeita painoja käytettiin neuroverkkoalgoritmin opettamiseen. Neuroverkon opettamisen jälkeen, uusi ennen punnitsematon kappale nostettiin punnittavaksi ja anturin arvot syötettiin opetetulle neuroverkolle. Neuroverkko antoi vastaukseksi likiarvon oppimansa datan perusteella. Keskimääräinen punnitusvirhe oli noin 30–50 grammaa. Epätarkkuuteen on monia vaikuttavia tekijöitä esim. alumiinipöytä, robotin moottorien värinä ja se, että mittausdataa ei siistitty millään tavalla. Lopputulos osoitti kuitenkin sen, että neuroverkkoa voidaan hyödyntää hyvin pienelläkin datamäärällä.

6 LOPUKSI

Yhteistyörobotiikka on tullut jäädäkseen. Suurempi arvoitus lienee kulmakertoimen suuruus teknologian yleistymiselle teollisuudessa. Yleistyykö nykymuotoinen yhteistyörobotiikka vai muuttuvatko perinteiset yhteistyörobotit yhteistyökäykkämmiksi? Toisaalta voi syntyä kokonaan uusi robottiluokka, jossa edelleen hyödynnetään eri robottimallien parhaita ominaisuuksia tehokkaammin. Joka tapauksessa tulevaisuudessa tulee olemaan edelleen jopa kasvavaa tarvetta ihmisen tekemälle työlle, mutta toisaalta myös tehokkaalle automaatiolle. Parhaimman tuloksen saavuttaa sillä, että nämä kaksi resurssia yhdistyvät saumattomasti yhdeksi tiettyä päämäärää toteuttaviksi kokonaisuusiksi. Tässä yhteistyörobotiikalla tulee olemaan suuri rooli.

Etelä-Pohjanmaalla yhteistyörobotiikan tietoisuutta edistettiin Mixed Reality and Collaborative Robotics -EAKR-hankkeella, joka tavoitti useita kymmeniä yrityksiä hankealueelta ja laa-

jemminkin. Hankkeessa kehitetty demonstraatioympäristö jää hankkeen jälkeen SeAMKin TKI- ja opetuskäyttöön, joka edistää edelleen osaamisen ja teknologian kehittymistä. Nähtäväksi jää, mikä yhteistyörobottien esiintymistiheys tulee lähivuosina alueella olemaan ja miten teknologiaa tullaan soveltamaan. Joka tapauksessa pk-yrityksissä sovelluskohteita varmasti löytyy nyt ja tulevaisuudessakin.

Artikkeli on valmisteltu osana Mixed Reality and Collaborative Robotics -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Pirkanmaan liittoa ja Etelä-Pohjanmaan liittoa.

LÄHTEET

International Federation of Robotics. 1.5.2018. Artificial Intelligence in Robotics. [Verkko-julkaisu]. [Viitattu 18.3.2020]. Saatavana: https://ifr.org/downloads/papers/Media_Backgrounder_on_Artificial_Intelligence_in_Robotics_May_2018.pdf

Pittman, K. 2018. A history of collaborative robots: From intelligent lift assists to cobots. [Verkkolehtiartikkeli]. Engineering.com 28.10.2016. [Viitattu 17.3.2020]. Saatavana: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/13540/A-History-of-Collaborative-Robots-From-Intelligent-Lift-Assists-to-Cobots.aspx>

US5952796A. 1999. COBOTS. Northwestern University, Evanston, Yhdysvallat. (Colgate, J., Peshkin, M.). 14.9.1999.

Xiao, M. 2020. The collaborative robot market – 2019. [Viitattu 18.3.2020]. [Verkkojulkaisu]. Interact Analysis. Saatavana: <https://www.interactanalysis.com/the-collaborative-robot-market-2019-infographic/>