

## Johdanto

Tässä harjoituksessa tarkastellaan kahden vapausasteen robottikäsi- ja tarruttajan asennon säätöä. Asennon säätöarvo muuttuu porrastetusti 50 sekunnin välein siten, että halutut tarruttajan karteesiset koordinaatit ( $x$  ja  $y$ ) otetaan alla olevista vektoreista:

$$\begin{aligned}x &= [-0.75 \quad -0.75 \quad 1.50 \quad -0.75 \quad -0.75 \quad 1.50] \\y &= [0.75\sqrt{3} \quad -0.75\sqrt{3} \quad 0.00 \quad 0.25\sqrt{3} \quad -0.25\sqrt{3} \quad 0.00]\end{aligned}$$

Tarruttajan halutun karteesisesta asentoa vastaavat nivelkulmat (olkanivel ja kyynärnivel) määritellään käänteisen kinematiikan avulla. Tämän jälkeen tarruttaja ohjataan haluttuun karteesiseen asentoon asettamalla nivelkulmat sopiviin arvoihin. Nivelten vääntömomenttia ohjataan PID-säätimien avulla. Jokaisella nivelellä on oma PID-säätimensä. Säätimen toimivuutta arvioidaan vertaamalla haluttujen nivelkulmien ja todellisten (robotin suorittamien) nivelkulmien kuvaajia. Lopuksi todellisia nivelkulmia käytetään karteesisten koordinaattien määrittämiseen suoran kinematiikan avulla. Vertaa robotin tarruttajan haluttuja ja todellisia karteesisiä liikeratoja. Säätimet, robotin dynamiikka ja simulointi toteutetaan python-skriptillä. Sinun on toteutettava suoraa ja käänteistä kinematiikkaa annetulle python-mallille. Lisäksi sinun on viritettävä PID-säätimen parametrit, jotta robotti liikkuu halutulla liikeradalla.

Käytä raporttia varten MyCoursesista löytyvää harjoitustyön 5 raporttipohjaa. Täytä opiskelijanumerosi, nimesi ja ryhmänumerosi niille varattuihin kohtiin. Kirjoita tehtävien vastaukset vastaaviin kohtiin. Palauta valmis raportti pdf-muodossa. Muista palauttaa raportin lisäksi kirjoittamasi Python-koodi.

# Tehtävät

**Tehtävä 1:** Johda ketjumuunnosten avulla robotin suoran kinematiikan yhtälöt. Muodosta siis muunnosmatriisit ja niiden avulla yhtälöt tarttujan xy-koordinaateille olka- ja kyynärnivelien kulmien funktiona (näytä riittävästi välivaiheita).

**Tehtävä 2:** Johda robotin käänteisen kinematiikan yhtälöt. Voit viitata luentokalvoihin. Selitä myös välivaiheet.

**Tehtävä 3:** Täydennä Python-mallin puuttuvat koodit. Toteuta suoran ja käänteisen kinematiikan funktiot. Hienosäädä myös molempien nivelten PID-säätimien parametrit. Tarkemmat ohjeet löytyvät Jupyterista. Vihjeitä myös annetaan.

**Tehtävä 4:** Kirjoita raporttiin käyttämäsi PID-parametrit. Kerro kokeistasi ja perusteista, joiden mukaan valitsit nämä parametrit. Liitä liitteeksi python-skriptin avulla luotuja haluttujen ja todellisten liikeratojen vertailukaavioita. Vastaako tuottamasi haluttu liikerata täsmälleen haluttua liikerataa? Jos ei, mitä eroja havaitsitte ja mistä ne ovat voineet johtua?

**Tehtävä 5:** Selitä, miksi PID-ulostulosignaaleja leikataan (katso *PIDController*-luokan *step*-funktio)? Pohdi, mitä ongelmia voisi aiheutua, jos leikkaamatonta signaalia käytettäisiin robotin nivelmoottoriin.

**Tehtävä 6:** Mainitse ainakin kaksi ongelmaa, jotka liittyvät siihen, että tarttujan asentoa säädetään yksinkertaisesti ohjaamalla olka- ja kyynärnivelten kulmat käänteisen kinematiikan avulla laskettuihin arvoihin. Selitä lyhyesti, miten nämä ongelmat tai asennonsäädön erityispiirteet voitaisiin korjata.