

Mechanical Lab1:

Path planning fundamentals for a manipulator robot

Fall, 2024

by Soojin Kim and Youngshik Kim 2021



Intelligent Control Robot System

Intelligent Control & Robotic System (ICRS) lab.

Department of Mechanical Engineering

Hanbat National University

<http://robot.hanbat.ac.kr/>

6축 로봇팔 경로 생성 시뮬레이션 기초 (김영식 교수)

Task 1

1. 실험목적

- (1) 로봇팔(매니퓰레이터 로봇)을 이해한다.
- (2) 3D 공간 (XYZ 좌표)에서 물체의 이동과 회전 운동을 이해한다.
- (3) 로봇 end-effector/tool의 pose(position & orientation)를 이해한다.
- (4) 경로 생성을 위한 프로그램과 명령어를 이해한다.
- (5) 6축 로봇팔 UR 로봇의 경로를 3D 공간에서 생성하고 시뮬레이션한다. 주어진 XYZ 좌표 및 회전 명령어를 활용하여, 로봇팔이 주어진 3점을 지나는 직선 경로를 프로그램할 수 있다.

2. 기초 지식

로봇팔의 경로를 생성할 때 task space 또는 joint space를 활용한다. Task space는 일반적인 XYZ 직교좌표 공간을 의미하며 우리가 쉽게 인지할 수 있는 장점이 있다. 하지만 조인트로 구성된 실제 로봇을 구동하기 위해서는 조인트의 모션을 결정해야 한다. 이에 조인트 변수(joint angles)로 구성된 벡터 공간을 joint space라하며 로봇의 모션 생성 및 제어를 위해 흔히 사용된다.

먼저, 로봇의 base에 고정된 reference 좌표계와 각 조인트, tool, end-effector에 상대 좌표계를 설정한다. Task space에서는 XYZ 직교 좌표계를 사용하여 reference로부터 로봇 tool 또는 end-effector의 위치와 회전을 결정한다. 일반적으로 물체 및 좌표계의 직선이동과 회전이동을 동시에 표현하여 위하여 homogeneous transformation matrix를 활용한다. 그리고 시간/상태에 따라 이 위치와 회전을 결정하여 로봇이 이를 tracking하도록 한다.

이를 위해서는 기술적으로 로봇의 inverse kinematics와 dynamics, 그리고 control 등의 고려가 필요하지만, 본 실험 범위를 벗어나므로 여기서는 설명을 생략한다. 본 실험에서 사용하는 URX library에서는 task space motion과 joint space motion에 필요한 정보를 계산 및 변환하는 함수들을 제공하므로 이 함수들을 사용한다. 따라서 본 실험에서는 task space에서 로봇 툴의 경로(위치와 방향)를 계획하고 이를 UR toolbox를 활용하여 시뮬레이션한다.

3. 시뮬레이션에 사용되는 프로그램

- (1) Matlab – 범용 공학/일반 프로그래밍언어로 본 실험에서 경로 생성 코드를 프로그램하기 위해 사용한다. 시뮬레이션 및 실제 UR 로봇 구동할 때 사용자 통합된 인터페이스를 제공한다. 이를 통해 예상 경로, 이동 경로 등을 시각화하고 데이터를 분석할 수 있다.
- (2) Python – 딥러닝 구현을 위해 가장 많이 활용되는 프로그래밍언어로 본 실험에서는 PC에 서버를 개설하여 로봇이 연결되어있는 PC와 통신을 할 수 있게 해준다. 즉, python 명령을 통해 Matlab 명령어를 실제 UR 로봇에 전달하고 UR 로봇의 정보를

Matlab에 전달해주는 역할을 한다.

4. 프로그램 설치 방법

(1) Matlab 설치

(2) Python 설치

- Download Python v. 3.4.4
- Run the Python installer as an administrator
- Use the default installation directory "C:\Python34" (assuming Windows OS)

(3) Matlab Toolbox for UR Manipulators 설치

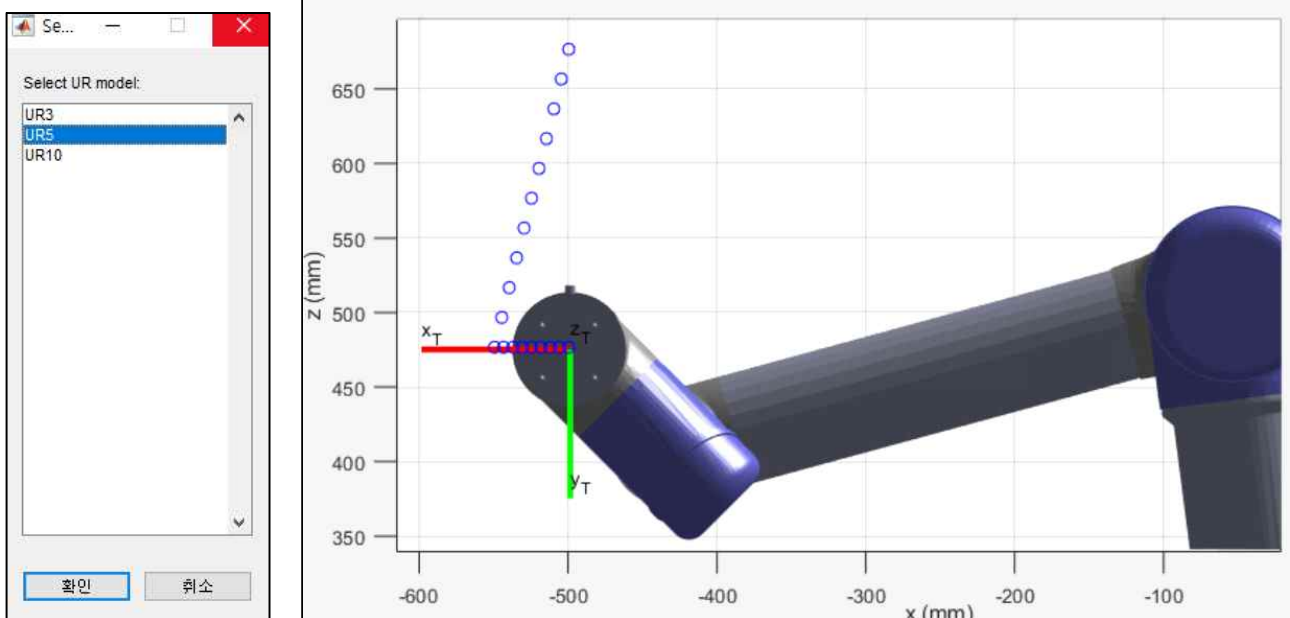
- Download URToolbox
- Unzip "URToolbox.zip" (or alternate filename/version)
- Open MATLAB as an administrator
- Change your MATLAB Current Directory to the location containing contents of the unzipped URToolbox
- Use the "Browse to folder" icon to change the Current Directory
- Do not use the "Add-Ons" functionality available in later versions of MATLAB
- Run "installURToolbox"

5. 예제 프로그램 실행 방법

(1) 1주차 예제 코드(Lab1_Task1.m과 Lab1_Task2_R1.m)를 다운로드 받는다.

https://github.com/icrs-hub/Mech_lab_public

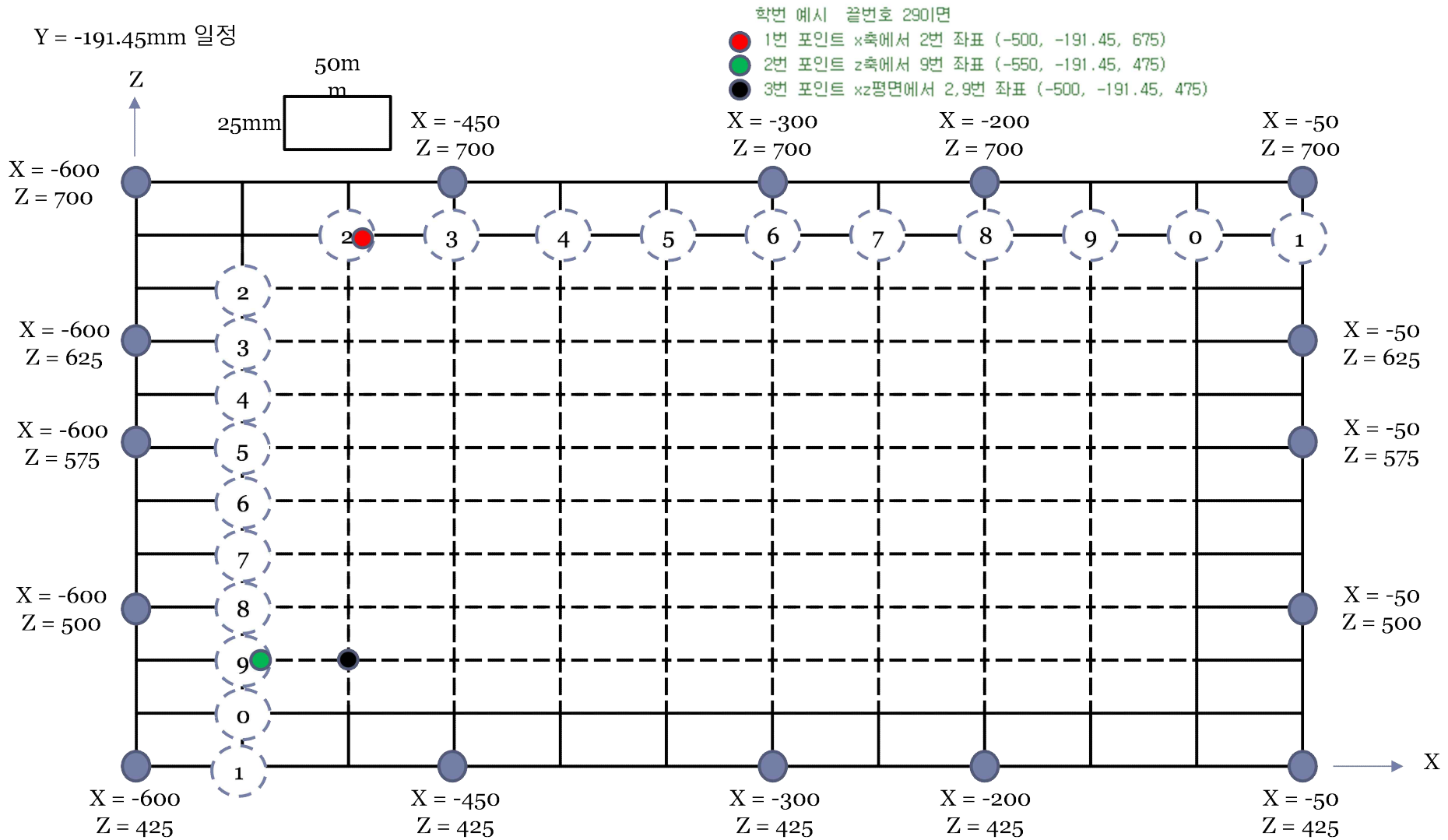
(2) Matlab Editor에서 예제 코드 1week1st.m를 불러온 후 F5키 또는 실행 버튼을 눌러 실행한다. 만약 UR 모델 선택 화면이 뜨면, UR5를 선택하고 확인 버튼을 누른다. 이후 아래 그림과 같이 로봇의 경로와 동작을 확인할 수 있다.



6. 실험방법

- (1) 다음 페이지의 그림을 이용하여 본 실험에서 사용할 로봇 end effector/TCP(tool center point)의 위치를 나타내는 세점(P1, P2, P3)의 위치를 순서대로 결정한다. 참고로 주어진 세 개의 점은 평면, $y = -191.45 \text{ mm}$ 에 위치한다.
- (2) 예제 코드 1week1st.m를 수정하여 P1, P2, P3를 순차적으로 통과하는 직선 경로를 생성한다. 아래 내용을 참고할 것.
 - 로봇 툴이 지나가는 점 P1과 P2 사이, 그리고 점 P2와 P3 사이의 중간 경로점의 개수는 각각 7~10개로 한다.
 - 각 경로점 마다 0.5초 동안 일시정지 명령을 사용한다: `pause(0.5)`
 - 여기서 사용되는 길이의 단위는 mm이고 각도의 단위는 radian이다.
 - 필요 시 계산은 소수점 둘째 자리까지 한다. (예: 0.01 mm)

Y=-191.45mm 인 XZ 공간에서 3점 선택



로봇팔 경로생성 결과보고서 Task 1 작성예시

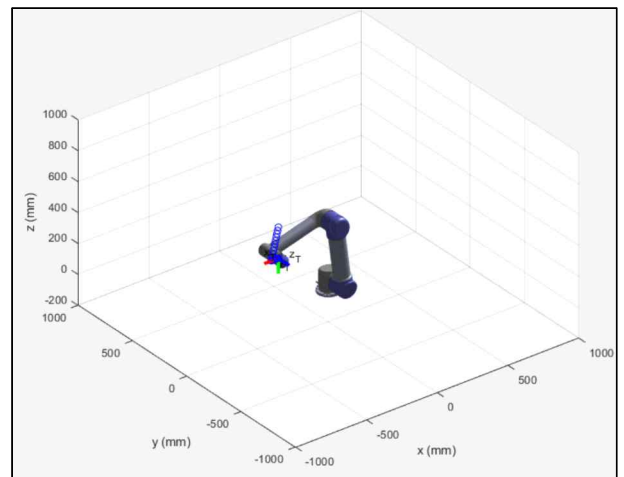
이름 : 김한밭 학번 : 20211329 분반: 03 날짜 : 2029년 8월 30 일

사용한 좌표 : [단위 : mm]

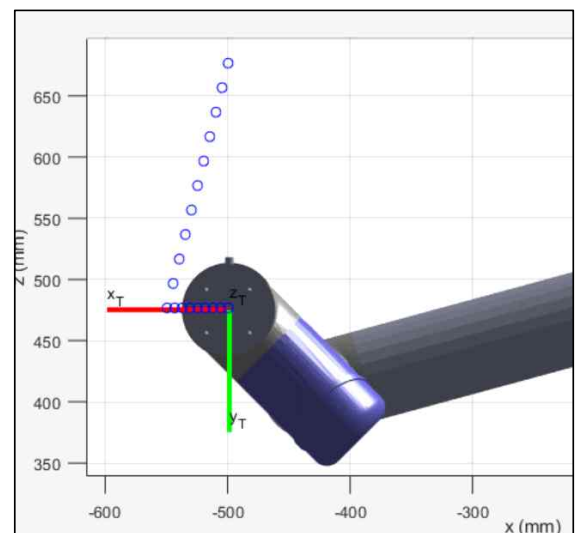
①	P1 (	-500,	-191.45,	675)
②	P2 (	-550,	-191.45,	475)
③	P3 (	-500,	-191.45,	475)

좌표 이름	X	Y	Z
1번 포인트	-500	-191.45	675
1-1 통과지점	-505	-191.45	655
1-2 통과지점	-510	-191.45	635
1-3 통과지점	-515	-191.45	615
1-4 통과지점	-520	-191.45	595
1-5 통과지점	-525	-191.45	575
1-6 통과지점	-530	-191.45	555
1-7 통과지점	-535	-191.45	535
1-8 통과지점	-540	-191.45	515
1-9 통과지점	-545	-191.45	495
1-10 통과지점	-	-	-
2번 포인트	-550	-191.45	475
2-1 통과지점	-543.75	-191.45	475
2-2 통과지점	-537.5	-191.45	475
2-3 통과지점	-531.25	-191.45	475
2-4 통과지점	-525	-191.45	475
2-5 통과지점	-518.75	-191.45	475
2-6 통과지점	-512.5	-191.45	475
2-7 통과지점	-506.25	-191.45	475
2-8 통과지점	-	-	-
2-9 통과지점	-	-	-
2-10 통과지점	-	-	-
3번 포인트	-500	-191.45	475

스크린 캡처 첨부 1



스크린 캡처 첨부 2



6축 로봇팔 경로 생성 시뮬레이션 기초 (김영식 교수)

Task 2

1. 실험목적

앞에서 배운 코드(각 통과지점마다 코드 작성)를 축약하여 작성할 수 있는 Matlab의 명령어 (for loop, linspace, numel)을 배운다. 그리고 샘플 코드를 수정하여 가상의 로봇팔이 자신의 이름에 따라 움직일 수 있도록 한다.

2. Matlab 명령어 설명

`linspace(a,b,n)` - a부터 b까지 n개의 점을 생성한다.

`numel(A)` - 배열 A의 원소 개수를 알려준다.

`for count=A ~~ end`

코드 ~~을 배열 A의 원소 개수만큼 반복한다.

1번 반복할 때마다 A의 원소를 한 개씩 변수 count에 대입한다.

`for i=1:n ~~ end`

코드 ~~을 n번 반복함. 카운트 변수 i가 1부터 시작하여 n까지 1씩 증가한다.

`simObj.Joints()`

UR 로봇의 현재 포즈/자세로부터 inverse kinematics를 사용하여 6개의 조인트 회전 각도를 제공한다.

단위는 라디안(radian)이다.

`simObj.ToolPose()`

Reference 좌표계에 대한 현재 로봇 툴의 homogeneous transformation matrix (즉, 로봇 툴의 XYZ 방향과 위치(TCP) 정보)를 제공한다.

위치의 단위는 mm이다.

3. 실험내용

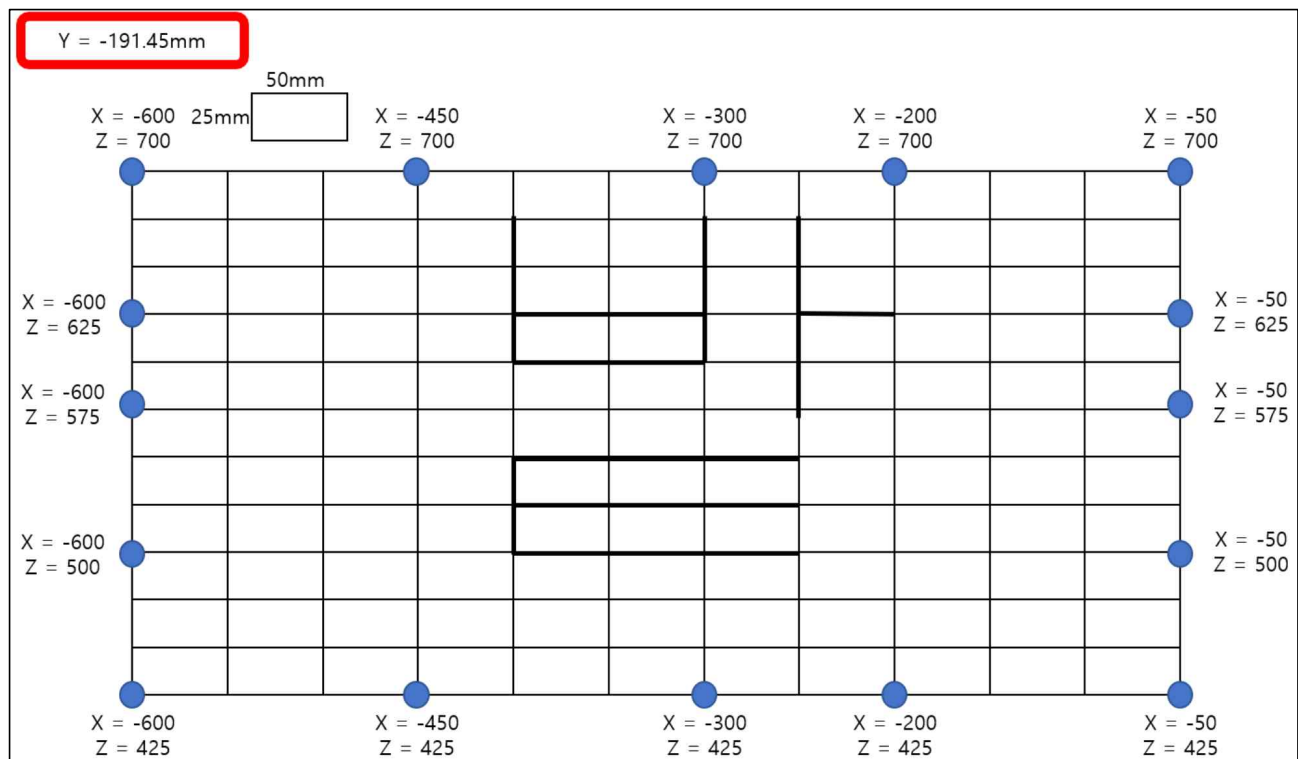
지정된 평면에 자기 이름 중 마지막 한글자를 표시하도록 직교좌표계 상에서 경로를 계획하고, 이를 Matlab 코드로 작성한다. 이름 경로 생성 시뮬레이션 후 결과가 잘 표시되는 3차원 대표 화면을 캡처하여 보고서에 첨부한다.

6축 로봇팔 경로 생성 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

4. 유의사항

- 평면($Y = -191.45 \text{ mm}$)에 자기 이름의 마지막 글자를 표시한다.
- 원칙적으로 경로는 직선을 사용하고, \circ 의 경우 마름모로 대체한다.

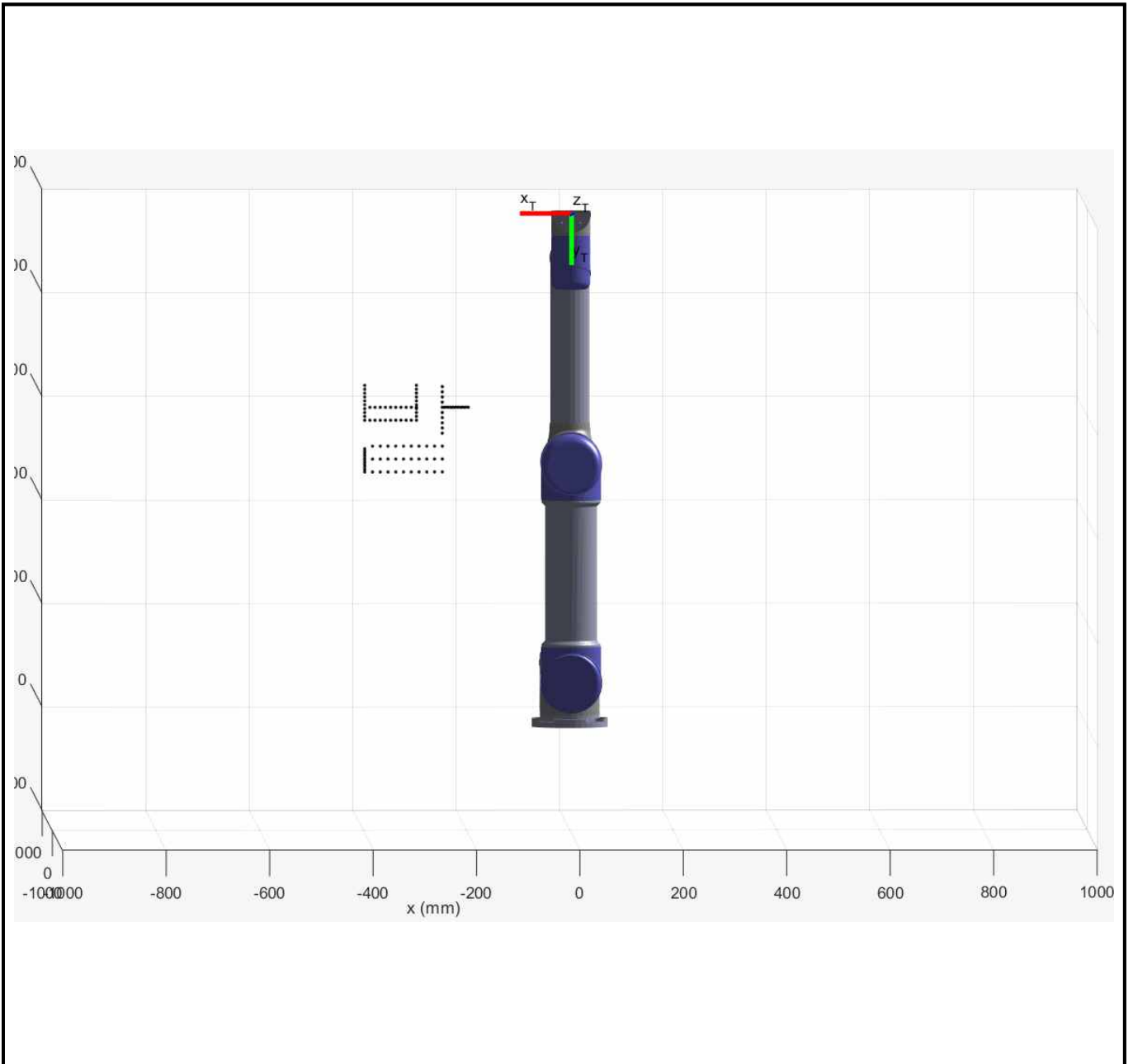
5. 예제 코드(Lab2_Task2_R1.m): 이름이 김한발 학생의 경우 "발"을 주어진 평면에 표시한다.



로봇팔 경로 생성 결과보고서 Task 2 작성예시

이름 : 김한발 학번 : 20211329 분반: 03 날짜 : 2029년 8월 30 일

코드 실행 결과



UR robot tutorial 수료 (Task 3)

1. 목적: UR 로봇 전반에 대해 이해한다.

2. 방법:

(1) Universal robots 아카데미 등록

En: <https://www.universal-robots.com/academy/>

kr: <https://www.universal-robots.com/ko/아카데미/>

(2) 다음 그림과 같이 “무료 E-러닝 탐색” 선택



교육

교육 과정의 모든 카탈로그를 살펴보세요

온라인 교육 과정 탐색



무료 E-러닝

e-시리즈 핵심 과정, e-시리즈 전문가 과정,
e-시리즈 어플리케이션 과정, CB3

무료 E-러닝 탐색



웨비나

UR+ 소개, UR 온라인 자료, 기능 업데이트,
+ 더보기

익스플로어 웨비나



비디오 튜토리얼

프로그래밍 예시, 팁과 요령, 문제 해결 및
수리

익스플로어 비디오 튜토리얼

(3) 로봇 모델 CB3e 러닝 선택 후 모든 모듈 학습

← 개요로 돌아가기



CB3 e-러닝 완료

2시간 이내에 CB3 로봇 프로그래밍을 배워보세요.



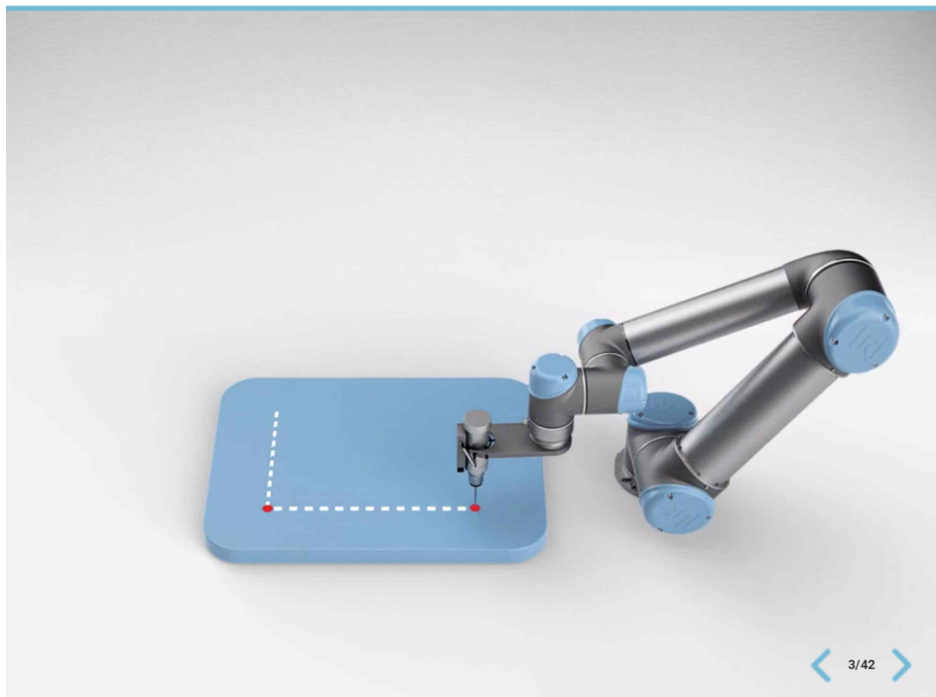
모듈

완료	완료	완료	완료
1. 첫 만남: 기능 및 용어 이 모듈은 로봇, 사용자 인터페이스, I/O 및 기능에 관한 간단한 소개를 제공합니다. 🕒 9분	2. 로봇의 작동 원리 이 모듈에서는 엔드이펙터와 센서를 추가하여 로봇의 픽업/레이스 작업을 준비할 수 있습니다. 🕒 10분	3. 툴 설정 도구 중심점의 확인 및 구성 방법, 도구 방향 지정 방법, 무게 중심 및 유효 하중의 결정 및 입력 방법에 대해 배워보세요. 🕒 22분	4. 프로그램 만들기 이 모듈에서는 로봇의 다양한 모션 유형을 학습하고 픽업/레이스 애플리케이션에 필요한 모든 모션과 웨이포인트를 프로그래밍합니다. 🕒 24분

© Universal Robots A/S 2017-2019


프로그램 만들기
MoveL(무브엘) (선형 이동)



UNIVERSAL ROBOTS



3/42

(4) 수강한 교육 과정의 수료증을 다운로드 선택하여 출력/저장


UNIVERSAL ROBOTS | 교육 무료 e-러닝 비디오 튜토리얼 웨비나

계정 정보
 수강 과정
 주문
 수료증 조회
 로그아웃

수업 과정



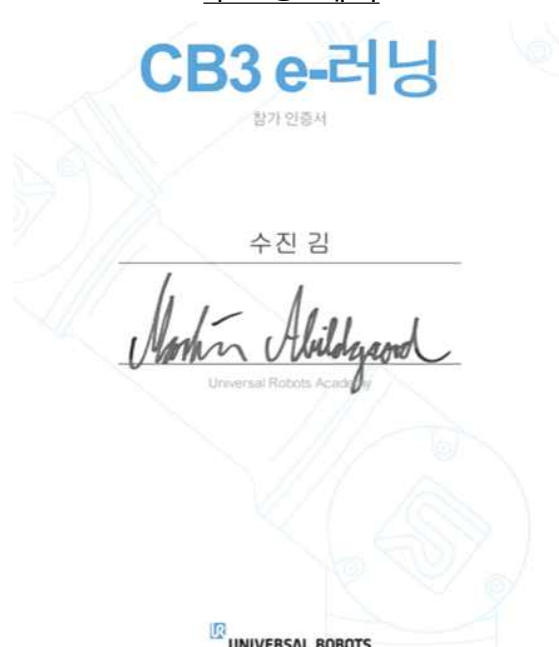
교육 과정

과정 세부 정보	위치	날짜	수료증	LINKEDIN
귀하는 수강 중인 과정이 없습니다. 아래의 버튼을 클릭하여 수강 가능한 교육 과정의 카탈로그를 살펴보세요.				
<div>당사 교육으로 이동하기</div>				

무료 E-러닝

과정 세부 정보	날짜	수료증	LINKEDIN
CB3 e-러닝 2시간 이내에 CB3 로봇 프로그래밍을 배워보세요.	2020-12-14	다운로드	 LINKEDIN에 공유

수료증 예시



1주차 (Lab1) 최종 제출물

(1) UR robot tutorial 수료증: 2주차 실험 전에 완료 후 제출

(2) 보고서: 실험_주차_보고서_이름_학번.pdf (예)"실험_1주차_보고서_홍길동_0123456.pdf"

(3) 매틀랩 코드(m 파일): Lab1_Task1_학번.m, Lab1_Task2_R1_학번.m

주의 사항: m 파일 이름에 특수문자(한글, 빈칸, 괄호 등) 사용하면 실행 안 됨

모든 코드에 다음의 주석을 찾아 반드시 작성할 것

```
%=====
% 제출시 반드시 아래 내용을 작성할 것
% 제출자 이름: 학번: 분반:
% 실험일자: 2021년 월 일
% 본 코드를 자신의 노력으로 완료하였음을 확인함: 본인이름
%=====

% 1번 포인트 x축에서 2번 좌표 (-500, -191.45, 675)
x = -500;
y = -191.45;
z = 675;
ToolPoseArray(1,4) = x;
ToolPoseArray(2,4) = y;
ToolPoseArray(3,4) = z;
simObj.ToolPose = ToolPoseArray;
```

로봇팔 경로 생성 결과보고서 보고서 (Task 1)

이름 : 학번 : 분반: 실험일자 : 20 년 월 일

사용한 좌표 : [단위 : mm]

①	P1 (		,	-191.45,)
②	P2 (		,	-191.45,)
③	P3 (		,	-191.45,)

좌표 이름	X	Y	Z
1번 포인트		-191.45	
1-1 통과지점		-191.45	
1-2 통과지점		-191.45	
1-3 통과지점		-191.45	
1-4 통과지점		-191.45	
1-5 통과지점		-191.45	
1-6 통과지점		-191.45	
1-7 통과지점		-191.45	
1-8 통과지점			
1-9 통과지점			
1-10 통과지점			
2번 포인트		-191.45	
2-1 통과지점		-191.45	
2-2 통과지점		-191.45	
2-3 통과지점		-191.45	
2-4 통과지점		-191.45	
2-5 통과지점		-191.45	
2-6 통과지점		-191.45	
2-7 통과지점		-191.45	
2-8 통과지점			
2-9 통과지점			
2-10 통과지점			
3번 포인트		-191.45	

스크린 캡처 첨부 1

스크린 캡처 첨부 2

로봇팔 경로 생성 결과보고서 보고서 (Task 2)

이름 : _____ 학번 : _____ 분반: _____ 실험일자 : 20 년 월 일

코드 실행 결과