

Mechanical Lab1:

Path planning fundamentals for a manipulator robot

Fall, 2021

by Soojin Kim and Youngshik Kim



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

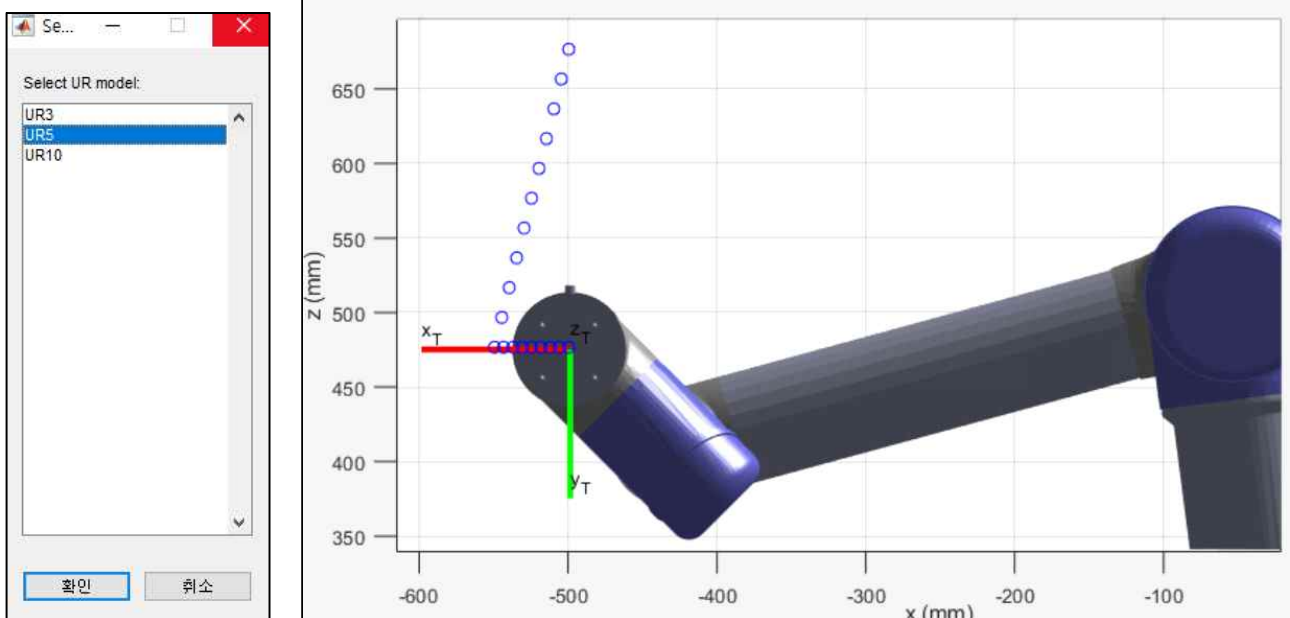
- Download URToolbox
- Unzip "URToolbox.zip" (or alternate filename/version)
- Open MATLAB as an administrator
- Change your MATLAB Current Directory to the location containing contents of the unzipped URToolbox
- Use the "Browse to folder" icon to change the Current Directory
- Do not use the "Add-Ons"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

5. 예제 프로그램 실행 방법

(1) 1주차 예제 코드(Lab1_Task1.m과 Lab2_Task2.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.



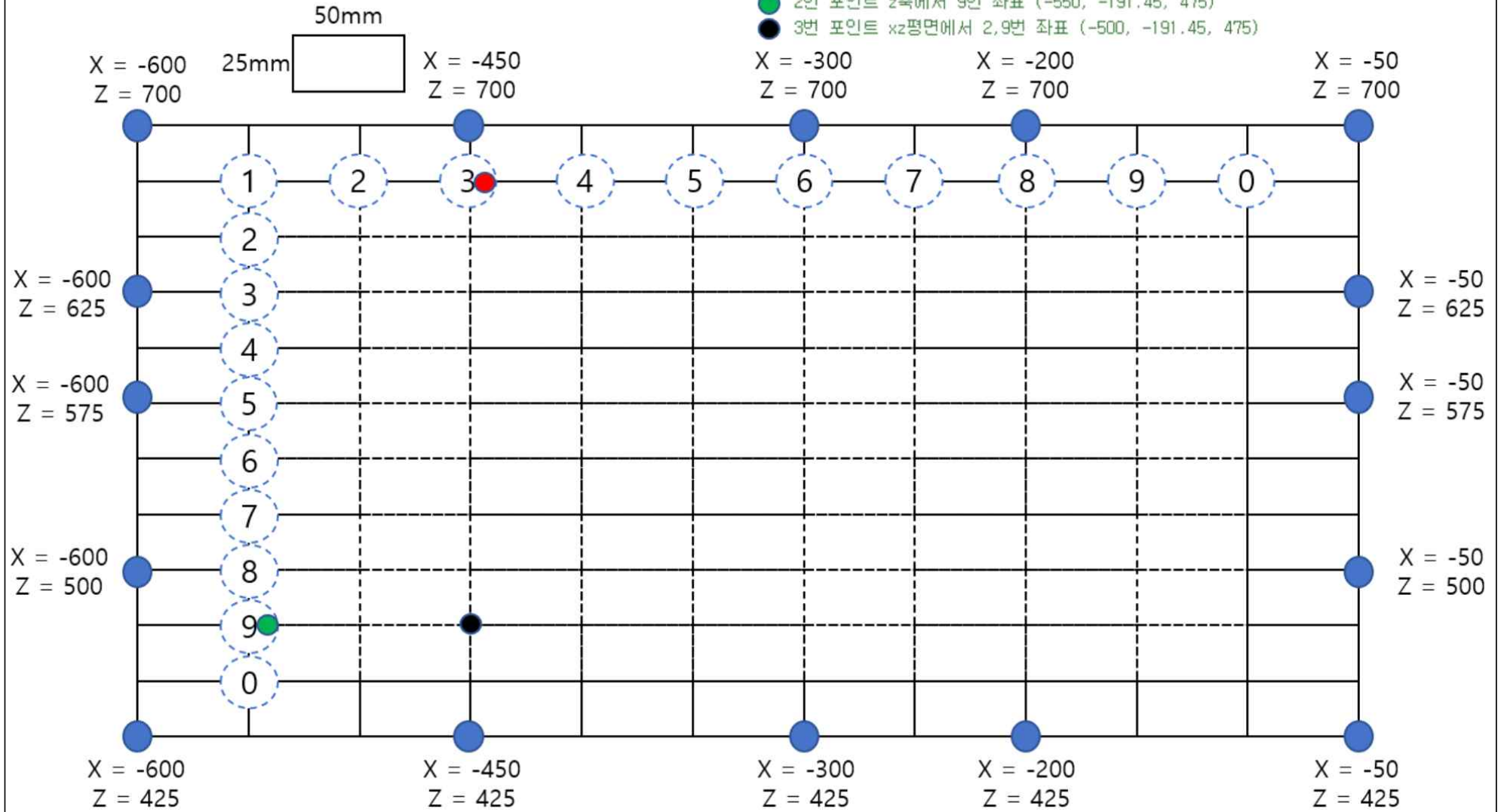
6. 실험방법

- (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 일정

학번 예시 끝번호 290이면

- 1번 포인트 x축에서 2번 좌표 (-500, -191.45, 675)
- 2번 포인트 z축에서 9번 좌표 (-550, -191.45, 475)
- 3번 포인트 xz평면에서 2,9번 좌표 (-500, -191.45, 475)



로봇팔 경로생성 결과보고서 Task 1 작성예시

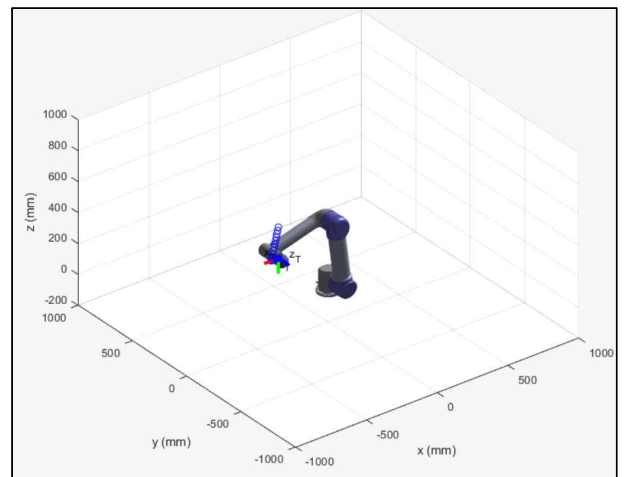
이름 : 김한발 학번 : 20211329 분반: 03 날짜 : 2021년 8월 31 일

미션 좌표 : [단위 : mm]

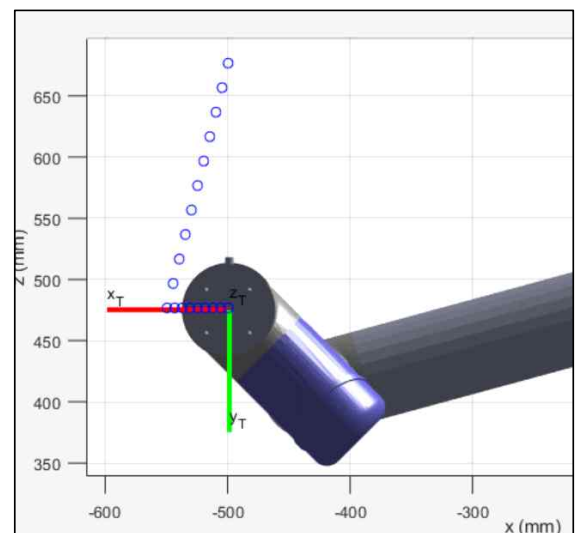
①	P1 (	-500,	-191.45,	675)
②	P2 (	-550,	-191.45,	475)
③	P3 (	-500,	-191.45,	475)

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 각각 자신의 이름 한 글자씩(앞에서부터 최대 3글자)을 표시하도록 직교좌표계 상에서 경로를 계획하고, 이를 Matlab 코드로 작성한다. 이름 경로 생성 시뮬레이션 후 결과가 잘 표시되는 3차원 대표 화면 캡처와 각 이름 한 글자씩 캡처하여 보고서에 첨부한다.

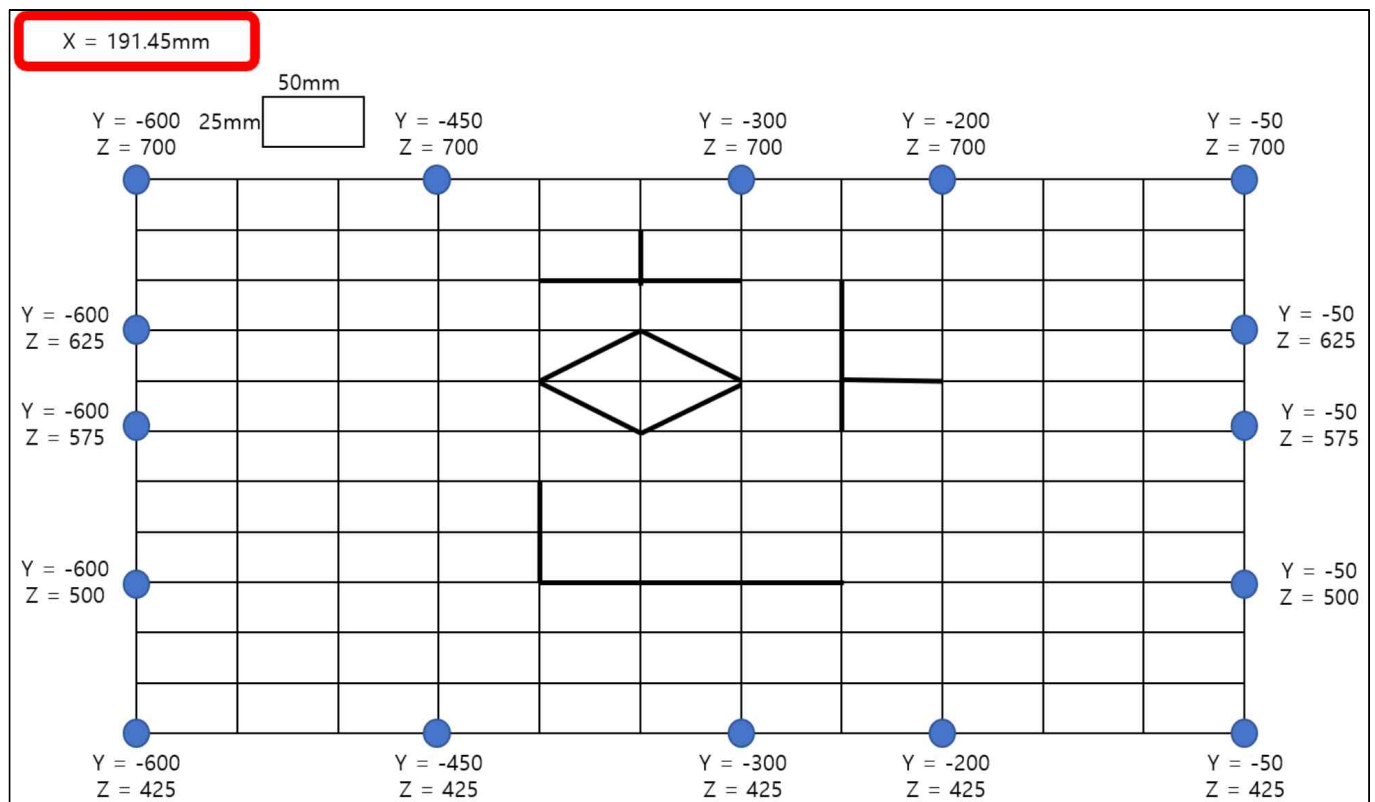
6축 로봇팔 경로 생성 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

4. 유의사항

- 3개의 평면($x = 191.45\text{mm}$, -191.45mm , $y = -191.45\text{mm}$)을 순서대로 사용하여 각각의 평면에 자기 이름을 한 글자씩(최대 3글자만) 작성한다.
- 원칙적으로 경로는 직선을 사용하고,
 - 의 경우 마름모로 대체 한다.

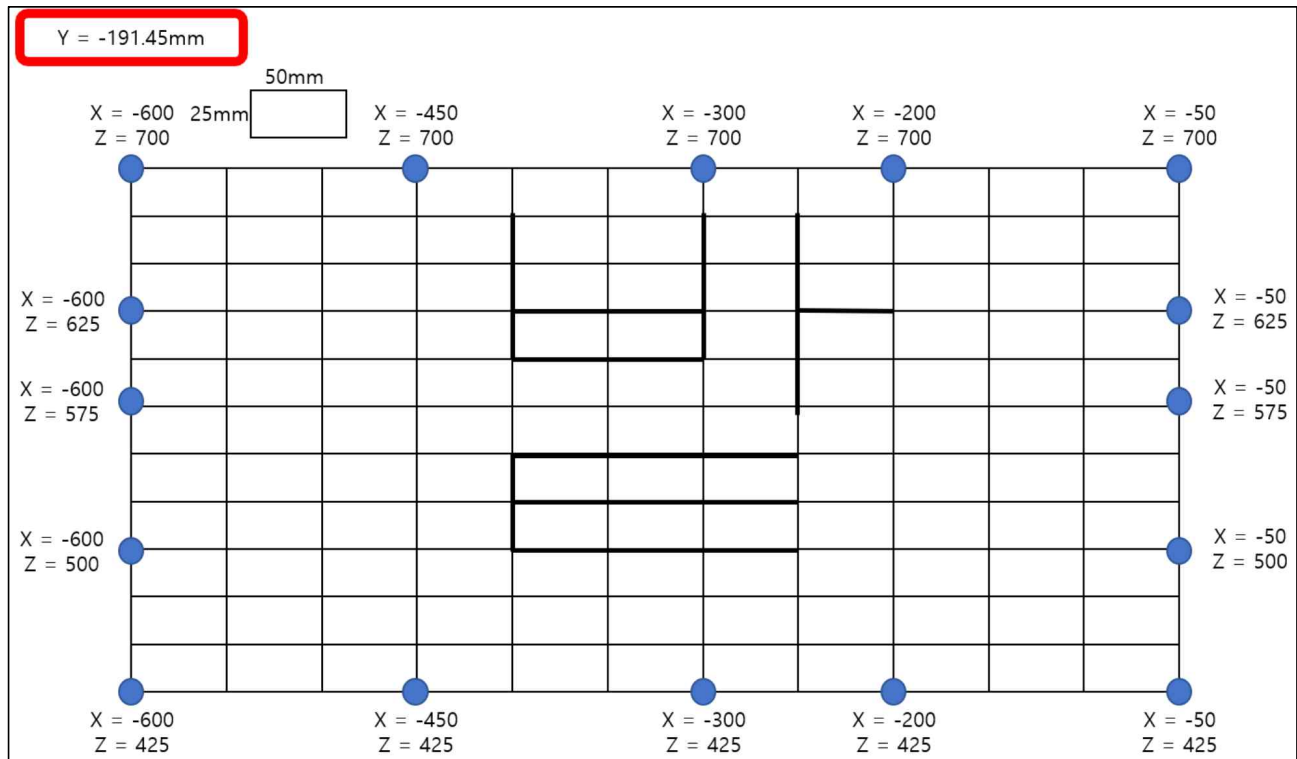
5. 예제 코드(Lab2_Task2.m) 설명: (경로로 이름 쓰기: 한발대)

(1) 첫 번째 평면

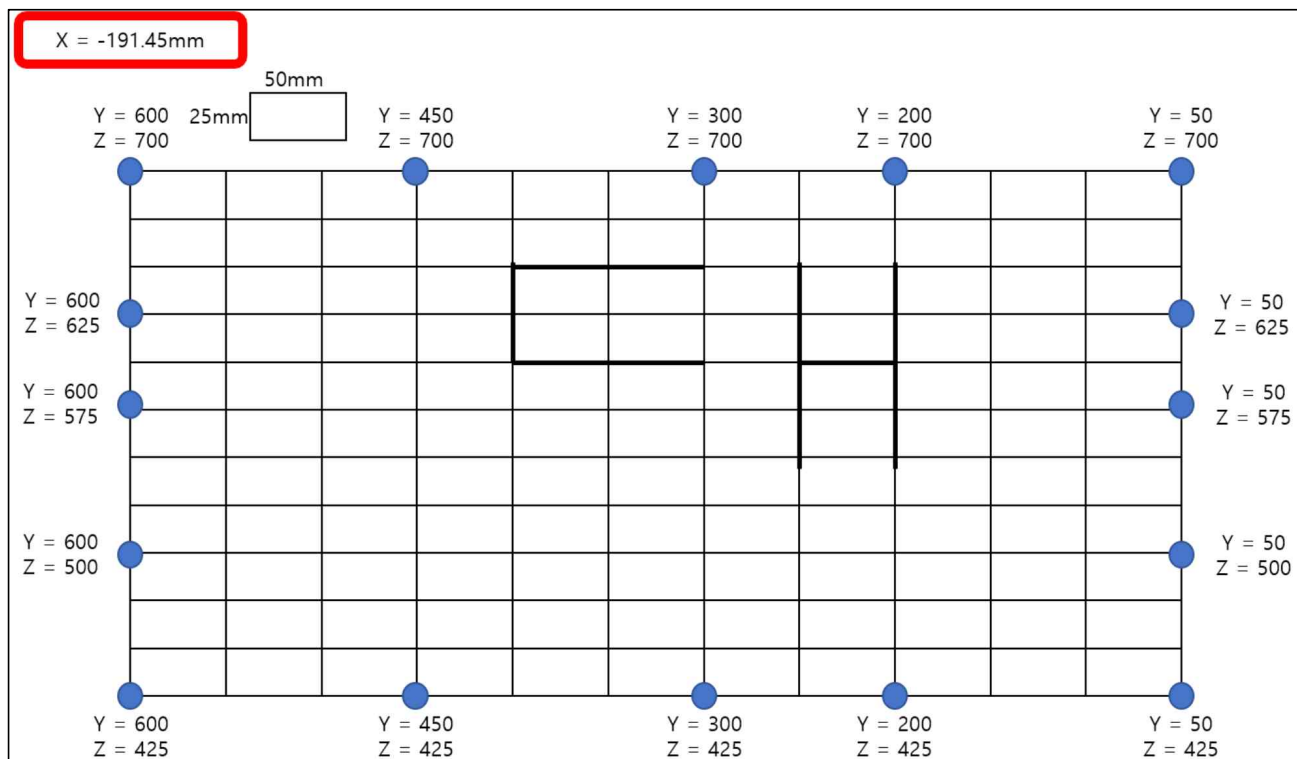


6축 로봇팔 경로 생성 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

(2) 두 번째 평면



(3) 세 번째 평면



로봇팔 경로 생성 결과보고서 Task 2 작성예시

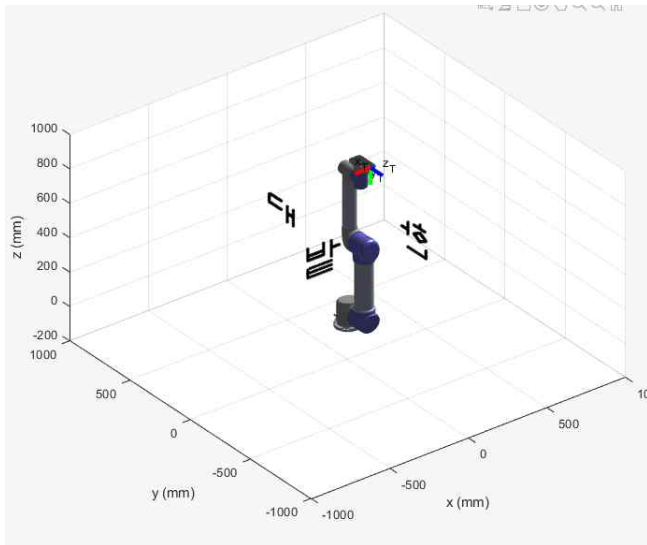
이름 : 김한발

학번 : 20211329

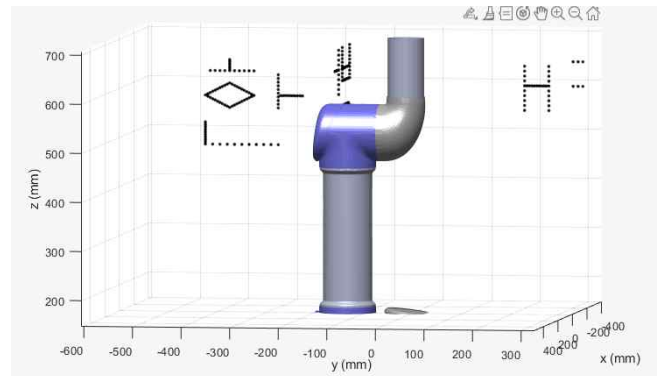
분반: 03

날짜 : 2021년 8월 31 일

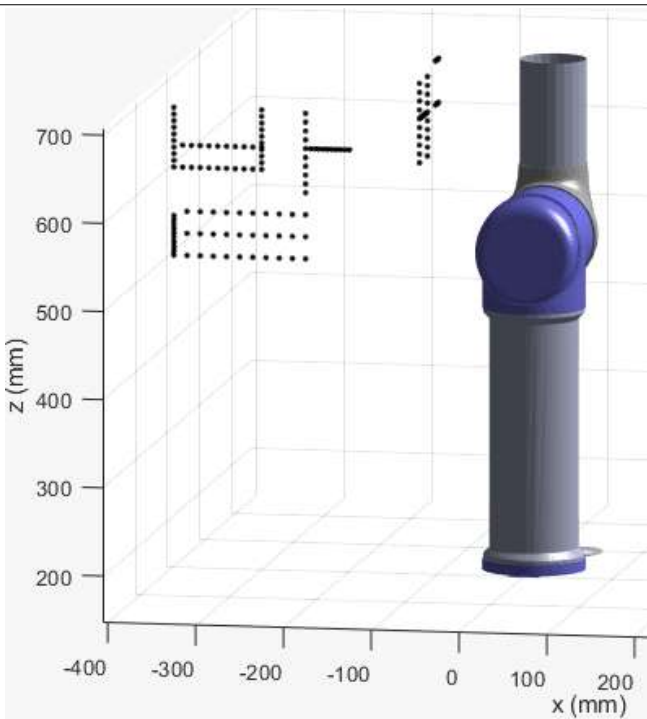
전체 캡처 이미지 첨부



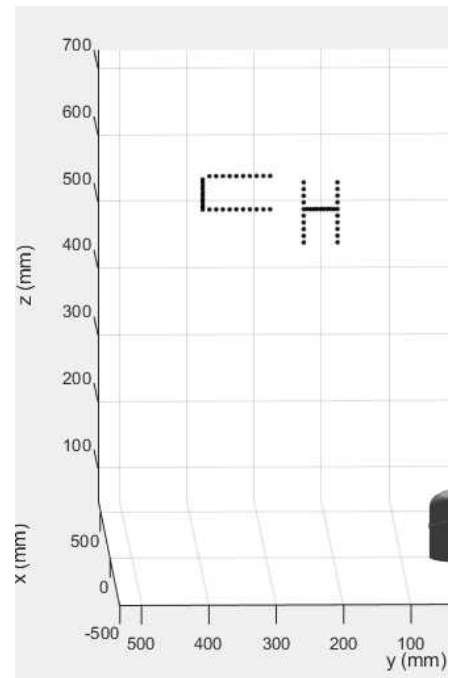
글자 1 캡처 이미지 첨부



글자 2 캡처 이미지 첨부



글자 3 캡처 이미지 첨부



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



1. 첫 만남: 기능 및 용어

이 모듈은 로봇, 사용자 인터페이스, I/O 및 기능에 관한 간단한 소개를 제공합니다.

🕒 9분

완료



2. 로봇의 작동 원리

이 모듈에서는 엔드이펙터와 센서를 추가하여 로봇의 직관플래이스 작업을 준비할 수 있습니다.

🕒 10분

완료



3. 툴 설정

도구 중심점의 확인 및 구성 방법, 도구 방향 지정 방법, 무게 중심 및 유틸 하중의 결정 및 입력 방법에 대해 배워보세요.

🕒 22분

완료



4. 프로그램 만들기

이 모듈에서는 로봇의 다양한 모션 유형을 학습하고 직관플래이스 애플리케이션에 필요한 모든 모션과 웨이포인트를 프로그래밍합니다.

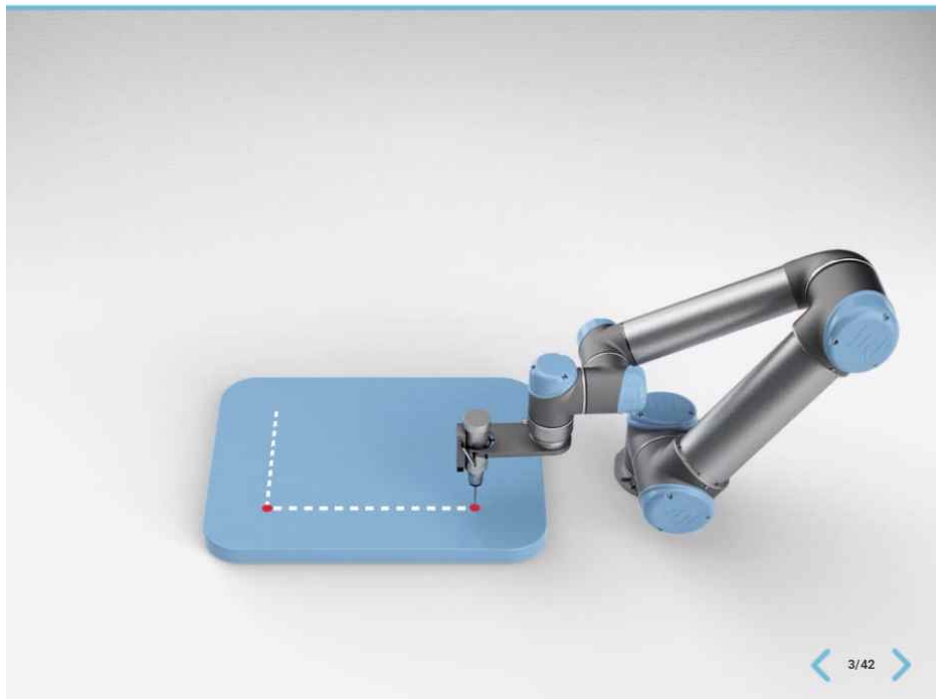
🕒 24분

© 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



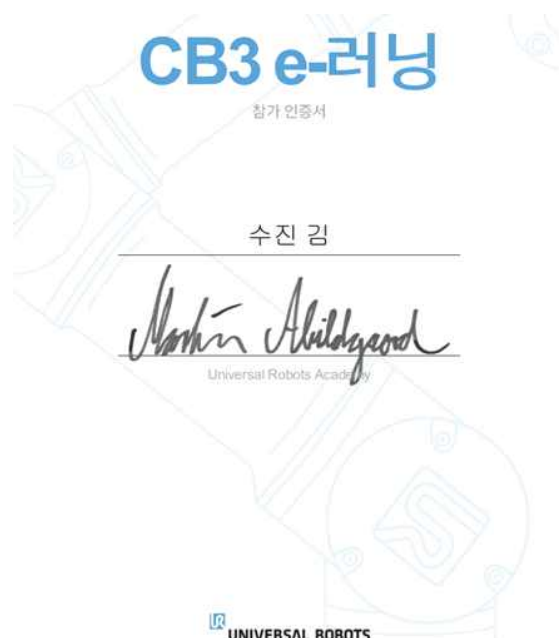
교육 과정

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

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

(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_학번.m

주의: m 파일 이름에 한글 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 : 2021년 월 일

미션 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 : 2021년 월 일

전체 캡처 이미지 첨부	글자 1 캡처 이미지 첨부
글자 2 캡처 이미지 첨부	글자 3 캡처 이미지 첨부