

Lab: UR robot simulation

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 구동 시뮬레이션 (김영식 교수)

1주차 1차시

1. 실험목적

6축 로봇팔인 UR 로봇의 구동 방식에 대해 이해한다.

(구조, 좌표계, 경로와 작동 방식

(명령어 - Joint 지정, XYZ 좌표 지정 (사전 설명 참고)) 등)

XYZ 좌표 지정 명령어를 활용하여, 가상의 로봇팔이 주어진 3점을
지나는 직선 경로를 구성(코딩)할 수 있다.

(점 - Home position 포함)

2. 사전 설명

Joint 지정, XYZ 좌표 지정

로봇팔에게 원하는 위치로의 움직임을 지정하는데
크게 두가지를 기준으로 지정할 수 있다.

먼저, 기준 XYZ 좌표계를 기준으로 Tool(로봇팔 끝)의 위치와
회전을 지정해주는 것이다. 그러면 그에 맞추어 로봇이
각 축마다 필요한 각도를 계산하여 팔을 움직인다.

반면 Joint 지정은 그에 반대로 사용자가 팔의
길이를 반영하여 각 관절에 알맞은 각도를 설정한다.

그렇게 Tool이 원하는 위치에 움직일 수 있도록 지정한다.

2. 시뮬레이션에 사용되는 프로그램

Python - 실물 로봇을 구동할 때, PC에 서버를 개설하여

로봇이 연결되어있는 PC와 통신을 할 수 있게 해준다.

Matlab - 시뮬레이션 및 실물 로봇 구동할 때에 사용자가 보기

편하게 그림을 통해 예상 경로, 이동 경로 등을

Plot창, 작업공간을 통해 자료들을 시각화해준다.

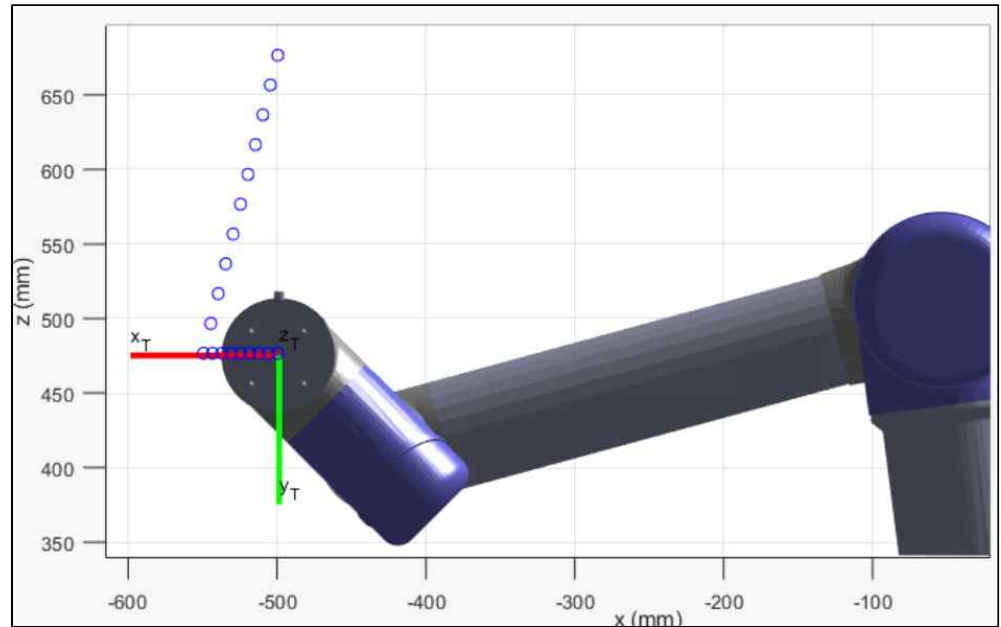
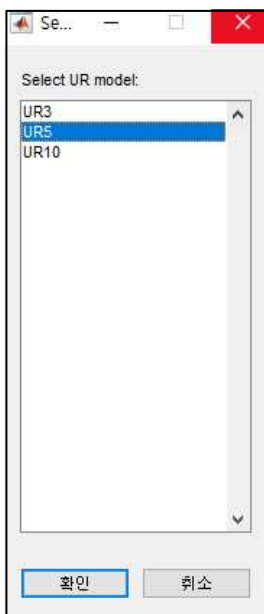
6축 로봇팔 구동 시뮬레이션 (김영식 교수)

1주차 1차시

3. 시뮬레이션 구동 방법

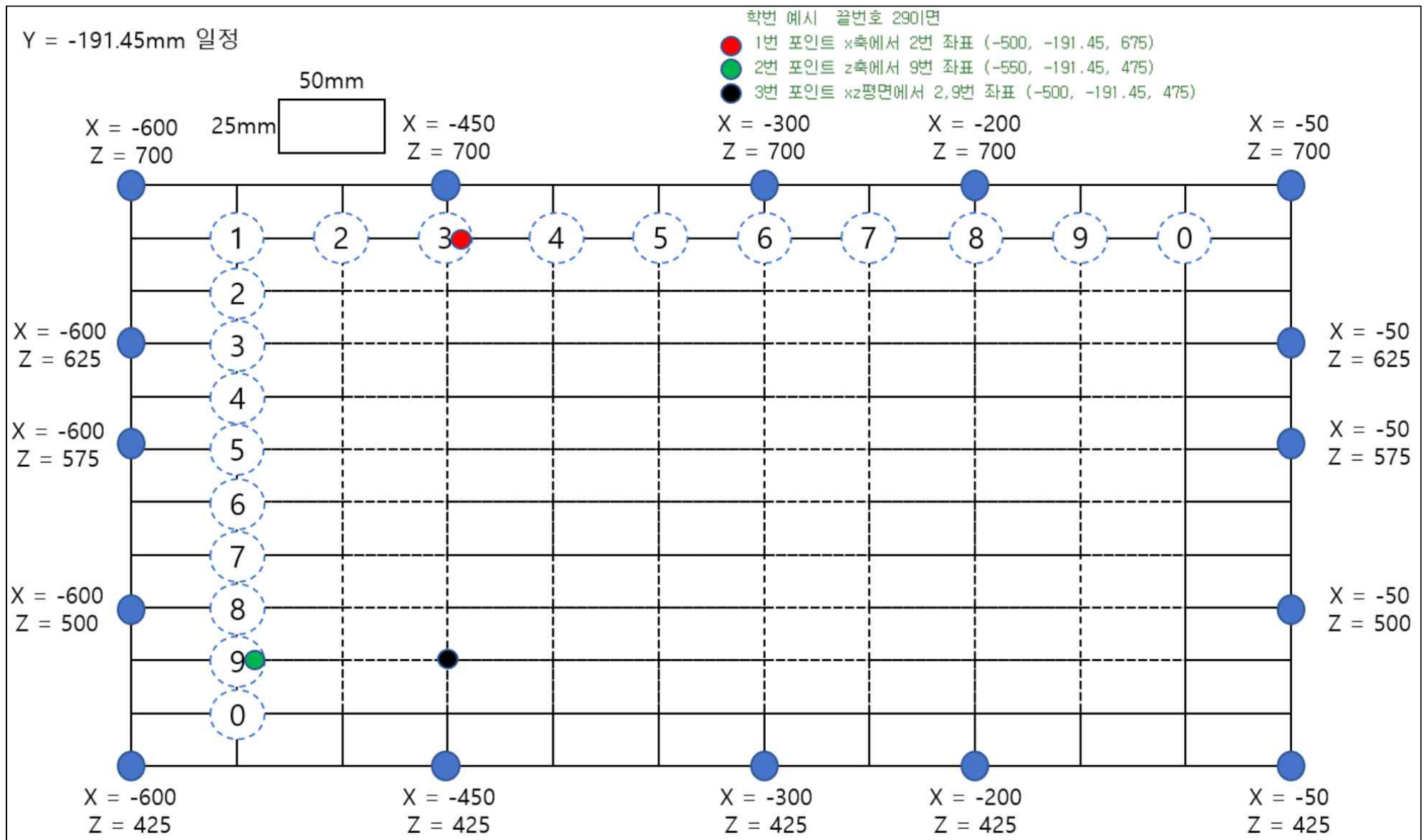
Matlab 예시 창을 띄운 후 F5키를 눌러 실행한다.

그리고 UR5선택, 엔터키를 눌러 동작하는 것을 확인한다.



4. 유의사항

- 로봇 end effector/TCP(tool center point)의 시작과 끝나는 위치 사이 경로점의 개수: 7~10개
- 각 경로점마다 0.5초 동안 일시정지, `pause(0.5)` 사용
- 평면 $y = -191.45\text{mm}$ 기준 xz평면 (다음페이지 참고)
- 계산은 소수점 둘째자리까지 (0.01mm)



로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 1주차 1차시 작성예시

이름 : 김한발

학번 : 20211329

수업일자 : 월 일

미션 좌표 :

[단위 : mm] ①(-500, -191.45, 675)

②(-550, -191.45, 475)

③(-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

사진 첨부 1

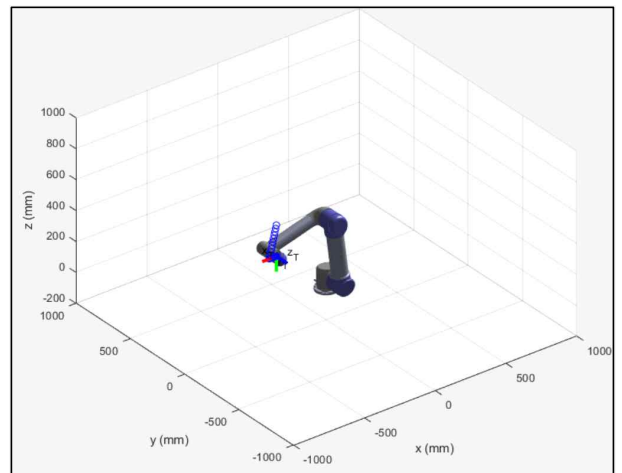
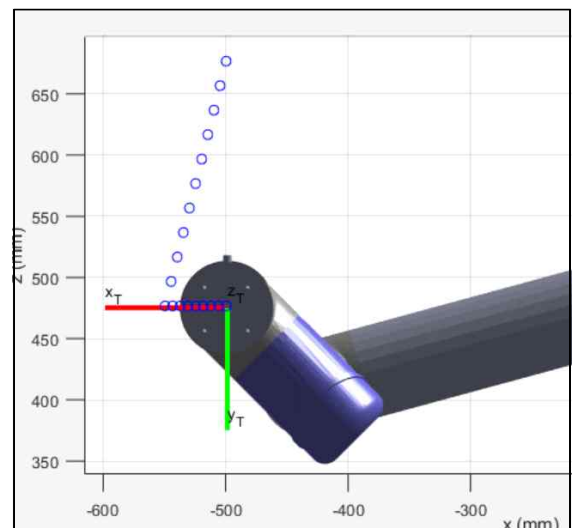


사진 첨부 2



로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 1주차 1차시 보고서

이름 : 학번 : 수업일자 : 월 일

미션 좌표 : [단위 : mm] ①(, -191.45,)
 ②(, -191.45,)
 ③(, -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	

사진 첨부 1

사진 첨부 2

6축 로봇팔 구동 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

1주차 2차시

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`

~~내용을 반복하는데, 배열 A의 개수만큼만 반복하며 1번씩 반복할 때 마다 A에 있는 원소 한 개씩 count라는 변수에 대입한다.

`simObj.Joints()`

시뮬레이션 로봇의 현재 모든 Joint값을 배열로 보여준다.
단위는 라디안이다.

`simObj.ToolPose()`

시뮬레이션 로봇의 현재 TCP값을 배열로 보여준다.
단위는 mm, rad이다.

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 구동 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

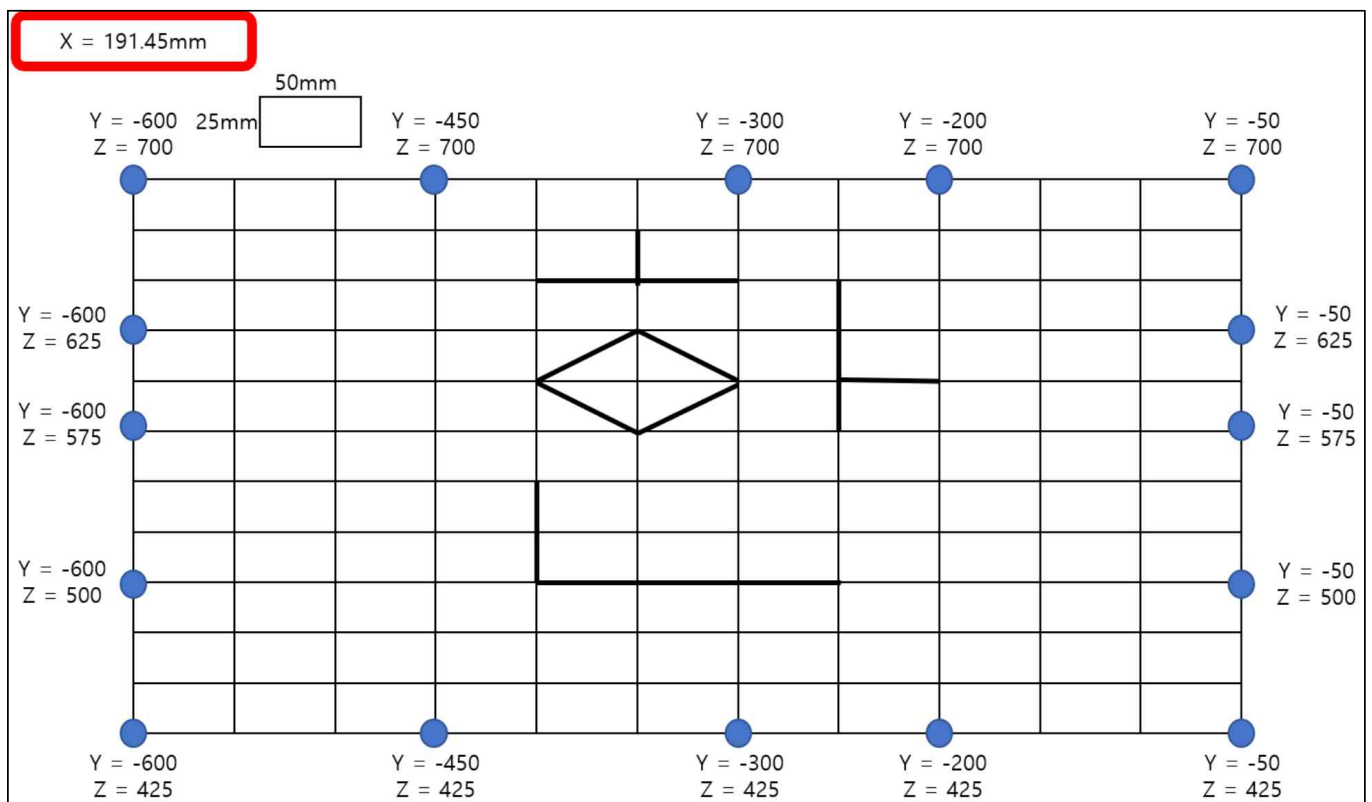
1주차 2차시

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. 평면 제시 및 예시 (이름 한발대)

첫 번째 평면

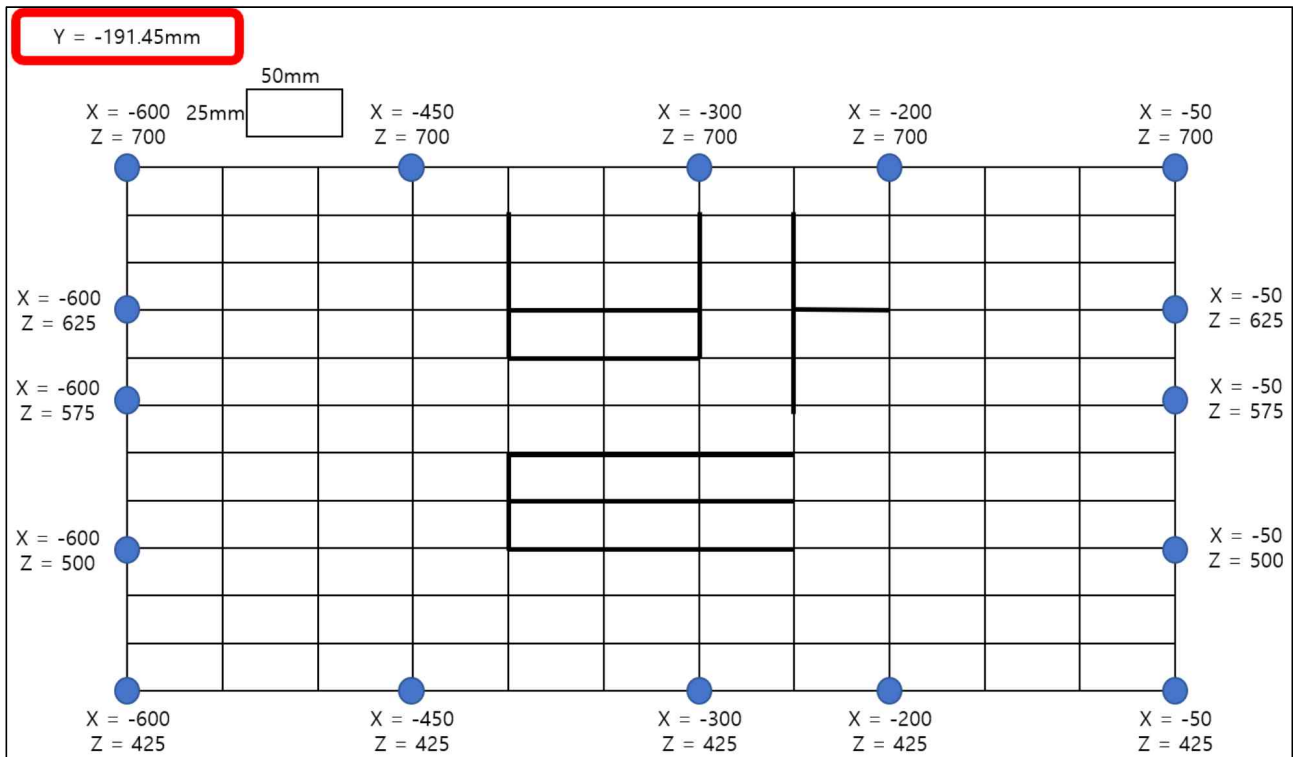


6축 로봇팔 구동 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

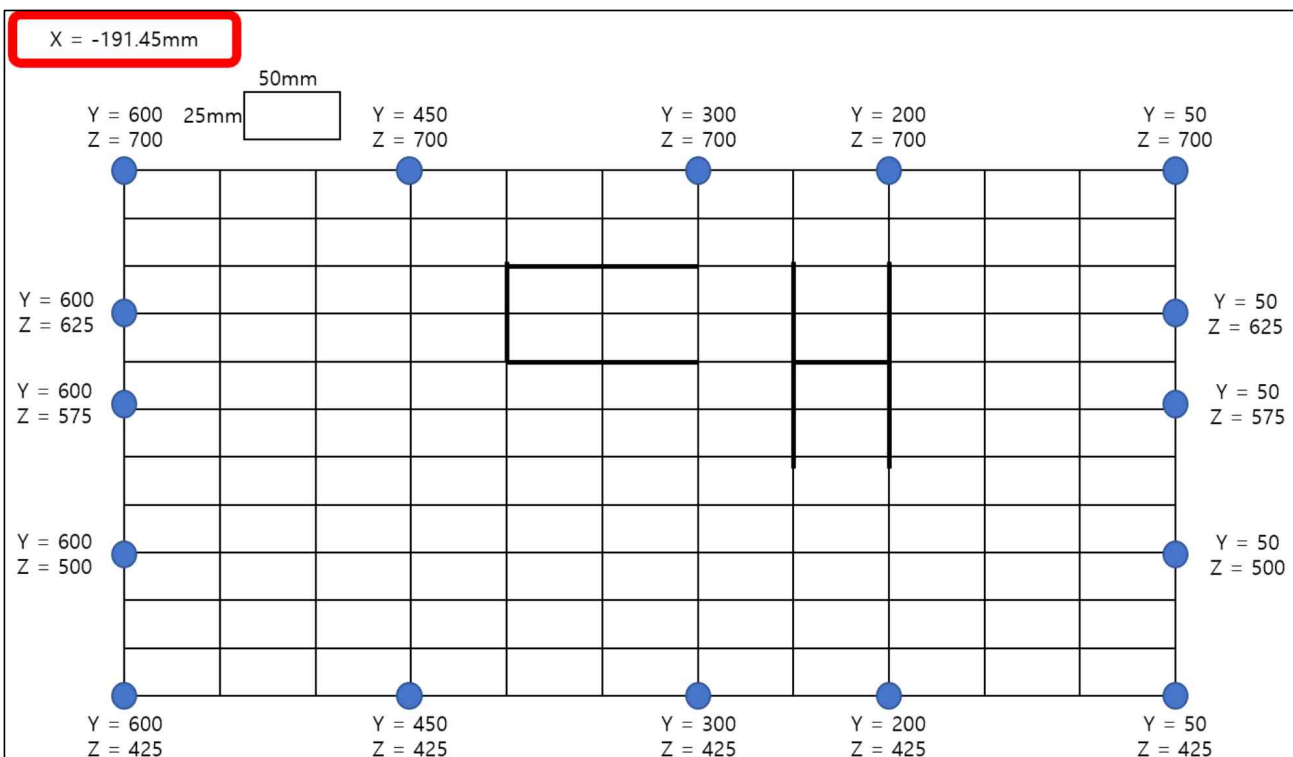
1주차 2차시

5. 평면 제시 및 예시 (이름 한발대)

두 번째 평면



세 번째 평면



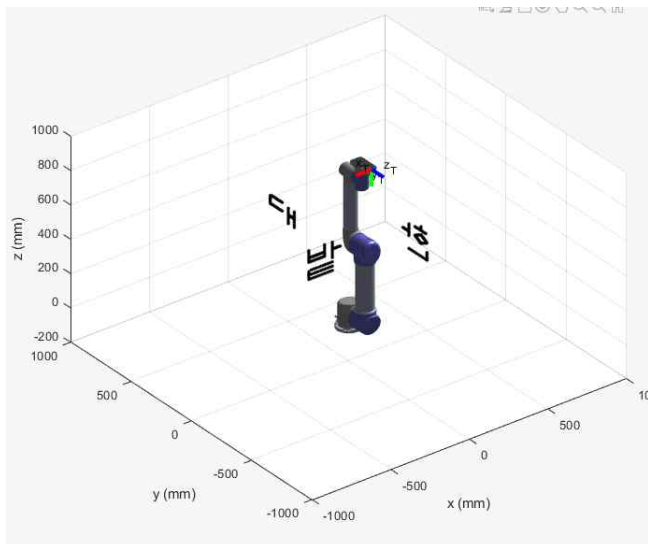
로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 1주차 2차시 작성예시

이름 : 한발대

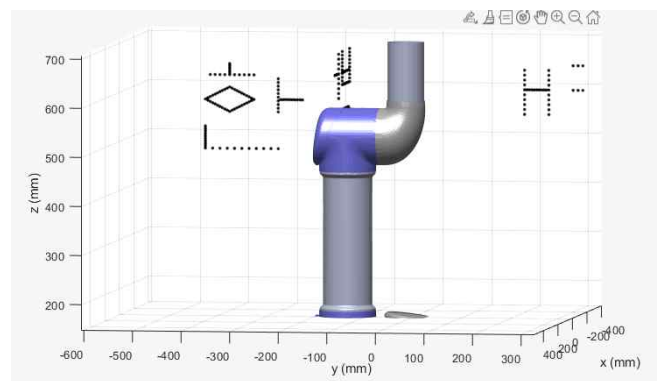
학번 : 20211329

수업일자 : 월 일

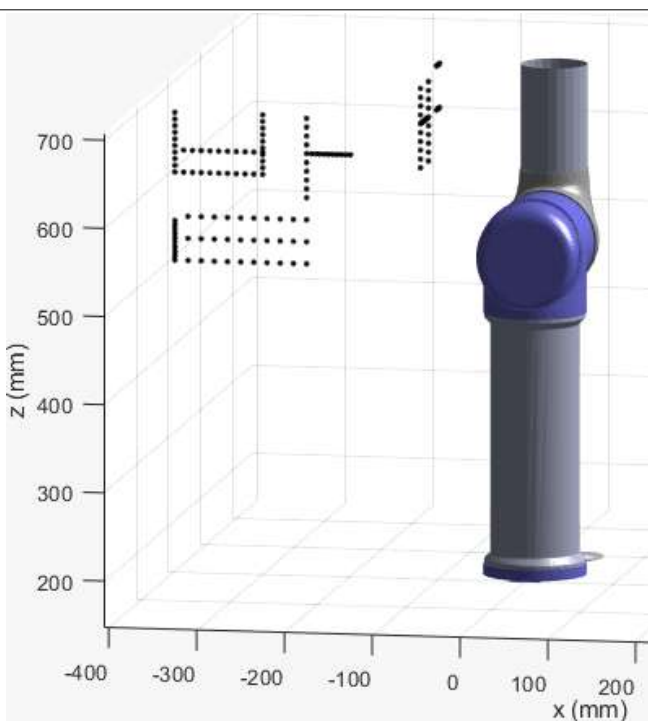
메인 사진 첨부



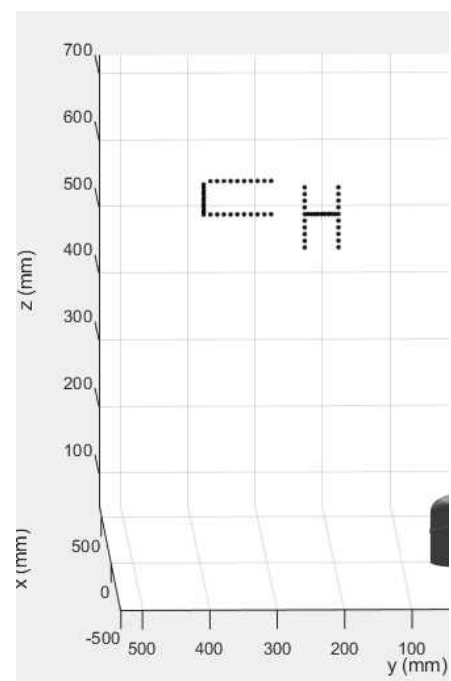
글자 1 사진 첨부



글자 2 사진 첨부



글자 3 사진 첨부



로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 1주차 2차시 보고서

수업일자 : 월 일

메인 사진 첨부	글자 1 사진 첨부
글자 2 사진 첨부	글자 3 사진 첨부

6축 로봇팔 구동 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

2주차 1차시

1. 실험목적

로봇팔의 TCP(Tool Center Point) 속도를 기반으로
그에 대한 경로를 (적분하여) 구할 수 있다.

Homogeneous transformation matrix를 이해하고 이를 활용하여
TCP를 사용자가 원하는 방향으로 로봇의 움직임을 설정할 수 있다.

2. 사전 개념

Homogeneous transformation matrix:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{p} \\ \mathbf{0}_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \in \mathbb{SE}(3)$$

Base 좌표계, Tool 좌표계는 다음 페이지에 그림 첨부

3. 실험 내용

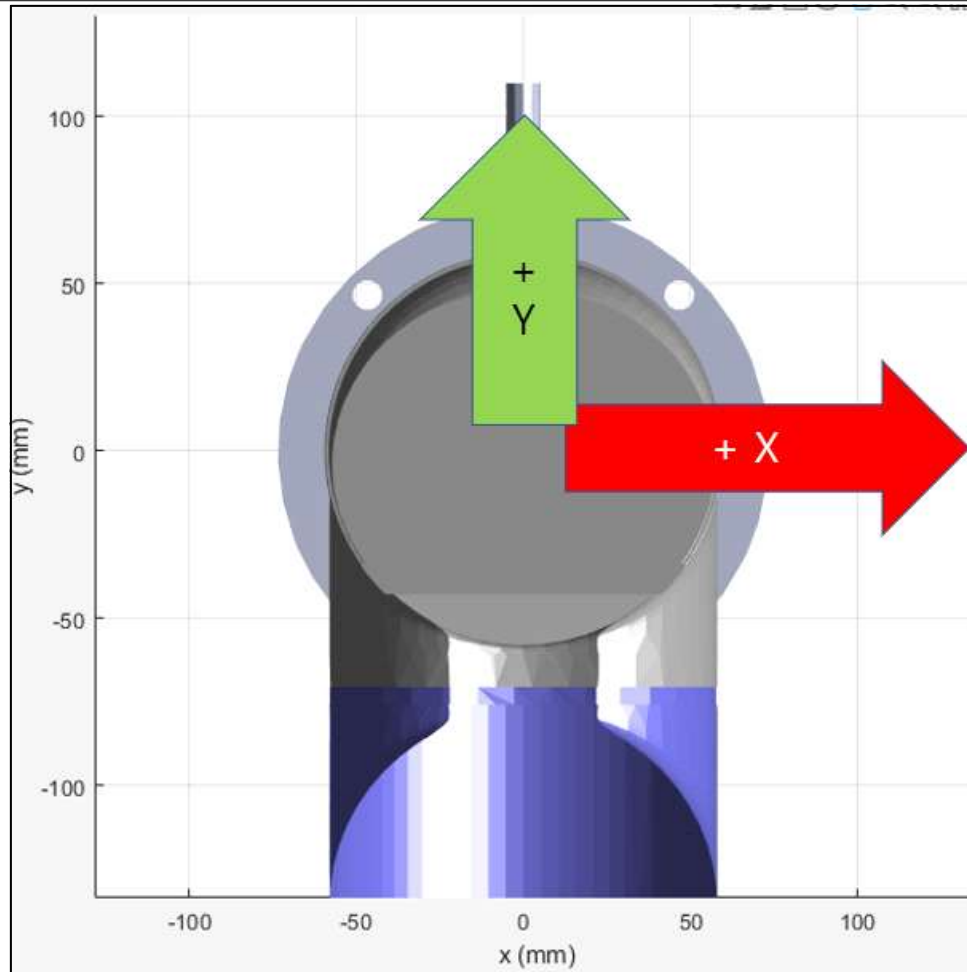
지정된 직교좌표 평면에서 특정 속도로 움직이는 경로를 생성한다.
미션 표를 보고 자신에게 맞는 미션(속도, orientation)을 조합한다.
주어진 속도를 적분하고, Tool의 orientation 예제에 수정한다.
시뮬레이션을 돌리고 나서 생긴 원의 지름을 쓰고,
화면을 캡처해서 보고서를 작성한다.

4. 예제 설명

예제는 Tool 좌표계 +X, +Y, +Z축을 Base의 -X, -Z, -Y축에 정렬,
 $V_x = 50 \cdot \sin(w \cdot t)$, $V_y = 50 \cdot \cos(w \cdot t)$ 로 작성되었다.
적분상수 $C_x = 200$, $C_y = -350$ 이다.

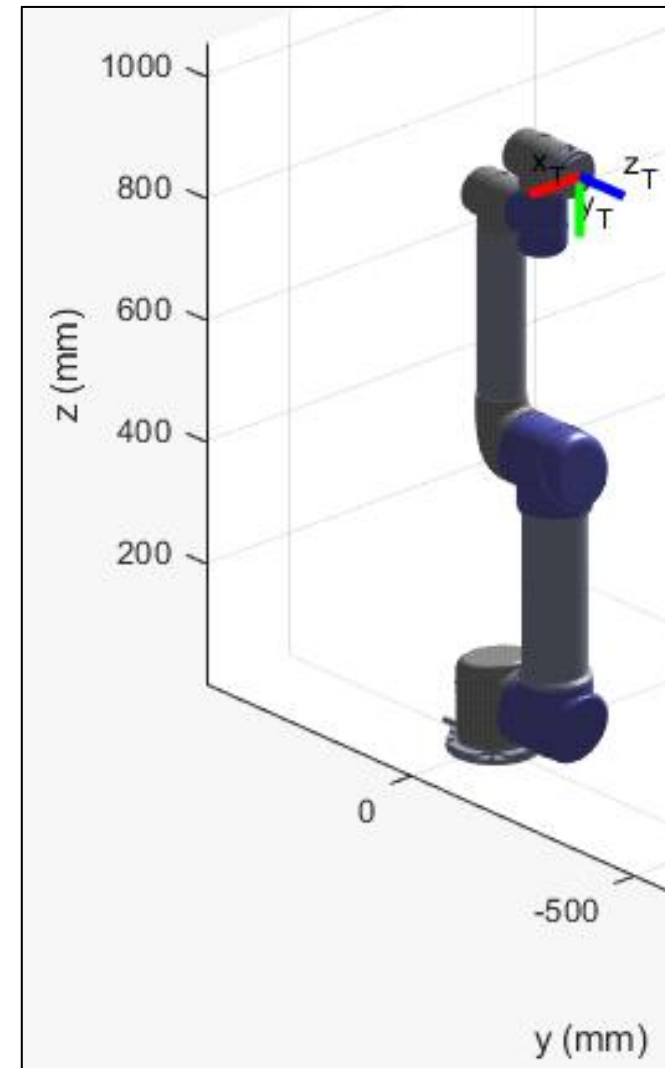
2-1. Base 좌표계, Tool 좌표계

Base 좌표계



선 튀어나온 곳이 +Y 방향,
현재 그림 시점에서 오른쪽 방향이 +X 방향

Tool 좌표계



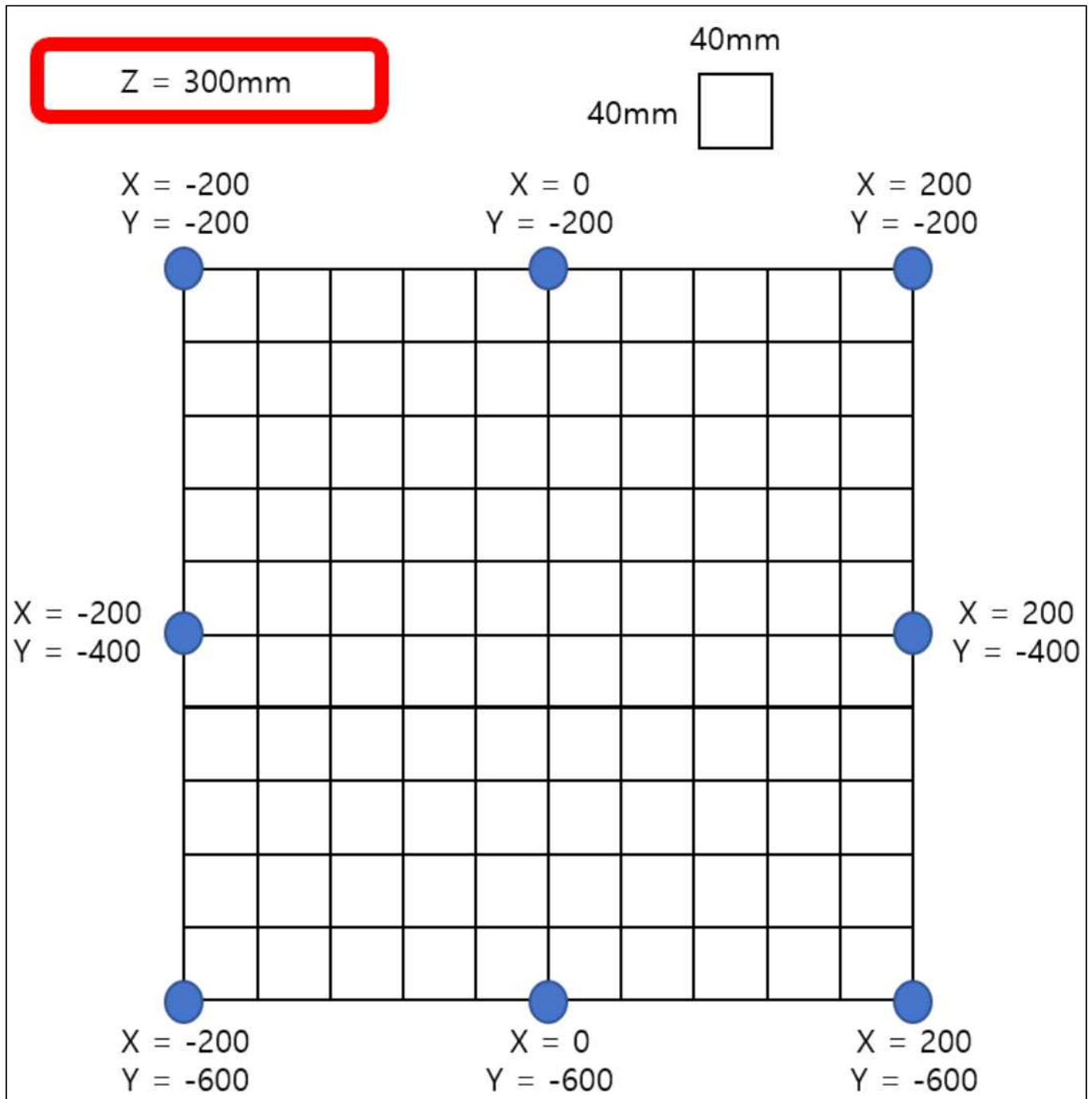
5. 미션(속도, orientation) 제시

속도 값 (학번의 십의 자리)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
X	$110 \cdot \sin(wt)$	$120 \cdot \sin(wt)$	$130 \cdot \sin(wt)$	$140 \cdot \sin(wt)$	$150 \cdot \sin(wt)$	$160 \cdot \sin(wt)$	$170 \cdot \sin(wt)$	$180 \cdot \sin(wt)$	$190 \cdot \sin(wt)$	$200 \cdot \sin(wt)$
Y	$110 \cdot \cos(wt)$	$120 \cdot \cos(wt)$	$130 \cdot \cos(wt)$	$140 \cdot \cos(wt)$	$150 \cdot \cos(wt)$	$160 \cdot \cos(wt)$	$170 \cdot \cos(wt)$	$180 \cdot \cos(wt)$	$190 \cdot \cos(wt)$	$200 \cdot \cos(wt)$
Tool orientation 지정 (학번의 일의 자리)										
① 툴의 좌표계를	② 아래 Base 좌표계에 맞추어 정렬									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
+xT	+Y	-Y	+Z	-Y	-Y	+Y	-Y	+Z	-Y	-Y
+yT	+Z	+Z	+X	+X	-X	+Z	+Z	+X	+X	-X
+zT	+X	-X	+Y	+Z	-Z	+X	-X	+Y	+Z	-Z

6축 로봇팔 구동 시뮬레이션 (김영식 교수 담당)

2주차 1차시

6. 미션 평면 제시



로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 2주차 1차시 작성예시

이름 : 한발대

학번 : 20211329

수업일자 : 월 일

1. 실험을 위해 사용한 로봇 툴의 직선속도와 방향 축을 적으시오.
초기위치는 적분하여 구할 것 (적분상수는 $C_x=200$, $C_y = -350$).

X축의 속도	Y축의 속도	Z축의 속도
$V_x = 50 \cdot \sin(\omega t)$	$V_y = 50 \cdot \cos(\omega t)$	$V_z = 0$

툴의 회전 방향(Tool orientation):

(Base 좌표계를 기준으로 Tool의 각 +축을 아래에 정렬)
(-X , -Z , -Y)

계산 : 경로 $X(50 \cdot -\cos(\omega t))$, $Y(50 \cdot \sin(\omega t))$, 원의 지름 (100 mm)
Homogeneous transformation matrix (참고. ToolPoseArray 배열 값)

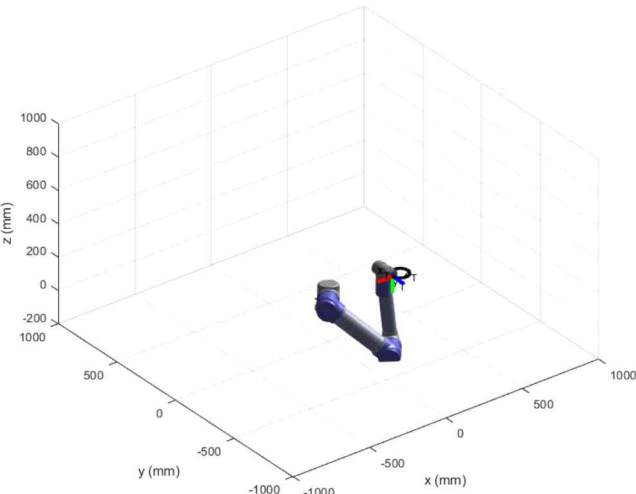
-1	0	0	x
0	0	-1	y
0	-1	0	300
0	0	0	1

로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 2주차 1차시 작성예시

이름 : 한발대

학번 : 20211329

수업일자 : 월 일

시뮬레이션 결과 캡처	경로 생성 코드
	<pre>for count = t x = 200 + 50*(-cos(w*count)); y = -350 + 50*sin(w*count); z = 300; ToolPoseArray = [-1 0 0 x 0 0 -1 y 0 -1 0 z 0 0 0 1]; simObj.ToolPose = ToolPoseArray; <u>plt_Waypoints</u> = plot3(simObj.Axes, pause(0.5) end</pre>

로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 2주차 1차시 보고서

이름 : 학번 : 수업일자 : 월 일

1. 실험을 위해 사용한 로봇 툴의 직선속도와 방향 축을 적으시오.
초기위치는 적분하여 구할 것 (적분상수는 $C_x=200$, $C_y = -350$).

X축의 속도	Y축의 속도	Z축의 속도
$V_x = \quad * \sin(\omega t)$	$V_y = \quad * \cos(\omega t)$	$V_z = \quad 0$

툴의 회전 방향(Tool orientation):

(Base 좌표계를 기준으로 Tool의 각 +축을 아래에 정렬)
(, ,)

계산 : 경로 $X(\quad * -\cos(\omega t))$, $Y(\quad * \sin(\omega t))$, 원의 지름(mm)
Homogeneous transformation matrix (참고. ToolPoseArray 배열 값)

			x
			y
			300
0	0	0	1

로봇팔 시뮬레이션 결과보고서 2주차 1차시 보고서

이름 : 학번 : 수업일자 : 월 일

시뮬레이션 결과 캡처	경로 생성 코드