

Generovanie hladkej trajektórie (20 bodov)

V nasledovnom zadaní si ukážeme generovanie hladkej trajektórie polynomiálnou interpoláciou [1] v kĺbovom a kartezijskom priestore priemyselného 6-osového robotického manipulátora. Študent bude mať k dispozícii URDF model robotického ramena ABB IRB 4600 [2] s algoritmom riešenia inverznej kinematickej úlohy *ikfast* [3]. Náplňou cvičenia bude preopakovanie teoretických poznatkov z prednášok, vysvetlenie ukázkových programov (použitie knižnice *Eigen* pre maticové operácie, použitie inverznej kinematickej úlohy a vizualizácia trajektórie v *Rviz*) a predstavenie zadania.

Model robota

Prvou úlohou je z dokumentového serveru stiahnuť si model robota ABB, oboznámiť sa s týmto balíkom. Na spustenie budete potrebovať nainštalovať *xacro*:

```
sudo apt-get install ros-jazzy-xacro
```

Následne je balík možné spustiť pomocou príkazu:

```
ros2 launch abb_model test_irb4600.launch.xml
```

Ukážkové zdrojové kódy

1. Balík **trajectory_visualization** poukazuje ako vyplniť `joint_states_msgs` pre vizualizáciu trajektórie. Ukážku je možné pustiť príkazom:

```
ros2 launch trajectory_visualization trajectory_visualization.launch.xml
```

2. Balík **ik_solver_example** (Bude dodaný na cvičení 9) využíva zabudovaný algoritmus *ikfast* inverznej kinematickej úlohy. Ukážku je možné pustiť príkazom:

```
ros2 run ik_solver_example ik_solver_example
```

Zadanie 2.1

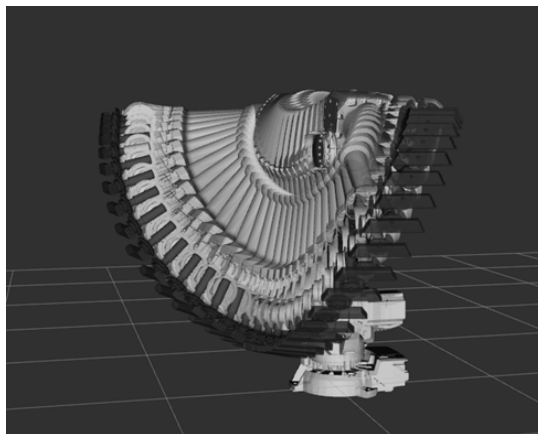
1. Stiahnuť a spustiť model robota z dokumentového serveru.
2. Stiahnuť si ukážkové programy
3. Naprogramovať trajektóriu robota v kĺbovom priestore, ktorá bude spĺňať požiadavky dané v tab. 1. (2b)
4. Vykresliť priebehy polohy, rýchlosti, zrýchlenia a trhov pre kĺb 1 a kĺb 3. (2b)
5. Publikovať trajektóriu pomocou `sensor_msgs/JointStates`. (2b)
6. Napísať Service Server, ktorý spustí algoritmus generovania trajektórie. To znamená, že robot bude v 0 polohe po štarte node, po zavolaní servisu sa pohne podľa vypočítanej trajektórie. (1b)

Tab 1. Požiadavky pre trajektóriu

T [s]	Q1 [°]	dQ1 [°/s]	d ² Q1 [°/s ²]	Q3 [°]	dQ3 [°/s]	d ² Q3 [°/s ²]
-------	--------	-----------	---------------------------------------	--------	-----------	---------------------------------------

0	0	0	0	0
1	-	-	30	0
4	90	0	0	0

* Q1 = prvý kĺb, Q3 tretí kĺb, d – derivácia, d² – druhá derivácia



Obr. 1 Ukážka trajektórie v úlohe 1

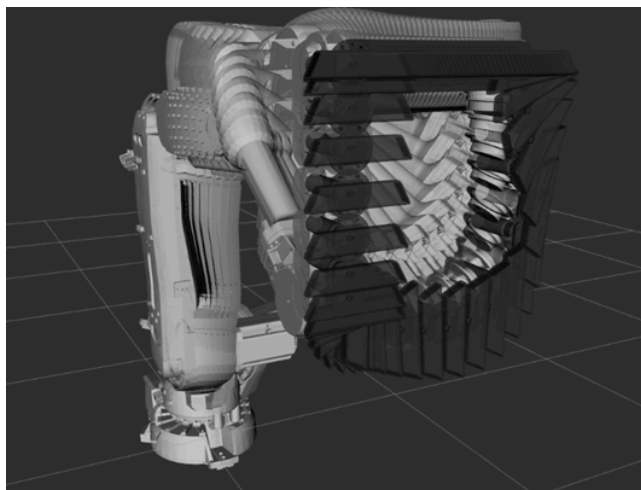
Zadanie 2.2

- Naprogramovať trajektóriu robota v karteziánskom súradnicovom systéme nástroja robota, ktorá bude spĺňať požiadavky dané v tab. 2. (5b), ktorá sa bude skladať z nasledovných bodov:
 - Presun nástroja po z-osi dole z 1,6 na 1,0 m za 1 sekundu a zároveň žiadna iná súradnica sa nesmie meniť.
 - Otočenie nástroja na mieste okolo osi Z o 90 stupňov za 1 sekundu
 - 1 Sekundu robot stojí
 - Presun nástroja po y-osi z 0 na 0,5 m za 1 sekundu, ale robot v tomto bode nesmie zastaviť ale plynulo prechádzať do bodu e) a zároveň nesmie zmeniť rotáciu nástroja.
 - Presun nástroja po z-osi z 1,0 na 1,6 metra a zároveň zmena rotácie okolo osi z o 90 stupňov naspäť za 1 sekundu.
 - Presun do počiatočnej polohy za čas 5 sekúnd.
- Vykresliť polohy, rýchlosti, zrýchlenia súradnice Y,Z a rotácie okolo osi Z v súradnicovom systéme nástroja robota. (2b)
- Prepočítať trajektóriu do kĺbového priestoru robota. (2b)
- Vybrať vhodné konfigurácie robota, tak aby trajektória bola plynulá a vypublikovať trajektóriu robota pomocou sensor_msgs/JointStates v Rviz ako je znázornené na obr. 2. (3b)
- Napísať Service Server, ktorý spustí algoritmus generovania trajektórie. To znamená, že robot bude v 0 polohe po štarte node, po zavolaní servisu sa pohne podľa vypočítanej trajektórie. (1b)

Tab 2. Požiadavky pre trajektóriu

t [s]	x	y	z	rx	ry	rz	dx	dy	dz	drz/d ² rz
0	1	0	1,6	0	$\pi/2$	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	$\pi/2$	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0	0	0	0
3	1	0	1	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0	0	0	0
4	1	0,5	1	0	$\pi/2$	$\pi/2$	0			0
5	1	0,5	1,6	0	$\pi/2$	0	0	0	0	0
9	1	0	1,6	0	$\pi/2$	0	0	0	0	0

Čas t [s], Poloha x,y,z [m], rotácia rx, ry, rz [rad], rýchlosť v osiach dx, dy, dz [m/s], rýchlosť rotácie drz okolo osi z [rad/s] a zrýchlenie rotácie d²rz okolo osi z [rad/s²].



Obr. 1 Ukážka trajektórie v úlohe 2

Literatúra

- [1] R. N. Jazar, Theory of Applied Robotics. Melbourn, Australia, 2022, pp. 687–730.
- [2] ABB, IRB 4600 documentation, dostupné online: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4600>
- [3] Diankov, Rosen, Automated construction of robotic manipulation programs. 2010.