

Posjet Istraživačkom Centru Robotike (Robotics Research Center) u West Pointu

1 ZADATAK

Suradnja između robota dugo je predmet istraživanja u robotici, ali u većini slučajeva izvedena je za homogeni robotski sustav koji se sastoji od identičnih jedinki. Glavna ideja ovog posjeta bila je istražiti mogućnost suradnje heterogenog robotskog sustava, između zračnog i zemaljskog robota, na primjeru zajedničkog prenošenja predmeta.

2 ROBOTI I OPREMA

U sklopu samog posjeta korišteni su roboti i oprema koju je osigurao sam Centar. Kako bi se navedeni zadatak mogao izvesti, na zračni robot pričvršćen je manipulator kako bi mogao imati interakciju s okolinom.

2.1 ZRAČNI ROBOT S MANIPULATOROM

Korišten je zračni robot tipa hexacopter, letjelica sa šest pogonskih rotora, Slika 1. Letjelica se sastoji od okvira DJI F550, šest DJI 2312E pogonskih motora, šest 430 Lite ESC modula za upravljanje motorima te šest 9-inčnih propelera. Upravljanje kutom i kutnom brzinom izvedeno je na autopilotu Pixhawk koristeći standardnu programsku podršku. Upravljanje pozicijom i brzinom letjelice izvedeno je na Gigabyte Brix ugradbenom računalu pričvršćenom na tijelo letjelice.

S donje strane tijela letjelice pričvršćen je manipulator izrađen u sklopu posjeta. Manipulator ima pet stupnjeva slobode, a za upravljanje pozicijom zglobova korišteni su Dynamixel XH430-W350-T servo motori. Članci manipulatora izrađeni su metodom 3D ispisa. DH parametri manipulatora dani su u Tablici 1.

Parametar Zglob	θ	d	α	a
q_1	$\pi/2$	0	0	0.1225
q_2	0	0	$-\pi/2$	0.1365
q_3	0	0	0	0.0755
q_4	0	0	$-\pi/2$	0.0725
q_5	$-\pi/2$	0	0	0

Tablica 1 DH Parametri manipulatora



Slika 1 Letjelica s okvirom DJI F550 opremljena autopilotom Pixhawk, računalom te manipulatorom

2.2 ZEMALJSKO VOZILO

Vozilo korišteno u eksperimentima bilo je GVR-Bot koji proizvodi kompanija TARDEC. Pogonski dio vozila sastoji se od dvije gusjenice postavljene na svaku stranu robota. Gornji dio vozila je opremljen pločom pogodnom za prenošenje predmeta. Također, vozilo je opremljeno ugradbenim računalom te modulom za bežičnu Wi-Fi komunikaciju. Vozilo je prikazano na Slici 2.



Slika 2 TARDEC GVR-Bot

2.3 PRAĆENJE POZICIJE ROBOTA

Za mjerenje pozicije robota u prostoru laboratorija korišten je sustav Optitrack. Sustav se sastoji od 10 kamera koje snimaju posebne markere na robotima u infracrvenom spektru. Na taj način jednoznačno određuju poziciju i orijentaciju objekata u prostoru. Informaciju o svojoj poziciji i orijentaciji roboti dobivaju preko bežične mreže.

3 PLANIRANJE TRAJEKTORIJE

Za planiranje trajektorije sustava, te svake njegove komponente zasebno, izrađen je i korišten programski paket *topp_ros* koji se oslanja na pakete *TOPP* i *TOPP-RA* (*TOPP* – Time Optimal Path Parametrization). Navedeni paketi planiraju vremenski optimalnu trajektoriju za jednog ili više robota. Pritom se zadaju ograničenja brzine i akceleracije za svaki stupanj slobode za koji se planira trajektorija. Konkretno, opisani heterogeni robotski sustavi ima 11 stupnjeva slobode: 4 stupnja slobode letjelice(x, y, z, yaw); 5 stupnjeva slobode manipulatora; i 2 stupnja slobode vozila(x, y). Kako bi se vremenski uskladio položaj svih robota, trajektorija je planirana za cjelokupni sustav.

4 ISHODI POSJETA

Jedan od ishoda ovog posjeta bio je upoznavanje grupe istraživačkog centra. Navedeni rezultati ostvareni su kroz suradnju s članovima grupe. Kroz daljnju suradnju u planu je izrada znanstvenog članka u kojem bi obje grupe koristile letjelicu i zemaljsko vozilo za prenošenje objekata. Na taj način pokazati će se kako je ovaj pristup funkcionalan za različite tipove letjelica i zemaljskih robota.

U svrhu provođenja eksperimenata izrađen je manipulator jednakih karakteristika kao onaj izrađen u sklopu posjeta, Slika 3. Jedina razlika je korištenje karbonske materijala za izradu umjesto 3D ispisa istih. Kako Dynamixel motori u zglobovima manipulatora imaju mogućnost mjerenja struje, a samim time i momenta, u pripremi je mjerenje sile vrha alata manipulatora korištenjem tih podataka. Pri tome će se koristiti Newton-Eulerova metodologija za izračun sile i momenta vrha alata.



Slika 3 Manipulator izrađen na Fakultetu elektrotehnike i računarstva

Letjelica koja će se koristiti je AscTec NEO te također ima šest pogonskih motora, Slika 4. Programska podrška ove letjelice je ista kao i za prethodno navedeni DJI F550, što ju čini pogodnom za korištenje s alatima razvijenim u sklopu posjeta.



Slika 4 AscTec NEO letjelica

Glavna okosnica zajedničkog znanstvenog članka je prenošenje predmeta pri čemu je naglasak na manevriranju tim predmetom u prostoru s preprekama. Pri planiranju izvođenja manevara treba u obzir uzeti ograničenja svih robota kako bi se isplanirala izvediva trajektorija pri čemu niti jedan dio sustava ne dotiče prepreke.

Razmjena iskustva i znanja jedan je od najvažnijih ishoda ovog posjeta. Kao takvi, LARICS(Zagreb) i RRC(West Point) posjeduju različite tipove robota i opreme te su samim time drugačija i iskustva vezana za rad s takvom opremom. Iz tog razloga bilo je potrebno naučiti raditi s opremom za 3D printanje i strojevima za obradu koji su bili dostupni na West Point-u. Kao dio škole i pripreme za rad s navedenim strojevima, održana je serija predavanja i pokaznih vježbi kako bi se polaznici upoznali s praktičnim primjenama i sigurnosnim uvjetima za rad. Konstrukcija manipulatora te ostalih nužnih za pričvršćivanje na letjelicu odrađena je pomoću usvojenih znanja s predavanja i pokaznih vježbi.

Glavni naglasak ovog posjeta bio je upravo na izradi mehaničkih komponenti te na algoritmima upravljanja i planiranja trajektorije zračnog manipulatora te zemaljskog vozila. Motivacija za takav pristup je postizanje razmjerno slične razine opreme u oba laboratorija koja će se koristiti u daljnjem zajedničkom istraživanju.