

RoboCamp

Korisnički priručnik



18.06.2025.

Patrik Putanec

Fakultet strojarstva i brodogradnje,
Regionalni centar izvrsnosti za robotske tehnologije

SADRŽAJ

Popis slika	2
Korištenje simulatora	4
Pokretanje simulacijskih programa	4
Pokretanje Mission Planner-a	6
Pokretanje glavnog servera i Jetson programa (simulacija)	7
Detalji pokretanja programa simulacije.....	8
Gašenje simulacije	8
Narukvica	9
Komponente narukvice (hardware).....	9
Program narukvice (software)	12
Funkcije narukvice	13
RoboCamp Wi-Fi router.....	15
RoboCamp oprema (Dron i hardware).....	16
Popis opreme (Check-List).....	17
RadioMaster radio stanica	18
Paljenje stanice	18
Modovi letenja	19
Upravljanje dronom	20
GUIDED način letenja	21
Baterije radio stanice	22
Komunikacija s Mission Planner-om.....	23
RTK korekcije.....	24
Spajanje RTK s Mission Planner-om	24
Postavljanje baterije na drona	25
Priprema za let.....	27
Spajanje napajanja drona	27
Paljenje radio stanice i provjera veze	28
Spajanje telemetrije i RTK	29
Glavni program (stvarni sustav)	30
Tkinter sučelje	32
Prozor s funkcijskim tipkama	32
Popis narukvica	33
Pomoćne poveznice.....	34
LUA skripte za LED svjetla drona.....	34

Popis slika

Slika 1. Potrebni terminal prozori za pokretanje simulacije RoboCamp sustava.	4
Slika 2. Pokretanje Gazebo vizualizatora i SITL simulacije drona.	5
Slika 3. Pokrenuta startsocat.sh skripta, stvorena su dva virtualna serijska porta.	5
Slika 4. Uspješno inicijaliziran plugin za prikaz markera na karti.	6
Slika 5. lijevo: Povezivanje na MAVLink poruke na portu 14550 (Baud rate mora biti 57600). desno: Uspješno dohvaćanje parametara s drona na Mission Planner, može potrajati.	6
Slika 6. HUD na kojem se vide bitni podaci o stanju drona: stanje baterije, mod letenja, stanje GPS signala, potencijalne greške se prikazuju na sredini.	7
Slika 7. Pokretanje glavnog servera (robocamp_main_server_wip.py) i Jetson programa (robocamp_jetson_server.py).	7
Slika 8. Prikaz sučelja pri korištenju sustava: lijevo-gore: tkinter prozor s funkcijskim tipkama, lijevo: tkinter prozor s popisom stanja narukvice, dolje-lijevo: terminal glavnog servera, dolje-desno: terminal simulacije Jetson drona.	7
Slika 9. Koncept interakcije glavnog servera i Jetson programa u slučaju simulacije.....	8
Slika 10. Električna shema konačnog prototipa narukvice.....	9
Slika 11. Slike stvarnih elektroničkih komponenata RoboCamp narukvice, s lijeva na desno: ME2108A33 boost pretvarač, Li-ion punjač, PA1010D GPS čip, WeMos D1 mini mikroupravljač.....	9
Slika 12. Narukvica, pogled odozgo.....	10
Slika 13. USB-C i micro-USB priključci na prototipu narukvice.	10
Slika 14. Punjenje baterije narukvice preko USB-C priključka na laptop/računalo.	11
Slika 15. Punjenje samostalne baterije preko Soldered Li-ion charger pločice i USB-C priključka.	11
Slika 16. Koncept Arduino kôda RoboCamp narukvice.....	12
Slika 17. Postavke za programiranje narukvice uz pomoć Arduino sučelja.	13
Slika 18. Programiranje prototipa RoboCamp narukvice preko micro-USB priključka na laptop/računalo.....	13
Slika 19. Proba slanja poruke s narukvice na server. Lijevo: Arduino serial monitor i narukvica, desno: server i primljene poruke.....	14
Slika 20. Primjer primljenih NMEA poruka	14
Slika 21. Statusno LED svjetlo, s lijeva na desno: ništa – narukvica u stand-by-u, crvena - nema Wi-Fi konekcije, zelena - GPS poziv, plava – search poziv, žuta – track poziv.	14
Slika 22. Interakcije RoboCamp sustava koje se odvijaju preko Wi-Fi mreže.	15
Slika 23. tp-link Archer C6 Wi-Fi router (gore), originalni priključak za napajanje i njegove karakteristike (lijevo), adapter za Li-po bateriju (sredina dolje) te Turnigy 2.2 Li-po baterija (3 ćelije – 11,1 V, dolje desno).	15
Slika 24. Router spojen na Li-po bateriju kada se koristi za testiranje vani.....	15
Slika 25. RoboCamp kofer za drona.	16
Slika 26. RoboCamp kofer za drona, detalji.	16
Slika 27. RadioMaster TX16S radio stanica za ručno upravljanje dronom.	18
Slika 28. Prekidač za postavljanje moda letenja (flight-mode) – lijevi, prekidač za automatsko slijetanje ili povratak na mjesto uzlijetanja – desni.....	18
Slika 29. Postojeći modovi letenja unutar ArduPilot sustava.	19
Slika 30. Postavljeni (mapirani) modovi letenja na kanalu 5.....	20
Slika 31. Postavljene komande na upravljačkim palicama.	20

Slika 32. Prekidači za postavljanje drona u GUIDED način rada (veliki vanjski, oznake SF i SH). Lijevo je prekidač bistabil (ostaje u položaju), desni je monostabil (treba ga držati da bi se održavalo GUIDED stanje).	21
Slika 33. Baterije za napajanje RadioMaster radio stanice: Tattu 650, LenomRC 1000 i Reely 1500 mAh.	22
Slika 34. Punjenje RadioMaster TX16S stanice preko USB-C kabla.	22
Slika 35. Radio veze između drona i radio stanice, te između drona i računala.	23
Slika 36. Pokretanje MAVProxy-ja za dijeljenje dolaznih MAVLink poruka s radija (ttyUSB0) na dvije interne adrese u računalu (local udp 14550 i local udp 14551).	23
Slika 37. Holybro SiK Telemetry radio antene, lijeva za telemetriju drona, desna za RTK korekcije s RTK bazne stanice.	23
Slika 38. Sparkfun RTK facet	24
Slika 39. Koraci s desna na lijevo: Paljenje Sparkfun RTK-facet-a; Odabir načina rada: Base; Pokretanje bazne stanice; Čekanje satelita i povećanje točnosti GPS (m).....	24
Slika 40. Postavljanje RTK funkcionalnosti unutar Mission Planner-a.....	24
Slika 41. Postavljanje baterije na drona: namještanje spužvica i trake, postavljanje baterije, prvo preliminarno stezanje da sve "sjedne".	25
Slika 42. Konačno stezanje trake da dobro drži bateriju. Pomicanje narančastog držača u sredinu, te svih držača prema gore.....	26
Slika 43. Provjera napona baterije uz pomoć BX100 testera.	27
Slika 44. Micro-USB kabel spojen na Cube Orange letno računalo.	27
Slika 45. Povezivanje priključaka za napajanje Jetson računala i drona preko montirane baterije. Namještanje antene za telemetriju.	28
Slika 46. LED signalizacija pojedinih komponenti na dronu: GPS antena (gore), Radio prijemnik (sredina), LEDN na svim krakovima (dolje).	29
Slika 47. Stanje HUD-a pred polijetanje: Baterija 16,43V, Ready to Arm, Loiter mode, GPS.....	29
Slika 48. Potrebni terminal prozori za pokretanje stvarnog RoboCamp sustava.....	30
Slika 49. Koncept interakcije glavnog servera i Jetson drona u uvjetima stvarne primjene.....	31
Slika 50. Pokrenuti programi u prozorima terminala, otvoren Mission Planner i tkinter sučelje.	31
Slika 51. Prozor s funkcijskim tipkama (RoboCamp Interface extension).	32
Slika 52. Prozor s popisom detektiranih narukvica. Prva je već aktivirana u modu "gps".	33
Slika 53. Pop-up prozor kao obavijest o primljenom zahtjevu za pronalazak narukvice preko GPS koordinata.	33
Slika 54. Lokacija LUA skripti za upravljanje LED svjetlima drona.	34

Korištenje simulatora

Simulacijsko okruženje je skup instaliranih programa pomoću kojih se može simulirati i vizualizirati dron, te se na njemu mogu testirati funkcije koje se koriste na pravom dronu. Simulacijsko okruženje sastoji se od:

- Gazebo 11.15 - simulator robotskih sustava.
- ArduPilot SITL - simulator kompletnog software-a autopilota drona.
- ArduPilot plugin - za spajanje ArduPilot simulatora i Gazebo simulatora.
- MAVProxy - multiplexer za dijeljenje MAVLink poruka prema svim simulatorima.
- ROS Noetic - za pokretanje gotovih simulacijskih scenarija.

Simulacijsko okruženje je postavljeno tako da se unutar Gazebo simulatora stvara narančasti dron kojeg pokreće ArduPilot SITL (Software In The Loop) odnosno a na njemu se vrti kopija pravog programa autopilota koji bi upravljao stvarnim dronom. Komande koje se šalju dronu preko MAVProxy multiplexera izvršavaju se u SITL-u, te se preko plugin-a i Gazebo-a simulira fizika i prikazuje let drona.

Pokretanje simulacijskih programa

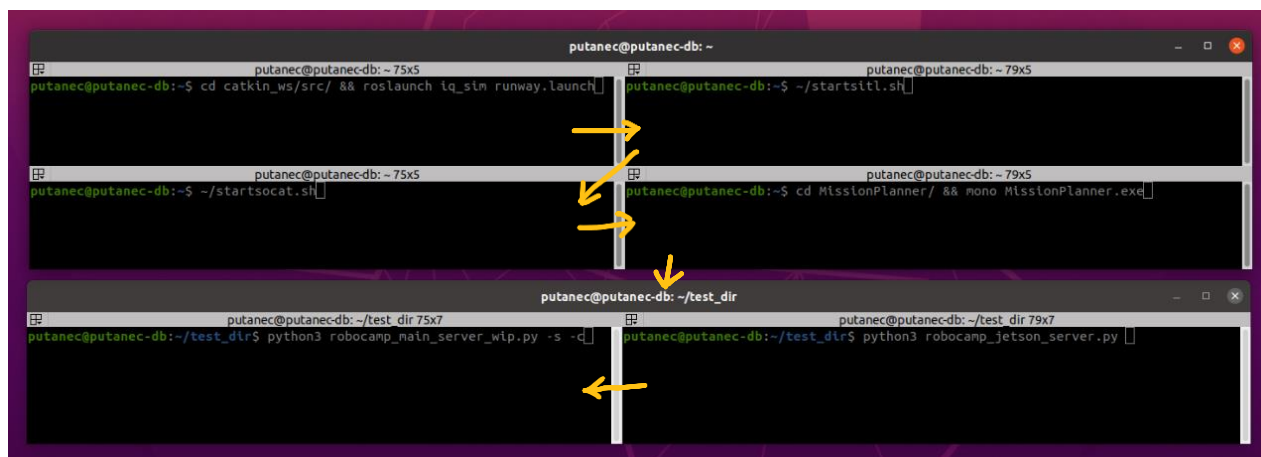
Što je potrebno od stvarnih komponenti (hardware):

- RoboCamp narukvica.
- robocamp1 Wi-Fi mreža.
- ASUS laptop s instaliranim okruženjem.

Što je potrebno od programa (software):

- 4 prozora u terminalu koji pokreću simulacijsko okruženje: Gazebo, SITL, socat, Mission Planner.
- 2 prozora u terminalu (ili VS code-u) koji pokreću programe na serveru i simuliranom Jetson dronu: robocamp_main_server i robocamp_jetson_server.

Na slici Slika 1 je prikazan raspored terminal prozora za paljenje simulacije. Predloženi raspored paljenja se pokazao najrobusnijim.



Slika 1. Potrebni terminal prozori za pokretanje simulacije RoboCamp sustava.

Pokretanje Gazebo simulatora i pomoćnih ROS skripti obavlja se u prvom terminalu:

```
cd catkin_ws/src/ && roslaunch iq_sim runway.launch
```

Pokretanje ArduPilot SITL simulatora drona pokreće se s gotovom shell skriptom:

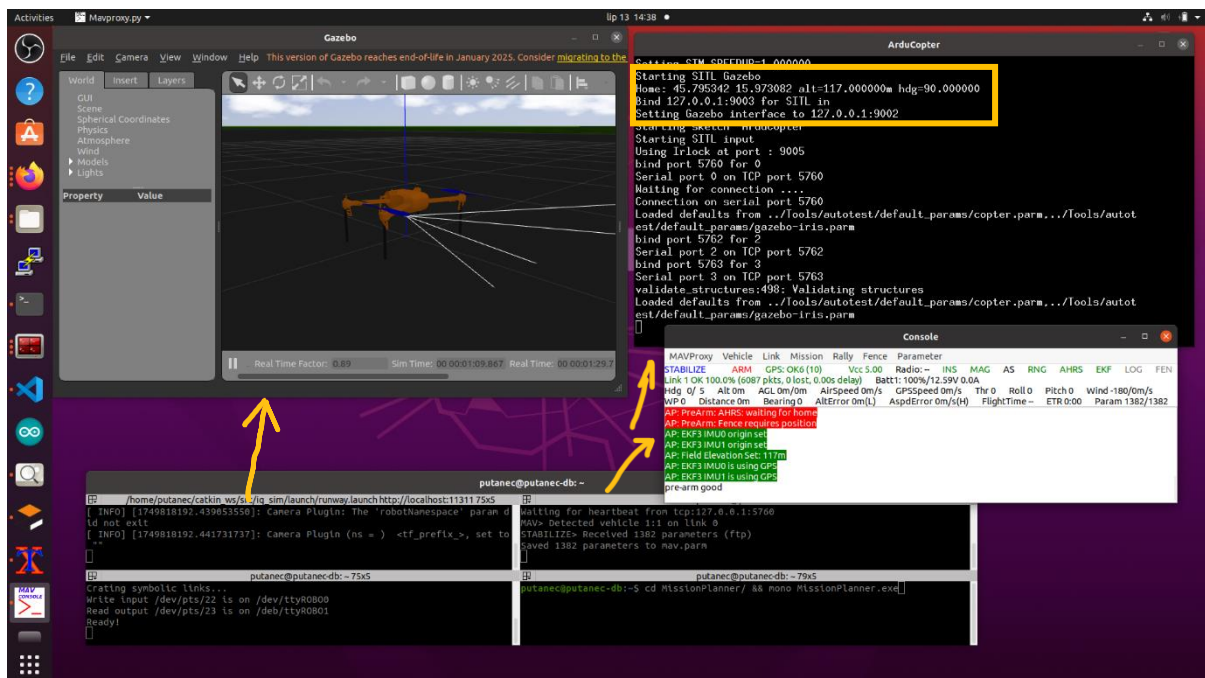
```
~/startsitl.sh
```

ILI ručnim upisivanjem komande (ukoliko treba promijeniti npr. lokaciju iz CRTA u NOA):

```
cd ~/ardupilot/ArduCopter/ && sim_vehicle.py -v ArduCopter -f gazebo-iris --console -L CRTA
```

Vlastite (custom) lokacije za postavljanje drona nalaze se u: **./config/ardupilot/locations.txt**

Ukoliko se Gazebo simulator dobro pokrenuo, vidjet će se narančasti dron na pisti. Ako je sve u redu s pokretanjem SITL-a, na crnom prozoru se vidi uspješna inicijalizacija koordinata drona te pokrenuto sučelje prema Gazebo-u. Na bijelom prozoru (Console) vide se dolazne poruke sa simuliranog drona, te njegova inicijalizacija (senzori: barometar, žiroskop, IMU, GPS...).



Slika 2. Pokretanje Gazebo vizualizatora i SITL simulacije drona.

Pokretanjem startsocat.sh shell skripte i upisivanjem lozinke (trenutno 1234):

```
~/startsocat.sh
```

stvaraju se dva virtualna serijska porta preko kojih će komunicirati Mission Planner plugin i program glavnog servera (server piše naredbe na ttyROBO0 a Mission Planner ih čita na ttyROBO1).

```
putanec@putanec-db:~$ ./startsocat.sh
Starting socat...
2025/06/17 13:47:18 socat[420483] N PTY is /dev/pts/12
2025/06/17 13:47:18 socat[420483] N PTY is /dev/pts/13
2025/06/17 13:47:18 socat[420483] N starting data transfer loop with FDs [5,5] and [7,7]
Configuring /dev/pts/12...
[sudo] password for putanec:
Configuring /dev/pts/13...
Crating symbolic links...
Write input /dev/pts/12 is on /dev/ttyROBO0
Read output /dev/pts/13 is on /dev/ttyROBO1
Ready!
```

Slika 3. Pokrenuta startsocat.sh skripta, stvorena su dva virtualna serijska porta.

Pokretanje Mission Planner-a

Pokretanje Mission Planner-a na Ubuntu računalu vrši se uz pomoć [Mono](#) platforme:

```
cd MissionPlanner/ && mono MissionPlanner.exe
```

Pokretanje Mission Planner-a traje malo duže te nije neuobičajeno da se "zamrzne". Ukoliko se ništa novo ne ispisuje u prozoru terminala gdje je pokrenut, potrebno ga je zaustaviti s **Ctrl+C** te nanovo pokrenuti (samo: mono MissionPlanner.exe). Nakon što se uspješno pokrene, otvoriti će se prozor koji nam javlja da je Plugin za crtanje markera uspješno inicijaliziran (Slika 4). Ukoliko nije prethodno upaljen startsocat.sh javit će da plugin nije uspješno inicijaliziran. Nije potrebno gasiti Mission Planner već se može naknadno pokrenuti startsocat.sh te će se pokazati potvrda.

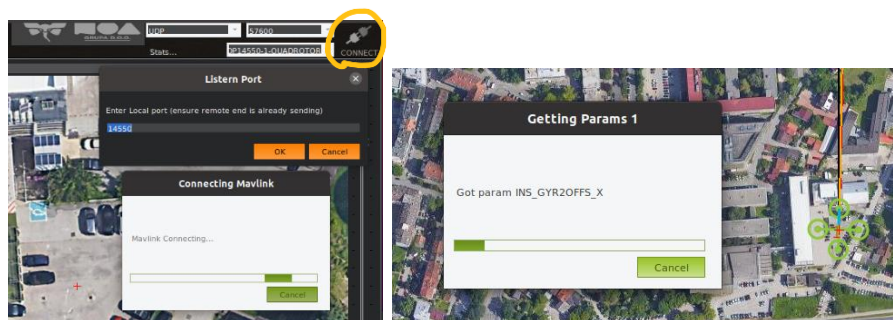


Slika 4. Uspješno inicijaliziran plugin za prikaz markera na karti.

Budući da je u okviru SITL-a već pokrenut MAVProxy, Mission Planner prepoznaje MAVLink promet te se automatski spaja preko porta 127.0.0.1:14550.

Nekada se također automatski spoji i na port 127.0.0.1:14551, no to ne želimo, budući da preko te adrese želimo spojiti program simulacije Jetson računala:

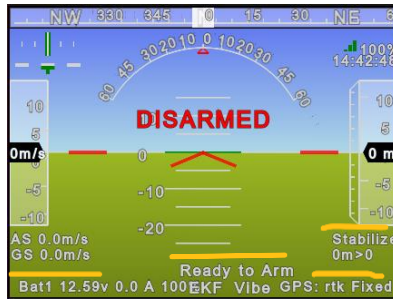
Potrebno je dvaput kliknuti tipku DISCONNECT u gornjem desnom uglu Mission Plannera, te kliknuti CONNECT samo na 14550 (Slika 5).



Slika 5. lijevo: Povezivanje na MAVLink poruke na portu 14550 (Baud rate mora biti 57600). desno: Uspješno dohvaćanje parametara s drona na Mission Planner, može potrajati.

Dohvaćanje parametara simulacije drona normalno može potrajati i do minuta. Dohvaćanjem svih parametara može se vidjeti stanje drona na HUD-u (Slika 6) te i sama geografska pozicija simuliranog drona (CRTA parking ili NOA kamp, ovisno o parametru pokrenutog SITL-a).

Sada se mogu "spustiti" (sakriti) slijedeći prozori: crni ArduPilot, bijeli Console te terminal s 4 prozora iz kojih je sve ovo pokrenuto.



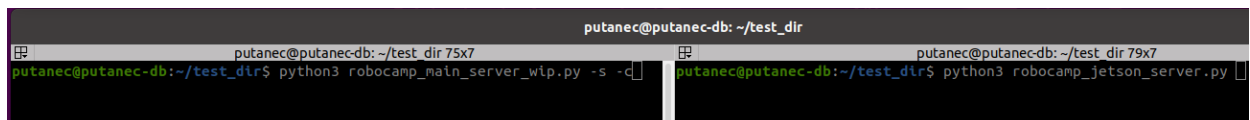
Slika 6. HUD na kojem se vide bitni podaci o stanju drona: stanje baterije, mod letenja, stanje GPS signala, potencijalne greške se prikazuju na sredini.

Ukoliko se na HUD-u ne vidi napon baterije ili je mod letenja Unknown, povezivanje nije uspješno provedeno. Potrebno je ponovo probati UDP CONNECT na 14550.

Pokretanje glavnog servera i Jetson programa (simulacija)

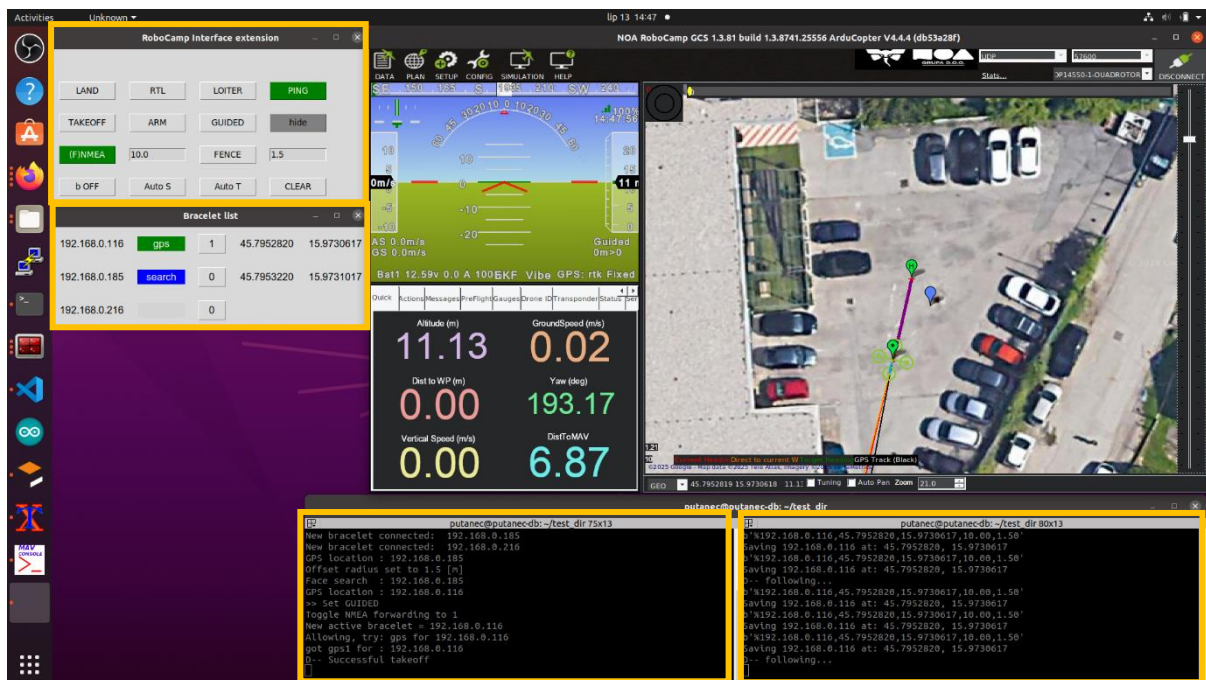
Pokretanje programa glavnog servera i simulacije Jetson računala vrši se u dva prozora odvojenog terminala (nalazimo se u `/test_dir` direktoriju, Slika 7):

```
python3 robocamp_main_server_wip.py -s -c
python3 robocamp_jetson_server.py
```



Slika 7. Pokretanje glavnog servera (`robocamp_main_server_wip.py`) i Jetson programa (`robocamp_jetson_server.py`).

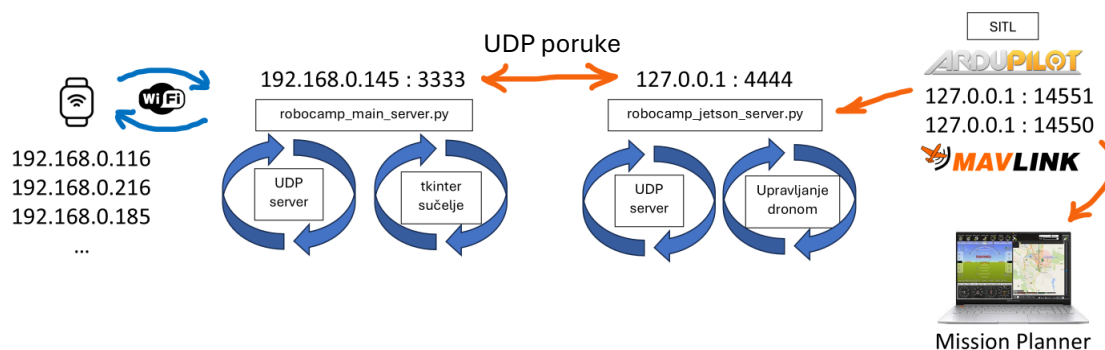
Pokretanjem glavnog servera otvaraju se dva python tkinter prozora koji služe kao sučelje za upravljanje RoboCamp sustavom i dronom preko naredbi te za nadzor stanja spojenih narukvica.



Slika 8. Prikaz sučelja pri korištenju sustava: lijevo-gore: tkinter prozor s funkcijskim tipkama, lijevo: tkinter prozor s popisom stanja narukvica, dolje-lijevo: terminal glavnog servera, dolje-desno: terminal simulacije Jetson drona.

Detalji pokretanja programa simulacije

Pokretanjem **robocamp_jetson_server.py**, program ostvaruje MAVLink konekciju na otvorenom portu 14551 (otvoren preko SITL-a i MAVProxy-ja). Tako se program spaja sa simuliranim dronom. Zatim se pokreću dvije odvojene petlje, jedna koja komunicira s glavnim serverom i druga koja izvršava naredbe vezane za upravljanje dronom.



Slika 9. Koncept interakcije glavnog servera i Jetson programa u slučaju simulacije.

Kako je navedeno, pri pokretanju programa glavnog servera u slučaju simulacije potrebno je na ime programa (**robocamp_main_server_wip.py**) dodati argument **-s**.

```
python3 robocamp_main_server_wip.py -s -c
```

S tim ulaznim parametrom server postavlja očekivanu adresu drona (odnosno Jetson računala) na simuliranu adresu 127.0.0.1: 4444.

Gašenje simulacije

Pri završetku simuliranja najbolje je gasiti prozore terminala obrnutim redoslijedom od pokretanja:

- Glavni server se gasi klikom miša bilo gdje u prazni prostor tkinter prozora *RoboCamp Interface extension* (Slika 8 gornji lijevo) te pritiskom **[Esc]** tipke na tipkovnici.
- Jetson program se gasi običnim **[Ctrl+C]** u prozoru terminala.
- Mission Planner, startsocat.sh, startsitl.sh i Gazebo se svi gase s **[Ctrl+C]** u prozoru terminala.
 - Mission Planner će otvoriti pop-up prozor s obavjesti *Exiting RoboCamp*.
 - Gazebo obavezno gasiti preko terminala a ne preko X-a na glavnom prozoru.
 - Startsocat.sh će tražiti lozinku kako bi obrisao virtualne portove (1234).

Preporuka je ostaviti terminale (terminator) otvorenima da se za idući put odmah predlažu naredbe za pokretanje.

Narukvica

Namjena pametne narukvice je praćenje globalne pozicije osobe te odašiljanje hitnog poziva u slučaju nužnosti. Narukvica se sastoji od prijemnika GNSS signala (GPS antene), mikroupravljača koji ima sposobnost spajanja s Wi-Fi mrežom, baterije i pločice napajanja, LED svjetla te tipke za poziv. Mikroupravljač obavlja funkcije narukvice preko upisanog programa.

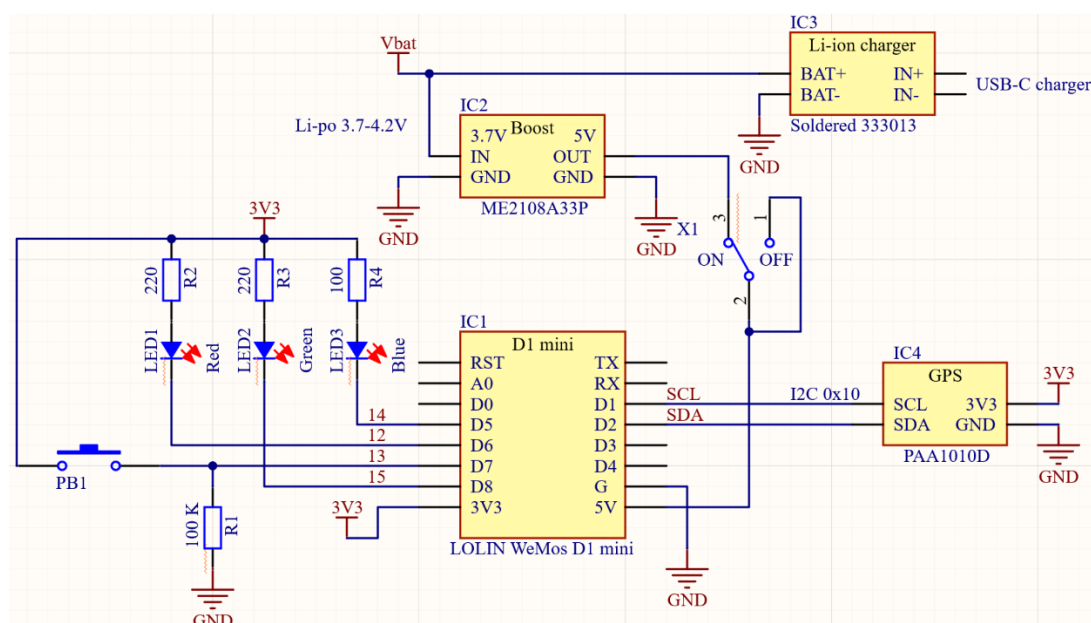
Komponente narukvice (hardware)

Mikrokontroler prototipa narukvice je pločica WeMos LOLIN D1 mini, bazirana na ESP8266 čipu, te ima slijedeće karakteristike:

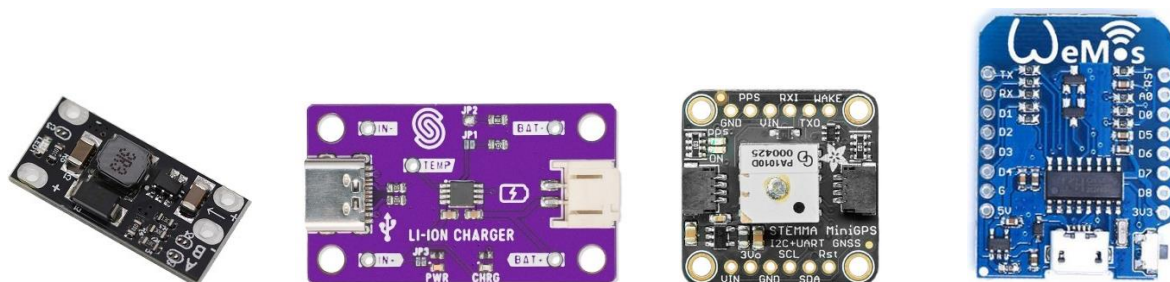
- Radni napon: 3,3 V (napon napajanja 3,3 / 5 V)
- Broj ulazno/izlaznih pinova: 11
- Radna frekvencija: 80 / 160 MHz
- Flash memorije: 4 MB

Narukvica se napaja uz pomoć 3,7 V-ne li-ion 500 mAh baterije, koja je spojena na 5V-ni boost pretvarač. Na bateriju je paralelno spojen USB-C punjač preko kojeg se ona može puniti.

Narukvica **ne smije** biti upaljena tijekom punjenja (tijekom punjenja obavezno ostaviti prekidač u OFF položaju)!

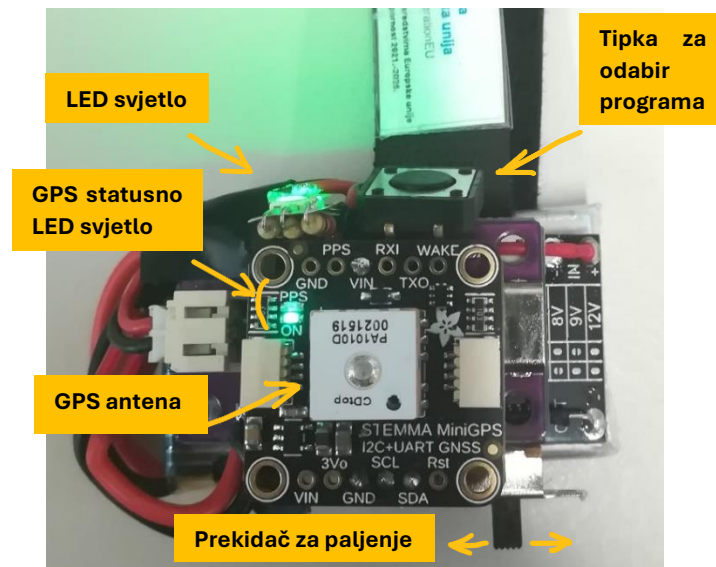


Slika 10. Električna shema konačnog prototipa narukvice.



Slika 11. Slike stvarnih elektroničkih komponenta RoboCamp narukvice, s lijeva na desno: ME2108A33 boost pretvarač, Li-ion punjač, PA1010D GPS čip, WeMos D1 mini mikroupravljač.

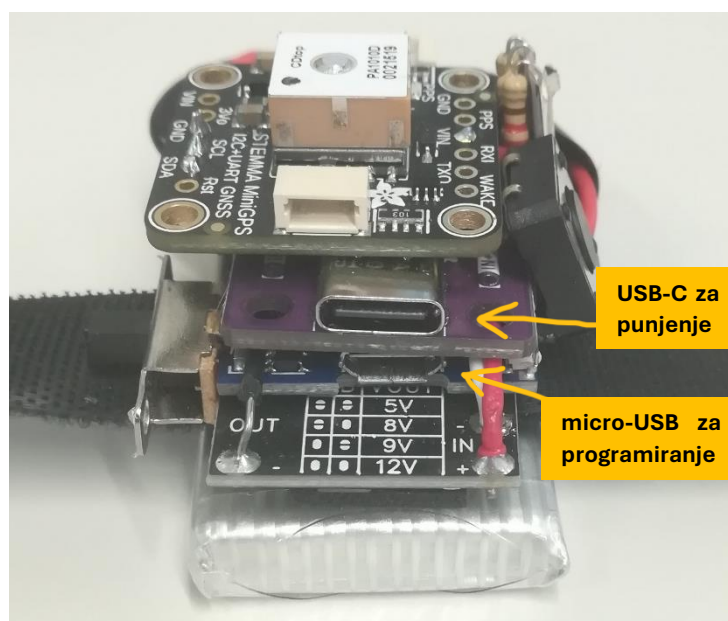
Zamišljeno je da se narukvica stavlja na ruku tako da je prekidač za paljenje orijentiran s unutarnje strane ruke, dok su statusni LED i tipka orijentirani s vanjske strane ruke. Na taj način se tipka aktivira uz pomoć kažiprsta druge ruke.



Slika 12. Narukvica, pogled odozgo.

Narukvica se pali preko prekidača, pomakom u ON položaj. Prilikom paljenja LED kratko zasvijetli **zeleno**, što označava uspješnu inicijalizaciju programa, te svijetli **crveno** dok se ne spoji na programiranu Wi-Fi mrežu. Uspješnim spajanjem na mrežu, LED kratko zasvijetli **zeleno** te se ugasi. Ukoliko LED ostane svijetliti **crveno**, to znači da nema pristup Wi-Fi mreži (izvan dometa, krivi pristupni podaci, router nije upaljen...).

Statusni LED GPS-a (oznake ON) svijetli **zelenom** bojom kad se napaja (signalizira da je narukvica upaljena - ukoliko se to ne vidi s glavnog LED svjetla). Kada GPS čip ostvari dostatan broj veza sa satelitima te počne pratiti globalnu poziciju narukvice, to se vidi kratkim **crvenim** bljeskovima na susjednom LED-u (oznake PPS).

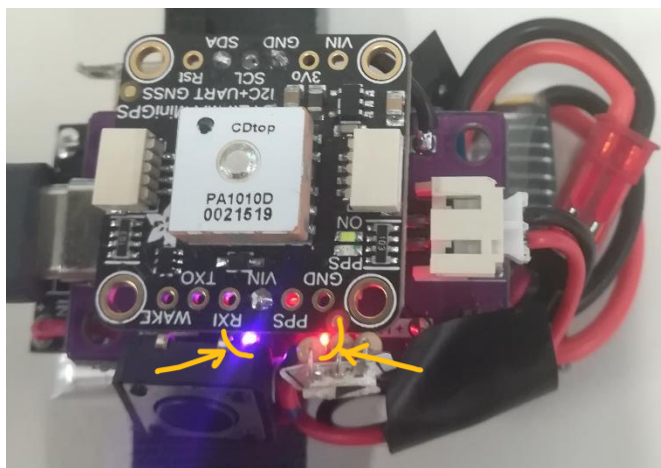


Slika 13. USB-C i micro-USB priključci na prototipu narukvice.

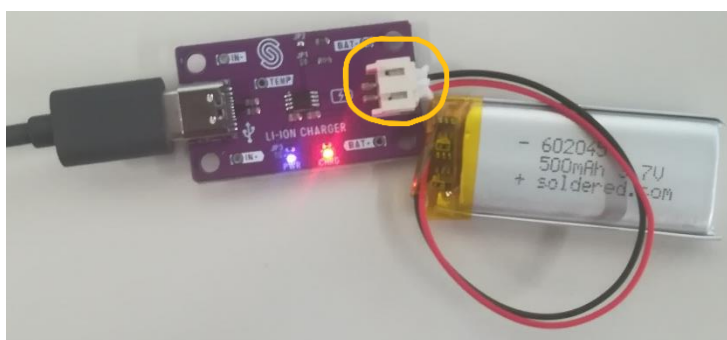
Ukoliko se narukvica ne pali prebacivanjem prekidača u ON položaj, to znači da je napon baterije pao ispod ~2,9 V, te ju treba napuniti.

USB-C priključak za punjenje baterije se nalazi na ljubičastoj pločici dok se micro USB za programiranje nalazi ispod njega. Dok se baterija puni, svijetle ljubičasta i crvena LED u unutrašnjosti narukvice. Kada je baterija napunjena, gasi se crvena LED te ostaje svijetliti samo ljubičasta.

Dodatne baterije mogu se puniti preko samostalnih li-ion pločica za punjenje, kako je vidljivo na Slika 15.



Slika 14. Punjenje baterije narukvice preko USB-C priključka na laptop/računalo.



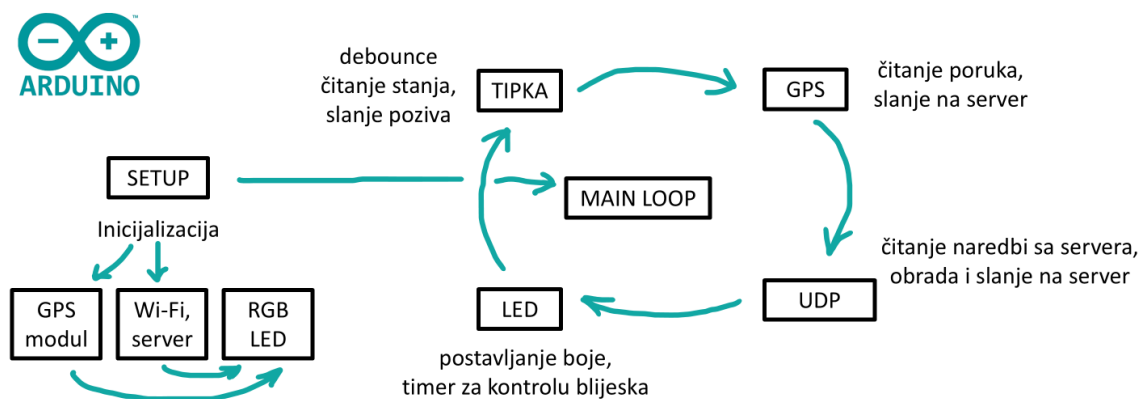
Slika 15. Punjenje samostalne baterije preko Soldered Li-ion charger pločice i USB-C priključka.

Neki konektori baterije se mogu prilično zaglaviti, te ih je potrebno pažljivo izvući tako da se ne oštete žice (Slika 15).

Program narukvice (software)

Programski kôd je napisan uz pomoć Arduino IDE 2.3.2 programskog sučelja te se sastoji od slijedećih funkcijskih dijelova:

- Setup (inicijalizacija):
 - Pokretanje serijske komunikacije s GPS modulom.
 - Povezivanje na Wi-Fi mrežu i server preko pristupnih podataka.
 - Postavljanje statusnog LED svjetla.
- Main loop (glavna petlja):
 - Čitanje i *debounce* stanja s tipke:
 - Detekcija pritiska, otpuštanja, dugog držanja.
 - Postavljanje željenog stanja.
 - Slanje poruke/zahtjeva na server.
 - Očitavanje NMEA poruka s GPS-a:
 - Izdvajanje poruka tipa GPGGA i GNGGA.
 - Prosljeđivanje tih poruka na server UDP protokolom.
 - Čitanje poruka/naredbi sa servera:
 - Obrada zahtjeva ili potvrde (praćenje gps-om, traženje lica, praćenje osobe, prekid operacije).
 - Osvježivanje (refresh) statusnog LED svijetla:
 - Postavljanje boje.
 - Praćenje vremenskog timer-a za kontrolu bljeska.

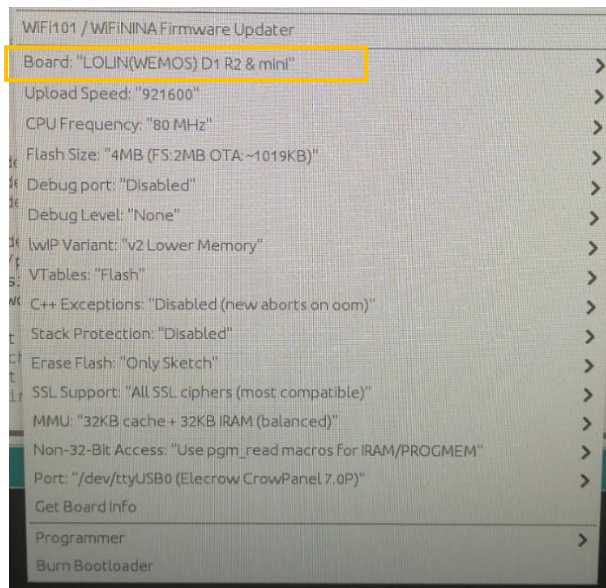


Slika 16. Koncept Arduino kôda RoboCamp narukvice.

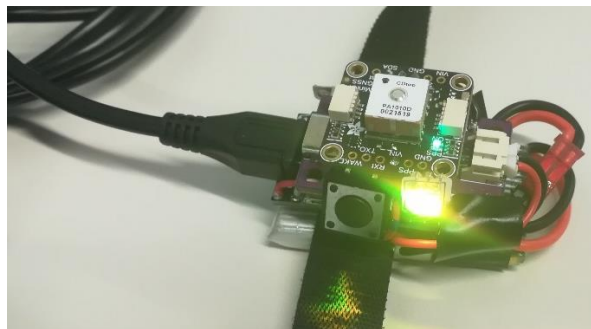
Za programiranje narukvice potrebno je instalirati esp8266 pločicu preko `Tools` → `Boards Manager...` → `esp8266`. Relevantne biblioteke se automatski instaliraju s pločicom (`<ESP8266WiFi.h>`, `<WiFiUdp.h>`). Biblioteka za korištenje GPS-a je `<Adafruit_GPS.h>` te zahtijeva dodatne (dependency) biblioteke prilikom instalacije preko Arduino IDE-a.

Ukoliko se čip ne može programirati kao pločica "*LOLIN(WEMOS) D1 R2 & mini*" treba odabrati "*LOLIN(WEMOS) D1 mini (clone)*" opciju, budući da od nabavljenih pločica imamo čipove dvaju različitih proizvođača.

Naziv programa konačnog prototipa narukvice je **esp8266_gps_v0.ino**.



Slika 17. Postavke za programiranje narukvice uz pomoć Arduino sučelja.



Slika 18. Programiranje prototipa RoboCamp narukvice preko micro-USB priključka na laptop/računalo.

Programiranje narukvice obavlja se na isključenoj narukvici (prekidač u OFF), potrebno napajanje dolazi preko micro-USB kabla za programiranje.

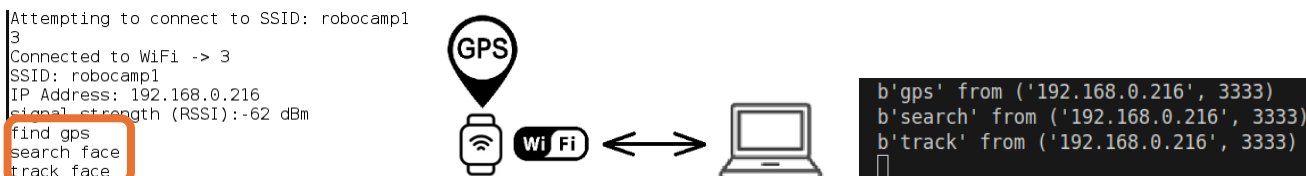
Funkcije narukvice

Vrste poruka koje narukvica može poslati prema serveru su:

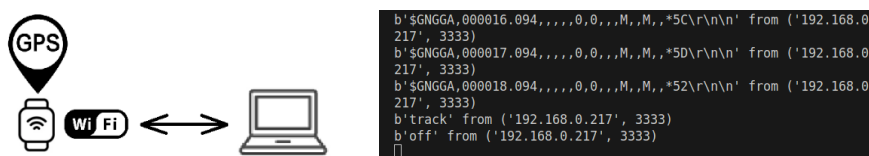
- "gps" - Primarni poziv upomoć.
- "search" - Zahtjev za pronalazak lica preko kamere.
- "track" - Zahtjev za praćenje pronađene osobe preko kamere.
- "off" - Zahtjev za prekidanje trenutne operacije.
- Kopija NMEA poruke s GPS-a, npr:
 - \$GNGGA,091939.75,4547.7618390,N,01558.4372229,E,2,12,0.66,123.009,M,41.375,M,,0000*44

Vrste poruka koje narukvica može dobiti od servera:

- "gps1" - Potvrda da je registriran primarni poziv upomoć.
- "search1" - Potvrda na zahtjev za pronalazak lica preko kamere.
- "track1" - Potvrda na zahtjev za praćenje pronađene osobe preko kamere.
- "off2" - Ručno (manual) gašenje narukvice od strane operatera.
- "lost" - Obavijest da je vizijski algoritam drona privremeno izgubio osobu iz vida, nije implementirano.



Slika 19. Proba slanja poruke s narukvice na server. Lijevo: Arduino serial monitor i narukvica, desno: server i primljene poruke.



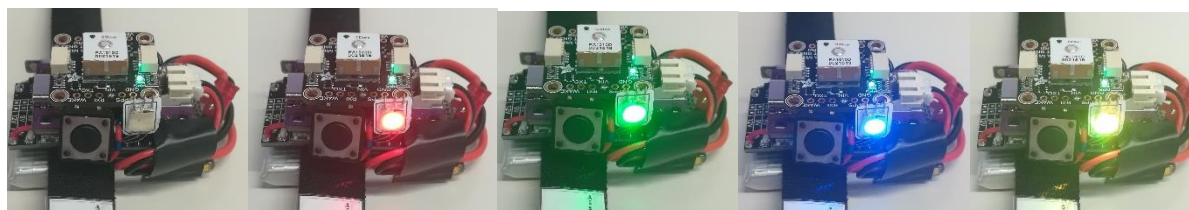
Slika 20. Primjer primljenih NMEA poruka

Odabir funkcije preko tipke na narukvici:

- Prvi pritisak na tipku šalje primarni poziv ("gps") i postavlja unutarnju varijablu programskog stanja prog = 1.
- Slijedeći pritisak (drugi po redu) šalje zahtjev za pronalazak lica ("search") te postavlja prog = 2.
- Slijedeći pritisak (treći po redu) šalje obavijest o prekidu operacije ("off") i postavlja stanje prog = 0, čime je zatvoren krug opcija. Slijedeći pritisak se interpretira kao novi prvi ("gps").
- Dugo držanje tipke (više od 2 s) šalje zahtjev za praćenje osobe preko kamere ("track") te postavlja stanje prog = 3. Slijedeći pritisak je prekid koji isto resetira opcije na početak.
 - Dugo držanje se u okviru testiranja prototipa pritišće samo nakon uspješno pronađenog lica (nakon opcije "search").

U nastavku su navedena opisna stanja statusne RGB LED za vizualizaciju stanja procesa u narukvici:

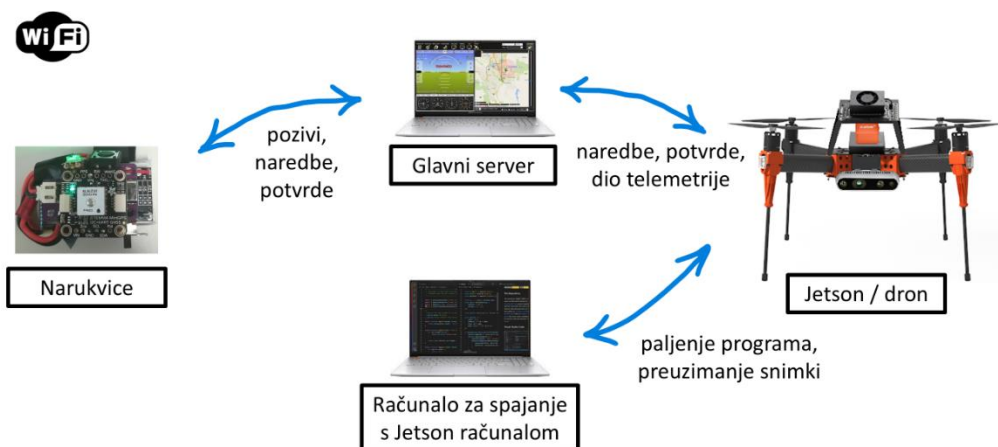
- Kratki zeleni bljesak na početku kada se narukvica poveže na Wi-Fi mrežu (robocamp1).
- Isprekidano bljeskanje crvenom bojom kada se izgubi Wi-Fi veza.
- Odašiljanje primarnog poziva upomoć signalizirano je konstantnom zelenom bojom, a pri dobivanju potvrde sa servera, počinje isprekidano bljeskati.
- Odašiljanje zahtjeva za pronalazak lica signalizirano je isprekidanim bljeskanjem u plavoj boji, a pri dobivanju potvrde s drona, svijetli konstantno plavo.
- Odašiljanje zahtjeva za praćenje osobe signalizirano je isprekidanim bljeskanjem u žutoj boji, a pri dobivanju potvrde s drona, svijetli konstantno žuto.
- U slučaju da narukvica u nekom od programskih stanja izgubi Wi-Fi vezu, LED će svijetliti naizmjenično crveno i bojom trenutnog procesa (zeleno, plava ili žuto).



Slika 21. Statusno LED svjetlo, s lijeva na desno: ništa – narukvica u stand-by-u, crvena - nema Wi-Fi konekcije, zelena - GPS poziv, plava – search poziv, žuta – track poziv.

RoboCamp Wi-Fi router

Za funkcioniranje sustava RoboCamp svi podsustavi moraju imati pristup Wi-Fi mreži. To se odnosi na RoboCamp drona (preko Wi-Fi antene Jetson računala), RoboCamp narukvice (preko antene ESP8266 čipa), računalo na kojemu je aktiviran program glavnog servera te na računalo za pokretanje/izmjenjivanje programa na dronu.



Slika 22. Interakcije RoboCamp sustava koje se odvijaju preko Wi-Fi mreže.

Pristupno ime i lozinka postavljenog RoboCamp router-a su **robocamp1**.

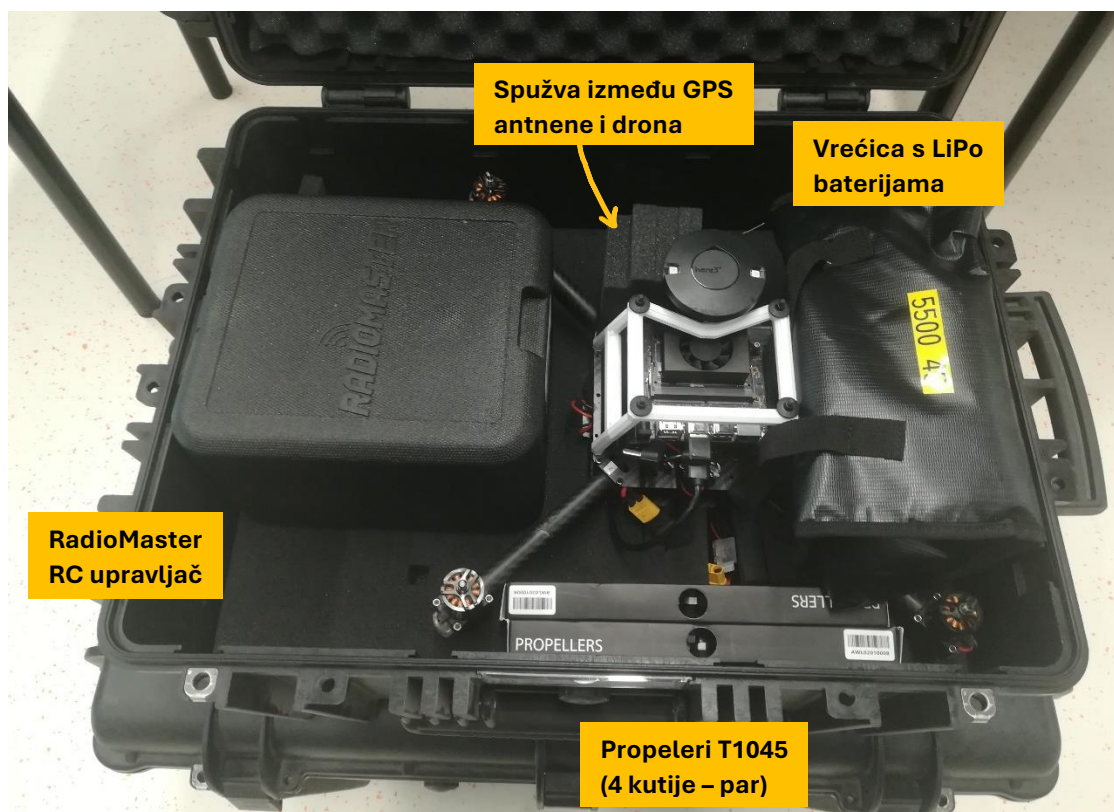


Slika 23. tp-link Archer C6 Wi-Fi router (gore), originalni priključak za napajanje i njegove karakteristike (lijevo), adapter za Li-po bateriju (sredina dolje) te Turnigy 2.2 Li-po baterija (3 ćelije – 11,1 V, dolje desno).

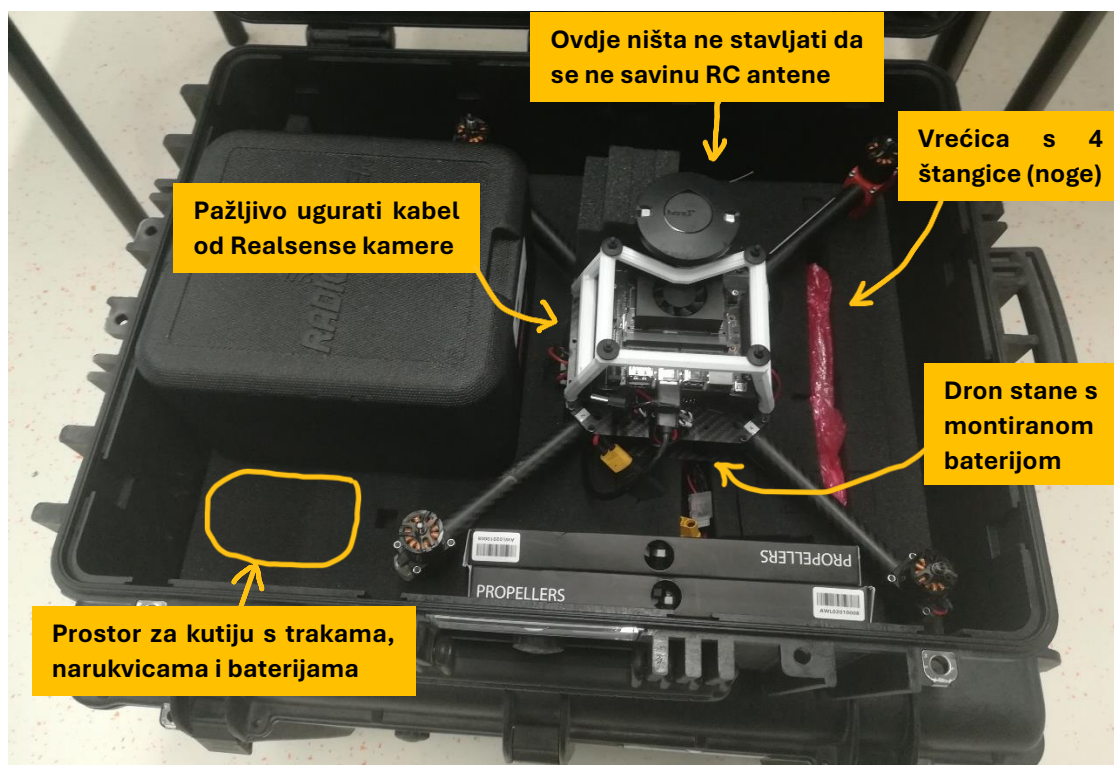


Slika 24. Router spojen na Li-po bateriju kada se koristi za testiranje vani.

RoboCamp oprema (Dron i hardware)



Slika 25. RoboCamp kofer za drona.



Slika 26. RoboCamp kofer za drona, detalji.

U nastavku je naveden popis potrebne opreme u obliku Check-liste, za provjeru prije transporta.

Popis opreme (Check-List)

Dokumenti (folder):

○ Osiguranje	○ A1/A3 dozvola	○ Registracija operatora
--------------	-----------------	--------------------------

Dron:

○ Konstrukcija	○ Propeleri	○ Nožice (štangice)
○ HERE3 antena	○ Traka za bateriju	○ XT60 na XT90 konektor za bateriju
○ Realsense kamera	○ Jetson Xavier	○ XT30 na 5.5/2.5 mm konektor za Jetson
○ Realsense USB-A na USB-C kabel	○ USB-A na micro USB kabel za Jetson/Cube	○ Rezervni propeleri

○ Kliješta	○ Set imbusa	○ Ljepljiva traka, čičak traka
------------	--------------	--------------------------------

Baterije:

○ Baterije 4S 5500 mAh ○ 1, 2, 3, 4, 5	○ Tester napona	○ Zaštitna vrećica
Rezervne 3S baterije za RC: ○ Tattu 650 i ○ LemonRC 1000	Rezervne 21700 baterije za RC: ○ Reely 1500 mAh (x2)	3S Baterija za Wi-Fi router ○ Turnigy 2200 mAh

IT tehnika:

○ Radiomaster TX16S	○ SiK telemetry Radio Dron A27, velika antena, 433 MHz, USB-A na micro	○ SiK telemetry Radio X2 RTK A35, mala antena, 433 MHz, USB-A na micro
○ robocamp1 Wi-Fi, ○ XT60 na 5.5/2 mm utikač za napajanje	○ Sparkfun RTK facet	○ Mobitel s AMC portalom

IT hardware

○ ASUS laptop (Patrik) ○ Punjač	○ OMEN laptop (Luka) ○ Punjač	○ Produžna letva (crveno/crna, 3 priklj.)
○ UPS Eaton 9SX 1500	○ Produžni utikač za UPS Eaton (okrugli)	○ UPS EcoFlow DELTA 2 Max

○ Prototipovi Narukvica	○ Male Li-po baterije	○
-------------------------	-----------------------	---

RadioMaster radio stanica

RadioMaster TX16S služi za ručno upravljanje dronom preko radio veze s R81 prijemnikom (spojen na Cube Orange). Radio stanica ima 16 kanala za upravljanje dok prijemnik na dronu ima samo 8 prihvatnih kanala.

Stanica se sastoji od para upravljačkih palica (lijeva i desna) za upravljanje letom drona te 8 prekidača za upravljanje funkcijama drona. Budući da su postavke trajno namještene nije potrebno ništa dirati na display-u te u unutarnjim izborniku.

Paljenje stanice

Paljenje i gašenje stanice vrši se držanjem središnje tipke (ispod TX16S na Slika 27). Pri paljenju stanice svi prekidači moraju biti u "gornjem" položaju (inače javlja *switch warning*), dok palica gasa (lijeva - *throttle*) mora biti spuštena u donji položaj (inače javlja *throttle warning*).



Slika 27. RadioMaster TX16S radio stanica za ručno upravljanje dronom.



Slika 28. Prekidač za postavljanje moda letenja (flight-mode) – lijevi, prekidač za automatsko slijetanje ili povratak na mjesto uzlijetanja – desni.

Nakon pokretanja stanice bez upozorenja (*warning-a*), potrebno je postaviti prekidač uz crvenu naljepnicu iz gornjeg u srednji položaj, kako bi drona maknuli iz LAND moda. Prekidač uz bijelu naljepnicu se može odmah staviti u donji položaj, kako bi drona postavili u LOITER način letenja.

Modovi letenja

Od postojećih modova ArduPilot sustava (Slika 29) dron se preko radio stanice može postaviti u:

- **STABILIZE** Dron automatski regulira samo nagib osi u ravnini (nastoji se održati u vodoravnom položaju). To znači da pod vanjskim utjecajima ne održava ni visinu ni položaj.
- **ALT HOLD** (ALTITUDE HOLD) Uz regulaciju nagiba, upaljena je regulacija visine. To znači da dron sada održava postignutu visinu, no pod vanjskim utjecajima još uvijek može mijenjati svoj položaj u toj ravnini.
- **LOITER** Dron koristi GPS kako bi održavao svoju visinu i poziciju. To znači da dron miruje na istom mjestu i pod vanjskim utjecajem (vjetar ga ne pomiče).

Za ručno letenje dronom preporuka je koristiti LOITER mod, budući da tako dron ostvaruje najveću stabilnost i sigurnost.

Uz ove osnovne modove, dron se može postaviti i u slijedeće posebne modove:

- **LAND** Dron automatski smanjuje visinu s namjerom da sigurno sleti. Operator može mijenjati orijentaciju (yaw) i položaj drona tijekom slijetanja.
- **RTL** (RETURN TO LAUNCH) Dron se automatski penje na pred-definiranu visinu (15 m) te leti prema GPS lokaciji s koje je poletio (za vraćanje odbjeglog drona ili prije gubitka ručne kontrole). Operator može mijenjati orijentaciju (yaw) drona tijekom leta.
- **GUIDED** Dron koristi GPS kako bi održavao svoju visinu i poziciju. Omogućuje se izvršavanje upravljačkih naredbi s nadređenog računala (velocity naredbe s Jetson-a). Operator može utjecati samo na orijentaciju drona.

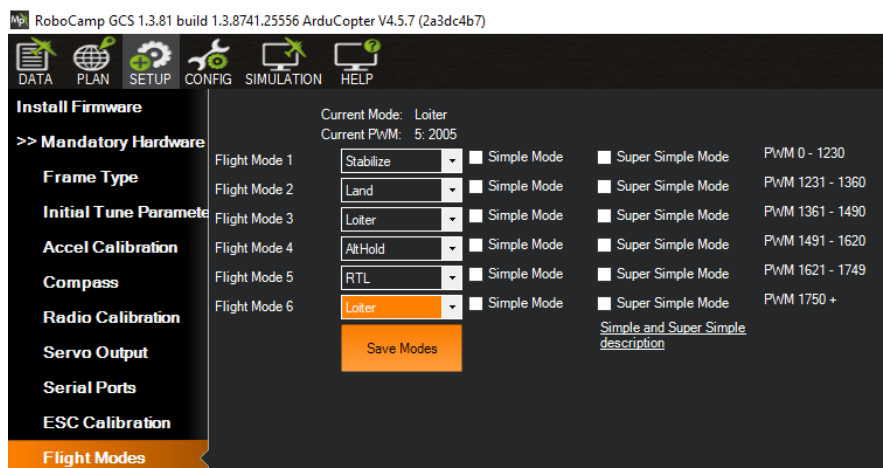
Mode	Alt Ctrl	Pos Ctrl	Pos Sensor	Summary
Acro	-	-		Holds attitude, no self-level
Airmode	-	-/+		Actually not a mode, but a feature, see below
Alt Hold	s	+		Holds altitude and self-levels the roll & pitch
Auto	A	A	Y	Executes pre-defined mission
AutoTune	s	A	Y	Automated pitch and bank procedure to improve control loops
Brake	A	A	Y	Brings copter to an immediate stop
Circle	s	A	Y	Automatically circles a point in front of the vehicle
Drift	-	+	Y	Like stabilize, but coordinates yaw with roll like a plane
Flip	A	A		Rises and completes an automated flip
FlowHold	s	A		Position control using Optical Flow
Follow	s	A	Y	Follows another vehicle
Guided	A	A	Y	Navigates to single points commanded by GCS

Symbol	Definition
-	Manual control
+	Manual control with limits & self-level
s	Pilot controls climb rate
A	Automatic control

Mode	Alt Ctrl	Pos Ctrl	Pos Sensor	Summary
Land	A	s	(Y)	Reduces altitude to ground level, attempts to go straight down
Loiter	s	s	Y	Holds altitude and position, uses GPS for movements
PosHold	s	+	Y	Like loiter, but manual roll and pitch when sticks not centered
RTL	A	A	Y	Returns above takeoff location, may also include landing
Simple/Super Simple			Y	An add-on to flight modes to use pilot's view instead of yaw orientation
SmartRTL	A	A	Y	RTL, but traces path to get home
Sport	s	s		Alt-hold, but holds pitch & roll when sticks centered
Stabilize	-	+		Self-levels the roll and pitch axis
SysID	-	+		Special diagnostic/modeling mode
Throw	A	A	Y	Holds position after a throwing takeoff
Turtle	-	-		Allows reversing and spinning up adjacent pairs of motors in order to flip a crashed, inverted vehicle back upright
ZigZag	A	A	Y	Useful for crop spraying

Slika 29. Postojeći modovi letenja unutar ArduPilot sustava.

Postavljanje željenog moda vrši se preko 5. radio kanala na stanici. Prekidači na stanici su postavljeni tako da prebacivanje u bilo koji crveni mod (LAND prema gore ili RTL prema dolje) ima veći prioritet od postavljanja bijelih modova (STB, ALT, LTR). Na taj način operator može brzo reagirati u slučaju nužde, prebacivanjem samo jednog prekidača. Bijeli modovi su aktivni jedino kada je crveni prekidač u srednjem položaju. Stvarni raspon PWM signala na kanalu 5 za pojedini mod može se vidjeti na Slika 30.



Slika 30. Postavljeni (mapirani) modovi letenja na kanalu 5.

Upravljanje dronom

Upravljanje dronom vrši se preko spomenutih upravljačkih palica (lijeva i desna). Preko lijeve palice se upravlja:

- Snaga motora (gas – *throttle*) u smjeru gore-dolje (Slika 31 – žuto).
- Orijentacijom (rotacija oko vertikalne osi Z - *yaw*) u smjeru lijevo-desno (Slika 31 – plavo).

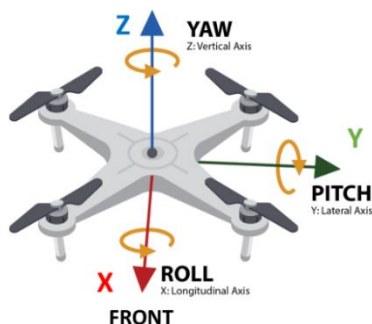
Preko desne palice se upravlja:

- Nagib naprijed/nazad (*pitch*) (Slika 31 – zeleno).
- Nagib lijevo/desno (*roll*) (Slika 31 – crveno).

U osnovi, lijevom palicom upravljamo visinom letenja drona i orijentacijom drona (gdje je usmjeren). Da bi dron održavao postignutu visinu potrebno je ostaviti palicu gasa u sredini. Desnom palicom se preko nagiba upravlja gibanjem drona lijev-desno i naprijed-nazad u prostoru (u odnosu na referentni koordinatni sustav drona gdje X-os gleda naprijed).

OPREZ: Sve komande su u odnosu na referentni koordinatni sustav drona. Ukoliko dron gleda u operatera, percipirane komande su obrnute: davanje komande za pomicanje lijevo će drona pomaknuti desno u odnosu na operatera, komanda naprijed će približiti drona prema operateru!

- **YAW** – rotacija oko Z-osi
- **PITCH** – nagib oko Y-osi
- **ROLL** – nagib oko X-osi



Slika 31. Postavljene komande na upravljačkim palicama.

Motori drona se pale (*arming*) tako da se lijeva palica drži u donjem-desnom položaju oko 2 sekunde. Kada se propeleri pokrenu, treba pomaknuti palicu iz desnog u donji-srednji položaj (pomak samo po plavoj osi – Slika 31). Tada se postupnim povećavanjem gasa (žuta os – Slika 31) preko srednjeg položaja dron postupno počinje uzdizati.

Smanjivanjem gasa dron se postepeno spušta, te operator treba paziti da obavi prizemljenje na nježan način. Nakon što se dron prizemlji, i ukoliko je palica gasa u najnižem položaju, motori se sami gasi nakon 3 sekunde. Alternativno, operator može aktivirati LAND mod, u kojemu se dron sam nježno spušta i naknadno gasi motore. Aktiviranjem LAND moda kada je dron već prizemljen, gasi se motori.

GUIDED način letenja

U ovom modu dron koristi GPS kako bi održavao svoju visinu i poziciju te autopilot (CubeOrange) omogućuje izvršavanje eksternih navigacijskih naredbi. To znači da se dron u ovom modu može upravljati preko nadređenog računala (velocity naredbe s Jetson-a ili gibanje na zadane GPS koordinate). Dakle, GUIDED mod se koristi kada se dron automatski giba, bez ručnih komanda operatera s radio stanice.

Postavljanje drona u GUIDED mod preko radio stanice može se napraviti preko jednog od dva velika prekidača na lijevom i desnom "dnu" stanice. Prekidači su ugašeni kada su u donjem položaju, a aktivirani su kada su u gornjem položaju (prebačeni prema operateru).



Slika 32. Prekidači za postavljanje drona u GUIDED način rada (veliki vanjski, oznake SF i SH). Lijevi je prekidač bistabil (ostaje u položaju), desni je monostabil (treba ga držati da bi se održavalo GUIDED stanje).

IZUZETNO JE BITNO ostaviti palicu gasa u srednjem položaju prije prebacivanja u GUIDED mod letenja!!! U protivnom će pri promjeni iz GUIDED-a dron naglo krenuti prema dolje, budući da komanda ne daje nikakav gas.

Kako je moguće automatski poletjeti s dronom direktno iz GUIDED moda, pretpostavka je da je palica gasa (*throttle*) tada ostala u donjem položaju. To je opasno budući da u trenutku kada se dron prebaci u neki od bijelih modova letenja, komanda gasa će mu odmah smanjiti gas što će uzrokovati naglo spuštanje!

Lijevi prekidač je bistabil i ostaje u postavljenom položaju. Može se koristiti kada operater ima relativno veliko povjerenje u automatsko gibanje drona (tijekom praćenja GPS narukvice, dron je na npr. 10 m visine).

Desni prekidač je monostabil i automatski se vraća u donji položaj. Za održavanje drona u GUIDED modu potrebno je ručno držati prekidač u gornjem položaju. Može se koristiti tijekom relativno riskantnijih automatskih gibanja s dronom (praćenje osobe preko kamere po vjetru). Otpuštanjem prekidača dron se sam vraća u mod letenja u kojem je bio prije (namješten preko bijelog prekidača, npr. LOITER). Na taj način operater može brzo nazad preuzeti ručnu kontrolu.

GUIDED način letenja se razlikuje od ostalih po tome što se ne postavlja preko radio kanala 5 nego preko zasebnog, kanala 7. Također, nema isti prioritet kao i ostali modovi, što znači da se može "pregaziti" prebacivanjem glavnih prekidača u neki drugi mod (npr. LOITER) bez obzira što je u tom slučaju njegov prekidač ostao u GUIDED modu. Za ponovno prebacivanje u GUIDED treba ga vratiti u početni položaj te ponovo uključiti (može se gledati da radi više kao gumb koji šalje signal nego da ga drži cijelo vrijeme, iako to nije tehnički točno...).

Baterije radio stanice

RadioMaster stanica se napaja preko baterije nazivnog napona 7,4 V. Primarno se koriste dvije Reely 1500 mAh ćelije tipa 18650. Unutar kutije RadioMaster-a nalaze se još dvije rezervne ćelije. Preporuka je da se ove ćelije pune preko upravljača, tako da se radio stanica priključi na USB-C punjač (s donje strane stanice - Slika 34)

Po potrebi, mogu se koristiti rezervne Li-po baterije LemonRC od 1000 mAh te Tattu 650 mAh. One se mogu puniti i preko običnih Li-po punjača, kao baterije s dvije ćelije.



Slika 33. Baterije za napajanje RadioMaster radio stanice: Tattu 650, LenomRC 1000 i Reely 1500 mAh.



Slika 34. Punjenje RadioMaster TX16S stanice preko USB-C kabla.

Komunikacija s Mission Planner-om

Za ostvarivanje svih funkcionalnosti RoboCamp sustava, potrebno je spojiti drona s Mission Planner programom. Na taj način se sva telemetrija s drona prikuplja na računalu gdje se na intuitivan način prikazuje stanje drona.

Povezivanje s telemetrijom je moguće izvesti preko Wi-Fi mreže kampa ali je u našem slučaju, zbog sigurnosti, izabrana robusnija komunikacija preko radio mreže.

Telemetrija drona se šalje iz CubeOrange autopilota, preko uparenih SiK telemetry 433 MHz radio prijemnika, na prijenosno računalo. Ova radio veza nije povezana s radio stanicom kojom operator upravlja dronom, već je riječ o zasebnoj vezi.



Slika 35. Radio veze između drona i radio stanice, te između drona i računala.

Radio prijemnik koji je uparen s dronom ima oznaku **DRON A27** te se njegov USB priključak jednostavno priključi na računalo.

Za povezivanje drona s MP-om za korištenje RoboCamp funkcionalnosti, potrebno je napraviti indirektnu vezu preko MAVProxy-ja (Slika 36). Razlog tomu je što inače samo jedan program može imati pristup dolaznim podacima s tog USB porta, dok se korištenjem MAVProxy-ja ti podaci mogu prosljeđivati na više paralelnih adresa.

```
putanec@putanec-db: ~ 62x8
putanec@putanec-db:~$ mavproxy.py --master=/dev/ttyUSB0 --out=
udp:127.0.0.1:14550 --out=udp:127.0.0.1:14551
```

Slika 36. Pokretanje MAVProxy-ja za dijeljenje dolaznih MAVLink poruka s radija (ttyUSB0) na dvije interne adrese u računalu (local udp 14550 i local udp 14551).

Za povezivanje drona s MP-om bez korištenja RoboCamp programa, može se povezati direktno na /dev/ttyUSB0 s postavljenim BaudRate-om na 57600 (vidi Slika 5) umjesto preko UDP-a.



Slika 37. Holybro SiK Telemetry radio antene, lijeva za telemetriju drona, desna za RTK korekcije s RTK bazne stanice.

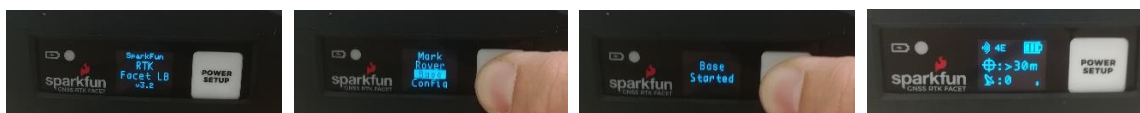
RTK korekcije

Sparkfun RTK facet služi kao bazna stanica za dobivanje RTK korekcija. RTK korekcije su vrsta GPS korekcija koje u našem slučaju omogućuju preciznije navođenje drona preko GPS-a, te stabilnije održavanje pozicije drona u zraku.



Slika 38. Sparkfun RTK facet

Paljenje facet-a vrši se držanjem glavne tipke dok se ne upali display. Ukoliko se nije automatski pokrenuo u načinu rada kao bazna stanica, pritiskom gumba otvara se izbornik kojim odabiremo "Base". Nakon prikaza "Base Started" uređaj se treba ostaviti na mjestu gdje ima otvoreni pogled prema nebu i više ga ne pomicati! Uređaju treba 5 – 10 minuta da mu preciznost naraste do dovoljne razine kada će sam početi odašiljati RTK korekcije preko spojene SiK telemetry antene.



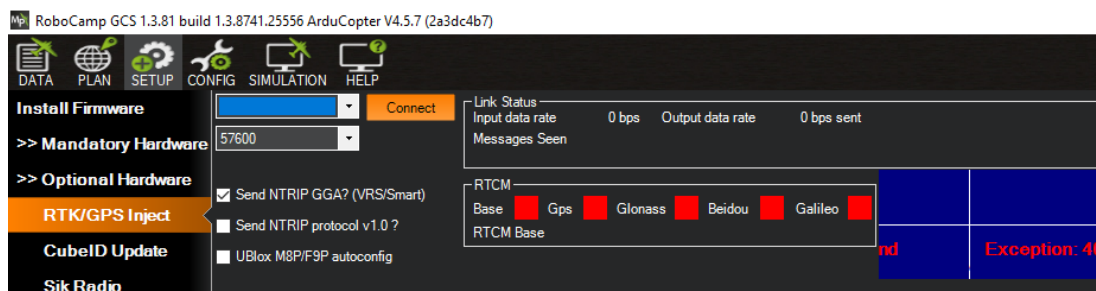
Slika 39. Koraci s desna na lijevo: Paljenje Sparkfun RTK-facet-a; Odabir načina rada: Base; Pokretanje bazne stanice; Čekanje satelita i povećanje točnosti GPS (m)

Spajanje RTK s Mission Planner-om

Nakon što se radio prijemnik s oznakom **RTK A35** spoji preko USB priključka na računalo, potrebno je otvoriti izbornik SETUP unutar Mission Planner-a. Tada u izborniku Optional Hardware i RTK/GPS Inject odabiremo BaudRate 57600 te ime USB porta na koji se spoji.

Preporuka je svakako uvijek prvo spojiti telemetriju drona, tako da joj se automatski dodijeli adresa /dev/ttyUSB0, a tek onda radio za RTK, kako bi se njemu dodijelila adresa /dev/ttyUSB1.

Pod uvjetom da je facet krenuo slati korekcije, pritiskom tipke Connect prikazati će se stanje svih satelita koje vidi, te će se na karti pokazati i sama geografska pozicija bazne stanice (u DATA pogledu kao plavi Google marker s imenom Base).



Slika 40. Postavljanje RTK funkcionalnosti unutar Mission Planner-a

Postavljanje baterije na drona



Slika 41. Postavljanje baterije na drona: namještanje spužvica i trake, postavljanje baterije, prvo preliminarno stezanje da sve "sjedne".

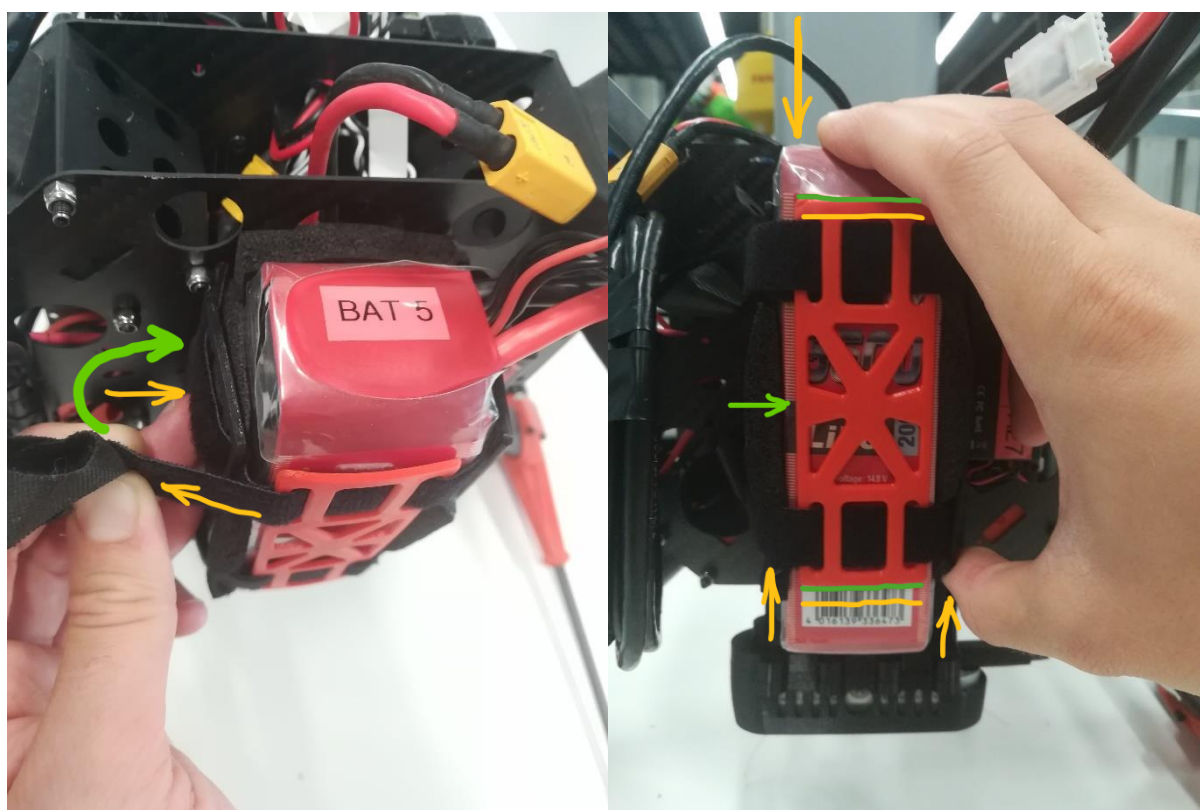
Baterija se mijenja na način da se dron postavi tako da gleda u pod (RealSense kamera), a dno i baterija su dostupni s prednje strane.

Potrebno je držati drona da se ne prevrne kada se vadi baterija, budući da ona služi kao uteg za ravnotežu u tom položaju!

Kada se baterija namjesti i okvirno stegne u položaj prema slici Slika 41, potrebno ju je dobro dodatno stegnuti. Jednim prstom se drži bočna plastika a kažiprstom i palcem se traka dodatno stegne da se vidi pritisnuta spužvica.

Potrebno je i gornju i donju traku stegnute, kako baterija ne bi ispala tijekom naginjanja u letu!

Konačno, dobro je centrirati narančasti držač da bude simetričan u odnosu na bateriju, te sve držače dodatno napeti prema gore, bez pomicanja baterije.



Slika 42. Konačno stezanje trake da dobro drži bateriju. Pomicanje narančastog držača u sredinu, te svih držača prema gore.

Na desnoj strani (Slika 42) je žutom bojom označen početni položaj narančastog držača, a zelenom krajnji položaj kada se sve dodatno napne prema gore.

Priprema za let

Pri dolasku na teren radi testiranja drona, preporuka je prvo napraviti ove stvari:

- Prijaviti let, odnosno rezervirati zračni prostor preko AMC Mobile portala.
 - Iz razloga što se odobrenje dobije brzo, ali se početak operacije omogućuje najranije 5 minuta nakon dobivenog odobrenja.
- Upaliti Sparkfun RTK facet i postaviti ga na otvoreno (te ga više ne dirati!).
 - Iz razloga što mu treba barem 5 minuta da uspostavi dostatnu preciznost za slanje RTK korekcija.

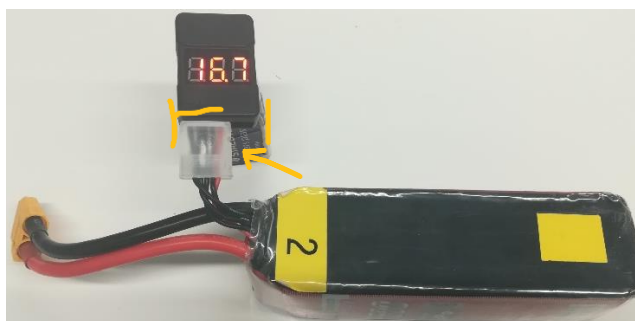
Zatim se može pristupiti pripremi ostale opreme.

Potrebno je pažljivo izvaditi drona iz RoboCamp kofera te ukloniti spužvu između GPS antene i kućišta. U vrećici roze boje se nalaze karbonske cjevčice koje služe kao noge drona, stavljene su u vrećicu da se ne izgube unutar crnog kofera. Potrebno ih je umetnuti tako da se osjeti "klik".

Spajanje napajanja drona

Prije spajanja glavne baterije dobro je provjeriti njezin napon uz pomoć crnog BX100 testera napona. Potpuno puna baterija bi trebala pokazati napon od 16,8 V, odnosno 4,2 V po svakoj ćeliji. Ukoliko je ukupni napon manji od 15,0 V bolje je ne koristiti tu bateriju za let.

Konektor baterije se spaja na BX100 tako da srebrni kontakti "gledaju" u nas (sve crne žice lijevo, crvena žica desno), a konektor je poravnat s krajem lijeve strane.



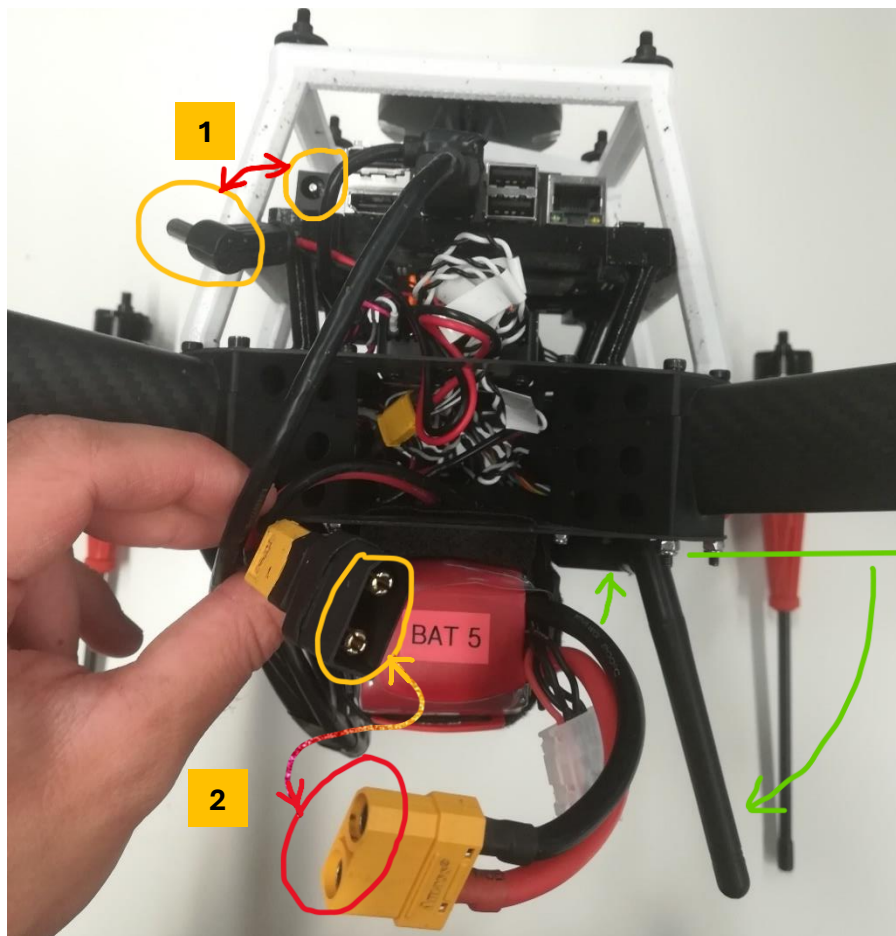
Slika 43. Provjera napona baterije uz pomoć BX100 testera.

Na dronu treba provjeriti da li je CubeOrange spojen s Jetson računalom preko USB kabela. To se vidi s lijevog boka drona (Slika 44). Pažljivo rukovati s tim micro-USB konektorom na Cube-u!



Slika 44. Micro-USB kabel spojen na Cube Orange letno računalo.

Zatim možemo spojiti 12 V-ni, 9 mm-ski konektor za napajanje Jetson-a (Slika 45, oznaka 1). Konačno, spaja se glavni konektor baterije na crni XT90 na XT60 konektor na dronu (Slika 45, oznaka 2).



Slika 45. Povezivanje priključaka za napajanje Jetson računala i drona preko montirane baterije. Namještanje antene za telemetriju.

Također, sada se može namjestiti antena radija za telemetriju: potrebno ju je usmjeriti od karbonskog kraka prema dolje, te provjeriti da je dobro stegnuta (nazubljena plastična matica na dijelu gdje se spaja antena i njeno kućište)!

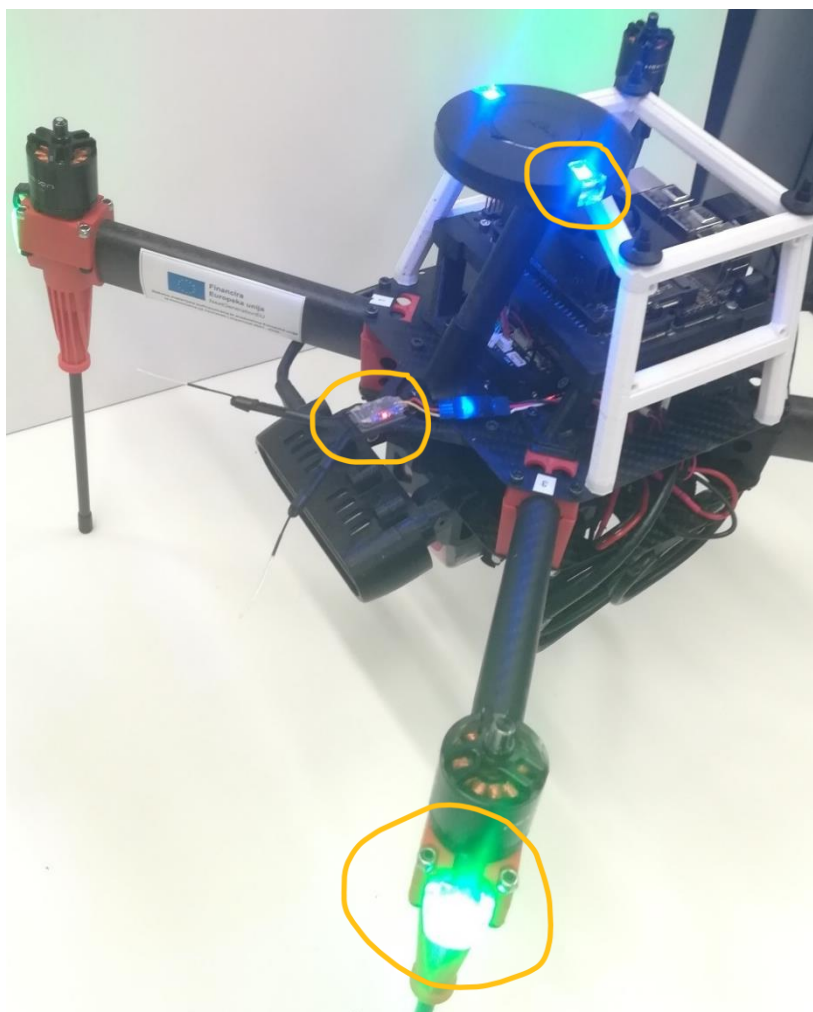
Paljenje radio stanice i provjera veze

Radio stanica se pali kako je opisano u poglavlju Paljenje stanice, sa svim prekidačima u donjem položaju i palicom gasa u najnižem položaju. Zatim prebaciti crveni prekidač u srednji položaj.

Čim se ostvari radio veza između stanice i drona, to se može vidjeti preko crvenih bljeskova na prijemu na dronu (Slika 46 – sredina)

LED svjetla na krakovima drona bi trebala svijetliti punom zelenom bojom, te ukoliko smo u STABILIZE modu, LED svjetla na GPS anteni također. Ukoliko imamo dobar GPS signal, prebacivanjem drona u LOITER mod, LED svjetla GPS antene bi trebala ostati svijetliti zeleno.

Probnim prebacivanjem drona u GUIDED mod (opisanom u GUIDED način letenja), krakovi bi trebali svijetliti naizmjenično zeleno-bijelo.



Slika 46. LED signalizacija pojedinih komponenti na dronu: GPS antena (gore), Radio prijemnik (sredina), LEDN na svim krakovima (dolje).

Nakon što se operator uvjeri da je uspješno ostvarena radio veza, može se nastaviti s paljenjem ostalih komponenti RoboCamp sustava.

Spajanje telemetrije i RTK

Spajanje SiK telemetry radio prijemnika odvija se kako je opisano u poglavljima Komunikacija s Mission Planner-om i Spajanje RTK s Mission Planner-om. Uspješnim dohvaćanjem telemetrije s drona i dohvaćanjem RTK korekcija, na HUD-u unutar Mission Planner-a bi se trebalo vidjeti stanje kao na slici (Slika 47). Uz omogućen i dobar RTK se treba vidjeti "rtk float" umjesto 3D dgps.



Slika 47. Stanje HUD-a pred polijetanje: Baterija 16,43V, Ready to Arm, Loiter mode, GPS

Sada se mogu montirati propeleri na drona, te napraviti provjera i probni let preko radio stanice.

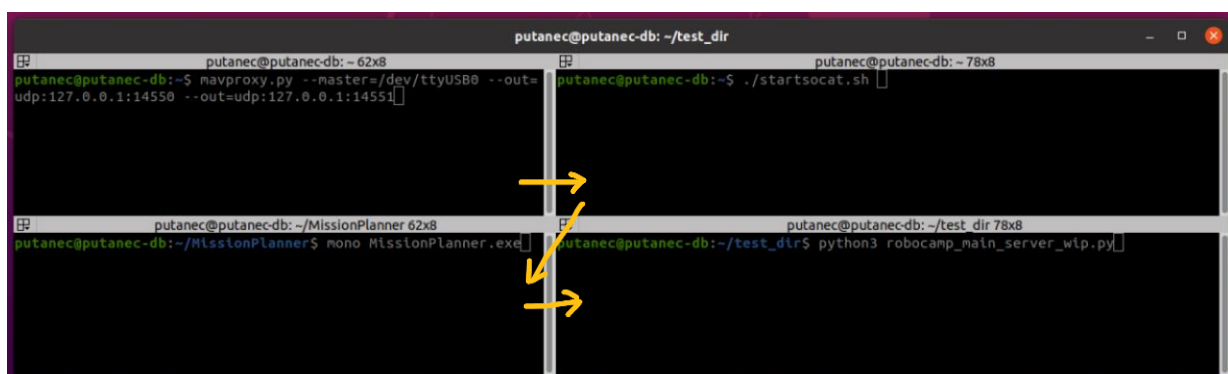
Glavni program (stvarni sustav)

Što je potrebno od stvarnih komponenti (hardware):

- SVE komponente RoboCamp sustava:
 - Dron, radio upravljač, Wi-Fi, RTK, laptop s glavnim programom, laptop za spajanje s Jetson-om.

Što je potrebno od programa (software):

- Sveukupno 4 prozora u terminalu : MAVProxy, startsocat, mission planner i main server
 - MAVProxy i Mission Planner mogu biti već pokrenuti zbog pripreme i testiranja drona.



Slika 48. Potrebni terminal prozori za pokretanje stvarnog RoboCamp sustava.

Ukoliko MAVProxy još nije upaljen, palimo ga u prvom prozoru terminala:

```
mavproxy.py --master=/dev/ttyUSB0 --out=udp:127.0.0.1:14550 --out=udp:127.0.0.1:14551
```

Slijedi pokretanje startsocat.sh shell skripte i upisivanjem lozinke (trenutno 1234):

```
~/startsocat.sh
```

Ukoliko već nije upaljen, ulazimo u direktorij Mission Planner-a i pokrećemo ga s [mono](#):

```
cd MissionPlanner/ && mono MissionPlanner.exe
```

Konačno, ulazimo u direktorij s programima (/test_dir) i pokrećemo program glavnog servera (**robocamp_main_server_wip.py**) samo s dodatnim ulaznim argumentom **-c**:

```
cd test_dir/ && python3 robocamp_main_server_wip.py -c
```

Bez ulaznog parametara za simulaciju **-s** server postavlja stvarnu očekivanu adresu drona (odnosno Jetson računala) na stvarnu adresu 192.168.0.229 : 4444.

Ulazni parametar **-c** služi za inicijalizaciju kompaktnog tkinter sučelja, bez funkcionalnosti koje su korištene samo za testiranje.

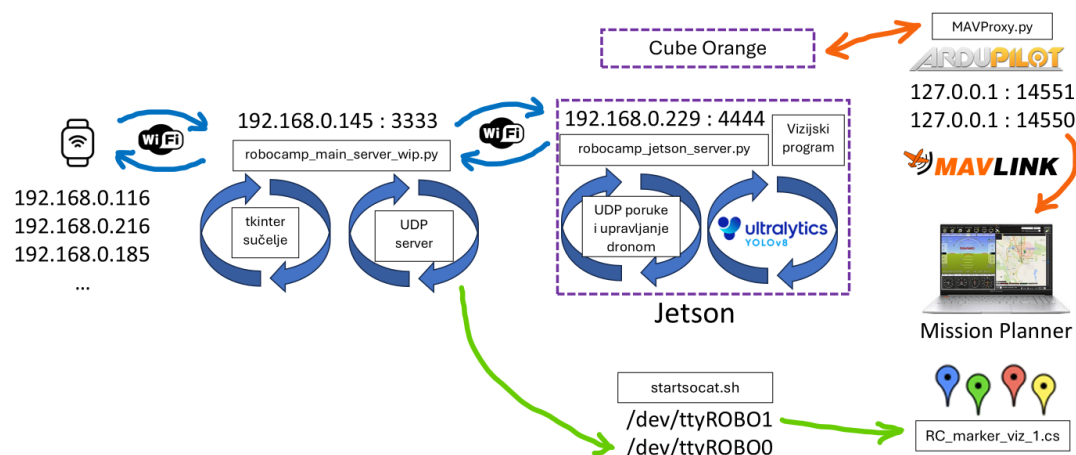
Naziv glavnog programa za nadzor i upravljanje RoboCamp sustavom je **robocamp_main_server_wip.py**.

Ovisan je o dva pomoćna programa: **NMEA_parser.py** i **robocamp_drone_functions.py**.

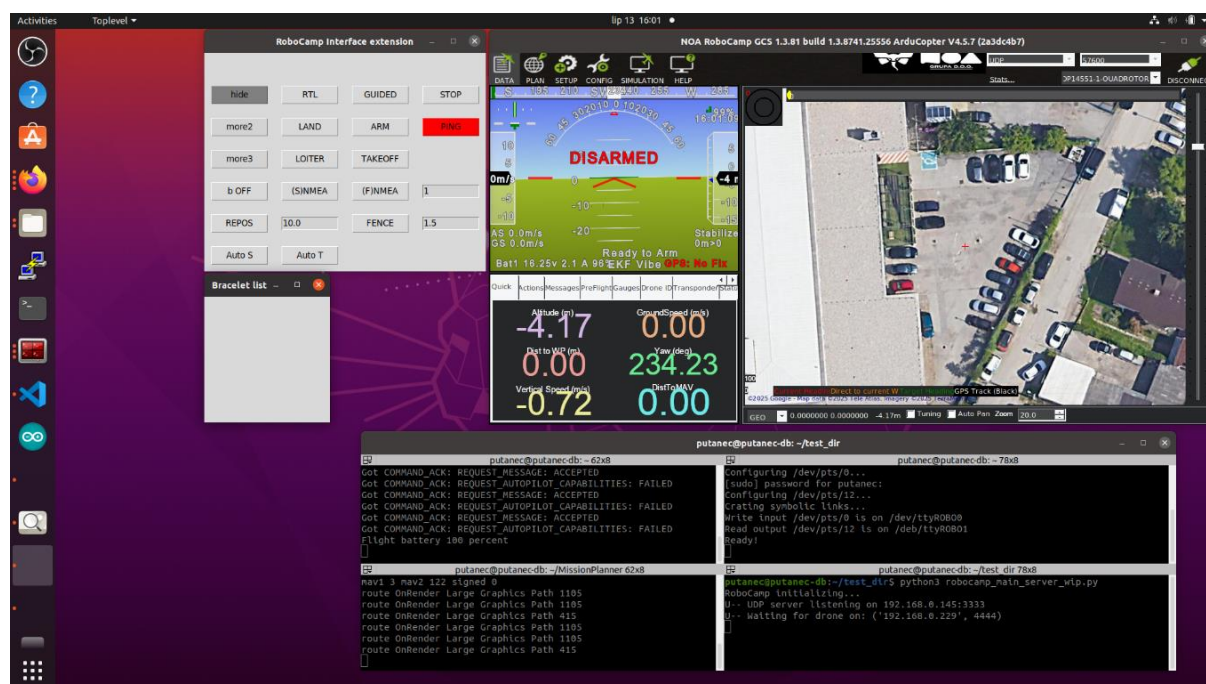
U nastavku je ukratko objašnjena uloga svakog od navedenih programa, a cjelokupni koncept je prikazan na Slika 49:

- MAVProxy Pokreće multiplexer MAVLink poruka koje dolaze s drona na radio prijemnik priključen na USB port računala, kako bi poruke mogli čitati na internim adresama 14550 i 14551.
- startsocat.sh Pokreće dva virtualna serijska porta preko kojih komuniciraju glavni program i Mission Planner plugin za prikaz markera na karti.
- Mission Planner Pokreće program za praćenje drona i njegovu vizualizaciju na karti. Interno pokreće plugin za crtanje markera koji prikazuju lokaciju narukvica na karti.
- robocamp_main_server_wip Pokreće glavni server koji prima pozive s narukvica te šalje naredbe dronu. Također otvara sučelje s funkcijskim tipkama i popisom stanja narukvica.

Nakon što su pokrenuti svi navedeni programi, RoboCamp sustav je spreman za korištenje.



Slika 49. Koncept interakcije glavnog servera i Jetson drona u uvjetima stvarne primjene.



Slika 50. Pokrenuti programi u prozorima terminala, otvoren Mission Planner i tinker sučelje.

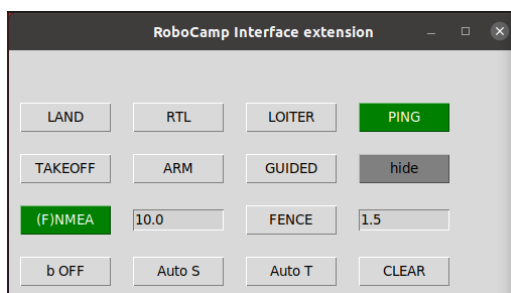
Tkinter sučelje

Pokretanjem glavnog programa otvaraju se dva python tkinter prozora:

- RoboCamp Interface extension i
- Bracelet list.

Prozor s funkcijskim tipkama

Prozor s funkcijskim tipkama (RoboCamp Interface extension) sadrži tipke preko kojih operator može upravljati dronom i pojedinim funkcijama RoboCamp sustava.



Slika 51. Prozor s funkcijskim tipkama (RoboCamp Interface extension).

U nastavku su navedene funkcije pojedinih tipki vidljivih na Slika 51:

Tipka	Šalje naredbu dronu preko Wi-Fi UDP-a za:
LAND	postavljanje drona u LAND mod (automatsko slijetanje).
RTL	postavljanje drona u RTL mod (automatski povratak na lokaciju polijetanja).
LOITER	postavljanje drona u LOITER mod letenja (GPS održavanje pozicije i visine).
PING	šalje "ping" poruku za provjeru veze s dronom, dron mora nazad odgovoriti s "ping1".
TAKEOFF	automatsko polijetanje (dron mora biti u GUIDED modu) na pred-definiranu visinu od 10 m.
ARM	pokretanje motora.
GUIDED	postavljanje drona u GUIDED mod letenja (upravljanje dronom preko Jetson računala).
(F) NMEA	omogućiti/onemogućiti slanje GPS pozicije aktivne narukvice na Jetson-a radi praćenja.
	polje za postavljanje visine na kojoj će dron pratiti osobu preko GPS lokacije (3,0 – 20,0 m).
FENCE	omogućiti/onemogućiti održavanje razmaka drona od stvarne GPS lokacije .
	polje za postavljanje vodoravnog razmaka između drona i GPS narukvice (1,5 – 5,0 m).
b OFF	pošalji poruku za odbijanje poziva/gašenje "off" na sve spojene narukvice.
Auto S	omogućiti/onemogućiti automatsko slanje poruka tipa "search" i "track" bez potrebe za odobrenjem
Auto T	omogućiti/onemogućiti automatsko prebacivanje drona iz "search" u "track" pri detekciji lica
CLEAR	očisti popis spojenih narukvica i obriši sve markere na Mission Planner karti

Najčešće korištene tipke iz ovog izbornika su:

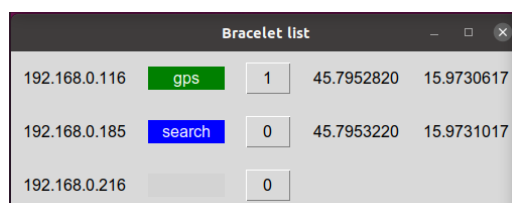
- PING, kako bi uspostavili i provjerili vezu s Jetson računalom (inače tipka je crvene boje).
- GUIDED, u slučaju kada planiramo automatski polijetati s dronom (poziv "gps").
- (F) NMEA, kako bi uključili slanje poruka (prema Jetson-u) za praćenje narukvice preko GPS-a, u početku je ugašena (sive boje).

Pritiskom tipke "space" na tipkovnici (ukoliko je ostao odabran prozor s funkcijskim tipkama) šalje se naredba "stop" koja na dronu postavlja brzine gibanja na nulu, te poništava trenutne programske varijable. Ukratko, prekida trenutno izvođenje programa te nastoji zaustaviti drona.

Popis narukvica

Popis narukvica (Bracelet list) je prozor na kojemu su prikazane sve trenutno aktivirane narukvice, te njihovo stanje. Za svaku se s lijeva na desno može vidjeti:

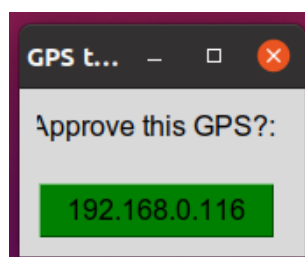
- IP adresa narukvice (na robocamp1 mreži), koja ujedno služi i kao njezino ime za identifikaciju u programu.
- Slijedi obojana oznaka u kojoj je navedeno trenutno stanje narukvice, odnosno koji poziv ta narukvica traži.
 - Boje su povezane sa stanjem, kako je navedeno u poglavlju Funkcije narukvice:
 - Siva – upaljena i neaktivna.
 - Zelena – "gps" poziv.
 - Plava – "search" poziv – traženje lica/osobe rotacijom drona u mjestu.
 - Žuta – "track" poziv – praćenje osobe preko lica, automatsko gibanje.
- Slijedi oznaka, odnosno tipka koja pokazuje koja je narukvica trenutno aktivna (budući da s jednim dronom može biti aktivna samo jedna operacija).
 - To se vidi tako što oznaka pokazuje broj 1 na aktivnoj, a 0 na svim ostalim.
 - Pritiskom na ovu tipku ta se narukvica postavlja kao aktivna, te se šalje poruka za izvršavanje njene funkcije.
 - Ponovnim pritiskom na istu tipku, ponovo se šalje poruka za izvršavanja (u slučaju da nije došla ili se želi nastaviti s istom funkcijom nakon što je bila pauzirana).
- Zadnje dvije oznake pokazuju geografske koordinate narukvice, odnosno geografsku širinu (latitude) i dužinu (longitude), koja se ujedno prikazuje i kao marker na karti MP-a.



Bracelet list				
192.168.0.116	gps	1	45.7952820	15.9730617
192.168.0.185	search	0	45.7953220	15.9731017
192.168.0.216		0		

Slika 52. Prozor s popisom detektiranih narukvica. Prva je već aktivirana u modu "gps".

Kada server dobije poruku tipa "gps" s jedne ili više narukvica, otvara se dodatni pop-up prozor koji obavještava operatora (Slika 53). Odabirom i pritiskom tipke jedne od navedenih narukvica, odobrava se GPS funkcionalnost za nju, a ostale se postavljaju u neaktivno stanje ("off").



Slika 53. Pop-up prozor kao obavijest o primljenom zahtjevu za pronalazak narukvice preko GPS koordinata.

GPS funkcionalnost je automatsko polijetanje drona na visinu od 10 m (pod uvjetom da je dron spreman i u GUIDED modu) te automatsko letenje prema točnim GPS koordinatama narukvice (pod uvjetom da je operator omogućio praćenje preko tipke "(F) NMEA").

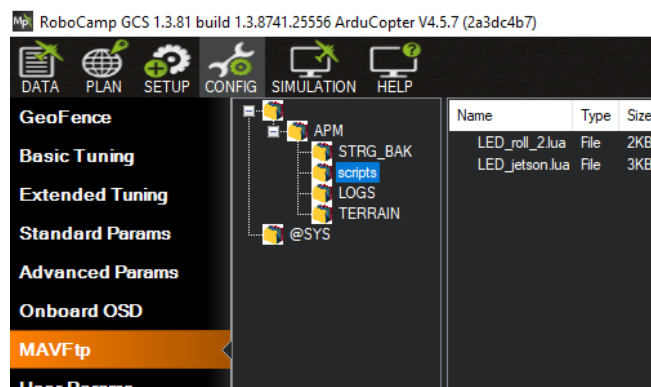
Pomoćne poveznice

U nastavku su navedene poveznice koje sadrže detaljnije upute i korisne informacije za daljnji razvoj:

- MAVLink poruke i dokumentacija: <https://mavlink.io/en/messages/common.html>
- ArduPilot dokumentacija: <https://ardupilot.org/copter/>
- CubeOrange autopilot: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-thecubeorange-overview.html>
- MissionPlanner dokumentacija: <https://ardupilot.org/planner/>
- MissionPlanner Github: <https://github.com/ArduPilot/MissionPlanner>
- ROS Noetic: https://github.com/Intelligent-Quads/iq_tutorials/blob/master/docs/installing_ros_20_04.md
- Gazebo i ArduPilot plugin: https://github.com/Intelligent-Quads/iq_tutorials/blob/master/docs/installing_gazebo_arduplugin.md
- ArduPilot SITL i MAVProxy: https://github.com/Intelligent-Quads/iq_tutorials/blob/master/docs/Installing_Ardupilot_20_04.md
- Ostale korisne upute: https://github.com/Intelligent-Quads/iq_tutorials

LUA skripte za LED svjetla drona

U slučaju potrebe za izmjenom programa signalnih LED drona, potrebno je povezati CubeOrange s MissionPlannerom. To se može napraviti preko radio veze kako je opisano u poglavlju Komunikacija s Mission Planner-om ili direktno spajanjem micro-USB kabla u Cube i drugog kraja (USB-A) u računalo. U izborniku CONFIG treba pronaći traku MAVFtp te kroz stablo direktorija doći do foldera "scripts". Tu se mogu ubaciti novi .lua programi i/ili izmijeniti stari.



Slika 54. Lokacija LUA skripte za upravljanje LED svjetlima drona.